

**TÜV RHEINLAND
ENERGIE UND UMWELT GMBH**



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5}

TÜV-Bericht: 936/21219977/A
Köln, 26. März 2014

www.umwelt-tuv.de



teu-service@de.tuv.com

Die TÜV Rheinland Energie und Umwelt 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 22-01-2018. DAkkS-Registriernummer: D-PL-11120-02-00.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

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

Leerseite



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5}

Geprüftes Gerät:	Air Pollution Monitor 2 (APM-2)		
Hersteller:	Comde-Derenda GmbH Kieler Straße 9 14532 Stahnsdorf Deutschland		
Prüfzeitraum:	April 2012 bis März 2014		
Berichtsdatum:	26. März 2014		
Berichtsnummer:	936/21219977/A		
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Karsten Pletscher Tel.: +49 221 806-2592 karsten.pletscher@de.tuv.com		
Berichtsumfang:	Bericht:	205	Seiten
	Anhang ab Seite	206	
	Handbuch ab Seite	250	
	Handbuch mit	50	Seiten
	Gesamt	300	Seiten

Leerseite

Inhaltsverzeichnis

1.	KURZFASSUNG UND BEKANNTGABEVORSCHLAG	13
1.1	Kurzfassung	13
1.2	Bekanntgabevorschlag	19
1.3	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse	21
2.	AUFGABENSTELLUNG	31
2.1	Art der Prüfung	31
2.2	Zielsetzung	31
3.	BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG	32
3.1	Messprinzip	32
3.2	Funktionsweise der Messeinrichtung	34
3.3	Umfang und Aufbau der Messeinrichtung	35
4.	PRÜFFPROGRAMM	46
4.1	Allgemeines	46
4.2	Laborprüfung	49
4.3	Feldtest	50
5.	REFERENZMESSVERFAHREN	63
6.	PRÜFERGEBNISSE	64
6.1	4.1.1 Messwertanzeige	64
6.1	4.1.2 Wartungsfreundlichkeit	66
6.1	4.1.3 Funktionskontrolle	68
6.1	4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten	71
6.1	4.1.5 Bauart	73
6.1	4.1.6 Unbefugtes Verstellen	74
6.1	4.1.7 Messsignalausgang	75



6.1	5.1 Allgemeines	77
6.1	5.2.1 Zertifizierungsbereiche.....	78
6.1	5.2.2 Messbereich	79
6.1	5.2.3 Negative Messsignale	80
6.1	5.2.4 Stromausfall.....	81
6.1	5.2.5 Gerätefunktionen	82
6.1	5.2.6 Umschaltung.....	83
6.1	5.2.7 Wartungsintervall	84
6.1	5.2.8 Verfügbarkeit	85
6.1	5.2.9 Gerätesoftware	87
6.1	5.3.1 Allgemeines	90
6.1	5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt	92
6.1	5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt	94
6.1	5.3.4 Linearität (Lack-of-fit).....	95
6.1	5.3.5 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	96
6.1	5.3.6 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.....	97
6.1	5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.....	98
6.1	5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung.....	102
6.1	5.3.9 Querempfindlichkeit	104
6.1	5.3.10 Mittelungseinfluss	105
6.1	5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	106
6.1	5.3.12 Langzeitdrift	109
6.1	5.3.13 Kurzzeitdrift.....	115
6.1	5.3.14 Einstellzeit.....	116
6.1	5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	117
6.1	5.3.16 Konverterwirkungsgrad	118
6.1	5.3.17 Anstieg der NO ₂ -Konzentration durch Verweilen im Messgerät.....	119

6.1	5.3.18 Gesamtunsicherheit	120
6.1	5.4.1 Allgemeines	121
6.1	5.4.2 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems	122
6.1	5.4.3 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme	130
6.1	5.4.4 Kalibrierung	136
6.1	5.4.5 Querempfindlichkeit	139
6.1	5.4.6 Mittelungseinfluss	143
6.1	5.4.7 Konstanz des Probenahmestroms	144
6.1	5.4.8 Dichtheit des Probenahmesystems	147
6.1	Methodik der Äquivalenzprüfung (Module 5.4.9 – 5.4.11)	149
6.1	5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs}	150
6.1	5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge	162
6.1	5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen	185
6.1	5.5 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen	193
7.	UNTERSUCHUNGEN ZUR VALIDIERUNG DER GERÄTESOFTWARE 3.0.1	194
8.	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ	202
9.	LITERATURVERZEICHNIS	204
10.	ANLAGEN	205

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beschreibung der Messstellen	17
Tabelle 2:	Beschreibung der Messstelle (Validierungskampagne 2014)	17
Tabelle 3:	Prüfung Wiederholbarkeit mit Prüfgaskoffer	42
Tabelle 4:	Gerätetechnische Daten APM-2 (Herstellerangaben).....	45
Tabelle 5:	Übersicht der Softwarestände während der Eignungsprüfung	47
Tabelle 6:	Feldteststandorte	51
Tabelle 7:	Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten, als Tagesmittelwerte	60
Tabelle 8:	Entfernte Wertepaare Referenz PM ₁₀ nach Grubbs.....	61
Tabelle 9:	Entfernte Wertepaare Referenz PM _{2,5} nach Grubbs	61
Tabelle 10:	Eingesetzte Filtermaterialien	62
Tabelle 11:	Prüfung Wiederholbarkeit mit Prüfgaskoffer	69
Tabelle 12:	Zertifizierungsbereiche	78
Tabelle 13:	Ermittlung der Verfügbarkeit (ohne prüfungsbedingte Ausfälle).....	86
Tabelle 14:	Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. prüfungsbedingte Ausfälle)	86
Tabelle 15:	Nachweisgrenze PM ₁₀	93
Tabelle 16:	Nachweisgrenze PM _{2,5}	93
Tabelle 17:	Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m ³ , Mittelwert aus drei Messungen, PM ₁₀ , SN3 & SN4	100
Tabelle 18:	Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m ³ , Mittelwert aus drei Messungen, PM _{2,5} , SN3 & SN4	100
Tabelle 19:	Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Prüfgaswerte) von der Umgebungstemperatur, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen, SN3 & SN4.....	101
Tabelle 20:	Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, SN3 & SN4.....	103
Tabelle 21:	Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld, Messkomponente PM ₁₀	107
Tabelle 22:	Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld, Messkomponente PM _{2,5}	108
Tabelle 23:	Nullpunktdrift SN3 & SN4, PM ₁₀ , mit Nullfilter	111
Tabelle 24:	Nullpunktdrift SN3 & SN4, PM _{2,5} , mit Nullfilter	112
Tabelle 25:	Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN3 und SN4 an den vier Standorten, Rohdaten ...	124
Tabelle 26:	Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN3 und SN4 (gesamt), Rohdaten.....	124
Tabelle 27:	Zweiseitiger 95%-Vertrauensbereich CI ₉₅ für die Testgeräte SN3 und SN4 ...	132
Tabelle 28:	Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Messkomponente PM ₁₀	137
Tabelle 29:	Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Messkomponente PM _{2,5}	137
Tabelle 30:	Abweichung zwischen Referenzmessung und Prüfling an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70 %, Messkomponente PM _{2,5}	140
Tabelle 31:	Abweichung zwischen Referenzmessung und Prüfling an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70 %, Messkomponente PM ₁₀	141
Tabelle 32:	Vergleich Testgerät SN3 / SN4 mit Referenzgerät, rel. Luftfeuchte > 70 %, alle Standorte, Messkomponente PM _{2,5}	141
Tabelle 33:	Vergleich Testgerät SN3 / SN4 mit Referenzgerät, rel. Luftfeuchte > 70 %, alle Standorte, Messkomponente PM ₁₀	142
Tabelle 34:	Ergebnisse Kontrolle Durchflussrate	145
Tabelle 35:	Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN3 & SN4	145
Tabelle 36:	Ergebnisse der Dichtigkeitsprüfungen	148

Tabelle 37:	Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} für die Testgeräte SN3 und SN4, Messkomponente PM _{2,5}	152
Tabelle 38:	Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} für die Testgeräte SN3 und SN4, Messkomponente PM ₁₀	153
Tabelle 39:	Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM _{2,5}	165
Tabelle 40:	Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM ₁₀	168
Tabelle 41:	Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten u_{ref} für PM _{2,5}	172
Tabelle 42:	Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten u_{ref} für PM ₁₀	172
Tabelle 43:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SN3 & SN4, Messkomponente PM _{2,5} nach Korrektur Steigung	189
Tabelle 44:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SN3 & SN4, Messkomponente PM ₁₀ nach Korrektur Steigung und Achsabschnitt	191
Tabelle 45:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM _{2,5} , Rohdaten	195
Tabelle 46:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM ₁₀ , Rohdaten	195
Tabelle 47:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM _{2,5} , Steigungskorrektur um 0,919	196
Tabelle 48:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM ₁₀ , Steigungskorrektur um 0,977, Achsabschnittskorrektur um -3,758	196
Tabelle 49:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM _{2,5} , Steigungskorrektur um 0,919	197
Tabelle 50:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM ₁₀ , Steigungskorrektur um 0,977, Achsabschnittskorrektur um -3,758	199
Tabelle 51:	Stabilität Eichgewicht	247
Tabelle 52:	Stabilität der Kontrollfilter	249



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Funktionsprinzip Photometer-Einheit	32
Abbildung 2:	Funktionsprinzip des Virtualimpaktors	33
Abbildung 3:	Übersichtsdiagramm APM-2	34
Abbildung 4:	Überblick Gesamtsystem APM-2	35
Abbildung 5:	PM ₁₀ -Probenahmekopf für APM-2	36
Abbildung 6:	Virtual-Impaktor für APM-2	36
Abbildung 7:	Vorderseite APM-2 (Frontklappe offen).....	37
Abbildung 8:	Vorderseite APM-2 (Rückklappe offen).....	37
Abbildung 9:	Messsysteme APM-2 auf Messstation	38
Abbildung 10:	Bedieneinheit	38
Abbildung 11:	Menüstruktur APM-2	40
Abbildung 12:	Nullfilter	41
Abbildung 13:	Prüfgaskoffer zur Überprüfung der Empfindlichkeit	43
Abbildung 14:	Prüfaufbau APM-2 + Prüfgaskoffer.....	43
Abbildung 15:	Dichtigkeitstestvorrichtung.....	44
Abbildung 16:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“	52
Abbildung 17:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“	52
Abbildung 18:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“	53
Abbildung 19:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“	53
Abbildung 20:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“	54
Abbildung 21:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“	55
Abbildung 22:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“	55
Abbildung 23:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“	56
Abbildung 24:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“	56
Abbildung 25:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“	57
Abbildung 26:	Feldteststandort Köln, Sommer & Winter.....	58
Abbildung 27:	Feldteststandort Bonn, Winter	58
Abbildung 28:	Feldteststandort Rodenkirchen, Sommer	59
Abbildung 29:	Messanzeige Konzentrationsmesswerte (hier PM _{2,5}).....	65
Abbildung 30:	Ansicht Gerätevorderseite des APM-2 (rechts oben SD-Kartenslot, links RS232).....	76
Abbildung 31:	Anzeige der Softwareversion 3.0.1	89
Abbildung 32:	Nullpunktdrift SN3, Messkomponente PM _{2,5}	113
Abbildung 33:	Nullpunktdrift SN3, Messkomponente PM ₁₀	113
Abbildung 34:	Nullpunktdrift SN4, Messkomponente PM _{2,5}	114
Abbildung 35:	Nullpunktdrift SN4, Messkomponente PM ₁₀	114
Abbildung 36:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Köln, Winter	125

Abbildung 37:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Köln, Winter	125
Abbildung 38:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Bonn, Winter	126
Abbildung 39:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Bonn, Winter	126
Abbildung 40:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Köln, Sommer	127
Abbildung 41:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Köln, Sommer	127
Abbildung 42:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Rodenkirchen, Sommer	128
Abbildung 43:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Rodenkirchen, Sommer	128
Abbildung 44:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, alle Standorte	129
Abbildung 45:	Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, alle Standorte	129
Abbildung 46:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Köln, Winter	133
Abbildung 47:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Bonn, Winter	133
Abbildung 48:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Köln, Sommer	134
Abbildung 49:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Rodenkirchen, Sommer	134
Abbildung 50:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, alle Standorte	135
Abbildung 51:	Durchfluss am Testgerät SN3 (Feldbedingungen)	146
Abbildung 52:	Durchfluss am Testgerät SN4 (Feldbedingungen)	146
Abbildung 53:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte	154
Abbildung 54:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Köln, Winter	155
Abbildung 55:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Bonn, Winter	155
Abbildung 56:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Köln, Sommer	156
Abbildung 57:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Rodenkirchen, Sommer	156
Abbildung 58:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	157
Abbildung 59:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte, Werte $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	157
Abbildung 60:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte	158
Abbildung 61:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Köln, Winter	159
Abbildung 62:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Bonn, Winter	159
Abbildung 63:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Köln, Sommer	160
Abbildung 64:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Rodenkirchen, Sommer	160
Abbildung 65:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	161
Abbildung 66:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte, Werte $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	161



Abbildung 67:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte	173
Abbildung 68:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte	173
Abbildung 69:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Winter	174
Abbildung 70:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Winter	174
Abbildung 71:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Bonn, Winter	175
Abbildung 72:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Bonn, Winter	175
Abbildung 73:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Sommer	176
Abbildung 74:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Sommer	176
Abbildung 75:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Rodenkirchen, Sommer	177
Abbildung 76:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Rodenkirchen, Sommer	177
Abbildung 77:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	178
Abbildung 78:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	178
Abbildung 79:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte	179
Abbildung 80:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte	179
Abbildung 81:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Winter	180
Abbildung 82:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Winter	180
Abbildung 83:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Bonn, Winter	181
Abbildung 84:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Bonn, Winter	181
Abbildung 85:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Sommer	182
Abbildung 86:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Sommer	182
Abbildung 87:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Rodenkirchen, Sommer	183
Abbildung 88:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Rodenkirchen, Sommer	183
Abbildung 89:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	184
Abbildung 90:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	184
Abbildung 91:	Stabilität Eichgewicht	246
Abbildung 92:	Stabilität der Kontrollfilter	248

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 PM_{2,5}-Konzentration die in der EN 14907 „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM_{2,5}-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” [5] der Ad-hoc-EG-Arbeitsgruppe vom Januar 2010

(Quelle: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf>)

beschreibt ein Verfahren für die Prüfung auf Äquivalenz von Nicht-Standardmessverfahren. Die Anforderungen des Leitfadens zur Äquivalenzprüfung wurden in der letzten Revision der VDI-Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 sowie VDI 4203, Blatt 3 mit aufgenommen.

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wurden folgende Grenzwerte angesetzt:

	PM _{2,5}	PM ₁₀
Tagesgrenzwert TGW (24 h)	nicht definiert	50 µg/m ³
Jahresgrenzwert JGW (1 a)	25 µg/m ³	40 µg/m ³

sowie für die Berechnungen gemäß des Leitfadens [5]

	PM _{2,5}	PM ₁₀
Grenzwert	30 µg/m ³	50 µg/m ³



Die Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 von 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“ von 2004 präzisiert diese Rahmenbedingungen.

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 und VDI 4203, Blatt 3 wurden nach umfangreicher Revision mit Stand September 2010 neu veröffentlicht. Leider bestehen nach dieser Revision in Hinblick zur Prüfung von Staub-Immissionsmesseinrichtungen einige Unklarheiten und Widersprüche bezüglich konkreter Mindestanforderungen auf der einen Seite und der generellen Relevanz von Prüfpunkten auf der anderen Seite. Es besteht konkret Klärungsbedarf bei den folgenden Prüfpunkten:

- 6.1 5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt
→ keine Mindestanforderung definiert
- 6.1 5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt
→ nicht relevant für Staubgeräte
- 6.1 5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)
→ nicht relevant für Staubgeräte
- 6.1 5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur
→ keine Mindestanforderung definiert
- 6.1 5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung
→ keine Mindestanforderung definiert
- 6.1 5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
→ keine Mindestanforderung definiert
- 6.1 5.3.12 Langzeitdrift
→ keine Mindestanforderung definiert
- 6.1 5.3.13 Kurzzeitdrift
→ nicht relevant für Staubgeräte
- 6.1 5.3.18 Gesamtunsicherheit
→ nicht relevant für Staubgeräte, abgedeckt durch 5.4.10.

Aus diesem Grunde wurde eine offizielle Anfrage an die zuständige Stelle in Deutschland gestellt, um eine abgestimmte Vorgehensweise zum Umgang mit den Inkonsistenzen der Richtlinie festzulegen.

Es wurde folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden wie bisher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B₀, B₁ und B₂).

Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.

Die zuständige deutsche Stelle hat dieser vorgeschlagenen Vorgehensweise per Entscheidung vom 27.06.2011 bzw. 07.10.2011 zugestimmt.

Da die gemäß der herangezogenen Richtlinien anzuwendenden Bezugswerte explizit auf die Messkomponente PM₁₀ abgestimmt waren, wird für die Messkomponente PM_{2,5} die Anwendung der folgenden Bezugswerte vorgeschlagen:

	PM_{2,5}	PM₁₀
B ₀	2 µg/m ³	2 µg/m ³
B ₁	25 µg/m ³	40 µg/m ³
B ₂	200 µg/m ³	200 µg/m ³

Es wird lediglich eine Anpassung des B₁ auf dem Niveau des Grenzwertes für das Jahresmittel vorgenommen.



Im Auftrag der Firma Comde-Derenda GmbH führte die TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung Air Pollution Monitor (APM-2) für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} durch. 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“, September 2010 bzw. Juni 2002
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, September 2010 bzw. August 2004
- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM₁₀-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 Januar 2010

Die Messeinrichtung APM-2 ermittelt die Staubkonzentrationen mittels des Messprinzips der Streulichtmessung. Mit Hilfe einer Pumpe wird Umgebungsluft über einen PM₁₀-Impaktorkopf (3,3 l/min) angesaugt und in einem Virtualimpaktor in zwei Teilströme aufgeteilt. Über Magnetventile gelangt nun wahlweise das Aerosol aus dem axialen Strom (Anreicherungsmodus zur Erfassung der PM₁₀-Konzentration) oder aus dem seitlichen Strom (Normalmodus zur Erfassung der PM_{2,5}-Konzentration) zur eigentlichen Messsensorik. Dort wird mit Hilfe der Streulichtmesstechnik im Wechselmodus die PM₁₀- bzw. PM_{2,5}-Konzentration gemessen.

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, Winter	Bonn, Straßenkreuzung, Winter	Köln, Parkplatzgelände, Sommer	Rodenkirchen, Autobahn A555 Sommer
Zeitraum	11/2012 – 02/2013	02/2013 – 05/2013	05/2013 – 07/2013	07/2013 – 09/2013
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge	69	61	54	53
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund	Verkehrsbeeinflusst	Städtischer Hintergrund	Ländliche Struktur + Autobahn
Einstufung der Immissionsbelastung	durchschnittlich bis hoch	durchschnittlich bis hoch	niedrig bis durchschnittlich	niedrig

Während der Durchführung der Eignungsprüfung wurde vom Gerätehersteller der Berechnungsalgorithmus für die Schwebstaubmesswerte weiterhin optimiert. Dazu musste die Gerätesoftware überarbeitet werden und es wurde eine neue Softwareversion (Version 3.0.1) im Winter 2014 bereitgestellt. Zur Qualifizierung der nun implementierten Modifikation des Berechnungsalgorithmus in der neuen Gerätesoftware wurden alle Messwerte aus den Vergleichskampagnen gemäß Tabelle 1 manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet. Zusätzlich wurde zur Qualifizierung eine zusätzliche Vergleichskampagne am Standort Köln, Parkplatzgelände mit den zwei Prüflingen und der neuen Softwareversion (Version 3.0.1) durchgeführt. Tabelle 2 gibt einen Überblick über diese Zusatzkampagne. Die Ergebnisse dieser Zusatzuntersuchungen sind in Kapitel Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1 ab Seite 194 dargestellt.

Tabelle 2: Beschreibung der Messstelle (Validierungskampagne 2014)

	Köln, Parkplatzgelände, Winter
Zeitraum	01/2014 – 03/2014
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge	53
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund
Einstufung der Immissionsbelastung	durchschnittlich bis hoch

Bei der Eignungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen erfüllt.

Seitens der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH wird daher eine Veröffentlichung als eignungsgeprüfte Messeinrichtung zur laufenden Aufzeichnung der Immissionen von Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} vorgeschlagen.

1.2 Bekanntgabevorschlag

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

Messeinrichtung:

Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5}

Hersteller:

Comde-Derenda GmbH, Stahnsdorf

Eignung:

Zur kontinuierlichen parallelen Immissionsmessung der PM₁₀-und der PM_{2,5}-Fraktion im Schwebstaub im stationären Einsatz

Messbereiche in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
PM ₁₀	0 – 1.000	µg/m ³
PM _{2,5}	0 – 1.000	µg/m ³

Softwareversion:

3.0.1

Einschränkung:

Keine

Hinweise:

1. Die Anforderungen gemäß des Leitfadens "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" werden für die Messkomponenten PM₁₀ und PM_{2,5} nach Anwendung der ermittelten Korrekturfaktoren/-termen eingehalten.
2. Die Anforderungen an die Vergleichbarkeitsprüfung gemäß Richtlinie EN 12341: 1998 für PM₁₀ wurden von den Prüflingen nicht eingehalten.
3. Die Langzeitdrift der Empfindlichkeit des Partikelsensors konnte im Rahmen der Feldprüfung nicht ermittelt werden.
4. Die Messeinrichtung kann telemetrisch überwacht, aber nicht gesteuert werden.
5. Die Messeinrichtung ermittelt alternierend die PM₁₀-und die PM_{2,5}-Fraktion im Schwebstaub – im Rahmen der Eignungsprüfung erfolgte alle zwei Minuten die Umschaltung zwischen den beiden Fraktionen.
6. Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM₁₀-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 nach Wartung des Photometers am Standort zu kalibrieren. Es ist möglichst ein saisonaler Kalibrierrhythmus einzustellen.
7. Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM_{2,5}-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 nach Wartung des Photometers am Standort zu kalibrieren. Es ist möglichst ein saisonaler Kalibrierrhythmus einzustellen.
8. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.qal1.de einsehbar.

Prüfbericht:

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Köln
Bericht-Nr.: 936/21219977/A vom 26. März 2014

1.3 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite	
4	Bauartanforderungen				
4.1	Allgemeine Anforderungen				
4.1.1	Messwertanzeige	Muss vorhanden sein.	Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.	ja	64
4.1.2	Wartungsfreundlichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar.	ja	66
4.1.3	Funktionskontrolle	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten.	Alle im Bedienungshandbuch beschriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionieren. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Meldungen angezeigt.	ja	70
4.1.4	Rüst- und Einlaufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	72
4.1.5	Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.	ja	73
4.1.6	Unbefugtes Verstellen	Muss Sicherung dagegen enthalten.	Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Ferner ergibt sich ein zusätzlicher Schutz vor unbefugtem Eingriff durch die Ausführung des Wetterschutzgehäuses mit abschließbarer Tür.	ja	74
4.1.7	Messsignalausgang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden auf SD-Karte gespeichert oder digital (über RS 232) angeboten.	ja	75

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	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	77
5.2 Allgemeine Anforderungen				
5.2.1 Zertifizierungsbereiche	Müssen den Anforderungen aus Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 entsprechen.	Die Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich der relevanten Grenzwerte ist möglich.	ja	78
5.2.2 Messbereich	Messbereichsendwert größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs.	Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.	ja	79
5.2.3 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Negative Messsignale können von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge ausgegeben werden, sind aber messprinzip- und bauartbedingt nicht zu erwarten.	ja	80
5.2.4 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 nach erneuter Stabilisierung der Photometer-temperatur und der zweiminütigen Nullluftspülung wieder fort.	ja	81
5.2.5 Gerätefunktionen	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale überwachbar sein.	Die Messeinrichtungen können über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus überwacht werden.	ja	82
5.2.6 Umschaltung	Messen/Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch und manuell lösbar sein.	Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung überwacht werden. Eine telemetrische Steuerung ist bislang nicht implementiert, ist aber in naher Zukunft geplant.	nein	83
5.2.7 Wartungsintervall	Möglichst 3 Monate, mindestens 2 Wochen.	Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen.	ja	84

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.2.8 Verfügbarkeit	Mindestens 95 %.	Die Verfügbarkeit betrug für SN3 100 % und für SN4 98,9 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle bzw. 91,6 % für SN3 sowie 90,5 % für SN4 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.	ja	85
5.2.9 Gerätesoftware	Muss beim Einschalten angezeigt werden. Funktionsbeeinflussende Änderungen sind dem Prüfinstitut mitzuteilen.	Die Version der Gerätesoftware wird im Display angezeigt. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.	ja	87
5.3 Anforderungen an Messeinrichtungen für gasförmige Luftverunreinigungen				
5.3.1 Allgemeines	Mindestanforderungen gemäß VDI 4202 Blatt 1.	Die Prüfung erfolgte auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010). Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden daher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B ₀ , B ₁ und B ₂). Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.	ja	90
5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt	Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: Maximal B ₀ .	Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu 0,03 µg/m ³ (PM ₁₀) bzw. <0,01 µg/m ³ (PM _{2,5}) für Gerät 1 (SN3) und zu 0,09 µg/m ³ (PM ₁₀) bzw. 0,10 µg/m ³ (PM _{2,5}) für Gerät 2 (SN4).	ja	92
5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt	Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	94



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)	Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mithilfe einer linearen Analysenfunktion darstellbar sein.	Für Staubmesseinrichtungen für PM ₁₀ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.2 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen. Für Staubmesseinrichtungen für PM _{2,5} ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.	-	95
5.3.5 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	96
5.3.6 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	97
5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: Nullpunktmesswert darf bei ΔT_u um 15 K zwischen +5 °C und +20 °C bzw. um 20 K zwischen +20 °C und +40 °C B_0 nicht überschreiten. Der Messwert im Bereich von B_1 darf nicht mehr als $\pm 5 \%$ bei ΔT_u um 15 K zwischen +5 °C und +20 °C bzw. um 20 K zwischen +20 °C und +40 °C betragen.	Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt -20 °C bis +50 °C. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur im Bereich -20 °C bis +50 °C auf den Nullpunkt von 0,1 µg/m ³ für PM _{2,5} bzw. von 0,2 µg/m ³ für PM ₁₀ festgestellt werden. Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen > 2,7 % zum Ausgangswert bei 20 °C ermittelt werden.	ja	98

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten Für PM: Messwertänderung bei B ₁ maximal B ₀ im Spannungsintervall (230 +15/-20) V	Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen > 1,3 %, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.	ja	102
5.3.9 Querempfindlichkeit	Die Änderung des Messwerts aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen darf am Nullpunkt und am Referenzpunkt die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	104
5.3.10 Mittelungseinfluss	Für gasförmige Messkomponenten muss die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen. Der Mittelungseinfluss darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	105
5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist mit zwei baugleichen Messeinrichtungen in der Feldprüfung zu ermitteln. Sie darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: RD ≥ 10 bezogen auf B ₁ .	Die Reproduzierbarkeit für PM _{2,5} betrug im Feldtest für den Gesamtdatensatz 20, die Reproduzierbarkeit für PM ₁₀ betrug im Feldtest für den Gesamtdatensatz 16.	ja	106



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.3.12 Langzeitdrift	<p>Die Langzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf in der Feldprüfung die die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.</p> <p>Für PM:</p> <p>Nullpunkt: In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal B₀.</p> <p>Referenzpunkt: In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal 5 % von B₁.</p>	<p>Die maximal gefundene Abweichung am Nullpunkt lag für PM_{2,5} bei -1,4 µg/m³ bezogen auf den Vorgängerwert und bei 2,4 µg/m³ bezogen auf den Startwert und damit innerhalb der erlaubten Grenzen von B₀ = 2 µg/m³.</p> <p>Die maximal gefundene Abweichung am Nullpunkt lag für PM₁₀ bei 1,5 µg/m³ bezogen auf den Vorgängerwert und bei 2,7 µg/m³ bezogen auf den Startwert und damit bezogen auf den Startwert außerhalb der erlaubten Grenzen von B₀ = 2 µg/m³. Diese Abweichung trat einmalig über den gesamten Feldtestzeitraum auf; eine Ursache konnte nicht ermittelt werden. Es erfolgte kein extern ausgelöster Abgleich der Messeinrichtung.</p> <p>Eine regelmäßige externe Überprüfung der Empfindlichkeit über die Feldtestdauer konnte nicht durchgeführt werden, da einsatzfähiges Prüfequipment erst ab Dezember 2013 zur Verfügung stand. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung hinsichtlich der Referenzpunktdrift keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN CEN TS 16450 [9] vollkommen verzichtet wird.</p>	nein	109
5.3.13 Kurzzeitdrift	<p>Die Kurzzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) in der Laborprüfung in 12 h (für Benzol in 24 h) und in der Feldprüfung in 24 h nicht überschreiten.</p>	Nicht zutreffend.	-	115
5.3.14 Einstellzeit	<p>Die Einstellzeit (Anstieg) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen. Die Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen.</p> <p>Die Differenz zwischen der Einstellzeit (Anstieg) und der Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf maximal 10 % der Einstellzeit (Anstieg) oder 10 s betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist.</p>	Nicht zutreffend.	-	116

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	Die Differenz zwischen den Messwerten bei Aufgabe am Proben- und Kalibriereingang darf den Wert der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten	Nicht zutreffend.	-	117
5.3.16 Konverterwirkungsgrad	Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 98 % betragen.	Nicht zutreffend.	-	118
5.3.17 Anstieg der NO ₂ -Konzentration durch Verweilen im Messgerät	Bei NO _x -Messeinrichtungen darf der Anstieg der NO ₂ -Konzentration durch Verweilen im Messgerät die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	119
5.3.18 Gesamtunsicherheit	Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die in Anhang A, Tabelle A1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) aufgeführten Vorgaben der anzuwendenden EU-Richtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.	Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.	-	120
5.4 Anforderungen an Messeinrichtungen für partikelförmige Luftverunreinigungen				
5.4.1 Allgemeines	Prüfung gemäß Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1. Partikelmassenkonzentration muss auf definiertes Volumen bezogen sein.	Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010). Die Messeinrichtung APM-2 ist ein optisches Messgerät, welches im ersten Ansatz das in einem definierten Messvolumen durch Partikel induzierte Streulichtsignal bestimmt und dann unter Anwendung eines Algorithmus die vorhandenen Informationen in Konzentrationswerte umrechnet. Das Messsignal für die Partikel ist demnach auf ein definiertes Volumen (Messvolumen) bezogen.	ja	121

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.4.2 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems	Zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T2] nachzuweisen.	Die Referenz-Äquivalenzfunktionen für die (unkorrigierten) Datensätze liegen für SN3 in allen Vergleichskampagnen mit Ausnahme von Köln, Winter außerhalb der Grenzen des Akzeptanzbereichs, für SN4 liegt lediglich die Referenz-Äquivalenzfunktion für die Vergleichskampagne Rodenkirchen außerhalb der Grenzen des Akzeptanzbereichs. Weiterhin ist der Variationskoeffizient R ² der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktionen im betreffenden Konzentrationsbereich für alle Vergleichskampagnen mit Ausnahme Köln, Winter < 0,95. Der Nachweis der Äquivalenz gemäß DIN EN 12341:1998 kann demnach nicht erbracht werden. Die für den Anwender relevante Äquivalenzprüfung gemäß EU-Leitfaden wird nach Anwendung der erforderlichen Korrekturfaktoren dennoch uneingeschränkt für alle Standorte erfüllt (siehe Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen).	nein	122
5.4.3 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme	Ist im Feldtest nach DIN EN 12 341 [T2] für zwei baugleiche Probenahmesysteme nachzuweisen.	Der zweiseitige Vertrauensbereich CI95 liegt mit maximal 3,58 µg/m ³ unterhalb des geforderten Wertes von 5 µg/m ³ .	ja	130
5.4.4 Kalibrierung	Durch Vergleichsmessung im Feldtest mit Referenzverfahren nach DIN EN 12341 und DIN EN 14907; Zusammenhang zwischen Messsignal und gravimetrischer Referenzkonzentration als stetige Funktion ermitteln.	Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen dem Referenzmessverfahren und der Geräteanzeige konnte nachgewiesen werden.	ja	136
5.4.5 Querempfindlichkeit	Maximal 10 % vom Grenzwert.	Es konnte kein Störeinfluss >-1,1 µg/m ³ Abweichung vom Sollwert für PM _{2,5} sowie >0,9 µg/m ³ Abweichung vom Sollwert für PM ₁₀ durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Messsignal festgestellt werden. Während des Feldtestes konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein negativer Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden. Die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ [5] ist auch für Tage mit einer relativen Luftfeuchte > 70 % gegeben.	ja	139

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.4.6 Mittelungseinfluss	Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen. Die Summe aller Filterwechsel darf innerhalb von 24 h nicht mehr als 1 % dieser Mittelungszeit betragen.	Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist möglich.	ja	143
5.4.7 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	144
5.4.8 Dichtheit des Probenahmesystems	Undichtigkeit maximal 1 % vom Probenahmevolumen.	Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung - maximaler Druckanstieg von 290 hPa in 5 Minuten - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtigkeit. Die maximal ermittelte Leckrate von 10,4 ml/min ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 3,3 l/min.	ja	147
5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u _{bs}	Ist im Feldtest gemäß Punkt 9.5.3.1 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ für zwei baugleiche Systeme zu ermitteln.	Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u _{bs} liegt mit maximal 1,04 µg/m ³ für PM _{2,5} und mit maximal 2,28 µg/m ³ für PM ₁₀ unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m ³ .	ja	150
5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge	Ermittlung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß den Punkten 9.5.3.2ff des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“.	Die ermittelten Unsicherheiten W _{CM} liegen für PM _{2,5} für alle betrachteten Datensätze ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit W _{dqo} von 25 % für Feinstaub. Die ermittelten Unsicherheiten W _{CM} liegen für PM ₁₀ bei SN3 für alle betrachteten Datensätze mit Ausnahme von Köln, Winter, für SN4 für den Datensatz Rodenkirchen, Sommer und für beide Geräte gemeinsam für den Datensatz ≥ 30 µg/m ³ ohne Anwendung von Korrekturfaktoren über der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit W _{dqo} von 25 % für Feinstaub. Die Anwendung von Korrekturfaktoren ist gemäß Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen entsprechend vorzunehmen.	nein	162

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen	Ist die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [8] festgelegte erweiterte relative Unsicherheit, ist eine Anwendung von Korrekturfaktoren zulässig. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen gemäß den Punkten 9.5.3.2ff. des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ erfüllen.	Durch Anwendung der Korrekturfaktoren, erfüllen die Prüflinge die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze sowohl für PM _{2,5} als auch für PM ₁₀ . Für PM _{2,5} werden die Anforderungen auch ohne eine Anwendung von Korrekturfaktoren erfüllt, die Korrektur der Steigung führt dennoch zu einer weiteren Verbesserung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz.	ja	185
5.5 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen	Müssen für jede Einzelkomponente im Simultanbetrieb aller Messkanäle erfüllt sein.	Bei der Bewertung der Mindestanforderungen lagen die Messergebnisse für alle zwei Komponenten kontinuierlich vor (alle zwei Minuten abwechselnd zwischen den Messkanälen für PM ₁₀ und PM _{2,5}).	ja	193

2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Comde-Derenda GmbH wurde von der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

2.2 Zielsetzung

Die Messeinrichtung soll den Gehalt an PM₁₀ und an PM_{2,5} Feinstaub in der Umgebungsluft im Konzentrationsbereich 0 bis 1.000 µg/m³ 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“, September 2010 bzw. Juni 2002 [1]
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, September 2010 bzw. 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_{2,5}-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005 [4]
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung von Januar 2010 [5]

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Die Messeinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) ermittelt die Schwebstaubkonzentrationen PM₁₀ und PM_{2,5} nach dem Messprinzip der Streulichtmessung.

Die angewendete Messmethode nutzt die physikalischen Besonderheiten der Lichtstreuung an Mikropartikeln. Die eingesetzte Streulicht-Photometereinheit besteht aus einer intensitätsstabilisierten Laserdiode und einem Halbleiter-Photodetektor. Beide Komponenten sind in einem Winkel von 90° zueinander angeordnet, es handelt sich also um einen Einwinkel-Streulichtsensor. Das von den in einem genau definierten Messvolumen befindlichen Partikeln reflektierte Licht wird von einem Detektor erfasst. Der Photodetektor generiert ein entsprechendes Spannungssignal (0-5 V), welches dann rauscharm verstärkt wird und ein direktes Maß für die Massenkonzentration des Aerosols im Messvolumen darstellt. Zum Nullpunktabgleich wird dem Streulichtsensor über eine Umschaltvorrichtung in periodischen Abständen gefilterte Luft zugeführt.

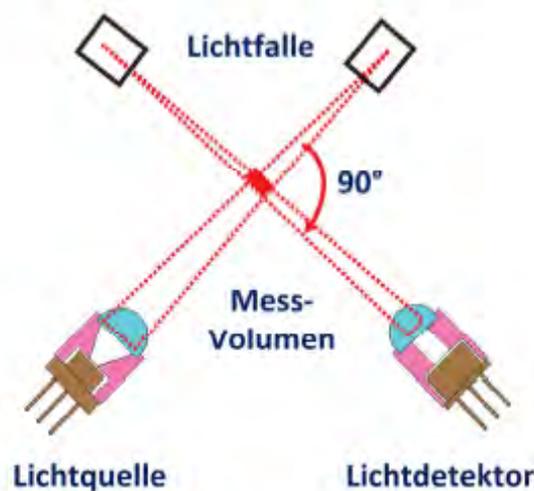


Abbildung 1: Funktionsprinzip Photometer-Einheit

Um die Temperaturabhängigkeit des Photometersignals auszuschließen, ist das Photometer in einem thermisch isolierten und mit einem Heizblock beheizten Gehäuse eingebaut, das auf eine Temperatur von 40 °C geregelt ist.

Die Physik der Lichtstreuung an Partikeln bedingt, dass Aerosolteilchen mit einem Durchmesser in der Größenordnung der verwendeten Lichtwellenlänge – bezogen auf ihre Masse – das Licht am effizientesten streuen, d.h. den größten Beitrag zum Messsignal liefern. Für die im Gerät verwendete Wellenlänge von ca. 650 nm liegt das Empfindlichkeitsmaximum im Partikelgrößenbereich zwischen 0,5 und 1 µm. Auf Grund dieser Charakteristik sind dem Einsatz der einfachen Streulichtphotometrie zur Messung der PM₁₀-Konzentration Grenzen gesetzt, da das Messsignal vornehmlich von der PM_{2,5}-Fraktion dominiert wird.

Für die Messung der Fraktion PM₁₀ trägt die komplementäre Grobfraktion PM_{2,5-10} massebezogen erheblich weniger zum Streulichtsignal bei, wird also bei der Messung unterrepräsentiert. Das Empfindlichkeitsdefizit in der Grobfraktion wird daher im Gerät durch ein einfaches Verfahren kompensiert - durch die selektive Anreicherung der Konzentration PM_{2,5-10} um den Faktor $3,3 / 0,2 = 16,5$ mittels eines Virtualimpaktors, der dem Streulichtsensor vorgeschaltet ist. Die Konzentrationsanreicherung ist gleichbedeutend mit einer Empfindlichkeitserhöhung der Photometrie für den PM_{2,5-10}-Anteil.

Der Virtualimpaktor befindet sich auf der Oberseite des Gehäuses und ist über das Ansaugrohr mit dem Impaktorkopf verbunden. Durch den Virtualimpaktor wird die über eine integrierte Pumpe mit 3,3 l/min angesaugte Außenluft (Q1) in zwei Teilströme aufgeteilt. Die Aufteilung findet im Bereich zweier sich gegenüberliegender Düsen statt. Der seitliche Strom Q2 (3,1 l/min) wird hierbei zwischen beiden Düsen rechtwinklig zum eintretenden Luftstrom abgesaugt. Partikel, die dem seitlichen Strom auf Grund ihrer Massenträgheit nicht folgen können, behalten ihre Bewegungsrichtung bei und gelangen so in den geringeren axialen Strom Q3 (0,2 l/min). Hierdurch ergibt sich die Aufteilung in den seitlichen Strom mit ausschließlich kleineren und leichteren Partikeln der Fraktion PM_{2,5} und den axialen Strom mit der Partikelgröße PM₁₀. Über verlustarme Umschaltvorrichtungen (Quetschventile mit geradem Durchgang) gelangt nun wahlweise das Aerosol aus dem axialen Strom (Anreicherungsmodus) oder aus dem seitlichen Strom (Normalmodus) in den Streulichtsensor. Im Anreicherungsmodus erfasst das APM-2 also die PM₁₀-Konzentration, im Normalmodus die PM_{2,5}-Konzentration. Zum Nullpunktgleich wird über die Umschaltvorrichtung in periodischen Abständen dem Streulichtsensor gefilterte Luft zugeführt.

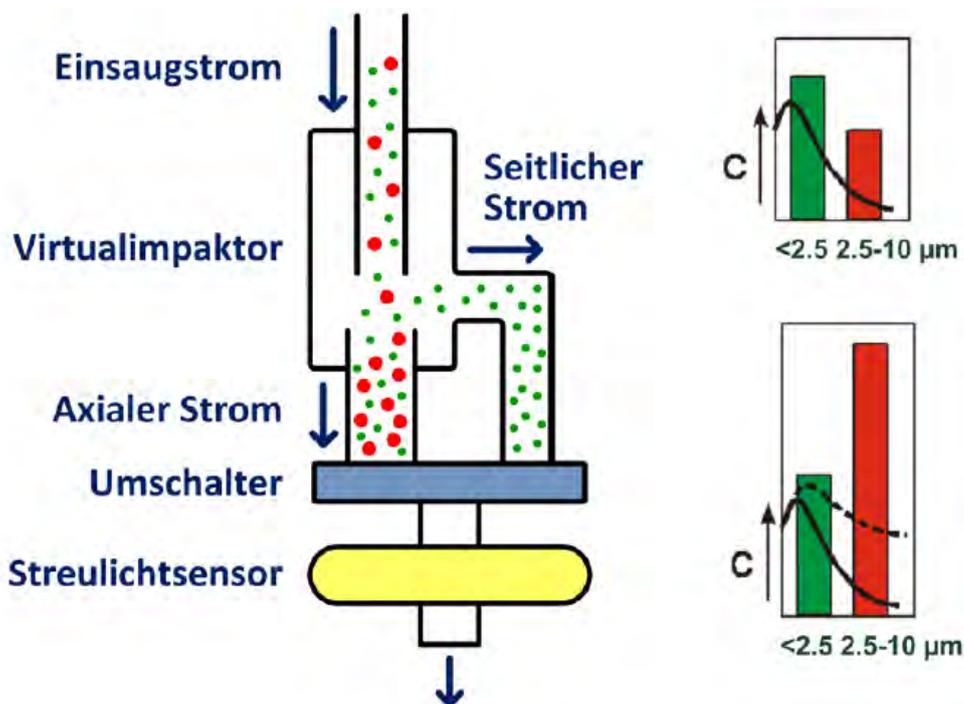


Abbildung 2: Funktionsprinzip des Virtualimpaktors

3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Die Partikelprobe passiert mit einer Durchflussrate von 3,3 l/min den PM₁₀-Probenahmekopf und gelangt in das Probenahmerohr, welches den Probenahmekopf mit dem Virtualimpaktor verbindet. Im Virtualimpaktor wird die angesaugte Luft in zwei Teilströme aufgeteilt. Über Magnetventile gelangt nun wahlweise das Aerosol aus dem axialen Strom (Anreicherungsmodus zur Erfassung der PM₁₀-Konzentration oder aus dem seitlichen Strom (Normalmodus zur Erfassung der PM_{2,5}-Konzentration) zur Streulichtsensorik, wo die eigentliche Messung erfolgt. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde die Messeinrichtung im Wechselbetrieb zwischen PM₁₀ und PM_{2,5} betrieben mit einer jeweiligen Intervallzeit von 2 min. Einmal pro Stunde wird außerdem für ca. zwei Minuten eine Nullluftspülung zum Nullpunktgleich durchgeführt – im Display wird dies mit „Flush“ angezeigt. Die ermittelten Messdaten werden im Gerätespeicher sowie – wenn vorhanden – auf einer SD-Karte abgelegt.

Abbildung 3 zeigt den schematischen Aufbau des APM-2.

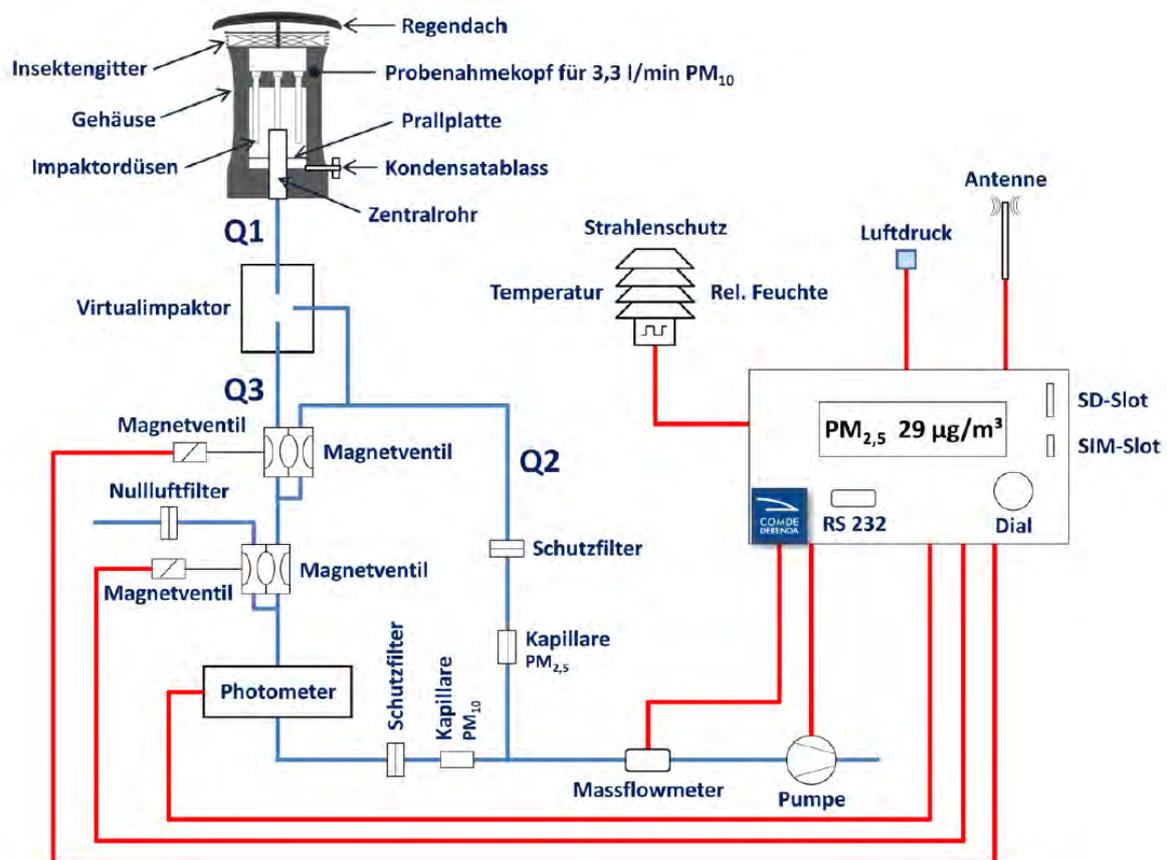


Abbildung 3: Übersichtsdiagramm APM-2

3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Das Schwebstaubimmissionsmessgerät APM-2 basiert auf dem Messprinzip der Streulichtmessung.

Die geprüfte Messeinrichtung besteht aus dem PM₁₀-Probenahmekopf, dem Probenahmerohr, dem Virtualimpaktor, dem Messgerät mit Bedieneinheit und der Streulicht-Photometer-Einheit, dem Außensensor sowie dem Handbuch in deutscher Sprache.



Abbildung 4: Überblick Gesamtsystem APM-2



Abbildung 5: PM₁₀-Probenahmekopf für APM-2



Abbildung 6: Virtual-Impaktor für APM-2



Abbildung 7: Ansicht APM-2 (Frontklappe offen)



Abbildung 8: Ansicht APM-2 (Rückklappe offen)



Abbildung 9: Messsysteme APM-2 auf Messstation

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt direkt über die Bedieneinheit mit einem Jog-Dial (Dreh-Drück-Steller) an der Frontseite des Gerätes. Messdaten werden im internen Speicher oder auf SD-Karte gespeichert – eine Datenübertragung via RS232-Schnittstelle ist ebenfalls möglich (seriell oder Bayern-Hessen-Protokoll). Der Benutzer kann Messdaten und Geräteinformationen abrufen, Parameter ändern sowie Tests zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung durchführen.

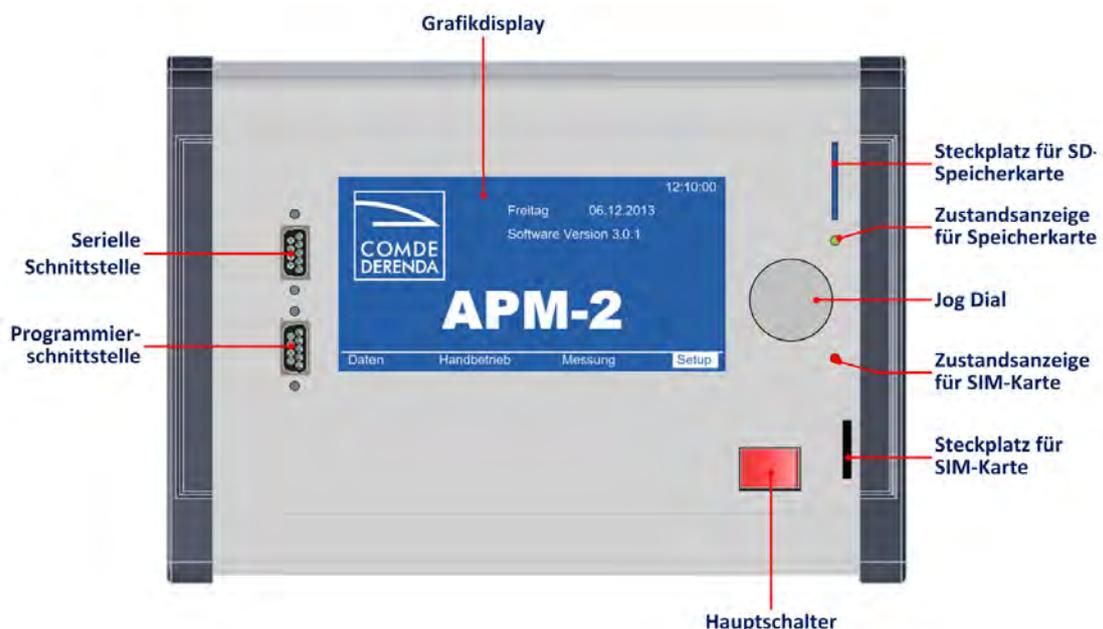


Abbildung 10: Bedieneinheit

Auf der obersten Ebene liegt das Hauptfenster der Benutzeranzeige – von hier kann mittels Jog-Dial in die entsprechenden Untermenüs navigiert werden. Des Weiteren werden das aktuelle Datum, die aktuelle Uhrzeit und die installierte Softwareversion angezeigt.

Menü „Daten“: In diesem Menü findet man alle Funktionen, die die Datenspeicherung betreffen (intern oder SD-Karte).

Zudem gelangt man über dieses Menü zu den Updatefunktionen für die Software

Menü „Handbetrieb“: Hier bietet sich die Möglichkeit die Funktionen PM_{2,5}-Messung, PM₁₀-Messung und Spülen direkt manuell zu starten. Die gewählten Funktionen laufen so lange, bis sie vom Anwender wieder abgebrochen werden. Dieses Menü ist in erster Linie für Servicekräfte zur Funktionsüberprüfung gedacht.

Menü „Messung“: Durch Anklicken wird eine Messung gestartet.

Menü „Setup“: Über das Menü „Setup“ werden die Geräteeinstellungen vorgenommen oder der Test zur Funktionsüberprüfung angesteuert, wie z.B. Sprache, Datum/Uhrzeit, Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers (Prüfgaskoffertest), Dichtigkeitstest, Datenübertragung, Systeminformationen, Geräteeinstellungen (für Service, geschützt mit Factory-Passwort) und Messparameter (PM_{2,5}, PM₁₀ oder Wechselbetrieb, Solltemperatur Heizblock, Intervall für Wechselbetrieb....)

Abbildung 11 zeigt einen Gesamtüberblick über die Menüstruktur des APM-2.

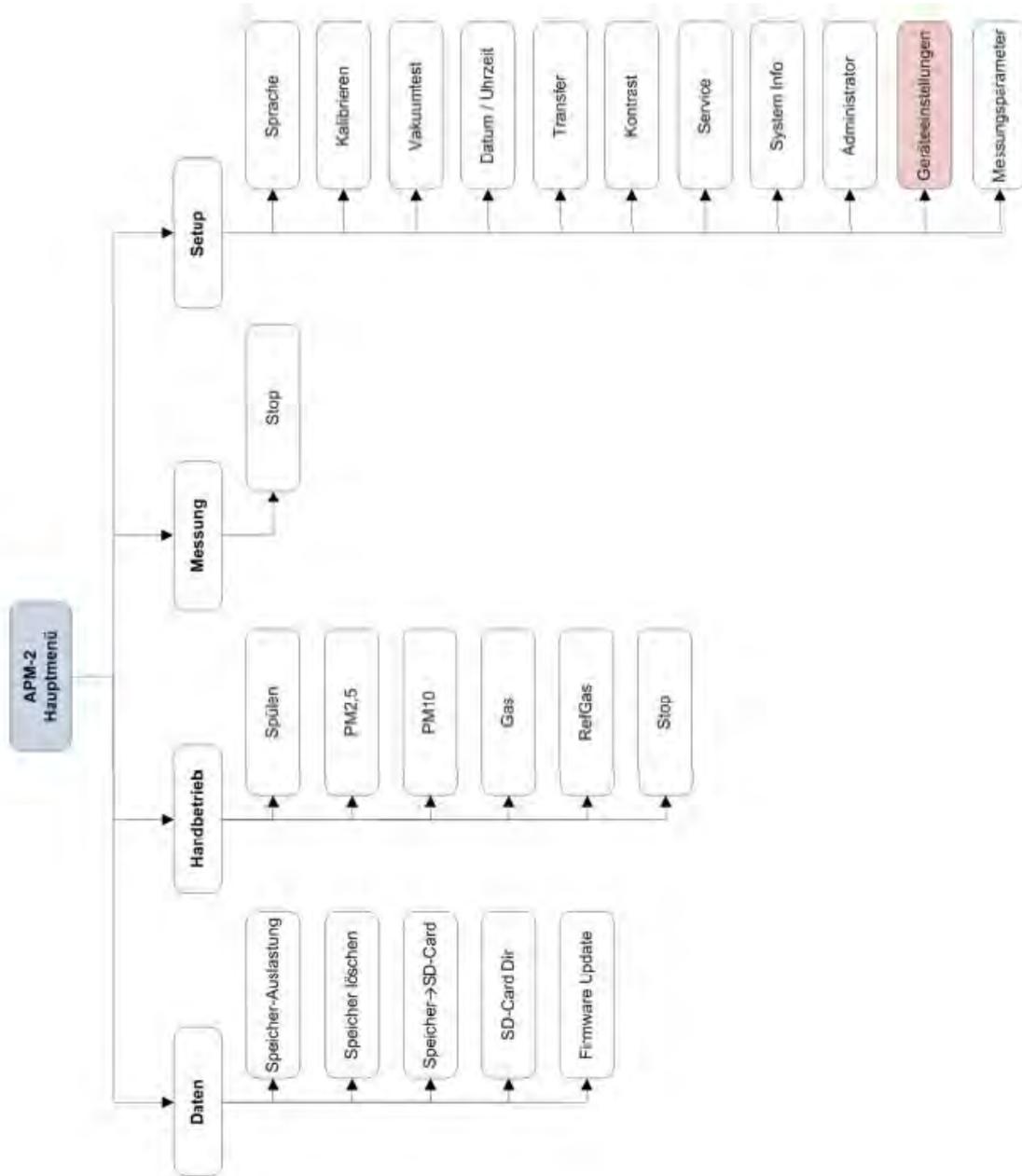


Abbildung 11: Menüstruktur APM-2

Neben der direkten Kommunikation via Jog-Dial und Gerätedisplay besteht weiterhin die Möglichkeit, mit der Messeinrichtung via RS232 zu kommunizieren (Serielle Schnittstelle, Bayern-Hessen-Protokoll). Messdaten können z.B. leicht via RS232 und einer Terminal-Software auf einem PC aufgezeichnet werden. Im Rahmen der Eignungsprüfung erfolgte der Zugriff auf die Messwerte durch Download der auf der SD-Karte gespeicherten Messdaten.

Zur externen Nullpunktsüberprüfung der Messeinrichtung wird ein Nullfilter am Geräteinlass montiert. Der Einsatz dieses Filters ermöglicht die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft.



Abbildung 12: Nullfilter

Zur externen Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers wurde vom Gerätehersteller folgende optionale Prüfmethode entwickelt:

Durch Aufgabe von Propan auf das Photometer wird ein Streulichtsignal im Bereich von 300 - 400 mV (entspricht einer Aerosolkonzentration von ca. 70 µg/m³) erzeugt. Die Stabilität dieses Signals wird als Maß für die Stabilität der Empfindlichkeit herangezogen. Bei einer Untersuchung zur Wiederholbarkeit konnte in 15 Messungen eine Standardabweichung von kleiner 1 % vom Mittelwert der Messwerte ermittelt werden (siehe Tabelle 3), so dass die Prüfmethode für sich ausreichend stabil und reproduzierbar ist.

Tabelle 3 Prüfung Wiederholbarkeit mit Prüfgaskoffer

Messung	Uhrzeit	Messwert [mV]
1	08:48	363
2	08:54	366
3	09:02	370
4	09:09	370
5	09:16	369
6	09:28	368
7	09:33	364
8	09:40	367
9	09:48	365
10	09:57	369
11	10:05	363
12	10:14	372
13	10:22	373
14	10:30	364
15	10:37	370
Anzahl Werte		15
Mittelwert		367,5
Standardabweichung s_{x0}		3,2
Nachweisgrenze X [% vom Mittel]		1,90

Leider stand diese Prüfmethode bis zum Dezember 2013 nicht zur Verfügung, so dass zwar die erforderlichen Prüfungen am Referenzpunkt im Labor (Klimakammer, Netzspannung) durchgeführt werden konnten, allerdings keine Langzeitdriftuntersuchungen am Referenzpunkt über die Feldtestdauer. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN CEN TS 16450 [9] vollkommen verzichten wird.



Abbildung 13: Prüfgaskoffer zur Überprüfung der Empfindlichkeit



Abbildung 14: Prüfaufbau APM-2 + Prüfgaskoffer

Zur Überprüfung der Dichtigkeit der Messeinrichtung steht eine Dichtigkeitstestvorrichtung zur Verfügung. Dabei wird über die Gerätepumpe ein Vakuum im Gerät erzeugt und dann nach Abschalten der Pumpe der Druckanstieg über einen Zeitraum von fünf Minuten beobachtet. Ab einem Druckanstieg von >290 hPa gilt der Dichtigkeitstest als nicht bestanden.



Abbildung 15: Dichtigkeitstestvorrichtung

Tabelle 4 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes APM-2.

Tabelle 4: Gerätetechnische Daten APM-2 (Herstellerangaben)

Abmessungen / Gewicht	APM-2
Messgerät	320 x 560 x 270 mm / 15 kg
Probenahmerohr	0,5 m zwischen Inlet und Virtualimpaktor, Sonderlängen sind auf Wunsch möglich
Probenahmekopf	PM ₁₀ , prinzipieller Aufbau gemäß DIN EN 12341, runterskaliert auf 3,3 l/min
Energieversorgung	230 V, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme	ca. 80 W
Umgebungsbedingungen	
Temperatur	-20 bis +50 °C
Feuchte	Outdoor-Aufstellung, Schutzklasse IP65
Probenflussrate (Inlet)	3,3 l/min
Virtualimpaktor	
Seitlicher Strom	3,1 l/min, PM _{2,5}
Axialer Strom	0,2 l/min, PM ₁₀
Aerosolsensor	
Messprinzip	Streulichtmessung, Einwinkel (90°)
Solltemperatur Photometer	40 °C
Messbereich	0 – 1000 µg/m ³
Auflösung	1 µg/m ³
Betriebsweise	in Eignungsprüfung PM ₁₀ und PM _{2,5} im Wechselbetrieb im Wechselintervall von 2 min, abweichende Wechselintervalle (5, 10 und 15 min) sowie die Option zum Einzelbetrieb PM ₁₀ oder PM _{2,5} stehen zur Verfügung
Speicherkapazität Daten (intern)	3,5 MB entspricht 27.000 Datensätzen, nichtflüchtiger Ringspeicher
Geräteeingänge und -ausgänge	1 x SD-Karte zum Speichern der Messwerte 1 x RS232 Schnittstelle zur Kommunikation via serielle Schnittstelle / Bayern-Hessen-Protokoll 1 x RS232 Schnittstelle als Programmierschnittstelle (nur Service)
Statussignale / Fehlermeldungen	vorhanden (Handbuch Kapitel 11)



4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN3 und SN4.

Die Prüfung wurde im Jahr 2012 mit der Softwareversion 1.3 begonnen. Während der Prüfung wurde die Software insbesondere zur Implementierung der Prüfgasmessung beständig weiterentwickelt und optimiert.

Mit Beginn der Feldprüfungen im November 2012 wurde die Softwareversion 2.1.0 installiert und im Februar 2013 vor Beginn der Kampagne „Bonn, Winter“ auf Version 2.3.1 und dann nochmals im Juni 2013 vor der Kampagne „Köln, Sommer“ auf Version 2.5.2 upgedated. Diese Version wurde über den gesamten verbleibenden Feldtest (Köln, Sommer und Rodenkirchen) beibehalten.

Alle bis zum Stand 2.5.2 durchgeführten Änderungen dienen in erster Linie der Implementation einer Prüfgasmessung und haben keinen Einfluss auf die Performance der Messeinrichtung (siehe Tabelle 5).

Für die ausstehenden Laboruntersuchungen am Referenzpunkt stand dann schlussendlich seit Dezember 2013 die Softwareversion 3.0.0.d. bzw. ab Januar 2014 die Softwareversion 3.0.1 zur Verfügung.

Diese Softwareversionen beinhalten eine Optimierung des Berechnungsalgorithmus durch Einführung einer Linearitätskorrektur für die Schwebstaubmesswerte. Da diese Änderung einen Einfluss auf die Messwertbildung hat, wurden über die ausstehenden Laboruntersuchungen hinaus folgende Maßnahmen zur Qualifizierung der neuen Software getroffen:

Alle vorhandenen Messwerte aus den 4 vergangenen Vergleichskampagnen wurden manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge aufgeführt.

Zusätzlich wurde zur Qualifizierung eine zusätzliche Vergleichskampagne am Standort Köln, Parkplatzgelände mit den zwei Prüflingen und der neuen Softwareversion (Version 3.0.1) durchgeführt. Hierzu wurde im Detail folgendes Prüfprogramm durchgeführt:

- Durchführung einer Vergleichsmesskampagne mit mindestens 40 validen Messwertpaaren Referenz vs. Prüfling
- Bestimmung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} gemäß Leitfaden
- Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß Leitfaden
- Anwendung der unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge ermittelten Korrekturfaktoren/-termen
- Neuberechnung der Äquivalenz für die 4 Datensätze aus der vorliegenden Eignungsprüfung + zusätzlich Datensatz aus der Validierungskampagne „Köln, Winter 2014“ gemäß dem Ansatz aus Punkt „8.2 Eignungstest“ der DIN CEN/TS 16450 [9]

Die Ergebnisse dieser Zusatzuntersuchungen sind im Punkt 7 Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1 aufgeführt.

Tabelle 5 zeigt eine Gesamtübersicht über die Softwarestände in der Eignungsprüfung und die Änderungen zwischen den einzelnen Versionen.

Tabelle 5: Übersicht der Softwarestände während der Eignungsprüfung

Version	Beschreibung der Änderungen	Status in Eignungsprüfung
1.3	Startversion	Labortest
2.0.0	<ul style="list-style-type: none"> • Ablaufsteuerung optimiert, da während aktiver Heizung Abstürze möglich waren • Bugfix für Volumenstromkalibrierung • Datenübertragung wahlweise auf Anfrage (BH) oder regelmäßig • Speichern auch intern, zum späteren Abruf auf SD-Karte 	Nicht installiert
2.1.0	<ul style="list-style-type: none"> • Implementierung Prüfgasmessung mit CO₂ 	Feldtest Kampagne 1
2.2.2	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Nachkommastelle ergänzt für „SpülOffset“, „GasOffset“, „ugM³_PM2.5“ und „ugM³_PM10“ • CO₂-Test: 2 Sekunden Pause zwischen Evakuieren und Füllen eingeführt 	Nicht installiert
2.3.0	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂-Test: Vormessung mit 67 % statt 100 % Pumpenspannung 	Nicht installiert
2.3.1	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂-Test: CO₂-Vormessung nur 20 s anstatt 40 s 	Feldtest Kampagne 2
2.4.0	<ul style="list-style-type: none"> • GPRS-Modem intern einsetzbar • Letzte Konzentration vor Spülen wird während Spülen im BH-Protokoll weiter gehalten. • Signalisierung des Spülvorgangs durch „5“ in BH-Betriebsstatus 	Nicht installiert
2.5.0	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Prüfgasmessung – ohne Beutel, 3facher Wechsel mit Nullluft, Propan statt CO₂ • Prüfgaszeitfolge: 50 s Nullluft, 20 s Propan mit Pumpe, 50 s Propan ohne Pumpe • Prüfgasanzeige in mV mit 2 Nachkommastellen 	Nicht installiert



2.5.1	<ul style="list-style-type: none">• Prüfgasmessung: Standardabweichung implementiert• Prüfgasmessung: Wiederholen durch „Start“ im selben Menü	Nicht installiert
2.5.2	<ul style="list-style-type: none">• Prüfgaszeitfolge jetzt 60-10-50 s• Prüfgasanzeige in mV mit 1 Nachkommastelle	Feldtest Kampagne 3 und 4
2.5.3	<ul style="list-style-type: none">• Grafische Verbesserungen im Prüfgasmenü• Stopbutton im Prüfgasmenü	Nicht installiert
2.5.5	<ul style="list-style-type: none">• Im Prüfgasmenü wird das Magnetventil auf Nullluft geschaltet, so dass (sofern der Bypass geschlossen ist) kein Propan ausströmt	Nicht installiert
3.0.0.b	<ul style="list-style-type: none">• Kalibrierfunktion für Barometer erstellt• Linearitätskorrektur implementiert• Fehleranzeige als überlagertes Fenster• Kalibrierfaktor für Photometer implementiert• Werkseitige Kalibrierung der ADC-Eingänge ermöglicht• Anzeige negative Messwerte optional zu- oder abschaltbar• Dichtigkeitstest implementiert	Nicht installiert
3.0.0.d	<ul style="list-style-type: none">• Optionale Invertierung des Ventils PM_{2,5}/PM₁₀ während Prüfgasmessungen	Prüfgasmessungen für Labortest
3.0.1	<ul style="list-style-type: none">• Dichtigkeitstest zeigt Leckrate an• Dichtigkeitstest: Vakuumdruck wird einige Sekunden nach Ausschalten der Pumpe bestimmt• Kommunikation über serielle Schnittstelle stabilisiert	Kampagne 5 zur Validierung 3.0.1

Die Betriebssicherheit der Messeinrichtung wird durch die Änderungen beständig erhöht. Es ist durch die durchgeführten Änderungen bis zur Version 3.0.0.b kein signifikanter Einfluss auf die Geräteperformance zu erwarten. Die durchgeführte Änderung im Berechnungsalgorithmus ab Version 3.0.0.b wurde durch ein umfangreiches Prüfprogramm validiert (siehe Kapitel 7 ab Seite 194 in diesem Bericht).

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

Alle ermittelten Konzentrationen werden in µg/m³ (Betriebsbedingungen) angegeben. Zusätzlich werden die PM₁₀-Konzentrationen zur Auswertung gemäß Richtlinie EN 12341 in Normbedingungen in µg/m³ angegeben (273 K, 101,3 kPa).

Im folgenden Bericht wird in der Überschrift zu jedem Prüfpunkt die Mindestanforderung gemäß den berücksichtigten Richtlinien [1, 2, 3, 4, 5] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei identischen Geräten des Typs APM-2 mit den Seriennummern SN3 und SN4 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 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
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Nullfilter zur externen Nullpunktsüberprüfung
- Prüfgaskoffer (Propan)
- Dichtigkeitstestvorrichtung

Die Aufzeichnung der Messwerte am Nullpunkt erfolgte durch geräteseitige Speicherung auf einer SD-Karte.

Zur externen Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers wurde vom Gerätehersteller folgende optionale Prüfmethode entwickelt:

Durch Aufgabe von Propan auf das Photometer wird ein Streulichtsignal im Bereich von ca. 300 – 400 mV erzeugt. Die Stabilität dieses Signals wird als Maß für die Stabilität der Empfindlichkeit herangezogen.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 zusammengestellt.

4.3 Feldtest

Der Feldtest wurde mit 2 baugleichen Messeinrichtungen durchgeführt. Dies waren:

Gerät 1: SN3

Gerät 2: SN4

Es ergab sich folgendes Prüfprogramm im Feldtest:

- Untersuchung der Vergleichbarkeit der Testgeräte gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods"
- Untersuchung der Vergleichbarkeit des Testgerätes mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods"
- Untersuchung der Konstanz des Probenahmenvolumenstroms
- Ermittlung der Kalibrierfähigkeit, Aufstellung der Analysenfunktion
- Bestimmung der Reproduzierbarkeit
- Ermittlung der zeitlichen Änderung des Nullpunktes und der Empfindlichkeit*
- Betrachtung der Abhängigkeit der Messwerte von der im Messgut enthaltenen Luftfeuchte
- Ermittlung des Wartungsintervalls
- Bestimmung der Verfügbarkeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit der Testgeräte

* Leider stand die Prüfmethodik für die Empfindlichkeit bis zum Dezember 2013 nicht zur Verfügung, so dass zwar die erforderlichen Prüfungen am Referenzpunkt im Labor (Klimakammer, Netzspannung) durchgeführt werden konnten, allerdings keine Langzeitdriftuntersuchungen am Referenzpunkt über die Feldtestdauer. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN CEN TS 16450 [9] vollkommen verzichten wird.

Für den Feldtest wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Messcontainer des TÜV Rheinland, klimatisiert auf ca. 20 °C
- Wetterstation (WS 500 der Fa. ELV Elektronik AG) zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM₁₀ gemäß Punkt 5
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM_{2,5} gemäß Punkt 5
- 1 Gasuhr, trockene Bauart
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Messgerät zur Erfassung der Leistungsaufnahme Metraster 5 (Hersteller: Fa. Gosson Metrawatt)
- Nullfilter zur externen Nullpunktsüberprüfung

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte durch geräteseitige Speicherung auf einer SD-Karte.

Im Feldtest liefen jeweils für 24 h zeitgleich zwei APM-2-Systeme und je zwei Referenzgeräte für PM_{2,5} und PM₁₀. Das Referenzgerät arbeitet diskontinuierlich, d. h. nach erfolgten Probenahmen muss das Filter manuell gewechselt werden.

Die Impaktionsplatten der PM₁₀ und PM_{2,5} Probenahmeköpfe der Referenzgeräte wurden in der Prüfung ca. alle 2 Wochen gereinigt und mit Silikonfett eingefettet, um eine sichere Trennung und Abscheidung der Partikel zu gewährleisten. Die Probenahmeköpfe der Prüflinge wurden gemäß Herstellerangabe ca. alle 4 Wochen gereinigt. Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind.

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

Messstandorte und Messgerätstandorte

Die Messgeräte wurden im Feldtest an den Standorten Köln und Bonn komplett im Freien auf dem Dach des Messcontainers installiert. Die Referenzsysteme (LVS3) wurden an diesen Standorten ebenfalls komplett im Freien auf dem Dach installiert. Die Installation der Prüflinge und der Referenzgeräte am Standort Rodenkirchen erfolgte auf ca. 0,5 m hohen Podesten.

Der Feldtest wurde an folgenden Messstandorten durchgeführt:

Tabelle 6: Feldteststandorte

Nr.	Messstandort	Zeitraum	Charakterisierung
1	Köln, Winter	11/2012 – 02/2013	Städtischer Hintergrund
2	Bonn, Straßenkreuzung, Winter	02/2013 – 05/2013	Verkehrseinfluss
3	Köln, Sommer	05/2013 – 07/2013	Städtischer Hintergrund
4	Rodenkirchen, Sommer	07/2013 – 09/2013	Ländliche Struktur + Verkehrseinfluss

5	Köln, Winter*	01/2014 – 03/2014	Städtischer Hintergrund
---	---------------	-------------------	-------------------------

* Validierungskampagne für Software 3.0.1, siehe Kapitel 7 Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1 ab Seite 194

Abbildung 16 bis Abbildung 25 zeigen den Verlauf der PM-Konzentrationen an den Feldteststandorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

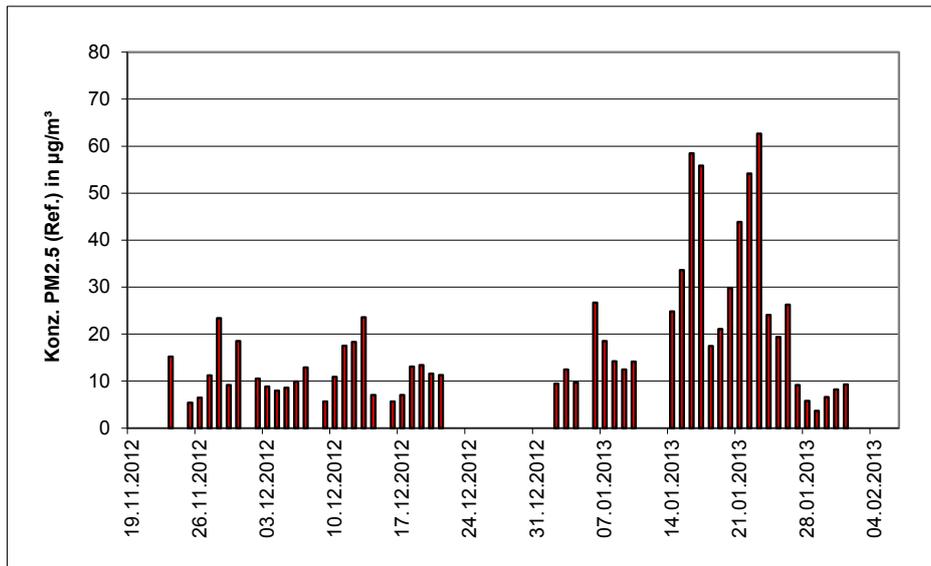


Abbildung 16: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“

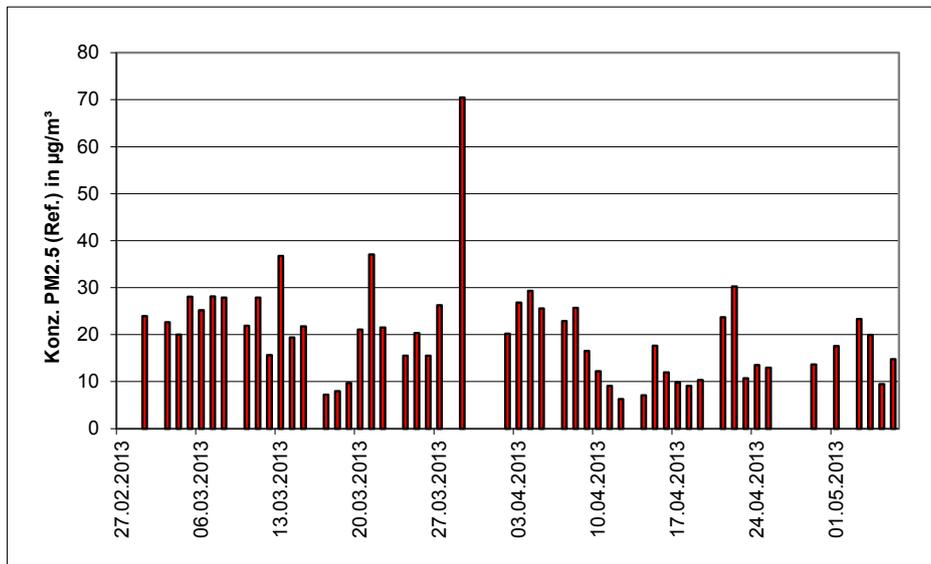


Abbildung 17: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“

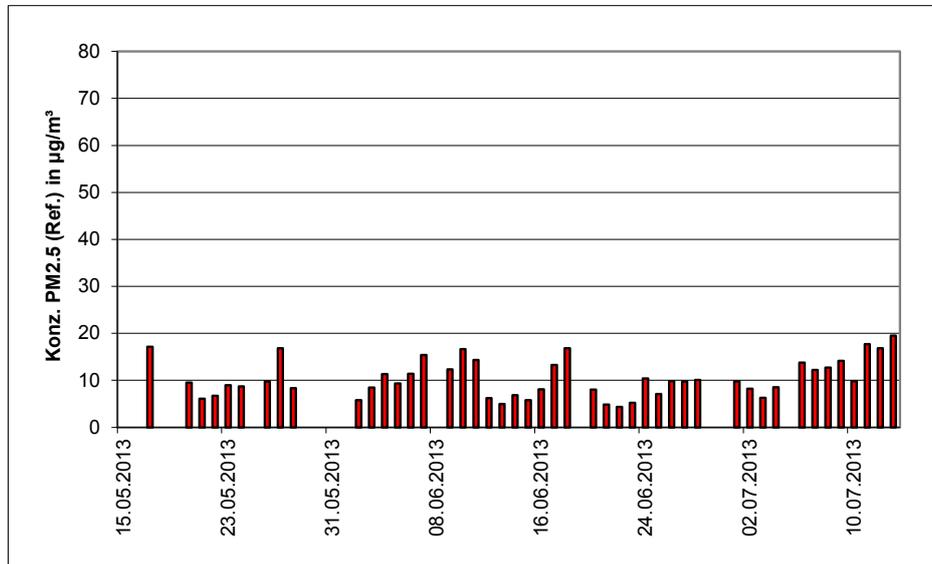


Abbildung 18: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“

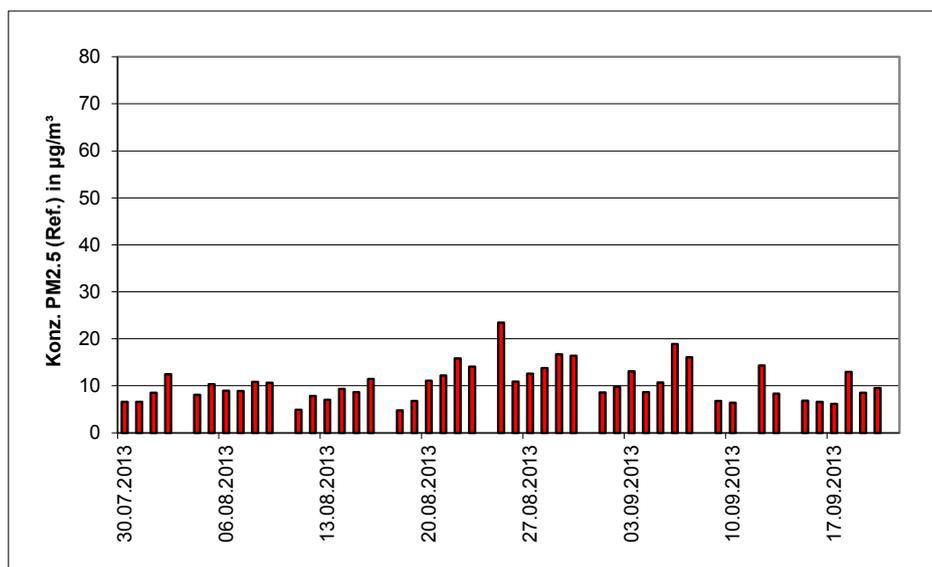


Abbildung 19: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“

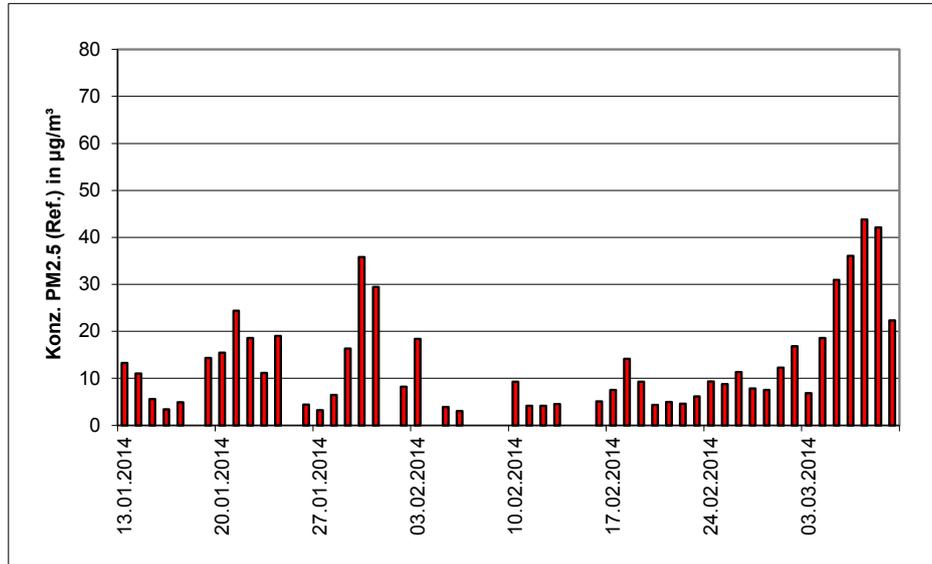


Abbildung 20: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“

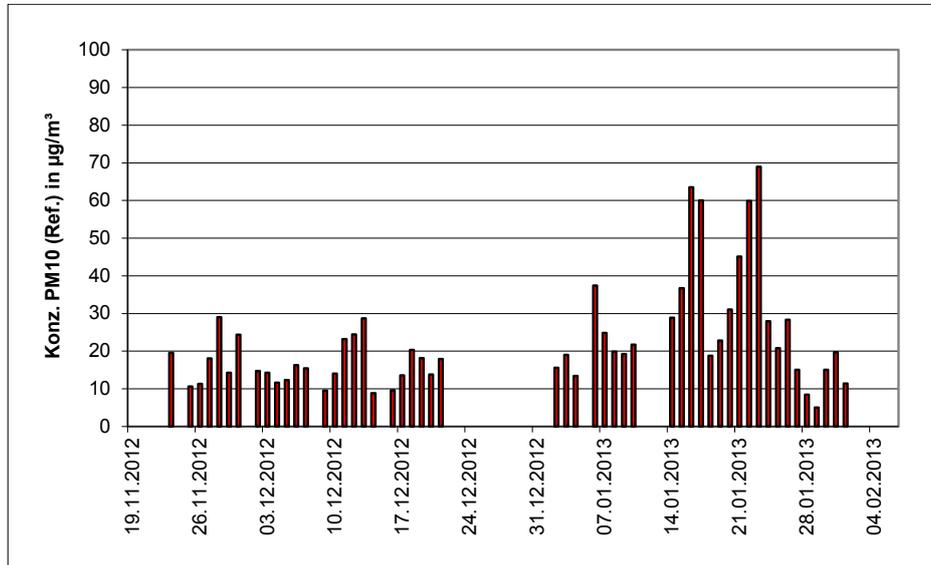


Abbildung 21: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“

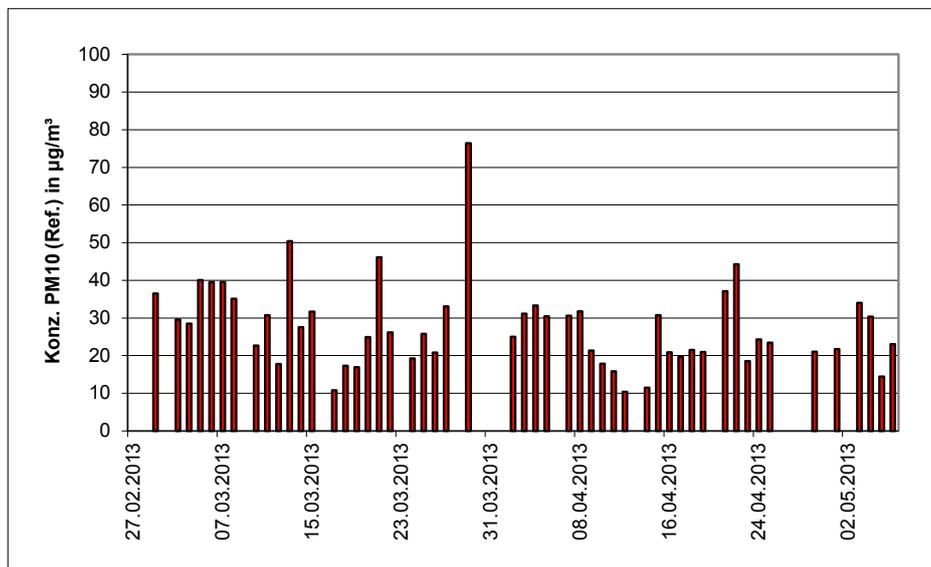


Abbildung 22: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“

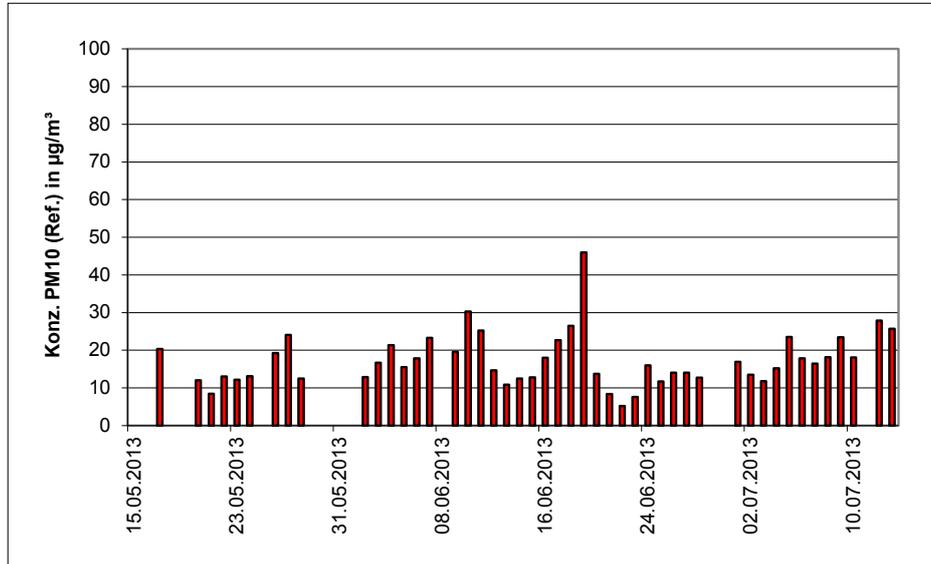


Abbildung 23: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“

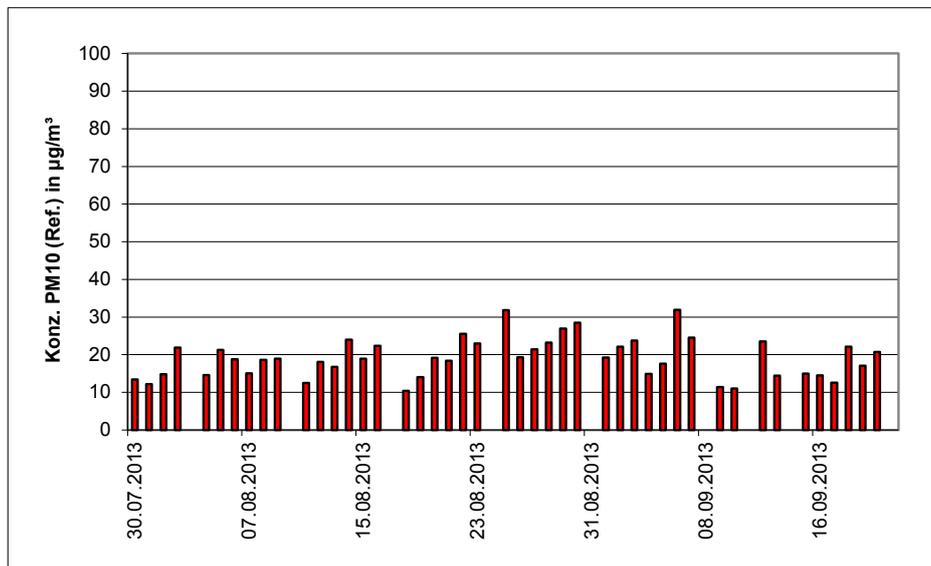


Abbildung 24: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“

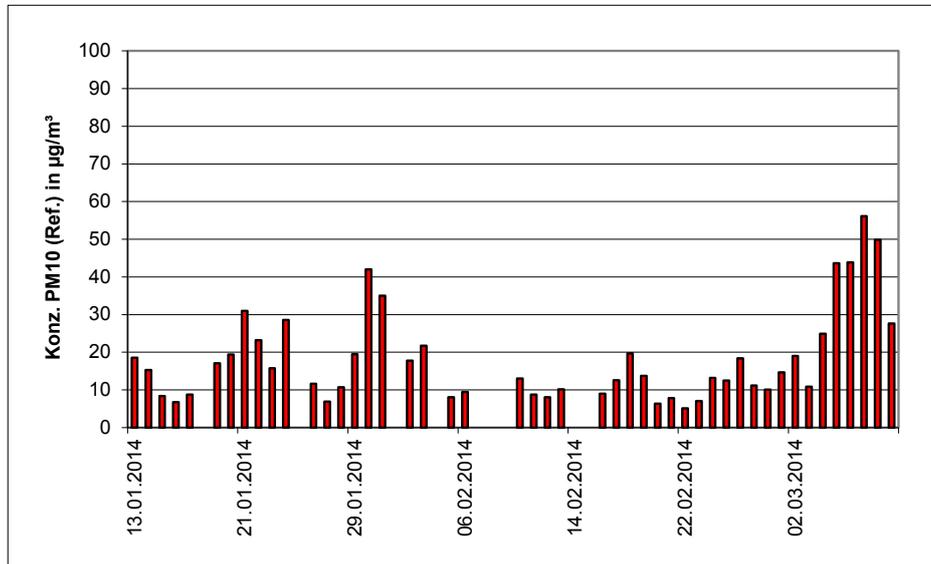


Abbildung 25: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“

Die folgenden Abbildungen zeigen den Messcontainer an den Feldteststandorten Köln, Bonn und Rodenkirchen.



Abbildung 26: Feldteststandort Köln, Sommer & Winter



Abbildung 27: Feldteststandort Bonn, Winter



Abbildung 28: Feldteststandort Rodenkirchen, Sommer

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

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

- Höhe Containerdach: 2,50 m
- Höhe der Probenahme für Test-/Referenzgerät: 0,96 m / 0,51 m über Containerdach
3,46 / 3,01 m über Grund
- Höhe der Windfahne: 4,5 m über Grund

Die nachfolgende Tabelle 7 enthält daher neben einem Überblick über die wichtigsten meteorologischen Kenngrößen, die während der Messungen an den 4 Feldteststandorten (+ Validierungskampagne Köln, Winter 2014) ermittelt wurden, auch einen Überblick über die Schwebstaubverhältnisse während des Prüfzeitraumes. Alle Einzelwerte sind in den Anhängen 5 und 6 zu finden.

Tabelle 7: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten, als Tagesmittelwerte

	Köln, Winter	Bonn, Winter	Köln, Sommer	Rodenkirchen, Sommer	Köln, Winter 2014*
Anzahl Wertepaare Referenz PM ₁₀	52	51	47	45	46
Anzahl Wertepaare Referenz PM _{2,5}	52	51	46	45	47
Anteil PM_{2,5} an PM₁₀ [%]					
Bereich	41,6 – 97,2	42,2 – 96,5	42,5 – 84,1	38,8 – 73,6	32,0 – 90,9
Mittelwert	73,8	70,5	62,2	54,0	68,5
Lufttemperatur [°C]					
Bereich	-3,3 – 11,9	-3,4 – 20,0	6,3 – 28,2	9,9 – 27,8	2,5 – 13,1
Mittelwert	4,6	7,9	16,7	17,2	6,5
Luftdruck [hPa]					
Bereich	988 – 1027	985 – 1021	993 – 1021	988 – 1016	984 – 1022
Mittelwert	1004	1004	1008	1005	1000
Rel. Luftfeuchte [%]					
Bereich	70,0 – 91,2	42,8 – 85,8	51,4 – 89,5	48,6 – 96,4	46,8 – 87,2
Mittelwert	81,2	63,2	68,4	75,6	74,4
Windgeschwindigkeit [m/s]					
Bereich	0,0 – 3,3	0,4 – 4,2	0,1 – 2,7	1,2 – 5,0	0,0 – 3,0
Mittelwert	0,9	1,6	0,8	2,6	0,0
Niederschlagsmenge [mm/d]					
Bereich	0,0 – 25,7	0,0 – 13,2	0,0 – 32,4	0,0 – 21,3	0,0 – 18,9
Mittelwert	2,9	0,9	3,7	1,9	1,7

* Validierungskampagne für Software 3.0.1, siehe Kapitel 7 Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1 ab Seite 194

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.

Im Feldtest wurde immer eine Probenahmezeit von 24 h für alle Geräte eingestellt (von 10:00 – 10:00 (Köln), von 7:00 – 7:00 (Bonn) und von 9:00 – 9:00 (Rodenkirchen)).

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 erkannten und entfernten Messwertpaare (Referenz).

Es wurden folgende Wertepaare entfernt:

Tabelle 8: Entfernte Wertepaare Referenz PM₁₀ nach Grubbs

Standort	Datum	Referenz 1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Referenz 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Köln, Sommer	11.07.2013	31,0	28,1

Tabelle 9: Entfernte Wertepaare Referenz PM_{2,5} nach Grubbs

Standort	Datum	Referenz 1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Referenz 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Köln, Sommer	05.07.2013	14,6	17,4

Filterhandling - Massenbestimmung

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

Tabelle 10: Eingesetzte Filtermaterialien

Messgerät	Filtermaterial, Typ	Hersteller
Referenzgeräte LVS3	Emfab™, Ø 47 mm	Pall

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 und der DIN EN 14907 folgende Geräte eingesetzt:

1. als Referenzgerät PM₁₀: Kleinfiltergerät Low Volume Sampler LVS3
Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland
Herstelldatum: 2007
PM₁₀-Probenahmekopf
2. als Referenzgerät PM_{2,5}: Kleinfiltergerät Low Volume Sampler LVS3
Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland
Herstelldatum: 2007 und 2010
PM_{2,5}-Probenahmekopf

Während der Prüfung wurden parallel jeweils zwei Referenzgeräte für PM₁₀ und PM_{2,5} mit einem geregelten Durchsatz von 2,3 m³/h betrieben. Die Volumenstromregelgenauigkeit beträgt unter realen Einsatzbedingungen < 1 % des Nennvolumenstroms.

Die Probenahmeluft beim Kleinfiltergerät LVS3 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-m³ an.

Die PM₁₀ bzw. die PM_{2,5} Konzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Betriebs-m³ dividiert wurde.



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. Im Messbetrieb werden im Display auf der rechten Seite die momentan aktuell gemessene PM_x-Konzentration angezeigt (bzw. während der Spülphase der gemessene Spannungswert in mV). Auf der linken Seite werden folgende Messwerte angezeigt:

PM2.5 avg: Mittelwert der gemessenen Massenkonzentration PM_{2,5} (gleitend, Update jede Sekunde)

PM10 avg: Mittelwert der gemessenen Massenkonzentration PM₁₀ (gleitend, Update jede Sekunde)

Sp-Offset: Photometer-Offset, ermittelt während der Nullluftspülung

Phototemp: Temperatur am Photometer

Aussentemp: Umgebungstemperatur

Feuchte: Umgebungsluftfeuchte

Luftdruck: Umgebungsluftdruck

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 29 zeigt die Benutzeranzeige mit den aktuellen Konzentrationsmesswerten.



Abbildung 29: Messanzeige Konzentrationsmesswerte (hier PM_{2,5})



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. Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind (in der Eignungsprüfung ca. alle 4 Wochen).
3. Eine Überprüfung der Sensoren für Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
4. Eine Überprüfung der Durchflussrate sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
5. Eine Überprüfung der Dichtigkeit sollte im Rahmen der Überprüfung der Durchflussrate ebenfalls alle 3 Monate erfolgen.
6. Der Virtualimpaktor ist spätestens alle 3 Monate zu reinigen.
7. Gemäß Hersteller sollen die internen Filter im Gerät (Nullluft-Filter, Photometer-Ausgangsfiler, Bypass-Filter und Pumpen-Ausgangsfiler) spätestens nach 6 Monaten ausgetauscht werden.
8. Mindestens einmal im Jahr sollte das Photometer zur Rekalibrierung an den Gerätehersteller eingeschickt werden.

Gemäß Hersteller ist das Photometer komplett auszutauschen, falls:

- Die insgesamt aufgenommene Feinstaubmenge 50 mg überschritten hat (entspricht ca. 200 Tage bei einer mittleren Konzentration von 50 µg/m³).
- Der Photometer-Offset über 2500 mV angestiegen ist.

Nach der jährlichen Wartung des Photometers ist die Messeinrichtung mit dem gravimetrischen PM₁₀-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 bzw. mit dem mit dem gravimetrischen PM_{2,5}-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 am Messstandort zu kalibrieren. Es ist möglichst ein saisonaler Kalibrierrhythmus einzustellen.

9. Während einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Probenahme-
rohres zu achten.
10. Die Vakuumpumpe hat eine Lebensdauer von ca. 2 Jahren – nach Erreichen der Le-
bensdauer muss die Pumpe komplett getauscht werden. Ein Versagen der Pumpe
wird über eine Fehlermeldung des Gerätes angezeigt.

Zur Durchführung der Wartungsarbeiten sind die Anweisungen im Handbuch (Kapitel 10) zu
beachten. Alle Arbeiten lassen sich grundsätzlich mit üblichen Werkzeugen durchführen.

6.5 Bewertung

Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen
durchführbar. Die Arbeiten für die Punkte 6ff sind nur bei Außerbetriebnahme des Gerätes
durchzuführen – diese Arbeiten fallen alle 3 Monate (Reinigung Virtualimpaktor), alle 6 Mo-
nate (Filtertausch), 1 x jährlich (Photometer) bzw. alle 2 Jahre (Pumpe) an. Ansonsten kann
sich die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitäts-
checks 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 Handbü-
chern beschriebenen Arbeiten und Arbeitsabläufe durchgeführt. Es erfolgte allerdings kein
Austausch der Photometer. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Vorgehensweise konnten
keine Schwierigkeiten beobachtet werden. Alle Wartungsarbeiten ließen sich 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.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch, Nullfilter, Prüfgaskoffer (optional)

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Statusmeldungen angezeigt. Der aktuelle Status der überwachten Kenngrößen kann entweder am Gerät selbst eingesehen werden bzw. wird auch bei der Datenaufzeichnung mit erfasst. Steht eine Fehlermeldung am Gerät an, so wird diese im Display dauerhaft eingeblendet.

Es besteht die Möglichkeit, den Nullpunkt der Messeinrichtung extern zu überprüfen. Hierzu wird ein Nullfilter am Geräteinlass montiert. Der Einsatz dieses Filters ermöglicht die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft.

Im Rahmen der Prüfung wurde ca. alle 4 Wochen eine Bestimmung des Nullpunktes auch mit Hilfe des Nullfilters durchgeführt.

Zur externen Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers wurde vom Gerätehersteller folgende optionale Prüfmethode entwickelt:

Durch Aufgabe von Propan auf das Photometer wird ein Streulichtsignal im Bereich von 300 - 400 mV (entspricht einer Aerosolkonzentration von ca. 70 µg/m³) erzeugt. Die Stabilität dieses Signals wird als Maß für die Stabilität der Empfindlichkeit herangezogen. Bei einer Untersuchung zur Wiederholbarkeit konnte in 15 Messungen eine Standardabweichung von kleiner 1 % vom Mittelwert der Messwerte ermittelt werden (siehe Tabelle 3), so dass die Prüfmethode für sich ausreichend stabil und reproduzierbar ist.

Tabelle 11 Prüfung Wiederholbarkeit mit Prüfgaskoffer

Messung	Uhrzeit	Messwert [mV]
1	08:48	363
2	08:54	366
3	09:02	370
4	09:09	370
5	09:16	369
6	09:28	368
7	09:33	364
8	09:40	367
9	09:48	365
10	09:57	369
11	10:05	363
12	10:14	372
13	10:22	373
14	10:30	364
15	10:37	370
Anzahl Werte		15
Mittelwert		367,5
Standardabweichung $s_{x,0}$		3,2
Nachweisgrenze X [% vom Mittel]		1,90

Leider stand diese Prüfmethode bis zum Dezember 2013 nicht zur Verfügung, so dass zwar die erforderlichen Prüfungen am Referenzpunkt im Labor (Klimakammer, Netzspannung) durchgeführt werden konnten, allerdings keine Langzeitdriftuntersuchungen am Referenzpunkt über die Feldtestdauer. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN CEN TS 16450 [9] vollkommen verzichten wird.

6.4 Auswertung

Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden oder aktivierbar. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Fehlermeldungen angezeigt.

Eine externe Überprüfung des Nullpunktes ist mit Hilfe des Nullfilters jederzeit möglich.

Eine externe Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers ist mit Hilfe des Prüfgastests ebenfalls jederzeit möglich, konnte jedoch im Rahmen der Eignungsprüfung über den Feldtestzeitraum nicht geprüft werden. Bei einer Untersuchung zur Wiederholbarkeit der Prüfmethodik konnte in 15 Messungen eine Standardabweichung von kleiner 1 % vom Mittelwert der Messwerte ermittelt werden, so dass die Prüfmethodik für sich ausreichend stabil und reproduzierbar ist und grundsätzlich als geeignet zur Stabilitätsprüfung der Messeinrichtung erscheint.

6.5 Bewertung

Alle im Bedienungshandbuch beschriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionieren. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Meldungen angezeigt.

Die Ergebnisse der externen Nullpunktsüberprüfungen mit Nullfilter über die Dauer der Felduntersuchungen sind im Kapitel 6.1 5.3.12 Langzeitdrift in diesem Bericht dargestellt.

Eine externe Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers ist mit Hilfe des Prüfgastests ebenfalls jederzeit möglich, konnte jedoch im Rahmen der Eignungsprüfung über die Dauer der Felduntersuchungen nicht geprüft werden. Bei einer Untersuchung zur Wiederholbarkeit der Prüfmethodik konnte in 15 Messungen eine Standardabweichung von kleiner 1 % vom Mittelwert der Messwerte ermittelt werden, so dass die Prüfmethodik für sich ausreichend stabil und reproduzierbar ist und grundsätzlich als geeignet zur Stabilitätsprüfung der Messeinrichtung erscheint.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe unter dem Punkt:

6.1 5.3.12 Langzeitdrift

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 der Energieversorgung oder etwaig notwendige Maßnahmen zum Schutz der Messeinrichtung, wurden hier nicht bewertet.

6.4 Auswertung

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

Das Messsystem APM-2 ist mit einem Wetterschutzgehäuse ausgerüstet und damit für eine Außenaufstellung konzipiert. Am Installationsort wird daher lediglich ein Stromanschluss 230V benötigt.

Folgende Schritte zum (erstmaligen) Aufbau der Messeinrichtung sind grundsätzlich erforderlich:

- Entpacken und Aufstellung der Messeinrichtung
- Installation des Ansaugrohres und des Impaktorkopfes sowie des Außensensors
- Anschluss der Energieversorgung
- Einschalten der Messeinrichtung
- Nach mindestens 1 h Akklimatisier- und Aufwärmzeit (Photometertemperatur muss bei 40 °C liegen):
 - Prüfung der Dichtigkeit
 - Überprüfung des Außensensors
 - Überprüfung des Volumenstroms
 - optional Durchführung Prüfgastest
- optional Anschluss von peripheren Erfassungssystemen (RS232) an der entsprechenden Schnittstelle



Die Durchführung dieser Arbeiten und damit die Rüstzeit für den erstmaligen Aufbau beträgt ca. 1-2 Stunden. Die Messeinrichtung kann – wenn einmal montiert – leicht als Ganzes transportiert werden und kann daher leicht von einem zum anderen Messort umgezogen werden.

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

Mit dem Einschalten des System kann nach Erreichen der Solltemperatur für das Photometer der Messvorgang durch Anwählen des Menüpunktes „Messung“ direkt gestartet werden. Der Messvorgang beginnt mit einer zweiminütigen Spülung des Photometers mit Nullluft und anschließendem Nullpunktgleich. Diese Nullluftspülung wird im Messbetrieb in stündlichen Intervallen für jeweils zwei Minuten vom Gerät automatisch durchgeführt. Die eigentliche Messung beginnt unmittelbar nach der ersten Spülung. Danach führt das Gerät je nach Wechselintervall (in Eignungsprüfung alle 2 Minuten) abwechselnd die PM_{2,5} und PM₁₀-Messungen durch. Die Einlaufzeit beträgt je nach Zeitbedarf bis zum Erreichen der Solltemperatur für das Photometer daher in der Regel mindestens 15-30 min.

Falls erforderlich, können etwaige Änderungen der Grundparametrierungen der Messeinrichtungen ebenfalls in wenigen Minuten durch mit den Geräten vertrautes Personal durchgeführt werden, allerdings wird der normale Messbetrieb hierzu unterbrochen.

6.5 Bewertung

Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.

Die Messeinrichtung kann leicht an unterschiedlichen Messstellen betrieben werden. Die Rüstzeit beträgt bei erstmaliger Einrichtung ca. 1-2 Stunden und die Einlaufzeit je nach notwendiger Stabilisierungszeit ca. 15 – 30 min.

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 bestimmt.

6.4 Auswertung

Das Messsystem APM-2 ist mit einem Wetterschutzgehäuse ausgerüstet und damit für eine Außenaufstellung konzipiert. Die Messeinrichtung muss in horizontaler Aufstellung / Einbaulage installiert werden.

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

Der Energiebedarf der Messeinrichtung mit der eingesetzten Pumpe wird vom Hersteller mit maximal ca. 80 W für das Gesamtsystem angegeben. In einem 24stündigen Test wurde der Gesamtenergiebedarf der Messeinrichtung ermittelt. Zu keinem Zeitpunkt wurde bei dieser Untersuchung der angegebene Wert überschritten.

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 direkt über die Bedieneinheit mit einem Jog-Dial (Dreh-Drück-Steller) an der Frontseite des Gerätes.

In den nicht passwortgeschützten Menüebenen können überwiegend nur Messwerte, Parameter etc. eingesehen bzw. Test zur Funktionsüberprüfung durchgeführt werden.

Die Veränderung von Parametern zur Messung ist passwortgeschützt (Menü: Setup/Messungsparameter). Im System implementierte Geräteparameter sind nur über das mit Factory-Passwort geschützte Menü Setup/Geräteeinstellungen durch speziell autorisiertes Personal zu Erreichen.

Darüber hinaus ist die Tür des Wetterschutzgehäuses mit zwei Schlössern ausgerüstet und verhindert daher einen unbefugten Zugriff auf die Messeinrichtung.

6.4 Auswertung

Unbeabsichtigtes Verstellen von Geräteparametern kann durch den Passwortschutz verhindert werden. Ferner ergibt sich ein zusätzlicher Schutz vor unbefugtem Eingriff durch die Ausführung des Wetterschutzgehäuses mit abschließbarer Tür.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Ferner ergibt sich ein zusätzlicher Schutz vor unbefugtem Eingriff durch die Ausführung des Wetterschutzgehäuses mit abschließbarer Tür.

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 „HyperTerminal“

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung verfügt über einen internen Speicher mit 3,5 MB Größe. Der Speicher ist als nichtflüchtiger Ringspeicher ausgeführt. Zusätzlich können die Messdaten auch direkt auf einer SD-Karte gespeichert werden.

Während der Eignungsprüfung wurden die Messdaten geräteintern auf die SD-Karte gespeichert und ausgelesen. Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die Möglichkeit der Ausgabe der Messsignale / Kommunikation via serielle Schnittstelle RS 232 (seriell, Bayern-Hessen-Protokoll). Die Übertragung der Messwerte via RS232 an ein Terminalprogramm ist leicht möglich.

Die Messeinrichtung verfügt über keine analogen Messsignale.

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden auf der Gerätevorderseite wie folgt angeboten:

- 1 x SD-Karte zum Speichern der Messwerte
- 1 x RS232 Schnittstelle zur Kommunikation via serielle Schnittstelle / Bayern-Hessen-Protokoll
- 1 x RS232 Schnittstelle als Programmierschnittstelle (nur Service)

6.5 Bewertung

Die Messsignale werden auf SD-Karte gespeichert oder digital (über RS 232) angeboten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 30 zeigt eine Ansicht der Gerätevorderseite mit den jeweiligen Messwertausgängen.



Abbildung 30: Ansicht Gerätevorderseite des APM-2 (rechts oben SD-Kartenslot, links RS232)

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 Zertifizierungsbereiche

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

6.4 Auswertung

Die Richtlinie VDI 4202, Blatt 1, enthält folgende Mindestanforderungen für die Zertifizierungsbereiche von Schwebstaubimmissionsmesseinrichtungen:

Tabelle 12: Zertifizierungsbereiche

Messkomponente	Untere Grenze ZB	Obere Grenze ZB	Grenzwert	Beurteilungszeitraum
	in µg/m ³	in µg/m ³	in µg/m ³	
PM ₁₀	0	100	50	24h
PM _{2,5}	0	50	25	Kalenderjahr

Die Zertifizierungsbereiche orientieren sich am Grenzwert für den kleinsten Beurteilungszeitraum und dienen zur Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich dieses Grenzwerts. Diese Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich des Grenzwertes erfolgt im Rahmen der Bestimmung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß Leitfaden [5]. Hierzu werden als Bezugswerte gemäß Leitfaden die folgenden Werte herangezogen:

PM₁₀: 50 µg/m³

PM_{2,5}: 30 µg/m³

Es wird auf den Prüfpunkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge im Bericht verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich der relevanten Grenzwerte ist möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe unter dem Prüfpunkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge im Bericht.

6.1 5.2.2 Messbereich

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

An der Messeinrichtung ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m³ eingestellt.

Messbereich:	0 – 1.000 µg/m ³
Obere Grenze des Zertifizierungsbereichs:	PM ₁₀ : 100 µg/m ³
	PM _{2,5} : 50 µg/m ³

6.5 Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.2.3 Negative Messsignale

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung kann sowohl über Display wie auch über die Datenausgänge negative Werte ausgeben, allerdings traten zu keinem Zeitpunkt der Prüfung negative Messsignale auf. Negative Messsignale sind messprinzip- und bauartbedingt nicht zu erwarten.

6.5 Bewertung

Negative Messsignale können von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge ausgegeben werden, sind aber messprinzip- und bauartbedingt nicht zu erwarten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.2.4 Stromausfall

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall von bis zu 72 h muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas unterbunden sein. Die Geräteparameter sind durch eine Pufferung gegen Verlust durch Netzausfall zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

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

Im Falle eines Netzausfalles befindet sich die Messeinrichtung nach der Spannungswiederkehr nach erneuter Stabilisierung der Photometertemperatur und der zweiminütigen Nullluftspülung wieder in messbarem Zustand (siehe auch unter Punkt 6.1 4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten).

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 nach erneuter Stabilisierung der Photometertemperatur und der zweiminütigen Nullluftspülung wieder fort.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.5 Gerätefunktionen

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC zur Datenerfassung.

6.3 Durchführung der Prüfung

An die Messeinrichtung wurde lokal über RS232 ein PC angeschlossen und der Datentransfer inkl. Gerätestatus geprüft.

Über entsprechende Router oder Modems ist eine Fernüberwachung leicht möglich.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine telemetrische Kontrolle der Messeinrichtung über RS232-Schnittstelle.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtungen können über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus überwacht werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.6 Umschaltung

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung überwacht werden. Eine telemetrische Steuerung ist bislang nicht implementiert.

6.4 Auswertung

Alle Bedienprozeduren, die keine praktischen Handgriffe vor Ort bedingen können, können sowohl vom Bedienpersonal am Gerät als auch durch telemetrische Fernbedienung überwacht werden. Eine telemetrische Steuerung ist bislang nicht implementiert, ist aber in naher Zukunft geplant.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung überwacht werden. Eine telemetrische Steuerung ist bislang nicht implementiert, ist aber in naher Zukunft geplant.

Mindestanforderung erfüllt? nein

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 5.2.7 Wartungsintervall

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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 gemäß 6.1

5.3.12 Langzeitdrift zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

6.4 Auswertung

Es konnten für die Messeinrichtungen über den gesamten Feldtestzeitraum keinerlei unzulässige Driften am Nullpunkt festgestellt werden.

Eine externe Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers ist mit Hilfe des Prüfgastests ebenfalls jederzeit möglich, konnte jedoch im Rahmen der Eignungsprüfung über den Feldtestzeitraum nicht geprüft werden. Bei einer Untersuchung zur Wiederholbarkeit der Prüfmethodik konnte in 15 Messungen eine Standardabweichung von kleiner 1 % vom Mittelwert der Messwerte ermittelt werden, so dass die Prüfmethodik für sich ausreichend stabil und reproduzierbar ist und grundsätzlich als geeignet zur Stabilitätsprüfung der Messeinrichtung erscheint. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung hinsichtlich des Wartungsintervalls keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN CEN TS 16450 [9] vollkommen verzichten wird.

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

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 daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Modul 4.1.2 dieses Berichtes und dem Kapitel 10 des Bedienhandbuchs entnommen werden.

6.1 5.2.8 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 95 % 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.

6.4 Auswertung

Tabelle 13 und Tabelle 14 zeigen eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest (4 Vergleichskampagnen) über einen Zeitraum von insgesamt 264 Messtagen betrieben. Dieser Zeitraum beinhaltet insgesamt 22 Tage mit Nullfilterbetrieb bzw. Geräteüberprüfungen im Rahmen der Eignungsprüfung (siehe auch Anlage 5).

Ausfälle durch externe Einflüsse, die nicht dem Gerät angelastet werden können, wurden am 31.12.2012 und am 01.01.2013 (Stromausfall) registriert. Durch die externen Einflüsse reduziert sich die Gesamtbetriebszeit auf 262 Messtage.

Es wurden folgende Gerätestörungen beobachtet:

SN3:

Es wurden keine Gerätestörungen beobachtet

SN4:

Zwischen dem 24.05.2013 und dem 26.05.2013 erfolgte aus unbekanntem Gründen keine Datenaufzeichnung bei SN4 – somit kam es hier zu drei Tagen Ausfall.

Ansonsten wurden keine weiteren Gerätestörungen beobachtet.

Die regelmäßige Pflege der Probenahmeköpfe, die regelmäßige Überprüfung der Durchflussraten (bzw. der Dichtigkeit) führen zu Ausfällen von 0,5 bis ca. 1. Betroffene Tagesmittelwerte wurden in diesen Fällen nicht verworfen.

6.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für SN3 100 % und für SN4 98,9 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle bzw. 91,6 % für SN3 sowie 90,5 % für SN4 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 13: Ermittlung der Verfügbarkeit (ohne prüfungsbedingte Ausfälle)

		Gerät 1 (SN3)	Gerät 2 (SN4)
Einsatzzeit	d	262	262
Ausfallzeit	d	0	3
Wartungszeit	d	0	0
Tatsächliche Betriebszeit	d	262	259
Verfügbarkeit	%	100	98,9

Tabelle 14: Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. prüfungsbedingte Ausfälle)

		Gerät 1 (SN3)	Gerät 2 (SN4)
Einsatzzeit	d	262	262
Ausfallzeit	d	0	3
Wartungszeit inkl. Nullfilter	d	22	22
Tatsächliche Betriebszeit	d	240	237
Verfügbarkeit	%	91,6	90,5

6.1 5.2.9 Gerätesoftware

Die Version der zu testenden Gerätesoftware muss beim Einschalten der Messeinrichtung angezeigt werden. Funktionsbeeinflussende Änderungen der Gerätesoftware sind dem Prüfinstitut mitzuteilen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

Die aktuelle Software kann im Hauptmenü sowie unter dem Menüpunkt „Setup/System Info“ eingesehen werden.

Die Prüfung wurde im Jahr 2012 mit der Softwareversion 1.3 begonnen. Während der Prüfung wurde die Software beständig weiterentwickelt und optimiert.

Mit Beginn der Feldprüfungen im November 2012 wurde die Softwareversion 2.1.0 installiert und im Februar 2013 vor Beginn der Kampagne „Bonn, Winter“ auf Version 2.3.1 und dann nochmals im Juni 2013 vor der Kampagne „Köln, Sommer“ auf Version 2.5.2 upgedated. Diese Version wurde über den gesamten verbleibenden Feldtest (Köln, Sommer und Rodenkirchen) beibehalten.

Alle bis zum Stand 2.5.2 durchgeführten Änderungen dienen in erster Linie der Implementation einer Prüfgasmessung und haben keinen Einfluss auf die Performance der Messeinrichtung (siehe Tabelle 5 unter Punkt 4.1 Allgemeines).

Für die ausstehenden Laboruntersuchungen am Referenzpunkt stand dann seit Dezember 2013 die Softwareversion 3.0.0.d. bzw. ab Januar 2014 die Softwareversion 3.0.1 zur Verfügung.

Diese Softwareversionen beinhalten eine Optimierung des Berechnungsalgorithmus durch Einführung einer Linearitätskorrektur für die Schwebstaubmesswerte. Da diese Änderung einen Einfluss auf die Messwertbildung hat, wurden über die ausstehenden Laboruntersuchungen hinaus folgende Maßnahmen zur Qualifizierung der neuen Software getroffen:

Alle vorhandenen Messwerte aus den 4 vergangenen Vergleichskampagnen wurden manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge aufgeführt.

Zusätzlich wurde zur Qualifizierung eine zusätzliche Vergleichskampagne am Standort Köln, Parkplatzgelände mit den zwei Prüflingen und der neuen Softwareversion (Version 3.0.1) durchgeführt. Hierzu wurde im Detail folgendes Prüfprogramm durchgeführt:

- Durchführung einer Vergleichsmesskampagne mit mindestens 40 validen Messwertpaaren Referenz vs. Prüfling
- Bestimmung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} gemäß Leitfaden
- Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß Leitfaden
- Anwendung der unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge ermittelten Korrekturfaktoren/-termen
- Neuberechnung der Äquivalenz für die 4 Datensätze aus der vorliegenden Eignungsprüfung + zusätzlich Datensatz aus der Validierungskampagne „Köln, Winter 2014“ gemäß dem Ansatz aus Punkt „8.2 Eignungstest“ der DIN CEN/TS 16450 [9]

Die Ergebnisse dieser Zusatzuntersuchungen sind im Punkt 7 Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1 aufgeführt.

Eine Übersicht der durchgeführten Änderungen seit Prüfungsbeginn ist unter Punkt 4.1 Allgemeines dargestellt.

Die Betriebssicherheit der Messeinrichtung wird durch die Änderungen beständig erhöht. Es ist durch die durchgeführten Änderungen bis zur Version 3.0.0.b kein signifikanter Einfluss auf die Geräteperformance zu erwarten. Die durchgeführte Änderung im Berechnungsalgorithmus ab Version 3.0.0.b wurde durch ein umfangreiches Prüfprogramm validiert (siehe Kapitel 7 ab Seite 194 in diesem Bericht).

6.5 Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses



Abbildung 31: Anzeige der Softwareversion 3.0.1



6.1 5.3.1 Allgemeines

Die Prüfung erfolgen auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgt auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010).

6.4 Auswertung

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 und VDI 4203, Blatt 3 wurden nach umfangreicher Revision mit Stand September 2010 neu veröffentlicht. Leider bestehen nach dieser Revision in Hinblick zur Prüfung von Staub-Immissionsmesseinrichtungen einige Unklarheiten und Widersprüche bezüglich konkreter Mindestanforderungen auf der einen Seite und der generellen Sinnhaftigkeit von Prüfpunkten auf der anderen Seite. Es besteht konkret Klärungsbedarf bei den folgenden Prüfpunkten:

6.1 5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt

→ keine Mindestanforderung definiert

6.1 5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt

→ nicht sinnvoll für Staubgeräte

6.1 5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)

→ nicht sinnvoll für Staubgeräte

6.1 5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

→ keine Mindestanforderung definiert

6.1 5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

→ keine Mindestanforderung definiert

6.1 5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen

→ keine Mindestanforderung definiert

6.1 5.3.12 Langzeitdrift

→ keine Mindestanforderung definiert

6.1 5.3.13 Kurzzeitdrift

→ nicht sinnvoll für Staubgeräte

6.1 5.3.18 Gesamtunsicherheit

→ nicht sinnvoll für Staubgeräte

Aus diesem Grunde wurde eine offizielle Anfrage an die zuständige Stelle in Deutschland gestellt, um eine abgestimmte Vorgehensweise zum Umgang mit den Inkonsistenzen der Richtlinie festzulegen.

Es wurde folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden wie bisher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B₀, B₁ und B₂).

Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.

Die zuständige deutsche Stelle hat dieser vorgeschlagenen Vorgehensweise per Entscheidung vom 27.06.2011 bzw. 07.10.2011 zugestimmt.

6.5 Bewertung

Die Prüfung erfolgte auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010). Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden daher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B₀, B₁ und B₂). Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



6.1 5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt

Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Bei abweichenden Zertifizierungsbereichen darf die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt höchstens 2 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs betragen.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubbmeseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1), wird daher alternativ auf die nachfolgenden Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

Die Nachweisgrenze der Messeinrichtung darf den Bezugswert B₀ nicht überschreiten. Die Nachweisgrenze ist im Feldtest zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bestimmung der Nachweisgrenze erfolgte bei den Testgeräten SN3 und SN4 durch den Betrieb der Messeinrichtung mit jeweils an beiden Messgeräteeinlässen installiertem Null-Filtern. Die Aufgabe von schwebstaubfreier Probenluft erfolgte über 15 Tage für die Dauer von jeweils 24 h. 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_{x0} der Messwerte bei Ansaugung von schwebstaubfreier Probenluft durch beide Testgeräte ermittelt. Sie entspricht der mit Studentfaktor multiplizierten Standardabweichung des Mittelwertes x₀ der Messwerte x_{0i} für das jeweilige Testgerät:

$$X = t_{n-1;0,95} \cdot s_{x0} \quad \text{mit} \cdot s_{x0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

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

6.5 Bewertung

Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu 0,03 µg/m³ (PM₁₀) bzw. <0,01 µg/m³ (PM_{2,5}) für Gerät 1 (SN3) und zu 0,09 µg/m³ (PM₁₀) bzw. 0,10 µg/m³ (PM_{2,5}) für Gerät 2 (SN4).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 15: Nachweisgrenze PM₁₀

		SN 3	SN 4
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte	µg/m ³	0,00	0,04
Standardabweichung der Werte	µg/m ³	0,01	0,04
Student-Faktor t _{n-1;0,95}		2,14	2,14
Nachweisgrenze x	µg/m ³	0,03	0,09

Tabelle 16: Nachweisgrenze PM_{2,5}

		SN 3	SN 4
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte	µg/m ³	0,00	0,03
Standardabweichung der Werte	µg/m ³	0,00	0,05
Student-Faktor t _{n-1;0,95}		2,14	2,14
Nachweisgrenze x	µg/m ³	<0,01	0,10

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



6.1 5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt

Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist der Grenzwert bzw. die Alarmschwelle zu verwenden.

Bei abweichenden Zertifizierungsbereichen darf die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt höchstens 2% der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs betragen. Als Referenzpunkt ist in diesem Fall ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen 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 5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)

Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mithilfe einer linearen Analysenfunktion darstellbar sein.

Die Linearität gilt als gesichert, wenn die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) einhält.

Für die anderen Zertifizierungsbereiche darf die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion nicht mehr als 5 % der oberen Grenze des entsprechenden Zertifizierungsbereichs betragen.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Für Staubmesseinrichtungen für PM₁₀ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.2 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen. Für Staubmesseinrichtungen für PM_{2,5} ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Siehe Modul 5.4.2. (PM₁₀) bzw. Modul 5.4.10 (PM_{2,5})

6.3 Durchführung der Prüfung

Für Staubmesseinrichtungen für PM₁₀ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.2 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen.

Für Staubmesseinrichtungen für PM_{2,5} ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.

6.4 Auswertung

Siehe Modul 5.4.2. (PM₁₀) bzw. Modul 5.4.10 (PM_{2,5})

6.5 Bewertung

Für Staubmesseinrichtungen für PM₁₀ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.2 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen.

Für Staubmesseinrichtungen für PM_{2,5} ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe Modul 5.4.2. (PM₁₀) bzw. Modul 5.4.10 (PM_{2,5})

6.1 5.3.5 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt 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 5.3.6 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_i bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt 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 5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1), wird daher alternativ auf die nachfolgenden Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

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.

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich -20 bis +50 °C, Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung, Prüfgastest mit Propan zur Referenzpunktsüberprüfung.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt gemäß Gerätehersteller -20 °C bis 50 °C.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes und der Messwerte von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben.

Für die Nullpunktsuntersuchungen wurde den beiden Testgeräten SN3 und SN4 durch Montage von Null-Filtern am Geräteinlass schwebstaubfreie Probenluft zugeführt.

Für die Referenzpunktsuntersuchungen wurde bei den Testgeräten SN3 und SN4 zur Überprüfung der Stabilität der Empfindlichkeit mittels Prüfgastestprozedur ein Messsignal durch Aufgabe von Propan in die Photometerzelle erzeugt und ausgewertet.

Die Umgebungstemperaturen in der Klimakammer wurden in der Reihenfolge 20 °C – -20 °C – 20 °C – 50 °C – 20 °C variiert. Nach einer Äquilibrierzeit von ca. 24 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte am Nullpunkt (pro Temperaturstufe je 3 x 24h) sowie der Messwerte am Referenzpunkt (pro Temperaturstufe je 3 x).

6.4 Auswertung

Nullpunkt:

Es wurden die Messwerte für die Konzentration der jeweils 24-stündigen Einzelmessungen ausgelesen und ausgewertet. Betrachtet wird die absolute Abweichung in µg/m³ pro Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt von 20 °C.

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

Referenzpunkt:

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Messwertes für jeden Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei 20 °C.

6.5 Bewertung

Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt -20 °C bis +50 °C. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur im Bereich -20 °C bis +50 °C auf den Nullpunkt von 0,1 µg/m³ für PM_{2,5} bzw. von 0,2 µg/m³ für PM₁₀ festgestellt werden.

Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen > 2,7 % zum Ausgangswert bei 20 °C ermittelt werden.

Der Gerätehersteller empfiehlt dennoch bei einer dauerhaften Exposition des Gerätes zu sehr starker Sonneneinstrahlung in Verbindung mit sehr hohen Lufttemperaturen (>35 °C) eine sonnengeschützte Aufstellung des Gerätes.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 17: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Mittelwert aus drei Messungen, PM₁₀, SN3 & SN4

Temperatur		Abweichung	
Anfangstemperatur	Endtemperatur	SN 3	SN 4
°C	°C	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20	-20	0,0	0,2
-20	20	0,0	0,0
20	50	0,0	0,0
50	20	0,0	0,0

Tabelle 18: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Mittelwert aus drei Messungen, PM_{2,5}, SN3 & SN4

Temperatur		Abweichung	
Anfangstemperatur	Endtemperatur	SN 3	SN 4
°C	°C	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20	-20	0,0	0,1
-20	20	0,0	0,0
20	50	0,0	0,0
50	20	0,0	0,0

Tabelle 19: Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Prüfgaswerte) von der Umgebungstemperatur, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen, SN3 & SN4

Temperatur		Abweichung	
Anfangstemperatur	Endtemperatur	SN 3	SN 4
°C	°C	[%]	[%]
20	-20	-0,4	-1,5
-20	20	2,7	-0,8
20	50	1,7	0,6
50	20	-1,7	-0,4

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



6.1 5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_i bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1), wird daher alternativ auf die nachfolgenden Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

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.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Trennstelltrafo, Prüfgastest mit Propan zur Referenzpunktsüberprüfung

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.

Für die Referenzpunktsuntersuchungen wurde bei den Testgeräten SN3 und SN4 zur Überprüfung der Stabilität der Empfindlichkeit mittels Prüfgastestprozedur ein Messsignal durch Aufgabe von Propan in die Photometerzelle erzeugt und ausgewertet.

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 Messwertes für jeden Prüfschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei 230 V betrachtet.

6.5 Bewertung

Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen > 1,3 %, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 20 zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.

Tabelle 20: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, SN3 & SN4

Netzspannung		Abweichung	
Anfangsspannung	Endspannung	SN 3	SN 4
V	V	[%]	[%]
230	210	0,6	-0,2
210	230	1,2	-0,9
230	245	1,3	-1,3
245	230	1,0	-1,2

Die Einzelergebnisse können der Anlage 4 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.3.9 Querempfindlichkeit

Die Änderung des Messwerts aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen darf am Nullpunkt und am Referenzpunkt die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant. Es gilt die Mindestanforderung 5.4.5. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich deshalb im Modul 5.4.5.

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 5.3.10 Mittelungseinfluss

Für gasförmige Messkomponenten muss die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.

Der Mittelungseinfluss darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt 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 5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen

Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist mit zwei baugleichen Messeinrichtungen in der Feldprüfung zu ermitteln. Sie darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1), wird daher alternativ auf die nachfolgenden Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

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 identischen 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 PM_{2,5}
- 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. SN3) bei der i-ten Konzentration
- x_{2i} = Messsignal des Gerätes 2 (z.B. SN4) bei der i-ten Konzentration

6.5 Bewertung

Die Reproduzierbarkeit für PM_{2,5} betrug im Feldtest für den Gesamtdatensatz 20, die Reproduzierbarkeit für PM₁₀ betrug im Feldtest für den Gesamtdatensatz 16.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 21 und Tabelle 22 zusammenfassend dargestellt. Die grafische Darstellung erfolgt für PM₁₀ in Abbildung 60 bis Abbildung 64 und für PM_{2,5} in Abbildung 53 bis Abbildung 57.

Anmerkung: Die ermittelten Unsicherheiten werden auf den Bezugswert B₁ für jeden Standort bezogen:

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

Standort	Anzahl	\bar{c} (SN3)	\bar{c} (SN4)	\bar{c}_{ges}	s _D	t	U	R
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	
Köln, Winter	69	16,8	18,5	17,6	1,335	1,995	2,66	15
Bonn, Winter	61	21,9	24,0	23,0	1,667	2,000	3,33	12
Köln, Sommer	54	13,8	15,1	14,4	0,943	2,005	1,89	21
Rodenkirchen, Sommer	53	12,6	12,9	12,8	0,426	2,006	0,85	47
Alle Standorte	237	16,5	17,9	17,2	1,256	1,970	2,47	16

Tabelle 22: *Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld, Messkomponente PM_{2,5}*

Standort	Anzahl	\bar{c} (SN3)	\bar{c} (SN4)	\bar{c}_{ges}	s _D	t	U	R
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	
Köln, Winter	69	14,2	14,9	14,5	0,638	1,995	1,27	20
Bonn, Winter	61	18,2	19,3	18,8	0,853	2,000	1,71	15
Köln, Sommer	54	10,9	11,6	11,2	0,508	2,005	1,02	25
Rodenkirchen, Sommer	53	9,8	9,5	9,7	0,328	2,006	0,66	38
Alle Standorte	237	13,5	14,1	13,8	0,640	1,970	1,26	20

- \bar{c} (SN3): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN3
- \bar{c} (SN4): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN4
- \bar{c}_{ges} : Mittelwert der Konzentrationen der Geräte SN3 & SN4

Einzelwerte können der Anlage 5 des Anhangs entnommen werden.

6.1 5.3.12 Langzeitdrift

Die Langzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf in der Feldprüfung die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1), wird daher alternativ auf die nachfolgenden Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

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

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

Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte im Rahmen des Feldtestes über einen Gesamtzeitraum von insgesamt ca. 10 Monaten (Vergleichskampagne 1-4) bzw. ca. 15 Monaten bei Berücksichtigung der Validierungskampagne im Winter 2014.

Die Messeinrichtungen wurden im Rahmen eines regelmäßigen Checks ca. einmal pro Monat (inkl. zu Beginn und zum Ende jedes Standortes) mit Null-Filter an den Geräteeinlässen für einen Zeitraum jeweils mindestens 24 h betrieben und die gemessenen Nullwerte ausgewertet.

Zur externen Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers wurde vom Gerätehersteller folgende optionale Prüfmethode entwickelt:

Durch Aufgabe von Propan auf das Photometer wird ein Streulichtsignal im Bereich von ca. 300 - 400 mV erzeugt. Die Stabilität dieses Signals wird als Maß für die Stabilität der Empfindlichkeit herangezogen.

Leider stand diese Prüfmethode bis zum Dezember 2013 nicht zur Verfügung, so dass zwar die erforderlichen Prüfungen am Referenzpunkt im Labor (Klimakammer, Netzspannung) durchgeführt werden konnten, allerdings keine Langzeitdriftuntersuchungen am Referenzpunkt über die Feldtestdauer. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN EN TS 16450 [9] vollkommen verzichten wird.



Zur Qualitätssicherung muss das Photometer gemäß Gerätehersteller einmal jährlich zur Überprüfung und Rekalibrierung zum Hersteller geschickt werden und damit kann auch den Anforderungen an die laufende Qualitätskontrolle gemäß Punkt 8.4.10. der DIN CEN TS 16450 [9] Rechnung getragen werden.

6.4 Auswertung

Eine Beurteilung der Drift des Nullpunktes und des Messwertes in 24 h ist prinzipiell möglich, für Staubmesseinrichtungen aber nicht sinnvoll.

Die Messeinrichtung führt zum Start einer Messung sowie im Betrieb jede Stunde eine Nullpunktsüberprüfung / -abgleich mit Nullluft durch.

Die Auswertung am Nullpunkt erfolgt auf Basis der Messergebnisse der regelmäßigen externen Nullpunktmessung durch Vergleich der jeweiligen Werte mit den jeweiligen „Messwerten“ des vorherigen Tests und mit dem „Messwert“ des ersten Tests.

Am 31.03.2013 wurde bei SN 4 ein Nullwert für PM₁₀ von 2,7 µg/m³ gemessen – dieser Wert weicht vom Startwert um 2,7 µg/m³ ab und liegt außerhalb des zulässigen Fensters von ± 2 µg/m³. Eine Ursache für diesen Ausreißer konnte nicht ermittelt werden und alle nachfolgenden Untersuchungen zeigten keine Überschreitung der zulässigen Grenzen. Es erfolgte kein extern ausgelöster Abgleich der Messeinrichtung.

Eine regelmäßige externe Überprüfung der Empfindlichkeit über die Feldtestdauer konnte nicht durchgeführt werden, da einsatzfähiges Prüfequipment erst ab Dezember 2013 zur Verfügung stand. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung hinsichtlich Referenzpunktdrift keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN CEN TS 16450 [9] vollkommen verzichten wird.

6.5 Bewertung

Die maximal gefundene Abweichung am Nullpunkt lag für PM_{2,5} bei -1,4 µg/m³ bezogen auf den Vorgängerwert und bei 2,4 µg/m³ bezogen auf den Startwert und damit innerhalb der erlaubten Grenzen von B₀ = 2 µg/m³.

Die maximal gefundene Abweichung am Nullpunkt lag für PM₁₀ bei 1,5 µg/m³ bezogen auf den Vorgängerwert und bei 2,7 µg/m³ bezogen auf den Startwert und damit bezogen auf den Startwert außerhalb der erlaubten Grenzen von B₀ = 2 µg/m³. Diese Abweichung trat einmalig über den gesamten Feldtestzeitraum auf; eine Ursache konnte nicht ermittelt werden. Es erfolgte kein extern ausgelöster Abgleich der Messeinrichtung.

Eine regelmäßige externe Überprüfung der Empfindlichkeit über die Feldtestdauer konnte nicht durchgeführt werden, da einsatzfähiges Prüfequipment erst ab Dezember 2013 zur Verfügung stand. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung hinsichtlich der Referenzpunktdrift keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN CEN TS 16450 [9] vollkommen verzichten wird.

Mindestanforderung erfüllt? nein

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 23 und Tabelle 24 enthalten die ermittelten Messwerte für den Nullpunkt und die errechneten Abweichungen bezogen auf den Vorgängerwert und bezogen auf den Startwert in µg/m³.

Abbildung 32 bis Abbildung 35 zeigen eine grafische Darstellung der Nullpunktsdrift über den Untersuchungszeitraum.

Tabelle 23: Nullpunktdrift SN3 & SN4, PM₁₀, mit Nullfilter

Datum	SN3			Datum	SN4		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert		Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
19.11.2012	0,0	-	-	19.11.2012	0,0	-	-
20.11.2012	0,0	0,0	0,0	20.11.2012	0,0	0,0	0,0
21.11.2012	0,8	0,8	0,8	21.11.2012	0,8	0,8	0,8
11.01.2013	0,7	0,0	0,7	11.01.2013	0,1	-0,7	0,1
12.01.2013	0,4	-0,4	0,4	12.01.2013	0,0	0,0	0,0
13.01.2013	1,4	1,1	1,4	13.01.2013	1,0	1,0	1,0
05.02.2013	0,1	-1,3	0,1	05.02.2013	0,1	-0,9	0,1
06.02.2013	0,0	-0,1	0,0	06.02.2013	0,2	0,1	0,2
27.02.2013	1,0	0,9	1,0	27.02.2013	1,8	1,5	1,8
28.02.2013	1,4	0,4	1,4	28.02.2013	2,4	0,6	2,4
30.03.2013	1,2	-0,2	1,2	30.03.2013	2,0	-0,4	2,0
31.03.2013	1,0	-0,1	1,0	31.03.2013	2,7	0,8	2,7
01.04.2013	1,1	0,0	1,1	01.04.2013	2,2	-0,5	2,2
26.04.2013	1,1	0,1	1,1	26.04.2013	1,2	-1,0	1,2
27.04.2013	1,8	0,6	1,8	27.04.2013	1,6	0,4	1,6
28.04.2013	1,9	0,1	1,9	28.04.2013	1,8	0,2	1,8
15.05.2013	1,4	-0,5	1,4	15.05.2013	1,7	-0,1	1,7
16.05.2013	1,2	-0,2	1,2	16.05.2013	1,7	0,0	1,7
29.06.2013	1,6	0,4	1,6	29.06.2013	2,4	0,7	2,4
30.06.2013	1,5	-0,1	1,5	30.06.2013	2,2	-0,2	2,2
21.09.2013	1,5	0,0	1,5	21.09.2013	1,7	-0,5	1,7
07.02.2014*	1,8	0,3	1,8	07.02.2014	1,3	-0,4	1,3
08.02.2014*	2,4	0,6	2,4	08.02.2014	1,1	-0,2	1,1
09.02.2014*	1,9	-0,5	1,9	09.02.2014	1,2	0,1	1,2

* Köln, Winter 2014, Validierungskampagne

Tabelle 24: Nullpunktdrift SN3 & SN4, PM_{2,5}, mit Nullfilter

Datum	SN3			Datum	SN4		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert		Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
19.11.2012	0,0	-	-	19.11.2012	0,0	-	-
20.11.2012	0,0	0,0	0,0	20.11.2012	0,0	0,0	0,0
21.11.2012	0,6	0,6	0,6	21.11.2012	0,6	0,6	0,6
11.01.2013	0,7	0,1	0,7	11.01.2013	0,1	-0,6	0,1
12.01.2013	0,3	-0,4	0,3	12.01.2013	0,0	0,0	0,0
13.01.2013	1,4	1,1	1,4	13.01.2013	1,0	0,9	1,0
05.02.2013	0,1	-1,4	0,1	05.02.2013	0,1	-0,8	0,1
06.02.2013	0,0	0,0	0,0	06.02.2013	0,2	0,1	0,2
27.02.2013	1,1	1,0	1,1	27.02.2013	1,7	1,5	1,7
28.02.2013	1,3	0,3	1,3	28.02.2013	2,4	0,6	2,4
30.03.2013	1,2	-0,1	1,2	30.03.2013	2,3	-0,1	2,3
31.03.2013	1,0	-0,2	1,0	31.03.2013	1,7	-0,6	1,7
01.04.2013	0,9	-0,1	0,9	01.04.2013	1,8	0,1	1,8
26.04.2013	1,1	0,2	1,1	26.04.2013	1,2	-0,5	1,2
27.04.2013	1,5	0,4	1,5	27.04.2013	1,6	0,4	1,6
28.04.2013	1,7	0,2	1,7	28.04.2013	1,7	0,1	1,7
15.05.2013	1,3	-0,3	1,3	15.05.2013	1,7	0,0	1,7
16.05.2013	1,1	-0,2	1,1	16.05.2013	1,6	-0,1	1,6
29.06.2013	1,5	0,4	1,5	29.06.2013	2,3	0,7	2,3
30.06.2013	1,5	-0,1	1,5	30.06.2013	2,2	-0,1	2,2
21.09.2013	1,5	0,0	1,5	21.09.2013	2,0	-0,2	2,0
07.02.2014*	2,0	0,5	2,0	07.02.2014	1,5	-0,5	1,5
08.02.2014*	2,4	0,4	2,4	08.02.2014	1,4	-0,1	1,4
09.02.2014*	2,1	-0,3	2,1	09.02.2014	1,4	0,0	1,4

* Köln, Winter 2014, Validierungskampagne

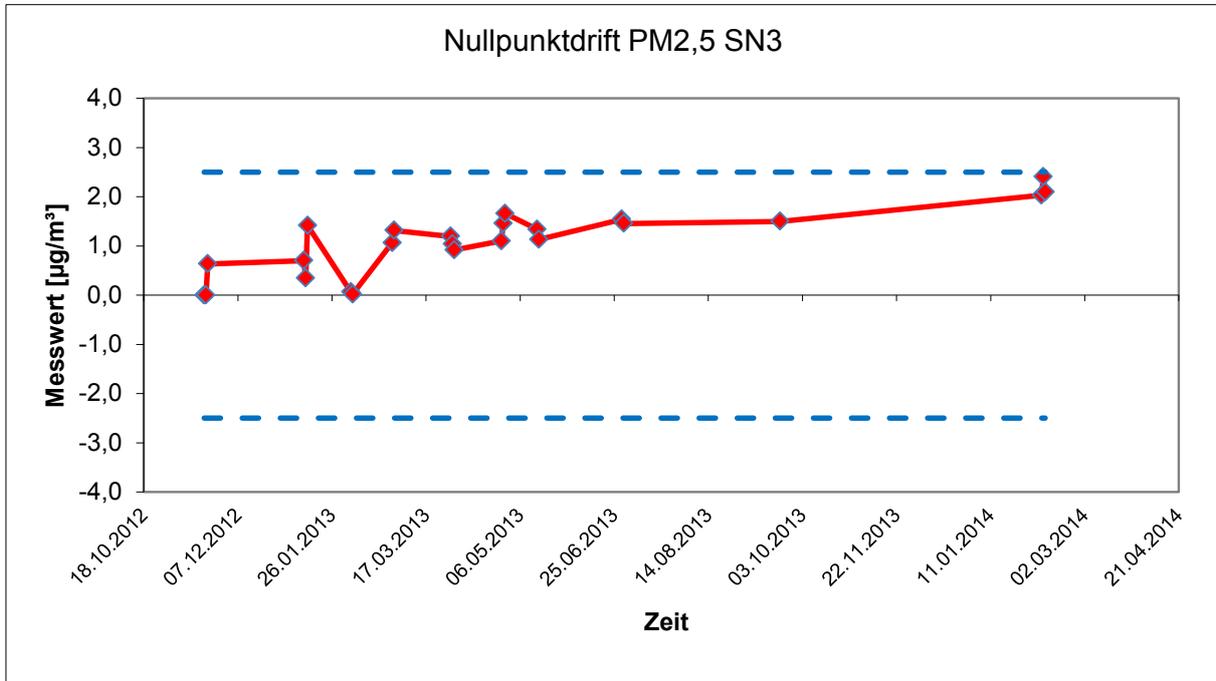


Abbildung 32: Nullpunktdrift SN3, Messkomponente PM_{2,5}

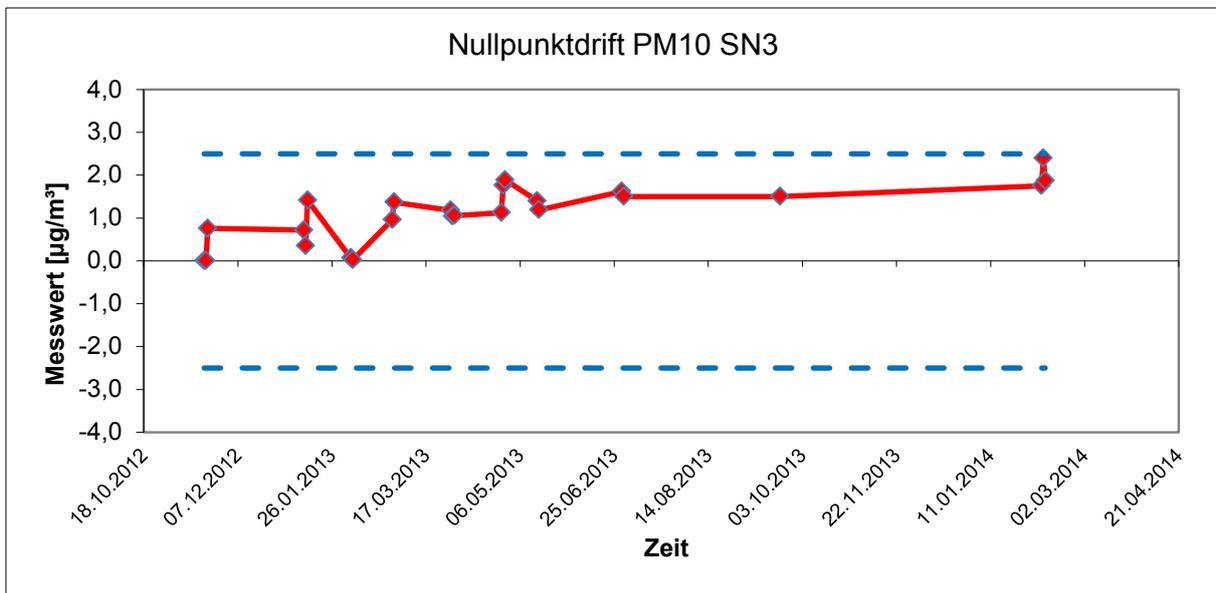


Abbildung 33: Nullpunktdrift SN3, Messkomponente PM₁₀

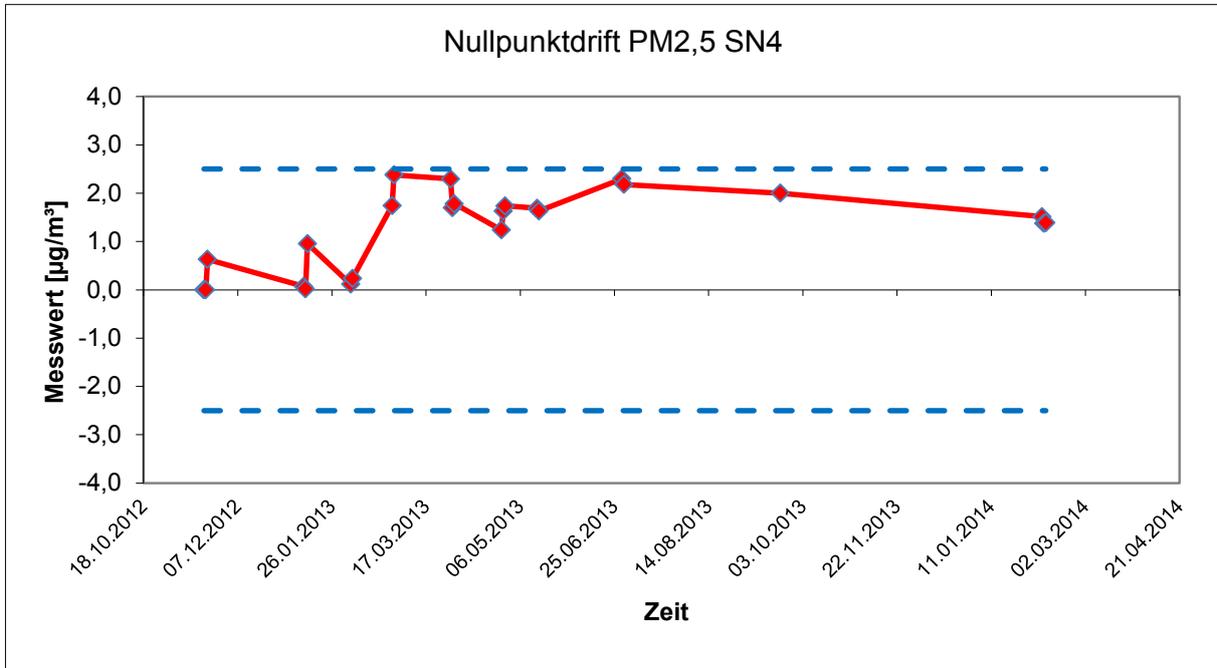


Abbildung 34: Nullpunktdrift SN4, Messkomponente PM_{2,5}

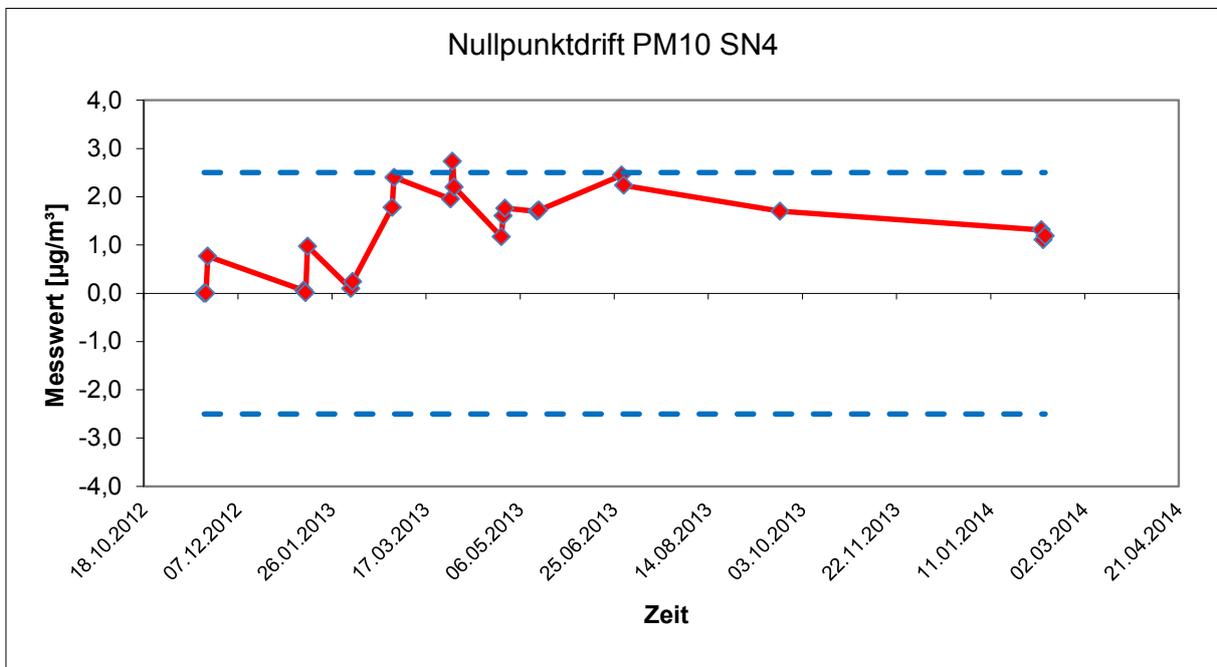


Abbildung 35: Nullpunktdrift SN4, Messkomponente PM₁₀

6.1 5.3.13 Kurzzeitdrift

Die Kurzzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) in der Laborprüfung in 12 h (für Benzol in 24 h) und in der Feldprüfung in 24 h nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen 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 5.3.14 Einstellzeit

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

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

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

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt 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 5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang

Die Differenz zwischen den Messwerten bei Aufgabe am Proben- und Kalibriereingang darf den Wert der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt 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 5.3.16 Konverterwirkungsgrad

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

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt 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 5.3.17 Anstieg der NO₂-Konzentration durch Verweilen im Messgerät

Bei NO_x-Messeinrichtungen darf der Anstieg der NO₂-Konzentration durch Verweilen im Messgerät die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) gelten für die Zertifizierungsbereiche nach Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010). Für abweichende Zertifizierungsbereiche sind die Anforderungen entsprechend linear umzurechnen.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt 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 5.3.18 Gesamtunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die in Anhang A, Tabelle A1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) aufgeführten Vorgaben der anzuwendenden EU-Richtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.4 Auswertung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.5 Bewertung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.1 5.4.1 Allgemeines

*Die Prüfung für Staubmesseinrichtungen erfolgen gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).
Partikelmassenkonzentrationen müssen auf ein definiertes Volumen bezogen sein. Der Volumenbezug hinsichtlich Druck und Temperatur muss nachvollziehbar angegeben werden.*

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

Es wurde geprüft, ob die gemessenen Partikelmassenkonzentrationen auf ein definiertes Volumen bezogen sind.

6.4 Auswertung

Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

Die Messeinrichtung APM-2 ist ein optisches Messgerät, welches im ersten Ansatz das in einem definierten Messvolumen durch Partikel induzierte Streulichtsignal bestimmt und dann unter Anwendung eines Algorithmus die vorhandenen Informationen in Konzentrationswerte umrechnet. Das Messsignal für die Partikel ist demnach auf ein definiertes Volumen (Messvolumen) bezogen.

6.5 Bewertung

Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

Die Messeinrichtung APM-2 ist ein optisches Messgerät, welches im ersten Ansatz das in einem definierten Messvolumen durch Partikel induzierte Streulichtsignal bestimmt und dann unter Anwendung eines Algorithmus die vorhandenen Informationen in Konzentrationswerte umrechnet. Das Messsignal für die Partikel ist demnach auf ein definiertes Volumen (Messvolumen) bezogen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



6.1 5.4.2 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems

Für das PM₁₀-Probenahmesystem ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T5] nachzuweisen.

Für PM_{2,5}-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 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 APM-2

6.5 Bewertung

Die Referenz-Äquivalenzfunktionen für die (unkorrigierten) Datensätze liegen für SN3 in allen Vergleichskampagnen mit Ausnahme von Köln, Winter außerhalb der Grenzen des Akzeptanzbereichs, für SN4 liegt lediglich die Referenz-Äquivalenzfunktion für die Vergleichskampagne Rodenkirchen außerhalb der Grenzen des Akzeptanzbereichs. Weiterhin ist der Variationskoeffizient R^2 der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktionen im betreffenden Konzentrationsbereich für alle Vergleichskampagnen mit Ausnahme Köln, Winter $< 0,95$. Der Nachweis der Äquivalenz gemäß DIN EN 12341:1998 kann demnach nicht erbracht werden. Die für den Anwender relevante Äquivalenzprüfung gemäß EU-Leitfaden wird nach Anwendung der erforderlichen Korrekturfaktoren dennoch uneingeschränkt für alle Standorte erfüllt (siehe Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen).

Mindestanforderung erfüllt? nein

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen sind in Tabelle 25 bis Tabelle 26 zusammengestellt. Die grafischen Darstellungen erfolgen in Abbildung 40 bis Abbildung 45. 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 25: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN3 und SN4 an den vier Standorten, Rohdaten

SN3	Anzahl Messwertpaare N	Steigung m	Ordinatenabschnitt b	R²
Köln, Winter	52	0,922	-1,779	0,968
Bonn, Winter	51	0,876	-2,419	0,861
Köln, Sommer	47	0,830	-1,253	0,911
Rodenkirchen, Sommer	45	0,880	-3,745	0,804
SN4				
SN4	Anzahl Messwertpaare N	Steigung m	Ordinatenabschnitt b	R²
Köln, Winter	52	0,976	-1,068	0,974
Bonn, Winter	51	0,964	-2,705	0,863
Köln, Sommer	45	0,927	-1,669	0,917
Rodenkirchen, Sommer	45	0,893	-4,320	0,822

Tabelle 26: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN3 und SN4 (gesamt), Rohdaten

Testgerät	Anzahl Messwertpaare N	Steigung m	Ordinatenabschnitt b	R²
SN3	195	0,894	-2,590	0,914
SN4	193	0,972	-3,010	0,907

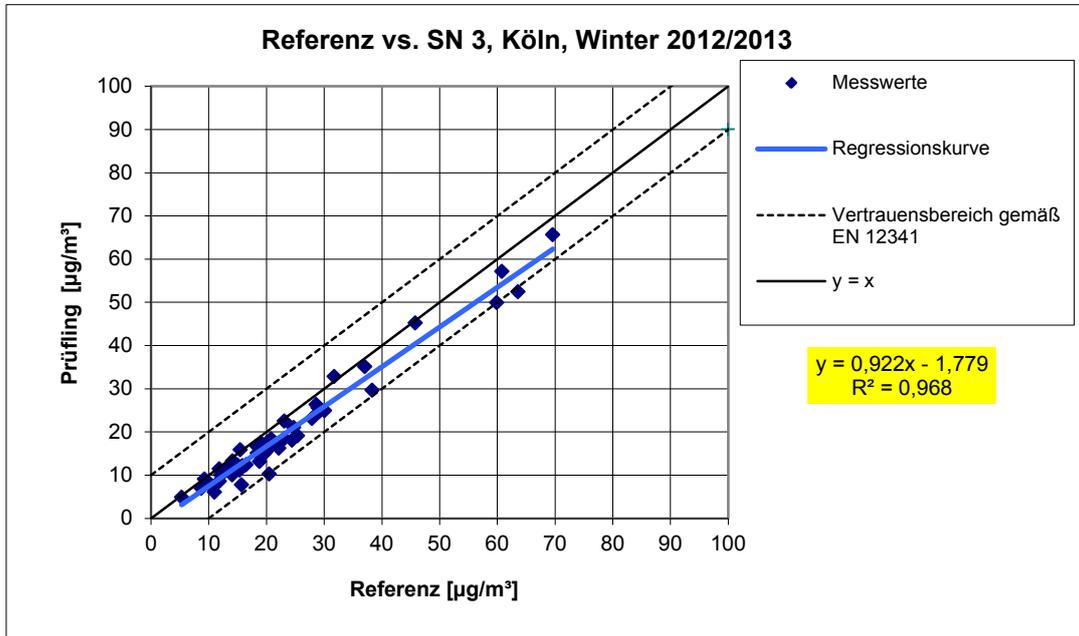


Abbildung 36: Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Köln, Winter

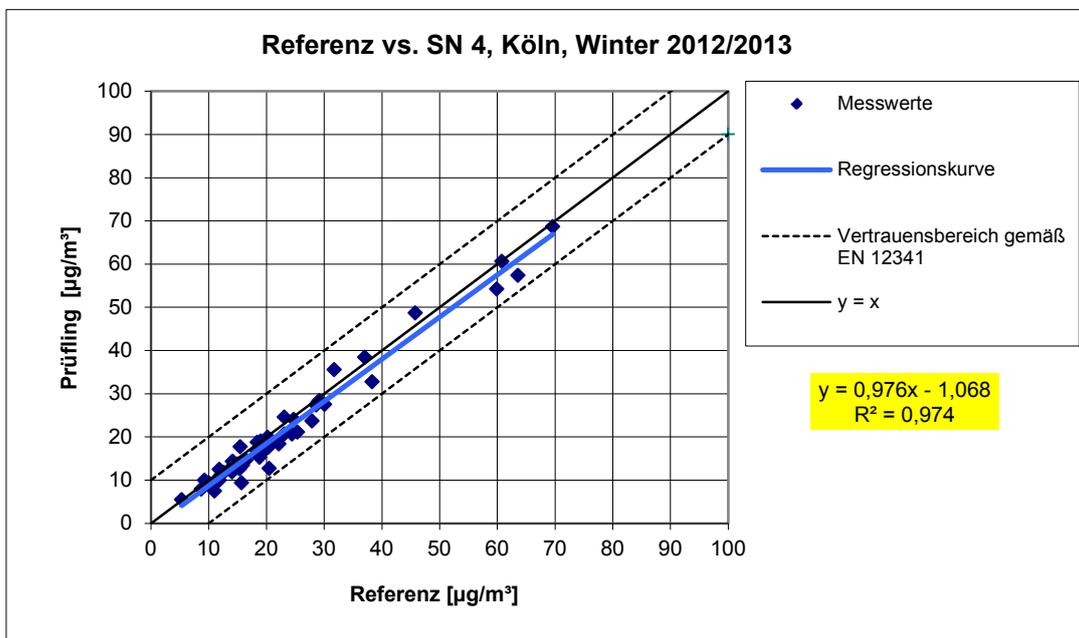


Abbildung 37: Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Köln, Winter

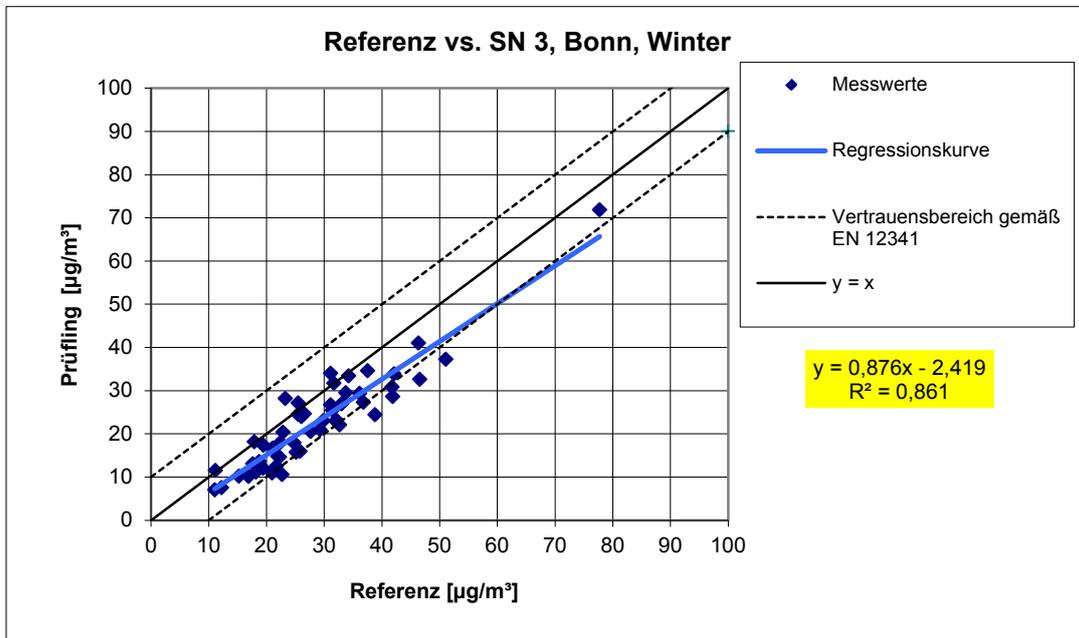


Abbildung 38: Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Bonn, Winter

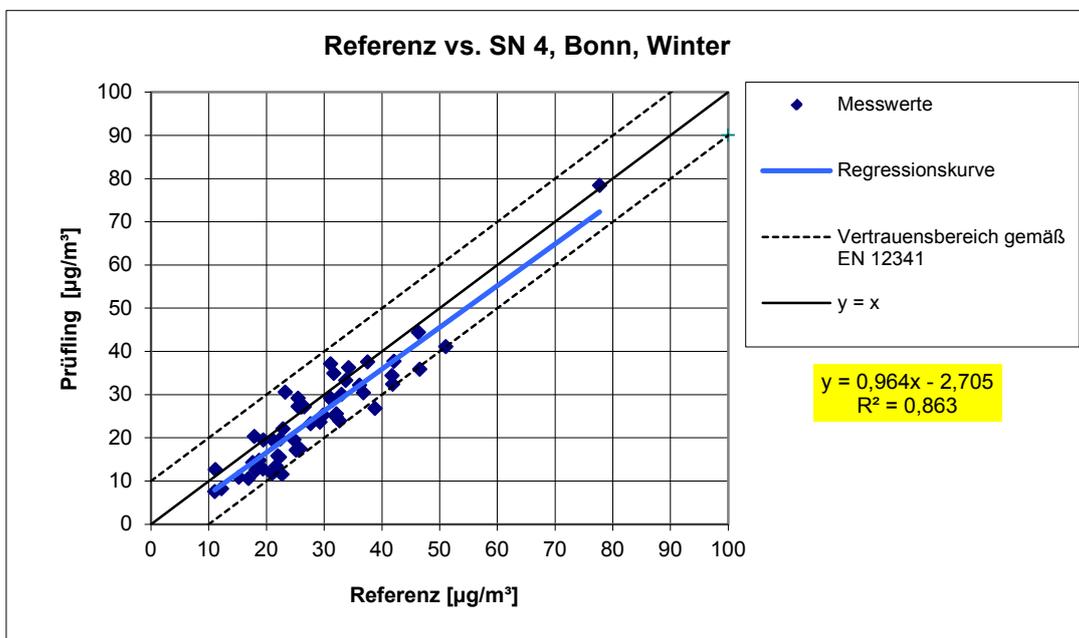


Abbildung 39: Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Bonn, Winter

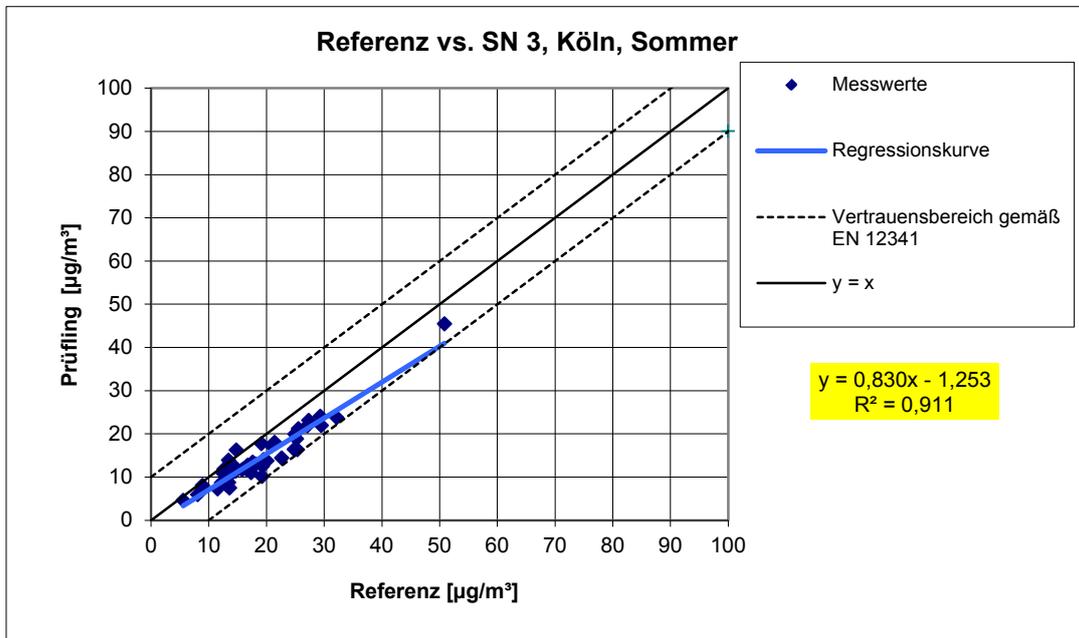


Abbildung 40: Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Köln, Sommer

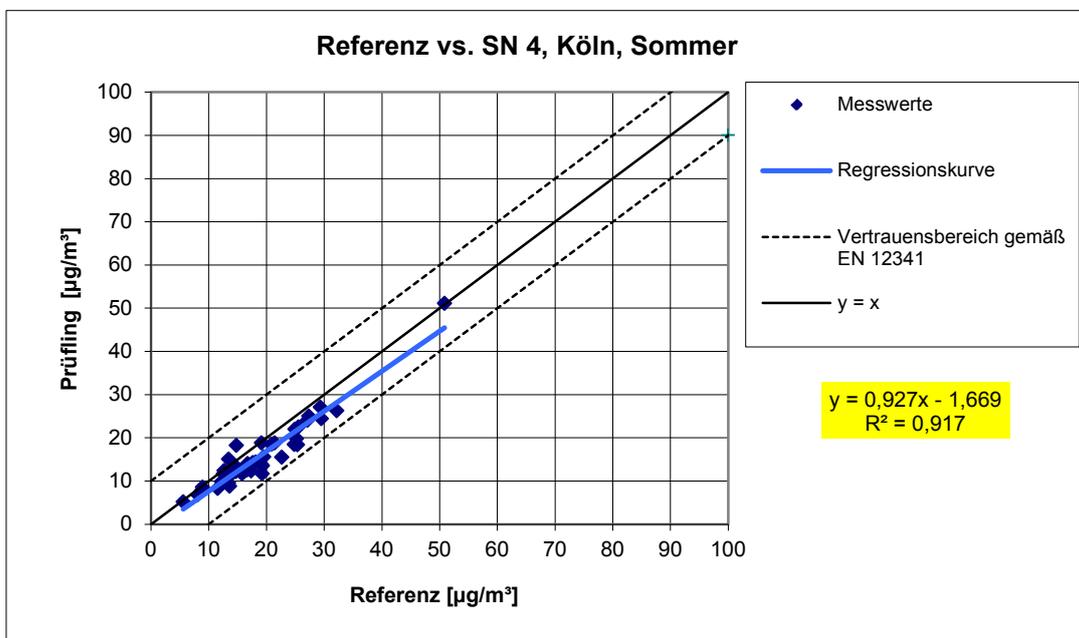


Abbildung 41: Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Köln, Sommer

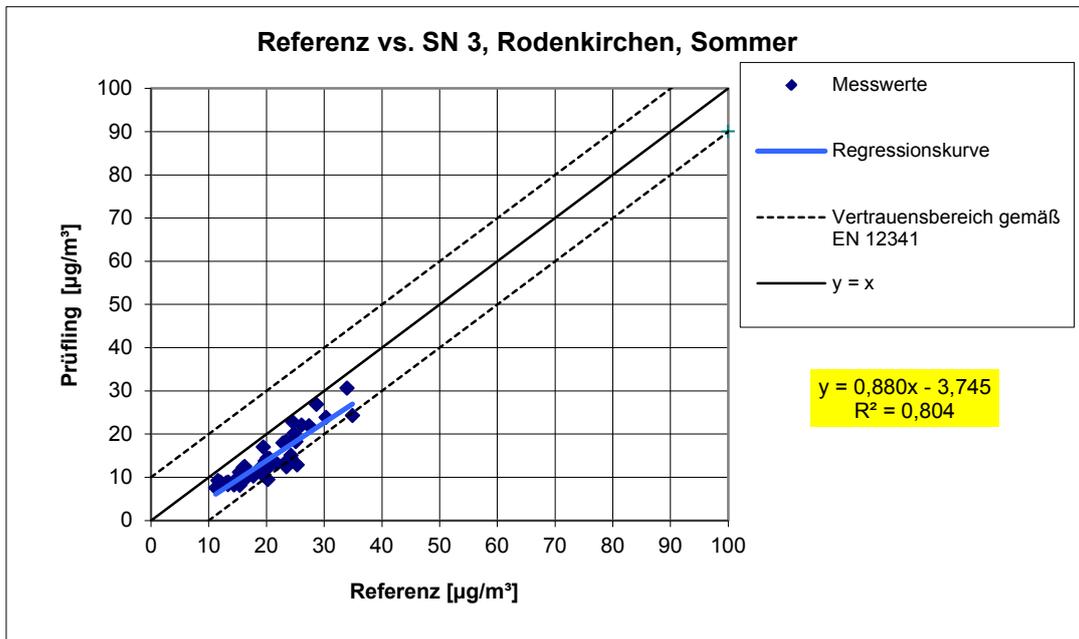


Abbildung 42: Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, Standort Rodenkirchen, Sommer

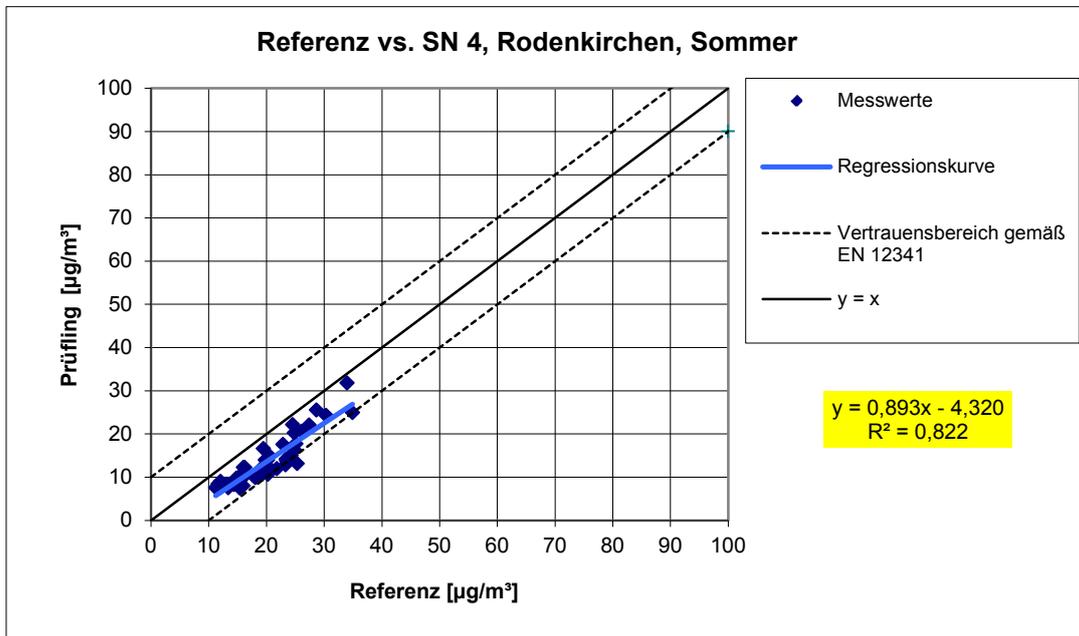


Abbildung 43: Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, Standort Rodenkirchen, Sommer

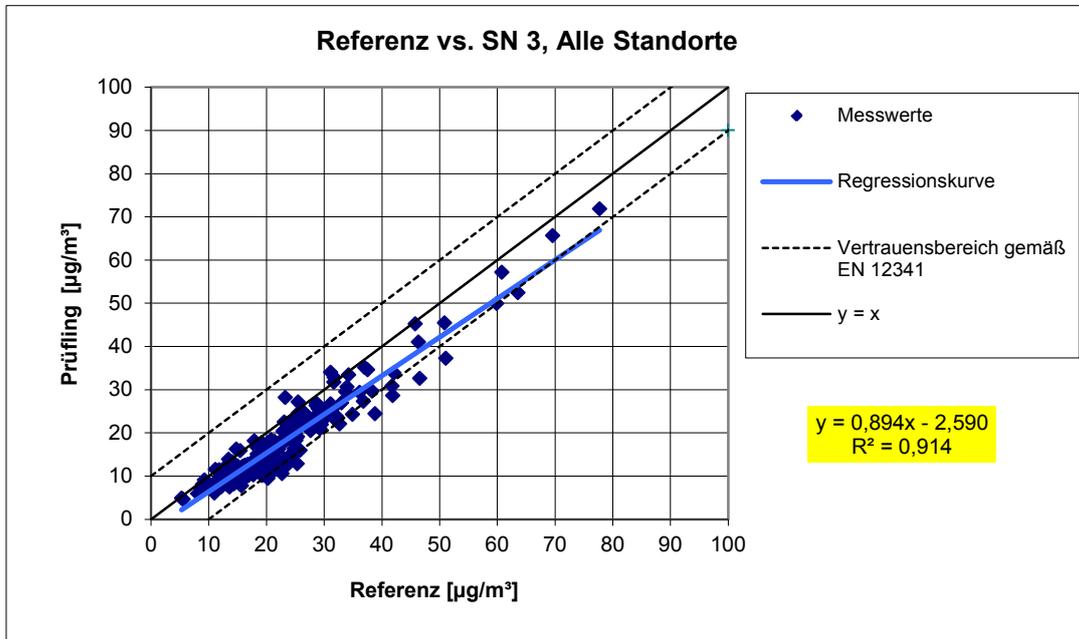


Abbildung 44: Referenz-Äquivalenzfunktion SN3, alle Standorte

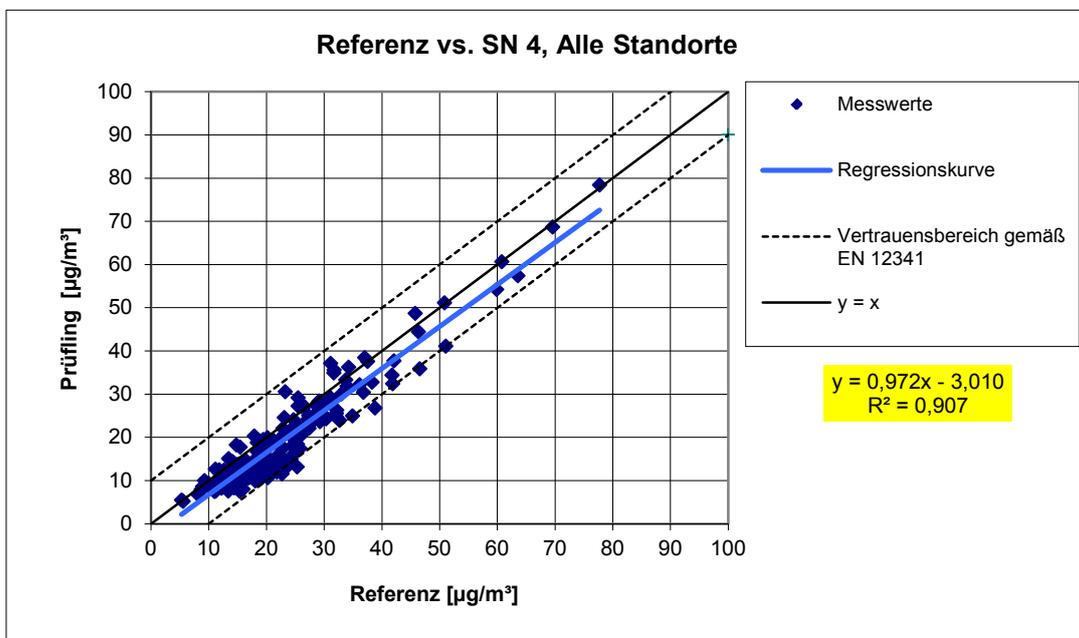


Abbildung 45: Referenz-Äquivalenzfunktion SN4, alle Standorte



6.1 5.4.3 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme

Die PM₁₀-Probenahmesysteme zweier baugleicher Prüflinge müssen untereinander nach DIN EN 12 341 [T5] vergleichbar sein. Dies ist während der Feldprüfung nachzuweisen.

Für PM_{2,5}-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 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 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 CI₉₅ darf den Wert von 5 µg/m³ für Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³ und von 0,05 für Konzentrationsmittelwerte > 100 µg/m³ 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, sodass 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:

- a) Datensatz mit Y_i ≤ 100 µg/m³ mit der Anzahl der Wertepaare n_≤ und
- b) Datensatz mit Y_i > 100 µg/m³ mit der Anzahl der Wertepaare n_>

zu a):

Aus den Wertepaaren des Datensatzes mit Y_i ≤ 100 µg/m³ wird die absolute Standardabweichung s_a berechnet:

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

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

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

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

zu b):

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

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

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 $3,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unterhalb des geforderten Wertes von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 27 führt die berechneten Werte für die Standardabweichung s_a und den zweiseitigen Vertrauensbereich CI_{95} auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 48 bis Abbildung 50. 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 27: Zweiseitiger 95%-Vertrauensbereich CI_{95} für die Testgeräte SN3 und SN4

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Standard- abweichung s_a	Student- Faktor t_f	Vertrauens- bereich CI_{95}
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SN3/SN4	Köln, Winter	69	1,44	1,996	2,87
SN3/SN4	Bonn, Winter	61	1,79	2,001	3,58
SN3/SN4	Köln, Sommer	54	1,16	2,007	2,32
SN3/SN4	Rodenkirchen, Sommer	53	0,69	2,008	1,38
SN3/SN4	Gesamt	237	1,35	1,970	2,67

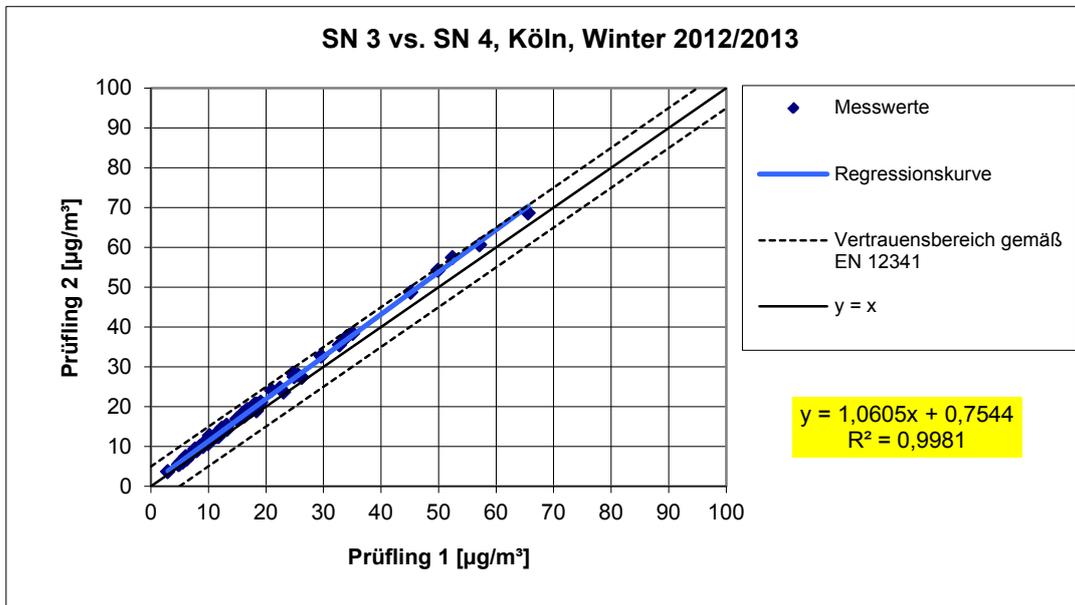


Abbildung 46: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Köln, Winter

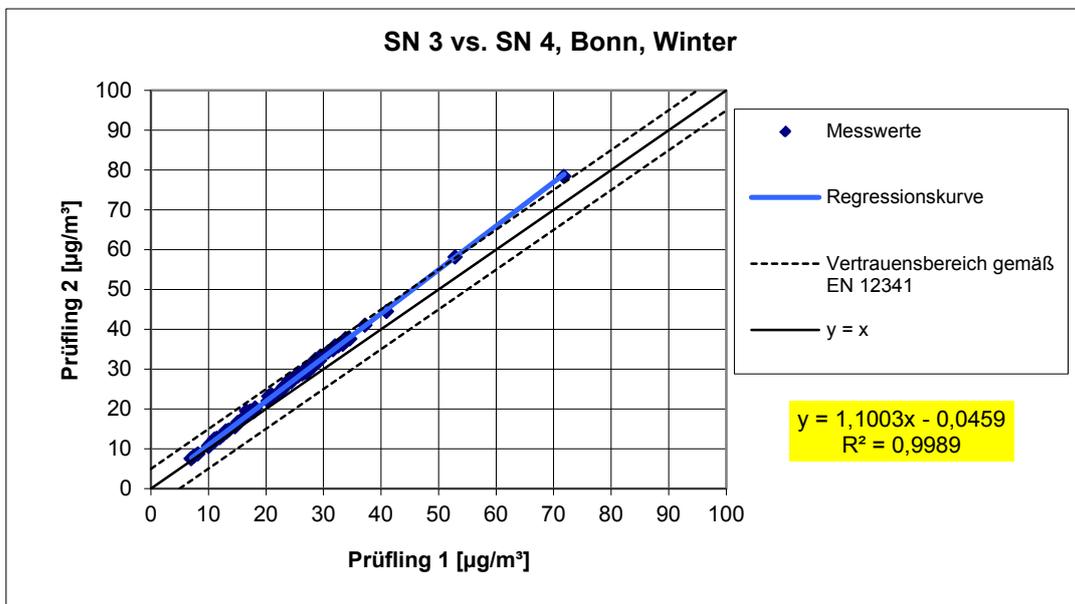


Abbildung 47: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Bonn, Winter

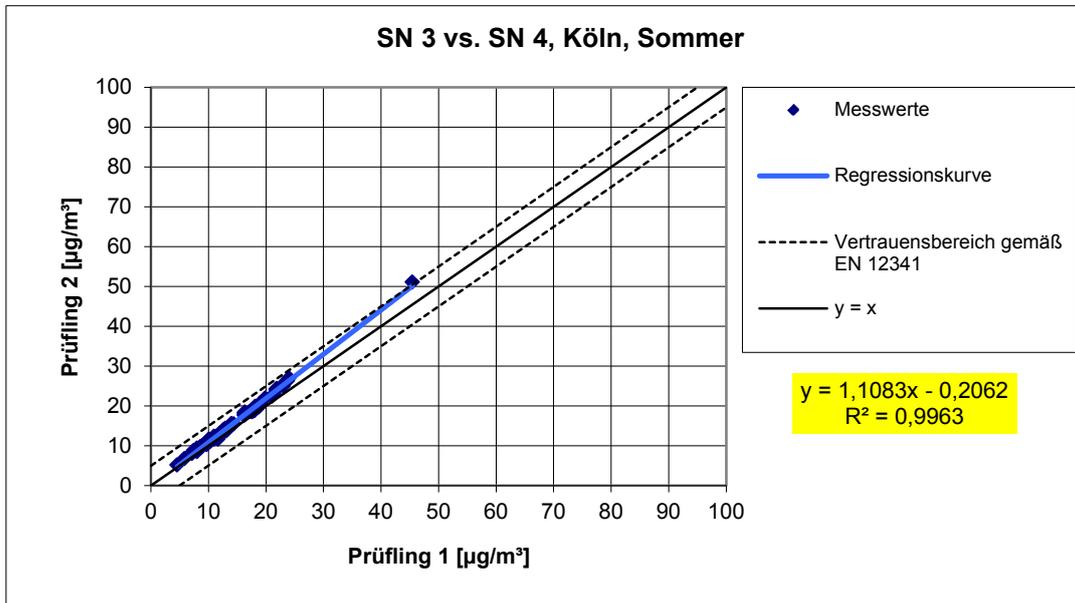


Abbildung 48: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Köln, Sommer

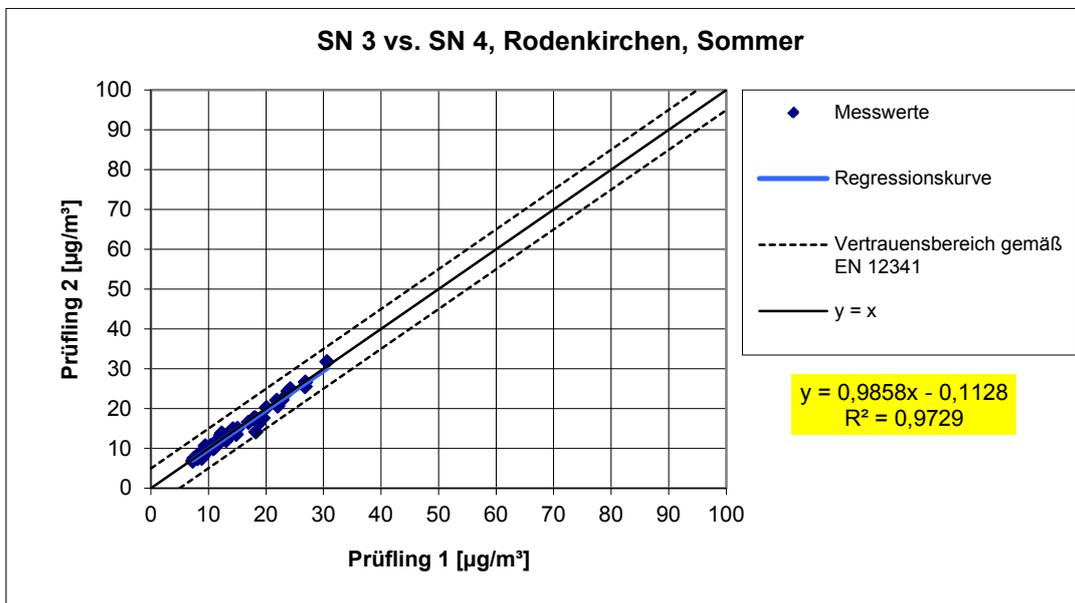


Abbildung 49: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Standort Rodenkirchen, Sommer

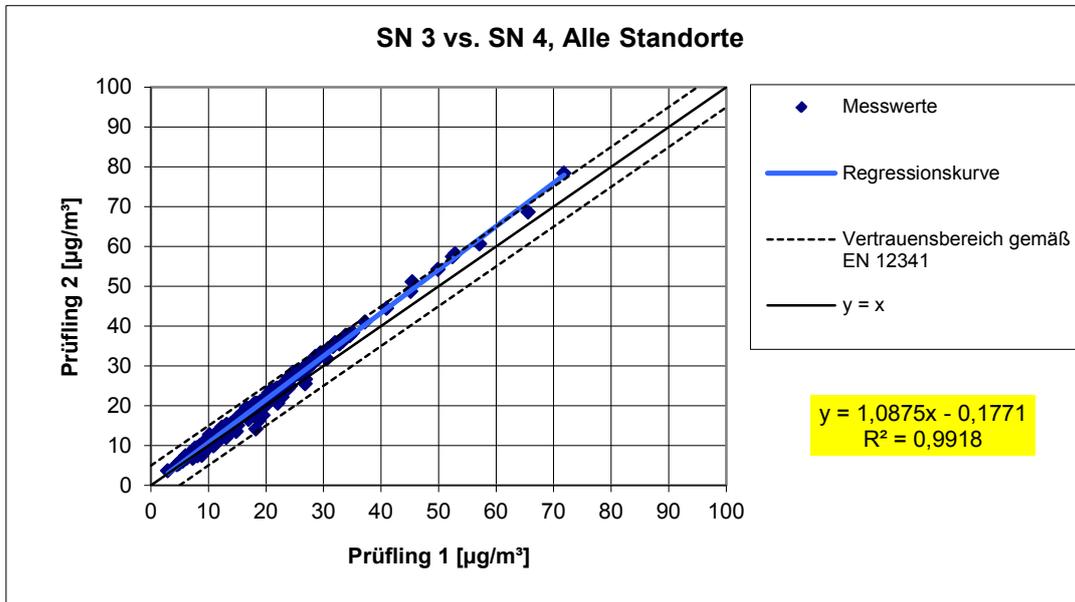


Abbildung 50: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, alle Standorte

6.1 5.4.4 Kalibrierung

Die Prüflinge sind in der Feldprüfung mit dem Referenzverfahren durch Vergleichsmessungen zu kalibrieren. Hierbei ist der Zusammenhang zwischen dem Messsignal und der gravimetrisch bestimmten Referenzkonzentration als stetige Funktion zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Siehe Modul 5.4.2. bzw. Modul 5.4.10

6.3 Durchführung der Prüfung

Für PM₁₀:

Die Vergleichbarkeit der Messeinrichtungen wurde im Rahmen der Prüfung nachgewiesen (siehe Modul 5.4.2).

Zur Bestimmung der Kalibrier- bzw. Analysenfunktion wird auf den gesamten Datensatz (195 valide Wertepaare (SN3) und 193 valide Wertepaare (SN4)) zurückgegriffen.

Die Kennwerte der Kalibrierfunktion

$$y = m * x + b$$

wurden durch lineare 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.

Für PM_{2,5}:

Die Vergleichbarkeit der Messeinrichtungen gemäß Modul 5.4.10 wurde im Rahmen der Prüfung nachgewiesen.

Zur Bestimmung der Kalibrier- bzw. Analysenfunktion wird auf den gesamten Datensatz (194 valide Wertepaare (SN3) und 192 valide Wertepaare (SN4)) 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.

6.4 Auswertung

Es ergeben sich für PM₁₀ die in Tabelle 28 aufgeführten Kennwerte.

Tabelle 28: 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/m³ / µg/m³	µg/m³	µg/m³ / µg/m³	µg/m³
Gerät 1 (SN3)	0,894	-2,590	1,119	-2,897
Gerät 2 (SN4)	0,972	-3,010	1,029	-3,097

Es ergeben sich für PM_{2,5} die in Tabelle 29 aufgeführten Kennwerte.

Tabelle 29: Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Messkomponente PM_{2,5}

Geräte-Nr.	Kalibrierfunktion		Analysenfunktion	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	µg/m³ / µg/m³	µg/m³	µg/m³ / µg/m³	µg/m³
Gerät 1 (SN3)	0,896	0,382	1,116	0,426
Gerät 2 (SN4)	0,943	0,267	1,060	0,283

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 5.4.2. bzw. Modul 5.4.10.

6.5 Bewertung

Es konnte kein Störeinfluss $> -1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Abweichung vom Sollwert für PM_{2,5} sowie $> 0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Abweichung vom Sollwert für PM₁₀ durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Messsignal festgestellt werden. Während des Feldtestes konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein negativer Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden. Die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ [5] ist auch für Tage mit einer relativen Luftfeuchte $> 70 \%$ gegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 30 und Tabelle 31 zeigen eine zusammenfassende Darstellung.

Tabelle 30: Abweichung zwischen Referenzmessung und Prüfling an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte $> 70 \%$, Messkomponente PM_{2,5}

Feldtest, Tage mit relativer Feuchte $> 70 \%$				
		Referenz	SN 3	SN 4
Mittelwert	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	15,5	14,4	15,0
Abweichung zu Mittelwert Referenz in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-1,1	-0,4
Abweichung in % von Mittelwert Referenz	%	-	-6,8	-2,9

Tabelle 31: Abweichung zwischen Referenzmessung und Prüfling an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70 %, Messkomponente PM₁₀

Feldtest, Tage mit relativer Feuchte >70 %				
		Referenz	SN 3	SN 4
Mittelwert	µg/m ³	21,5	21,0	22,4
Abweichung zu Mittelwert Referenz in µg/m ³	µg/m ³	-	-0,4	0,9
Abweichung in % von Mittelwert Referenz	%	-	-2,1	4,4

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 32 bis Tabelle 33. Einzelwerte können den Anlagen 5 und 6 im Anhang entnommen werden.

Tabelle 32: Vergleich Testgerät SN3 / SN4 mit Referenzgerät, rel. Luftfeuchte > 70 %, alle Standorte, Messkomponente PM_{2,5}

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2	SN	SN3 & SN4	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	30	µg/m ³
		erlaubte Unsicherheit	25	%
Alle Standorte, rF>70%				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,63	µg/m ³		
	SN3		SN4	
Anzahl Wertepaare	116		116	
Steigung b	0,885		0,927	
Unsicherheit von b	0,013		0,014	
Achsabschnitt a	0,729		0,671	
Unsicherheit von a	0,263		0,280	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	21,29	%	15,71	%

Tabelle 33: Vergleich Testgerät SN3 / SN4 mit Referenzgerät, rel. Luftfeuchte > 70 %, alle Standorte, Messkomponente PM₁₀

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2	SN	SN3 & SN4	
Status Messwerte	Korrektur Offset	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m ³ %
Alle Standorte, rF>70%				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,56	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,29	µg/m ³		
	SN3		SN4	
Anzahl Wertepaare	116		116	
Steigung b	0,947		1,021	
Unsicherheit von b	0,022		0,025	
Achsabschnitt a	0,635		0,471	
Unsicherheit von a	0,557		0,611	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	14,55	%	14,64	%

6.1 5.4.6 Mittelungseinfluss

Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen.

Die Summe aller Filterwechsel darf innerhalb von 24 h nicht mehr als 1 % dieser 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.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung APM-2 schaltet abwechselnd alle zwei Minuten zwischen den Messkanälen für PM₁₀ und PM_{2,5} um. Zusätzlich wird einmal pro Stunde die Photometereinheit für die Dauer von zwei Minuten mit Nullluft gespült.

Die damit verfügbare Erfassungszeit pro PM-Fraktion liegt bei $((60\text{min}-2\text{min})/2) = 29 \text{ min}$ pro Stunde und damit bei 48,3 % der Gesamtzeit.

Die Ergebnisse aus den Felduntersuchungen gemäß Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge und 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen aus diesem Bericht zeigen jedoch, dass bei dieser Gerätekonfiguration die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren nachgewiesen werden konnte und die Bildung von Tagesmittelwerten damit gesichert möglich ist – dies gilt auch für den stark verkehrsbeeinflussten Standort an der Straßenkreuzung in Bonn.

Die Bildung von Tagesmittelwerten damit gesichert möglich ist.

6.5 Bewertung

Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.4.7 Konstanz des Probenahmenvolumenstroms

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurden zusätzlich ein Durchflussmesser gemäß Punkt 4 bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Probenahmenvolumenstrom wurde vor dem ersten Feldteststandort kalibriert und dann vor den Feldteststandorten mit Hilfe eines Massendurchflussmessers auf Korrektheit überprüft und falls erforderlich nachjustiert.

Die Messeinrichtung APM-2 arbeitet mit einer Durchflussrate von 3,3 l/min.

Um die Konstanz des Probenahmenvolumenstroms zu ermitteln, wurde die Durchflussrate gemäß des zukünftig relevanten Prüfpunkts 7.4.5 „Konstanz des Probevolumenstroms“ der Technischen Spezifikation DIN CEN/TS 16450 (August 2013) [9] über 24 h (SN4) bzw. 21 h (SN3) im Feld 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 Ergebnisse der vor den Feldteststandorten durchgeführten Überprüfungen der Durchflussrate sind in Tabelle 34 dargestellt.

Tabelle 34: Ergebnisse Kontrolle Durchflussrate

Durchflussüberprüfung vor Standort:	SN3		SN4	
	[l/min]	Abw. vom Soll [%]	[l/min]	Abw. vom Soll [%]
Köln, Winter	3,31	0,3	3,30	0
Bonn, Winter	3,32	0,6	3,28	-0,6
Köln, Sommer	3,33	0,9	3,29	-0,3
Rodenkirchen, Sommer	3,36	1,8	3,33	0,9

Die grafischen Darstellungen der Konstanz des Durchflusses zeigen, dass alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als ± 5 % vom jeweiligen Sollwert abweichen. Die Abweichung der 24h-Mittelwerte für den Gesamtdurchfluss von 3,3 l/min sind ebenfalls deutlich kleiner als die geforderten ± 3 % vom Sollwert.

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 35 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss aufgeführt. Abbildung 51 bis Abbildung 52 zeigen eine grafische Darstellung der Durchflussmessungen an den beiden Testgeräten SN3 und SN4.

Tabelle 35: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN3 & SN4

Gerät	Mittelwert [l/min]	Abweichung vom Sollwert [%]	Std. Abw. [l/min]	Max [l/min]	Min [l/min]
SN3	3,29	-0,43	0,033	3,45	3,20
SN4	3,31	0,24	0,030	3,37	3,27

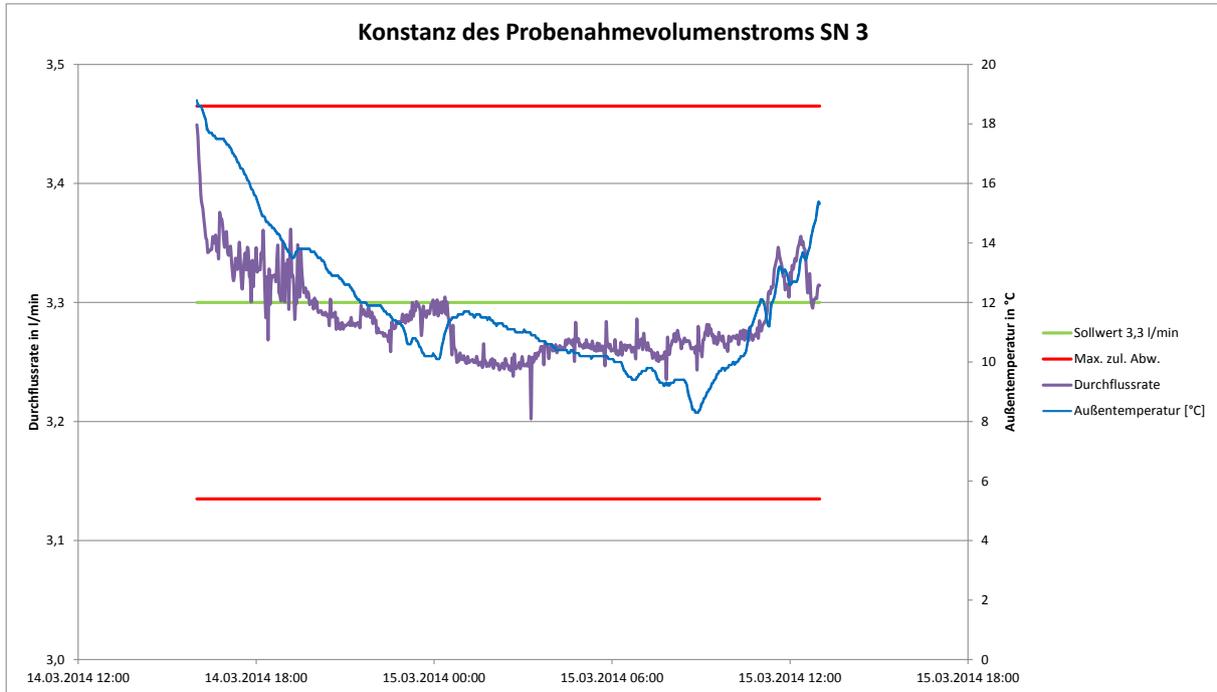


Abbildung 51: Durchfluss am Testgerät SN3 (Feldbedingungen)

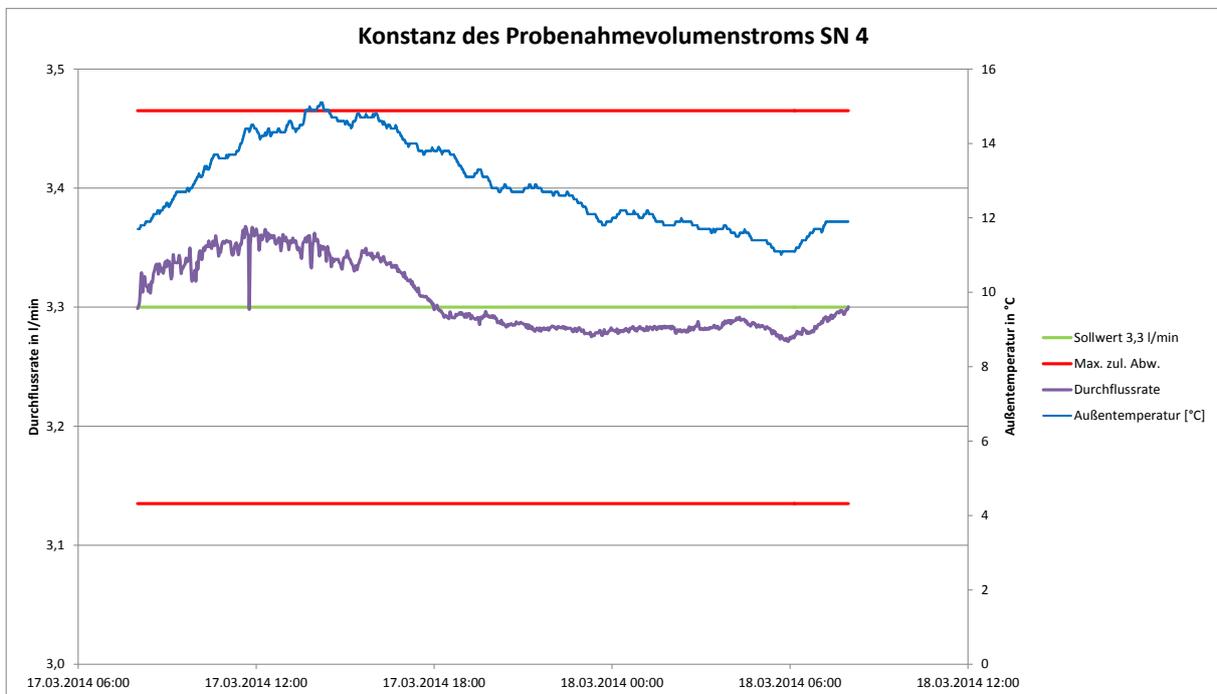


Abbildung 52: Durchfluss am Testgerät SN4 (Feldbedingungen)

6.1 5.4.8 Dichtheit des Probenahmesystems

Die gesamte Messeinrichtung ist auf Dichtheit zu prüfen. Die Undichtigkeit darf nicht mehr als 1 % vom durchgesaugten Probenahmenvolumen betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Dichtigkeitstestvorrichtung.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Durchflusssensor der Messeinrichtung APM-2 ist unmittelbar vor der Pumpe angeordnet. Um die Leckrate der Messeinrichtung zu bestimmen, wird gemäß Kapitel 9.7 des Handbuchs ein Dichtigkeitstest mittels einer vom Hersteller bereitgestellten Dichtigkeitstestvorrichtung durchgeführt. Hierbei wird zunächst im Gerät von der internen Pumpe ein Vakuum erzeugt. Anschließend wird über einen Zeitraum von 5 Minuten geprüft, ob und inwiefern ein Druckanstieg im System erfolgt. Liegt dieser Druckanstieg bei >290 hPa, dann ist das Gerät undicht und muss überprüft werden. Das Systemvolumen beträgt 215 ml. Darüber hinaus gibt das Gerät auch die Leckrate in ml/min als zusätzliche Information aus.

Die Durchflussrate beträgt 3,3 l/min, d.h. die maximal zulässige Leckrate liegt bei 0,033 l/min oder 33 ml/min.

Diese Prozedur wurde erst im Januar 2014 in die Software endgültig implementiert und anschließend im Labor geprüft.

Es wird empfohlen, die Dichtheit der Messeinrichtung mit Hilfe der beschriebenen Prozedur alle 3 Monate zu überprüfen.

6.4 Auswertung

Die Dichtigkeitsprüfung wurde im Labor geprüft.

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung – maximaler Druckanstieg von 290 hPa in 5 Minuten - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtheit.

Die maximal ermittelte Leckrate von 10,4 ml/min ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 3,3 l/min.

6.5 Bewertung

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung - maximaler Druckanstieg von 290 hPa in 5 Minuten - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtheit. Die maximal ermittelte Leckrate von 10,4 ml/min ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 3,3 l/min.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 36 enthält die ermittelten Werte aus der Dichtigkeitsprüfung.

Tabelle 36: Ergebnisse der Dichtigkeitsprüfungen

Test	SN3		SN4		max. zulässige Leckrate in ml/min
	Druckanstieg in 5 min in hPa	Leckrate in ml/min	Druckanstieg in 5 min in hPa	Leckrate in ml/min	
1	108	8,2	151	10,4	33
2	104	8,0	143	10,1	33
3	102	8,0	139	9,9	33

6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (Module 5.4.9 – 5.4.11)

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/m³ für PM₁₀ und 17 µg/m³ für PM_{2,5}.
2. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen muss kleiner sein als 2,5 µg/m³ für alle Daten sowie für einen Datensatz mit Daten größer/gleich 30 µg/m³ für PM₁₀ und 18 µg/m³ für PM_{2,5}.
3. Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten muss kleiner sein als 2,0 µg/m³.
4. Die erweiterte Unsicherheit (W_{CM}) wird berechnet bei 50 µg/m³ für PM₁₀ und bei 30 µg/m³ für PM_{2,5} 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/m³ für PM₁₀ oder größer/gleich 18 µg/m³ für PM_{2,5}, 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 5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} werden die Kriterien 1 und 2 geprüft.

Unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge werden die Kriterien 3, 4 und 5 geprüft.

Unter Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen erfolgt eine Auswertung für den Fall, dass Kriterium 5 nicht ohne Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen erfüllt werden kann.



6.1 5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs}

Bei der Prüfung von PM_{2,5}-Messeinrichtungen ist die Unsicherheit zwischen den Prüflingen nach Kapitel 9.5.3.1 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ im Feldtest an mindestens vier für den späteren Einsatz repräsentativen Probenahmeorten zu ermitteln.

Die Untersuchungen werden auch für die Komponente PM₁₀ durchgeführt.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM_{2,5} und PM₁₀ 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_{2,5} liegt die obere Beurteilungsschwelle bei 17 µg/m³, für PM₁₀ bei 28 µg/m³.

Es wurden für jede Vergleichskampagne mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (4 Vergleiche, für PM₁₀: 195 valide Messwertpaare für SN3, 193 valide Messwertpaare für SN4; für PM_{2,5}: 194 valide Messwertpaare für SN3, 192 valide Messwertpaare für SN4) liegen insgesamt 28,6 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 17 µg/m³ für PM_{2,5} sowie insgesamt 20,7 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 28 µg/m³ für PM₁₀. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

6.4 Auswertung

Gemäß **Punkt 9.5.3.1** des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ gilt:

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} muss $\leq 2,5$ µg/m³ liegen. Eine Unsicherheit über 2,5 µg/m³ 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 ≥ 18 µg/m³ für PM_{2,5} (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten ≥ 30 µg/m³ für PM₁₀ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Darüber hinaus erfolgt in diesem Bericht auch eine Auswertung für die folgenden Datensätze:

- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- 1 Datensatz mit Messwerten < 18 µg/m³ für PM_{2,5} (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten < 30 µg/m³ für PM₁₀ (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:

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

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 mit maximal 1,04 µg/m³ für PM_{2,5} und mit maximal 2,28 µg/m³ für PM₁₀ unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m³.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 37 und Tabelle 38 führen die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 53 bis Abbildung 66.

Tabelle 37: Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} für die Testgeräte SN3 und SN4, Messkomponente PM_{2,5}

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SN3 / SN4	Alle Standorte	237	0,65
Einzelstandorte			
SN3 / SN4	Köln, Winter	69	0,65
SN3 / SN4	Bonn, Winter	61	0,88
SN3 / SN4	Köln, Sommer	54	0,57
SN3 / SN4	Rodenkirchen, Sommer	53	0,33
Klassierung über Referenzwerte			
SN3 / SN4	Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	49	1,04
SN3 / SN4	Werte $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	143	0,42

Tabelle 38: Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} für die Testgeräte SN3 und SN4, Messkomponente PM₁₀

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SN3 / SN4	Alle Standorte	237	1,27
Einzelstandorte			
SN3 / SN4	Köln, Winter	69	1,38
SN3 / SN4	Bonn, Winter	61	1,72
SN3 / SN4	Köln, Sommer	54	1,06
SN3 / SN4	Rodenkirchen, Sommer	53	0,43
Klassierung über Referenzwerte			
SN3 / SN4	Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	33	2,28
SN3 / SN4	Werte $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	160	0,96

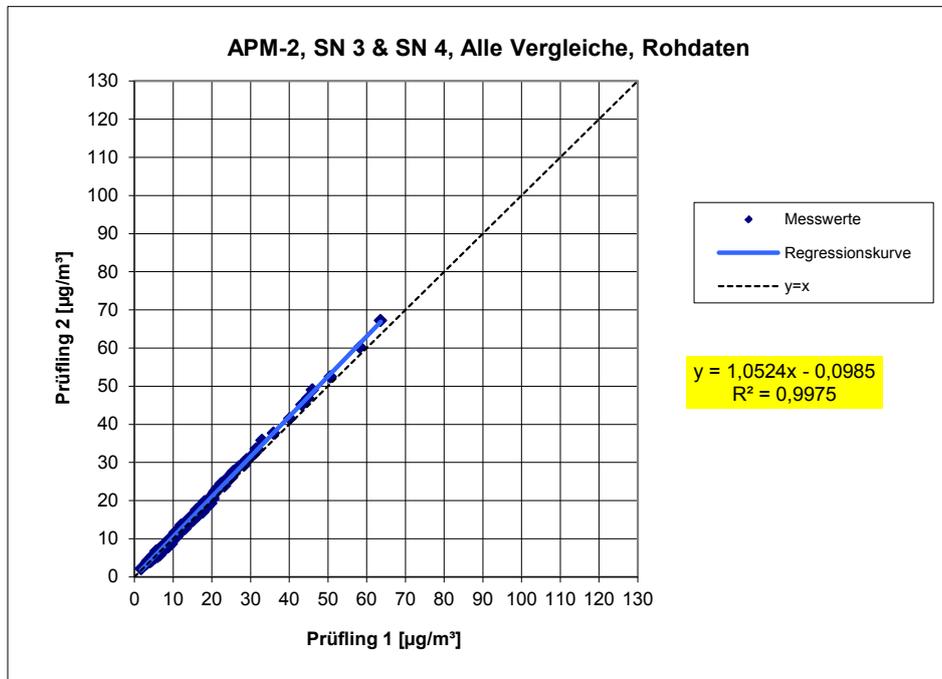


Abbildung 53: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte

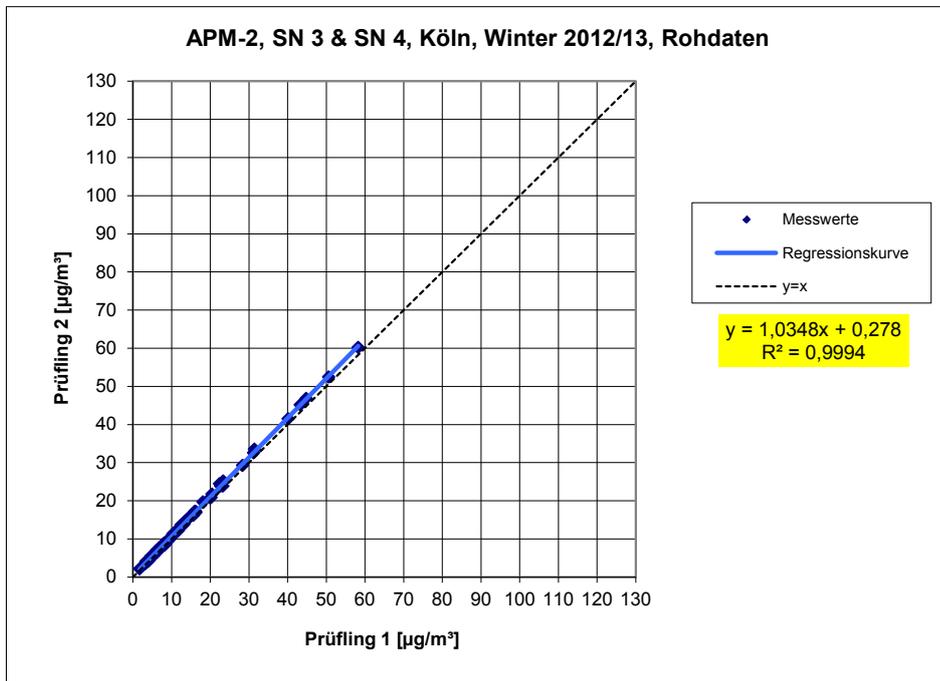


Abbildung 54: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Köln, Winter

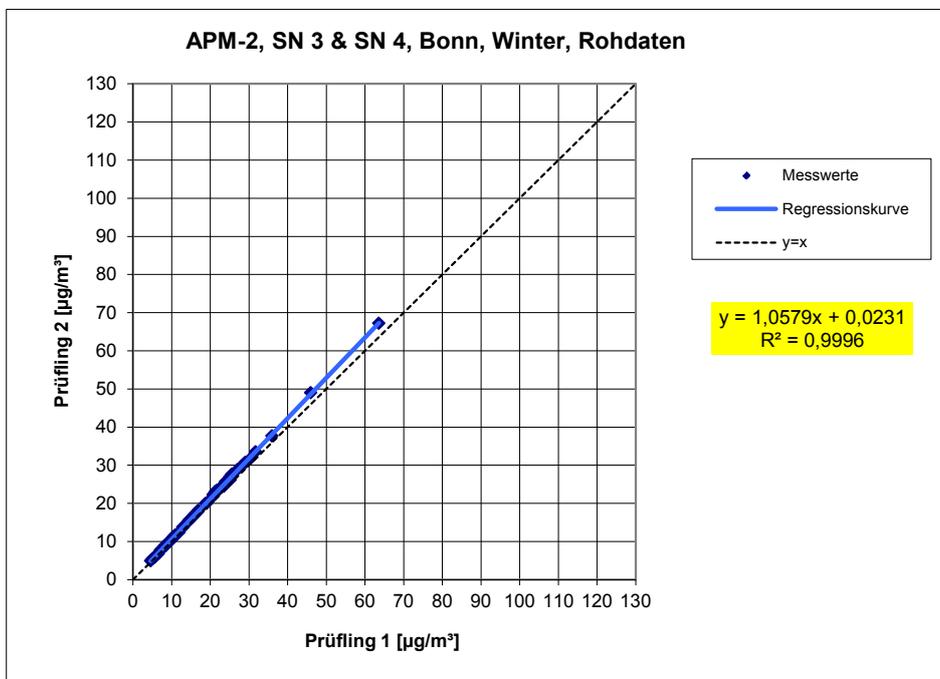


Abbildung 55: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Bonn, Winter

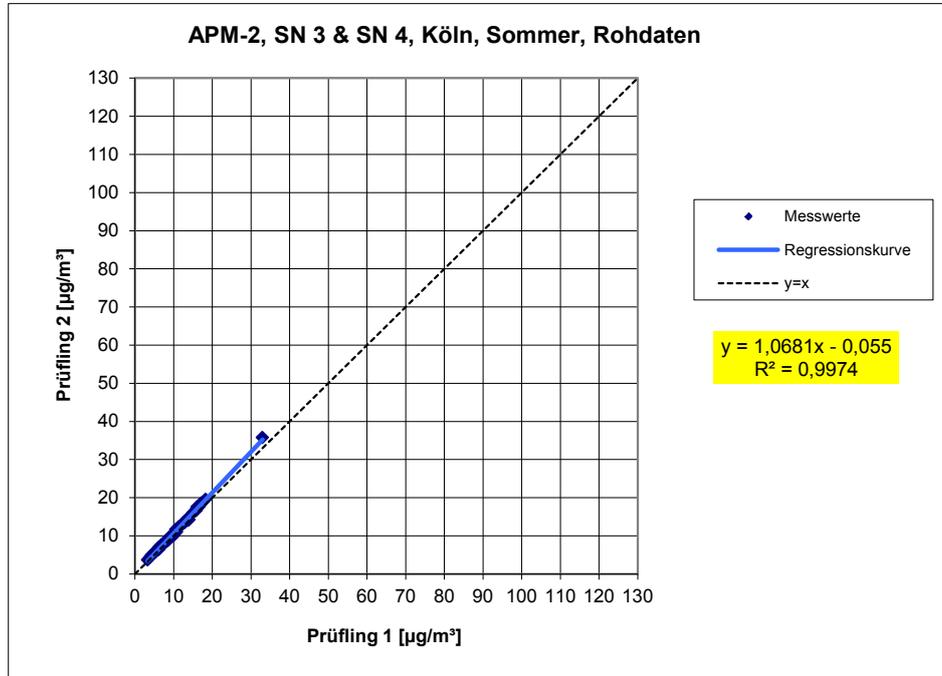


Abbildung 56: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Köln, Sommer

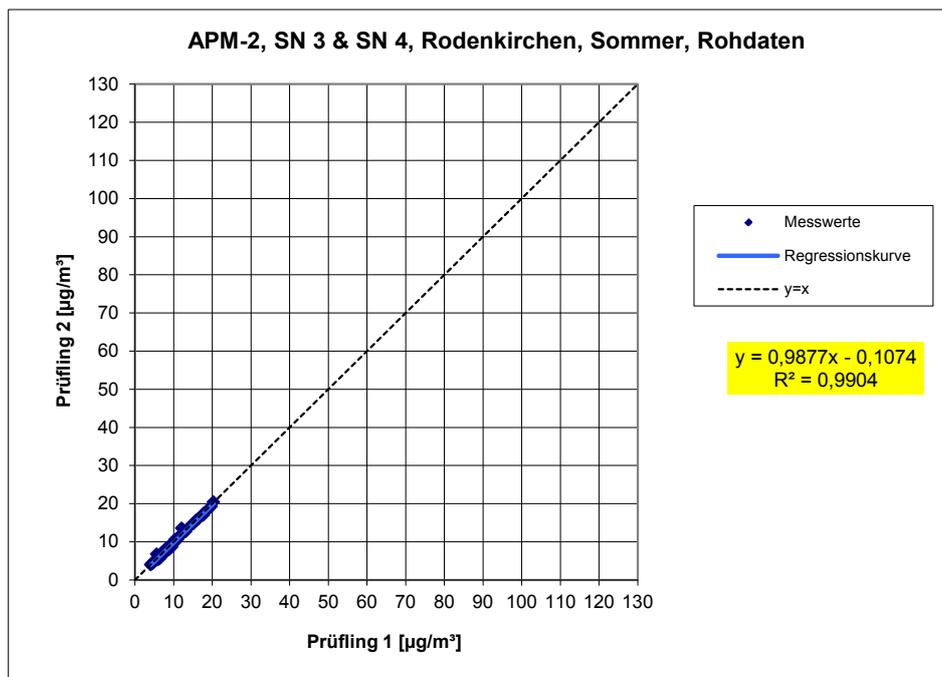


Abbildung 57: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Rodenkirchen, Sommer

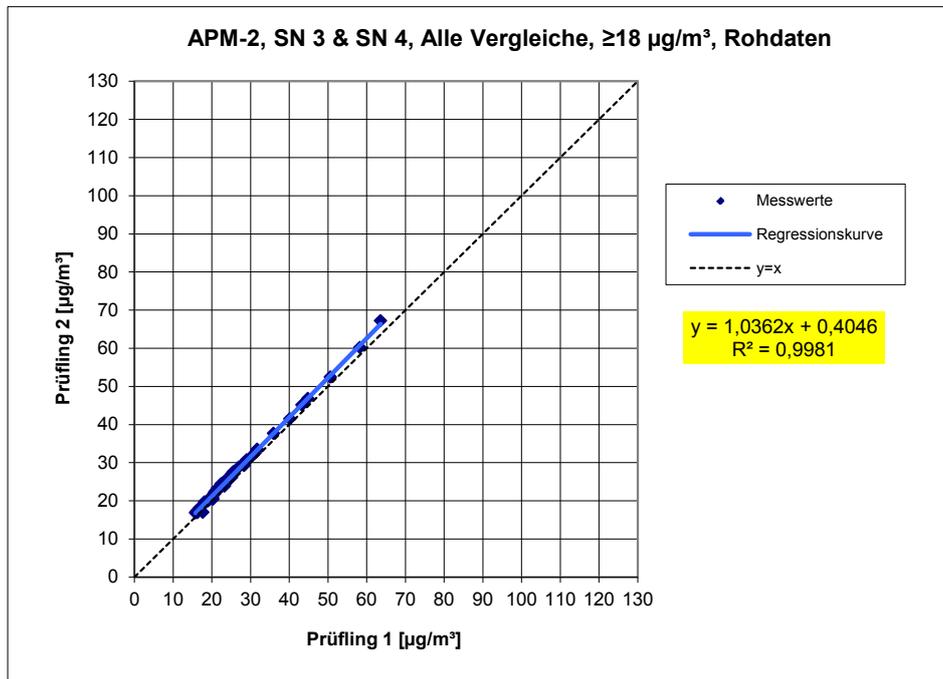


Abbildung 58: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

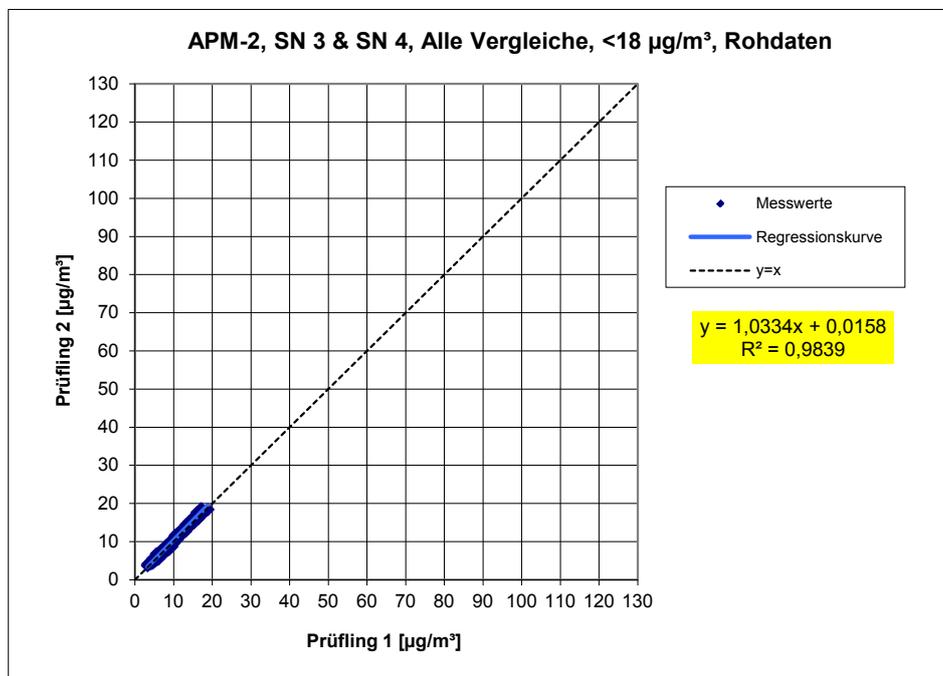


Abbildung 59: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte, Werte $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

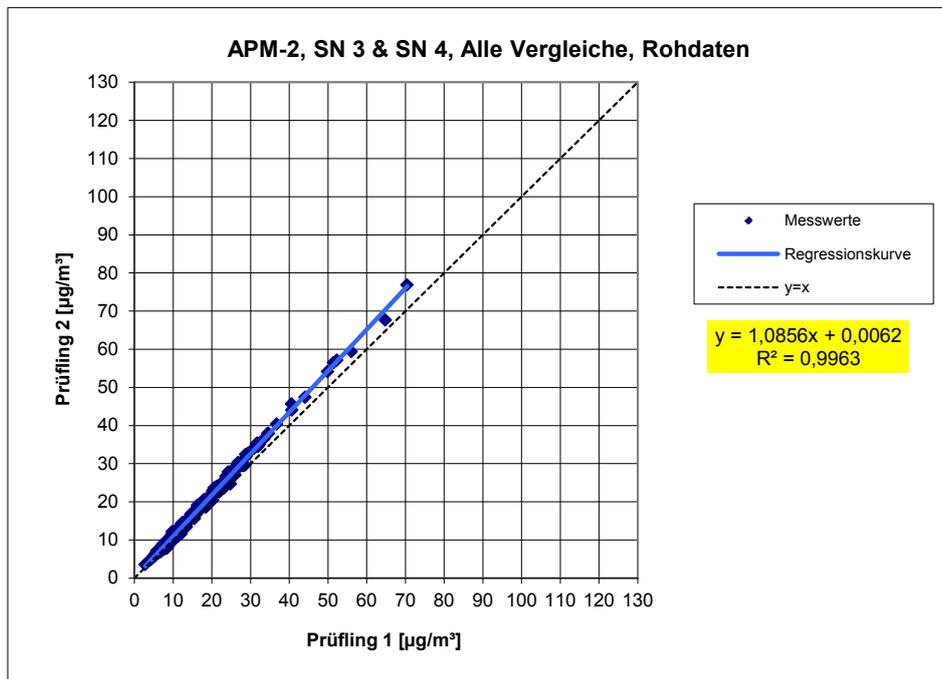


Abbildung 60: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4,
Messkomponente PM₁₀, alle Standorte

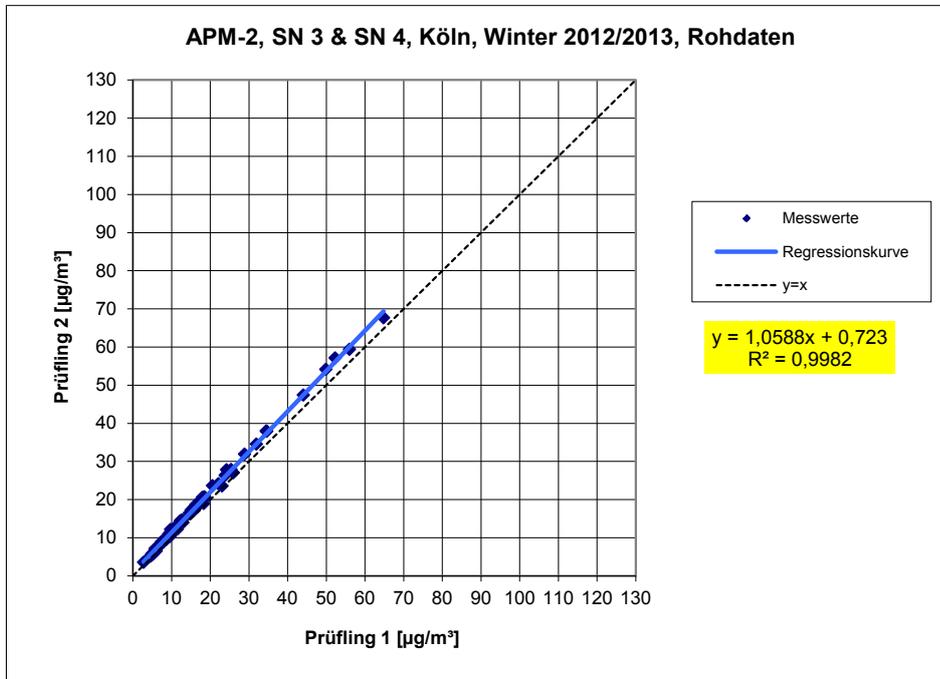


Abbildung 61: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Köln, Winter

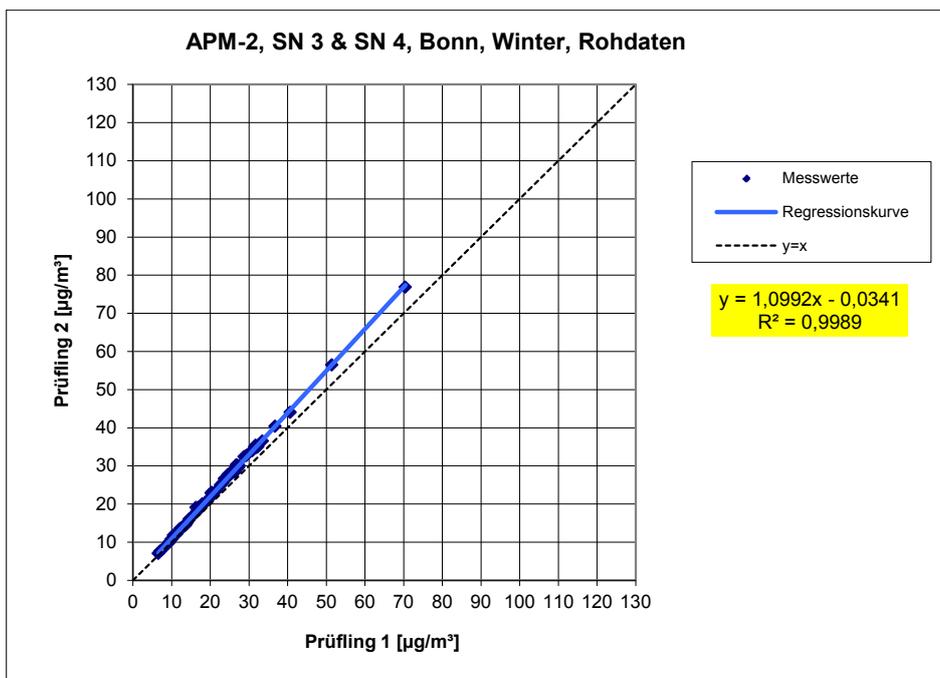


Abbildung 62: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Bonn, Winter

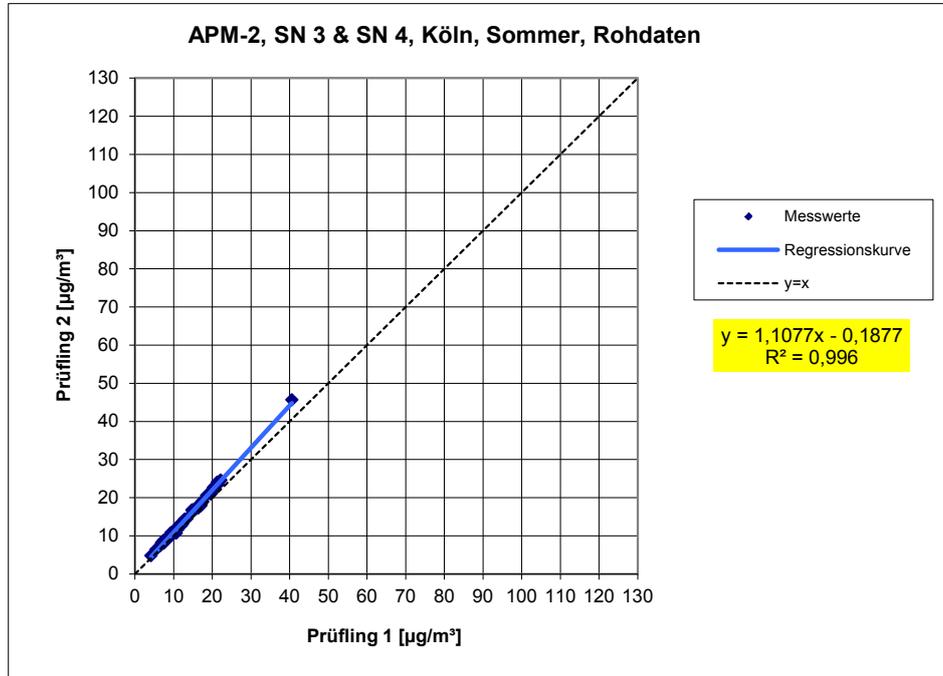


Abbildung 63: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Köln, Sommer

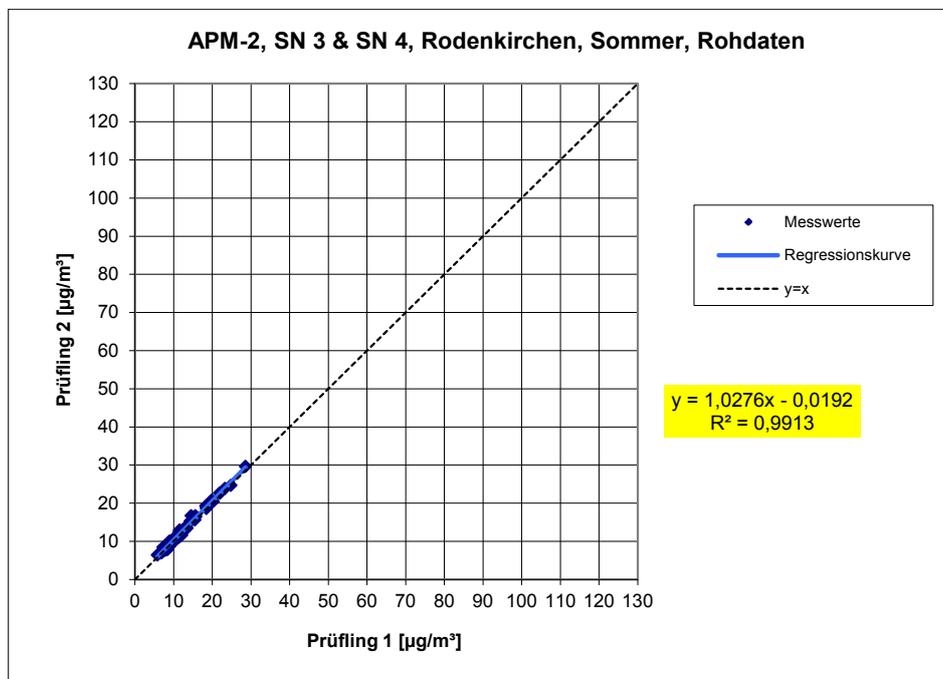


Abbildung 64: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Rodenkirchen, Sommer

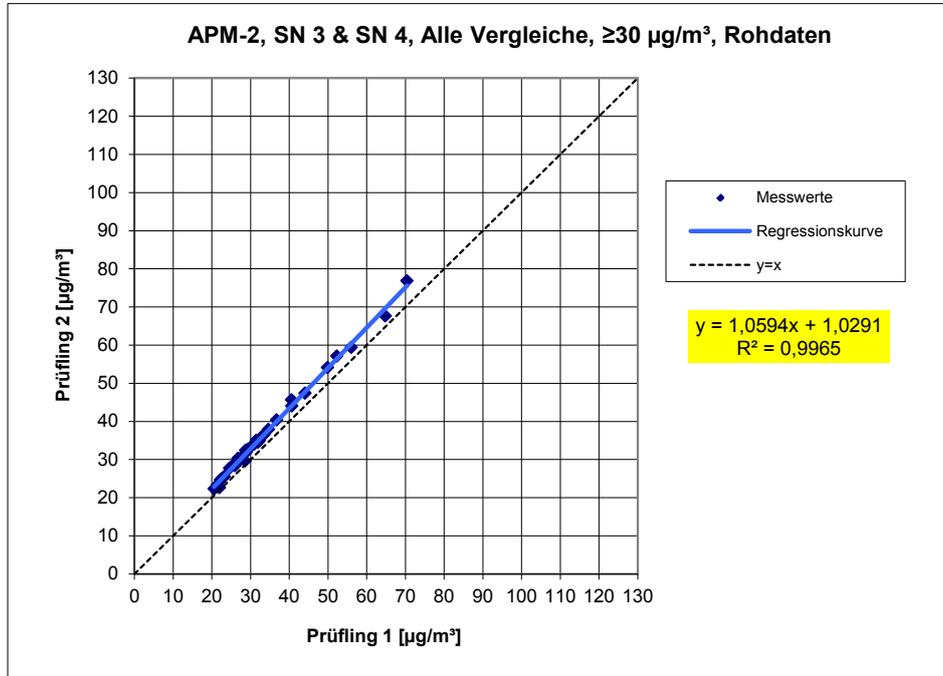


Abbildung 65: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

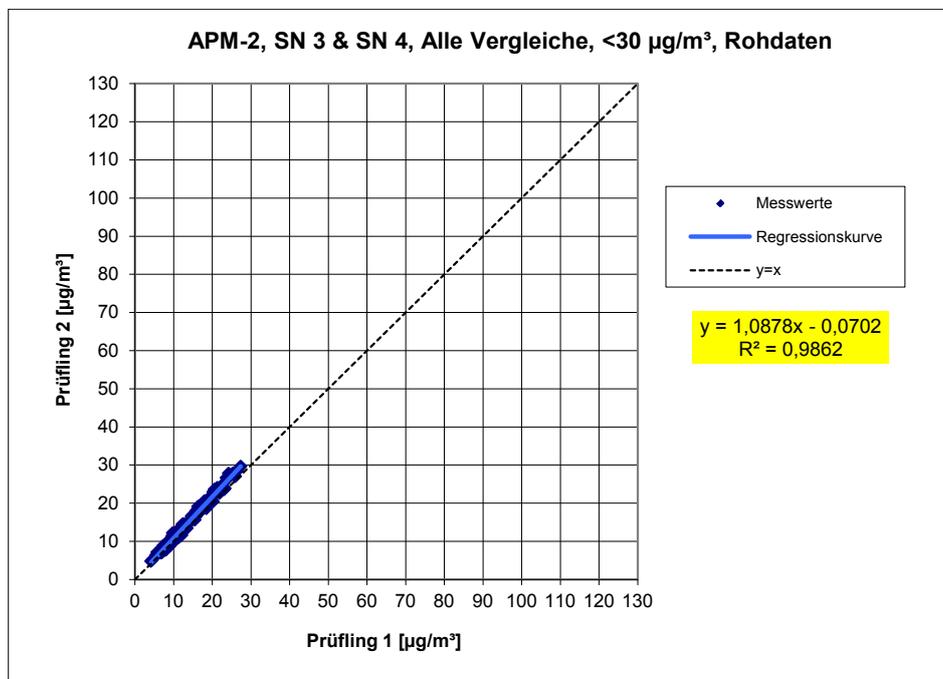


Abbildung 66: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte, Werte $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$



6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge

Bei der Prüfung von PM_{2,5}-Messeinrichtungen ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren gemäß Kapitel 9.5.3.2 bis 9.6 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ im Feldtest an mindestens vier für den späteren Einsatz repräsentativen Probenahmeorten zu nachzuweisen. Die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge ist mit den Anforderungen an die Datenqualität nach Anhang A der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) zu vergleichen.

Die Untersuchungen werden auch für die Komponente PM₁₀ durchgeführt.

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 in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM_{2,5} und PM₁₀ 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_{2,5} liegt die obere Beurteilungsschwelle bei 17 µg/m³, für PM₁₀ bei 28 µg/m³.

Es wurden für jede Vergleichskampagne mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (4 Vergleiche, für PM₁₀: 195 valide Messwertpaare für SN3, 193 valide Messwertpaare für SN4; für PM_{2,5}: 194 valide Messwertpaare für SN3, 192 valide Messwertpaare für SN4) liegen insgesamt 28,6 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 17 µg/m³ für PM_{2,5} sowie insgesamt 20,7 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 28 µg/m³ für PM₁₀. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

6.4 Auswertung

[Punkt 9.5.3.2] 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 ≤ 2 µg/m³ sein.

Die Ergebnisse der Auswertung sind unter Punkt 6.6 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 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} ≥ 18 µg/m³ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten PM₁₀ ≥ 30 µg/m³ (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.

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

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

$u(x_i)$ = zufällige Unsicherheit des Referenzverfahrens, sofern der Wert von u_{bs} , der für den Einsatz der Prüflinge berechnet wird, in diesem Test verwendet werden kann
(siehe Punkt 6.1 5.4.9 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 [5] 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} ≥ 18 µg/m³ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten PM₁₀ ≥ 30 µg/m³ (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 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen. Die Kalibrierung darf nur für den Gesamtdatensatz durchgeführt werden.

[Punkt 9.5.4] 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:

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

Für jeden Datensatz wird die Unsicherheit $w_{c,CM}$ auf einem Level von $y_i = 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{2,5} sowie auf einem Level von $y_i = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM₁₀ berechnet.

[Punkt 9.5.5] 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 [8] 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 % [8].

6.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten W_{CM} liegen für PM_{2,5} für alle betrachteten Datensätze ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit $W_{d,qo}$ von 25 % für Feinstaub.

Die ermittelten Unsicherheiten W_{CM} liegen für PM₁₀ bei SN3 für alle betrachteten Datensätze mit Ausnahme von Köln, Winter, für SN4 für den Datensatz Rodenkirchen, Sommer und für beide Geräte gemeinsam für den Datensatz $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ohne Anwendung von Korrekturfaktoren über der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit $W_{d,qo}$ von 25 % für Feinstaub.

Die Anwendung von Korrekturfaktoren ist gemäß Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen entsprechend vorzunehmen.

Mindestanforderung erfüllt? nein

Nachfolgende Tabelle 39 sowie Tabelle 40 zeigen einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für den Prüfling APM-2 für PM_{2,5} und PM₁₀. Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit gelber Farbe hinterlegt.

Tabelle 39: Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM_{2,5} (Rohdaten)

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfling	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,65	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	192			
Steigung b	0,919	signifikant		
Unsicherheit von b	0,012			
Achsabschnitt a	0,327	nicht signifikant		
Unsicherheit von a	0,216			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	17,68	%		
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,04	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	49			
Steigung b	0,887			
Unsicherheit von b	0,030			
Achsabschnitt a	1,248			
Unsicherheit von a	0,937			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	21,92	%		
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,42	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	143			
Steigung b	1,040			
Unsicherheit von b	0,030			
Achsabschnitt a	-0,928			
Unsicherheit von a	0,327			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,98	%		

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2		SN	SN 3 & SN 4
Status Messwerte	Rohdaten		Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25 µg/m ³ %
Köln, Winter 2012/13				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,65		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	52			52
Steigung b	0,855			0,883
Unsicherheit von b	0,017			0,018
Achsabschnitt a	1,068			1,387
Unsicherheit von a	0,389			0,400
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	24,56	%		18,11 %
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,62		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,88		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	51			51
Steigung b	0,952			1,007
Unsicherheit von b	0,029			0,029
Achsabschnitt a	-0,834			-0,849
Unsicherheit von a	0,649			0,666
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	20,54	%		14,80 %
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,57		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	46			44
Steigung b	0,966			1,019
Unsicherheit von b	0,041			0,045
Achsabschnitt a	-0,221			-0,174
Unsicherheit von a	0,453			0,508
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,59	%		7,90 %
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,33		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	45			45
Steigung b	1,053			1,037
Unsicherheit von b	0,046			0,047
Achsabschnitt a	-1,230			-1,320
Unsicherheit von a	0,519			0,521
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,76	%		7,54 %
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,04		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	49			49
Steigung b	0,871			0,904
Unsicherheit von b	0,030			0,031
Achsabschnitt a	1,046			1,438
Unsicherheit von a	0,921			0,96
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	24,98	%		19,63 %
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,42		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	145			143
Steigung b	1,019			1,065
Unsicherheit von b	0,029			0,031
Achsabschnitt a	-0,877			-1,020
Unsicherheit von a	0,317			0,344
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,80	%		10,37 %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,65		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	194			192
Steigung b	0,896	signifikant		0,943
Unsicherheit von b	0,012			0,012
Achsabschnitt a	0,382	nicht signifikant		0,267
Unsicherheit von a	0,209			0,225
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	21,09	%		14,84 %

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 µg/m³.
 - Kriterium 2: Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen ist kleiner als 2,5 µg/m³.
 - Kriterium 3: Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten ist kleiner als 2,0 µg/m³.
 - Kriterium 4: Alle erweiterten Unsicherheiten liegen unter 25 %.
 - Kriterium 5: Bei beiden Prüflingen 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 0,919 und einem Achsabschnitt von 0,327 bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 17,68 %.

Tabelle 40: Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM₁₀ (Rohdaten)

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	50	µg/m ³
		erlaubte Unsicherheit	25	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,27			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	193			
Steigung b	0,977			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,020			
Achsabschnitt a	-3,758			signifikant
Unsicherheit von a	0,502			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	23,25			%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,28			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	33			
Steigung b	1,035			
Unsicherheit von b	0,063			
Achsabschnitt a	-6,432			
Unsicherheit von a	2,681			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	25,88			%
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,96			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	160			
Steigung b	0,971			
Unsicherheit von b	0,040			
Achsabschnitt a	-3,579			
Unsicherheit von a	0,751			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	23,05			%

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5}, Berichts-Nr.: 936/21219977/A

Seite 169 von 300

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2		SN	SN 3 & SN 4
Status Messwerte	Rohdaten		Grenzwert	50
			erlaubte Unsicherheit	25
				µg/m ³
				%
Köln, Winter 2012/2013				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,38	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,931		0,982	
Unsicherheit von b	0,023		0,022	
Achsabschnitt a	-2,007		-1,290	
Unsicherheit von a	0,611		0,582	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	23,70	%	12,30	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,38	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,72	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	0,943		1,043	
Unsicherheit von b	0,049		0,054	
Achsabschnitt a	-4,224		-4,829	
Unsicherheit von a	1,477		1,604	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	32,57	%	20,66	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,60	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,06	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		45	
Steigung b	0,852		0,954	
Unsicherheit von b	0,039		0,043	
Achsabschnitt a	-1,667		-2,156	
Unsicherheit von a	0,733		0,809	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	36,90	%	19,49	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,76	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	0,944		0,983	
Unsicherheit von b	0,063		0,063	
Achsabschnitt a	-5,390		-5,818	
Unsicherheit von a	1,252		1,258	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	33,83	%	28,11	%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,28	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	33		33	
Steigung b	1,003		1,068	
Unsicherheit von b	0,062		0,065	
Achsabschnitt a	-6,650		-6,252	
Unsicherheit von a	2,639		2,74	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	31,43	%	21,54	%
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,96	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	162		160	
Steigung b	0,921		1,025	
Unsicherheit von b	0,037		0,043	
Achsabschnitt a	-3,223		-4,000	
Unsicherheit von a	0,698		0,807	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	30,60	%	16,42	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,27	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	195		193	
Steigung b	0,935	signifikant	1,020	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,019		0,022	
Achsabschnitt a	-3,552	signifikant	-3,981	signifikant
Unsicherheit von a	0,474		0,531	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	29,69	%	17,80	%



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 28 µg/m³.
- Kriterium 2: Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen ist kleiner als 2,5 µg/m³.
- Kriterium 3: Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten ist kleiner als 2,0 µg/m³.
- Kriterium 4: Für SN3 liegen alle erweiterten Unsicherheiten mit Ausnahme von Köln, Winter über 25 %.
Für SN4 liegen alle erweiterten Unsicherheiten mit Ausnahme von Rodenkirchen, Sommer unter 25 %.
Für SN3 und SN4 gemeinsam liegt die erweiterte Unsicherheit für Messwerte ≥30 µg/m³ über 25 %.
- Kriterium 5: Bei SN3 ist die Steigung sowie der Achsabschnitt bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes signifikant größer als erlaubt.
Bei SN4 ist der Achsabschnitt bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes signifikant größer als erlaubt.
- Weitere: Es ergibt sich für den Gesamtdatensatz für beide Prüflinge gemeinsam eine Steigung von 0,977 und einem Achsabschnitt von -3,758 bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 23,25 %.

Die Version des Leitfadens vom Januar 2010 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 (Herr Theo Hafkenschied) 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.

Der UK Equivalence Report aus 2006 [10] hat diesen Punkt als Schwachstelle in der Statistik für den Äquivalenznachweis in der November 2005 Version des Leitfadens beschrieben, da „präzisere“ Geräte dadurch benachteiligt werden (Anhang E Abschnitt 4.2). Die gleiche Schwachstelle wurde 1:1 in die Januar 2010 Version des Leitfadens übernommen. Es wird daher vorgeschlagen, denselben pragmatischen Ansatz zu wählen, der in der Vergangenheit in früheren Studien schon zur Anwendung kam.

Gemäß der Tabelle 39 muss daher aufgrund der ermittelten Signifikanz eine Korrektur der Steigung für PM_{2,5} erfolgen. Für PM₁₀ muss gemäß Tabelle 40 aufgrund der Überschreitung der zulässigen erweiterten Gesamtunsicherheit für mehrere Vergleichskampagnen und der ermittelten Signifikanz eine Korrektur der Steigung und des Achsabschnitts für PM₁₀ erfolgen. Es ist an dieser Stelle zu beachten, dass die ermittelten Unsicherheiten W_{CM} für PM_{2,5} auch ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit W_{dpo} von 25 % für Feinstaub liegen.

Für PM_{2,5}:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,919. Es erfolgt daher unter Punkt 6.1

5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren auf die Datensätze.

Für PM₁₀:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,977. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei -3,758. Es erfolgt daher unter Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren auf die Datensätze.

Die überarbeitete Fassung des Leitfadens von Januar 2010 enthält 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: unkorrigierten Rohdaten) hierzu herangezogen wird, nämlich 17,68 % für PM_{2,5}, was wiederum eine jährliche Überprüfung an 4 Messorten erfordern würde sowie 23,25 % für PM₁₀, was wiederum eine jährliche Überprüfung an 4 (PM_{2,5}) bzw. 5 (PM₁₀) Messorten erfordern würde (Leitfaden [5], Kapitel 9.9.2, Tabelle 6). Auf Grund der notwendigen Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren, sollte diese Bewertung jedoch auf Basis der Auswertung der korrigierten Datensätze erfolgen (siehe Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen).

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 41 und Tabelle 42 zeigen einen Überblick über die Unsicherheiten zwischen den Referenzgeräten u_{ref} aus den Felduntersuchungen.

Tabelle 41: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten u_{ref} für PM_{2,5}

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln, Winter	52	0,54
1 / 2	Bonn, Winter	51	0,62
1 / 2	Köln, Sommer	46	0,53
1 / 2	Rodenkirchen, Sommer	45	0,52
1 / 2	Alle Standorte	194	0,55

Tabelle 42: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten u_{ref} für PM₁₀

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln, Winter	52	0,54
1 / 2	Bonn, Winter	51	0,38
1 / 2	Köln, Sommer	47	0,60
1 / 2	Rodenkirchen, Sommer	33	0,72
1 / 2	Alle Standorte	195	0,58

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

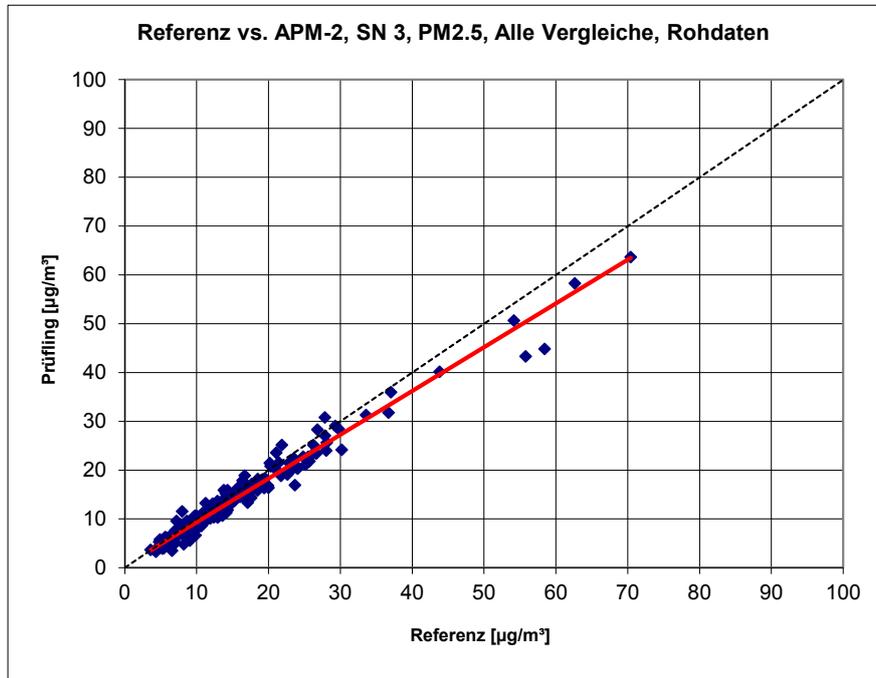


Abbildung 67: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte

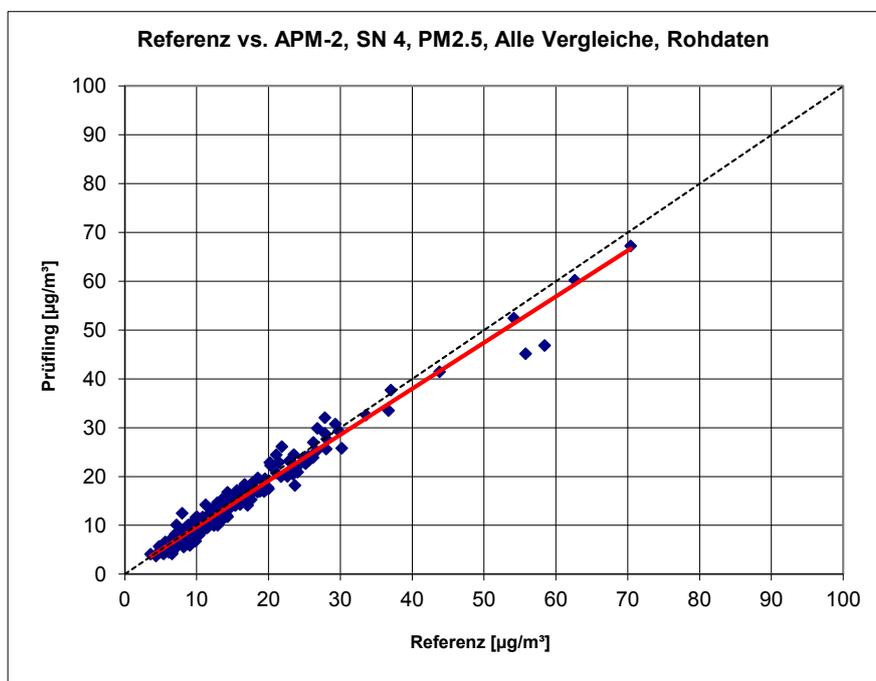


Abbildung 68: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte

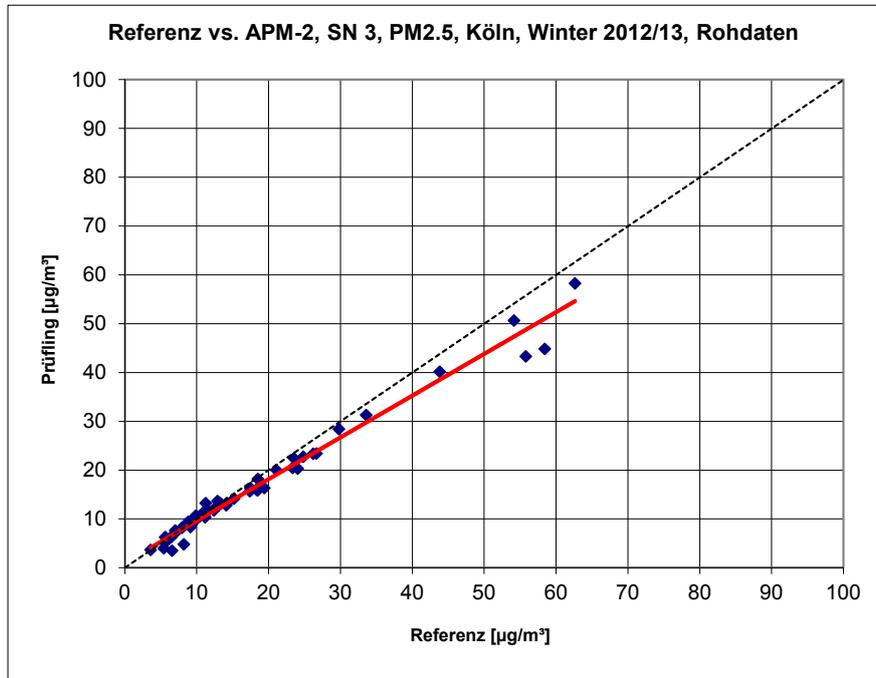


Abbildung 69: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Winter

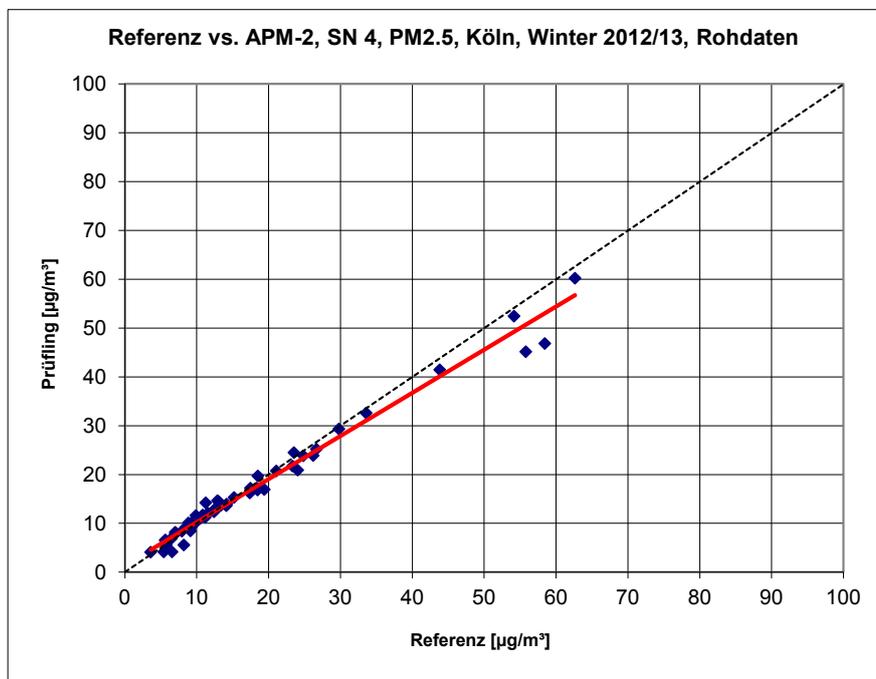


Abbildung 70: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Winter

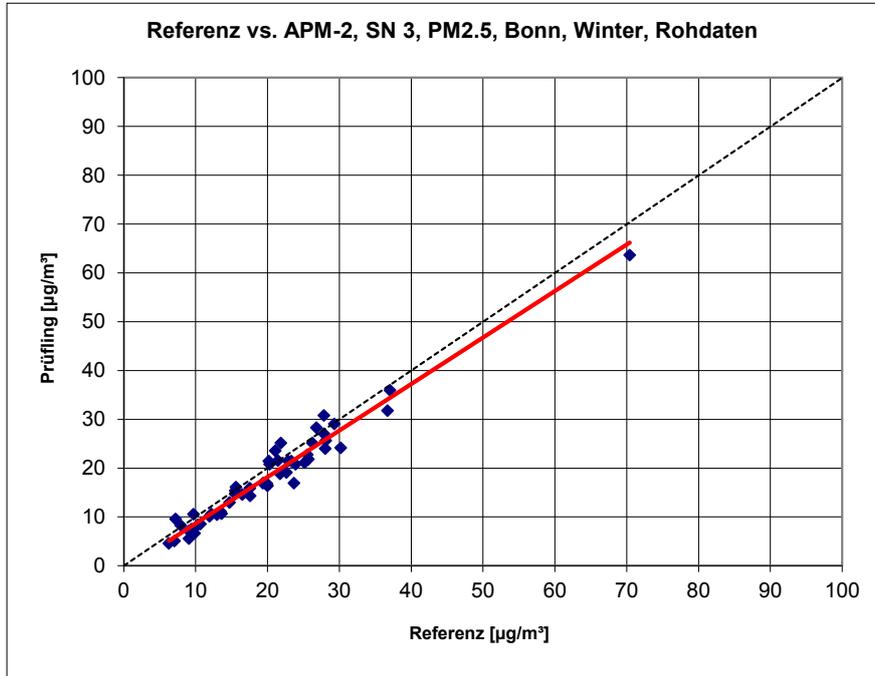


Abbildung 71: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Bonn, Winter

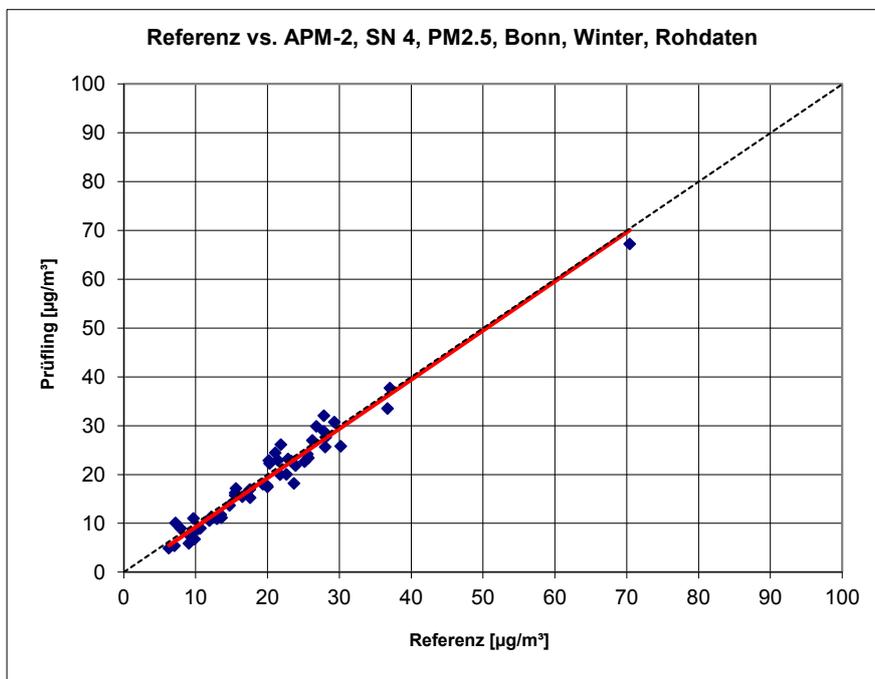


Abbildung 72: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Bonn, Winter

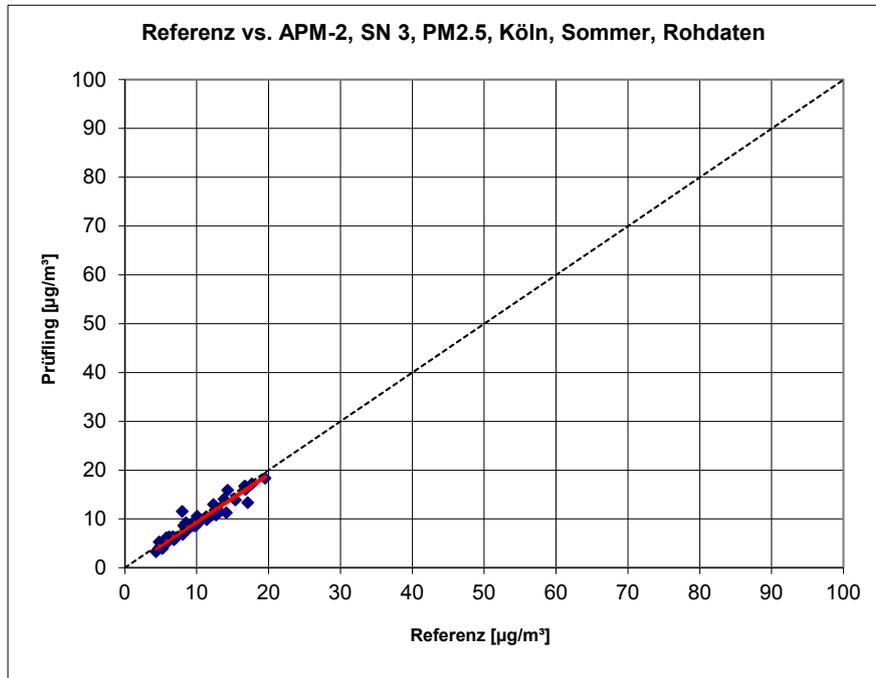


Abbildung 73: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Sommer

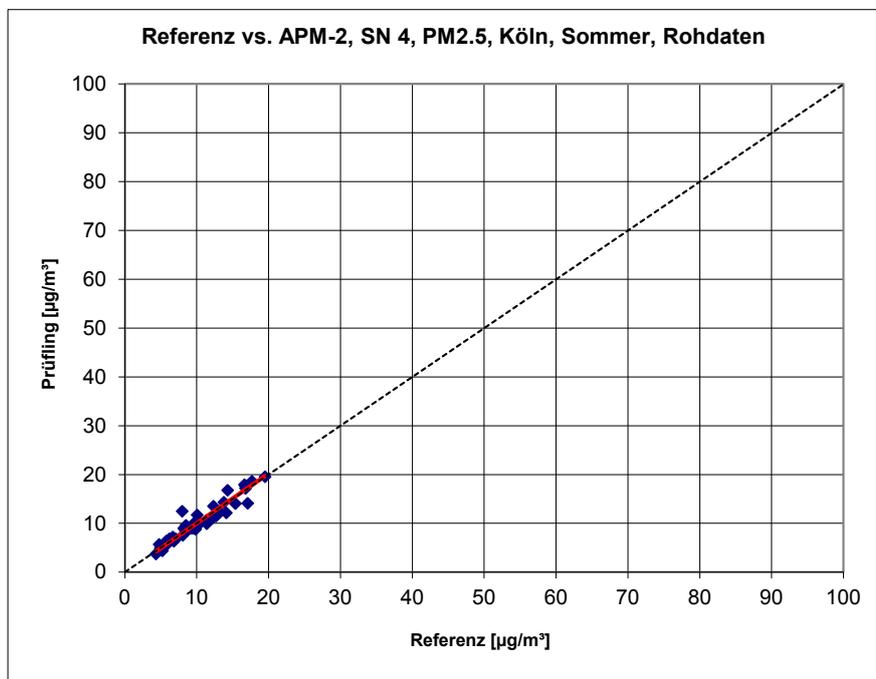


Abbildung 74: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Sommer

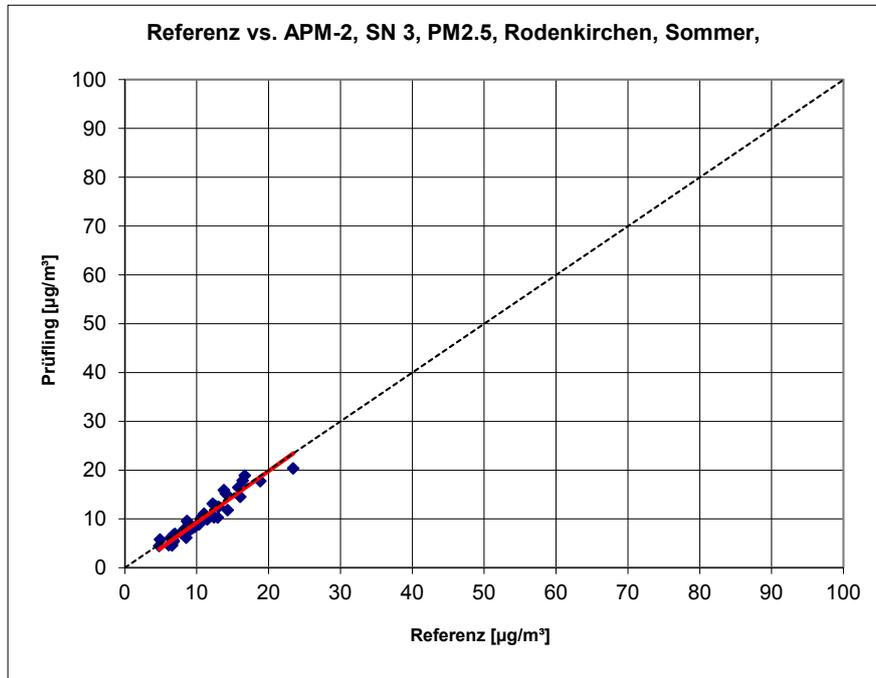


Abbildung 75: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Rodenkirchen, Sommer

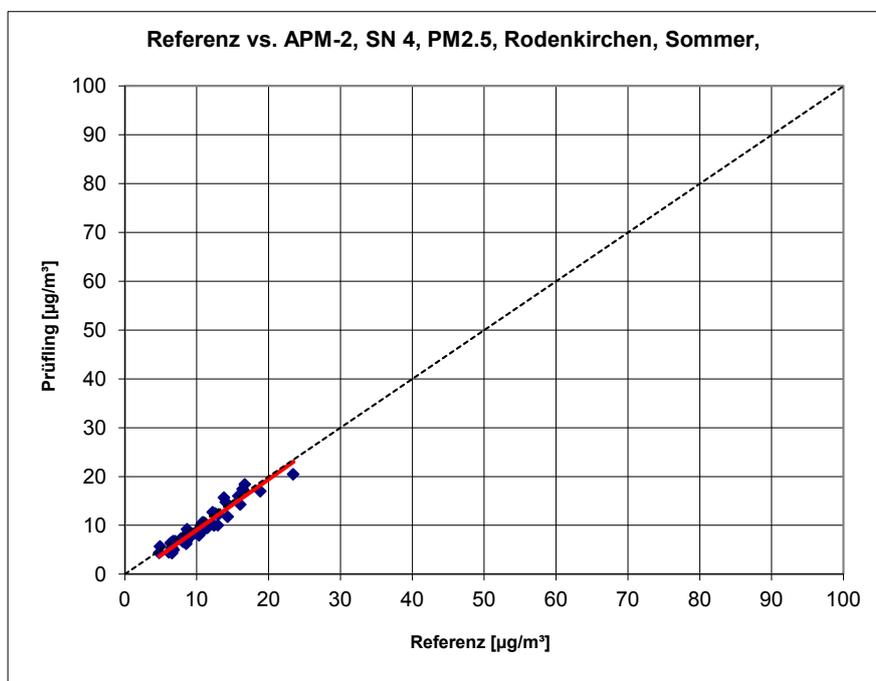


Abbildung 76: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Rodenkirchen, Sommer

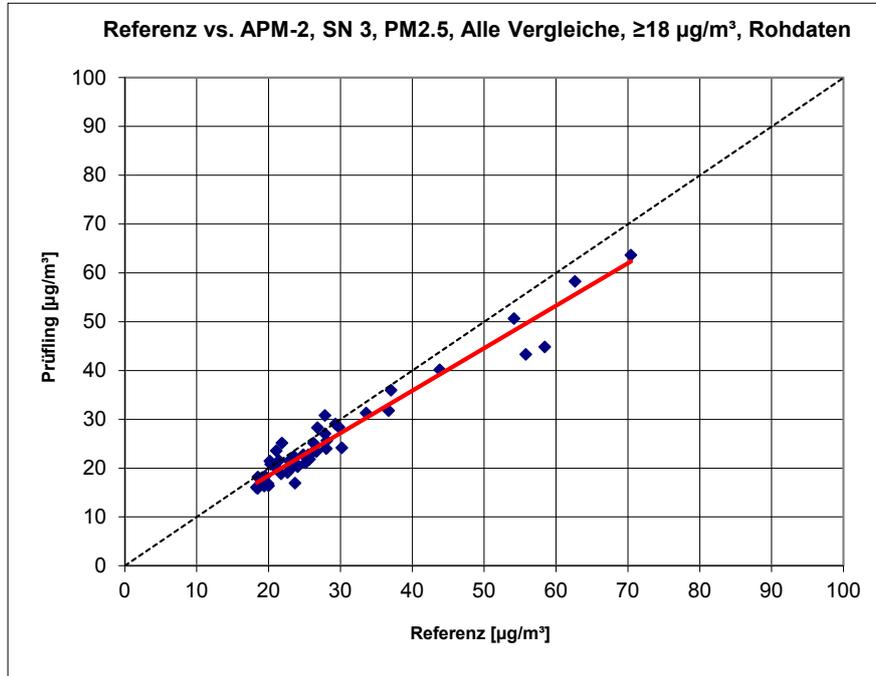


Abbildung 77: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

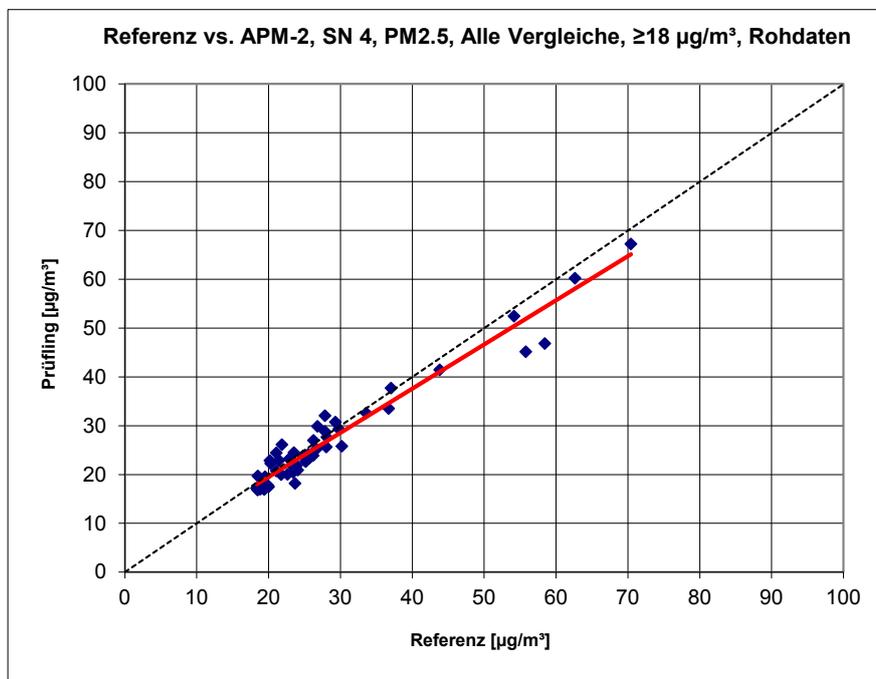


Abbildung 78: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

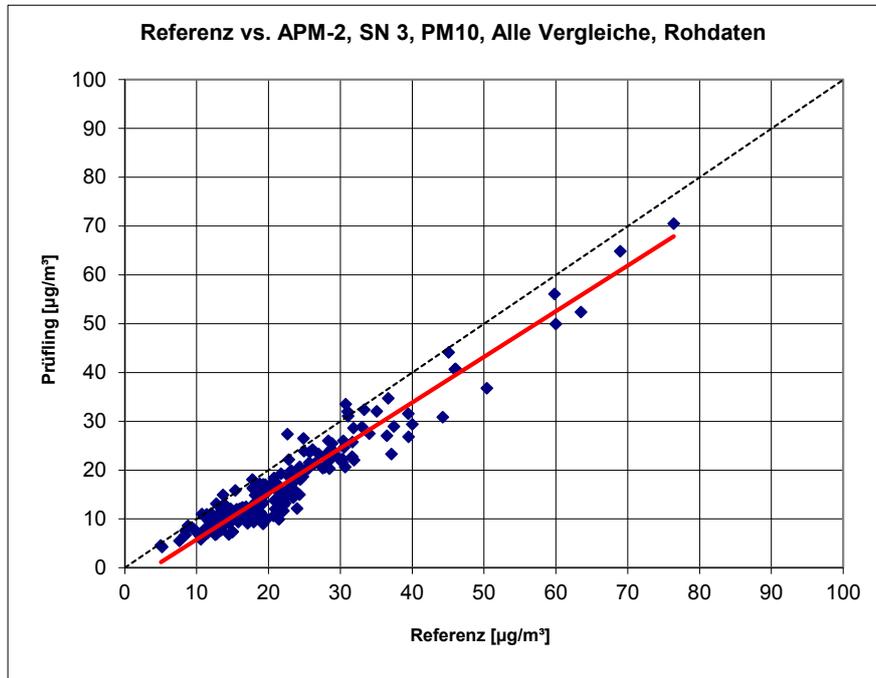


Abbildung 79: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte

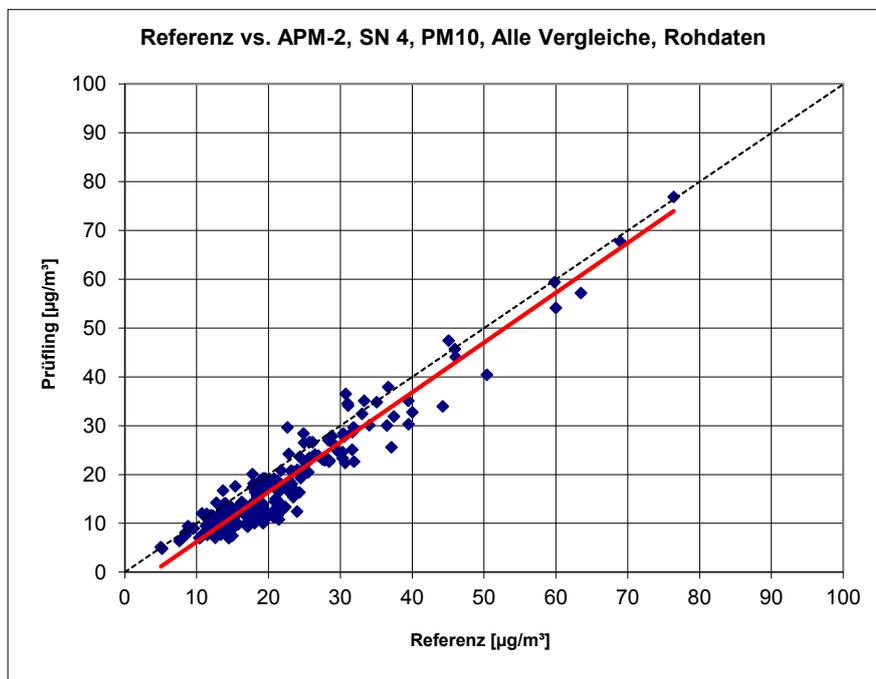


Abbildung 80: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte

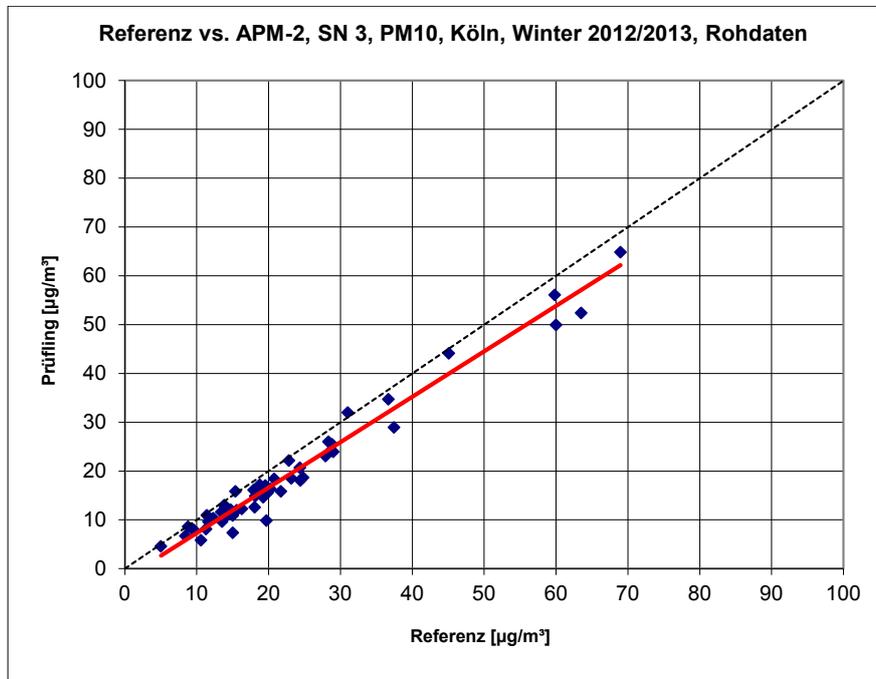


Abbildung 81: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Köln, Winter

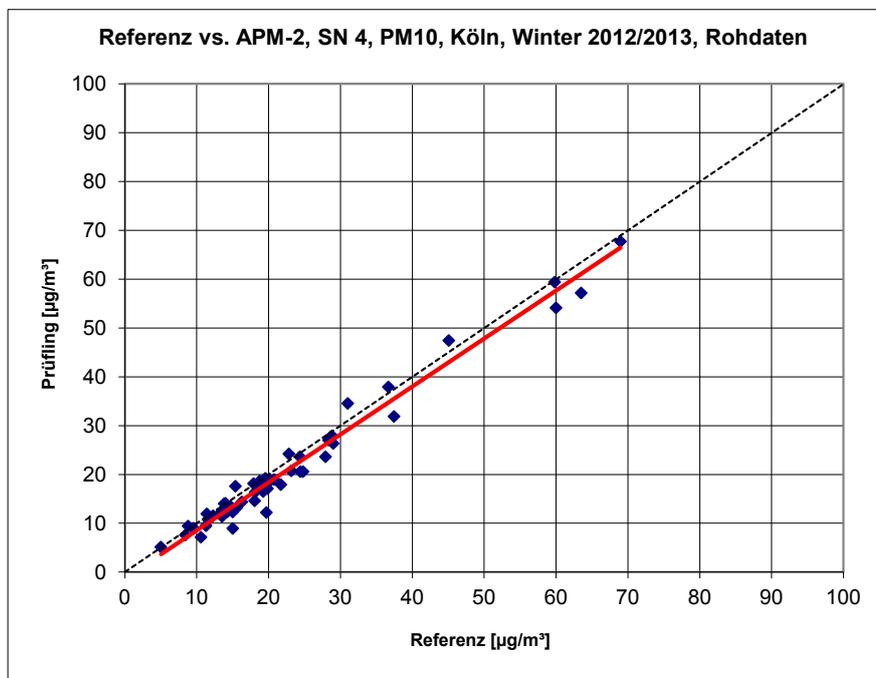


Abbildung 82: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Köln, Winter

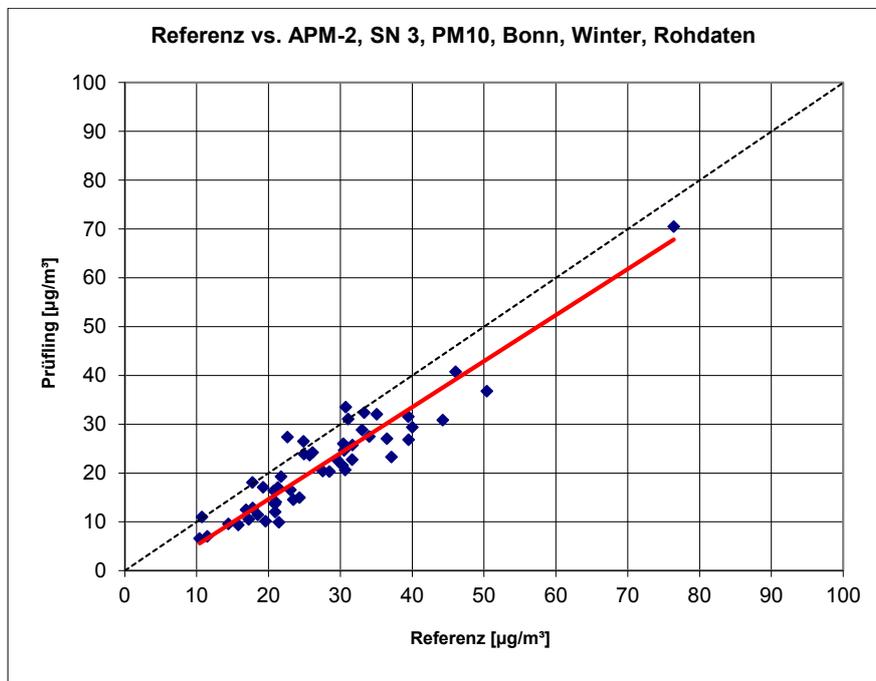


Abbildung 83: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Bonn, Winter

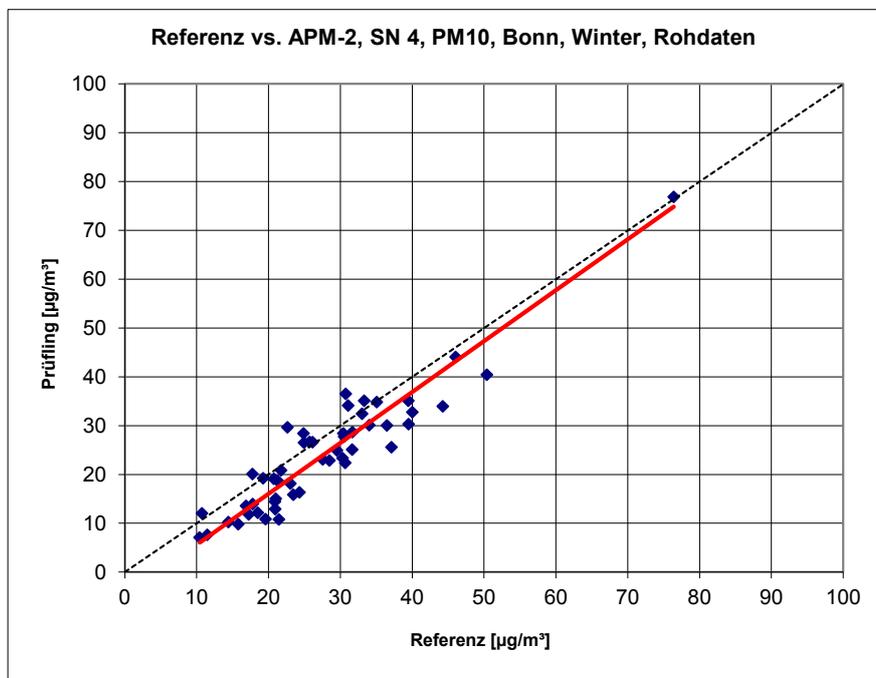


Abbildung 84: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Bonn, Winter

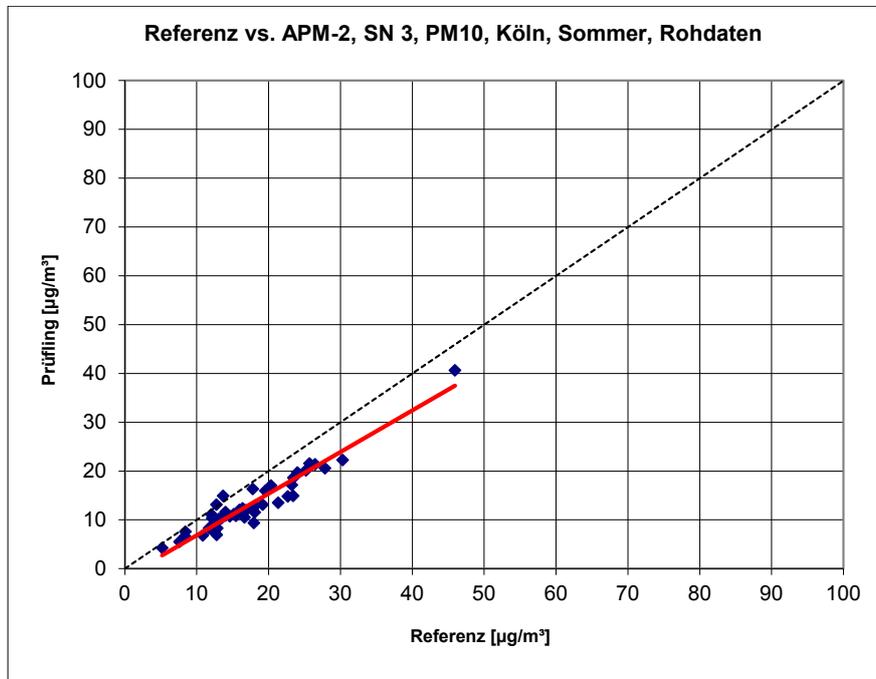


Abbildung 85: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Köln, Sommer

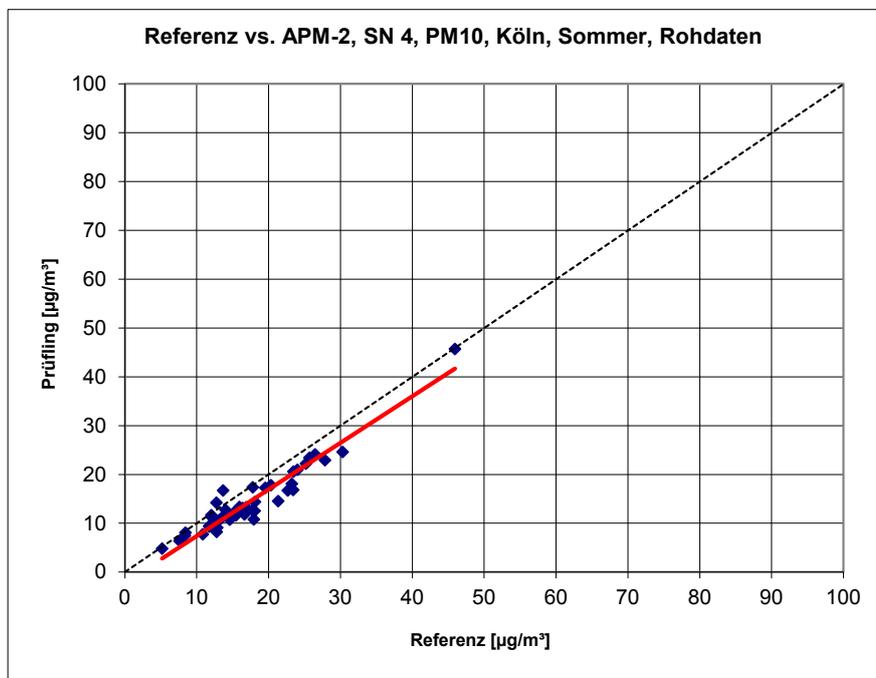


Abbildung 86: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Köln, Sommer

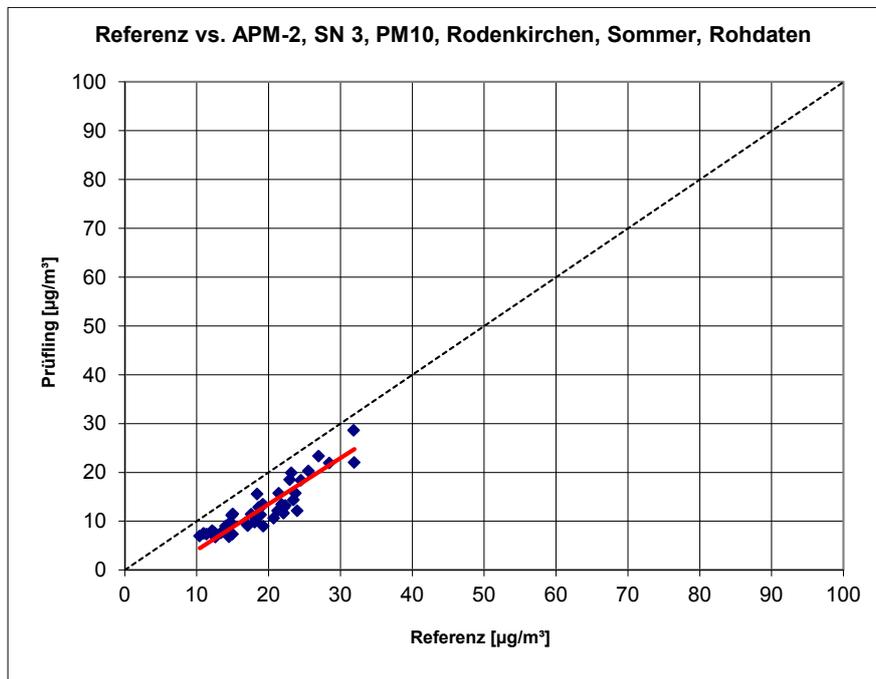


Abbildung 87: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Rodenkirchen, Sommer

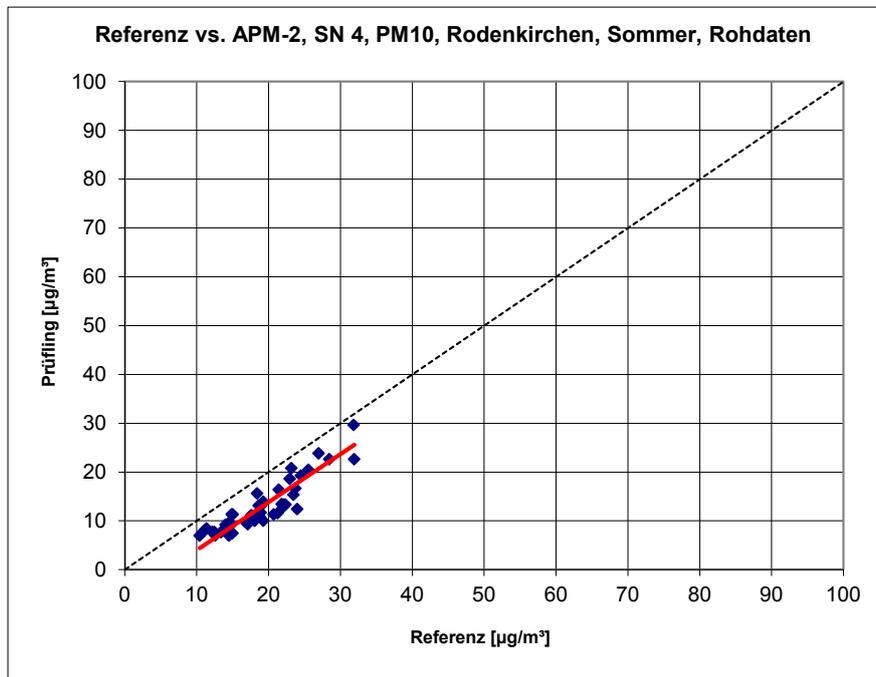


Abbildung 88: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Rodenkirchen, Sommer

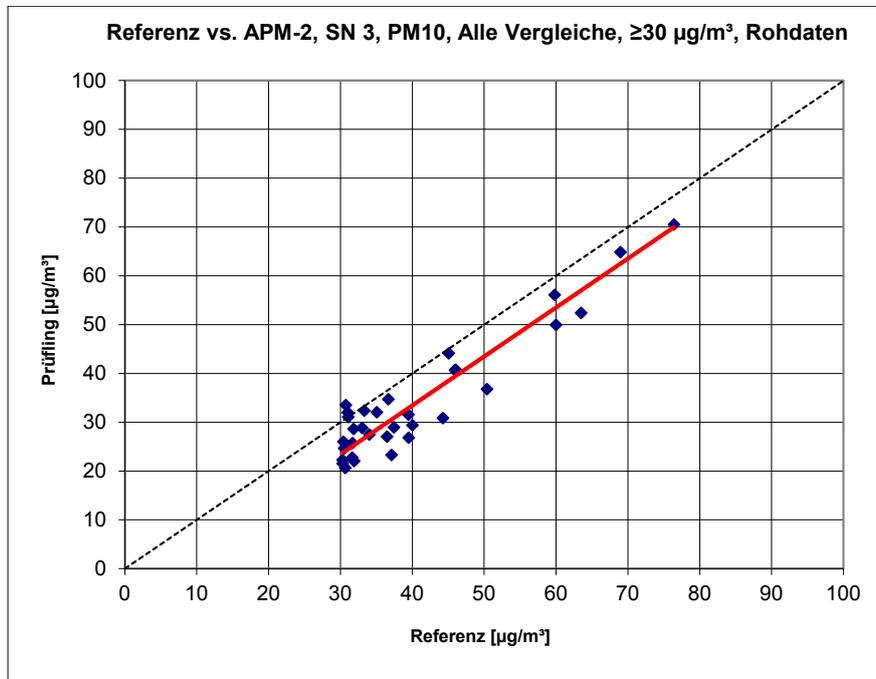


Abbildung 89: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

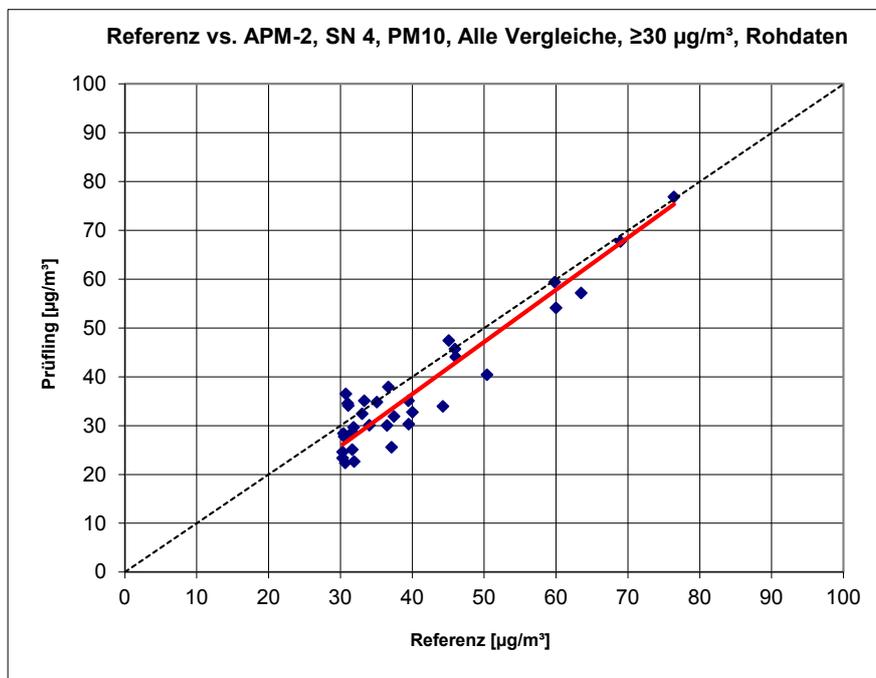


Abbildung 90: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen

Ist bei der Prüfung von PM_{2,5}-Messeinrichtungen die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität nach Anhang B der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) festgelegte erweiterte relative Unsicherheit, ist eine Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen zulässig. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen gemäß den Punkten 9.5.3.2ff. des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ erfüllen.

Die Untersuchungen werden auch für die Komponente PM₁₀ durchgeführt.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Siehe Modul 5.4.10

6.4 Auswertung

Tritt bei der Auswertung der Rohwerte gemäß Modul 5.4.10 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 5.4.10). 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 [5] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 5.4.10 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 [5] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 5.4.10 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

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

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

Algorithmen zur Berechnung von Achsenabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [5] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 5.4.10 ermittelt.

Die Werte für $u_{c-s,\text{corr}}$ werden dann zur Berechnung der kombinierten relativen Unsicherheit der Prüflinge nach der Korrektur gemäß der folgenden Gleichung herangezogen:

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

Für den korrigierten Datensatz wird die Unsicherheit $w_{c,\text{CM},\text{corr}}$ am 24 h-Grenzwert berechnet, wobei y_i als Konzentration am Grenzwert eingesetzt wird.

Die erweiterte relative Unsicherheit $W_{\text{CM},\text{corr}}$ wird entsprechend der folgenden Gleichung berechnet:

$$W_{\text{CM},\text{corr}} = k \cdot w_{\text{CM},\text{corr}}$$

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

Die größte resultierende Unsicherheit $W_{\text{CM},\text{corr}}$ wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [8] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

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

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit W_{dgo} beträgt für Feinstaub 25 % [8].

6.5 Bewertung

Durch Anwendung der Korrekturfaktoren, erfüllen die Prüflinge die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze sowohl für PM_{2,5} als auch für PM₁₀. Für PM_{2,5} werden die Anforderungen auch ohne eine Anwendung von Korrekturfaktoren erfüllt, die Korrektur der Steigung führt dennoch zu einer weiteren Verbesserung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz.

Mindestanforderung erfüllt? ja



Die Auswertung des Gesamtdatensatzes für beide Prüflinge ergibt für beide Messkomponenten PM_{2,5} und PM₁₀ einen signifikanten Achsabschnitt.

Für PM_{2,5}:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,919 (siehe Tabelle 39).

Für PM₁₀:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,977. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei -3,758 (siehe Tabelle 40).

Es wurde für PM_{2,5} eine Steigungskorrektur und für PM₁₀ eine Steigungs- und Achsabschnittskorrektur 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 bei einigen Standorten erheblich.

Die Version des Leitfadens vom Januar 2010 verlangt 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 [5], Kapitel 9.9.2, Tabelle 6). Es bleibt festzustellen, dass die höchste ermittelte erweiterte Unsicherheit für PM_{2,5} nach Korrektur im Bereich 10 % bis 15 % liegt, während sie vor der Korrektur im Bereich 15 % bis 20 % lag. Für PM₁₀ liegt die höchste ermittelte erweiterte Unsicherheit nach Korrektur im Bereich 10 % bis 15 %, während sie vor der Korrektur im Bereich 20 % bis 25 % lag.

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 17,68 % (PM_{2,5}, unkorrigierter Datensatz) respektive 12,36 % (PM_{2,5}, Datensatz nach Steigungs-Korrektur), was wiederum eine jährliche Überprüfung an 4 Messorten (unkorrigiert) bzw. 3 Messorten (korrigiert) erfordern würde, bzw. 23,25 % (PM₁₀, unkorrigierter Datensatz) respektive 13,55 % (PM₁₀, Datensatz nach Steigungs-/Offset-Korrektur), was wiederum eine jährliche Überprüfung an jeweils 5 Messorten (unkorrigiert) bzw. 3 Messorten (korrigiert) erfordern würde.

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 43 und Tabelle 44 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der Äquivalenzprüfung nach Anwendung des Korrekturfaktors für die Steigung bzw. den Achsabschnitt auf den Gesamtdatensatz.

Tabelle 43: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SN3 & SN4, Messkomponente PM_{2,5} nach Korrektur Steigung

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Korrektur Steigung	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	192			
Steigung b	1,001			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,013			
Achsabschnitt a	0,335			nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,235			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,36			%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,13			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	49			
Steigung b	0,967			
Unsicherheit von b	0,033			
Achsabschnitt a	1,292			
Unsicherheit von a	1,019			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,46			%
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,46			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	143			
Steigung b	1,137			
Unsicherheit von b	0,032			
Achsabschnitt a	-1,073			
Unsicherheit von a	0,355			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	22,20			%

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2		SN	SN 3 & SN 4
Status Messwerte	Korrektur Steigung		Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25
				µg/m ³ %
Köln, Winter 2012/13				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	52			52
Steigung b	0,931			0,962
Unsicherheit von b	0,019			0,019
Achsabschnitt a	1,148			1,495
Unsicherheit von a	0,424			0,435
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	13,83	%		12,92 %
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,62		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,96		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	51			51
Steigung b	1,037			1,097
Unsicherheit von b	0,031			0,032
Achsabschnitt a	-0,948			-0,964
Unsicherheit von a	0,706			0,725
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,33	%		20,40 %
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,62		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	46			44
Steigung b	1,054			1,113
Unsicherheit von b	0,044			0,049
Achsabschnitt a	-0,279			-0,232
Unsicherheit von a	0,493			0,553
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	11,76	%		22,72 %
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,36		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	45			45
Steigung b	1,150			1,133
Unsicherheit von b	0,050			0,051
Achsabschnitt a	-1,383			-1,482
Unsicherheit von a	0,565			0,567
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	22,45	%		18,78 %
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,13		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	49			49
Steigung b	0,949			0,986
Unsicherheit von b	0,032			0,034
Achsabschnitt a	1,074			1,497
Unsicherheit von a	1,002			1,05
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,25	%		20,15 %
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,46		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	145			143
Steigung b	1,114			1,165
Unsicherheit von b	0,031			0,034
Achsabschnitt a	-1,015			-1,179
Unsicherheit von a	0,345			0,375
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,31	%		26,94 %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71		µg/m ³	
	SN 3			SN 4
Anzahl Wertepaare	194			192
Steigung b	0,976	nicht signifikant		1,027 signifikant
Unsicherheit von b	0,013			0,013
Achsabschnitt a	0,396	nicht signifikant		0,269 nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,228			0,245
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	11,97	%		14,57 %

Tabelle 44: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SN3 & SN4, Messkomponente PM₁₀ nach Korrektur Steigung und Achsabschnitt

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2		SN	SN 3 & SN 4
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Offset		Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25 µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,30	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	193			
Steigung b	1,001	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	0,021			
Achsabschnitt a	-0,023	nicht signifikant		
Unsicherheit von a	0,514			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	13,55	%		
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,33	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	33			
Steigung b	1,061			
Unsicherheit von b	0,065			
Achsabschnitt a	-2,800			
Unsicherheit von a	2,744			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,84	%		
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,99	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	160			
Steigung b	0,998			
Unsicherheit von b	0,041			
Achsabschnitt a	0,114			
Unsicherheit von a	0,768			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,39	%		

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2		SN	SN 3 & SN 4
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Offset		Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25 µg/m ³ %
Köln, Winter 2012/2013				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,41	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,953		1,006	
Unsicherheit von b	0,023		0,022	
Achsabschnitt a	1,785		2,520	
Unsicherheit von a	0,625		0,596	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,65	%	15,00	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,38	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,76	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	0,967		1,069	
Unsicherheit von b	0,051		0,055	
Achsabschnitt a	-0,523		-1,146	
Unsicherheit von a	1,511		1,641	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,25	%	20,76	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,60	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,09	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		45	
Steigung b	0,873		0,978	
Unsicherheit von b	0,040		0,044	
Achsabschnitt a	2,123		1,622	
Unsicherheit von a	0,750		0,828	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,93	%	9,59	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,76	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	0,969		1,008	
Unsicherheit von b	0,065		0,065	
Achsabschnitt a	-1,719		-2,154	
Unsicherheit von a	1,281		1,287	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	16,42	%	12,16	%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,33	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	33		33	
Steigung b	1,028		1,095	
Unsicherheit von b	0,064		0,066	
Achsabschnitt a	-3,024		-2,618	
Unsicherheit von a	2,701		2,81	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,65	%	21,03	%
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,99	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	162		160	
Steigung b	0,946		1,053	
Unsicherheit von b	0,038		0,044	
Achsabschnitt a	0,486		-0,325	
Unsicherheit von a	0,714		0,826	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	14,64	%	16,26	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,30	µg/m ³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	195		193	
Steigung b	0,958	signifikant	1,045	signifikant
Unsicherheit von b	0,020		0,022	
Achsabschnitt a	0,190	nicht signifikant	-0,253	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,485		0,543	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,03	%	16,38	%

6.1 5.5 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung APM-2 ist ein automatisches Messgerät auf Basis von Streulichtmessung. Die Messwertausgabe für die Staubfraktionen erfolgt kontinuierlich alle zwei Minuten abwechselnd zwischen den Messkanälen für PM₁₀ und PM_{2,5}.

Die Prüfung erfolgte nach den Prüfvorschriften einzeln für die verschiedenen Fraktionen.

6.4 Auswertung

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 kontinuierlich vor (alle zwei Minuten abwechselnd zwischen den Messkanälen für PM₁₀ und PM_{2,5}).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



7. Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1

Zum Winter 2013/2014 hat der Gerätehersteller eine neue Gerätesoftware 3.0.1 für die Messeinrichtung APM-2 entwickelt. Diese Softwareversion beinhaltet u.a. eine Optimierung des Berechnungsalgorithmus durch Einführung einer Linearitätskorrektur für die Schwebstaubmesswerte (eine Übersicht über die Änderungen enthält Tabelle 5 auf Seite 47).

Da diese Änderung einen Einfluss auf die Messwertbildung hat und damit auch die Messwerte aus den Vergleichskampagnen im Rahmen der Eignungsprüfung betroffen sind, wurden folgende Maßnahmen zur Qualifizierung der neuen Software getroffen:

Alle vorhandenen Messwerte aus den 4 vergangenen Vergleichskampagnen wurden manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge aufgeführt.

Zusätzlich wurde zur Qualifizierung eine zusätzliche Vergleichskampagne am Standort Köln, Parkplatzgelände mit den zwei Prüflingen und der neuen Softwareversion (Version 3.0.1) durchgeführt. Hierzu wurde im Detail folgendes Prüfprogramm durchgeführt:

- Durchführung einer Vergleichsmesskampagne mit mindestens 40 validen Messwertpaaren Referenz vs. Prüfling
- Bestimmung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} gemäß Leitfaden
- Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß Leitfaden
- Anwendung der unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge ermittelten Korrekturfaktoren/-termen
- Neuberechnung der Äquivalenz für die 4 Datensätze aus der vorliegenden Eignungsprüfung + zusätzlich Datensatz aus der Validierungskampagne „Köln, Winter 2014“ gemäß dem Ansatz aus Punkt „8.2 Eignungstest“ der DIN CEN/TS 16450 [9]

Die zusätzliche Vergleichskampagne wurde am Standort Köln, Parkplatzgelände zwischen dem 13.01.2014 und dem 09.03.2014 durchgeführt. Die Umgebungsbedingungen während der Kampagne sind in Tabelle 7 aufgeführt. Alle Einzelwerte sind in den Anlagen 5 (PM-Messwerte) und 6 (Umgebungsbedingungen) zu finden.

Es wurden sowohl für PM₁₀ wie auch für PM_{2,5} insgesamt 47 Messwertpaare ermittelt.

Die Auswertung der Vergleichsmessungen gemäß Leitfaden [5] führt zu folgendem Ergebnis:

Tabelle 45: *Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM_{2,5}, Rohdaten*

Köln, Winter 2014			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49	µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,61	µg/m ³	
	SN 3		SN 4
Anzahl Wertepaare	47		47
Steigung b	0,813		0,847
Unsicherheit von b	0,019		0,019
Achsabschnitt a	3,122		2,055
Unsicherheit von a	0,320		0,313
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,58	%	18,83
			%

Bewertung für PM_{2,5}:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,61 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.

Tabelle 46: *Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM₁₀, Rohdaten*

Köln, Winter 2014			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,72	µg/m ³	
	SN 3		SN 4
Anzahl Wertepaare	47		47
Steigung b	0,882		0,927
Unsicherheit von b	0,017		0,017
Achsabschnitt a	2,073		1,120
Unsicherheit von a	0,380		0,376
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	16,26	%	11,47
			%

Bewertung für PM₁₀:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,72 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.

Auf die ermittelten Rohdatensätze werden im Anschluss die in der Eignungsprüfung unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge ermittelten Korrekturfaktoren/-termen zur Anwendung gebracht.

Es erfolgt demgemäß für PM_{2,5} eine Korrektur der Datensätze für SN 3 und SN 4 mit der Steigung von 0,919 (Unsicherheit der Steigung 0,012). Es ergibt sich dann folgende Auswertung:

Tabelle 47: *Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM_{2,5}, Steigungskorrektur um 0,919*

Köln, Winter 2014			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49	µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,66	µg/m ³	
	SN 3		SN 4
Anzahl Wertepaare	47		47
Steigung b	0,886		0,922
Unsicherheit von b	0,021		0,020
Achsabschnitt a	3,385		2,225
Unsicherheit von a	0,348		0,341
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	9,66	%	9,47
			%

Bewertung:

- Die erweiterte Messunsicherheit für die mit der Steigung 0,919 korrigierten Daten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.

Für PM₁₀ erfolgt eine Korrektur der Datensätze für SN 3 und SN 4 mit der Steigung 0,977 (Unsicherheit der Steigung 0,020) und mit dem Achsabschnitt -3,758 (Unsicherheit des Achsabschnitts 0,502). Es ergibt sich dann folgende Auswertung:

Tabelle 48: *Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM₁₀, Steigungskorrektur um 0,977, Achsabschnittskorrektur um -3,758*

Köln, Winter 2014			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,74	µg/m ³	
	SN 3		SN 4
Anzahl Wertepaare	47		47
Steigung b	0,903		0,949
Unsicherheit von b	0,018		0,018
Achsabschnitt a	5,965		4,990
Unsicherheit von a	0,389		0,385
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,39	%	12,00
			%

Bewertung:

- Die erweiterte Messunsicherheit für die mit der Steigung 0,977 und dem Achsabschnitt -3,758 korrigierten Daten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.

Abschließend wurde gemäß dem Ansatz aus Punkt „8.2 Eignungstest“ der DIN CEN/TS 16450 [9] der korrigierte Datensatz für Köln, Winter 2014 als zusätzlicher fünfter Datensatz in die ursprüngliche Äquivalenzauswertung aus der Eignungsprüfung (siehe Tabelle 43 für PM_{2,5} und Tabelle 44 für PM₁₀) mit aufgenommen und es wurde überprüft, ob weiterhin die Kriterien einer Äquivalenzprüfung erfüllt werden.

Tabelle 49: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM_{2,5}, Steigungskorrektur um 0,919

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010			
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4
Status Messwerte	Korrektur Steigung	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25 µg/m³ %
Alle Vergleiche			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54		µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,70		µg/m³
SN 3 & SN 4			
Anzahl Wertepaare	239		
Steigung b	0,981	nicht signifikant	
Unsicherheit von b	0,012		
Achsabschnitt a	0,872	signifikant	
Unsicherheit von a	0,209		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,39	%	
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64		µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,03		µg/m³
SN 3 & SN 4			
Anzahl Wertepaare	61		
Steigung b	0,953		
Unsicherheit von b	0,030		
Achsabschnitt a	1,663		
Unsicherheit von a	0,932		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,09	%	
Alle Vergleiche, <18 µg/m³			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,51		µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,52		µg/m³
SN 3 & SN 4			
Anzahl Wertepaare	178		
Steigung b	1,069		
Unsicherheit von b	0,029		
Achsabschnitt a	-0,010		
Unsicherheit von a	0,308		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	16,79	%	



Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010					
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4		
Status Messwerte	Korrektur Steigung	Grenzwert	30	µg/m ³	
		erlaubte Unsicherheit	25	%	
Köln, Winter 2012/13					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	52		52		
Steigung b	0,931		0,962		
Unsicherheit von b	0,019		0,019		
Achsabschnitt a	1,148		1,495		
Unsicherheit von a	0,424		0,435		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	13,83	%	12,92	%	
Bonn, Winter					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,62	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,96	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	51		51		
Steigung b	1,037		1,097		
Unsicherheit von b	0,031		0,032		
Achsabschnitt a	-0,948		-0,964		
Unsicherheit von a	0,706		0,725		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,33	%	20,40	%	
Köln, Sommer					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,62	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	46		44		
Steigung b	1,054		1,113		
Unsicherheit von b	0,044		0,049		
Achsabschnitt a	-0,279		-0,232		
Unsicherheit von a	0,493		0,553		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	11,76	%	22,72	%	
Rodenkirchen, Sommer					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,36	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	45		45		
Steigung b	1,150		1,133		
Unsicherheit von b	0,050		0,051		
Achsabschnitt a	-1,383		-1,482		
Unsicherheit von a	0,565		0,567		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	22,45	%	18,78	%	
Köln, Winter 2014					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,66	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	47		47		
Steigung b	0,886		0,922		
Unsicherheit von b	0,021		0,020		
Achsabschnitt a	3,385		2,225		
Unsicherheit von a	0,348		0,341		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	9,66	%	9,47	%	
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,03	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	61		61		
Steigung b	0,935		0,972		
Unsicherheit von b	0,030		0,032		
Achsabschnitt a	1,602		1,688		
Unsicherheit von a	0,919		0,97		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	17,91	%	19,54	%	
Alle Vergleiche, <18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,51	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,52	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	180		178		
Steigung b	1,048		1,099		
Unsicherheit von b	0,031		0,028		
Achsabschnitt a	0,133		-0,242		
Unsicherheit von a	0,329		0,301		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	14,77	%	20,44	%	
Alle Vergleiche					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m ³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,70	µg/m ³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	241		239		
Steigung b	0,956	signifikant	1,006	nicht signifikant	
Unsicherheit von b	0,012		0,012		
Achsabschnitt a	1,030	signifikant	0,693	signifikant	
Unsicherheit von a	0,212		0,212		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,62	%	13,71	%	

Tabelle 50: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM₁₀, Steigungskorrektur um 0,977, Achsabschnittskorrektur um -3,758

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Korrektur Steigung & Offset	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,22			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	240			
Steigung b	0,975			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,019			
Achsabschnitt a	1,346			signifikant
Unsicherheit von a	0,454			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	14,03			%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,68			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,17			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	40			
Steigung b	1,052			
Unsicherheit von b	0,060			
Achsabschnitt a	-2,041			
Unsicherheit von a	2,563			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,48			%
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,56			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,93			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	200			
Steigung b	0,941			
Unsicherheit von b	0,036			
Achsabschnitt a	1,975			
Unsicherheit von a	0,653			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	13,56			%

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010					
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4		
Status Messwerte	Korrektur Steigung & Offset	Grenzwert	50	µg/m³	
		erlaubte Unsicherheit	25	%	
Köln, Winter 2012/2013					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,41	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	52		52		
Steigung b	0,953		1,006		
Unsicherheit von b	0,023		0,022		
Achsabschnitt a	1,785		2,520		
Unsicherheit von a	0,625		0,596		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,65	%	15,00	%	
Bonn, Winter					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,38	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,76	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	51		51		
Steigung b	0,967		1,069		
Unsicherheit von b	0,051		0,055		
Achsabschnitt a	-0,523		-1,146		
Unsicherheit von a	1,511		1,641		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,25	%	20,76	%	
Köln, Sommer					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,60	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,09	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	47		45		
Steigung b	0,873		0,978		
Unsicherheit von b	0,040		0,044		
Achsabschnitt a	2,123		1,622		
Unsicherheit von a	0,750		0,828		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,93	%	9,59	%	
Rodenkirchen, Sommer					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,76	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	45		45		
Steigung b	0,969		1,008		
Unsicherheit von b	0,065		0,065		
Achsabschnitt a	-1,719		-2,154		
Unsicherheit von a	1,281		1,287		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	16,42	%	12,16	%	
Köln, Winter 2014					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,74	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	47		47		
Steigung b	0,903		0,949		
Unsicherheit von b	0,018		0,018		
Achsabschnitt a	5,965		4,990		
Unsicherheit von a	0,389		0,385		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,39	%	12,00	%	
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,68	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,17	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	40		40		
Steigung b	1,024		1,083		
Unsicherheit von b	0,061		0,061		
Achsabschnitt a	-2,267		-1,935		
Unsicherheit von a	2,595		2,58		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,05	%	20,49	%	
Alle Vergleiche, <30 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,56	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,93	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	202		200		
Steigung b	0,900		0,987		
Unsicherheit von b	0,036		0,037		
Achsabschnitt a	2,238		1,597		
Unsicherheit von a	0,652		0,665		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	17,00	%	13,72	%	
Alle Vergleiche					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,22	µg/m³			
	SN 3		SN 4		
Anzahl Wertepaare	242		240		
Steigung b	0,937	signifikant	1,014	nicht signifikant	
Unsicherheit von b	0,019		0,019		
Achsabschnitt a	1,556	signifikant	1,086	signifikant	
Unsicherheit von a	0,455		0,460		
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,47	%	15,91	%	

Zusammenfassende Bewertung:

Zum Nachweis der Gleichwertigkeit bzw. der Äquivalenz der Daten zwischen den mit dem modifizierten Berechnungsalgorithmus der Softwareversion 3.0.1 manuell umgerechneten Daten aus der Eignungsprüfung (Vergleichskampagne 1-4) und den bei Einsatz der Softwareversion 3.0.1 in der Praxis ermittelten Daten, wurde eine zusätzliche Validierungskampagne „Köln, Winter 2014“ mit Softwareversion 3.0.1 auf den beiden Prüflingen durchgeführt und die gewonnenen Datensätze einer Äquivalenzprüfung unterzogen. Die Auswertung führt zu folgenden Ergebnissen:

Für PM_{2,5}:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,61 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
3. Die erweiterte Messunsicherheit ist nach Anwendung der Korrektur der Steigung von 0,919 (ermittelt in Eignungsprüfung) sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
4. Die gemeinsame Auswertung der vier Ursprungsdatensätze aus der Eignungsprüfung (manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet) mit dem zusätzlichen fünften Datensatz aus Köln, Winter 2014 (Softwareversion 3.0.1 installiert) führt ebenfalls zur Erfüllung der Äquivalenzkriterien gemäß des Leitfadens [5].

Für PM₁₀:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,72 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
3. Die erweiterte Messunsicherheit ist nach Anwendung der Korrektur der Steigung von 0,977 und des Achsabschnitts von -3,758 (ermittelt in Eignungsprüfung) sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
4. Die gemeinsame Auswertung der vier Ursprungsdatensätze aus der Eignungsprüfung (manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet) mit dem zusätzlichen fünften Datensatz aus Köln, Winter 2014 (Softwareversion 3.0.1 installiert) führt ebenfalls zur Erfüllung der Äquivalenzkriterien gemäß des Leitfadens [5].

Somit bleibt festzustellen, dass der Nachweis der Äquivalenz der Messeinrichtung zwischen den mit dem modifizierten Berechnungsalgorithmus der Softwareversion 3.0.1 manuell umgerechneten Daten aus der Eignungsprüfung (Vergleichskampagne 1-4) und den bei Einsatz der Softwareversion 3.0.1 in der Praxis ermittelten Daten erbracht werden konnte und daher die Validierung der aktuellen Softwareversion 3.0.1 positiv abgeschlossen werden kann.

8. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

8.1 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.
- Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind (in der Eignungsprüfung ca. alle 4 Wochen).

Im Übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

8.2 Weitergehende Wartungsarbeiten

Über die regelmäßigen Wartungsarbeiten im Wartungsintervall hinausgehend sind folgende Tätigkeiten durchzuführen:

- Eine Überprüfung der Sensoren für Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
- Eine Überprüfung der Durchflussrate sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
- Eine Überprüfung der Dichtigkeit sollte im Rahmen der Überprüfung der Durchflussrate ebenfalls alle 3 Monate erfolgen.
- Der Virtualimpaktor ist spätestens alle 3 Monate zu reinigen.
- Gemäß Hersteller sollen die internen Filter im Gerät (Nullluft-Filter, Photometer-Ausgangsfiler, Bypass-Filter und Pumpen-Ausgangsfiler) spätestens nach 6 Monaten ausgetauscht werden.
- Mindestens einmal im Jahr sollte das Photometer zur Rekalibrierung an den Gerätehersteller eingeschickt werden.

Gemäß Hersteller ist das Photometer komplett auszutauschen, falls:

- Die insgesamt aufgenommene Feinstaubmenge 50 mg überschritten hat (entspricht ca. 200 Tage bei einer mittleren Konzentration von 50 µg/m³)
- Der Photometer-Offset über 2500 mV angestiegen ist

Nach der jährlichen Wartung des Photometers ist die Messeinrichtung mit dem gravimetrischen PM₁₀-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 bzw. mit dem mit dem gravimetrischen PM_{2,5}-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 am Messstandort zu kalibrieren. Es ist möglichst ein saisonaler Kalibrierhythmus einzustellen.

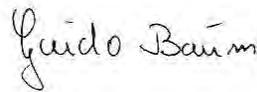
- Während einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Probennehmerohres zu achten.
- Die Vakuumpumpe hat eine Lebensdauer von ca. 2 Jahren – nach Erreichen der Lebensdauer muss die Pumpe komplett getauscht werden. Ein Versagen der Pumpe wird über eine Fehlermeldung des Gerätes angezeigt.

Weitere Einzelheiten können der Bedienungsanleitung entnommen werden.

Immissionsschutz/Luftreinhaltung



Dipl.-Ing. Karsten Pletscher



Dipl.-Ing. Guido Baum

Köln, 26. März 2014
936/21219977/A



9. Literaturverzeichnis

- [1] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002 & September 2010
- [2] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004 & September 2010
- [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 vom Januar 2010
- [6] Bedienungshandbuch Air Pollution Monitor 2 (APM-2), Stand 03/2014
- [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] Technische Spezifikation DIN CEN/TS 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5}); Deutsche Fassung vom August 2013
- [10] 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

Anhang 2 Verfahren zur Filterwägung

Anhang 3 Handbuch

Anlage 1

Nachweisgrenze

Blatt 1 von 1

Hersteller Comde-Derenda						Standards	NP	Messwert mit Nullfilter
Gerätetyp APM-2								
Serien-Nr. SN 3 / SN 4								
Nr.	Datum	Messwerte PM _{2,5} [µg/m ³]	Messwerte PM ₁₀ [µg/m ³]	Messwerte PM _{2,5} [µg/m ³]	Messwerte PM ₁₀ [µg/m ³]	$s_{x_0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{oi} - \bar{x}_0)^2}$		
		SN 3	SN 3	SN 4	SN 4			
1	18.04.2012	0,00	0,06	0,00	0,04			
2	19.04.2012	0,00	0,00	0,00	0,03			
3	20.04.2012	0,00	0,00	0,01	0,03			
4	21.04.2012	0,00	0,00	0,00	0,06			
5	22.04.2012	0,00	0,00	0,04	0,08			
6	23.04.2012	0,00	0,00	0,01	0,01			
7	24.04.2012	0,00	0,00	0,04	0,10			
8	25.04.2012	0,00	0,00	0,04	0,10			
9	26.04.2012	0,00	0,00	0,00	0,03			
10	27.04.2012	0,00	0,00	0,00	0,00			
11	28.04.2012	0,00	0,00	0,08	0,06			
12	29.04.2012	0,00	0,00	0,17	0,13			
13	30.04.2012	0,00	0,00	0,00	0,00			
14	01.05.2012	0,00	0,00	0,00	0,00			
15	02.05.2012	0,00	0,00	0,00	0,00			
Anzahl Werte		15	15	15	15			
Mittelwert		0,00	0,00	0,03	0,04			
Standardabweichung		0,00	0,01	0,05	0,04			
s _{x0}								
Nachweisgrenze X		<0,01	0,03	0,10	0,09			

Anlage 2

Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt (PM₁₀)

Blatt 1 von 2

Hersteller		COMDE-DERENDA		Standards			Nullfilter				
Gerätetyp		APM-2									
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4									
		Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3					
SN 3	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]			
NP	1	20	0,0	-	0,0	-	0,0	-			
	2	-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
SN 4	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]			
NP	1	20	0,0	-	0,0	-	0,0	-			
	2	-20	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1			
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			

Anlage 2

Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt (PM_{2,5})

Blatt 2 von 2

Hersteller		COMDE-DERENDA		Standards				Nullfilter				
Gerätetyp		APM-2										
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4										
				Durchgang 1			Durchgang 2			Durchgang 3		
SN 3	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]				
NP	1	20	0,0	-	0,0	-	0,0	-				
	2	-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
SN 4	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]				
NP	1	20	0,0	-	0,0	-	0,0	-				
	2	-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1				
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				

Anlage 3

Umgebungstemperaturabhängigkeit am Referenzpunkt

Blatt 1 von 1

Hersteller		Comde-Derenda		Standards			C3H8-Prüfgas			
Gerätetyp		APM-2								
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4								
		Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3				
SN 3	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert mV	Abw. [%]	Messwert mV	Abw. [%]	Messwert mV	Abw. [%]		
RP	1	20	335,4	-	336,0	-	339,3	-		
	2	-20	333,6	-0,5	335,7	-0,1	337,1	-0,6		
	3	20	348,2	3,8	347,6	3,5	342,0	0,8		
	4	50	335,1	-0,1	346,7	3,2	345,6	1,9		
	5	20	330,6	-1,4	330,6	-1,6	332,0	-2,2		
SN 4	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert mV	Abw. [%]	Messwert mV	Abw. [%]	Messwert mV	Abw. [%]		
RP	1	20	335,8	-	335,0	-	342,2	-		
	2	-20	333,8	-0,6	333,3	-0,5	331,0	-3,3		
	3	20	333,0	-0,8	332,6	-0,7	339,5	-0,8		
	4	50	334,9	-0,3	342,2	2,1	342,3	0,0		
	5	20	331,8	-1,2	339,0	1,2	338,1	-1,2		

Anlage 4

Netzspannungsabhängigkeit am Referenzpunkt

Blatt 1 von 1

Hersteller		Comde-Derenda		Standards			C3H8-Prüfgas			
Gerätetyp		APM-2								
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4								
		Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3				
SN 3	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]		
RP	1	230	361,5	-	365,0	-	362,9	-		
	2	210	365,2	1,0	365,9	0,3	364,6	0,5		
	3	230	366,6	1,4	368,1	0,8	367,9	1,4		
	4	245	367,8	1,7	368,3	0,9	367,8	1,3		
	5	230	367,9	1,8	367,0	0,5	365,9	0,8		
SN 4	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]		
RP	1	230	356,1	-	357,3	-	355,1	-		
	2	210	356,8	0,2	356,1	-0,3	353,2	-0,5		
	3	230	353,7	-0,7	353,9	-0,9	350,8	-1,2		
	4	245	351,5	-1,3	351,8	-1,5	351,5	-1,0		
	5	230	353,7	-0,7	351,8	-1,5	349,9	-1,5		

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution
Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten
Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21219977/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 1 von 22

Hersteller		Comde-Derenda									Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp		APM-2									Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4										
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
1	19.11.2012										Nullpunkt Nullpunkt Nullpunkt Audits	Köln, Winter
2	20.11.2012											
3	21.11.2012											
4	22.11.2012											
5	23.11.2012	15,3	15,1	19,6	19,6	77,8	14,1	15,3	17,0	19,2		
6	24.11.2012						12,5	13,6	15,1	17,2		
7	25.11.2012	5,1	5,8	10,8	10,4	51,1	4,0	4,1	5,8	7,1		
8	26.11.2012	6,1	6,9	11,0	11,6	57,4	6,2	6,8	8,1	9,5		
9	27.11.2012	10,9	11,5	18,5	17,6	62,0	10,3	11,2	12,6	14,6		
10	28.11.2012	23,3	23,5	29,0	29,1	80,5	20,5	21,7	23,9	26,3		
11	29.11.2012	9,0	9,3	14,2	14,4	64,0	9,4	9,9	11,0	12,3		
12	30.11.2012	17,8	19,3	24,5	24,3	76,0	18,1	19,7	20,6	23,6		
13	01.12.2012						13,2	14,1	14,8	16,3		
14	02.12.2012	10,0	11,0	14,8	14,6	71,2	10,5	11,0	12,1	13,4		
15	03.12.2012	8,8	9,0	14,1	14,4	62,2	9,4	10,0	11,3	13,0		
16	04.12.2012	8,3	7,6	11,6	11,6	68,3	8,1	8,4	9,6	10,6		
17	05.12.2012	8,7	8,5	12,1	12,5	69,8	8,9	9,3	10,3	11,5		
18	06.12.2012	9,5	10,3	16,5	16,1	60,7	10,6	11,6	12,2	14,4		
19	07.12.2012	13,0	12,8	15,4	15,4	83,8	13,6	14,6	15,8	17,6		
20	08.12.2012						31,5	33,5	34,5	38,0		
21	09.12.2012	5,5	5,8	10,1	8,9	59,5	6,2	6,4	7,9	8,9		
22	10.12.2012	10,6	11,2	14,5	13,5	77,5	11,2	11,7	12,7	14,1		
23	11.12.2012	17,3	17,7	23,6	22,8	75,4	16,3	17,2	18,5	20,7		
24	12.12.2012	18,2	18,5	24,7	24,2	75,1	16,1	17,2	18,0	20,5		
25	13.12.2012	23,4	23,7	29,3	28,2	82,0	22,4	24,4	24,2	27,8		
26	14.12.2012	7,3	6,7	8,9	8,8	79,5	7,6	8,1	8,6	9,4		
27	15.12.2012						3,8	4,1	5,1	5,9		
28	16.12.2012	5,4	5,9	9,7	9,5	58,9	6,2	6,6	7,9	9,0		
29	17.12.2012	6,8	7,2	13,7	13,4	51,9	7,1	7,8	9,6	11,3		
30	18.12.2012	12,9	13,3	20,1	20,5	64,5	13,4	14,4	16,3	18,7		

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 2 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
31	19.12.2012	13,4	13,3	18,3	18,0	73,7	13,1	13,6	14,8	16,4		Köln, Winter	
32	20.12.2012	11,6	11,6	14,1	13,6	83,8	11,7	12,1	13,0	14,0			
33	21.12.2012	11,7	10,8	18,1	17,8	62,7	13,2	14,2	16,1	18,1			
34	22.12.2012						4,0	4,2	5,3	5,8			
35	23.12.2012						3,5	3,8	4,9	5,7			
36	24.12.2012						6,3	7,1	8,7	10,1			
37	25.12.2012						1,8	2,2	2,8	3,5			
38	26.12.2012						3,2	3,5	5,6	6,5			
39	27.12.2012						8,1	8,8	12,7	14,6			
40	28.12.2012						4,8	5,2	6,1	6,5			
41	29.12.2012						3,6	4,0	4,8	5,3			
42	30.12.2012						3,3	3,6	5,9	6,5			
43	31.12.2012												
44	01.01.2013										Stromausfall		
45	02.01.2013	9,7	9,3	16,1	15,0	60,9	9,6	10,1	11,9	13,1	Stromausfall		
46	03.01.2013	11,9	13,1	19,4	18,6	65,6	12,1	12,8	15,9	17,2			
47	04.01.2013	9,5	9,9	13,8	13,0	72,5	9,5	9,9	11,6	12,2			
48	05.01.2013						14,3	15,2	17,4	19,0			
49	06.01.2013	26,7	26,6	37,5	37,4	71,3	23,4	25,2	28,9	31,9			
50	07.01.2013	17,6	19,4	24,6	25,0	74,5	15,8	16,8	18,7	20,5			
51	08.01.2013	13,6	14,7	19,6	20,1	71,4	13,2	13,9	15,5	17,1			
52	09.01.2013	11,6	13,3	18,9	19,7	64,5	11,8	12,3	14,6	16,5			
53	10.01.2013	13,6	14,7	21,9	21,5	65,1	12,8	13,6	15,8	17,9			
54	11.01.2013										Nullpunkt		
55	12.01.2013										Nullpunkt		
56	13.01.2013										Nullpunkt		
57	14.01.2013	24,9	24,8	28,4	29,4	86,0	22,7	23,8	25,5	27,9			
58	15.01.2013	33,4	33,8	36,3	37,1	91,5	31,2	32,6	34,7	37,9			
59	16.01.2013	58,5	58,4	63,7	63,3	92,0	44,8	46,8	52,4	57,1			
60	17.01.2013	55,4	56,2	60,2	59,8	93,0	43,3	45,1	49,9	54,1			

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 3 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.		
Gerätetyp APM-2														
Serien-Nr. SN 3 / SN 4														
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort		
61	18.01.2013	17,4	17,5	19,0	18,6	92,7	15,7	16,2	17,2	18,7	Ausreisser Ref PM10 - nicht verworfen	Köln, Winter		
62	19.01.2013	21,1	21,1	22,6	23,0	92,4	20,0	20,7	22,1	24,2				
63	20.01.2013	29,7	30,0	30,9	31,2	96,2	28,4	29,3	31,9	34,5				
64	21.01.2013	44,9	42,8	45,4	44,8	97,2	40,1	41,4	44,1	47,4				
65	22.01.2013	53,5	54,9			90,5	50,6	52,4	56,0	59,4				
66	23.01.2013	62,1	63,2	69,2	68,8	90,8	58,3	60,2	64,8	67,7				
67	24.01.2013	23,6	24,5	27,8	28,1	86,1	20,3	20,9	23,1	23,6				
68	25.01.2013	19,6	19,3	21,2	20,4	93,3	16,3	16,9	18,4	18,9				
69	26.01.2013	26,6	25,9	28,3	28,4	92,5	23,3	23,9	26,0	27,0				
70	27.01.2013	9,1	9,2	15,0	15,0	61,1	8,3	8,4	10,8	12,3				
71	28.01.2013	5,7	5,9	8,9	7,9	68,6	5,3	5,6	6,7	7,6				
72	29.01.2013	3,4	3,9	5,5	4,5	72,0	3,6	4,1	4,6	5,1				
73	30.01.2013	6,4	6,8	15,2	14,8	43,8	3,5	4,1	7,4	8,9				
74	31.01.2013	8,0	8,5	20,3	19,2	41,6	4,8	5,5	9,8	12,2				
75	01.02.2013	9,2	9,4	11,9	10,9	81,4	8,8	9,2	10,9	11,9				
76	02.02.2013						4,3	4,5	7,8	8,8				
77	03.02.2013						7,9	8,1	9,7	10,4				
78	04.02.2013						5,4	5,9	9,2	10,8				
79	05.02.2013												Nullpunkt	
80	06.02.2013												Nullpunkt	
81	27.02.2013										Nullpunkt	Bonn, Winter		
82	28.02.2013										Nullpunkt			
83	01.03.2013	24,9	23,0	36,3	36,7	65,6	20,8	21,8	27,0	30,0				
84	02.03.2013						25,1	26,1	31,7	35,4				
85	03.03.2013	22,1	23,2	29,3	29,8	76,6	19,1	20,0	22,7	24,9				
86	04.03.2013	19,6	20,5	28,2	28,7	70,2	16,3	17,4	20,3	22,9				
87	05.03.2013	28,4	27,7	40,2	39,9	70,1	23,9	25,6	29,4	32,7				
88	06.03.2013	25,8	24,5	39,3	39,7	63,8	21,1	22,6	26,8	30,3				
89	07.03.2013	28,0	28,3	39,5	39,5	71,2	25,6	27,6	31,5	35,1				
90	08.03.2013	28,8	27,0	35,4	34,8	79,5	27,0	28,8	32,0	34,8				

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 4 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
91	09.03.2013						9,9	10,7	12,3	13,5		Bonn, Winter	
92	10.03.2013	21,8	22,0	23,1	22,3	96,5	25,1	26,1	27,4	29,6			
93	11.03.2013	27,6	28,1	31,2	30,3	90,6	30,7	32,0	33,5	36,5			
94	12.03.2013	15,6	15,6	17,8	17,7	87,9	16,1	17,1	18,0	20,0			
95	13.03.2013	36,7	36,7	50,8	50,0	72,9	31,8	33,5	36,7	40,4			
96	14.03.2013	19,6	19,2	27,5	27,6	70,3	16,9	18,0	20,4	23,0			
97	15.03.2013	22,0	21,5	31,7	31,7	68,7	18,8	20,0	22,7	25,0			
98	16.03.2013						12,0	12,4	14,6	16,0			
99	17.03.2013	7,0	7,4	11,0	10,5	67,2	9,6	10,1	11,0	12,0			
100	18.03.2013	7,7	8,2	17,4	17,2	45,9	8,3	8,9	10,5	11,8			
101	19.03.2013	9,5	9,9	17,1	16,8	57,5	10,5	11,0	12,4	13,6			
102	20.03.2013	21,3	20,9	25,2	24,5	84,7	23,5	24,4	26,5	28,4			
103	21.03.2013	37,5	36,6	46,3	45,9	80,5	35,9	37,7	40,7	44,0			
104	22.03.2013	21,4	21,6	26,0	26,3	82,2	21,5	22,9	24,2	26,6			
105	23.03.2013						23,1	24,4	25,4	27,9			
106	24.03.2013	15,1	15,9	19,7	18,8	80,6	15,3	16,2	17,1	19,2			
107	25.03.2013	20,1	20,6	26,0	25,6	78,9	20,8	22,2	23,7	26,7			
108	26.03.2013	15,7	15,3	21,1	20,4	74,7	14,7	15,7	16,3	19,1			
109	27.03.2013	26,6	25,9	33,3	32,8	79,5	25,1	27,0	28,8	32,4			
110	28.03.2013						46,0	49,0	51,4	56,5			
111	29.03.2013	71,1	69,8	76,5	76,3	92,2	63,6	67,2	70,5	76,8			
112	30.03.2013										Nullpunkt		
113	31.03.2013										Nullpunkt		
114	01.04.2013										Nullpunkt		
115	02.04.2013	20,2	20,2	24,7	25,2	81,0	21,4	22,8	23,9	26,5			
116	03.04.2013	27,2	26,5	31,4	30,8	86,3	28,2	29,8	31,0	34,1			
117	04.04.2013	29,5	29,1	33,5	33,2	88,0	29,0	30,7	32,4	35,1			
118	05.04.2013	25,8	25,4	30,8	30,0	84,1	22,7	24,1	26,0	28,4			
119	06.04.2013						23,0	24,3	25,9	28,3			
120	07.04.2013	23,0	22,8	30,9	30,2	74,9	21,4	23,2	24,6	27,7			

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 5 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp APM-2													
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
121	08.04.2013	26,3	25,1	31,7	31,7	81,0	21,8	23,4	25,7	28,7		Bonn, Winter	
122	09.04.2013	16,5	16,5	21,6	21,0	77,4	14,6	15,5	17,0	18,6			
123	10.04.2013	12,2	12,2	17,9	17,8	68,4	10,6	11,3	12,8	13,9			
124	11.04.2013	9,4	8,8	15,9	15,7	57,4	7,1	7,6	9,4	9,8			
125	12.04.2013	6,2	6,3	10,4	10,4	60,4	4,6	4,9	6,6	7,1			
126	13.04.2013						5,6	5,9	7,8	8,2			
127	14.04.2013	7,2	6,9	11,9	11,1	61,4	5,0	5,4	7,0	7,6			
128	15.04.2013	18,5	16,8	31,2	30,2	57,3	14,3	15,2	20,6	22,3			
129	16.04.2013	12,7	11,2	21,1	20,7	57,2	10,1	10,5	13,6	14,4			
130	17.04.2013	9,9	9,8	19,5	19,7	50,2	6,6	6,8	10,1	10,8			
131	18.04.2013	9,4	8,7	21,4	21,5	42,2	5,6	5,9	9,9	10,8			
132	19.04.2013	10,3	10,3	21,0	20,8	49,4	8,4	8,8	12,0	12,9			
133	20.04.2013						9,6	10,1	12,7	13,8			
134	21.04.2013	24,4	23,0	36,7	37,6	63,8	16,9	18,1	23,3	25,6			
135	22.04.2013	31,0	29,4	44,7	43,9	68,3	24,1	25,7	30,8	33,9			
136	23.04.2013	11,0	10,4	18,2	18,8	57,6	8,5	8,9	11,4	12,1			
137	24.04.2013	14,3	12,7	24,2	24,4	55,6	11,0	11,7	15,0	16,3			
138	25.04.2013	13,8	12,1	23,3	23,6	55,3	10,4	10,9	14,5	15,8			
139	26.04.2013										Nullpunkt Nullpunkt Nullpunkt		
140	27.04.2013												
141	28.04.2013												
142	29.04.2013	14,3	12,9	20,6	21,4	64,9	10,7	11,1	14,0	15,0			
143	30.04.2013						13,0	13,8	17,1	18,5			
144	01.05.2013	16,9	18,2	21,4	22,2	80,7	15,9	16,9	19,3	20,8			
145	02.05.2013						16,0	16,9	20,0	21,7			
146	03.05.2013	23,2	23,4	33,7	34,4	68,5	21,4	22,7	27,5	30,1			
147	04.05.2013	20,2	19,7	30,1	30,6	65,7	16,8	17,7	21,5	23,3			
148	05.05.2013	9,6	9,3	14,0	14,8	65,4	7,5	8,0	9,6	10,2			
149	06.05.2013	14,5	15,0	23,3	22,9	63,9	12,9	13,7	16,5	18,1			
150	15.05.2013										Nullpunkt	Köln, Sommer	

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 6 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
151	16.05.2013										Nullpunkt SN4 keine Datenaufzeichnung Ursache unbekannt	Köln, Sommer	
152	17.05.2013	16,7	17,5	19,9	20,8	84,1	13,3	14,1	17,0	17,7			
153	18.05.2013						13,0	13,7	15,2	16,6			
154	19.05.2013						15,7	16,6	19,7	21,1			
155	20.05.2013	9,1	10,0	11,6	12,5	79,2	8,6	9,0	11,1	11,7			
156	21.05.2013	5,8	6,3	8,0	8,9	72,0	6,0	6,4	7,6	8,0			
157	22.05.2013	6,5	6,9	13,0	13,1	51,3	6,4	7,1	9,8	10,6			
158	23.05.2013	8,6	9,3	11,6	12,7	73,8	8,1	8,8	10,3	11,1			
159	24.05.2013	8,2	9,3	12,9	13,3	66,8	8,5		10,1				
160	25.05.2013						9,8		12,4				
161	26.05.2013	9,5	10,0	19,5	18,9	50,8	9,1		13,1				
162	27.05.2013	16,8	16,8	24,3	23,8	69,9	16,1	17,6	19,7	20,9			
163	28.05.2013	8,4	8,3	12,5	12,5	66,5	8,5	8,8	10,1	10,7			
164	29.05.2013						7,4	7,7	9,2	9,7			
165	30.05.2013						13,5	14,3	16,4	17,3			
166	31.05.2013						13,5	14,3	16,9	18,5			
167	01.06.2013						11,7	12,4	15,6	17,1			
168	02.06.2013	5,5	6,1	13,0	12,8	45,0	6,1	6,4	8,3	9,1			
169	03.06.2013	8,5	8,5	16,5	16,9	50,9	7,8	8,4	10,5	11,8			
170	04.06.2013	11,8	10,8	21,6	21,2	53,0	10,4	10,6	13,5	14,5			
171	05.06.2013	9,3	9,3	15,9	15,1	60,1	8,7	9,0	10,8	11,6			
172	06.06.2013	11,6	11,3	17,4	18,2	64,1	9,8	9,9	12,0	12,7			
173	07.06.2013	15,3	15,4	23,5	23,0	66,1	13,9	14,0	17,1	18,1			
174	08.06.2013						13,6	14,4	17,4	19,0			
175	09.06.2013	12,6	12,1	20,5	18,7	63,0	12,9	13,5	15,9	17,2			
176	10.06.2013	16,6	16,7	31,1	29,5	55,0	16,7	17,9	22,2	24,6			
177	11.06.2013	14,4	14,3	25,6	24,8	56,8	15,9	16,7	20,1	22,2			
178	12.06.2013	6,6	5,8	15,2	14,1	42,5	6,3	6,8	10,7	10,7			
179	13.06.2013	5,3	4,6	11,2	10,5	45,5	4,4	4,9	6,8	7,7			
180	14.06.2013	6,6	7,1	12,6	12,3	55,0	5,7	6,3	7,5	8,8			

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 7 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.		
Gerätetyp APM-2														
Serien-Nr. SN 3 / SN 4														
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort		
181	15.06.2013	5,7	5,8	12,7	12,9	45,0	4,9	5,5	6,9	8,2	Ref. PM2,5 - Stabilitätskriterien DIN EN 14907 nicht eingehalten	Köln, Sommer		
182	16.06.2013	8,1	8,0	18,3	17,6	44,9	6,8	7,5	9,3	10,8				
183	17.06.2013	13,3	13,3	23,3	22,1	58,4	11,5	12,3	14,8	16,7				
184	18.06.2013	16,9	16,7	26,9	26,1	63,5	16,6	17,7	21,4	24,1				
185	19.06.2013			46,8	45,1		33,0	35,7	40,6	45,6				
186	20.06.2013	7,9	8,1	14,2	13,2	58,6	11,5	12,5	14,9	16,7				
187	21.06.2013	4,7	4,9	8,5	8,3	57,5	5,3	5,7	6,6	7,4				
188	22.06.2013	4,0	4,7	5,3	5,1	83,9	3,3	3,7	4,2	4,8				
189	23.06.2013	4,9	5,5	7,7	7,6	68,6	3,9	4,4	5,5	6,4				
190	24.06.2013	9,8	11,1	16,2	15,7	65,3	9,4	9,9	12,0	13,3				
191	25.06.2013	6,8	7,4	11,2	12,3	60,5	6,1	6,8	8,3	9,4				
192	26.06.2013	9,6	10,0	14,4	13,7	69,8	8,9	9,3	10,9	11,6				
193	27.06.2013	9,8	9,8	14,4	13,7	69,7	9,3	10,0	11,6	12,7				
194	28.06.2013	9,7	10,5	12,3	13,2	79,1	10,6	11,7	13,1	14,2				
195	29.06.2013												Nullpunkt	
196	30.06.2013												Nullpunkt	
197	01.07.2013	8,9	10,6	17,1	16,7	57,8	9,6	10,1	12,0	13,3				
198	02.07.2013	7,8	8,6	13,9	13,1	60,8	8,7	9,0	10,3	11,0				
199	03.07.2013	5,6	6,9	11,8	11,8	53,2	6,0	6,5	8,3	9,3				
200	04.07.2013	7,8	9,2	15,6	14,8	56,1	9,2	9,6	11,1	12,1				
201	05.07.2013			23,8	23,1		15,0	16,0	18,6	20,6	Ausreisser Ref. PM2,5			
202	06.07.2013	13,1	14,5	18,1	17,6	77,4	14,0	14,3	16,3	17,3				
203	07.07.2013	11,3	13,1	16,5	16,4	74,2	10,8	11,0	12,3	13,1				
204	08.07.2013	12,3	13,2	18,1	18,2	70,2	10,7	11,5	12,9	14,3				
205	09.07.2013	13,6	14,7	23,5	23,4	60,3	11,2	12,1	14,9	16,8				
206	10.07.2013	10,1	9,6	18,4	17,8	54,4	8,5	8,7	11,5	12,5				
207	11.07.2013	17,5	17,9				17,2	18,6	22,1	24,5	Ausreisser Ref. PM10			
208	12.07.2013	16,8	16,8	28,9	26,8	60,3	16,0	17,1	20,5	22,9				
209	13.07.2013	19,5	19,5	26,6	24,9	75,9	18,3	19,5	21,5	23,4				
210	14.07.2013						17,0	18,2	20,3	22,6				

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 8 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
211	30.07.2013	6,5	6,6	13,7	13,1	49,0	4,9	4,7	7,6	7,7		Rodenkirchen, Sommer	
212	31.07.2013	6,6	6,6	12,0	12,3	54,1	6,0	5,4	8,0	7,7			
213	01.08.2013	8,5	8,6	14,4	15,2	57,7	7,5	6,8	9,6	9,4			
214	02.08.2013	12,0	12,9	20,8	22,9	56,9	10,3	9,9	13,4	13,4			
215	03.08.2013						7,9	7,4	9,9	9,8			
216	04.08.2013	7,1	9,2	14,1	15,0	55,7	7,1	6,6	9,0	8,8			
217	05.08.2013	10,3	10,4	20,2	22,3	48,6	8,8	7,9	12,1	11,6			
218	06.08.2013	9,2	8,7	18,5	19,0	47,6	8,5	7,9	11,2	10,9			
219	07.08.2013	8,8	8,9	15,0	15,1	59,0	9,1	8,7	11,5	11,3			
220	08.08.2013	11,1	10,5	18,8	18,5	58,1	10,4	10,5	12,8	13,1			
221	09.08.2013	10,7	10,6	18,7	19,1	56,3	10,1	10,1	12,9	13,0			
222	10.08.2013						8,1	8,2	10,8	11,1			
223	11.08.2013	4,9	4,9	12,6	12,3	39,5	5,7	5,7	7,7	7,7			
224	12.08.2013	8,0	7,7	18,6	17,6	43,4	7,1	7,3	9,8	10,0			
225	13.08.2013	7,3	6,8	16,5	17,1	41,7	6,9	6,7	9,7	9,8			
226	14.08.2013	9,6	9,0	23,1	24,9	38,8	8,2	7,9	12,1	12,4			
227	15.08.2013	8,5	8,7	19,2	18,6	45,6	8,3	8,2	11,3	11,7			
228	16.08.2013	11,5	11,5	22,2	22,5	51,4	9,9	9,4	13,2	13,3			
229	17.08.2013						6,6	5,7	8,5	7,9			
230	18.08.2013	4,6	5,0	10,7	10,1	46,1	4,5	4,4	6,9	6,9			
231	19.08.2013	6,4	7,1	14,1	14,0	48,3	6,7	6,6	9,0	9,2			
232	20.08.2013	10,7	11,4	19,5	18,9	57,6	11,0	10,6	13,4	13,5			
233	21.08.2013	12,0	12,4	18,8	18,0	66,4	13,1	12,6	15,5	15,6			
234	22.08.2013	15,6	16,0	25,4	25,7	61,9	16,4	16,0	20,3	20,4			
235	23.08.2013	13,6	14,5	22,9	23,0	61,3	15,2	14,8	18,5	18,6			
236	24.08.2013						19,7	19,2	24,9	24,7			
237	25.08.2013	23,4	23,6	32,7	31,0	73,6	20,3	20,4	28,6	29,6			
238	26.08.2013	10,8	10,9	19,2	19,3	56,4	10,6	10,6	13,4	13,9			
239	27.08.2013	12,7	12,5	22,0	20,8	58,8	12,6	12,4	15,7	16,4			
240	28.08.2013	14,1	13,5	22,9	23,5	59,5	15,9	15,7	19,9	20,8			

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 9 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp APM-2													
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
241	29.08.2013	16,3	17,1	26,7	27,2	61,9	18,9	18,4	23,3	23,8		Rodenkirchen, Sommer	
242	30.08.2013	16,6	16,2	27,5	29,5	57,7	17,8	17,4	21,9	22,6			
243	31.08.2013						7,9	8,0	11,5	12,5			
244	01.09.2013	9,7	7,5	18,9	19,6	44,5	6,1	6,2	9,0	10,0			
245	02.09.2013	10,1	9,5	21,2	23,1	44,3	8,4	8,4	11,6	13,0			
246	03.09.2013	13,8	12,3	23,1	24,4	55,0	12,4	12,2	15,7	16,6			
247	04.09.2013	8,9	8,5	14,5	15,3	58,2	9,6	9,2	11,2	11,3			
248	05.09.2013	11,2	10,2	16,2	19,0	60,8	9,5	8,6	11,4	11,1			
249	06.09.2013	19,3	18,5	30,7	33,2	59,1	17,7	16,9	22,0	22,6			
250	07.09.2013	16,6	15,5	24,2	24,9	65,6	14,5	14,3	18,4	19,2			
251	08.09.2013						12,1	13,5	14,6	16,7			
252	09.09.2013	6,7	6,8	11,1	11,7	59,3	5,7	6,7	7,3	8,4			
253	10.09.2013	6,5	6,3	10,9	11,1	58,3	6,1	6,4	7,5	7,8			
254	11.09.2013						10,0	10,0	12,1	12,7			
255	12.09.2013	15,1	13,6	23,0	24,0	60,9	11,8	11,7	14,3	15,3			
256	13.09.2013	8,3	8,4	14,4	14,5	57,6	7,9	7,5	9,4	9,5			
257	14.09.2013						4,1	4,0	5,9	6,3			
258	15.09.2013	6,9	6,8	14,7	15,3	45,5	5,4	5,0	7,3	7,4			
259	16.09.2013	6,6	6,6	14,5	14,6	45,4	4,5	4,3	6,8	7,0			
260	17.09.2013	6,1	6,2	12,4	12,8	48,8	4,6	4,4	6,7	7,0			
261	18.09.2013	13,5	12,4	21,7	22,5	58,4	10,3	10,0	12,8	13,3			
262	19.09.2013	8,3	8,8	16,4	17,8	50,0	6,9	6,6	9,1	9,3			
263	20.09.2013	9,4	9,6	20,7	20,7	45,9	8,2	8,1	10,6	11,3			
264	21.09.2013										Nullpunkt		
265	13.01.2014	12,9	13,6	18,2	18,9	71,5	13,3	12,6	17,2	15,7		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	
266	14.01.2014	10,8	11,2	15,5	15,0	72,3	12,5	11,8	15,0	14,1			
267	15.01.2014	5,5	5,7	8,0	8,7	66,9	9,1	7,9	10,4	9,0			
268	16.01.2014	3,1	3,6	6,4	7,1	50,0	6,8	5,5	9,6	7,8			
269	17.01.2014	4,6	5,2	8,9	8,6	56,0	7,3	5,8	9,4	8,2			
270	18.01.2014						12,3	11,5	13,8	12,9			

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 10 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp APM-2													
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
271	19.01.2014	14,5	14,2	16,8	17,3	84,2	17,3	15,7	19,6	17,7		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	
272	20.01.2014	15,6	15,3	18,9	19,9	79,7	18,4	16,9	22,9	20,4			
273	21.01.2014	24,2	24,6	30,8	31,1	78,7	22,9	22,5	30,1	27,8			
274	22.01.2014	18,4	18,8	23,0	23,5	80,0	19,6	18,8	24,5	22,2			
275	23.01.2014	10,9	11,4	15,2	16,3	70,9	12,1	11,8	15,7	16,3			
276	24.01.2014	18,7	19,3	28,1	28,9	66,6	19,7	19,7	27,5	28,9			
277	25.01.2014						11,2	10,3	15,1	15,1			
278	26.01.2014	4,4	4,4	11,4	12,0	37,8	6,0	5,5	11,5	11,6			
279	27.01.2014	2,9	3,5	6,7	7,1	46,7	5,8	4,3	8,1	7,3			
280	28.01.2014	6,3	6,7	10,9	10,6	60,4	8,3	7,7	10,6	10,6			
281	29.01.2014	16,0	16,6	19,2	19,7	83,8	16,3	16,2	19,3	20,1			
282	30.01.2014	35,7	36,0	41,6	42,3	85,4	36,7	36,9	43,3	45,1			
283	31.01.2014	29,8	29,0	35,0	34,9	84,1	29,4	29,5	35,0	36,5			
284	01.02.2014						8,5	7,0	9,7	8,7			
285	02.02.2014	8,6	7,9	18,1	17,5	46,3	9,6	9,1	17,6	18,0			
286	03.02.2014	18,7	18,0	22,0	21,5	84,5	18,7	18,7	22,2	23,2			
287	04.02.2014						13,8	13,3	17,3	17,3			
288	05.02.2014	4,4	3,4	8,0	8,2	48,6	6,5	5,8	8,9	8,7			
289	06.02.2014	2,9	3,1	9,8	9,1	32,0	5,6	3,8	9,0	8,1			
290	07.02.2014										Nullpunkt		
291	08.02.2014										Nullpunkt		
292	09.02.2014										Nullpunkt		
293	10.02.2014	9,8	8,8	12,9	13,1	71,4	10,9	10,2	13,6	13,6			
294	11.02.2014	4,5	3,8	9,6	8,0	47,6	6,1	5,0	8,3	7,9			
295	12.02.2014	4,5	3,8	8,2	7,9	51,3	5,7	4,3	9,0	8,1			
296	13.02.2014	4,8	4,3	10,3	10,0	44,8	5,7	4,9	9,4	9,2			
297	14.02.2014						4,8	4,5	7,3	7,5			
298	15.02.2014						4,9	3,4	7,5	6,9			
299	16.02.2014	5,2	4,9	8,8	9,2	56,2	6,5	5,7	9,3	9,1			
300	17.02.2014	8,0	7,0	12,7	12,5	59,7	9,1	8,6	12,5	12,3			

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 11 von 22

Hersteller Comde-Derenda											Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp APM-2												
Serien-Nr. SN 3 / SN 4												
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
301	18.02.2014	14,5	13,8	19,8	19,6	71,7	14,9	14,0	19,9	19,7	Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	
302	19.02.2014	9,6	8,9	13,2	14,2	67,4	11,1	10,6	13,6	13,7		
303	20.02.2014	4,3	4,4	6,6	6,2	67,5	6,7	6,4	8,0	8,1		
304	21.02.2014	4,8	5,0	7,8	7,8	63,2	7,3	6,6	9,7	9,1		
305	22.02.2014	4,2	5,0	4,7	5,4	90,9	7,0	5,8	7,8	6,9		
306	23.02.2014	5,6	6,6	7,1	7,0	87,0	7,7	7,4	8,5	8,6		
307	24.02.2014	9,3	9,3	13,7	12,7	70,6	9,5	8,7	12,6	12,5		
308	25.02.2014	9,0	8,6	12,8	12,1	70,5	9,1	8,9	11,6	12,0		
309	26.02.2014	11,3	11,3	19,4	17,3	61,7	12,0	11,0	17,8	17,4		
310	27.02.2014	7,5	8,2	12,0	10,4	70,3	8,6	8,1	11,9	12,1		
311	28.02.2014	7,7	7,3	10,3	9,9	74,3	8,3	7,7	10,5	10,4		
312	01.03.2014	12,1	12,4	14,7	14,7	83,5	13,2	12,5	15,7	15,8		
313	02.03.2014	16,8	16,9	18,3	19,6	88,6	16,0	16,1	18,7	19,5		
314	03.03.2014	6,8	6,9	9,9	11,8	63,0	9,1	8,5	11,2	11,3		
315	04.03.2014	19,5	17,6	25,6	24,3	74,4	19,3	18,8	24,8	25,2		
316	05.03.2014	30,8	31,2	43,5	43,7	71,0	28,2	27,7	41,4	42,0		
317	06.03.2014	36,5	35,6	44,2	43,5	82,2	29,4	29,5	38,1	39,7		
318	07.03.2014	43,6	44,0	56,7	55,5	78,0	37,1	38,4	48,9	50,9		
319	08.03.2014	42,8	41,4	49,7	50,0	84,4	34,1	33,8	42,7	44,1		
320	09.03.2014	23,2	21,4	28,1	27,2	80,7	19,2	18,7	26,4	26,4		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 12 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2										Messwerte in µg/m ³ i.N.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4											
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort	
1	19.11.2012	-	-						Nullpunkt Nullpunkt Nullpunkt Audits	Köln, Winter	
2	20.11.2012	-	-								
3	21.11.2012	-	-								
4	22.11.2012	-	-								
5	23.11.2012	-	-	20,2	20,3	-	17,6	19,9			
6	24.11.2012	-	-			-	15,9	18,1			
7	25.11.2012	-	-	11,2	10,9	-	6,1	7,4			
8	26.11.2012	-	-	11,5	12,2	-	8,5	10,0			
9	27.11.2012	-	-	19,2	18,4	-	13,2	15,3			
10	28.11.2012	-	-	30,0	30,2	-	24,9	27,5			
11	29.11.2012	-	-	14,6	14,8	-	11,3	12,8			
12	30.11.2012	-	-	24,7	24,7	-	21,0	24,1			
13	01.12.2012	-	-			-	15,1	16,7			
14	02.12.2012	-	-	15,1	15,0	-	12,3	13,7			
15	03.12.2012	-	-	14,5	14,8	-	11,6	13,5			
16	04.12.2012	-	-	12,0	12,1	-	10,0	11,1			
17	05.12.2012	-	-	12,3	12,8	-	10,5	11,8			
18	06.12.2012	-	-	16,7	16,3	-	12,4	14,6			
19	07.12.2012	-	-	15,4	15,5	-	15,9	17,7			
20	08.12.2012	-	-			-	34,1	37,6			
21	09.12.2012	-	-	10,4	9,1	-	8,1	9,2			
22	10.12.2012	-	-	14,6	13,7	-	12,9	14,3			
23	11.12.2012	-	-	23,4	22,7	-	18,4	20,7			
24	12.12.2012	-	-	24,6	24,3	-	18,1	20,6			
25	13.12.2012	-	-	29,7	28,7	-	24,7	28,4			
26	14.12.2012	-	-	9,3	9,2	-	9,1	10,0			
27	15.12.2012	-	-			-	5,4	6,2			
28	16.12.2012	-	-	10,1	9,9	-	8,3	9,4			
29	17.12.2012	-	-	14,2	13,9	-	10,0	11,9			
30	18.12.2012	-	-	20,5	21,0	-	16,8	19,2			

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 13 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5
Gerätetyp APM-2										Messwerte in µg/m³ i.N.
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
31	19.12.2012	-	-	18,5	18,3	-	15,1	16,7		Köln, Winter
32	20.12.2012	-	-	14,3	13,9	-	13,3	14,3		
33	21.12.2012	-	-	18,5	18,4	-	16,6	18,7		
34	22.12.2012	-	-			-	5,5	6,0		
35	23.12.2012	-	-			-	5,2	6,0		
36	24.12.2012	-	-			-	9,2	10,8		
37	25.12.2012	-	-			-	2,9	3,7		
38	26.12.2012	-	-			-	5,9	6,8		
39	27.12.2012	-	-			-	13,2	15,2		
40	28.12.2012	-	-			-	6,3	6,8		
41	29.12.2012	-	-			-	5,0	5,5		
42	30.12.2012	-	-			-	6,1	6,8		
43	31.12.2012	-	-			-			Stromausfall	
44	01.01.2013	-	-			-			Stromausfall	
45	02.01.2013	-	-	16,4	15,3	-	12,2	13,4		
46	03.01.2013	-	-	19,8	19,1	-	16,3	17,7		
47	04.01.2013	-	-	14,0	13,3	-	11,8	12,5		
48	05.01.2013	-	-			-	17,7	19,4		
49	06.01.2013	-	-	38,2	38,4	-	29,6	32,7		
50	07.01.2013	-	-	25,0	25,7	-	19,1	21,1		
51	08.01.2013	-	-	20,0	20,6	-	15,9	17,5		
52	09.01.2013	-	-	19,2	20,2	-	15,0	16,9		
53	10.01.2013	-	-	22,3	22,0	-	16,2	18,4		
54	11.01.2013	-	-			-			Nullpunkt	
55	12.01.2013	-	-			-			Nullpunkt	
56	13.01.2013	-	-			-			Nullpunkt	
57	14.01.2013	-	-	28,4	29,5	-	25,6	28,0		
58	15.01.2013	-	-	36,5	37,6	-	35,1	38,4		
59	16.01.2013	-	-	63,6	63,6	-	52,5	57,4		
60	17.01.2013	-	-	59,9	59,9	-	49,9	54,2		

Anlage 5
PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]
Blatt 14 von 22

Hersteller		Comde-Derenda								Schwebstaub PM10 und PM2,5		
Gerätetyp		APM-2								Messwerte in µg/m³ i.N.		
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort		
61	18.01.2013	-	-	19,2	18,9	-	17,5	19,0	Ausreisser Ref PM10 - nicht verworfen	Köln, Winter		
62	19.01.2013	-	-	22,9	23,4	-	22,5	24,6				
63	20.01.2013	-	-	31,5	32,0	-	32,8	35,5				
64	21.01.2013	-	-	45,8	45,8	-	45,2	48,7				
65	22.01.2013	-	-	-	-	-	57,2	60,6				
66	23.01.2013	-	-	69,6	69,6	-	65,6	68,7				
67	24.01.2013	-	-	27,7	28,1	-	23,1	23,7				
68	25.01.2013	-	-	-	-	-	18,4	19,0				
69	26.01.2013	-	-	28,5	28,7	-	26,3	27,4				
70	27.01.2013	-	-	15,3	15,4	-	11,1	12,6				
71	28.01.2013	-	-	9,2	8,2	-	6,9	7,9				
72	29.01.2013	-	-	5,8	4,8	-	4,8	5,4				
73	30.01.2013	-	-	15,8	15,6	-	7,7	9,3				
74	31.01.2013	-	-	21,0	20,0	-	10,2	12,7				
75	01.02.2013	-	-	-	-	-	11,4	12,5				
76	02.02.2013	-	-	-	-	-	8,0	9,0				
77	03.02.2013	-	-	-	-	-	10,0	10,7				
78	04.02.2013	-	-	-	-	-	9,6	11,3				
79	05.02.2013	-	-	-	-	-	-	-			Nullpunkt	Bonn, Winter
80	06.02.2013	-	-	-	-	-	-	-			Nullpunkt	
81	27.02.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt			
82	28.02.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt			
83	01.03.2013	-	-	36,6	37,1	-	27,3	30,4				
84	02.03.2013	-	-	-	-	-	32,0	35,8				
85	03.03.2013	-	-	29,5	30,2	-	23,0	25,2				
86	04.03.2013	-	-	28,9	29,7	-	20,9	23,6				
87	05.03.2013	-	-	41,8	41,8	-	30,8	34,3				
88	06.03.2013	-	-	41,5	42,3	-	28,6	32,4				
89	07.03.2013	-	-	41,9	42,3	-	33,9	37,7				
90	08.03.2013	-	-	37,8	37,4	-	34,6	37,6				

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 15 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5
Gerätetyp APM-2										Messwerte in µg/m³ i.N.
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
91	09.03.2013	-	-	-	-	-	13,1	14,4		Bonn, Winter
92	10.03.2013	-	-	23,6	22,9	-	28,2	30,5		
93	11.03.2013	-	-	31,5	30,8	-	34,0	37,1		
94	12.03.2013	-	-	17,9	17,9	-	18,2	20,2		
95	13.03.2013	-	-	51,3	50,9	-	37,2	41,0		
96	14.03.2013	-	-	27,5	27,9	-	20,5	23,2		
97	15.03.2013	-	-	32,0	32,3	-	23,1	25,5		
98	16.03.2013	-	-	-	-	-	15,1	16,6		
99	17.03.2013	-	-	11,4	11,0	-	11,5	12,6		
100	18.03.2013	-	-	18,2	18,1	-	11,1	12,5		
101	19.03.2013	-	-	17,7	17,5	-	13,0	14,2		
102	20.03.2013	-	-	25,8	25,2	-	27,2	29,1		
103	21.03.2013	-	-	46,4	46,3	-	41,0	44,4		
104	22.03.2013	-	-	26,4	26,8	-	24,7	27,1		
105	23.03.2013	-	-	-	-	-	25,7	28,3		
106	24.03.2013	-	-	19,9	19,1	-	17,3	19,5		
107	25.03.2013	-	-	26,2	25,9	-	24,0	27,1		
108	26.03.2013	-	-	21,4	20,8	-	16,6	19,5		
109	27.03.2013	-	-	33,9	33,6	-	29,5	33,2		
110	28.03.2013	-	-	-	-	-	52,9	58,1		
111	29.03.2013	-	-	78,1	77,4	-	71,8	78,4		
112	30.03.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
113	31.03.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
114	01.04.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
115	02.04.2013	-	-	25,2	25,8	-	24,5	27,2		
116	03.04.2013	-	-	31,9	31,5	-	31,7	34,8		
117	04.04.2013	-	-	34,3	34,2	-	33,4	36,2		
118	05.04.2013	-	-	31,5	30,8	-	26,7	29,1		
119	06.04.2013	-	-	-	-	-	26,3	28,8		
120	07.04.2013	-	-	31,7	31,2	-	25,4	28,6		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 16 von 22

Hersteller Comde-Derenda									Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2									Messwerte in µg/m ³ i.N.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort
121	08.04.2013	-	-	32,9	33,1	-	26,9	30,0		Bonn, Winter
122	09.04.2013	-	-	22,6	22,2	-	18,0	19,7		
123	10.04.2013	-	-	18,7	18,8	-	13,6	14,7		
124	11.04.2013	-	-	16,9	16,9	-	10,1	10,6		
125	12.04.2013	-	-	11,0	11,1	-	7,0	7,5		
126	13.04.2013	-	-	-	-	-	8,2	8,7		
127	14.04.2013	-	-	12,6	11,9	-	7,5	8,2		
128	15.04.2013	-	-	33,0	32,3	-	22,1	23,9		
129	16.04.2013	-	-	22,4	22,2	-	14,6	15,5		
130	17.04.2013	-	-	20,9	21,2	-	10,9	11,7		
131	18.04.2013	-	-	22,6	22,9	-	10,6	11,5		
132	19.04.2013	-	-	21,7	21,7	-	12,5	13,4		
133	20.04.2013	-	-	-	-	-	13,2	14,2		
134	21.04.2013	-	-	38,2	39,4	-	24,4	26,8		
135	22.04.2013	-	-	46,8	46,4	-	32,6	35,8		
136	23.04.2013	-	-	19,0	19,8	-	12,0	12,8		
137	24.04.2013	-	-	25,7	26,0	-	16,0	17,4		
138	25.04.2013	-	-	24,9	25,4	-	15,7	17,1		
139	26.04.2013	-	-	-	-	-	-	-		
140	27.04.2013	-	-	-	-	-	-	-		
141	28.04.2013	-	-	-	-	-	-	-		
142	29.04.2013	-	-	21,5	22,6	-	14,7	15,8		
143	30.04.2013	-	-	-	-	-	17,9	19,3		
144	01.05.2013	-	-	22,4	23,4	-	20,4	22,0		
145	02.05.2013	-	-	-	-	-	21,4	23,2		
146	03.05.2013	-	-	35,6	36,7	-	29,4	32,2		
147	04.05.2013	-	-	31,7	32,5	-	22,9	24,8		
148	05.05.2013	-	-	14,8	15,7	-	10,2	10,8		
149	06.05.2013	-	-	24,9	24,7	-	17,9	19,6		
150	15.05.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	Köln, Sommer

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 17 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5
Gerätetyp APM-2										Messwerte in µg/m³ i.N.
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
151	16.05.2013	-	-			-			Nullpunkt	Köln, Sommer
152	17.05.2013	-	-	20,9	21,9	-	18,0	18,8		
153	18.05.2013	-	-			-	16,2	17,7		
154	19.05.2013	-	-			-	21,4	23,0		
155	20.05.2013	-	-	12,2	13,2	-	11,8	12,4		
156	21.05.2013	-	-	8,4	9,4	-	8,0	8,6		
157	22.05.2013	-	-	13,5	13,7	-	10,3	11,0		
158	23.05.2013	-	-	12,0	13,1	-	10,8	11,6		
159	24.05.2013	-	-	13,4	13,8	-	10,6			
160	25.05.2013	-	-			-	13,1			
161	26.05.2013	-	-	20,3	19,8	-	13,7			
162	27.05.2013	-	-	25,8	25,3	-	21,1	22,5		
163	28.05.2013	-	-	13,6	13,5	-	11,1	11,8		
164	29.05.2013	-	-			-	9,7	10,3		
165	30.05.2013	-	-			-	17,6	18,6		
166	31.05.2013	-	-			-	18,2	19,9		
167	01.06.2013	-	-			-	16,4	17,9		
168	02.06.2013	-	-	13,6	13,4	-	8,7	9,5		
169	03.06.2013	-	-	17,2	17,6	-	11,0	12,3		
170	04.06.2013	-	-	22,9	22,4	-	14,4	15,5		
171	05.06.2013	-	-	17,1	16,2	-	11,7	12,6		
172	06.06.2013	-	-	18,8	19,6	-	13,1	13,8		
173	07.06.2013	-	-	25,5	24,9	-	18,8	19,8		
174	08.06.2013	-	-			-	19,1	20,8		
175	09.06.2013	-	-	21,8	20,0	-	17,1	18,5		
176	10.06.2013	-	-	33,0	31,3	-	23,7	26,3		
177	11.06.2013	-	-	27,6	26,7	-	21,8	24,0		
178	12.06.2013	-	-	16,4	15,2	-	11,7	11,7		
179	13.06.2013	-	-	11,9	11,2	-	7,3	8,3		
180	14.06.2013	-	-	13,4	13,0	-	8,0	9,4		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 18 von 22

Hersteller		Comde-Derenda						Schwebstaub PM10 und PM2,5				
Gerätetyp		APM-2						Messwerte in µg/m ³ i.N.				
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort		
181	15.06.2013	-	-	13,5	13,8	-	7,4	8,8	Ref. PM2,5 - Stabilitätskriterien DIN EN 14907 nicht eingehalten	Köln, Sommer		
182	16.06.2013	-	-	19,6	18,8	-	10,1	11,6				
183	17.06.2013	-	-	25,5	24,2	-	16,4	18,4				
184	18.06.2013	-	-	29,9	28,8	-	24,0	27,0				
185	19.06.2013	-	-	51,9	49,8	-	45,5	51,1				
186	20.06.2013	-	-	15,4	14,3	-	16,2	18,2				
187	21.06.2013	-	-	9,0	8,9	-	7,2	8,0				
188	22.06.2013	-	-	5,7	5,5	-	4,6	5,2				
189	23.06.2013	-	-	8,2	8,1	-	5,9	6,8				
190	24.06.2013	-	-	17,0	16,5	-	12,7	14,0				
191	25.06.2013	-	-	11,6	12,8	-	8,6	9,8				
192	26.06.2013	-	-	15,0	14,4	-	11,4	12,2				
193	27.06.2013	-	-	15,1	14,3	-	12,1	13,4				
194	28.06.2013	-	-	12,9	14,0	-	13,8	15,0				
195	29.06.2013	-	-	-	-	-	-	-			Nullpunkt Nullpunkt	
196	30.06.2013	-	-	-	-	-	-	-				
197	01.07.2013	-	-	18,4	17,9	-	13,0	14,4				
198	02.07.2013	-	-	15,2	14,2	-	11,4	12,1				
199	03.07.2013	-	-	12,6	12,6	-	8,9	10,0				
200	04.07.2013	-	-	16,7	15,9	-	12,0	13,1				
201	05.07.2013	-	-	25,4	24,6	-	19,9	22,0	Ausreisser Ref. PM2,5			
202	06.07.2013	-	-	19,4	18,9	-	17,7	18,8				
203	07.07.2013	-	-	17,7	17,6	-	13,4	14,2				
204	08.07.2013	-	-	19,5	19,6	-	14,0	15,6				
205	09.07.2013	-	-	25,5	25,3	-	16,3	18,3				
206	10.07.2013	-	-	19,6	19,0	-	12,4	13,5				
207	11.07.2013	-	-	-	-	-	23,4	26,0	Ausreisser Ref. PM10			
208	12.07.2013	-	-	30,6	28,4	-	21,9	24,4				
209	13.07.2013	-	-	28,3	26,4	-	23,0	25,0				
210	14.07.2013	-	-	-	-	-	21,8	24,3				

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution
Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten
Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21219977/A

Seite 229 von 300

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 19 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.N.
Gerätetyp APM-2										
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
211	30.07.2013	-	-	14,7	14,1	-	8,2	8,3		Rodenkirchen, Sommer
212	31.07.2013	-	-	12,9	13,2	-	8,7	8,4		
213	01.08.2013	-	-	15,8	16,6	-	10,6	10,4		
214	02.08.2013	-	-	23,2	25,3	-	15,1	15,0		
215	03.08.2013	-	-	-	-	-	10,7	10,7		
216	04.08.2013	-	-	15,3	16,1	-	9,8	9,6		
217	05.08.2013	-	-	22,3	24,4	-	13,4	12,8		
218	06.08.2013	-	-	20,1	20,6	-	12,2	11,9		
219	07.08.2013	-	-	16,2	16,3	-	12,4	12,3		
220	08.08.2013	-	-	20,0	19,6	-	13,7	14,0		
221	09.08.2013	-	-	20,0	20,4	-	13,9	14,0		
222	10.08.2013	-	-	-	-	-	11,5	11,8		
223	11.08.2013	-	-	13,5	13,2	-	8,3	8,3		
224	12.08.2013	-	-	20,0	18,8	-	10,5	10,8		
225	13.08.2013	-	-	17,5	18,0	-	10,3	10,4		
226	14.08.2013	-	-	24,4	26,3	-	12,8	13,1		
227	15.08.2013	-	-	20,5	19,9	-	12,2	12,6		
228	16.08.2013	-	-	24,2	24,3	-	14,4	14,5		
229	17.08.2013	-	-	-	-	-	9,3	8,6		
230	18.08.2013	-	-	11,5	10,9	-	7,5	7,5		
231	19.08.2013	-	-	14,9	14,8	-	9,5	9,8		
232	20.08.2013	-	-	20,4	19,8	-	14,4	14,2		
233	21.08.2013	-	-	19,9	19,0	-	17,0	16,6		
234	22.08.2013	-	-	27,3	27,5	-	21,9	22,1		
235	23.08.2013	-	-	24,8	24,8	-	20,1	20,2		
236	24.08.2013	-	-	-	-	-	26,9	26,6		
237	25.08.2013	-	-	34,8	33,1	-	30,6	31,8		
238	26.08.2013	-	-	20,5	20,6	-	14,3	14,9		
239	27.08.2013	-	-	23,5	22,2	-	17,9	17,6		
240	28.08.2013	-	-	24,3	24,9	-	22,8	22,2		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 20 von 22

Hersteller Comde-Derenda									Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2									Messwerte in µg/m ³ i.N.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort
241	29.08.2013	-	-	28,5	28,9	-	26,8	25,5		Rodenkirchen, Sommer
242	30.08.2013	-	-	29,3	31,4	-	23,8	24,3		
243	31.08.2013	-	-	-	-	-	12,2	13,2		
244	01.09.2013	-	-	19,9	20,7	-	9,5	10,6		
245	02.09.2013	-	-	22,6	24,4	-	12,4	13,8		
246	03.09.2013	-	-	24,5	25,8	-	18,2	17,7		
247	04.09.2013	-	-	15,6	16,4	-	12,2	12,3		
248	05.09.2013	-	-	17,8	20,8	-	12,6	12,3		
249	06.09.2013	-	-	33,6	36,2	-	24,3	24,9		
250	07.09.2013	-	-	25,7	26,6	-	22,1	20,6		
251	08.09.2013	-	-	-	-	-	19,5	17,6		
252	09.09.2013	-	-	11,7	12,4	-	8,9	9,0		
253	10.09.2013	-	-	11,5	11,8	-	9,2	8,3		
254	11.09.2013	-	-	-	-	-	14,8	13,5		
255	12.09.2013	-	-	24,3	25,3	-	18,8	16,3		
256	13.09.2013	-	-	15,3	15,5	-	11,1	10,2		
257	14.09.2013	-	-	-	-	-	7,3	6,8		
258	15.09.2013	-	-	15,6	16,3	-	9,1	8,0		
259	16.09.2013	-	-	15,3	15,5	-	8,1	7,4		
260	17.09.2013	-	-	13,2	13,7	-	8,9	7,5		
261	18.09.2013	-	-	23,0	23,9	-	18,3	14,2		
262	19.09.2013	-	-	17,4	18,9	-	10,9	9,9		
263	20.09.2013	-	-	21,8	21,8	-	13,1	11,9		
264	21.09.2013	-	-	-	-	-	-	-		
265	13.01.2014	-	-	18,8	19,3	-	17,8	16,3		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne
266	14.01.2014	-	-	16,0	15,3	-	15,6	14,6		
267	15.01.2014	-	-	8,3	8,9	-	10,7	9,4		
268	16.01.2014	-	-	6,7	7,3	-	10,1	8,2		
269	17.01.2014	-	-	9,4	8,9	-	9,9	8,6		
270	18.01.2014	-	-	-	-	-	14,5	13,5		

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution
Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten
Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21219977/A

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 21 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5
Gerätetyp APM-2										Messwerte in µg/m³ i.N.
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
271	19.01.2014	-	-	17,5	17,7	-	20,5	18,4		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne
272	20.01.2014	-	-	19,4	20,2	-	23,5	21,0		
273	21.01.2014	-	-	31,5	31,4	-	30,8	28,5		
274	22.01.2014	-	-	23,3	23,5	-	24,9	22,6		
275	23.01.2014	-	-	15,5	16,4	-	16,1	16,6		
276	24.01.2014	-	-	28,6	29,0	-	28,0	29,5		
277	25.01.2014	-	-	-	-	-	15,5	15,5		
278	26.01.2014	-	-	11,8	12,3	-	12,0	12,1		
279	27.01.2014	-	-	6,9	7,2	-	8,4	7,6		
280	28.01.2014	-	-	11,3	10,8	-	11,0	11,0		
281	29.01.2014	-	-	19,7	20,0	-	19,8	20,6		
282	30.01.2014	-	-	42,5	42,7	-	44,4	46,2		
283	31.01.2014	-	-	36,3	35,8	-	36,5	37,9		
284	01.02.2014	-	-	-	-	-	10,1	9,0		
285	02.02.2014	-	-	18,5	17,6	-	18,0	18,4		
286	03.02.2014	-	-	22,6	21,9	-	22,9	23,9		
287	04.02.2014	-	-	-	-	-	17,9	18,0		
288	05.02.2014	-	-	8,3	8,5	-	9,3	9,2		
289	06.02.2014	-	-	10,3	9,5	-	9,6	8,6		
290	07.02.2014	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
291	08.02.2014	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
292	09.02.2014	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
293	10.02.2014	-	-	13,5	13,5	-	14,3	14,2		
294	11.02.2014	-	-	10,0	8,2	-	8,7	8,2		
295	12.02.2014	-	-	8,6	8,1	-	9,4	8,5		
296	13.02.2014	-	-	10,7	10,2	-	9,8	9,6		
297	14.02.2014	-	-	-	-	-	7,7	7,9		
298	15.02.2014	-	-	-	-	-	8,0	7,3		
299	16.02.2014	-	-	9,1	9,4	-	9,7	9,4		
300	17.02.2014	-	-	13,0	12,7	-	12,9	12,8		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 22 von 22

Hersteller Comde-Derenda									Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2									Messwerte in µg/m³ i.N.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
301	18.02.2014	-	-	20,5	20,1	-	20,7	20,5		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne
302	19.02.2014	-	-	13,6	14,8	-	14,2	14,3		
303	20.02.2014	-	-	6,9	6,4	-	8,5	8,5		
304	21.02.2014	-	-	8,0	7,9	-	10,0	9,4		
305	22.02.2014	-	-	4,8	5,5	-	8,0	7,1		
306	23.02.2014	-	-	7,3	7,1	-	8,7	8,9		
307	24.02.2014	-	-	14,2	13,2	-	13,2	13,1		
308	25.02.2014	-	-	13,4	12,5	-	12,1	12,6		
309	26.02.2014	-	-	19,9	17,6	-	18,3	17,9		
310	27.02.2014	-	-	12,4	10,6	-	12,3	12,5		
311	28.02.2014	-	-	10,8	10,2	-	11,0	10,9		
312	01.03.2014	-	-	15,3	15,0	-	16,4	16,5		
313	02.03.2014	-	-	19,1	20,3	-	19,6	20,5		
314	03.03.2014	-	-	10,4	12,3	-	11,8	11,9		
315	04.03.2014	-	-	26,5	25,0	-	25,9	26,3		
316	05.03.2014	-	-	44,0	43,7	-	41,9	42,5		
317	06.03.2014	-	-	45,0	43,8	-	38,9	40,6		
318	07.03.2014	-	-	58,4	56,7	-	50,6	52,6		
319	08.03.2014	-	-	51,3	51,2	-	44,2	45,7		
320	09.03.2014	-	-	29,1	27,9	-	27,4	27,5		

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 1 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
1	19.11.2012	Köln, Winter	keine Wetterdaten vorhanden						
2	20.11.2012								
3	21.11.2012								
4	22.11.2012		8,2	1013	79,5	0,6	150	0,0	
5	23.11.2012		8,5	1010	88,3	0,1	147	9,3	
6	24.11.2012		11,6	1005	78,5	0,9	156	0,3	
7	25.11.2012		8,8	1004	70,3	1,4	161	0,3	
8	26.11.2012		8,9	997	83,3	0,3	150	5,9	
9	27.11.2012		7,5	998	81,2	0,1	125	0,3	
10	28.11.2012		6,0	997	81,3	1,8	84	0,0	
11	29.11.2012		4,0	999	81,0	1,0	80	0,0	
12	30.11.2012		1,6	1005	83,8	0,1	157	0,0	
13	01.12.2012		2,9	1003	83,1	0,7	156	5,1	
14	02.12.2012		3,9	1006	82,3	1,3	146	0,3	
15	03.12.2012		3,7	997	87,7	0,5	158	7,2	
16	04.12.2012		4,5	993	84,3	1,0	114	5,7	
17	05.12.2012		2,1	999	85,7	0,8	120	4,2	
18	06.12.2012		0,9	1005	79,9	0,7	151	0,0	
19	07.12.2012		-2,6	1001	89,4	0,0	108	0,0	
20	08.12.2012		-2,6	1016	86,2	0,0	125	0,9	
21	09.12.2012		4,0	1002	87,0	1,8	149	16,1	
22	10.12.2012		1,9	1010	81,4	2,6	78	1,8	
23	11.12.2012		-0,2	1018	74,8	0,8	128	0,0	
24	12.12.2012		-0,5	1010	71,4	0,5	136	0,0	
25	13.12.2012		0,9	1000	75,6	0,5	148	0,0	
26	14.12.2012		7,1	988	82,4	1,3	157	4,2	
27	15.12.2012		8,7	995	78,6	1,2	173	4,7	
28	16.12.2012		7,2	997	85,2	0,4	151	7,4	
29	17.12.2012		7,2	999	85,4	0,1	141	3,0	
30	18.12.2012		6,2	1011	88,1	0,0	145	0,9	

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 2 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
31	19.12.2012	Köln, Winter	4,2	1014	85,6	0,3	154	0,0
32	20.12.2012		2,8	1003	85,8	1,4	150	7,2
34	21.12.2012		6,0	1007	91,2	0,0	153	2,1
34	22.12.2012		8,7	1001	89,0	1,0	148	25,7
35	23.12.2012		10,6	1001	87,5	0,8	139	8,4
36	24.12.2012		11,8	995	76,0	0,7	155	2,4
37	25.12.2012		9,4	996	77,1	2,1	162	4,2
38	26.12.2012		9,1	1000	76,1	2,3	165	4,2
39	27.12.2012		7,3	1004	86,2	0,5	129	9,8
40	28.12.2012		8,4	1015	85,1	0,5	157	1,8
41	29.12.2012		10,4	1005	72,7	2,2	168	0,3
42	30.12.2012		8,6	1009	72,5	2,6	171	3,3
43	31.12.2012		9,9	1000	71,3	3,3	177	2,1
44	01.01.2013		6,1	1006	82,0	0,7	143	3,0
45	02.01.2013		7,5	1020	79,6	0,8	155	1,8
46	03.01.2013		10,6	1026	88,3	0,6	126	2,4
47	04.01.2013		9,1	1027	89,3	0,7	120	0,9
48	05.01.2013		8,4	1025	86,1	0,3	126	0,0
49	06.01.2013		9,1	1022	86,6	0,4	115	0,0
50	07.01.2013		8,2	1020	80,0	0,3	143	0,0
51	08.01.2013		7,6	1017	78,6	0,3	141	0,0
52	09.01.2013		5,8	1010	87,0	0,2	136	6,3
53	10.01.2013		4,0	1006	80,2	0,7	129	2,4
54	11.01.2013		-1,4	1011	78,3	0,0	153	0,0
55	12.01.2013		-1,5	1010	70,1	0,1	141	0,0
56	13.01.2013		-0,6	1009	70,0	0,2	145	0,0
57	14.01.2013		-2,5	1003	77,5	0,6	140	0,0
58	15.01.2013		-1,5	999	87,5	0,1	139	0,0
59	16.01.2013		-2,1	1006	84,8	0,0	87	0,0
60	17.01.2013		-2,0	1009	84,7	0,2	118	0,0

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 3 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
61	18.01.2013	Köln, Winter	-1,2	997	75,2	0,9	147	0,0
62	19.01.2013		-3,3	990	73,9	0,7	147	0,0
63	20.01.2013		-0,9	988	84,1	0,0	148	0,0
64	21.01.2013		-0,1	993	84,0	0,0	152	0,0
65	22.01.2013		0,2	999	80,4	0,0	149	0,0
66	23.01.2013		-0,5	1002	78,9	0,2	128	0,6
67	24.01.2013		-1,1	1010	74,4	0,6	126	0,0
68	25.01.2013		-1,9	1008	77,1	1,0	155	0,0
69	26.01.2013		-0,1	1004	81,5	0,9	148	0,6
70	27.01.2013		3,1	999	85,4	0,9	160	10,2
71	28.01.2013		6,9	1004	78,3	1,9	172	9,8
72	29.01.2013		11,9	1001	82,4	2,0	177	4,2
73	30.01.2013		10,9	1005	71,5	2,9	149	4,4
74	31.01.2013		8,6	1004	72,4	2,4	155	5,9
75	01.02.2013		5,0	990	88,1	0,9	127	11,7
76	02.02.2013		3,7	1006	78,8	1,8	94	0,9
77	03.02.2013		5,8	1006	82,0	2,0	144	3,0
78	04.02.2013		7,5	1000	76,2	1,9	149	3,3
79	05.02.2013		2,5	990	79,2	1,0	142	0,9
80	06.02.2013		2,4	997	84,5	0,9	112	5,4
81	27.02.2013	Bonn, Winter	2,5	1021	78,9	0,9	185	0,0
82	28.02.2013		4,1	1017	71,8	1,2	250	0,0
83	01.03.2013		3,5	1016	72,0	1,7	249	0,0
84	02.03.2013		3,0	1015	67,4	1,2	238	0,0
85	03.03.2013		3,1	1014	72,8	0,5	196	0,0
86	04.03.2013		6,6	1007	57,8	1,4	140	0,0
87	05.03.2013		8,5	999	56,5	1,2	136	0,0
88	06.03.2013		11,5	993	48,5	0,4	143	0,0
89	07.03.2013		12,3	990	67,5	0,5	144	2,1
90	08.03.2013		13,7	990	72,1	1,4	138	1,5

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 4 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
91	09.03.2013	Bonn, Winter	10,6	991	72,2	1,2	178	3,6
92	10.03.2013		1,6	993	81,8	3,6	273	2,4
93	11.03.2013		-1,4	996	78,7	1,9	241	0,0
94	12.03.2013		-3,4	995	83,9	2,0	276	0,0
95	13.03.2013		-1,2	999	72,8	1,1	224	0,3
96	14.03.2013		-1,3	1004	75,3	1,1	209	2,1
97	15.03.2013		2,3	1006	58,8	1,0	132	2,1
98	16.03.2013		5,3	998	49,0	3,4	131	0,0
99	17.03.2013		4,7	988	78,3	2,2	131	0,9
100	18.03.2013		6,6	985	60,3	0,7	131	0,0
101	19.03.2013		5,8	991	74,5	0,6	157	1,2
102	20.03.2013		2,6	999	85,8	1,9	240	13,2
103	21.03.2013		0,6	1010	78,8	1,0	229	0,3
104	22.03.2013		2,9	1006	63,4	3,2	146	0,0
105	23.03.2013		1,1	1005	56,8	4,2	146	0,0
106	24.03.2013		1,0	1005	42,8	3,3	153	0,0
107	25.03.2013		0,9	1004	49,0	2,6	153	0,0
108	26.03.2013		1,6	1003	44,1	2,3	168	0,0
109	27.03.2013		2,6	1001	49,5	2,0	148	0,0
110	28.03.2013		3,0	999	58,9	1,2	243	0,0
111	29.03.2013		0,4	999	77,8	1,1	271	1,5
112	30.03.2013		1,8	1000	68,9	1,3	271	0,0
113	31.03.2013		1,7	1003	68,2	1,1	269	0,0
114	01.04.2013		3,2	1001	52,9	1,5	190	0,0
115	02.04.2013		3,6	1003	52,2	1,8	201	0,0
116	03.04.2013		3,0	1005	58,0	1,8	158	0,0
117	04.04.2013		4,4	1001	60,5	1,8	166	0,0
118	05.04.2013		3,8	1003	67,8	1,6	267	0,0
119	06.04.2013		3,6	1012	73,9	1,7	221	0,3
120	07.04.2013		6,4	1008	51,4	0,7	174	0,0

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 5 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
121	08.04.2013	Bonn, Winter	7,0	996	63,9	1,4	130	0,9	
122	09.04.2013		8,3	992	78,0	1,2	133	1,8	
123	10.04.2013		9,7	996	77,3	1,4	154	6,0	
124	11.04.2013		13,0	991	69,6	1,3	169	6,0	
125	12.04.2013		12,2	997	69,0	1,1	154	4,4	
126	13.04.2013		13,9	1011	56,8	1,4	152	0,6	
127	14.04.2013		18,3	1011	57,0	1,5	136	0,0	
128	15.04.2013		17,5	1011	67,0	1,5	214	2,7	
129	16.04.2013		18,4	1011	54,4	0,9	149	0,0	
130	17.04.2013		18,7	1009	54,3	0,6	141	0,0	
131	18.04.2013		15,6	1009	46,2	3,1	210	0,0	
132	19.04.2013		11,4	1017	57,7	3,5	260	0,0	
134	20.04.2013		10,3	1018	51,5	3,3	274	0,0	
134	21.04.2013		11,1	1009	57,4	1,1	253	0,0	
135	22.04.2013		13,2	1009	46,5	1,4	217	0,0	
136	23.04.2013		13,7	1014	63,6	1,7	187	0,0	
137	24.04.2013		17,9	1016	56,5	1,0	167	0,0	
138	25.04.2013		20,0	1010	51,5	0,4	146	0,0	
139	26.04.2013		11,9	1000	77,3	2,2	230	9,9	
140	27.04.2013		7,8	1003	70,3	3,2	293	0,0	
141	28.04.2013		9,2	1007	68,3	0,7	169	0,0	
142	29.04.2013		12,0	1010	56,1	1,9	209	0,0	
143	30.04.2013		11,8	1014	57,9	1,0	214	0,0	
144	01.05.2013		14,6	1011	62,8	0,9	173	0,3	
145	02.05.2013		16,5	1009	60,4	1,1	200	0,0	
146	03.05.2013		16,0	1007	60,0	1,5	253	0,0	
147	04.05.2013		15,7	1011	54,5	2,4	238	0,0	
148	05.05.2013		16,4	1013	55,9	1,3	190	0,0	
149	06.05.2013		19,8	1008	50,0	0,6	192	0,0	
150	15.05.2013	Köln, Sommer	keine Wetterdaten vorhanden						

Anlage 6
Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten
Blatt 6 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
151	16.05.2013	Köln, Sommer			keine Wetterdaten vorhanden			
152	17.05.2013		9,9	997	86,2	0,7	173	0,6
153	18.05.2013		12,1	1001	74,2	0,1	140	0,0
154	19.05.2013		17,1	998	64,4	1,5	203	12,1
155	20.05.2013		11,4	1001	83,5	0,3	172	3,3
156	21.05.2013		12,7	1002	78,2	1,4	185	21,3
157	22.05.2013		8,5	1004	79,4	1,4	172	12,7
158	23.05.2013		6,3	1001	80,7	0,9	205	1,5
159	24.05.2013		8,4	1004	67,0	0,2	149	0,0
160	25.05.2013		10,5	1005	71,3	1,9	176	9,8
161	26.05.2013		9,7	1003	79,2	2,7	195	6,5
162	27.05.2013		14,1	1000	61,6	0,9	170	0,0
163	28.05.2013		18,0	993	58,8	1,3	166	0,9
164	29.05.2013		9,2	996	89,4	0,6	164	25,2
165	30.05.2013		13,9	1000	68,4	0,4	196	0,3
166	31.05.2013		16,1	1002	70,0	2,3	197	0,0
167	01.06.2013		11,6	1011	76,2	2,2	187	0,0
168	02.06.2013		13,7	1017	54,1	2,4	213	0,0
169	03.06.2013	13,2	1018	58,9	2,0	195	0,0	
170	04.06.2013	16,3	1012	63,2	0,8	189	0,0	
171	05.06.2013	20,1	1010	53,6	0,2	172	0,0	
172	06.06.2013	21,1	1011	51,4	0,2	182	0,0	
173	07.06.2013	23,0	1010	51,4	0,3	186	0,0	
174	08.06.2013	20,8	1005	60,2	1,1	163	0,0	
175	09.06.2013	15,9	1002	71,7	1,0	199	2,4	
176	10.06.2013	15,1	1006	70,0	0,5	193	0,0	
177	11.06.2013	19,8	1009	57,4	0,2	176	0,0	
178	12.06.2013	21,2	1008	66,3	0,3	151	0,3	
179	13.06.2013	16,2	1008	77,3	1,4	158	20,4	
180	14.06.2013	15,8	1009	65,6	0,1	200	0,0	

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 7 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
181	15.06.2013	Köln, Sommer	16,8	1006	60,6	1,1	172	0,0
182	16.06.2013		18,1	1007	61,0	0,3	159	0,0
183	17.06.2013		23,6	1005	64,7	0,2	186	0,6
184	18.06.2013		28,2	1005	57,4	0,2	181	0,0
185	19.06.2013		27,2	1003	64,4	1,1	190	0,0
186	20.06.2013		19,7	1003	79,5	0,4	187	32,4
187	21.06.2013		17,9	1006	73,8	0,7	155	2,7
188	22.06.2013		18,4	1004	67,4	1,0	172	2,4
189	23.06.2013		16,0	1006	69,7	1,6	176	1,5
190	24.06.2013		13,7	1014	76,2	1,8	163	0,3
191	25.06.2013		13,0	1019	68,8	0,9	232	0,0
192	26.06.2013		13,6	1018	71,0	0,7	197	11,2
193	27.06.2013		12,6	1014	77,9	0,4	191	8,9
194	28.06.2013		13,7	1010	89,5	0,2	173	22,5
195	29.06.2013		13,8	1014	74,0	1,1	222	0,0
196	30.06.2013		17,6	1012	67,3	0,5	163	0,0
197	01.07.2013		19,4	1008	68,3	0,4	189	0,0
198	02.07.2013		21,8	1003	59,2	0,2	179	0,9
199	03.07.2013		16,9	1005	87,7	0,1	179	12,7
200	04.07.2013		20,4	1015	68,6	0,6	187	0,0
201	05.07.2013		19,9	1021	73,4	0,3	186	0,0
202	06.07.2013	22,9	1020	61,9	0,2	147	0,0	
203	07.07.2013	23,6	1021	54,0	0,7	174	0,0	
204	08.07.2013	24,0	1019	55,0	0,8	156	0,0	
205	09.07.2013	23,4	1014	55,6	0,8	207	0,0	
206	10.07.2013	19,1	1012	61,2	2,0	191	0,0	
207	11.07.2013	14,8	1014	73,1	0,4	174	0,0	
208	12.07.2013	16,8	1014	68,2	0,7	184	0,0	
209	13.07.2013	18,0	1015	66,5	0,5	196	0,0	
210	14.07.2013				keine Wetterdaten vorhanden			

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 8 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
211	30.07.2013	Rodenkirchen, Sommer	18,2	1006	80,0	2,4	201	7,3
212	31.07.2013		20,1	1006	75,8	3,4	233	0,0
213	01.08.2013		24,0	1004	62,5	2,9	117	0,0
214	02.08.2013		27,8	1000	48,6	3,4	128	2,7
215	03.08.2013		23,1	1006	64,3	3,3	230	0,0
216	04.08.2013		20,5	1009	64,3	1,6	122	0,0
217	05.08.2013		22,8	1004	62,3	2,6	128	0,1
218	06.08.2013		21,6	1003	62,9	2,7	213	0,0
219	07.08.2013		19,5	999	80,7	2,9	175	1,2
220	08.08.2013		16,8	1006	82,9	2,4	233	0,7
221	09.08.2013		17,9	1008	73,5	1,8	174	0,0
222	10.08.2013		17,3	1008	71,8	3,0	241	0,0
223	11.08.2013		17,0	1007	62,9	2,5	199	0,0
224	12.08.2013		16,9	1004	75,3	2,3	202	0,4
225	13.08.2013		15,5	1007	73,7	2,9	217	0,0
226	14.08.2013		14,5	1011	75,3	1,8	161	0,0
227	15.08.2013		17,2	1010	73,1	2,0	151	0,0
228	16.08.2013		20,9	1005	59,1	2,4	167	0,0
229	17.08.2013		21,4	1003	65,8	2,1	226	0,0
230	18.08.2013		19,6	1001	81,0	3,2	174	7,8
231	19.08.2013		16,9	1005	83,0	3,2	263	0,5
232	20.08.2013		14,3	1016	78,9	1,6	154	0,0
234	21.08.2013		15,5	1013	70,6	1,7	141	0,0
234	22.08.2013		18,2	1008	65,3	1,8	154	0,0
235	23.08.2013		20,3	1005	62,3	2,4	128	0,0
236	24.08.2013		17,8	1000	80,0	2,7	135	5,9
237	25.08.2013		16,2	1000	96,4	1,6	224	2,5
238	26.08.2013		16,1	1003	81,8	1,7	141	0,0
239	27.08.2013		17,1	1003	69,7	1,7	142	0,0
240	28.08.2013		15,7	1007	78,3	1,6	166	0,0

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 9 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
241	29.08.2013	Rodenkirchen, Sommer	17,0	1010	72,2	1,8	146	0,0
242	30.08.2013		17,1	1008	72,8	1,8	189	0,0
243	31.08.2013		16,4	1009	81,1	2,7	244	2,0
244	01.09.2013		13,9	1015	70,5	2,9	256	0,0
245	02.09.2013		17,1	1013	70,7	3,5	269	0,0
246	03.09.2013		17,2	1015	82,2	1,6	145	0,0
247	04.09.2013		20,5	1010	70,6	2,0	112	0,0
248	05.09.2013		23,6	1002	61,5	3,6	126	0,0
249	06.09.2013		23,7	998	60,2	3,6	166	0,0
250	07.09.2013		17,9	1005	88,0	2,2	225	21,3
251	08.09.2013		14,0	1007	94,6	2,5	244	2,1
252	09.09.2013		14,0	1005	80,5	2,8	186	2,7
253	10.09.2013		12,8	1001	81,3	5,0	255	9,2
254	11.09.2013		12,8	1001	91,5	3,2	270	5,8
255	12.09.2013		13,5	1004	92,0	2,5	277	7,2
256	13.09.2013		15,2	1008	84,4	2,0	194	1,0
257	14.09.2013		15,3	1001	91,0	3,1	214	3,8
258	15.09.2013		13,7	999	79,4	2,3	280	8,1
259	16.09.2013		12,8	990	72,3	4,3	238	0,0
260	17.09.2013		9,9	991	81,7	3,8	184	5,8
261	18.09.2013		11,7	988	92,8	2,7	270	1,2
262	19.09.2013		12,3	1000	79,4	2,7	225	1,8
263	20.09.2013		13,8	1004	83,7	2,9	248	0,0
264	21.09.2013		12,9	1014	83,8	1,2	165	0,0
265	13.01.2014	Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	6,8	1002	82,5	0,0	210	0,0
266	14.01.2014		6,3	1001	77,9	0,3	203	0,0
267	15.01.2014		5,3	998	86,2	0,3	205	3,9
268	16.01.2014		7,8	993	80,2	0,2	220	0,0
269	17.01.2014		8,2	994	72,4	0,3	209	0,3
270	18.01.2014		6,5	992	75,3	0,7	202	0,0

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 10 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
271	19.01.2014	Köln, Winter 2014	5,7	994	80,7	0,2	202	0,0
272	20.01.2014	Validierungskampagne	3,8	1000	83,9	0,3	135	0,0
273	21.01.2014		4,0	1005	87,1	0,0	186	0,0
274	22.01.2014		2,7	1006	84,8	0,1	203	0,0
275	23.01.2014		3,8	1004	87,2	0,2	193	8,0
276	24.01.2014		4,1	1010	86,2	0,0	188	0,3
277	25.01.2014		5,0	1004	79,5	1,1	208	6,5
278	26.01.2014		5,1	991	79,6	0,8	207	18,9
279	27.01.2014		4,9	990	75,6	0,8	214	0,3
280	28.01.2014		3,8	992	73,6	0,6	204	0,0
281	29.01.2014		2,6	996	71,0	1,1	198	0,0
282	30.01.2014		2,5	1000	72,6	0,2	194	0,0
283	31.01.2014		5,7	996	70,7	0,6	204	0,3
284	01.02.2014		5,5	997	81,6	0,5	214	3,6
285	02.02.2014		4,2	1008	76,5	0,5	207	0,0
286	03.02.2014		4,9	1001	77,9	0,7	203	0,0
287	04.02.2014		5,9	998	75,1	0,3	204	0,0
288	05.02.2014		7,4	992	73,8	1,2	209	0,0
289	06.02.2014		10,2	989	66,1	1,6	210	5,1
290	07.02.2014		7,6	991	72,7	2,4	216	7,7
291	08.02.2014		7,7	984	70,0	1,9	219	0,6
292	09.02.2014		5,9	989	67,2	1,7	221	0,0
293	10.02.2014		5,5	990	75,2	0,3	205	1,8
294	11.02.2014		6,7	997	70,1	1,1	217	2,4
295	12.02.2014		7,1	994	68,5	1,7	224	0,3
296	13.02.2014		5,2	992	80,2	0,5	201	8,0
297	14.02.2014		8,6	992	74,6	1,4	217	9,5
298	15.02.2014		10,0	995	65,2	3,0	210	1,5
299	16.02.2014		7,4	1004	71,7	0,8	220	0,6
300	17.02.2014		4,2	1008	82,8	0,0	212	0,0

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 11 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
301	18.02.2014	Köln, Winter 2014	7,4	1005	76,0	0,1	214	1,8	
302	19.02.2014	Validierungskampagne	8,3	1006	77,5	0,3	208	0,0	
303	20.02.2014		9,7	999	78,3	0,9	209	5,4	
304	21.02.2014		5,8	1002	77,2	0,6	207	0,9	
305	22.02.2014		5,5	1010	76,2	0,7	211	1,8	
306	23.02.2014		7,3	1011	70,4	0,5	206	0,0	
307	24.02.2014		12,9	1005	53,2	0,5	203	0,0	
308	25.02.2014								
309	26.02.2014				keine Wetterdaten vorhanden				
310	27.02.2014								
311	28.02.2014			6,6	994	75,3	0,3	199	0,0
312	01.03.2014		5,8	995	78,1	0,1	223	0,6	
313	02.03.2014		6,1	990	69,9	0,7	199	0,0	
314	03.03.2014		6,2	988	71,5	0,6	187	0,0	
315	04.03.2014		7,9	1002	70,6	0,1	199	0,0	
316	05.03.2014		4,6	1018	81,8	0,2	146	0,0	
317	06.03.2014		7,6	1020	67,2	0,2	191	0,0	
318	07.03.2014		11,1	1021	63,3	0,1	178	0,0	
319	08.03.2014		12,4	1022	56,2	0,5	202	0,0	
320	09.03.2014		13,1	1020	46,8	0,3	164	0,0	



Anhang 2

Verfahren zur Filterwägung

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, sodass 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 91). Dann werden die sechs Kontrollfilter gewogen. Die Kontrollfilter mit einer Abweichung von über 40 µg 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 Monaten zeigt Abbildung 92.

Bei der Hinwägung der Filter werden die Filter, die zwischen der ersten und zweiten Wägung eine Differenz von über 40 µg aufweisen, ausgemustert. Bei der Rückwägung werden die Filter mit einer Differenz von über 60 µg 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:

$$\text{Staub} = MF_{\text{rück}} - (M_{\text{Tara}} \times (MKon_{\text{rück}} / MKon_{\text{hin}})) \quad (\text{F1})$$

$MKon_{\text{hin}}$ = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72 h Hinwägung

$MKon_{\text{rück}}$ = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72 h Rückwägung

M_{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.

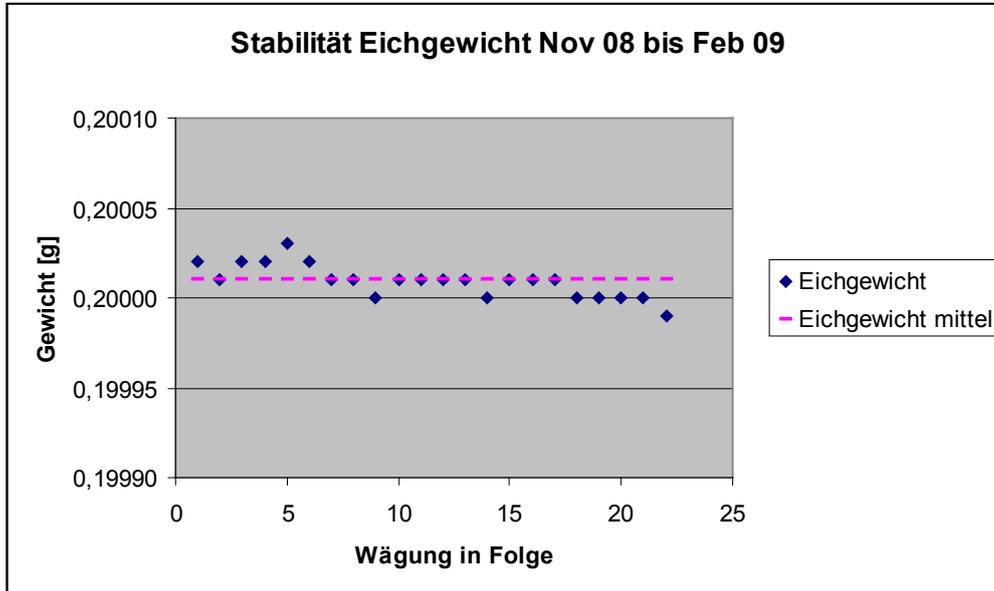


Abbildung 91: Stabilität Eichgewicht

Tabelle 51: 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

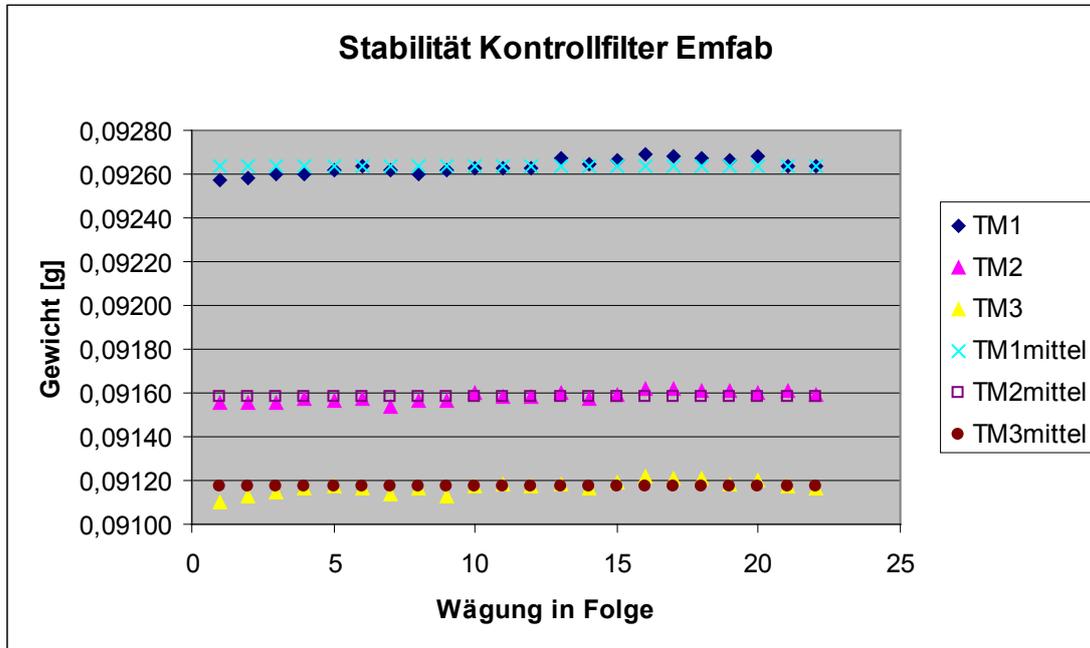


Abbildung 92: Stabilität der Kontrollfilter

Tabelle 52: Stabilität der Kontrollfilter

Wägung Nr.	Kontrollfilter Nr.		
	TM1	TM2	TM3
1	0,09257	0,09155	0,09110
2	0,09258	0,09155	0,09113
3	0,09260	0,09155	0,09115
4	0,09260	0,09157	0,09116
5	0,09262	0,09156	0,09117
6	0,09264	0,09157	0,09116
7	0,09262	0,09154	0,09114
8	0,09260	0,09156	0,09116
9	0,09262	0,09156	0,09113
10	0,09263	0,09160	0,09117
11	0,09263	0,09158	0,09118
12	0,09263	0,09158	0,09117
13	0,09267	0,09160	0,09118
14	0,09265	0,09157	0,09116
15	0,09266	0,09159	0,09119
16	0,09269	0,09162	0,09122
17	0,09268	0,09162	0,09121
18	0,09267	0,09161	0,09121
19	0,09266	0,09161	0,09118
20	0,09268	0,09160	0,09120
21	0,09264	0,09161	0,09117
22	0,09264	0,09159	0,09116
Mittelwert	0,09264	0,09158	0,09117
Standardabw.	3,2911E-05	2,4937E-05	2,8558E-05
rel. Standardabw.	0,036	0,027	0,031
Median	0,09264	0,09158	0,09117
kleinster Wert	0,09257	0,09154	0,09110
höchster Wert	0,09269	0,09162	0,09122

Gelb hinterlegt = Mittelwert

Grün hinterlegt = niedrigster Wert

Blau hinterlegt = höchster Wert

Anhang 3

Handbuch

Instruction Manual

Air Pollution Monitor 2 (APM-2)



Important Information

This instruction manual and the software are protected by copyright. All rights are reserved including those ensuing from the awarding of patents or registration of a utility model or registration of an engineering design. No part of this instruction manual may be translated, copied, otherwise reproduced or circulated without the express written consent of Comde-Derenda GmbH. Contraventions of these restrictions will be prosecuted and damages recovered.

The Comde-Derenda GmbH assumes no guarantee for the completeness and/or correctness of the contents of this instruction manual. Liability for consequential damages resulting from using products manufactured by Comde-Derenda GmbH is excluded.

Authority to adopt changes to this instruction manual and the system software as well as modifications to the technology, equipment and form of the device in comparison with the statements and illustrations in this manual is reserved by the Comde-Derenda GmbH; such changes may be implemented without prior notification.

© Comde-Derenda GmbH 2010-2014

Comde-Derenda GmbH
Kieler Strasse 9
14532 Stahnsdorf, Germany
Tel.: +49 3329 69027-10
Fax: +49 3329 69027-19
E-Mail: info@derenda.de
www.derenda.de

Table of Contents

Important Information	2
Table of Contents	3
1. Introduction	6
1.1. Symbols and Typography	6
1.2. Intended Use	6
1.3. Operating Environment	7
1.4. Electromagnetic Compatibility	7
1.5. Scope of Delivery	7
2. Safety Instructions	8
3. System Overview	10
3.1. Functional Concept	10
3.1.1. Control Unit	11
3.1.2. External Sensor	13
3.1.3. Virtual Impactor	13
3.1.4. Scattered Light Photometer Unit	14
3.1.5. Impactor Inlet and Intake Tube	14
4. Assembly and Commissioning	15
4.1. Transport	15
4.2. Intake Tube and Impactor Inlet	15
4.3. External Sensor	15
4.4. Connecting and Powering Up the System	16
4.5. Storage	16
5. Operation and Device Settings	17
5.1. Software Design	17
5.1.1. <i>Setup</i> Menu	17
5.1.2. <i>Data</i> Menu	18
5.1.3. <i>Measurement</i>	18
5.1.4. <i>Manual Mode</i> menu	18
5.2. Basic Settings	20
5.2.1. Choosing a Language	20
5.2.2. Setting Time of Day and Date	20
5.2.3. Adjusting the Display's Contrast	21
5.3. Data Transmission Settings	21
5.3.1. Choosing the Input/Output Mode	21
5.3.2. Setting Identifier Codes for Individual Parameters	22
5.3.3. Setting the Baud Rate	23
5.4. Administrator Settings	23
5.4.1. Editing the Device Number	23
5.4.2. Changing the Administrator Password	24
5.4.3. Server Settings	25
5.4.4. Selecting the Modem Type	25

5.5. Device Adjustment Menu	25
6. Parameterizing and Starting a Measurement	26
6.1. Selecting Particulate Matter Fraction	26
6.2. Selecting Interval for Alternating Mode and Storage	27
6.3. Selecting the Set Temperature for the Photometer	27
6.4. Starting the Measurement.....	27
7. Measurement Procedure	28
7.1. Flushing with Zero Air.....	28
7.2. Start of the Measurement and the Measurement Menu.....	28
7.3. Aborting the Measurement	29
8. Data Management	30
8.1. Storing Data on an SD Memory Card Manually	31
8.2. Erasing Data Memory	31
8.3. Displaying Data Content of an SD Memory Card	31
9. Special Functions.....	32
9.1. Updating the Firmware.....	32
9.2. System Information.....	32
9.3. Service Menu	33
9.4. Manual Mode	33
9.4.1. Flushing	34
9.4.2. Measuring PM _{2.5} oder PM ₁₀	34
9.5. Calibrating the Flow Sensor	34
9.5.1. Preparing for the Calibration	35
9.5.2. Connecting the external flow meter.....	35
9.5.3. Calibrating the Flow Sensor	35
9.5.4. Checking the Accuracy of the Calibration	36
9.6. Inspecting the Photometer	36
9.7. Leak Tightness Test	36
9.7.1. Sequence for Leak Tightness Testing	36
9.7.2. Leaking Test Menu	36
9.7.3. Conducting the Leak Tightness Test	37
9.8. Factor and Offset Settings	39
9.9. Allowing Negative Measured Values	39
10. Service and Maintenance	41
10.1. General	41
10.2. Internal Filters.....	41
10.3. Photometer Unit	41
10.4. Vacuum Pump.....	42
10.5. Impactor Inlet	42
10.6. Virtual Impactor	42
10.7. Spare Parts.....	42
11. Error Messages.....	43

12. Bayern-Hessen-Protokoll (Bavaria-Hesse-Protocol)	44
12.1. Interface Definition “Serial Measuring Instruments”	44
12.2. Interface Specification	44
12.3. Data Transfer	44
12.4. Transfer Protocol	45
12.5. Generation of the Block Check Character	46
12.6. Telegrams „Serial Measuring Instruments“	46
12.6.1. Data Polling of the Measuring Station	46
12.6.2. Measuring Station Data in Reply to Data Polling	47
13. Technical Specifications	48
14. Dimensional Drawing	49
15. Index	50

1. Introduction

This instruction manual is intended to provide a systematic and comprehensive introduction to the features, functions and operation of the sampling system. This manual also contains a number of important safety warnings. Please read this manual completely and carefully so that you will be able to make use of the system's many functions and do so both safely and efficiently. Please note that details in the description of the device and in the illustrations may deviate from the properties found in your own unit.

1.1. Symbols and Typography

In the interest of making the text clearer and more understandable, the following symbols and typographic conventions are used.

The following apply to sections that deal with the parameterization and control of the device by way of the control unit:

- Elements that can be clicked or selected (e.g. menu items) are **highlighted in blue**
- Other words appearing in software screens are **boldfaced**
- Instructions regarding elements to be selected in sequence sometimes use arrows in the interest of brevity (e.g. **Settings** → **Language** → **English**)

The following apply to safety information:



DANGER!

This symbol indicates risk to life, serious injury and/or considerable property damage if the appropriate safety measures are not taken



WARNING!

This symbol indicates risk of lesser injury and property damage if the appropriate safety measures are not taken

WARNING!

without a warning triangle indicates a risk to property if the appropriate safety measures are not taken

CAUTION!

indicates that undesirable results or states could occur if the appropriate notes are not observed

NOTE:

indicates important information or emphasizes a part of the documentation to which particular attention must be paid

1.2. Intended Use

The sampling system may be used only for the purposes specified in this manual and only in conjunction with devices and components recommended and approved by the Comde-Derenda GmbH.

1.3. Operating Environment

The device is designed for operation at temperatures of from -20°C to +50°C. In the case of extended exposure to strong sunlight in conjunction with very high air temperatures (upwards of about 35°C), the system is to be set up beneath a self-supporting roof with an opening through which the air intake tube passes. The APM-2 is designed for outdoor use and may be operated without rain protection or the like.

1.4. Electromagnetic Compatibility

This is a Class A unit and may cause radio interference in residential areas. In this event the operator may be required to implement and pay for appropriate abatement measures. The device satisfies the requirements of the Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive and harmonized European standards. Every modification to the system may have an effect on EMC characteristics.

1.5. Scope of Delivery

Included in the delivery are:

- 1 each Basic device APM-2
- 1 each Air intake tube (length 500 mm, diameter 12 mm)
- 1 each Impactor inlet PM₁₀
- 1 each Serial cable for connection to a PC
- 2 each SD memory card
- 1 each USB card reader
- 1 each Instruction manual
- 1 each Calibration record
- 1 each Set of keys for the equipment

2. Safety Instructions

This unit was engineered and tested in accordance with DIN EN 61010-1:2002-08 (Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use). It left the factory in perfect working condition. In order to maintain this condition and to ensure hazard-free operation please be absolutely sure to observe the following safety notes. Disregarding these warnings or noncompliance with these notes could result in fatalities, severe bodily injury and/or significant property damage. Also observe local safety requirements that govern dealings with electrical and electronic equipment carrying line voltage. Although the device was manufactured in accordance with recognized safety regulations, hazards or adverse effects for the unit or other property could arise during use.

Only suitably qualified personnel may work on this unit. This personnel shall be thoroughly familiar with all the safety notes and with the installation, operation and maintenance procedures contained in this instruction manual. Safe and fault-free operation of the unit presumes proper handling and correct installation, operation and maintenance.

This device may be used only for the purpose intended by Comde-Derenda GmbH (see 1.2). Unauthorized modifications and the use of accessories and spare parts not supplied or recommended by Comde-Derenda GmbH can result in property damage and personal injury.



WARNING!

If it is to be expected that hazard-free operation is no longer possible, then the device shall be taken out of service and secured against unintentional restarting.

It is to be presumed that non-hazardous operation is no longer possible:

- if the electronics unit exhibits visible damage
- if the unit no longer operates or shows obvious deviations from normal operations
- if an electrical connector has been damaged

As long as the unit is connected to the line power supply components carrying electrical voltage may become accessible when covers are opened or other parts are removed.



WARNING!

- The unit must be disconnected from all sources of electrical power prior to starting maintenance or repairs or replacing parts.
- Whenever it is unavoidable to carry out maintenance or repair work on devices that are opened and connected to the power supply, then such work may be carried out only by a qualified employee who is familiar with all the associated hazards.
- Any interruption in the protective ground wire either inside or outside the unit or disconnection of the ground wire may result in the unit becoming dangerous. Any intentional interruption of the ground wire circuit is prohibited!

- The line plug may be connected only to a socket with a protective ground contact. This safety feature may not be counteracted by using an extension cord that does not incorporate a protective ground wire.

3. System Overview

The APM-2 is a measuring device for direct and continuous determination of the suspended particulate matter of the fractions PM_{10} and $PM_{2.5}$ in outside air. The heart of the device is a highly sensitive scattered light photometer. The measuring method applied makes use of the specific physical features of light scattering in microparticles.

3.1. Functional Concept

Outside air is drawn in via a PM_{10} impactor inlet at a volume flow of 3.3 l/min. Particles larger than 10 μm are separated in this impactor inlet. In a virtual impactor the air drawn in is then divided into two partial flows. The aerosol now optionally goes from the axial flow (enrichment mode for recording PM_{10} concentration) or from the side flow (normal mode for recording $PM_{2.5}$ concentration) to the scattered light sensor system via solenoid valves.

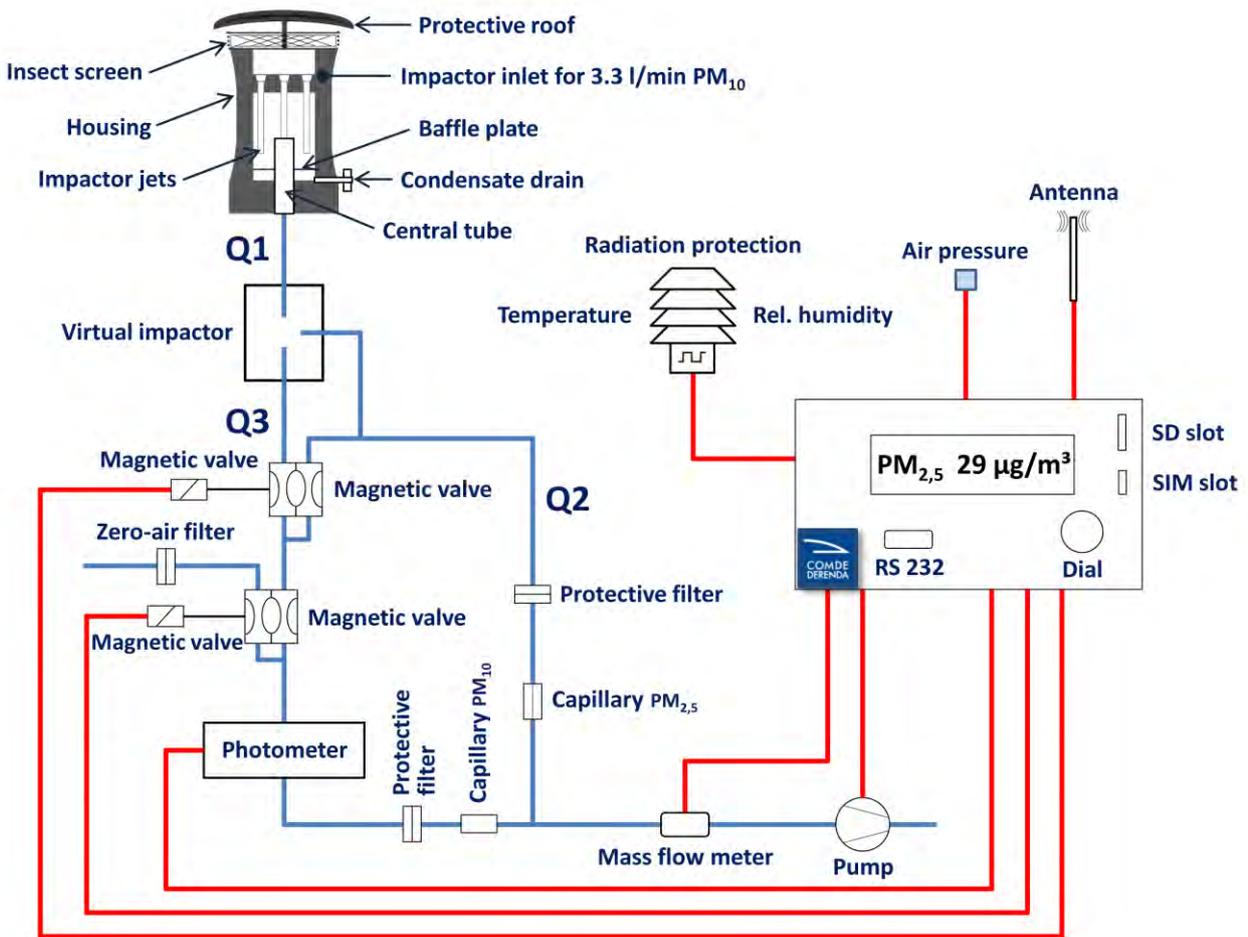


Fig. 1: Overview diagram

The light of a laser diode illuminates there a measurement volume defined by the optical beam path. The light reflected by the aerosol particles within this measurement volume is recorded by the detector positioned at an angle of 90°. The voltage signal generated and then amplified by the detector represents a direct measure for the mass concentration of the aerosol in the measurement volume (0-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). For the zero point adjustment, filtered air is fed to the scattered light sensor via the switching device at periodic intervals. The data determined are stored in the device memory as well as – if provided – on an SD memory card.

The physics of the light scattering on particulates causes aerosol particles with a diameter on the order of the light wavelength used – based on their mass – to scatter the light the most efficiently. That means they supply the greatest contribution to the signal. The maximum sensitivity for the wavelength of 650 nm used in the device is in a particle size range from 0.5 to 1 μm . Because of this characteristic, there are limits to application of simple scattered light photometry for measurement of the PM₁₀ concentration. The measurement signal of a scattered light sensor used in outside air is primarily dominated by the PM_{2.5} fraction.



Fig. 2: Front side of APM-2

Based on mass, the complementary coarse fraction PM_{2.5-10} contributes significantly less to the scattered light signal and is therefore underrepresented in the measurement. The sensitivity deficit in the coarse fraction is thus compensated for in the device by a simple process: via selective enrichment of the concentration of the PM_{2.5-10} fraction by a factor of 3.3/0.2=16.5 by means of a virtual impactor (see 3.1.3.), which is connected upstream from the scattered light sensor. Concentration enrichment is equivalent to an increase in sensitivity of the photometry for the PM_{2.5-10} fraction.

The system consists of the following components:

3.1.1. Control Unit

All the system settings are entered at the APM-2 control unit (Fig. 3). The unit has the following elements and functions:

- Main switch used to switch the unit on and off
- Log dial to select functions and to enter or change parameters
- An illuminated graphic display showing system functions, parameters, data and alarms
- SD memory card slot for automatic storage of sampling data and parameters and for updating the equipment firmware (also for the filter changer unit)

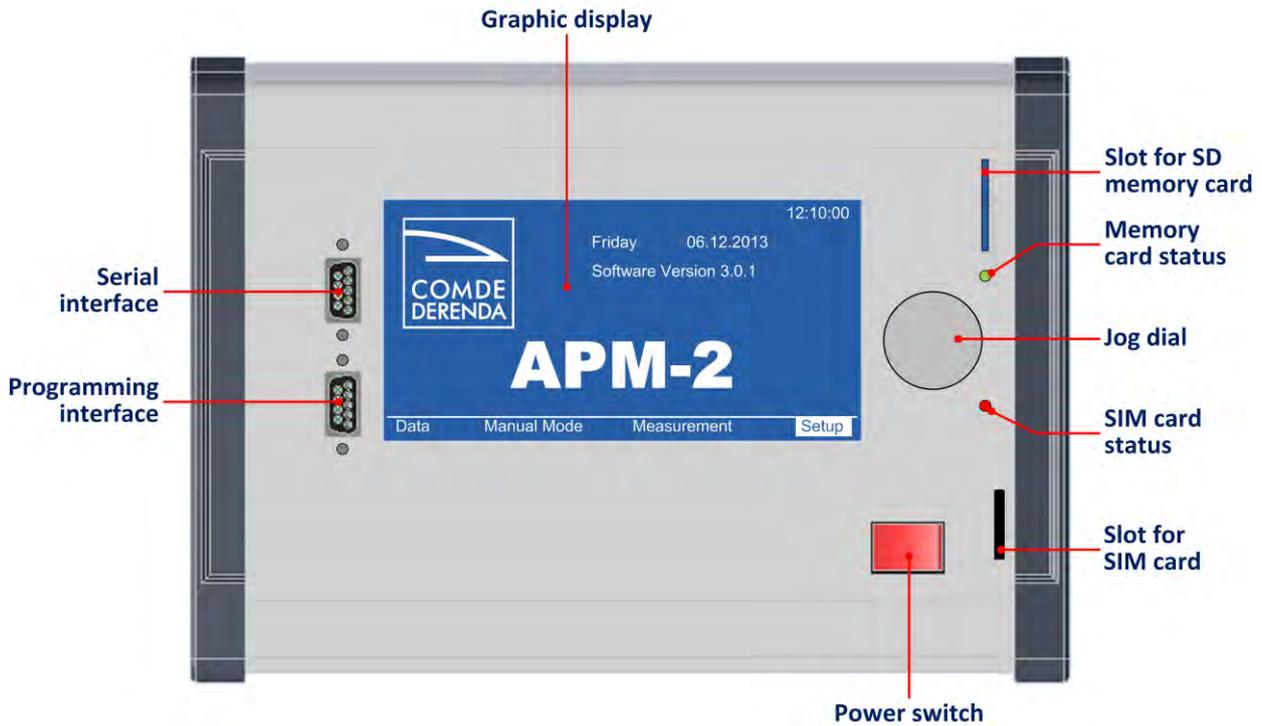


Fig. 3: Control unit

- Programming interface , exclusively for programming purposes; can not be used for data transmission
- Serial interface (RS-232) for data transfer as per the Bayern-Hessen-Protokoll (Bavaria-Hesse protocol)
- Status indicator for the SD memory card:
 - Green = Memory card is on standby
 - Red = Reading from or writing to the memory card
 - Orange = Firmware update being transferred to internal flash memory
 - Dark = No memory card installed
- GSM/GPRS module with SIM card slot for online data transmission via mobile phone network (optional)
- Status indicator for the GSM/GPRS module (slow blink, rapid blink, steady light)



Fig. 4: External sensor

3.1.2. External Sensor

The unit's external sensor (Fig. 4) is used for continuous registration of temperature and relative humidity. The ambient temperature is measured at an accuracy of ± 0.5 K in a range of from -40 to $+80$ °C, relative humidity at an accuracy of ± 3 % in a range of from 0 to 100 %.

The sensor is bolted to the unit by way of a mounting bracket (for assembly instruction see 4.3). A shield protects the sensor from direct sunlight and precipitation.

3.1.3. Virtual Impactor

The virtual impactor is located on the top side of housing and is connected to the impactor inlet via the intake tube. The outside air drawn in by means of an integrated pump at 3.3 l/min is divided into two partial flows by the virtual impactor. This division takes place in the area around two jets mounted opposite each other. In this process the side flow (3.1 l/min) is drawn off between the two jets perpendicular to the incoming air flow. Particles that cannot follow the side flow because of their mass inertia extensively maintain their direction of motion and thus enter the smaller axial flow (0.2 l/min). This results in the division into the side flow with exclusively smaller and lighter particles of the PM_{2.5} fraction and the axial flow with a particle size of PM₁₀. The aerosol now goes optionally from the axial flow (enrichment mode) or from the side flow (normal mode) to the scattered light sensor via low-loss switching devices (pinch valves with straight passage). In the enrichment mode the APM-2 thus records the PM₁₀ concentration, in normal mode the PM_{2.5} concentration. For zero point adjustment, filtered light is fed to the scattered light sensor via the switching device at periodic intervals.

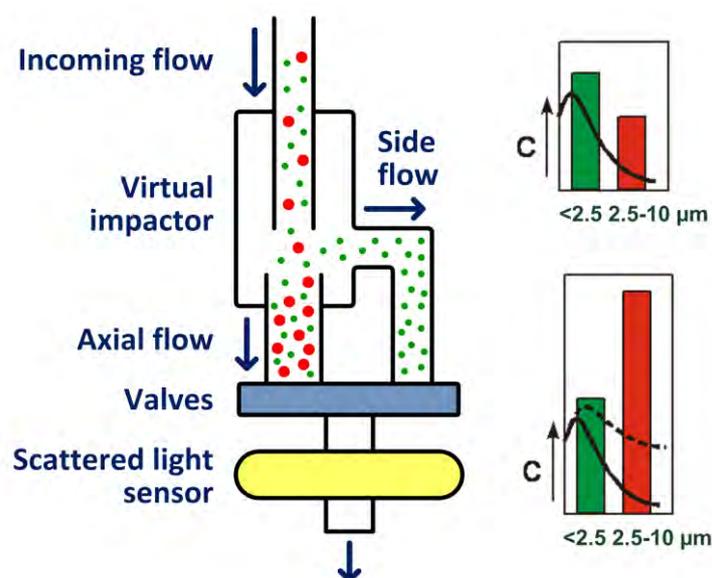


Fig. 5: Functional principle of the virtual impactor

3.1.4. Scattered Light Photometer Unit

The photometer unit consists of an intensity-stabilized laser diode and a semiconductor photodetector. The two components are mounted at an angle of 90° to each other, the unit is thus a single-angle sensor. The light reflected by the particles in a precisely defined measurement volume is recorded by the detector as described in 0. The photodetector then generates a corresponding voltage signal (0-5 V), which is subsequently amplified in a low-noise process.

To rule out temperature dependence of the photometer signal, the photometer is installed in a thermally insulated housing heated with a heating block and temperature-controlled to 40°C.

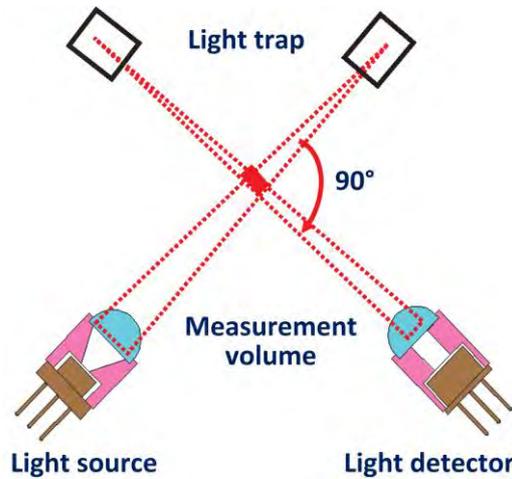


Fig. 6: Functional principle of the photometer unit

3.1.5. Impactor Inlet and Intake Tube



Fig. 7: APM-2 impactor inlet

Particles larger than 10 µm are separated by the PM₁₀ impactor inlet (Fig. 7) during intake. In terms of its design it corresponds to the certified Derenda PM₁₀ sampling inlet in accordance with DIN EN 12541. It was scaled down from 38.3 l/min to the smaller intake volume flow of 3.3 l/min for application in the APM-2. The impactor inlet is mounted on the intake tube that leads to the virtual impactor on the device roof.

The impactor inlet and the APM-2 are connected to each other via an intake tube made of sturdy stainless steel. The standard length of the tube is 500 mm, on request special lengths are also available. The outside diameter is 12 mm.

4. Assembly and Commissioning

4.1. Transport

The system and its components should be well packed and protected against shipping damage when moving the system to a new location. All the openings have to be closed during transportation in order to protect the device from dirt and grime. The device should be kept in an upright position during transport.

4.2. Intake Tube and Impactor Inlet

The device must be installed at a suitable, level installation site. The components required are the intake tube provided with a diameter of 12 mm and a length of 500 mm and the impactor inlet, which is not included in the scope of supply. To install the components mentioned, proceed as follows:

1. Remove the device and corresponding parts from the transport box and check that the contents are complete (see 1.5.).
2. Slowly and carefully place the intake tube into the intake flange of the virtual impactor from above and check to ensure that the tube is firmly seated.
3. Slowly and carefully place the impactor inlet on the upper end of the intake tube and check to ensure that the inlet is firmly seated (before starting a measurement, lubricate the impact plate of the impactor inlet).

Ensure that the upper and lower parts of the impactor inlet are firmly attached to the housing section.

4.3. External Sensor

The sensor is already screwed to a mounting bracket on delivery. To mount the sensor on the device, proceed as follows:

1. Place the entire unit (protective shield facing up) with the holes of the mounting bracket over the corresponding thread on the housing side.
2. Screw the unit firmly in place using the two knurled nuts provided.
3. Connect the cable of the sensor to the appropriate socket next to the threaded connection using the installed cable plug connector.

NOTE: If the system is used in a measurement container, the external sensor has to be mounted outside the container.

4.4. Connecting and Powering Up the System

1. Connect the power plug to the local power supply.
2. To activate the system, turn on the main power switch, located in the bottom right hand corner, and the line switch at the control unit.

After the unit has been switched on, the display will show the initialization screen for a short period of time. It will be followed by the start screen (Fig. 8). Shown in addition to the date and time of day is the model designation.

3. Read the information in the display at the control unit to determine whether the device has been correctly recognized as “APM-2”.

If the filter changer has not been identified correctly, check the cable connection and, if necessary, get in touch with Comde-Derenda GmbH.

NOTE: Whenever the system is moved to a new location observe an acclimatization period of one hour before sampling so that the external sensor can adjust to the ambient conditions.

4.5. Storage

The following instructions should be followed if the unit is moved or taken out of service for an extended period of time:

- The storage temperature should be in a range of from -10 °C to +60 °C.
- Cover the inlet for the virtual impactor.
- Protect the device’s inlets and outlets against grime.
- It is necessary to avoid both high relative humidity (which could cause condensation in case of a temperature change) and any severe vibration of the unit.

It is advisable to thoroughly clean and maintain the unit before any extended period out of service.

5. Operation and Device Settings

After the device is switched on with the main power and control unit power switches, the APM-2 main menu is shown in the display at the control unit (Fig. 8). The main menu enables access to all system settings and functions. The jog dial on the control unit (see Fig. 3) is used for navigation within the individual menus. Turn the jog dial to change from one menu item to the next and to change the parameter selected. The menu item selected at any given moment is shown inverse or outlined. Press the jog dial to confirm the selection of a menu item or to confirm a modified value.

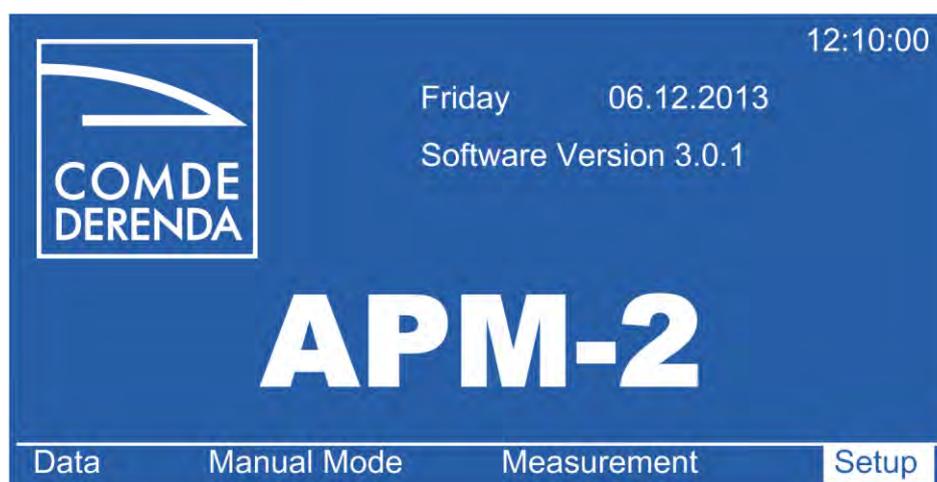


Fig. 8: Start screen with main menu

5.1. Software Design

The software makes possible convenient adaptation of all system settings and exact parameterization for the measurement being planned. See Fig. 10 for a survey of the menu structure implemented in the software. The main menu, which is always shown whenever the unit is switched on, provides access to the submenus described below.

5.1.1. Setup Menu

The **Setup** menu (Fig. 9) is used to specify numerous settings at the unit. It contains the following menu items and functions:

- **Language:** Selecting the language for the equipment software
- **Calibration:** Verifying the sensitivity of the photometer
- **Leaking Test:** Leak testing
- **Date/time:** Setting the date and time of day
- **Transfer:** Selection and configuration for data transmission
- **Contrast:** Setting the contrast level for the display screen
- **Service:** Displaying and adjusting the measured values output by the sensors

- **System info:** Information on the equipment data
- **Administrator:** Changing the password and resetting to default settings
- **Device Adjustment:** Special settings made by the manufacturer
- **Measur. Param.:** Setting the particulate fractions to be used for measurement purposes (PM_{2,5}, PM₁₀ or alternating mode), the target temperature for the heating block, the factors and offsets for the measurement, and the intervals for alternating mode (if selected)

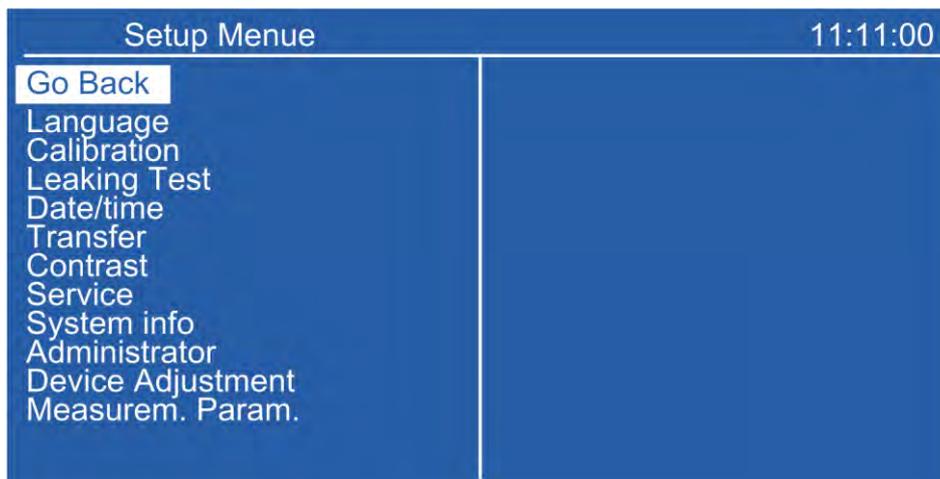


Fig. 9: Setup menu

5.1.2. *Data Menu*

The **Data** menu (Fig. 19) contains all the functions related to the data memory (overview, transmission and deletion of stored data) as well as a display of the capacity utilization of the internal data memory. In addition, this menu provides access to the update functions for the device software. For operation see 8.

5.1.3. *Measurement*

Clicking on this menu item will start the measurements and will control the volume flow correction. For operation see 6.

5.1.4. *Manual Mode menu*

The **Manual Mode** menu (Fig. 21) makes it possible to directly start the functions PM_{2,5} measurement, PM₁₀ measurement and flushing manually. The selected functions run without pauses until they are stopped by the user. This menu is primarily designed for service staff to test individual functions of the device. Normal users need it very rarely. For operation see 9.4.

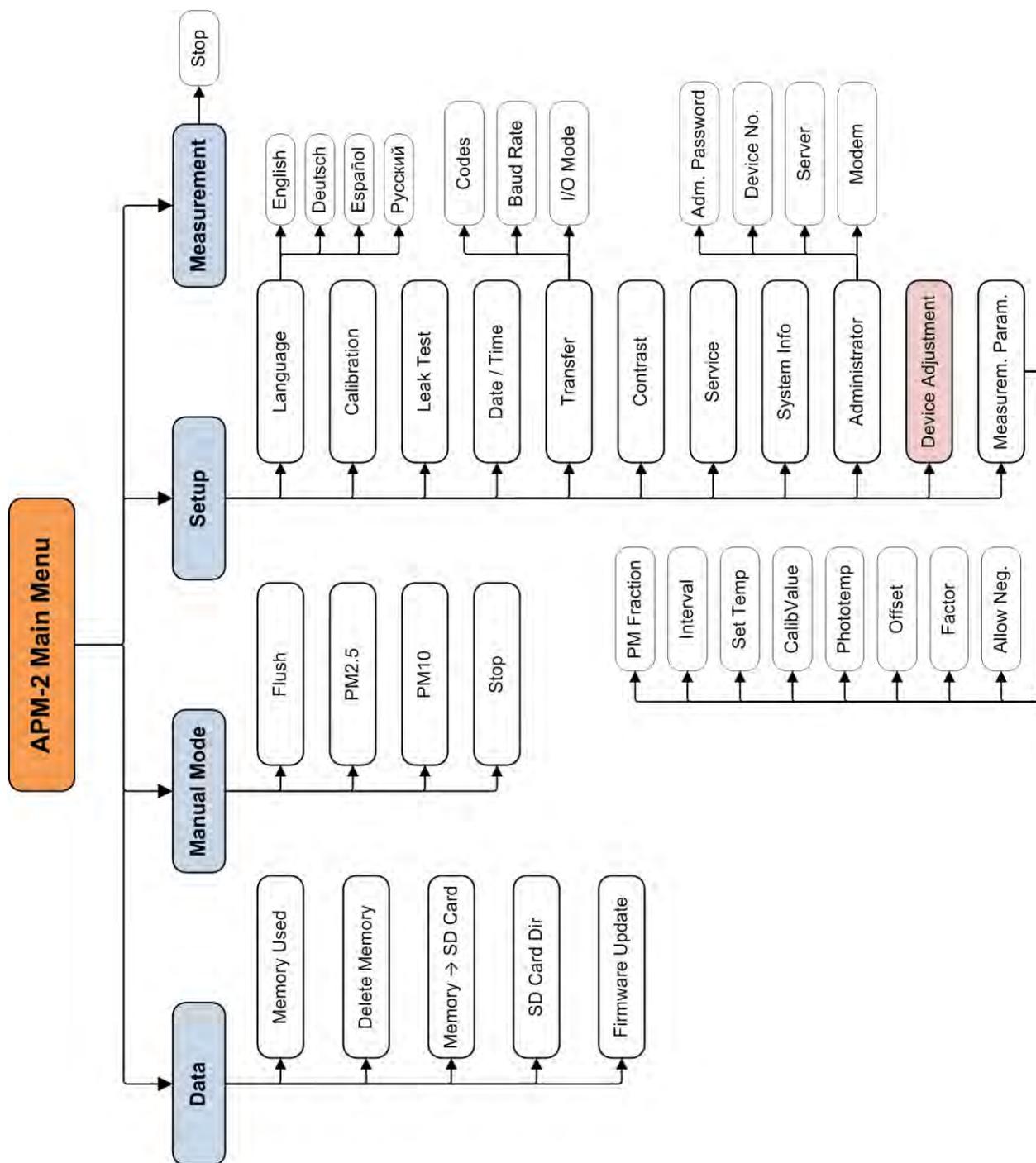


Fig. 10: APM-2 menu structure

5.2. Basic Settings

Certain basic settings will have to be made at the unit before starting the configuration work proper.

5.2.1. Choosing a Language

Follow these instructions to select the language for the operator prompts:

1. Select the **Setup** item in the main screen and confirm by pressing the jog dial.
2. When in the **Setup** menu select the **Language** item and confirm this.
3. Turn the jog dial to select the desired language displayed in the right half of the display (English, German, Spanish, Italian and Polish are available at present) and confirm your choice.
4. Confirm the **Back** menu item to return to the main menu.

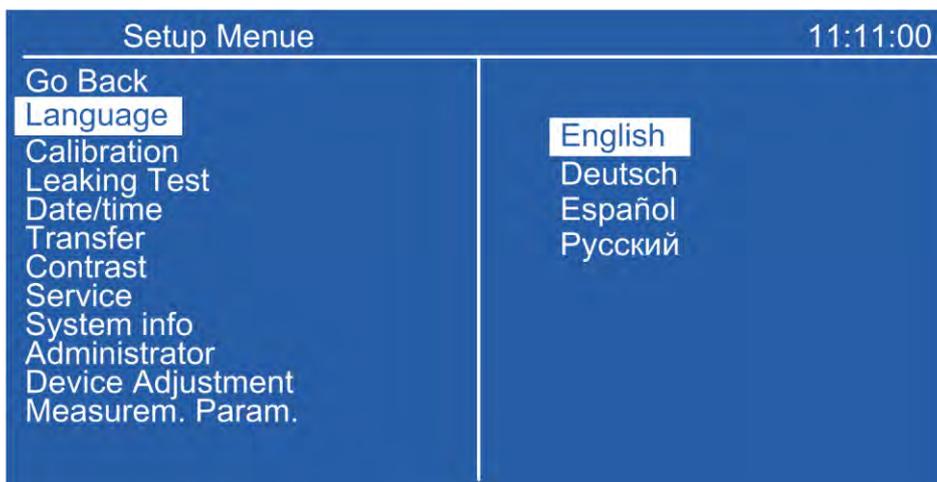


Fig. 11: Language selection

5.2.2. Setting Time of Day and Date

To set the current date and time of day:

1. Select the **Setup** item in the main screen and confirm by pressing the jog dial.
2. Select **Date/time** in the **Setup** menu and confirm.
3. Turn the jog dial in order to select the desired value (day, month, year, hour, minute, second) in the **Date/Time** screen (Fig. 12); the selected value will be outlined in each case.
4. To change the selected value press the jog dial – the value is now shown inverse – and turn the dial in the appropriate direction until the desired value is reached.
5. Press the jog dial to confirm the entry.
6. Repeat steps 3 to 5 for all the values to be changed.
7. Select and confirm **Set** to store the values shown.
8. Select and then confirm **Back** twice to return to the main menu.



Fig. 12: Setting time and date

5.2.3. Adjusting the Display's Contrast

In order to adjust the contrast in the display:

1. In the main screen select the **Setup** item and confirm this by pressing the jog dial.
2. In the **Setup** menu select **Contrast** and confirm your choice.
3. The current contrast value is shown in the right half of the display; turn the jog dial to adjust the contrast as desired, on a scale of from 0 (bright) to 63 (dark), and confirm your selection.
4. Confirm at the **Back** button to return to the main menu.

5.3. Data Transmission Settings

All the settings affecting data transmission are made in the **Transfer** menu (Fig. 14). Data transmission is effected through the RS-232 serial interface at the control unit.

5.3.1. Choosing the Input/Output Mode

You may choose from two different input/out modes for the serial interface:

1. **BH** (Bayern-Hessen-Protokoll / Bavaria-Hesse protocol): All measured values with a measured value identifier not equal to "000" will, upon request, be transmitted as per the Bavaria/Hesse protocol. The measured value transmission sequence is sorted in accordance with the measured value identifiers (see 5.3.2).
2. **Serial** (serial mode): All eight of the recorded measured values (see 5.3.2) and the following additional information will be forwarded via the RS-232 interface to a PC equipped with a terminal emulation program: date; time of day; device type and serial number; event; error (using semi-colon as the separator).

Specify the I/O mode as follows:

1. In the main screen, select **Setup** and press the jog dial to confirm.
2. In the **Setup** menu, select **Transfer** and confirm your choice.
3. In the **Transfer** menu (Fig. 14) turn the jog dial until the desired mode (BH or Serial) is shown in-verse.
4. Press the jog dial to confirm your mode selection.
5. Select **Set** and confirm to save your settings.

Date	Time	Type	S/N	Flush (mV)	PM2.5 (ug/m3)	PM10 (ug/m3)	Motor-speed (%)	Photometer Temp. (°C)	POutside (hPa)	TOutside (°C)	rel. Humidity (%)	Event	Error
08.11.2013	12:02:22	APM-2	0	3081	0	0	0	43,8	1010,4	20	50	Start	ext. Sensor
08.11.2013	12:02:26	APM-2	0	3039	0	0	100	43,7	1010,7	20	50	Stop	ext. Sensor
08.11.2013	12:33:27	APM-2	0	0	0	0	0	40	1010,9	20	50	Start	ext. Sensor
08.11.2013	12:35:00	APM-2	0	3005	0	0	100	40,1	1010,4	20	50	PFlush	ext. Sensor
08.11.2013	12:36:00	APM-2	0	3001	0	0	100	40	1010,9	20	50	Flush	ext. Sensor
08.11.2013	12:38:00	APM-2	0	3001	28	0	67	40,1	1010,7	20	50	PM2.5	ext. Sensor

Fig. 13: Example for the way the measured data are output in serial mode at the interface (corresponds to the log file on the SD card)

5.3.2. Setting Identifier Codes for Individual Parameters

The following 8 measurement parameters can be transferred by the system:

1. **Air Flush mV** (voltage at photometer during zero air flushing)
2. **Concent. PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** (PM_{2.5}-concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
3. **Concent. PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** (PM₁₀-concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
4. **Ambient temperature** (temperature of the outside air)
5. **Relative humidity** (humidity of the outside air)
6. **Ambient pressure** (pressure of the outside air)
7. **Photo. temperature** (temperature of the photometer)
8. **Error** (warning message, if temperature and/or volume flow is outside of the tolerance range)

Individual identifier codes can be assigned to each of these parameters in preparation for data transmission in accordance with the Bavaria-Hesse protocol. The code for each parameter comprises three digits. To set the individual codes:

1. When in the **Transfer** menu, turn the jog dial until the numerical code next to the desired parameter (e.g. **Air Flush mV**) is shown outlined in the display, and confirm by pressing the jog dial.
2. Turn the dial to change the code, and press it again once the desired value has been reached.
3. Repeat steps 1 and 2 for all the other parameters.
4. Go to **Set** and press the jog dial to store the modified codes.
5. Go to **Back** and press the jog dial to leave the **Transfer** menu.

NOTE: Parameters with code “000” will not be transmitted in **BH** (Bavaria-Hesse protocol) mode. In **Serial** mode, all 8 parameters are generally transmitted.

Parameter ID (BH)	12.12.2013	11:11:00
Air Flush mV	201	
Concent. PM2.5 ug/m3	202	
Concent. PM10 ug/m3	203	
Ambient temperature	204	
Relative humidity	205	
Ambient pressure	206	
Photo. Temperature	207	
Error	208	
Baudrate	4800	
Serial I/O Mode	BH	serial
	Set	Back

Fig. 14: Transfer menu

5.3.3. Setting the Baud Rate

The baud rate used for data transmission can be set optionally for 1200, 2400, 4800 or 9600. Make this setting as follows:

1. When in the **Transmission** menu select **Baudrate** and confirm your choice.
2. Turn the jog dial to change the value (displayed inverse) for the baud rate; press the jog dial to confirm the new value.

5.4. Administrator Settings

In order to access the **Administrator** settings it is necessary first to select **Administrator** in the **Setup** menu and then to enter the administrator password, digit by digit, and to confirm the entry by selecting **OK** and pressing on the jog dial (Fig. 15). Then you can make the settings described below in the administrator menu (Fig. 16). The password set at the factory is “0000”.

5.4.1. Editing the Device Number

In addition to the serial number assigned by the manufacturer, you may assign a five-digit device number to the instrument. To set or edit the device number:

1. In the **Setup** menu, select **Administrator**, enter your password as described above and go to the **Device Number** line.
2. Click on the left-hand digit and change it by turning the jog dial; apply and confirm the change by pressing the jog dial.
3. Edit the other four digits as described in step 2, above.

The device will then automatically store the change. The new device number will be used when using the Bavaria-Hesse protocol.

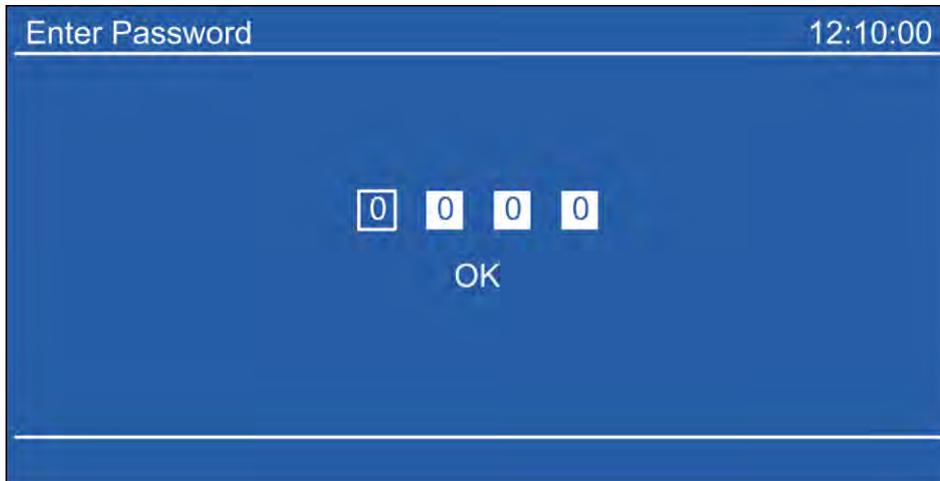


Fig. 15: Password screen

5.4.2. Changing the Administrator Password

Change the four-digit administrator password as follows:

1. When in the **Administrator** menu go to the line **Admin-Password**.
2. Click on the left-hand digit, turn the jog dial to change it, and confirm the change by pressing on the jog dial.
3. Proceed for the other three digits as described in step 2.



Fig. 16: Administrator menu

5.4.3. Server Settings

In preparation for transmitting the data measured by the APM-2 to a web server via the GSM/GPRS module (available as an option), it is necessary for an authorized web administrator to first install the corresponding software package to the target server. If you have any questions about this, please get in touch with Comde-Derenda. Then, in the **Administrator** menu, enter the server's domain and subdomain names. Do so as described below:

1. Store on an SD card a text (.txt) file, containing as text the designation of the domain / subdomain (e.g. "apm2.derenda.de"). The file must be named: *server.txt*.
2. Mount the card in the SD card drive at the APM-2 control unit.
3. In the **Administrator** menu, click on **Server**.
4. Answer the query which follows with **"Yes"**.

The name of the server will then appear in the **Administrator** menu (see Fig. 16).

5.4.4. Selecting the Modem Type

To select an internal or external modem for data transmission:

1. In the **Administrator** menu, go to the **Modem** line.
2. Turn the jog dial to select either **internal** or **external**, and confirm by pressing the jog dial.

5.5. Device Adjustment Menu

The **Device Adjustment** menu enables authorized service technicians to make changes to specific system settings. This menu is protected by a special password.

6. Parameterizing and Starting a Measurement

After you have carried out the system settings described under 5.2 to 5.4, you can then parameterize and activate the planned measurement. After selecting the desired particulate matter fraction (PM_{2.5}, PM₁₀ or alternating mode) and, if applicable, the desired interval for alternating mode and the set temperature of the heating block, you can start the measurement. Various data on the measurement are shown in the display during operation.

APM Parameter		12.12.2013	12:20:00
PM2.5	PM10	PM2.5/10	Offset2.5: 1.00
Save file:			Factor2.5: 0.00
2	5	10	Offset 10: 1.00
		15	Factor 10: 0.00
		min	Allow Neg.: 0
Set Temp:	40.0°C		
CalibValue:	90.0		
Phototemp:	39.0°C		
			Back

Fig. 17: Measurement parameters in the APM parameter menu

In order to access the measurement parameter settings it is necessary first to select **Measurment.Param.** in the **Setup** menu and then to enter the password, digit by digit, and to confirm the entry by selecting **OK** and pressing on the jog dial (Fig. 15). Then you can make the settings described below in the APM Parameter menu (Fig. 17). The password set at the factory is "0000".

6.1. Selecting Particulate Matter Fraction

First of all, you select the particulate matter fraction to be measured. Here you have a choice between PM_{2.5}, PM₁₀ and alternating measurement of both fractions (alternating mode). To select the fraction to be measured:

1. In the **Setup** menu, select **Measurment.Param.** and enter your password as described above.
2. In the **APM parameter** menu (Fig. 17), select the desired fraction (**2.5**, **10** or **2.5/10** for alternating mode) in the top left entry line by turning the jog dial to shift the inversion, and press the jog dial to confirm.

After that, the selected value appears outlined and the selection remains active until it is changed.

6.2. Selecting Interval for Alternating Mode and Storage

If you have selected alternating mode 2.5/10 as the measurement mode, the APM-2 alternately measures the concentration of the particulate matter fractions $PM_{2.5}$ and PM_{10} . The device automatically carries out the necessary zero air flushing for a period of two minutes on an hourly basis. Using the interval setting, you can specify the intervals at which the change between the two fractions should take place. In addition, this setting specifies at what intervals the measurement data are stored in the internal device memory and/or – if provided – on the SD card. To carry out the setting:

1. In the **Setup** menu, select **Measurem.Param.** and enter your password as described above.
2. In the **APM parameter** menu, select the desired interval (2, 5, 10 or 15 minutes) in the entry line under **Save file** by turning the jog dial to shift the inversion and pressing the jog dial to confirm.

The selected value then appears outlined and the selection remains active until it is changed.

6.3. Selecting the Set Temperature for the Photometer

The photometer unit has to be heated in order to rule out measurement errors (see 3.1.4). In normal cases the target temperature should be set to 40°C because this setting has proven to be appropriate in practice. To modify the value:

1. In the **Setup** menu, select **Measurem.Param.** and enter your password as described above.
2. In the **APM parameter** menu, turn the jog dial until the value to the right of **Set temp.** is outlined, and press the jog dial.
3. Turn the jog dial to change the value.
4. Press the jog dial again to save the changed value.

The selected value remains active until it is changed.

NOTE: The parameterization options in the APM parameter menu regarding volume flow calibration as well as the factor and offset settings are described in sections 9.5. and 9.8.

6.4. Starting the Measurement

After completing parameterization, start the measurement by calling up the APM-2 main menu; select the **Measurement** menu item and confirm by pressing on the jog dial. Measurement will commence immediately. After it has started, you will see the **APM Measurement** menu (Fig. 18) in the display.

7. Measurement Procedure

The measurement will not start until the photometer has reached its target temperature. When the measurement starts, first the pump runs up and all device components are activated. The selected measurement program begins after that.

7.1. Flushing with Zero Air

First the photometer unit is flushed with air that has previously flowed through a zero air filter for a period of two minutes. This is necessary for zero point adjustment of the photometer. This zero air flushing is carried out automatically by the device for two minutes in each case at hourly intervals, also in the further course of the measurement. During flushing, the word “**Flush**” will be displayed on the right-hand side of the display.

7.2. Start of the Measurement and the Measurement Menu

The actual measurement starts immediately after the first flushing. You see the **APM Measurement** menu in the display. In addition to date and time, it indicates on the right side the currently measured mass concentration of the selected particulate matter fraction in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ or, during a flushing operation, the measured voltage value in mV. On the left side of the screen the following values are shown in the two window sections **Measured Values** and **Physical Data**:

- **PM 2.5 avg:** Mean value of the measured mass concentration for $\text{PM}_{2.5}$ (if active)
- **PM 10 avg:** Mean value of the measured mass concentration for PM_{10} (if active)
- **Fl. Offset:** Photometer offset, determined during zero air flushing
- **Phototemp:** Temperature at photometer
- **Ext. Temp:** Temperature determined by external sensor
- **Humidity:** Humidity determined by external sensor
- **Pressure:** Air pressure determined by external sensor

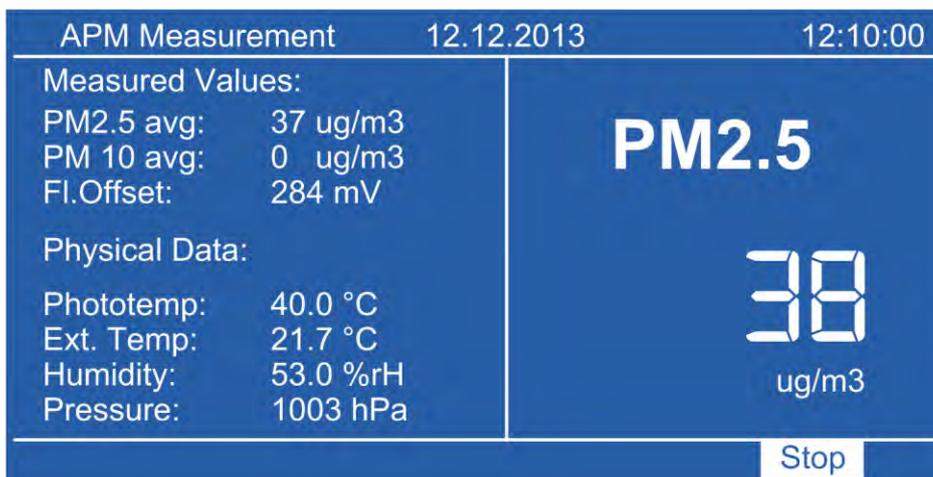


Fig. 18: APM Measurement menu

7.3. Aborting the Measurement

To abort an ongoing measurement, select the menu item **Stop** in the **APM Measurement** menu and press the jog dial to confirm. The measurement is then stopped and the main menu screen is displayed.

8. Data Management

The **Data** menu (Fig. 19) serves to manage the measurement data in internal storage and/or on the SD memory card. You access this menu via the **Data** menu item in the main screen.

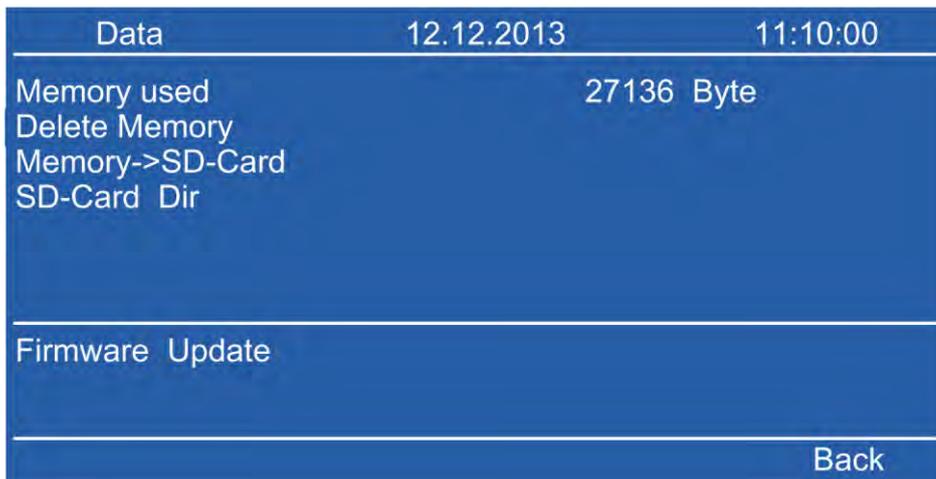


Fig. 19: Data menu

Shown at the right in the screen is the memory usage in bytes. The total free capacity of the data memory is 3.5 MB. The following data and parameters for sampling are automatically stored in the unit's memory, individually for each sampling filter:

- **Date, starting time and duration of measurement**
- **Unit model and serial number**
- **Mean mass concentration of the measured particulate matter fraction in $\mu\text{g}/\text{m}^3$**
- **% of the maximum pump motor speed**
- **Outside air pressure**
- **Outside air temperature**
- **Photometer temperature**
- **Relative humidity**
- **Any reportable events and errors**

A data record that comprises the information listed above will require 128 bytes. As a consequence, about 27,000 data records can be placed in storage. The system uses a non-volatile ring memory. The data are retained even if the device is switched off. Once the memory is full, the oldest data is overwritten with the new data. Since overwriting works reliably only for a limited number of cycles, the memory should be erased at regular intervals.

If an SD memory card is present in the device, then the data will also be automatically written as a text file (CSV file format) on the SD memory card.

8.1. Storing Data on an SD Memory Card Manually

In addition to ongoing automatic storage, all the data can also be transferred manually from the device memory to an SD memory card. Transfer is in the serial mode, corresponding to normal data output (see 5.3.2). To start data transfer to an SD card, select and confirm menu item **Memory → SD Card** in the **Data** menu. This function is useful if, for instance, no SD memory card had been mounted in the device during measurement operations.

8.2. Erasing Data Memory

It is recommended that the device memory be erased at regular intervals, e.g. whenever the SD card is replaced. To do so, select and confirm the **Erase memory** menu item in the **Data** menu and affirm the following confirmation prompt.

8.3. Displaying Data Content of an SD Memory Card

Use the **SD card dir** command in the **Data** menu to display the data stored on the SD memory card. The .csv files present on the SD card, containing the data for the measurement, can be opened with any PC and can be viewed and edited with a suitable program such as Microsoft Excel®.

NOTE: See 9.1 for information on updating the firmware.

9. Special Functions

Described below are some of the device's functions that are irrelevant to normal operations but which nonetheless may occasionally be required.

9.1. Updating the Firmware

It may occasionally be necessary to update the equipment's operating program. An SD memory card with the software to be installed is required for this purpose. Please apply to Comde-Derenda GmbH to receive the latest version.

CAUTION! Pay attention to compatibility issues: If the parameter records in the old and new versions of the firmware are not identical, then settings may be lost and the proper functioning of the device may be endangered. Please contact Comde-Derenda GmbH prior to updating in order to clarify compatibility questions.

Proceed as follows to update the firmware:

1. Mount the SD memory card with the update file in the SD card slot at the upper right hand corner of the control unit.
2. In the main menu, select the **Data** menu item and confirm by pressing the jog dial.
3. In the **Data** menu, select the **Firmware Update** item and confirm your choice.
4. Confirm with **Yes** the query as to whether you want to proceed with the update.

The update will now be installed. A bar appears, showing the progress of the copying procedure. Once the update has run successfully to completion, the display will show **OK**. The unit will then automatically be reset and restarted.

WARNING! The unit must not be switched off while the software is being upgraded. This would cause data loss, the device could no longer be used and it would have to be returned to the factory for repairs before it could be returned to service.

9.2. System Information

Proceed as follows to call up the system information:

1. Select the **Setup** menu item in the main screen and confirm your choice by pressing the jog dial.
2. When in the **Setup** menu select the **System info** item and confirm your choice.

You will see the following information in the **System information** screen:

- **Software-Vers.:** Software release version number
- **Hardware-Vers.:** Hardware version number
- **Series Number:** Device serial number

- **Device Number:** Device number assigned by the user (see 5.4.1)
- **Last Flow Calib.:** Date and time of the most recent calibration of the flow sensor
- **Last Photo Calib.:** Date and time of the most recent service for the photometer
- **Model Number:** GPRS modem type
- **Firmware Rev:** Firmware version for the GPRS modem
- **Network Stat.:** Status of the GSM/GPRS connection
- **IP Address:** IP address of the GPRS connection

See section 9.5.3 for details on calibrating the flow sensor.

System Information		12:10:00
Software Vers. :	3.0.1	
Hardware Vers. :	5.2A	
Serial Number :	00078	
Device Number :	00004	
Last Flow-Calib. :	23.10.2013	12:37:55
Last Photo-Calib.:	16.09.2013	18:26:49
Model Number :	GE864-QUAD	
Firmware Rev. :	10.00.014	
Network Stat. :	registered	
IP Address :	88.128.226.63	

Go back

Fig. 20: System Information screen

9.3. Service Menu

The **Service** menu is used primarily to check the sensors and for adjustment and maintenance work carried out by service technicians. This menu will not usually be used in normal operations. You access the **Service** menu from the main screen by selecting **Setup** → **Service**.

Shown in the **Service** menu are all measured values reported by the unit's sensors together with the corresponding correction parameters.

9.4. Manual Mode

The **Manual Mode** menu allows you to start individual system functions manually. It is primarily designed for service technicians who want to test individual functions. Manual mode is not suitable for regular measurements of the particulate matter mass concentration because there is no automatic flushing during the measurement. You can call up the following functions via the **Manual Mode** menu:

9.4.1. Flushing

Carry out manual activation of zero air flushing of the photometer unit as follows:

1. Select the **Manual Mode** menu in the main menu and press the jog dial to confirm.
2. Select the item **Flush** in the **Manual Mode** menu and confirm.

Flushing starts immediately. During flushing you see the current value of the voltage signal at the photometer on the right side of the display, and left of that the offset voltage value of the photometer determined during flushing. To stop flushing, select and confirm the menu item **Stop**.

9.4.2. Measuring PM_{2.5} oder PM₁₀

Start a manually activated measurement of PM_{2.5} or PM₁₀ particulate matter as follows:

1. Select the **Manual Mode** menu in the main menu and press the jog dial to confirm.
2. Select the item **PM2.5** or **PM10** in the **Manual Mode** menu and confirm.

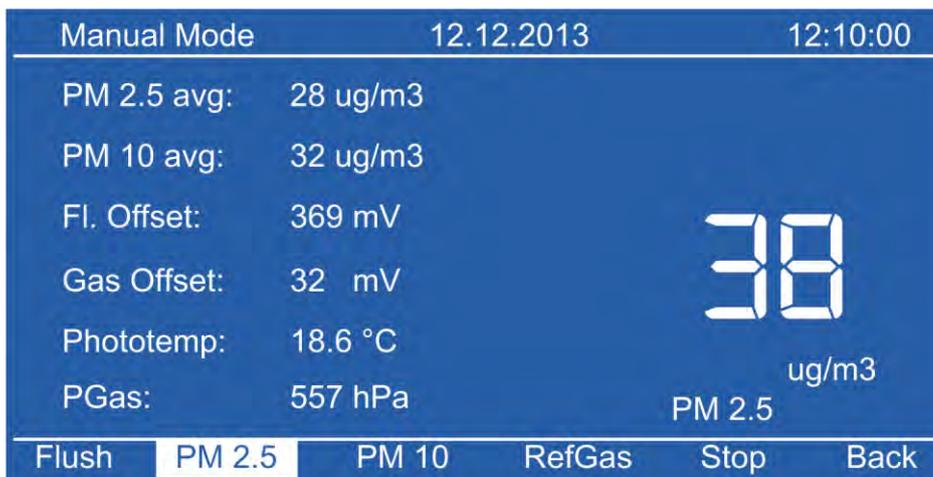


Fig. 21: Manual Mode menu

The measurement starts immediately. The current value of the mass concentration is shown on the right side of the display during the measurement. On the left you see the corresponding mean value for the measurement, which is updated once every second. To stop the measurement, select and confirm the menu item **Stop**.

9.5. Calibrating the Flow Sensor

For correct measurement operation, the volume flow of the drawn-in air has to be 3.3 l/min during the measurement. When in continuous operation, the flow sensor shall be calibrated once a month. Calibration will require an external flow meter, which is not included in the standard scope of delivery.

9.5.1. Preparing for the Calibration

Prior to calibration of the flow sensor the APM-2 should be run for a period of 15 minutes so it warms up. For this purpose, parameterize and start a measurement. Additionally check the values for outside air temperature (**Ext. Temp**) and air pressure (**Pressure**) indicated on the left side of the **APM Measurement** menu (Fig. 18). If they should deviate from the values of calibrated reference instruments by more than 2 K and 4 mbar respectively, temperature and/or pressure sensors first have to be calibrated/adjusted, see 9.3.

9.5.2. Connecting the external flow meter

1. Remove the impactor inlet by pulling it off the intake tube in an upward direction.
2. Shift the calibration adapter to the upper end of the intake tube and ensure that the adapter is firmly seated.
3. Connect the calibration adapter and the external flow meter using the corresponding hose.

APM Parameter		12.12.2013	12:20:00
PM2.5	<input type="text" value="PM10"/>	PM2.5/10	Offset2.5: 1.00
Save file:			Factor2.5: 0.00
2	5	10	Offset 10: 1.00
		<input type="text" value="15"/>	Factor 10: 0.00
		min	Allow Neg.: 0
Set Temp.:	40.0°C		
CalibValue:	<input type="text" value="92.6"/>		
Phototemp:	39.0°C		
			Back

Fig. 22: Adjusting the pump's power setting

9.5.3. Calibrating the Flow Sensor

The calibration process is controlled via the control unit:

1. Select the **Setup** menu in the main menu and press the jog dial to confirm.
2. In the **Setup** menu, select the **Measurement parameter** item and confirm your choice.
3. In the **APM Parameter** menu, select the value shown to the right of **CalibValue** so that it is shown outlined and press the jog dial. The value is now shown inverse (Fig. 22).

4. Observe the display of the external flow meter and, if necessary, adjust the pump motor speed by turning the jog dial until the value indicated by the flow meter corresponds exactly to 3.3 l/min. The volume flow correction value also changes accordingly.
5. After the correct value is reached, press the jog dial.
6. To go back to the main menu, select and confirm **back**.

9.5.4. Checking the Accuracy of the Calibration

After completion of the calibration procedure start a measurement as a test. Please wait until the device automatically changes into the PM_{2.5} or PM₁₀ measurement mode. Check the display of the external flow meter for agreement with the set value. In the event of deviations, repeat the calibration as described.

9.6. Inspecting the Photometer

In addition to calibrating the photometer at regular intervals (see 10.3), it is also possible to use a test gas to verify its functioning and sensitivity. You will need optional devices and documentation to carry out the inspection with the test gas. These can be obtained on request from Comde-Derenda GmbH.

9.7. Leak Tightness Test

An automatic leak tightness test is provided in the APM-2 to check the tightness of the system; this is started via the device firmware. This test requires the Comde-Derenda leak test instrument (Fig. 24), available separately.

9.7.1. Sequence for Leak Tightness Testing

Leak testing is started by using the internal pump to create a vacuum of approx. 300 hPa inside the device. Then observe the system to determine whether and the extent to which this pressure rises within the following 5 minutes. The test is considered to have been passed if the pressure rise is less than 290 hPa. Otherwise the system is leaking and will have to be inspected.

The test at the zero air port is optional and intended primarily for use by service technicians.

9.7.2. Leaking Test Menu

The leak test is conducted using the APM-2 control unit. The appropriate menu is called up by selecting **Setup** → **Leaking Test**.

Shown in the center of the menu window is the name of the function currently being run and the appropriate progress bar. The following values are shown in the lower section of the window:

- **PGas:** Current vacuum in the system, in hPa
- **Zero air:** Starts the leak test when the leak testing instrument is connected to the zero air port
- **Inlet:** Starts the leak test when the leak testing instrument is connected to the virtual impactor
- **Stop:** Terminates a leak test currently being conducted
- **Back:** Leaves the **Leaking Test** menu

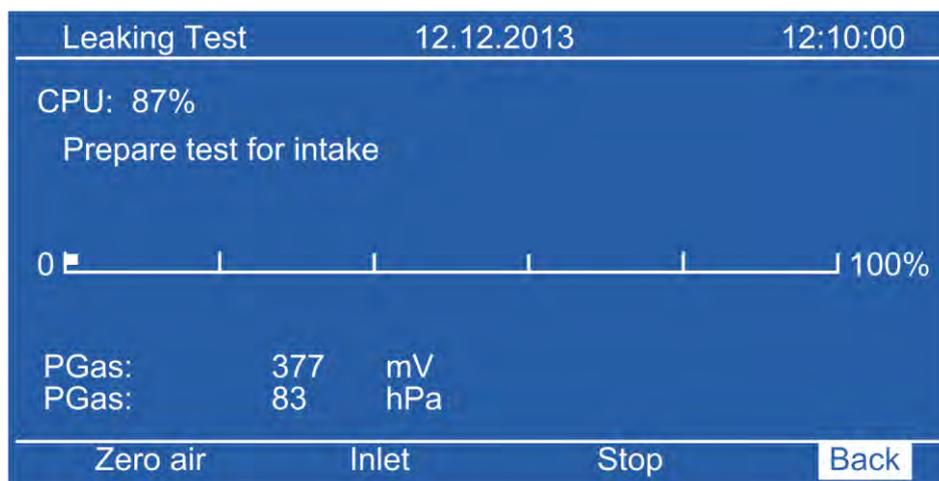


Fig. 23: Leaking Test menu

9.7.3. Conducting the Leak Tightness Test

Follow the instructions below to conduct a leak test.

1. Ensure that the APM-2 is switched off.
2. Remove the impactor head from the APM-2 by pulling it upward and off of the inlet tube above the virtual impactor.

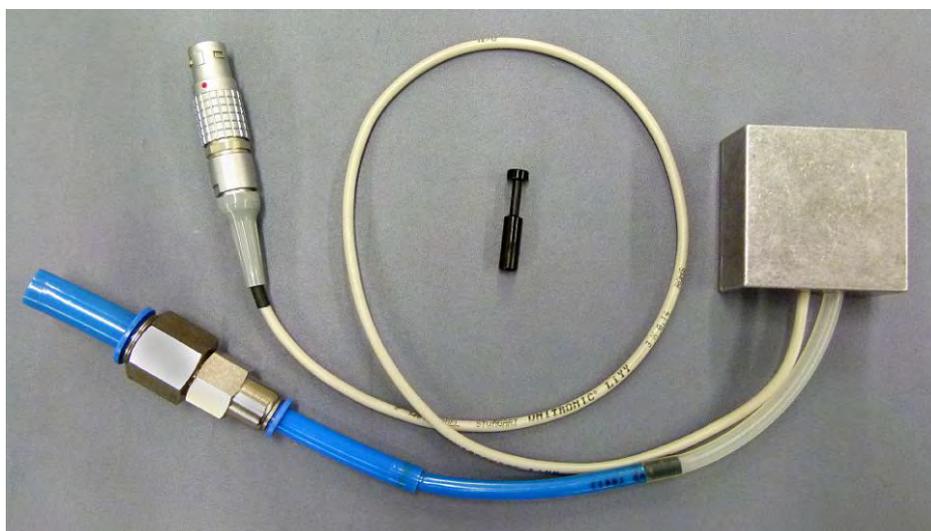


Fig. 24: Leak testing instrument

3. Lift the inlet tube off the virtual impactor.
4. Connect the leak testing instrument (Fig. 24) with the control cable socket on the APM-2. The 7-pole socket is located on the front panel of the APM-2 control unit.
5. Power up the APM-2 by turning on the main switch on the front panel and the switch on the front of the control unit.
6. Disconnect the coarse filter (with tube) from the zero air port on the left-hand side of the unit.
7. Insert the closure plug into the socket at the zero air port.
8. Join the leak testing instrument with the APM-2 by inserting the hose fitting into the virtual impactor inlet port (Fig. 25).



Fig. 25: Connecting the leak testing instrument

9. At the APM-2 control unit, call up the **Leaking Test** menu with menu items **Setup** → **Leaking Test**.
10. Click on menu item **Inlet** to start the automatic testing process.

NOTE: If there is any vacuum in the device at the beginning of the test, then the testing cycle cannot be started. The appropriate message will appear in the display, requesting that the device first be vented. To do so, briefly detach the fitting on the gas hose from the adaptor at the virtual impactor and then reconnect the hose. To begin the test cycle, select and confirm the **Start** menu item. The leak test is not available in all versions of the device.

The steps in the testing process follow this sequence:

1. **Generating a vacuum:** The message “**Leak test starting**” will appear briefly in the display. The internal pump will generate a vacuum in the APM-2 to a pressure level of approx. 300 hPa.
2. **Testing phase:** The testing phase will commence once the vacuum has been generated. During this period, the vacuum in the system will be monitored continuously by the sensors in the device and shown as the **PGas** value in the display.

3. **Displaying the results:** A tolerance of 290 hPa applies to the rise in pressure. If the pressure during the test phase remains the same or has risen by no more than 290 hPa, then the test is deemed to have been passed. If the pressure has risen by more than 290 hPa, then the test has been failed. The results will be shown accordingly in the display. This concludes the leak test.

To leave the menu after the test, select the **Finished** menu item and respond to the following confirmation question with **Yes**. While the test is running, the sequence may be aborted by selecting the **Stop** menu item; it may be recommenced with **Start**. If the test is not successful, first attempt to locate and correct the reason for the leak (e.g. a hose that is connected loosely). If this cannot be done, then the device will have to be inspected at the factory. In this case please contact Comde-Derenda GmbH.

9.8. Factor and Offset Settings

In the device the values determined during a measurement are in the form of voltage in mV. The measured value is then converted to $\mu\text{g}/\text{m}^3$ by means of correction factors (multiplication). Depending on the measurement situation, it may be necessary to adjust these factors for $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} separately in each case. For this purpose the measurement results are compared to those of a reference device in a measurement series and on this basis the necessary correction factors are calculated mathematically. The values determined by the device regarding offset values can also be adjusted, again separately for $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} . To enter the factor and offset settings, proceed as follows:

1. Select the **Setup** menu in the main menu and press the jog dial to confirm.
2. In the **Setup** menu, select the **Measurement parameter** item and confirm your choice.
3. Select the value next to the desired variable (**Factor 2.5**, **Factor 10**, **Offset 2.5** or **Offset 10**) in the right-hand section of the menu so that this value is shown outlined and press the jog dial. The value is now shown inverse.
4. Adjust the value according to the previously calculated values by turning the jog dial and press the jog dial to confirm. The change is thus saved.

9.9. Allowing Negative Measured Values

This function is relevant only for service technicians and is not required in standard operation. The value should, in the normal case, be left at "0". Change the setting for negative measured values as follows: The change is thus stored.

1. Select the **Setup** menu in the main menu and press the jog dial to confirm.
2. In the **Setup** menu, select the **Measurement parameter** item and confirm your choice.
3. Click on the value displayed next to **Allow Neg.** and modify as desired (**0** = negative values not permitted, **1** = negative values permitted).

4. Press the jog dial to confirm. The change is thus saved.

10. Service and Maintenance

10.1. General

The device requires little service. The photometer chamber is cleaned automatically by the device during the measurement operation and should not be opened.

10.2. Internal Filters

The replacement intervals for the filters vary widely, depending on the level of air pollution. In general, the filters should be replaced after six months, at the latest. For the zero air filter, the change in the photometer offset value may be used as an indicator of the loading level. Minor fluctuations in the offset (by a few tens of a mV) are normal. If the offset should, however, rise by several hundred mV, then this is evidence of a clogged or damaged zero air filter. The condition of the filter shall be inspected at regular intervals.

To change the internal filters, switch off the device and disconnect it from the power supply.

The existing filters:

- 1 zero air filter (type Parker Balston)
- 1 photometer outlet filter (type Parker Balston)
- 1 bypass filter (type WIX)
- 1 pump outlet filter (type WIX)

can simply be pulled off the silicone hoses and replaced (see 10.7).

10.3. Photometer Unit

The photometer in the APM-2 shall be calibrated once a year. Do this by sending the photometer in its casing to Comde-Derenda GmbH and by contacting our customer service department.

It will be necessary to replace the photometer after a certain period in service. The photometer is to be changed if either of the following criteria is fulfilled:

- If the total amount of particulate matter collected exceeds 50 mg. This corresponds to a throughput of about $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, continuously over 100 days, or $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, continuously over 200 days, or $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, continuously over 1,000 days.
- If the photometer offset value has risen to more than 2,500 mV.

If one of these events occurs, then please contact Comde-Derenda GmbH. The replacement of the photometer, which may then be necessary, will be carried out by Comde-Derenda GmbH.

10.4. Vacuum Pump

The vacuum pump is powered by a brushless motor and requires no maintenance. The normal service life of the pump, when in continuous operation, is about two years. This period of time may vary, depending on the use. The pump will have to be replaced once it has reached the end of its service life. Should the pump fail, the device will automatically issue the appropriate warning.

10.5. Impactor Inlet

The impactor inlet should be cleaned according to the specific load, but every 28 days at the latest. To do so, pull the inlet off the intake tube and open it. The lubricated baffle plate and the impactor section are inside. The baffle plate can be cleaned with spirit and then recoated with Vaseline or high-vacuum grease (medium). The use of high-vacuum grease (medium) is especially recommended at low ambient temperatures.

You can either blow out the impactor section with compressed air or clean it in an ultrasonic bath.

10.6. Virtual Impactor

The virtual impactor shall be cleaned after 90 days at the latest, with the exact value depending on the amount of loading. For cleaning purposes you need to take off the connecting hoses to the virtual impactor inside the device. Then you can blow out the virtual impactor with compressed air. Once a year you should clean the virtual impactor with spirit or highly volatile alcohol to remove deposits.

10.7. Spare Parts

Item	Type	Part Number
Zero Air Filter	Parker Balston	D100010
Photometer Outlet Filter	Parker Balston	D100010
Bypass Filter	WIX	D100020
Pump Outlet Filter	WIX	D100020
Brushless Pump	Nitto Kohki	D100093
Pinch Valve	Sirai	D100833
Silicon Hose	Espass	D100823

11. Error Messages

Warnings or error messages may be issued from time to time during operation. Details on the individual reports will be found in the following table. Even after a fault message has been issued, the device will continue to function without any interruption. After a power outage, the device will automatically restart measurement operations. The measured data recorded up until the power outage occurred will be retained in memory.

Error	Description
Error_EXTSENSOR	Warning: External temperature/moisture sensor not connected or faulty
Error_POWERLOSS	Warning following power outage; measurement was restarted after power restored
Error_ENDOFLOG	Warning: Overrun at internal log memory; SD card can no longer store all the malfunctions
Error_RAMCLOCKOVERFLOW	Warning: Overrun at internal log memory (only after restarting, if the internal memory is still in an overflow state)
Error_PUMPNOFLOW	Malfunction: Pump creating no measurable flow Check pump: Seized or defective?
Error_NOPHOTOMETER	Malfunction: Photometer values below limit value Check photometer: Is it connected?
Error_HEATINGPHOTO	Malfunction: Photometer chamber not connected correctly Check: Temperature sensor at photometer defective?
Error_PARAMETERCRC	Malfunction: Can appear following a firmware update; be absolutely sure to load the factory defaults and calibrate the device Before updating the firmware, be absolutely sure to copy down the old parameters shown in the menu!
Error_MENUITEM	Please notify the manufacturer

12. Bayern-Hessen-Protokoll (Bavaria-Hesse-Protocol)

12.1. Interface Definition “Serial Measuring Instruments”

Being used ever more frequently in pollution measurement networks are intelligent, microprocessor-controlled measurement units fitted as standard equipment with an interface to transfer measurement data, operational status information and error status.

To ensure trouble-free attachment of a wide variety of equipment, a standard interface is described below, similar to the “50-pole data plug” described in the “Standardization Recommendation for Automated Air Quality Control Measurement Networks”.

12.2. Interface Specification

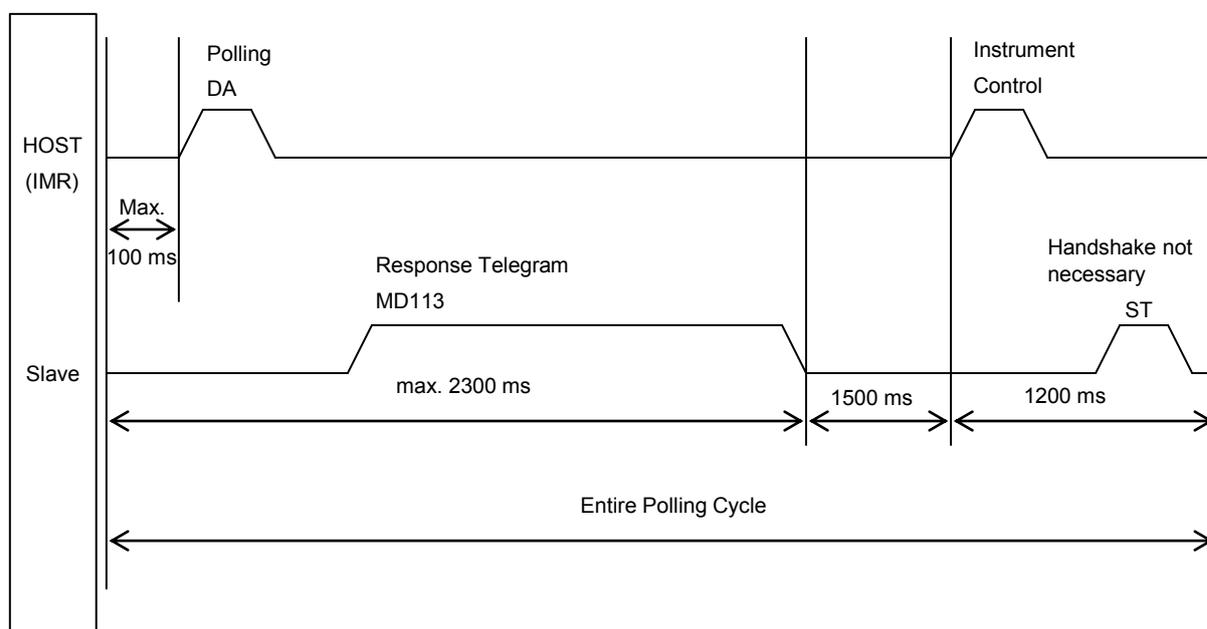
Asynchronous-serial Data Transfer

Baud Rate:	1200 Baud
Data Format:	1 Start Bit 8 Data Bits 1 Stop Bit
Handshake:	Full-duplex Operation; Polling Method (MSR = Master)
Connector:	9-pole SUB-D-Connector with the PIN configuration: PIN 02: TxD Send Data (Off) PIN 03: RxD Receive Data (On) PIN 05: GNDGround
Voltage Level:	According to norm V24; not potential-free For Data Lines (RxD, TxD): -15 to – 3V for logical HIGH +3 to + 15V for logical LOW

12.3. Data Transfer

Data transmission (MSR ↔ measurement unit) is effected using standardized blocks, each secured with a block check character (BCC).

The characters transmitted here are taken from the USASCII standard character set (0-9, A-Z); check characters are added to the block to facilitate error detection. Maximum block length at present is 256 characters (including control characters and protocol frame).



12.4. Transfer Protocol

Data transmission between the measurement point and the MSR takes place in accordance with a strict master-slave procedure. The measurement site itself never initiates contact with the MSR.

The MSR transmits commands to the measurement site, which then responds with an answer block. All the commands contain an address, i.e. the measurement unit identifier. The addresses can be used to address either the entire measurement site or individual measurement units at the measurement site.

Response blocks also contain from one to four measurement device identifiers for the purposes of identification and allocation.

See section 12.6 for the definitions of the individual telegrams (message blocks).

Data Protocol Structure:

Byte 001:	STX (Start of Text)
Byte 002-nnn:	<TEXT>; Message Text; max. 120 Characters; USASCII coded
Byte nnn+1:	ETX (End of Text)
Byte nnn+2/3:	BCC (Block Check Character)

The response from the measurement site is always in the same format as that of the command it received.

Data Polling

The data registered at the measurement site are transmitted to the MSR in response to a polling request. A polling data block can be used to query either a single measurement unit or all the measurement units connected at a measurement site.

Data Transmission

The data registered at the site are transferred by way of a response message. Where the measurement site has multiple measurement units, the individual values will all be compiled into a single message.

12.5. Generation of the Block Check Character

The block check character (BCC) is generated by forming, byte by byte, the exclusive-or sum of all the characters transmitted (including STX and ETX), starting at \$00. The result byte block (checksum) thus created is transmitted in hexadecimal code wherein the upper nibble of this byte is transmitted as BCC1 and the lower nibble as BCC2.

The ASCII value range of from 0 to 9 and from A to F (capital letters) is permissible for the BCC bytes so that the nibbles can be expressed in hexadecimal notation.

12.6. Telegrams „Serial Measuring Instruments“

In the telegrams cited below the required blanks are depicted with a pound sign (#).

The block control characters and the BCC characters are enclosed in <> for emphasis.

12.6.1. Data Polling of the Measuring Station

Block Identifier: DA

Telegram Length: Variable

Telegram Type: Command

Field No.	Start-Byte	Data Format	Description
1	1	<STX>	Start of Text
2	2	DA	Block Identifier
3	4	<ETX>	End of Text
4	5	<BCC1>	Low Nibble BCC
5	6	<BCC2>	High Nibble BCC

12.6.2. Measuring Station Data in Reply to Data Polling

Field No.	Start-Byte	Data Format	Field Description
1	1	<STX>	Start of Text
2	2	MD	Block Identifier
3	4	nn#	Number of Measuring Units
4	7	nnn#	Measuring Unit ID
5	11	±nnnn±ee#	Measured Value
6	20	hh#	Operating Status
7	23	hh#	Error Status
8	26	nnn#	Serial Number
9	30	hhhhhh#	Not Assigned
10	37	nnn#	Measuring Unit #2 ID (optional)
11	41	±nnnn±ee#	Measured Value
12	50	hh#	Operation Status
13	53	hh#	Error Status
14	56	nnn#	Serial Number
15	60	hhhhhh#	Not Assigned
16	67	nnn#	Measuring Unit #3 ID (optional)
17	71	±nnnn±ee#	Measured Value
18	80	hh#	Operating Status
19	83	hh#	Error Status
20	86	nnn#	Serial Number
21	90	hhhhhh#	Not Assigned
22	97	nnn#	Measuring Unit #4 ID (optional)
23	101	±nnnn±ee#	Measured Value
24	110	hh#	Operation Status
25	113	hh#	Error Status
26	116	nnn#	Serial Number
27	120	hhhhhh#	Not Assigned
28	127	<ETX>	End of Text
29	128	<BCC1>	Low Nibble BCC
30	129	<BCC2>	High Nibble BCC

Telegram Identification: MD

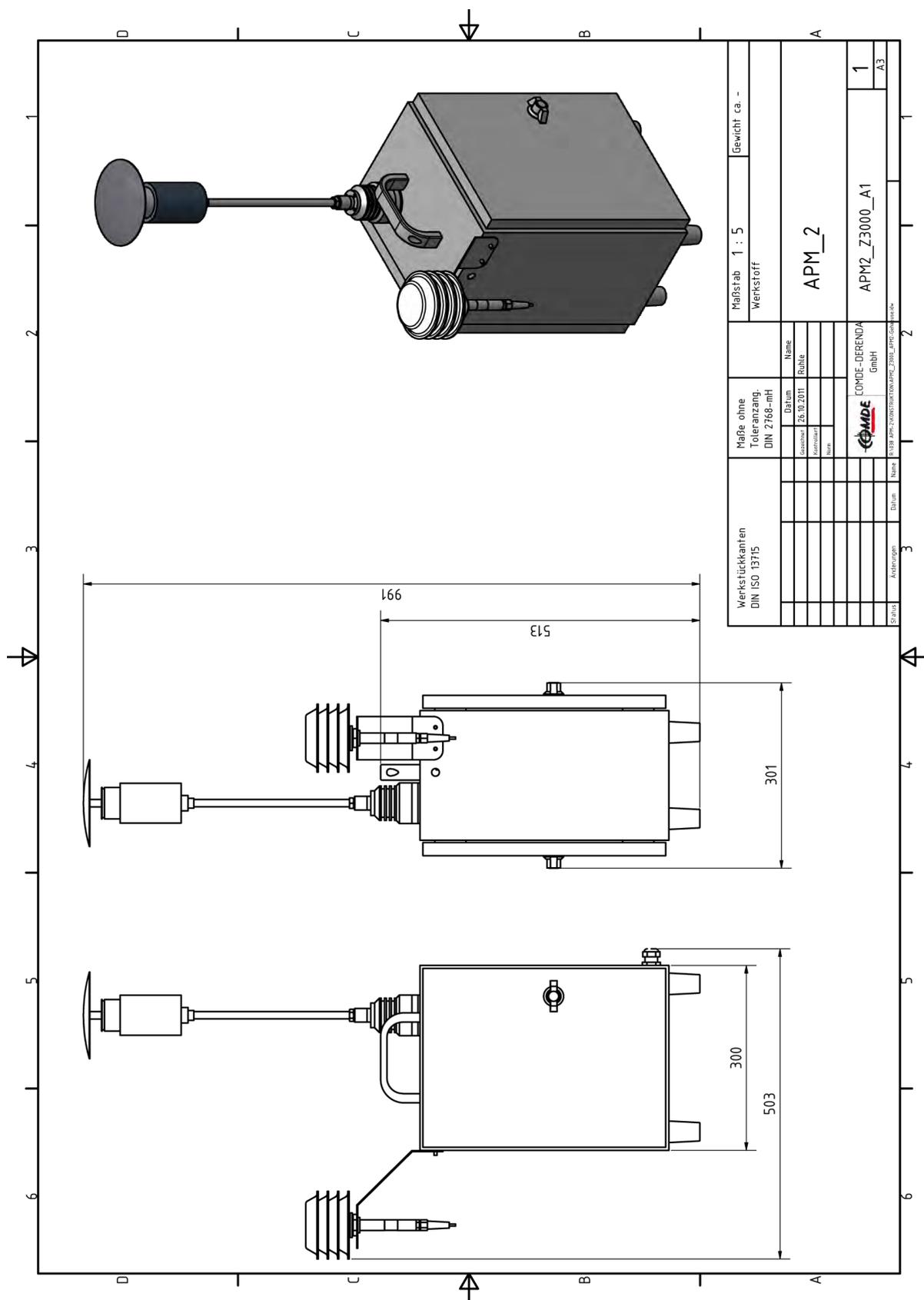
Telegram Length: Variable

Telegram Type: Response

13. Technical Specifications

Dimensions and Weight (excluding impactor inlet and antenna)	
Width	320 mm
Height	560 mm
Depth	270 mm
Weight	approx. 15 kg
Power Supply	
Supply Voltage	230 V, 50/60 Hz
Microfuse	T 1.25 A
Power Consumption	approx. 80 W
Electronics	
Interface	RS-232
Transfer Protocol	Bayern-Hessen-Protokoll
Additional Data	
Measurement Range	0 ... 1000 µg/m ³
Resolution	1 µg/m ³
Flow Rate	3.3 l/min (controlled)
Sampling time	Continuous
IP Classification	IP 65

14. Dimensional Drawing



15. Index

Administrator Settings.....	23	Manual Mode.....	33
Assembly.....	15	Measurement	
Basic Settings.....	20	Abort.....	29
Baud Rate Settings.....	23	Alternating Mode Interval.....	27
Bayern-Hessen-Protokoll.....	44	Parameterizing	26
Calibrating the Flow Sensor.....	34	Particulate Fraction	26
Connecting the System.....	16	Procedure	28
Contrast (Control Unit Display)	21	Set Temperature for Photometer	27
Control Unit	11	Starting a Measurement	27
Data Management.....	30	Measurement Menu During Operation	28
Displaying SD Memory Card Data.....	31	Negative Measured Values	39
Erasing Memory.....	31	Offset Settings.....	39
Storing Data on SD Memory Card	31	Operating Environment.....	7
Data Transmission		Operation	17
Input/Output-Mode	21	Password Change	24
Parameter Identifier Codes	22	Photometer Inspection	36
Settings	21	Photometer Unit	14
Device Adjustment Menu.....	25	Maintenance	41
Device Number, editing.....	23	Safety Instructions.....	8
Dimensional Drawing	49	Scope of Delivery.....	7
Electromagnetic Compatibility	7	Settings.....	17
Error Messages	43	Software	
External Sensor	13, 15	Data Menu.....	18
Factor Settings.....	39	Design.....	17
Filters (Internal)	41	Leaking Test Menu	36
Firmware-Update	32	Manual Mode Menu	18
Flushing Manually.....	34	Measurement Menu	18
Flushing with Zero Air.....	28	Service Menu.....	33
Functional Concept.....	10	Setup Menu	17
GPRS Module		Spare Parts	42
Type Selection	25	Special Functions.....	32
Impactor Head.....	15	Specifications	48
Impactor Inlet.....	14	Storage	16
Maintenance.....	42	Symbols and Typography	6
Intake Tube.....	14, 15	System Information.....	32
Intended Use	6	System Overview.....	10
Introduction.....	6	Time and Date	20
Language Settings.....	20	Transport.....	15
Leak Tightness Test.....	36	Vacuum Pump Maintenance	42
Conducting the Test.....	37	Virtual Impactor	13
Maintenance.....	41	Maintenance	42
Manual Measurement.....	34		

TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH



ADDENDUM

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014

TÜV-Bericht: 936/21253723/A
Köln, 09. September 2021

www.umwelt-tuv.de



tre-service@de.tuv.com

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

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

nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

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

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

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

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Leerseite

Inhaltsverzeichnis

1.	KURZFASSUNG	9
1.1	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse	15
2.	AUFGABENSTELLUNG	21
2.1	Art der Prüfung.....	21
2.2	Zielsetzung	21
3.	BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG.....	23
3.1	Messprinzip.....	23
3.2	Funktionsweise der Messeinrichtung	25
3.3	Umfang und Aufbau der Messeinrichtung	25
4.	PRÜFPROGRAMM.....	37
4.1	Allgemeines	37
4.2	Laborprüfung	39
4.3	Feldtest.....	40
5.	REFERENZMESSVERFAHREN.....	51
6.	PRÜFERGEBNISSE	52
6.1	1 Messbereiche.....	52
6.1	2 Negative Signale.....	53
6.1	3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3).....	54
6.1	4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4)	56
6.1	5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5).....	59
6.1	6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6).....	62
6.1	7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.).....	64
6.1	8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7)	67
6.1	9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8)	69
6.1	10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung	71
6.1	11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9)	72
6.1	12 Nullpunktprüfungen (7.5.3).....	74
6.1	13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4).....	77
6.1	14 Tagesmittelwerte (7.5.5).....	79
6.1	15 Verfügbarkeit (7.5.6)	80
6.1	Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8).....	82
6.1	16 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den AMS $u_{bs,AMS}$ (7.5.8.4)	83
6.1	17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8).....	91
6.1	17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	114
6.1	18 Wartungsintervall (7.5.7)	122
6.1	20 Prüfungen der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte	124
7.	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ.....	125
8.	UNTERSUCHUNGEN ZUR VALIDIERUNG DER GERÄTESOFTWARE 3.0.1.....	126
9.	LITERATURVERZEICHNIS	135
10.	ANLAGEN.....	138



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beschreibung der Messstellen	13
Tabelle 2:	Beschreibung der Messstelle (Validierungskampagne 2014)	14
Tabelle 3:	Ergebnisse der Äquivalenztests (Rohdaten)	14
Tabelle 4:	Prüfung Wiederholbarkeit mit Prüfgaskoffer	33
Tabelle 5:	Gerätetechnische Daten APM-2 (Herstellerangaben)	36
Tabelle 6:	Feldteststandorte	41
Tabelle 7:	Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten als Tagesmittelwerte	49
Tabelle 8:	Entfernte Wertepaare Referenz PM ₁₀ nach Grubbs	50
Tabelle 9:	Entfernte Wertepaare Referenz PM _{2,5} nach Grubbs	50
Tabelle 10:	Eingesetzte Filtermaterialien	50
Tabelle 11:	Nullniveau und Nachweisgrenze PM ₁₀	55
Tabelle 12:	Nullniveau und Nachweisgrenze PM _{2,5}	55
Tabelle 13:	Genauigkeit des Volumenstroms bei -15 °C und +40 °C	58
Tabelle 14:	Ergebnisse Kontrolle Durchflussrate	60
Tabelle 15:	Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN3 & SN4	60
Tabelle 16:	Ergebnisse der Dichtigkeitsprüfungen	63
Tabelle 17:	Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM ₁₀	65
Tabelle 18:	Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM _{2,5}	66
Tabelle 19:	Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Propan) von der Umgebungstemperatur, SN3 + SN4	68
Tabelle 20:	Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, PM ₁₀ , SN 20095 + SN 20133	70
Tabelle 21:	Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, PM _{2,5} , SN 20095 + SN 20133	70
Tabelle 22:	Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, SN 20095 + SN 20133	73
Tabelle 23:	Nullpunktprüfungen SN3 + SN4, PM ₁₀ , mit Nullfilter	75
Tabelle 24:	Nullpunktprüfungen SN3 + SN4, PM _{2,5} , mit Nullfilter	76
Tabelle 25:	Ermittlung der Verfügbarkeit	81
Tabelle 26:	Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für PM _{2,5}	84
Tabelle 27:	Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für PM ₁₀	84
Tabelle 28:	Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM _{2,5}	94
Tabelle 29:	Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM ₁₀	97
Tabelle 30:	Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs,RM}$ für PM _{2,5}	101
Tabelle 31:	Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs,RM}$ für PM ₁₀	101
Tabelle 32:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für PM _{2,5} nach Korrektur Steigung	118
Tabelle 33:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für PM ₁₀ nach Korrektur Steigung und Achsenabschnitt	120
Tabelle 34:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM _{2,5} , Rohdaten	127
Tabelle 35:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM ₁₀ , Rohdaten	127
Tabelle 36:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM _{2,5} , Steigungskorrektur um 0,919	128
Tabelle 37:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM ₁₀ , Steigungskorrektur um 0,977, Achsenabschnittskorrektur um -3,758	128

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 5 von 183

Tabelle 38:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM _{2,5} , Steigungskorrektur um 0,919.....	129
Tabelle 39:	Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM ₁₀ , Steigungskorrektur um 0,977, Achsabschnittskorrektur um -3,758.....	131
Tabelle 40:	Stabilität Eichgewicht	181
Tabelle 41:	Stabilität der Kontrollfilter	183



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Funktionsprinzip Photometer-Einheit	23
Abbildung 2:	Funktionsprinzip des Virtualimpaktors	24
Abbildung 3:	Übersichtsdiagramm APM-2	25
Abbildung 4:	Überblick Gesamtsystem APM-2	26
Abbildung 5:	PM ₁₀ -Probenahmekopf für APM-2	27
Abbildung 6:	Virtual-Impaktor für APM-2	27
Abbildung 7:	Ansicht APM-2 (Frontklappe offen)	28
Abbildung 8:	Ansicht APM-2 (Rückklappe offen)	28
Abbildung 9:	Messsysteme APM-2 auf Messstation	29
Abbildung 10:	Bedieneinheit	29
Abbildung 11:	Menüstruktur APM-2	31
Abbildung 12:	Nullfilter	32
Abbildung 13:	Prüfgaskoffer zur Überprüfung der Empfindlichkeit.....	34
Abbildung 14:	Prüfaufbau APM-2 + Prüfgaskoffer.....	34
Abbildung 15:	Dichtigkeitstestvorrichtung.....	35
Abbildung 16:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“	42
Abbildung 17:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“	42
Abbildung 18:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“	43
Abbildung 19:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“	43
Abbildung 20:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“	44
Abbildung 21:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“	44
Abbildung 22:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“	45
Abbildung 23:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“	45
Abbildung 24:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“	46
Abbildung 25:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“	46
Abbildung 26:	Feldteststandort Köln, Sommer & Winter.....	47
Abbildung 27:	Feldteststandort Bonn, Winter	47
Abbildung 28:	Feldteststandort Rodenkirchen, Sommer	48
Abbildung 29:	Durchfluss am Testgerät SN3.....	61
Abbildung 30:	Durchfluss am Testgerät SN4.....	61
Abbildung 31:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte.....	85
Abbildung 32:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Köln, Winter	85
Abbildung 33:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Bonn, Winter	86
Abbildung 34:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Köln, Sommer	86

Abbildung 35:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Standort Rodenkirchen, Sommer	87
Abbildung 36:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	87
Abbildung 37:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte	88
Abbildung 38:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Köln, Winter	88
Abbildung 39:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Bonn, Winter	89
Abbildung 40:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Köln, Sommer	89
Abbildung 41:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Standort Rodenkirchen, Sommer	90
Abbildung 42:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	90
Abbildung 43:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte	102
Abbildung 44:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , alle Standorte	102
Abbildung 45:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Winter	103
Abbildung 46:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Winter	103
Abbildung 47:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Bonn, Winter	104
Abbildung 48:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Bonn, Winter	104
Abbildung 49:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Sommer	105
Abbildung 50:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Köln, Sommer	105
Abbildung 51:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Rodenkirchen, Sommer	106
Abbildung 52:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Rodenkirchen, Sommer	106
Abbildung 53:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM _{2,5} , Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	107
Abbildung 54:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM _{2,5} , Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	107
Abbildung 55:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte	108
Abbildung 56:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , alle Standorte	108
Abbildung 57:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Winter	109
Abbildung 58:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Winter	109
Abbildung 59:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Bonn, Winter	110
Abbildung 60:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Bonn, Winter	110
Abbildung 61:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Sommer	111
Abbildung 62:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Köln, Sommer	111
Abbildung 63:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Rodenkirchen, Sommer	112
Abbildung 64:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Rodenkirchen, Sommer	112
Abbildung 65:	Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM ₁₀ , Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	113
Abbildung 66:	Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM ₁₀ , Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	113
Abbildung 67:	Erstbekanntgabe BAnz. AT 05.08.2014 B11, Kap. III Nr. 2.1	136
Abbildung 68:	Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 02.04.2015 B5, Kap. IV 1. Mitteilung	136
Abbildung 69:	Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 14.03.2016 B7, Kap. V 4. Mitteilung	137
Abbildung 70:	Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 31.07.2017 B12, Kap. II 34. Mitteilung	137
Abbildung 71:	Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 31.07.2020 B10, Kap. II 1. Mitteilung	137
Abbildung 72:	Stabilität Eichgewicht	180
Abbildung 73:	Stabilität der Kontrollfilter	182

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Leerseite

1. Kurzfassung

Im Auftrag der Firma Comde-Derenda GmbH führte die TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (heute TÜV Rheinland Energy GmbH) die Eignungsprüfung der Messeinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} gemäß den folgenden Richtlinien durch.

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, September 2010 bzw. Juni 2002
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, September 2010 bzw. August 2004
- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM₁₀-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998 (zurückgezogen)
- Europäische Norm EN 12341, „Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀ – oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubes“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- 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 Januar 2010

Bei der Betrachtung der Richtlinien EN 12341:1998 / :2014 muss beachtet werden, dass zum Zeitpunkt der ursprünglichen Eignungsprüfung die Richtlinie EN 12341:1998 noch gültig war und entsprechend Beachtung fand. Deshalb ist diese Richtlinie hier der Vollständigkeit halber aufgeführt, ergänzt um die Nachfolgerichtlinie EN 12341:2014.

Auf Basis der aufgeführten Prüfgrundlagen wurden die Messeinrichtungen Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} bereits eignungsgeprüft und wie folgt bekanntgegeben:



- Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 17. Juli 2014 (BANz AT 05.08.2014 B11, Kapitel III Nummer 2.1) – Erstbekanntgabe
- Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 25. Februar 2015 (BANz AT 02.04.2015 B5, Kapitel IV Mitteilung 1 – Mitteilung zu neuer Position Ausgangsfilter
- Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 18. Februar 2016 (BANz AT 14.03.2016 B7, Kapitel V Mitteilung 4 – Mitteilung zu neuer Softwareversion (3.05.002)
- Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 13. Juli 2017 (BANz AT 31.07.2017 B12, Kapitel II Mitteilung 34 – Mitteilung zu neuer Softwareversion (3.07.002), neuer Pufferflasche zur Kompensation von Druckschwankungen durch die Probenahmepumpe sowie zur Abkündigung der optionalen Prüfmethode mit Propangas.
- Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 27. Mai 2020 (BANz AT 31.07.2020 B10, Kapitel II Mitteilung 1 – Mitteilung zu neuer Softwareversion 3.08.001 sowie eines neuen Hardwarestands für die Eingangschaltung.

Seit Juli 2017 liegt nun die Europäische Richtlinie DIN EN 16450 „Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5})“ vor. Diese enthält erstmalig auf europäischer Ebene einheitliche Anforderungen an die Eignungsprüfung von automatischen Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5}) und dient zukünftig als Basis für die Zulassung von automatischen Schwebstaubmesseinrichtungen.

Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen vom Air Pollution Monitor 2 (APM-2) 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 entnommen werden. Einige Prüfpunkte können anhand von Daten aus dem ursprünglichen Eignungsprüfbericht bzw. aus bereits vorliegenden Untersuchungen, die im Rahmen der gelenkten Weiterentwicklung der Messeinrichtung gemäß Richtlinienreihe DIN EN 15267 durchgeführt wurden, neu ausgewertet werden. Lediglich für die Prüfpunkte 7.4.4 „Genauigkeit des Volumenstrom“, 7.4.8 „Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung“ und 7.4.9 „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ wurden komplett neue Prüfungen durchgeführt.

Die neuen Untersuchungen für die Prüfpunkte 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 im Jahr 2019 mit zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN 20095 und SN 20133.

Im Rahmen der Untersuchungen im Jahr 2019 zeigte sich, dass die Messeinrichtung im aktuellen Set-Up die Mindestanforderung aus dem Prüfpunkt 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) für den angestrebten Umgebungstemperaturbereich von -20°C bis +50°C nicht erfüllen konnte. Daraufhin wurden vom Hersteller softwareseitig verschiedene Ansätze zur Verbesserung des Temperaturverhaltens des implementierten Massendurchflusssensors (Temperaturkompensation) untersucht und implementiert, die auf Grund ihrer Signifikanz als Änderung vom Typ 2 i.S. der Richtlinie DIN EN 15267-2 zu bewerten waren. Diese Änderungen wurden in den Softwareversionen 3.10.xxx umgesetzt.

Da jedoch eine sinnvolle und mit vertretbarem messtechnischen Aufwand durchführbare Qualifizierung der Änderung „Einführung einer Temperaturkompensation des Durchflusssensors“ v.a. im Hinblick auf den potentiellen Impact auf die historischen Datensätze nicht möglich war, wurde die Änderung von der Fa. Comde-Derenda komplett verworfen und alle damit verbundenen Änderungen in der Software wieder zurückgenommen. Die Temperaturkompensation des Durchflusssensors bleibt unangetastet und es erfolgt für die Softwareversionen 3.10.xxx kein Release.



Um die Anforderungen der Richtlinie DIN EN 16450 [9] dennoch auch im ursprünglichen Set-Up der Messeinrichtung zu erfüllen, wurde von der Fa. Comde-Derenda entschieden, die Prüfung in einem verkleinerten Temperaturbereich von -15°C bis +40°C durchzuführen. Dieser Ansatz wird im Prüfpunkt 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) durch den Passus abgedeckt, dass die Prüfung auch „...*bei der durch den Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperatur, sofern diese von den in der Regel anzuwendenden Temperaturen abweichen...*“ durchgeführt werden kann.

Dieser Ansatz impliziert dann allerdings, dass der Nachweis der Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie DIN EN 16450 für die Messeinrichtung APM-2 nur für einen Umgebungstemperaturbereich von -15°C bis +40°C gilt.

Die neuen Untersuchungen für den Prüfpunkt 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) für den Umgebungstemperaturbereich von -15°C bis +40°C erfolgten im August 2021 mit zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN 20123 und SN 20133. Auf diesen Geräten war die aktuelle Software 3.11.007 installiert.

Das Addendum ist nach seiner Veröffentlichung fester Bestandteil des TÜV Rheinland Prüfberichtes der Nummer 936/21219977/A vom 26. März 2014 und wird im Internet unter www.qal1.de einsehbar sein.

Die Messeinrichtungen Air Pollution Monitor 2 (APM-2) ermitteln die Staubkonzentrationen mittels des Messprinzips der Streulichtmessung mit einer Kombination einer intensitätsstabilisierten Laserdiode und einer 90° Streulichtdetektion. Mit Hilfe einer Pumpe wird Umgebungsluft über einen PM₁₀-Probenahmekopf gesaugt und gelangt dann in einen sog. Virtualimpaktor, in dem der Probenahmestrom in 2 Teilströme aufgeteilt wird (PM_{2.5} und PM₁₀). In einem Wechselbetrieb mit einer Intervallzeit von 2 Minuten gelangt jeder der beiden Teilströme abwechselnd zur Streulichtsensorik.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines mehrmonatigen Feldtests [10].

Der mehrmonatige Feldtest erfolgte an den Standorten gemäß Tabelle 1.

Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen

	Köln, Parkplatzgelände, Winter	Bonn, Straßenkreuzung, Winter	Köln, Parkplatzgelände, Sommer	Rodenkirchen, Autobahn A555 Sommer
Zeitraum	11/2012 – 02/2013	02/2013 – 05/2013	05/2013 – 07/2013	07/2013 – 09/2013
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge	69	61	54	53
Charakterisierung	Städtischer Hinter- grund	Verkehrsbeeinflusst	Städtischer Hinter- grund	Ländliche Struktur + Autobahn
Einstufung der Im- missionsbelastung	durchschnittlich bis hoch	durchschnittlich bis hoch	niedrig bis durchschnittlich	niedrig

Während der Durchführung der damaligen Eignungsprüfung wurde vom Gerätehersteller der Berechnungsalgorithmus für die Schwebstaubmesswerte weiterhin optimiert. Dazu musste die Gerätesoftware überarbeitet werden und es wurde eine neue Softwareversion (Version 3.0.1) im Winter 2014 bereitgestellt. Zur Qualifizierung der nun implementierten Modifikation des Berechnungsalgorithmus in der neuen Gerätesoftware wurden alle Messwerte aus den Vergleichskampagnen gemäß Tabelle 1 manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet. Zusätzlich wurde zur Qualifizierung eine zusätzliche Vergleichskampagne am Standort Köln, Parkplatzgelände mit den zwei Prüflingen und der neuen Softwareversion (Version 3.0.1) durchgeführt. Tabelle 2 gibt einen Überblick über diese Zusatzkampagne. Die Ergebnisse dieser Zusatzuntersuchungen sind in Kapitel 8 Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1 ab Seite 126 dargestellt.

Tabelle 2: Beschreibung der Messstelle (Validierungskampagne 2014)

	Köln, Parkplatzgelände, Winter
Zeitraum	01/2014 – 03/2014
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge	53
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund
Einstufung der Immissionsbelastung	durchschnittlich bis hoch

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse der durchgeführten Äquivalenztests:

Tabelle 3: Ergebnisse der Äquivalenztests (Rohdaten)

Vergleichskampagnen	PM _x	Steigung	Achsabschnitt	Alle Datensätze W _{CM} <25 % Rohdaten	Kalibrierung ja/nein	Alle Datensätze W _{CM} <25 % kal. Daten
4	PM ₁₀	0,977	-3,758	23,31 %	ja*	13,62 %
	PM _{2,5}	0,919	0,327	17,87 %	ja*	12,64 %

* Kalibrierung notwendig wegen teilweiser Nichterfüllung der Anforderung an W_{CM} für Teildatensätze sowie wegen Signifikanz von Steigung und/oder Achsabschnitt

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 ³ bis 1000 µg/m ³ als ein 24-Stunden-Mittelwert 0 µg/m ³ bis 10000 µg/m ³ als ein 1-Stunden-Mittelwert, falls zutreffend	Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung liegt bei 1000 µg/m ³ .	ja	52
2 Negative Signale	Dürfen nicht unterdrückt werden.	Negative Messsignale können von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge ausgegeben werden, sind aber messprinzip- und bauartbedingt nicht zu erwarten.	ja	53
3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3)	Nullniveau: ≤ 2,0 µg/m ³ Nachweisgrenze: ≤ 2,0 µg/m ³	Das Nullniveau und die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen für beide Geräte sowohl für PM10 als auch für PM2,5 zu <0,15 µg/m ³ .	ja	54
4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4)	≤ 2,0 %	Die ermittelte relative Differenz zwischen dem Mittelwert der Messergebnisse für den Volumenstrom bei -15°C und +40°C lag bei maximal -1,79 %.	ja	56
5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5)	≤ 2,0 % des gemittelten Proben-durchflusses ≤ 5 % des momentanen Proben-durchflusses	Die grafischen Darstellungen der Konstanz des Durchflusses zeigen, dass alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als ±5 % vom jeweiligen Sollwert abweichen. Die Abweichung der 24h-Mittelwerte für den Gesamtdurchfluss von 3,3 l/min sind ebenfalls deutlich kleiner als die geforderten ±3 % vom Sollwert. Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als ± 2,0 %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.	ja	59
6 Dichtheit des Probenahme-systems (7.4.6)	≤ 2,0 % des gemittelten Proben-volumenstroms	Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung - maximaler Druckanstieg von 290 hPa in 5 Minuten - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtheit. Die maximal ermittelte Leckrate von 10,4 ml/min ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 3,3 l/min.	ja	62



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

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 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $+50 \text{ }^\circ\text{C}$. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur auf den ^{Nullpunkt} von $<0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM2,5 und von $<0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM10 festgestellt werden.	ja	64
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 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $+50 \text{ }^\circ\text{C}$. Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen $> 2,4 \%$ ermittelt werden.	ja	67
9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8)	$\leq 5 \%$ vom Wert bei der Nennprüfspannung	Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen $> -1,3 \%$ für PM2,5 bzw. $> 1,1 \%$ für PM10, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.	ja	69
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 nach erneuter Stabilisierung der Photometertemperatur und der zweiminütigen Nullluftspülung wieder fort.	ja	71

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 17 von 183

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 beträgt $-1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	ja	72
12 Nullpunktprüfungen (7.5.3)	Absoluter Wert $\leq 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Der maximal ermittelte absolute Messwert am Nullpunkt lag sowohl für PM2,5 bei $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und bei PM10 bei $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	ja	74
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 Probeeinlasses, wenn ein beheizter Probeneinlass eingesetzt wird	Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle der Messeinrichtung über die serielle Schnittstelle (RS232). Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.	ja	77
14 Tagesmittelwerte (7.5.5)	Die AMS muss die Bildung von Tagesmittelwerten oder Tageswerten ermöglichen.	Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist möglich.	ja	79



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
15 Verfügbarkeit (7.5.6)	Mindestens 90 %	Die Verfügbarkeit betrug für SN3 100 % und für SN4 98,9 %.	ja	80
16 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den AMS _{ubs} ,AMS (7.5.8.4)	≤ 2,5 µg/m ³	Die Unsicherheit zwischen den Prüfungen u _{bs} liegt mit maximal 1,04 µg/m ³ für PM _{2,5} und mit maximal 2,28 µg/m ³ für PM ₁₀ unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m ³ .	ja	83
17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	≤ 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 PM10 für alle betrachteten Datensätze mit Ausnahme von Köln, Winter 2012/2013 sowie des Gesamtdatensatz ohne Anwendung von Korrekturfaktoren über der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit Wd _{qo} von 25 % für Feinstaub. Die ermittelten Unsicherheiten WAMS liegen für PM _{2,5} für alle betrachteten Datensätze mit Ausnahme der Vergleiche >18 µg/m ³ ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit Wd _{qo} von 25 % für Feinstaub. Die Anwendung von Korrekturfaktoren ist gemäß Punkt 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen entsprechend vorzunehmen.	nein	91
17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	Nach der Kalibrierung: ≤ 25 % bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert.	Durch Anwendung der Korrekturfaktoren, erfüllen die Prüflinge die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze sowohl für PM _{2,5} als auch für PM ₁₀ .	ja	114

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 19 von 183

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
18 Wartungsintervall (7.5.7)	Mindestens 14 d	Das Wartungsintervall wird durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen.	ja	122
19 Automatische Überprüfung (7.5.4)	Muss bei der AMS möglich sein	Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnmeldungen angezeigt. Die überwachten Kenngrößen inkl. der automatischen stündlichen Nullpunktüberprüfung werden bei der Datenaufzeichnung mit erfasst.	ja	123
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 Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur, des Luftdrucks und der relativen Luftfeuchte sind vor Ort überprüfbar und justierbar. Die Abweichungen der Sensoren lagen innerhalb der Anforderungen Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur, des Luftdrucks und der relativen Luftfeuchte sind leicht vor Ort überprüfbar und justierbar.	ja	124

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Leerseite

2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Comde-Derenda GmbH wurde von der TÜV Rheinland Energy GmbH eine Eignungsprüfung bzw. Ergänzungsprüfung für die Messeinrichtungen Air Pollution Monitor 2 (APM-2) vorgenommen.

Die Messeinrichtungen Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} sind bereits eignungsgeprüft und im Bundesanzeiger bekanntgegeben.

Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen Air Pollution Monitor 2 (APM-2) im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen an automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration gemäß der Richtlinie DIN EN 16450 (Juli 2017).

2.2 Zielsetzung

Die Messeinrichtungen sollen den Gehalt an PM₁₀ und an PM_{2,5} Feinstaub in der Umgebungsluft im Konzentrationsbereich 0 bis 1000 µg/m³.

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“, September 2010 bzw. Juni 2002 [1]
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, September 2010 bzw. 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_{2,5}-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005 [4]
- Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung von Januar 2010 [5]

Seit Juli 2017 liegt nun die Europäische Richtlinie

- DIN EN 16450 „Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5})“, 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 (PM₁₀; PM_{2,5}) und dient zukünftig als Basis für die Zulassung von automatischen Schwebstaubmeseinrichtungen.



Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen vom Typ APM-2 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 entnommen werden. Einige Prüfpunkte können anhand von Daten aus dem ursprünglichen Eignungsprüfbericht bzw. aus bereits vorliegenden Untersuchungen, die im Rahmen der gelenkten Weiterentwicklung der Messeinrichtung gemäß Richtlinienreihe DIN EN 15267 durchgeführt wurden, neu ausgewertet werden. Lediglich für die Prüfpunkte 7.4.4 „Genauigkeit des Volumenstrom“, 7.4.8 „Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung“ und 7.4.9 „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ wurden komplett neue Prüfungen durchgeführt.

Das Addendum ist nach seiner Veröffentlichung fester Bestandteil des TÜV Rheinland Prüfberichtes der Nummer 936/21219977/A vom 26. März 2014 und wird im Internet unter www.qal1.de einsehbar sein.

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Die Messeinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) ermittelt die Schwebstaubkonzentrationen PM₁₀ und PM_{2,5} nach dem Messprinzip der Streulichtmessung.

Die angewendete Messmethode nutzt die physikalischen Besonderheiten der Lichtstreuung an Mikropartikeln. Die eingesetzte Streulicht-Photometereinheit besteht aus einer intensitätsstabilisierten Laserdiode und einem Halbleiter-Photodetektor. Beide Komponenten sind in einem Winkel von 90° zueinander angeordnet, es handelt sich also um einen Einwinkel-Streulichtsensor. Das von den in einem genau definierten Messvolumen befindlichen Partikeln reflektierte Licht wird von einem Detektor erfasst. Der Photodetektor generiert ein entsprechendes Spannungssignal (0-5 V), welches dann rauscharm verstärkt wird und ein direktes Maß für die Massenkonzentration des Aerosols im Messvolumen darstellt. Zum Nullpunktgleich wird dem Streulichtsensor über eine Umschaltvorrichtung in periodischen Abständen gefilterte Luft zugeführt.

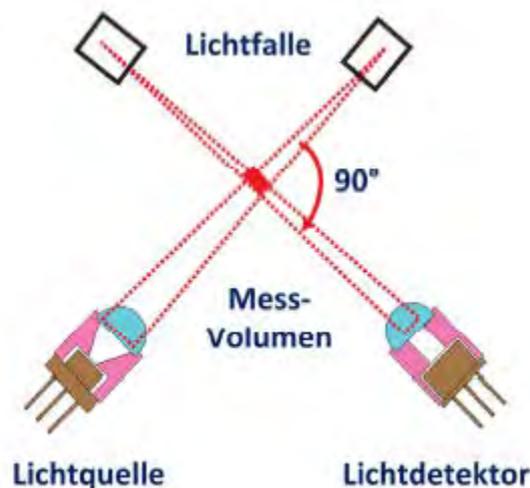


Abbildung 1: Funktionsprinzip Photometer-Einheit

Um die Temperaturabhängigkeit des Photometersignals auszuschließen, ist das Photometer in einem thermisch isolierten und mit einem Heizblock beheizten Gehäuse eingebaut, das auf eine Temperatur von 40 °C geregelt ist.

Die Physik der Lichtstreuung an Partikeln bedingt, dass Aerosolteilchen mit einem Durchmesser in der Größenordnung der verwendeten Lichtwellenlänge – bezogen auf ihre Masse – das Licht am effizientesten streuen, d.h. den größten Beitrag zum Messsignal liefern. Für die im Gerät verwendete Wellenlänge von ca. 650 nm liegt das Empfindlichkeitsmaximum im Partikelgrößenbereich zwischen 0,5 und 1 µm. Auf Grund dieser Charakteristik sind dem Einsatz der einfachen Streulichtphotometrie zur Messung der PM₁₀-Konzentration Grenzen gesetzt, da das Messsignal vornehmlich von der PM_{2,5}-Fraktion dominiert wird.

Für die Messung der Fraktion PM₁₀ trägt die komplementäre Grobfraktion PM_{2,5-10} masebezogen erheblich weniger zum Streulichtsignal bei, wird also bei der Messung unterrepräsentiert. Das Empfindlichkeitsdefizit in der Grobfraktion wird daher im Gerät durch ein einfaches Verfahren kompensiert - durch die selektive Anreicherung der Konzentration PM_{2,5-10} um den Faktor $3,3 / 0,2 = 16,5$ mittels eines Virtualimpaktors, der dem Streulichtsensor vorgeschaltet

ist. Die Konzentrationsanreicherung ist gleichbedeutend mit einer Empfindlichkeitserhöhung der Photometrie für den PM_{2,5-10}-Anteil.

Der Virtualimpaktor befindet sich auf der Oberseite des Gehäuses und ist über das Ansaugrohr mit dem Impaktorkopf verbunden. Durch den Virtualimpaktor wird die über eine integrierte Pumpe mit 3,3 l/min angesaugte Außenluft (Q1) in zwei Teilströme aufgeteilt. Die Aufteilung findet im Bereich zweier sich gegenüberliegender Düsen statt. Der seitliche Strom Q2 (3,1 l/min) wird hierbei zwischen beiden Düsen rechtwinklig zum eintretenden Luftstrom abgesaugt. Partikel, die dem seitlichen Strom auf Grund ihrer Massenträgheit nicht folgen können, behalten ihre Bewegungsrichtung bei und gelangen so in den geringeren axialen Strom Q3 (0,2 l/min). Hierdurch ergibt sich die Aufteilung in den seitlichen Strom mit ausschließlich kleineren und leichteren Partikeln der Fraktion PM_{2,5} und den axialen Strom mit der Partikelgröße PM₁₀. Über verlustarme Umschaltvorrichtungen (Quetschventile mit geradem Durchgang) gelangt nun wahlweise das Aerosol aus dem axialen Strom (Anreicherungsmodus) oder aus dem seitlichen Strom (Normalmodus) in den Streulichtsensor. Im Anreicherungsmodus erfasst das APM-2 also die PM₁₀-Konzentration, im Normalmodus die PM_{2,5}-Konzentration. Zum Nullpunktgleich wird über die Umschaltvorrichtung in periodischen Abständen dem Streulichtsensor gefilterte Luft zugeführt.

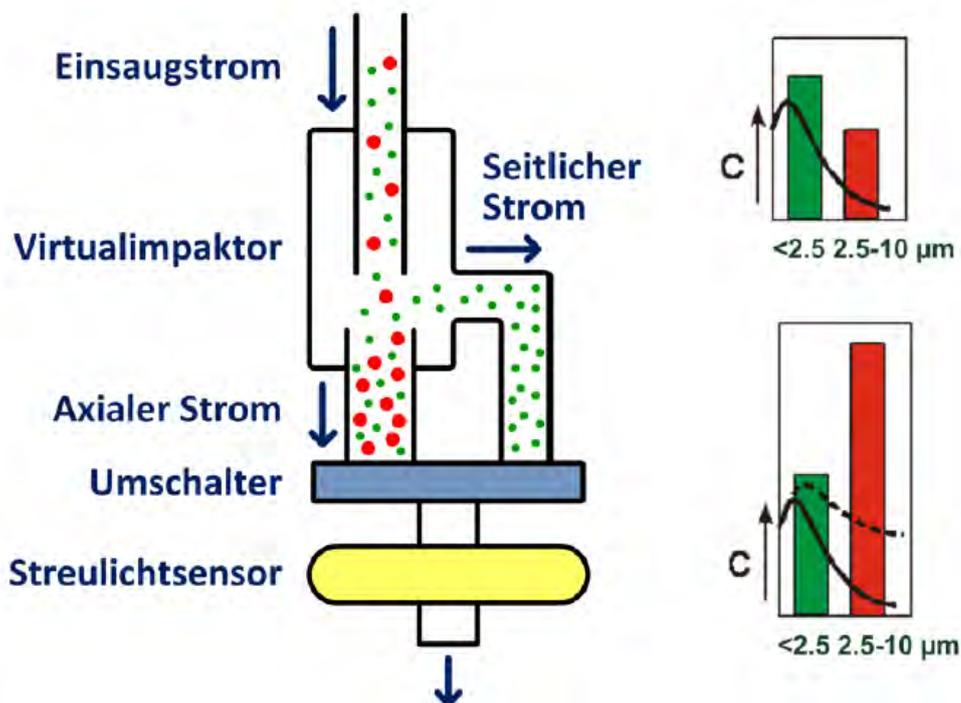


Abbildung 2: Funktionsprinzip des Virtualimpaktors

3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Die Partikelprobe passiert mit einer Durchflussrate von 3,3 l/min den PM₁₀-Probenahmekopf und gelangt in das Probenahmerohr, welches den Probenahmekopf mit dem Virtualimpaktor verbindet. Im Virtualimpaktor wird die angesaugte Luft in zwei Teilströme aufgeteilt. Über Magnetventile gelangt nun wahlweise das Aerosol aus dem axialen Strom (Anreicherungsmodus zur Erfassung der PM₁₀-Konzentration oder aus dem seitlichen Strom (Normalmodus zur Erfassung der PM_{2,5}-Konzentration) zur Streulichtsensorik, wo die eigentliche Messung erfolgt. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde die Messeinrichtung im Wechselbetrieb zwischen PM₁₀ und PM_{2,5} betrieben mit einer jeweiligen Intervallzeit von 2 min. Einmal pro Stunde wird außerdem für ca. zwei Minuten eine Nullluftspülung zum Nullpunktgleich durchgeführt – im Display wird dies mit „Flush“ angezeigt. Die ermittelten Messdaten werden im Gerätespeicher sowie – wenn vorhanden – auf einer SD-Karte abgelegt.

Abbildung 3 zeigt den schematischen Aufbau des APM-2.

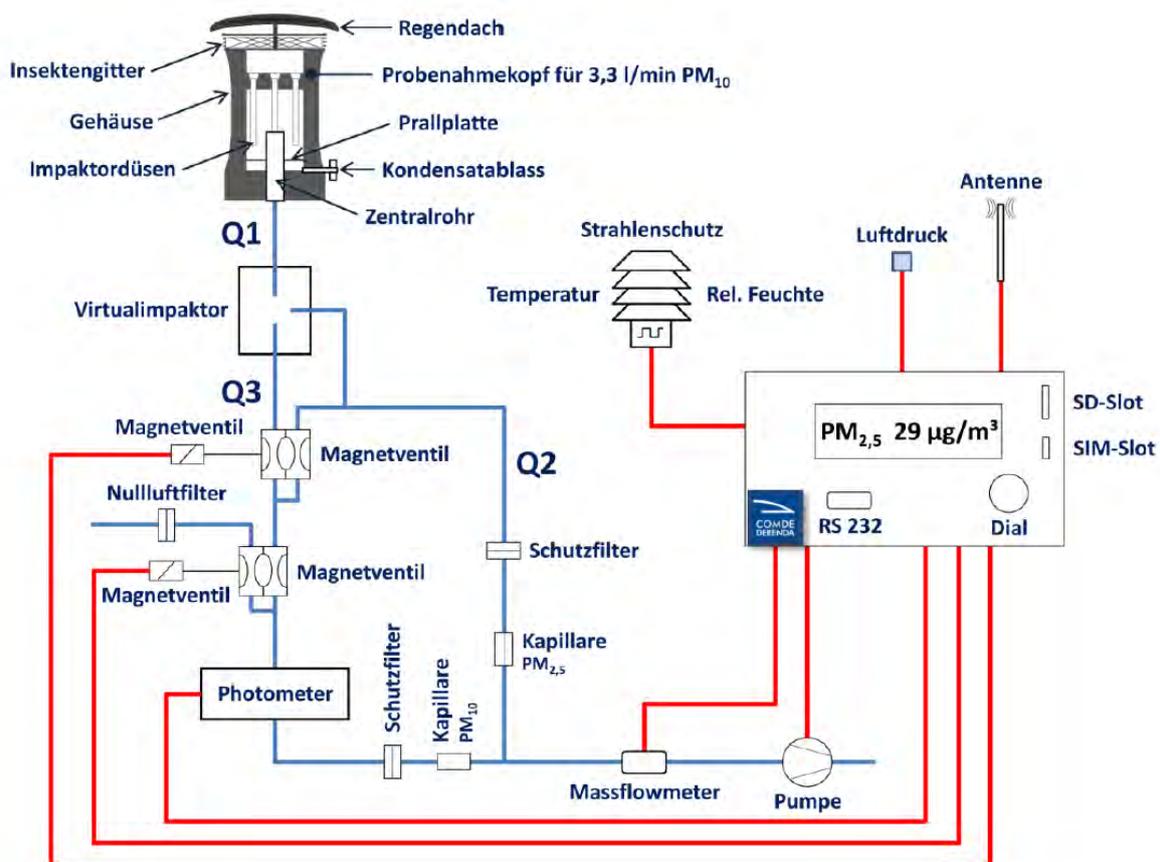


Abbildung 3: Übersichtsdiagramm APM-2

3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Das Schwebstaubimmissionsmessgerät APM-2 basiert auf dem Messprinzip der Streulichtmessung.

Die geprüfte Messeinrichtung besteht aus dem PM₁₀-Probenahmekopf, dem Probenahmehrohr, dem Virtualimpaktor, dem Messgerät mit Bedieneinheit und der Streulicht-Photometer-Einheit, dem Außensensor sowie dem Handbuch in deutscher Sprache.



Abbildung 4: Überblick Gesamtsystem APM-2

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 27 von 183



Abbildung 5: PM₁₀-Probenahmekopf für APM-2



Abbildung 6: Virtual-Impaktor für APM-2

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A



Abbildung 7: Ansicht APM-2 (Frontklappe offen)



Abbildung 8: Ansicht APM-2 (Rückklappe offen)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 29 von 183



Abbildung 9: Messsysteme APM-2 auf Messstation

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt direkt über die Bedieneinheit mit einem Jog-Dial (Dreh-Drück-Steller) an der Frontseite des Gerätes. Messdaten werden im internen Speicher oder auf SD-Karte gespeichert – eine Datenübertragung via RS232-Schnittstelle ist ebenfalls möglich (seriell oder Bayern-Hessen-Protokoll). Der Benutzer kann Messdaten und Geräteinformationen abrufen, Parameter ändern sowie Tests zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung durchführen.

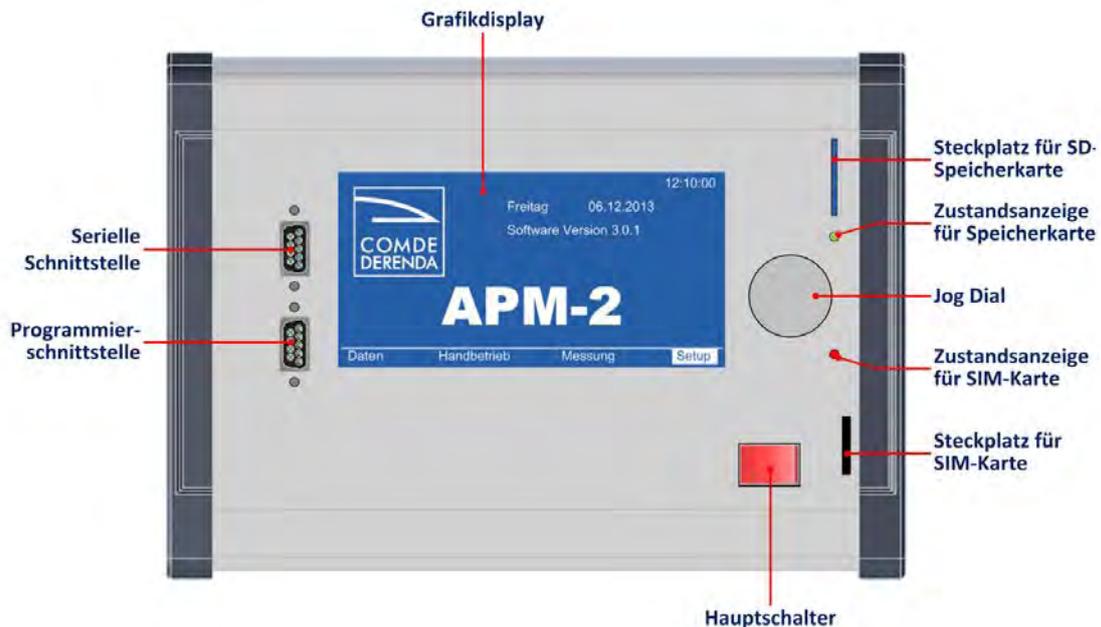


Abbildung 10: Bedieneinheit



Auf der obersten Ebene liegt das Hauptfenster der Benutzeranzeige – von hier kann mittels Jog-Dial in die entsprechenden Untermenüs navigiert werden. Des Weiteren werden das aktuelle Datum, die aktuelle Uhrzeit und die installierte Softwareversion angezeigt.

Menü „Daten“: In diesem Menü findet man alle Funktionen, die die Datenspeicherung betreffen (intern oder SD-Karte).

Zudem gelangt man über dieses Menü zu den Updatefunktionen für die Software

Menü „Handbetrieb“: Hier bietet sich die Möglichkeit die Funktionen PM_{2,5}-Messung, PM₁₀-Messung und Spülen direkt manuell zu starten. Die gewählten Funktionen laufen so lange, bis sie vom Anwender wieder abgebrochen werden. Dieses Menü ist in erster Linie für Servicekräfte zur Funktionsüberprüfung gedacht.

Menü „Messung“: Durch Anklicken wird eine Messung gestartet.

Menü „Setup“: Über das Menü „Setup“ werden die Geräteeinstellungen vorgenommen oder der Test zur Funktionsüberprüfung angesteuert, wie z.B. Sprache, Datum/Uhrzeit, Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers (Prüfgaskoffertest), Dichtigkeitstest, Datenübertragung, Systeminformationen, Geräteeinstellungen (für Service, geschützt mit Factory-Passwort) und Messparameter (PM_{2,5}, PM₁₀ oder Wechselbetrieb, Solltemperatur Heizblock, Intervall für Wechselbetrieb....)

Abbildung 11 zeigt einen Gesamtüberblick über die Menüstruktur des APM-2.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

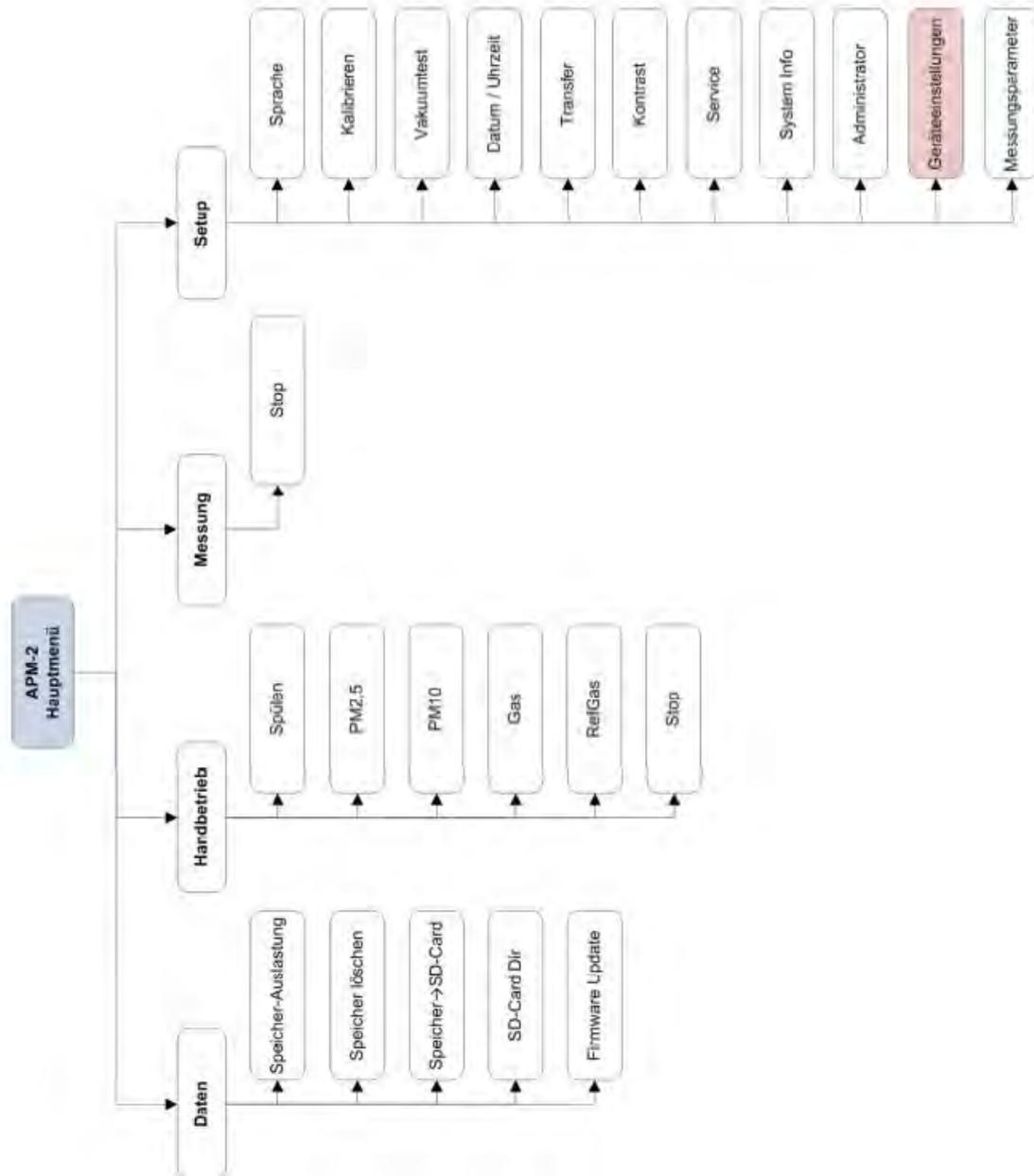


Abbildung 11: Menüstruktur APM-2

Neben der direkten Kommunikation via Jog-Dial und Gerätedisplay besteht weiterhin die Möglichkeit, mit der Messeinrichtung via RS232 zu kommunizieren (Serielle Schnittstelle, Bayern-Hessen-Protokoll). Messdaten können z.B. leicht via RS232 und einer Terminal-Software auf einem PC aufgezeichnet werden. Im Rahmen der Eignungsprüfung erfolgte der Zugriff auf die Messwerte durch Download der auf der SD-Karte gespeicherten Messdaten.

Zur externen Nullpunktsüberprüfung der Messeinrichtung wird ein Nullfilter am Geräteinlass montiert. Der Einsatz dieses Filters ermöglicht die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft.



Abbildung 12: Nullfilter

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 33 von 183

Zur externen Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers wurde vom Gerätehersteller folgende optionale Prüfmethode entwickelt:

Durch Aufgabe von Propan auf das Photometer wird ein Streulichtsignal im Bereich von 300 - 400 mV (entspricht einer Aerosolkonzentration von ca. 70 µg/m³) erzeugt. Die Stabilität dieses Signals wird als Maß für die Stabilität der Empfindlichkeit herangezogen. Bei einer Untersuchung zur Wiederholbarkeit konnte in 15 Messungen eine Standardabweichung von kleiner 1 % vom Mittelwert der Messwerte ermittelt werden (siehe Tabelle 4), so dass die Prüfmethode für sich ausreichend stabil und reproduzierbar ist.

Tabelle 4 Prüfung Wiederholbarkeit mit Prüfgaskoffer

Messung	Uhrzeit	Messwert [mV]
1	08:48	363
2	08:54	366
3	09:02	370
4	09:09	370
5	09:16	369
6	09:28	368
7	09:33	364
8	09:40	367
9	09:48	365
10	09:57	369
11	10:05	363
12	10:14	372
13	10:22	373
14	10:30	364
15	10:37	370
Anzahl Werte		15
Mittelwert		367,5
Standardabweichung $s_{x,0}$		3,2
Nachweisgrenze X [% vom Mittel]		1,90

Leider stand diese Prüfmethode bis zum Dezember 2013 nicht zur Verfügung, so dass zwar die erforderlichen Prüfungen am Referenzpunkt im Labor (Klimakammer, Netzspannung) durchgeführt werden konnten, allerdings keine Langzeitdriftuntersuchungen am Referenzpunkt über die Feldtestdauer. Da die Geräte im ständigen Vergleich mit der Standardreferenzmethode keine Drifteffekte gezeigt haben, sollte dieser Umstand für die Bewertung der Messeinrichtung keine Relevanz haben, insbesondere da man zukünftig auf die Durchführung dieses Prüfpunktes in der Eignungsprüfung gemäß DIN EN 16450 [9] vollkommen verzichten wird. Das Verfahren mit Propangas steht mittlerweile nicht mehr zur Verfügung [15] und ist hier aufgeführt, da es im Labortest während der ursprünglichen Eignungsprüfung beim Prüfpunkt 6.1 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7) Verwendung fand.



Abbildung 13: Prüfgaskoffer zur Überprüfung der Empfindlichkeit



Abbildung 14: Prüfaufbau APM-2 + Prüfgaskoffer

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 35 von 183

Zur Überprüfung der Dichtigkeit der Messeinrichtung steht eine Dichtigkeitstestvorrichtung zur Verfügung. Dabei wird über die Gerätepumpe ein Vakuum im Gerät erzeugt und dann nach Abschalten der Pumpe der Druckanstieg über einen Zeitraum von fünf Minuten beobachtet. Ab einem Druckanstieg von >290 hPa gilt der Dichtigkeitstest als nicht bestanden.



Abbildung 15: Dichtigkeitstestvorrichtung



Tabelle 5 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes APM-2.

Tabelle 5: Gerätetechnische Daten APM-2 (Herstellerangaben)

Abmessungen / Gewicht	APM-2
Messgerät	320 x 560 x 270 mm / 15 kg
Probenahmerohr	0,5 m zwischen Inlet und Virtualimpaktor, Sonderlängen sind auf Wunsch möglich
Probenahmekopf	PM ₁₀ , prinzipieller Aufbau gemäß DIN EN 12341, runterskaliert auf 3,3 l/min
Energieversorgung	230 V, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme	ca. 80 W
Umgebungsbedingungen	
Temperatur	-20 bis +50 °C
Feuchte	Outdoor-Aufstellung, Schutzklasse IP65
Probenflussrate (Inlet)	3,3 l/min
Virtualimpaktor	
Seitlicher Strom	3,1 l/min, PM _{2,5}
Axialer Strom	0,2 l/min, PM ₁₀
Aerosolsensor	
Messprinzip	Streulichtmessung, Einwinkel (90°)
Solltemperatur Photometer	40 °C
Messbereich	0 – 1000 µg/m ³
Auflösung	1 µg/m ³
Betriebsweise	in Eignungsprüfung PM ₁₀ und PM _{2,5} im Wechselbetrieb im Wechselintervall von 2 min, abweichende Wechselintervalle (5, 10 und 15 min) sowie die Option zum Einzelbetrieb PM ₁₀ oder PM _{2,5} stehen zur Verfügung
Speicherkapazität Daten (intern)	3,5 MB entspricht 27.000 Datensätzen, nichtflüchtiger Ringspeicher
Geräteeingänge und -ausgänge	1 x SD-Karte zum Speichern der Messwerte 1 x RS232 Schnittstelle zur Kommunikation via serielle Schnittstelle / Bayern-Hessen-Protokoll 1 x RS232 Schnittstelle als Programmierschnittstelle (nur Service)
Statussignale / Fehlermeldungen	vorhanden (Handbuch Kapitel 11)

4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die ursprüngliche Eignungsprüfung [10] erfolgte an zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN3 und SN4.

Die ursprüngliche Prüfung umfasste einen Labortest zur Feststellung der Verfahrenskenngrößen sowie einen mehrmonatigen Feldtest an verschiedenen Feldteststandorten in Deutschland.

Im Rahmen der ursprünglichen Eignungsprüfung erfolgte eine kontrollierte Weiterentwicklung / Optimierung der Software bis hin zu der dann bekanntgegebenen Version 3.0.1.

Nach der Erstbekanntgabe wurden in den Folgejahren die Softwareversionen 3.05.002, 3.07.02 und 3.08.001 bekanntgegeben (siehe Bekanntgabehistorie Kapitel 1).

Die neuen Untersuchungen für die Prüfpunkte 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 im Jahr 2019 mit zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN 20095 und SN 20133.

Auf diesen Geräten war zu Beginn der Prüfung im Oktober 2019 die Software 3.09.003 installiert. Im Vergleich zur Version 3.08.001 wurden hier nur einige kleinere Änderungen eingeführt (Typ 0).

Im Rahmen der Untersuchungen im Jahr 2019 zeigte sich, dass die Messeinrichtung im aktuellen Set-Up die Mindestanforderung aus dem Prüfpunkt 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) für den angestrebten Umgebungstemperaturbereich von -20°C bis +50°C nicht erfüllen konnte. Daraufhin wurden vom Hersteller softwareseitig verschiedene Ansätze zur Verbesserung des Temperaturverhaltens des implementierten Massendurchflusssensors (Temperaturkompensation) untersucht und implementiert, die auf Grund ihrer Signifikanz als Änderung vom Typ 2 i.S. der Richtlinie DIN EN 15267-2 zu bewerten waren. Diese Änderungen wurden in den Softwareversionen 3.10.xxx umgesetzt.

Da jedoch eine sinnvolle und mit vertretbarem messtechnischen Aufwand durchführbare Qualifizierung der Änderung „Einführung einer Temperaturkompensation des Durchflusssensors“ v.a. im Hinblick auf den potentiellen Impact auf die historischen Datensätze nicht möglich war, wurde die Änderung von der Fa. Comde-Derenda komplett verworfen und alle verbundenen Änderungen in der Software wieder zurückgenommen. Die Temperaturkompensation des Durchflusssensors bleibt unangetastet und es erfolgt für die Softwareversionen 3.10.xxx kein Release.

Um die Anforderungen der Richtlinie DIN EN 16450 [9] dennoch auch im ursprünglichen Set-Up der Messeinrichtung zu erfüllen, wurde von der Fa. Comde-Derenda entschieden, die Prüfung in einem verkleinerten Temperaturbereich von -15°C bis +40°C durchzuführen. Dieser Ansatz wird im Prüfpunkt 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) durch den Passus abgedeckt, dass die Prüfung auch „...bei der durch den Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperatur, sofern diese von den in der Regel anzuwendenden Temperaturen abweichen...“ durchgeführt werden kann. Dieser Ansatz impliziert dann allerdings, dass der Nachweis der Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie DIN EN 16450 nur für einen Umgebungstemperaturbereich von -15°C bis +40°C gilt.



Die neuen Untersuchungen für den Prüfpunkt 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) für den Umgebungstemperaturbereich von -15°C bis +40°C erfolgten im August 2021 mit zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN 20123 und SN 20133. Auf diesen Geräten war die aktuelle Software 3.11.007 installiert. Im Vergleich zur Version 3.09.003 wurden hier weitere kleinere Änderungen eingeführt (verschiedene Typ 0 und eine positiv validierte Änderung vom Typ 1).

Die Softwarehistorie nach Version 3.08.001 sowie alle Softwareänderungen von 3.08.001 (letzter Bekanntgabestand) bis 3.11.007 werden in einer gesonderten Stellungnahme der zuständigen Stelle vorgelegt.

Alle ermittelten Konzentrationen werden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Betriebsbedingungen) angegeben.

Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen vom Typ APM-2 im Hinblick auf die Anforderungen gemäß der Richtlinie 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 größtenteils in der bereits vorliegenden Eignungsprüfung [10]. Die Prüfergebnisse konnten für den vorliegenden Bericht entweder direkt oder nach Neuauswertung übernommen werden. Hierfür wurden die Geräte SN3 und SN4 eingesetzt.

Für folgende Prüfpunkte musste in 2019 zusätzliche neue Prüfungen durchgeführt werden:

- Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung
- Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration

Hierfür wurden die Geräte SN 20095 und SN 20133 eingesetzt.

Für folgenden Prüfpunkt musste in 2021 eine zusätzliche neue Prüfung durchgeführt werden:

- Genauigkeit des Volumenstroms

Hierfür wurden die Geräte SN 20123 und SN 20133 eingesetzt.

Folgende Geräte kamen für die Laboruntersuchungen zur Ermittlung der Verfahrenskenngrößen zum Einsatz:

- Klimakammer (Temperaturbereich von -20 °C bis $+50\text{ °C}$, Genauigkeit besser als 1 °C)
- Trennstelltrafo
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- 1 Referenzdurchflussmesser vom Typ BIOS Met Lab 500 (Hersteller: Mesa Lab)
- Nullfilter zur externen Nullpunktsüberprüfung
- Rauchgaskammer zur Referenzpunktüberprüfung (nur Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung)
- APM-2 (SN 79) als Referenzgerät für Überprüfung der Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung.

Die Aufzeichnung der Messwerte am Nullpunkt erfolgte geräteintern. Die gespeicherten Rohdatensätze wurden via Datendownload über die SD-Karte ausgelesen.

Zur Überprüfung der Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung wurde eine sog. Rauchkammer von Hersteller beigestellt. In dieser Rauchkammer werden Buchenholzspäne verkokelt. Der dabei entstehende Rauch wird in der Kammer homogenisiert und kann von 2 Prüflingen gleichzeitig beprobt werden.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 zusammengestellt.



4.3 Feldtest

Der Feldtest erfolgte im Rahmen der bereits vorliegenden Eignungsprüfung [10] und wurde mit 2 baugleichen Messeinrichtungen durchgeführt. Dies waren:

Gerät 1: SN3

Gerät 2: SN4

Die Prüfergebnisse konnten für den vorliegenden Bericht entweder direkt oder nach Neuauswertung übernommen werden. Es musste keine neuen Prüfungen durchgeführt werden.

Für den Feldtest wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Messcontainer des TÜV Rheinland, klimatisiert auf ca. 20 °C
- Wetterstation (WS 500 der Fa. ELV Elektronik AG) zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM₁₀ gemäß Punkt 5
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM_{2,5} gemäß Punkt 5
- 1 Gasuhr, trockene Bauart
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Messgerät zur Erfassung der Leistungsaufnahme Metraterster 5 (Hersteller: Fa. Gosson Metrawatt)
- Nullfilter zur externen Nullpunktsüberprüfung

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte durch geräteseitige Speicherung auf einer SD-Karte.

Im Feldtest liefen jeweils für 24 h zeitgleich zwei APM-2-Systeme und je zwei Referenzgeräte für PM_{2,5} und PM₁₀. Das Referenzgerät arbeitet diskontinuierlich, d. h. nach erfolgten Probenahmen muss das Filter manuell gewechselt werden.

Die Impaktionsplatten der PM₁₀ und PM_{2,5} Probenahmeköpfe der Referenzgeräte wurden in der Prüfung ca. alle 2 Wochen gereinigt und mit Silikonfett eingefettet, um eine sichere Trennung und Abscheidung der Partikel zu gewährleisten. Die Probenahmeköpfe der Prüflinge wurden gemäß Herstellerangabe ca. alle 4 Wochen gereinigt. Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind.

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

Messstandorte und Messgerätestandorte

Die Messgeräte wurden im Feldtest an den Standorten Köln und Bonn komplett im Freien auf dem Dach des Messcontainers installiert. Die Referenzsysteme (LVS3) wurden an diesen Standorten ebenfalls komplett im Freien auf dem Dach installiert. Die Installation der Prüflinge und der Referenzgeräte am Standort Rodenkirchen erfolgte auf ca. 0,5 m hohen Podesten.

Der Feldtest wurde an folgenden Messstandorten durchgeführt:

Tabelle 6: Feldteststandorte

Nr.	Messstandort	Zeitraum	Charakterisierung
1	Köln, Winter	11/2012 – 02/2013	Städtischer Hintergrund
2	Bonn, Straßenkreuzung, Winter	02/2013 – 05/2013	Verkehrseinfluss
3	Köln, Sommer	05/2013 – 07/2013	Städtischer Hintergrund
4	Rodenkirchen, Sommer	07/2013 – 09/2013	Ländliche Struktur + Verkehrseinfluss
5	Köln, Winter*	01/2014 – 03/2014	Städtischer Hintergrund

* Validierungskampagne für Software 3.0.1, siehe Kapitel 8 Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1 ab Seite 126

Abbildung 16 bis Abbildung 25 zeigen den Verlauf der PM-Konzentrationen an den Feldteststandorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

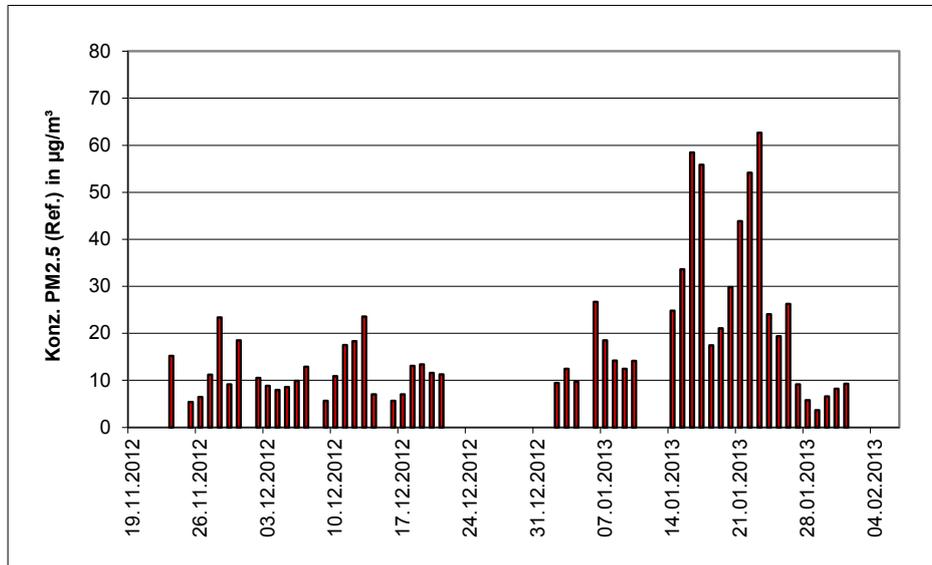


Abbildung 16: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“

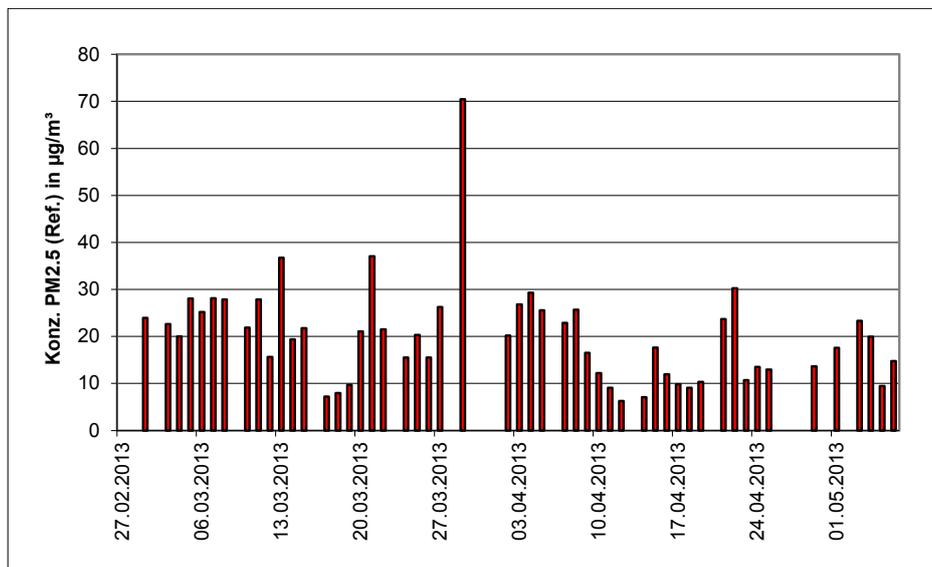


Abbildung 17: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

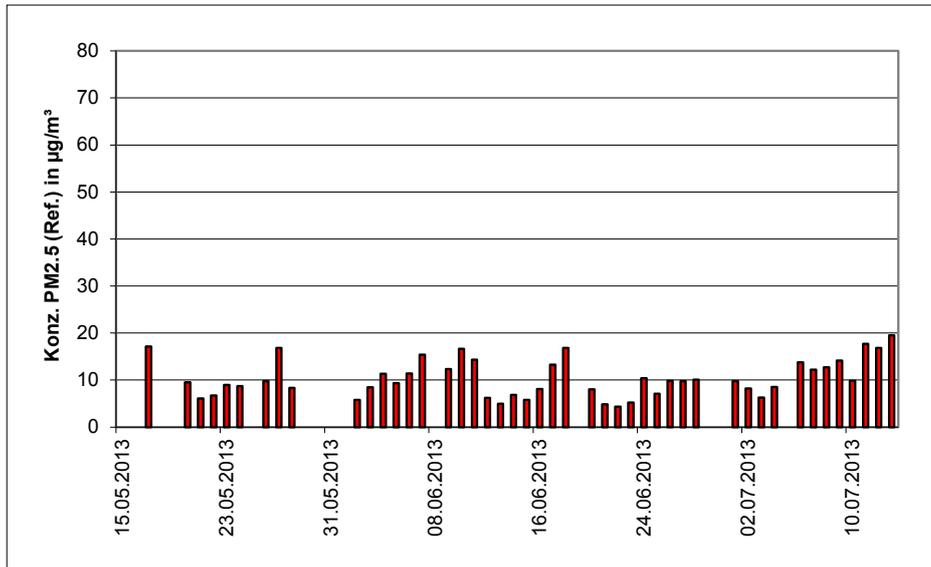


Abbildung 18: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“

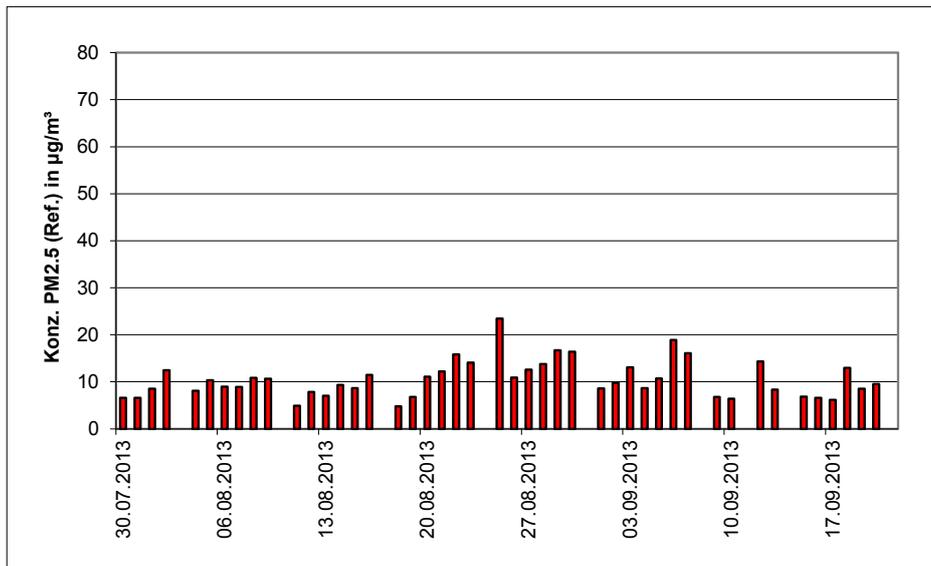


Abbildung 19: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“

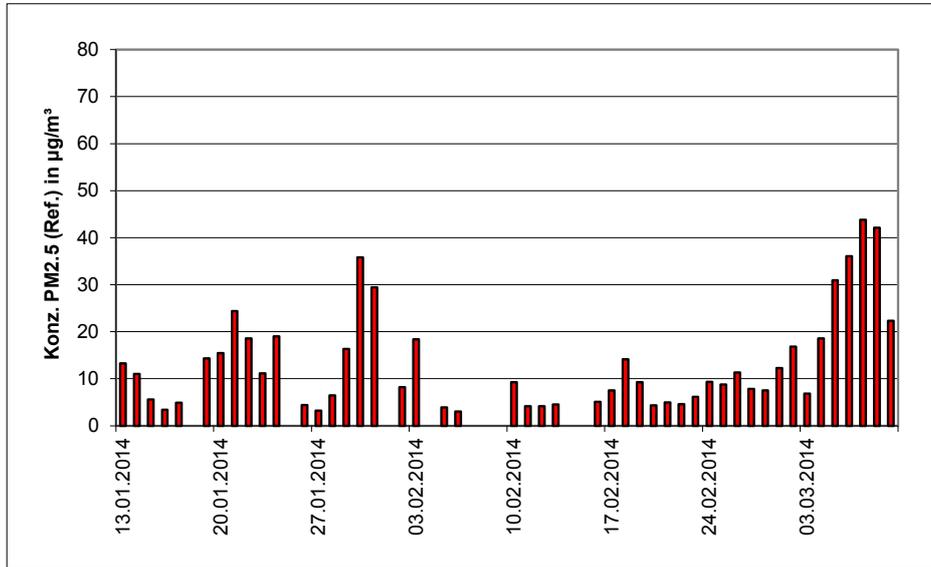


Abbildung 20: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“

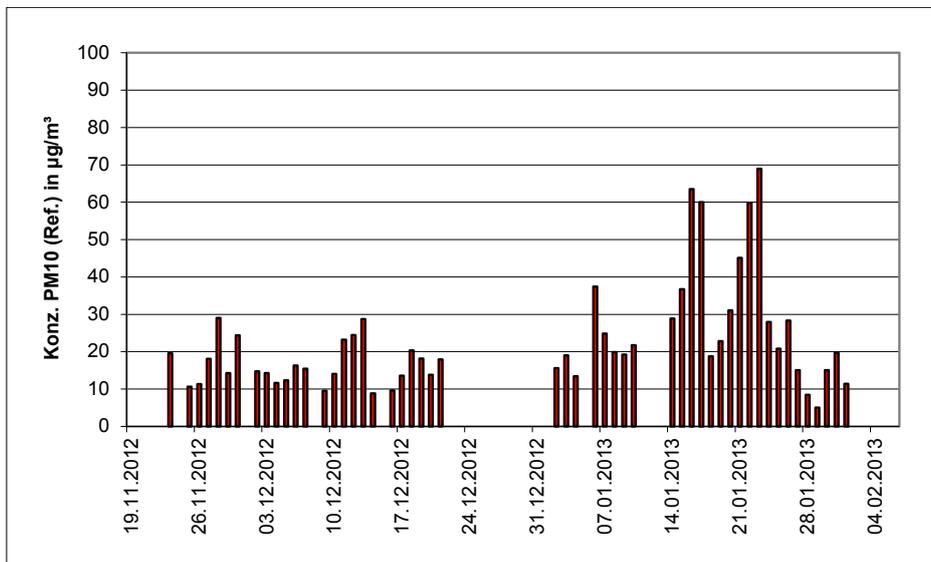


Abbildung 21: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter“

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

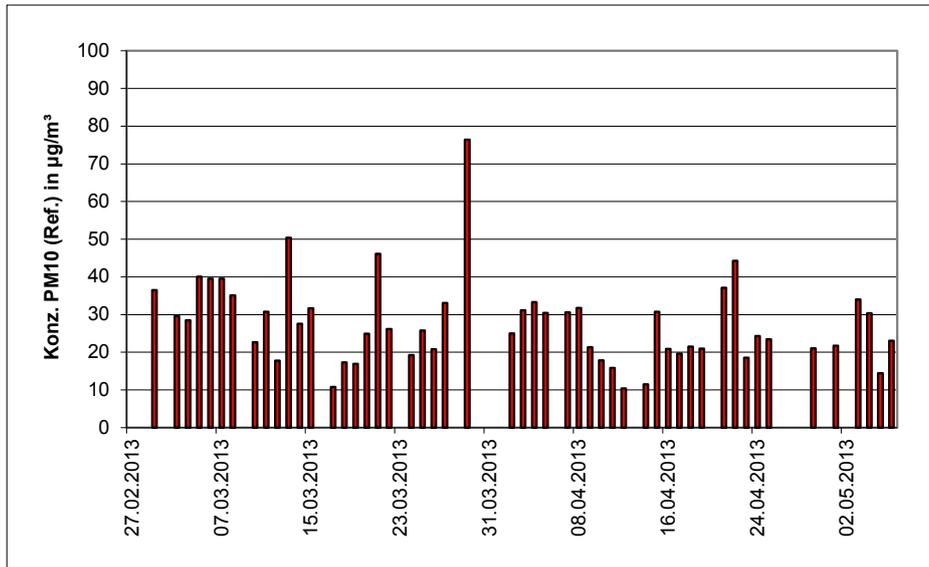


Abbildung 22: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Winter“

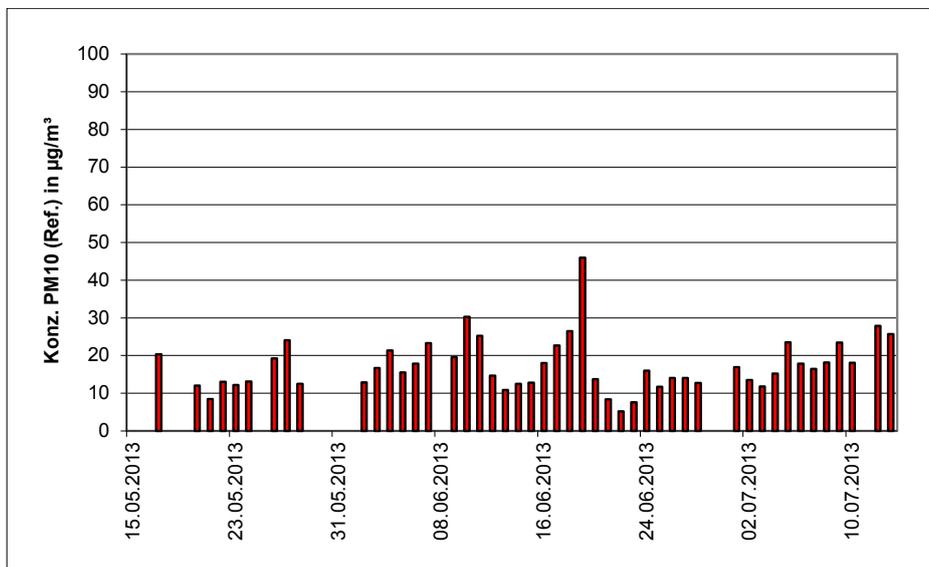


Abbildung 23: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Sommer“

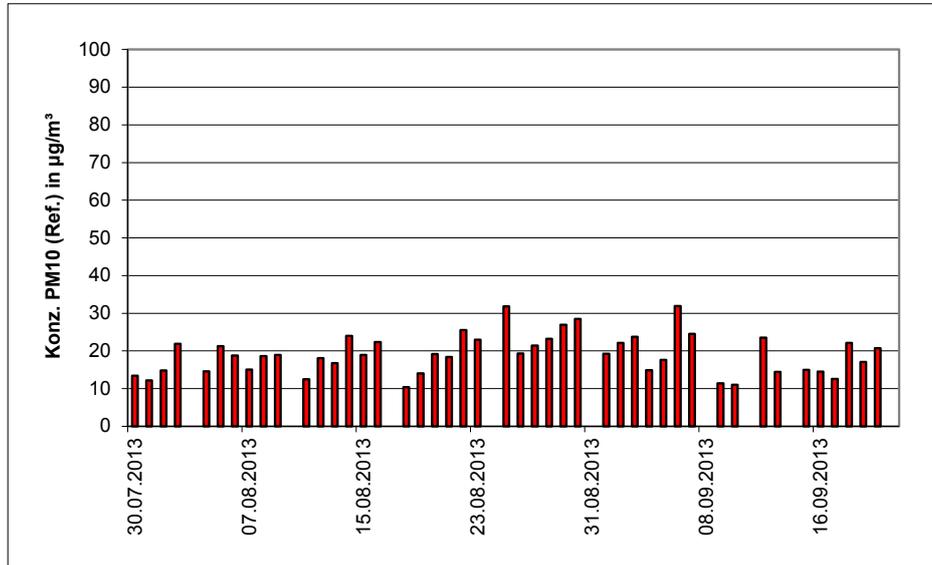


Abbildung 24: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Rodenkirchen, Sommer“

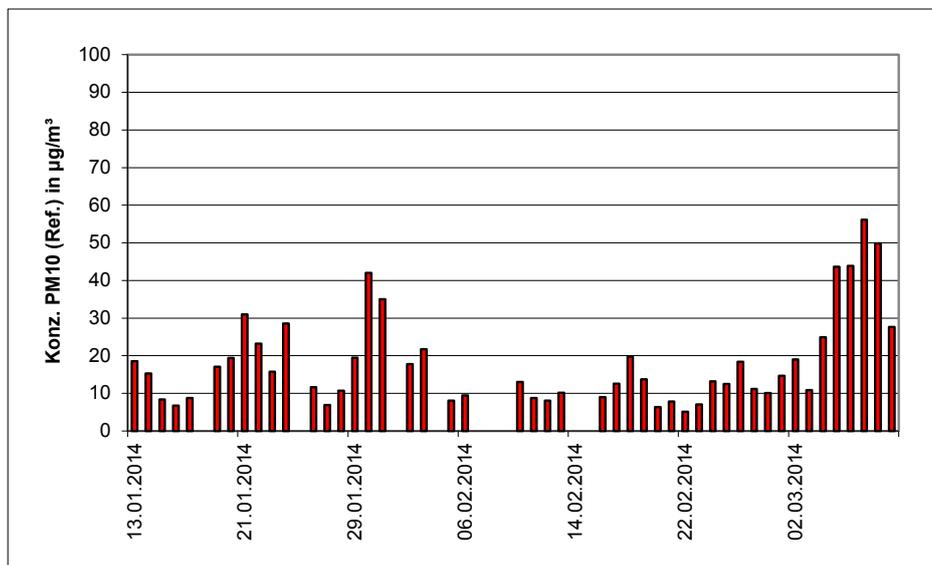


Abbildung 25: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Winter 2014“

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 47 von 183

Die folgenden Abbildungen zeigen den Messcontainer an den Feldteststandorten Köln, Bonn und Rodenkirchen.



Abbildung 26: Feldteststandort Köln, Sommer & Winter



Abbildung 27: Feldteststandort Bonn, Winter



Abbildung 28: Feldteststandort Rodenkirchen, Sommer

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

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

- | | |
|---|--|
| • Höhe Containerdach: | 2,50 m |
| • Höhe der Probenahme für Test-/Referenzgerät | 0,96 m / 0,51 m über Containerdach
3,46 / 3,01 m über Grund |
| • Höhe der Windfahne: | 4,5 m über Grund |

Die nachfolgende Tabelle 7 enthält daher neben einem Überblick über die wichtigsten meteorologischen Kenngrößen, die während der Messungen an den 4 Feldteststandorten (+ Validierungskampagne Köln, Winter 2014) ermittelt wurden, auch einen Überblick über die Schwebstaubverhältnisse während des Prüfzeitraumes. Alle Einzelwerte sind im Anhang 1 in den Anlagen 5 und 6 zu finden.

Tabelle 7: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten als Tagesmittelwerte

	Köln, Winter	Bonn, Winter	Köln, Sommer	Rodenkirchen, Sommer	Köln, Winter 2014*
Anzahl Wertepaare Referenz PM ₁₀	52	51	47	45	46
Anzahl Wertepaare Referenz PM _{2,5}	52	51	46	45	47
Anteil PM_{2,5} an PM₁₀ [%]					
Bereich	41,6 – 97,2	42,2 – 96,5	42,5 – 84,1	38,8 – 73,6	32,0 – 90,9
Mittelwert	73,8	70,5	62,2	54,0	68,5
Lufttemperatur [°C]					
Bereich	-3,3 – 11,9	-3,4 – 20,0	6,3 – 28,2	9,9 – 27,8	2,5 – 13,1
Mittelwert	4,6	7,9	16,7	17,2	6,5
Luftdruck [hPa]					
Bereich	988 – 1027	985 – 1021	993 – 1021	988 – 1016	984 – 1022
Mittelwert	1004	1004	1008	1005	1000
Rel. Luftfeuchte [%]					
Bereich	70,0 – 91,2	42,8 – 85,8	51,4 – 89,5	48,6 – 96,4	46,8 – 87,2
Mittelwert	81,2	63,2	68,4	75,6	74,4
Windgeschwindigkeit [m/s]					
Bereich	0,0 – 3,3	0,4 – 4,2	0,1 – 2,7	1,2 – 5,0	0,0 – 3,0
Mittelwert	0,9	1,6	0,8	2,6	0,0
Niederschlagsmenge [mm/d]					
Bereich	0,0 – 25,7	0,0 – 13,2	0,0 – 32,4	0,0 – 21,3	0,0 – 18,9
Mittelwert	2,9	0,9	3,7	1,9	1,7

* Validierungskampagne für Software 3.0.1

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.

Im Feldtest wurde immer eine Probenahmezeit von 24 h für alle Geräte eingestellt (von 10:00 – 10:00 (Köln), von 7:00 – 7:00 (Bonn) und von 9:00 – 9:00 (Rodenkirchen)).

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 erkannten und entfernten Messwertpaare (Referenz).

Es wurden folgende Wertepaare entfernt:

Tabelle 8: Entfernte Wertepaare Referenz PM₁₀ nach Grubbs

Standort	Datum	Referenz 1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Referenz 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Köln, Sommer	11.07.2013	31,0	28,1

Tabelle 9: Entfernte Wertepaare Referenz PM_{2,5} nach Grubbs

Standort	Datum	Referenz 1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Referenz 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Köln, Sommer	05.07.2013	14,6	17,4

Filterhandling - Massenbestimmung

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

Tabelle 10: Eingesetzte Filtermaterialien

Messgerät	Filtermaterial, Typ	Hersteller
Referenzgeräte LVS3	Emfab™, Ø 47 mm	Pall

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 und der DIN EN 14907 folgende Geräte eingesetzt:

1. als Referenzgerät PM₁₀: Kleinfiltergerät Low Volume Sampler LVS3
Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland
Herstelldatum: 2007
PM₁₀-Probenahmekopf
2. als Referenzgerät PM_{2,5}: Kleinfiltergerät Low Volume Sampler LVS3
Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland
Herstelldatum: 2007 und 2010
PM_{2,5}-Probenahmekopf

Während der Prüfung wurden parallel jeweils zwei Referenzgeräte für PM₁₀ und PM_{2,5} mit einem geregelten Durchsatz von 2,3 m³/h betrieben. Die Volumenstromregelgenauigkeit beträgt unter realen Einsatzbedingungen < 1 % des Nennvolumenstroms.

Die Probenahmeluft beim Kleinfiltergerät LVS3 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-m³ an.

Die PM₁₀ bzw. die PM_{2,5} Konzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Betriebs-m³ dividiert wurde.



6. Prüfergebnisse

6.1 1 Messbereiche

Die Messbereiche müssen die folgenden Anforderungen einhalten:

0 µg/m³ bis 1000 µg/m³ als 24-h-Mittelwert

0 µg/m³ bis 10000 µg/m³ 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

An der Messeinrichtung ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m³ eingestellt.

6.5 Bewertung

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung liegt bei 1000 µg/m³.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

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 die Datenausgänge negative Werte ausgeben, allerdings traten zu keinem Zeitpunkt der Prüfung negative Messsignale auf. Negative Messsignale sind messprinzip- und bauartbedingt nicht zu erwarten.

6.5 Bewertung

Negative Messsignale können von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge ausgegeben werden, sind aber messprinzip- und bauartbedingt nicht zu erwarten.

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 Nullpunktsüberprüfung

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bestimmung der Nachweisgrenze erfolgte bei den Testgeräten SN3 und SN4 durch den Betrieb der Messeinrichtung mit jeweils an beiden Messgeräteeinlässen installiertem Null-Filtern. Die Aufgabe von schwebstaubfreier Probenluft erfolgte über 15 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:

$$X = 3,3 \cdot s_{x_0} \quad \text{mit} \cdot s_{x_0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

6.5 Bewertung

Das Nullniveau und die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen für beide Geräte sowohl für PM₁₀ als auch für PM_{2,5} zu $<0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 11: Nullniveau und Nachweisgrenze PM₁₀

		Gerät SN3	Gerät SN4
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte (Nullniveau) \bar{x}_0	µg/m ³	0,004	0,044
Standardabweichung der Werte s_{x0}	µg/m ³	0,014	0,041
Nachweisgrenze x	µg/m ³	0,047	0,135

Tabelle 12: Nullniveau und Nachweisgrenze PM_{2,5}

		Gerät SN3	Gerät SN4
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte (Nullniveau) \bar{x}_0	µg/m ³	0,000	0,027
Standardabweichung der Werte s_{x0}	µg/m ³	0,000	0,046
Nachweisgrenze x	µg/m ³	0,000	0,151

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 -15 bis +40 °C, Referenzdurchflussmesser gemäß Kapitel 4

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtungen vom Typ APM-2 arbeiten mit einer Durchflussrate von 3,3 l/min geregelt auf Betriebsbedingungen.

Im Rahmen der neuen Untersuchungen im Jahr 2019 zeigte sich, dass die Messeinrichtung im aktuellen Set-Up die Mindestanforderung für den angestrebten Umgebungstemperaturbereich von -20°C bis +50°C nicht erfüllen konnte. Daraufhin wurden vom Hersteller softwareseitig verschiedene Ansätze zur Verbesserung des Temperaturverhaltens des implementierten Massendurchflusssensors (Temperaturkompensation) untersucht und implementiert, die auf Grund ihrer Signifikanz als Änderung vom Typ 2 i.S. der Richtlinie DIN EN 15267-2 zu bewerten waren. Diese Änderungen wurden in den Softwareversionen 3.10.xxx umgesetzt.

Da jedoch eine sinnvolle und mit vertretbarem messtechnischen Aufwand durchführbare Qualifizierung der Änderung „Einführung einer Temperaturkompensation des Durchflusssensors“ v.a. im Hinblick auf den potentiellen Impakt auf die historischen Datensätze nicht möglich war, wurde die Änderung von der Fa. Comde-Derenda komplett verworfen und alle verbundenen Änderungen in der Software wieder zurückgenommen. Die Temperaturkompensation des Durchflusssensors bleibt unangetastet und es erfolgt für die Softwareversionen 3.10.xxx kein Release.

Um die Anforderungen dennoch auch im ursprünglichen Set-Up der Messeinrichtung zu erfüllen, wurde von der Fa. Comde-Derenda entschieden, die Prüfung in einem verkleinerten Temperaturbereich von -15°C bis +40°C durchzuführen. Dieser Ansatz wird im Prüfpunkt 6.1

4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) durch den Passus abgedeckt, dass die Prüfung auch „...*bei der durch den Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperatur, sofern diese von den in der Regel anzuwendenden Temperaturen abweichen...*“ durchgeführt werden kann.

Dieser Ansatz impliziert dann allerdings, dass der Nachweis der Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie DIN EN 16450 nur für einen Umgebungstemperaturbereich von -15°C bis +40°C gilt.

Mit Hilfe eines Referenzdurchflussmessers wurde bei je -15°C und $+40^{\circ}\text{C}$ für beide Messeinrichtungen der Volumenstrom durch 10 Messungen über 1 Stunde bestimmt. 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 -15°C und $+40^{\circ}\text{C}$ lag bei maximal $-1,79\%$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Durchflussmessungen bei den zulässigen Umgebungstemperaturen sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Genauigkeit des Volumenstroms bei -15 °C und +40 °C

		Gerät SN 20123	Gerät SN 20133
Sollwert Durchflussrate	l/min	3,300	3,300
Mittelwert bei -15°C	l/min	3,356	3,357
Abw. vom Sollwert	%	1,70	1,73
Mittelwert bei 40°C	l/min	3,241	3,272
Abw. vom Sollwert	%	-1,79	-0,86

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Genauigkeit des Volumenstroms können der Anlage 2 im Anhang 1 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 APM-2 arbeiten mit einer Durchflussrate von 3,3 l/min geregelt auf Betriebsbedingungen.

Der Probenahmevolumenstrom wurde vor dem ersten Feldteststandort kalibriert und dann vor den Feldteststandorten mit Hilfe eines Massendurchflussmessers auf Korrektheit überprüft und falls erforderlich nachjustiert.

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 Ergebnisse der vor den Feldteststandorten durchgeführten Überprüfungen der Durchflussrate sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Ergebnisse Kontrolle Durchflussrate

Durchflussüberprüfung vor Standort:	SN3		SN4	
	[l/min]	Abw. vom Soll [%]	[l/min]	Abw. vom Soll [%]
Köln, Winter	3,31	0,3	3,30	0
Bonn, Winter	3,32	0,6	3,28	-0,6
Köln, Sommer	3,33	0,9	3,29	-0,3
Rodenkirchen, Sommer	3,36	1,8	3,33	0,9

Die grafischen Darstellungen der Konstanz des Durchflusses zeigen, dass alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als ± 5 % vom jeweiligen Sollwert abweichen. Die Abweichung der 24h-Mittelwerte für den Gesamtdurchfluss von 3,3 l/min sind ebenfalls deutlich kleiner als die geforderten ± 3 % vom Sollwert.

Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als $\pm 2,0$ %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses des Sollwertes des Volumenstroms

In Tabelle 15 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss aufgeführt. Abbildung 29 bis Abbildung 30 zeigen eine grafische Darstellung der Durchflussmessungen an den beiden Testgeräten SN3 und SN4.

Tabelle 15: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN3 & SN4

Gerät	Mittelwert [l/min]	Abweichung vom Sollwert [%]	Std. Abw. [l/min]	Max [l/min]	Min [l/min]
SN3	3,29	-0,43	0,033	3,45	3,20
SN4	3,31	0,24	0,030	3,37	3,27

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

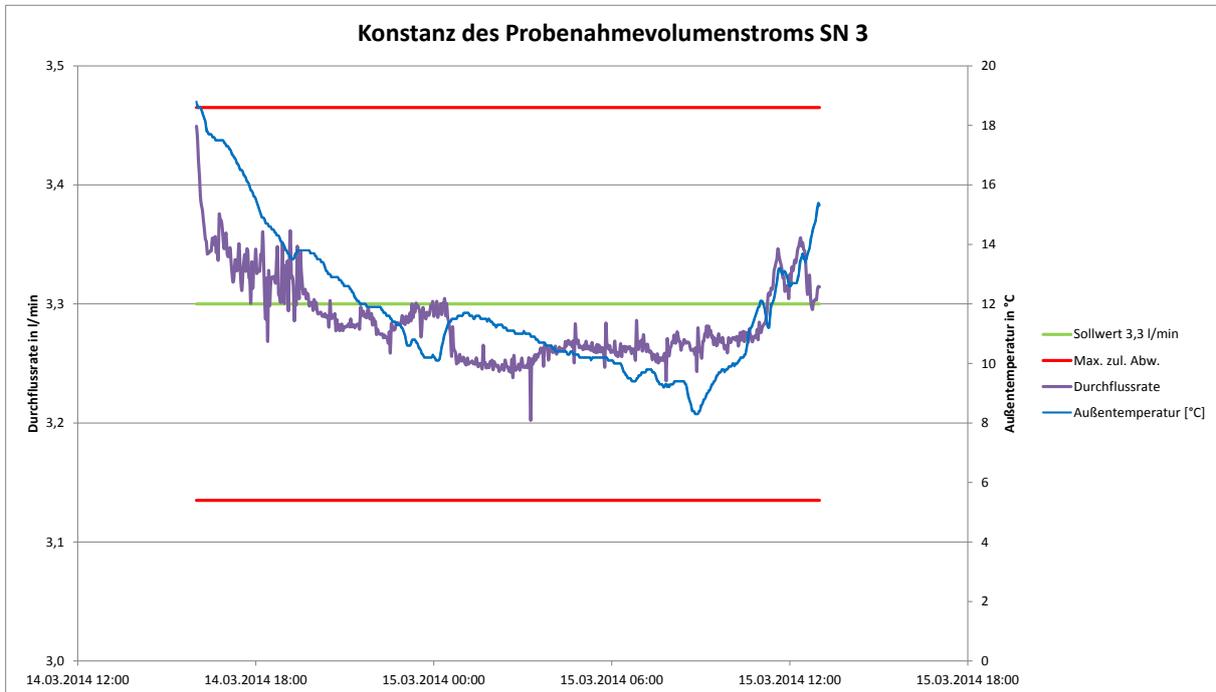


Abbildung 29: Durchfluss am Testgerät SN3

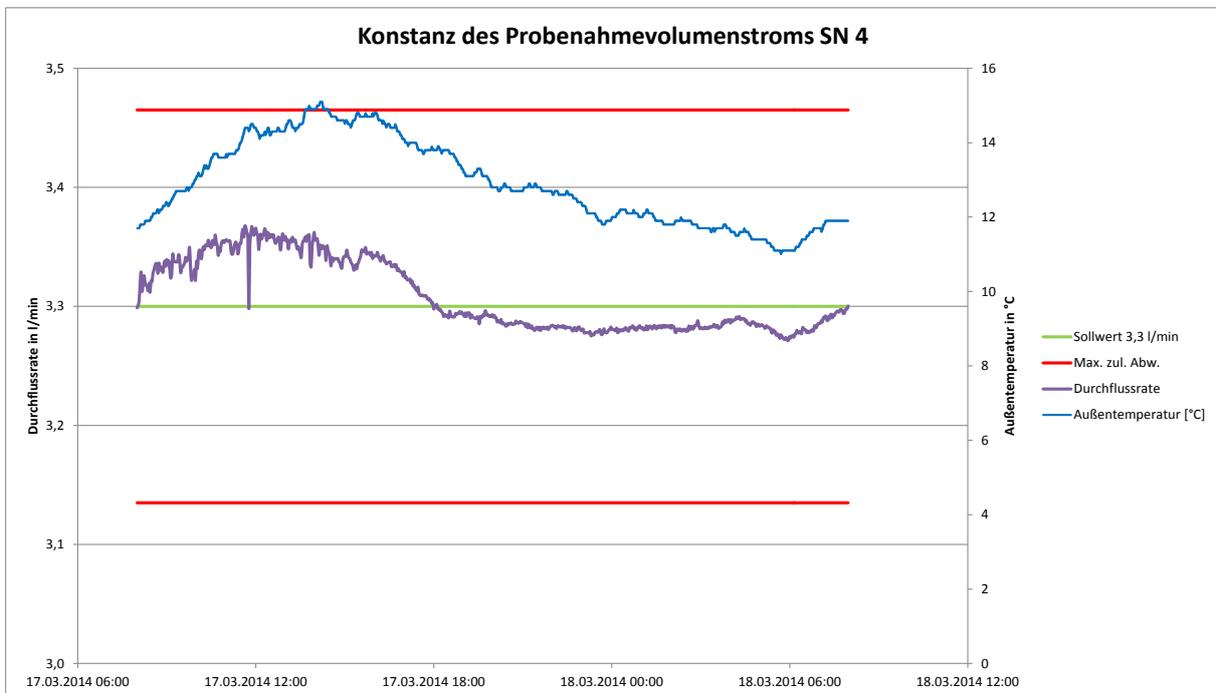


Abbildung 30: Durchfluss am Testgerät SN4



6.1 6 Dichtigkeit 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

Dichtigkeitstestvorrichtung.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Durchflusssensor der Messeinrichtung APM-2 ist unmittelbar vor der Pumpe angeordnet. Um die Leckrate der Messeinrichtung zu bestimmen, wird gemäß Kapitel 9.7 des Handbuchs ein Dichtigkeitstest mittels einer vom Hersteller bereitgestellten Dichtigkeitstestvorrichtung durchgeführt. Hierbei wird zunächst im Gerät von der internen Pumpe ein Vakuum erzeugt. Anschließend wird über einen Zeitraum von 5 Minuten geprüft, ob und inwiefern ein Druckanstieg im System erfolgt. Liegt dieser Druckanstieg bei >290 hPa, dann ist das Gerät undicht und muss überprüft werden. Das Systemvolumen beträgt 215 ml. Darüber hinaus gibt das Gerät auch die Leckrate in ml/min als zusätzliche Information aus.

Die Durchflussrate beträgt 3,3 l/min, d.h. die maximal zulässige Leckrate liegt bei 0,033 l/min oder 33 ml/min.

Es wird empfohlen, die Dichtigkeit der Messeinrichtung mit Hilfe der beschriebenen Prozedur alle 3 Monate zu überprüfen.

6.4 Auswertung

Die Dichtigkeitsprüfung wurde im Labor geprüft.

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung – maximaler Druckanstieg von 290 hPa in 5 Minuten - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtigkeit.

Die maximal ermittelte Leckrate von 10,4 ml/min ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 3,3 l/min.

6.5 Bewertung

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung - maximaler Druckanstieg von 290 hPa in 5 Minuten - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtigkeit. Die maximal ermittelte Leckrate von 10,4 ml/min ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 3,3 l/min.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 16 enthält die ermittelten Werte aus der Dichtigkeitsprüfung.

Tabelle 16: Ergebnisse der Dichtigkeitsprüfungen

Test	SN3		SN4		max. zulässige Leckrate in ml/min
	Druckanstieg in 5 min in hPa	Leckrate in ml/min	Druckanstieg in 5 min in hPa	Leckrate in ml/min	
1	108	8,2	151	10,4	33
2	104	8,0	143	10,1	33
3	102	8,0	139	9,9	33



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 -20 bis +50 °C, Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung

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 $T_{S,1} = -20 \text{ °C}$
- c) bei einer Höchsttemperatur $T_{S,2} = 50 \text{ °C}$

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben.

Für die Nullpunktsuntersuchungen wurde den Testgeräten durch Montage von Nullfiltern 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 mindestens 6 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte am Nullpunkt (3 Messwerte pro Temperaturstufe).

6.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte für die Konzentration der jeweiligen Einzelmessungen ausgelesen 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 -20 °C bis +50 °C. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur auf den Nullpunkt von <0,1 µg/m³ für PM_{2,5} und von <0,2 µg/m³ für PM₁₀ festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 17: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM₁₀

Temperatur	SN3		SN4	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
°C	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
20	0,0	0,0	0,0	0,0
-20	0,0	0,0	0,2	0,2
20	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
Mittelwert bei 20°C	0,0	-	0,0	-

Tabelle 18: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM_{2,5}

Temperatur °C	SN3		SN4	
	Messwert µg/m ³	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C µg/m ³	Messwert µg/m ³	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C µg/m ³
20	0,0	0,0	0,0	0,0
-20	0,0	0,0	0,1	0,1
20	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
Mittelwert bei 20°C	0,0	-	0,0	-

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 -20 bis +50 °C, Prüfgastest mit Propan zur Referenzpunktsüberprüfung.

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 $T_{S,1} = -20 \text{ °C}$
- c) bei einer Höchsttemperatur $T_{S,2} = 50 \text{ °C}$

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben.

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 mindestens 6 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte am Nullpunkt (3 Messwerte pro Temperaturstufe).

6.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte der jeweiligen Einzelmessungen mit Propan ermittelt.

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 -20 °C bis +50 °C. Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen > 2,4 % ermittelt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 19: Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Propan) von der Umgebungstemperatur, SN3 + SN4

Temperatur	SN3		SN4	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
°C	[mV]	%	[mV]	%
20	336,9	-0,3	337,7	0,4
-20	335,5	-0,7	332,7	-1,1
20	345,9	2,4	335,0	-0,4
50	342,5	1,3	339,8	1,0
20	331,1	-2,0	336,3	0,0
Mittelwert bei 20°C	338,0	-	336,3	-

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, Rauchkammer zur Referenzpunktsüberprüfung.

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.

Für die Referenzpunktsuntersuchungen wurde die Testgeräten SN 20095 und SN 20133 jeweils nacheinander mit einem dritten Gerät als Referenz an der Rauchkammer betrieben. In dieser Rauchkammer werden Buchenholzspäne verkokelt. Der dabei entstehende Rauch wird in der Kammer homogenisiert und kann von 2 Prüflingen gleichzeitig beprobt werden.

Die Spannung wurde dann nur für die Testgeräte variiert und nicht für das Referenzgerät. Anhand der Differenz zu dem Referenzgerät wurden die Abweichungen bei den verschiedenen Spannungsstufen berechnet.

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 $> -1,3\%$ für PM_{2,5} bzw. $> 1,1\%$ für PM₁₀, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 21 und Tabelle 20 zeigen eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.

Tabelle 20: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, PM₁₀, SN 20095 + SN 20133

Netzspannung	SN20095		SN20133	
	Messwert	Abweichung zu mittleren Messwert bei 230 V	Messwert	Abweichung zu mittleren Messwert bei 230 V
V	[µg/cm ³]	%	[µg/cm ³]	%
230	658,2	0,9	693,8	0,5
195	649,1	-0,5	692,8	0,4
230	651,3	-0,2	693,1	0,4
253	659,8	1,1	694,3	0,6
230	648,1	-0,7	683,7	-0,9
Mittelwert bei 230 V	652,5	-	690,2	-

Tabelle 21: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, PM_{2,5}, SN 20095 + SN 20133

Netzspannung	SN20095		SN20133	
	Messwert	Abweichung zu mittleren Messwert bei 230 V	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 230 V
V	[µg/cm ³]	%	[µg/cm ³]	%
230	646,8	0,6	655,7	0,7
195	648,9	1,0	642,8	-1,3
230	643,3	0,1	651,3	0,0
253	649,4	1,0	650,8	0,0
230	637,9	-0,7	646,0	-0,8
Mittelwert bei 230 V	642,7	-	651,0	-

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

Im Falle eines Netzausfalles befindet sich die Messeinrichtung nach der Spannungswiederkehr nach erneuter Stabilisierung der Photometertemperatur und der zweiminütigen Nullluftspülung wieder in messbarem Zustand.

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 nach erneuter Stabilisierung der Photometertemperatur und der zweiminütigen Nullluftspülung 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/m³ 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 Nullpunktsüberprüfung

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 Klimakammer betrieben und die relative Feuchte der gesamten umgebende Atmosphäre gezielt variiert. Den Prüflingen SN 20095 und SN 20133 wurde für die Nullpunktuntersuchungen durch Montage von Nullfiltern an jeweils beiden Geräteinlässen schwebstaubfreie Probenluft zugeführt.

Nach der Stabilisierung der relativen Feuchte und der Konzentrationsmesswerte der AMS wurde ein Anzeigewert über einen Mittelungszeitraum von 8 h bei 40 % relativer Feuchte aufgezeichnet. Die relative Feuchte wurde dann mit einer Rate von 25 % je Stunde auf 90 % erhöht. Die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts (Rampe) und der Anzeigewert über einen Mittelungszeitraum von 8 h bei 90 % relative Feuchte wurden aufgezeichnet. Anschließend wurde die Feuchte mit einer Rate von 25 % je Stunde zurück auf 40 % verringert. Erneut wurden die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts (Rampe) und der Anzeigewert über einen Mittelungszeitraum von 8 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 und ausgewertet. Betrachtet wird die größte Differenz in µg/m³ 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 beträgt -1,6 µg/m³.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 22: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, SN 20095 + SN 20133

rel. Luftfeuchte	20095		20133	
	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert
%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
40	0,1	-	1,5	-
90	0,6	0,5	2,1	0,6
40	0,5	-0,1	0,5	-1,6
Maximale Abweichung	-0,1		-1,6	



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 Nullpunktsüberprüfung

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte im Rahmen des Feldtestes über einen Gesamtzeitraum von insgesamt ca. 10 Monaten (Vergleichskampagne 1-4) bzw. ca. 15 Monaten bei Berücksichtigung der Validierungskampagne im Winter 2014.

Die Messeinrichtungen wurden im Rahmen regelmäßiger Überprüfungen ca. einmal pro Monat (inkl. zu Beginn und zum Ende jedes Standortes) mit Null-Filter an den Geräteeinlässen für einen Zeitraum jeweils mindestens 24 h betrieben und die gemessenen Nullwerte ausgewertet.

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

Der maximal ermittelte absolute Messwert am Nullpunkt lag sowohl für $\text{PM}_{2,5}$ bei $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und bei PM_{10} bei $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 23 und Tabelle 24 enthalten die ermittelten Messwerte für den Nullpunkt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 75 von 183

Tabelle 23: Nullpunktprüfungen SN3 + SN4, PM₁₀, mit Nullfilter

Datum	SN3		Datum	SN4	
	Messwert	Messwert (absolut) < 3,0 µg/m ³		Messwert	Messwert (absolut) < 3,0 µg/m ³
	µg/m ³			µg/m ³	
19.11.2012	0,0	ok	19.11.2012	0,0	ok
20.11.2012	0,0	ok	20.11.2012	0,0	ok
21.11.2012	0,8	ok	21.11.2012	0,8	ok
11.01.2013	0,7	ok	11.01.2013	0,1	ok
12.01.2013	0,4	ok	12.01.2013	0,0	ok
13.01.2013	1,4	ok	13.01.2013	1,0	ok
05.02.2013	0,1	ok	05.02.2013	0,1	ok
06.02.2013	0,0	ok	06.02.2013	0,2	ok
27.02.2013	1,0	ok	27.02.2013	1,8	ok
28.02.2013	1,4	ok	28.02.2013	2,4	ok
30.03.2013	1,2	ok	30.03.2013	2,0	ok
31.03.2013	1,0	ok	31.03.2013	2,7	ok
01.04.2013	1,1	ok	01.04.2013	2,2	ok
26.04.2013	1,1	ok	26.04.2013	1,2	ok
27.04.2013	1,8	ok	27.04.2013	1,6	ok
28.04.2013	1,9	ok	28.04.2013	1,8	ok
15.05.2013	1,4	ok	15.05.2013	1,7	ok
16.05.2013	1,2	ok	16.05.2013	1,7	ok
29.06.2013	1,6	ok	29.06.2013	2,4	ok
30.06.2013	1,5	ok	30.06.2013	2,2	ok
21.09.2013	1,5	ok	21.09.2013	1,7	ok
07.02.2014*	1,8	ok	07.02.2014	1,3	ok
08.02.2014*	2,4	ok	08.02.2014	1,1	ok
09.02.2014*	1,9	ok	09.02.2014	1,2	ok

* Köln, Winter 2014, Validierungskampagne



Tabelle 24: Nullpunktprüfungen SN3 + SN4, PM_{2,5}, mit Nullfilter

Datum	SN3		Datum	SN4	
	Messwert	Messwert (absolut)		Messwert	Messwert (absolut)
	µg/m ³	< 3,0 µg/m ³		µg/m ³	< 3,0 µg/m ³
19.11.2012	0,0	ok	19.11.2012	0,0	ok
20.11.2012	0,0	ok	20.11.2012	0,0	ok
21.11.2012	0,6	ok	21.11.2012	0,6	ok
11.01.2013	0,7	ok	11.01.2013	0,1	ok
12.01.2013	0,3	ok	12.01.2013	0,0	ok
13.01.2013	1,4	ok	13.01.2013	1,0	ok
05.02.2013	0,1	ok	05.02.2013	0,1	ok
06.02.2013	0,0	ok	06.02.2013	0,2	ok
27.02.2013	1,1	ok	27.02.2013	1,7	ok
28.02.2013	1,3	ok	28.02.2013	2,4	ok
30.03.2013	1,2	ok	30.03.2013	2,3	ok
31.03.2013	1,0	ok	31.03.2013	1,7	ok
01.04.2013	0,9	ok	01.04.2013	1,8	ok
26.04.2013	1,1	ok	26.04.2013	1,2	ok
27.04.2013	1,5	ok	27.04.2013	1,6	ok
28.04.2013	1,7	ok	28.04.2013	1,7	ok
15.05.2013	1,3	ok	15.05.2013	1,7	ok
16.05.2013	1,1	ok	16.05.2013	1,6	ok
29.06.2013	1,5	ok	29.06.2013	2,3	ok
30.06.2013	1,5	ok	30.06.2013	2,2	ok
21.09.2013	1,5	ok	21.09.2013	2,0	ok
07.02.2014*	2,0	ok	07.02.2014	1,5	ok
08.02.2014*	2,4	ok	08.02.2014	1,4	ok
09.02.2014*	2,1	ok	09.02.2014	1,4	ok

* Köln, Winter 2014, Validierungskampagne

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

PC zur Datenerfassung.

6.3 Durchführung der Prüfung

An die Messeinrichtung wurde lokal über RS232 ein PC angeschlossen und der Datentransfer inkl. Gerätestatus geprüft. Die Daten werden intern gespeichert und können auf eine SD-Karte kopiert.

Über entsprechende Router oder Modems ist eine Fernüberwachung leicht möglich.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über die serielle Schnittstelle (RS232). Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt. Folgende Daten werden intern gespeichert und können auf eine SD-Karte kopiert:

- *Volumenstrom;*
- *Massenkonzentration der betreffenden Staubfraktionen mit Zeitbezug;*
- *Außenlufttemperatur;*
- *Außenluftdruck;*
- *Außenluftfeuchte;*
- *Lufttemperatur in der Messeinheit;*
- *Pumpenleistung*
- *Betriebszustand.*

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle der Messeinrichtung über die serielle Schnittstelle (RS232). Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja



TÜVRheinland®

Genau. Richtig.

Seite 78 von 183

TÜV Rheinland Energy GmbH

Luftreinhaltung

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

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

Die Messeinrichtung APM-2 schaltet abwechselnd alle zwei Minuten zwischen den Messkanälen für PM₁₀ und PM_{2,5} um. Zusätzlich wird einmal pro Stunde die Photometereinheit für die Dauer von zwei Minuten mit Nullluft gespült.

Die Ergebnisse aus den Felduntersuchungen zeigen jedoch, dass bei dieser Gerätekonfiguration die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren nachgewiesen werden konnte und die Bildung von Tagesmittelwerten damit gesichert möglich ist – dies gilt auch für den stark verkehrsbeeinflussten Standort an der Straßenkreuzung in Bonn.

Die damit verfügbare Erfassungszeit pro PM-Fraktion liegt bei $((60\text{min}-2\text{min})/2) = 29\text{ min}$ pro Stunde und damit bei 48,3 % der Gesamtzeit.

Die Bildung von Tagesmittelwerten ist damit gesichert möglich.

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 bestimmt. Dazu werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten erfasst.

Zur Berechnung der Verfügbarkeit wird die gesamte Zeitspanne in der Feldprüfung verwendet, während der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Dabei 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_{valid}	die Zeitspanne, in der valide Daten erfasst wurden;
$t_{\text{cal,maint}}$	die für planmäßige Kalibrierungen und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit;
t_{field}	die Gesamtdauer der Feldprüfung.

6.4 Auswertung

Tabelle 25 zeigt eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest (4 Vergleichskampagnen) über einen Zeitraum von insgesamt 264 Messtagen betrieben. Dieser Zeitraum beinhaltet insgesamt 22 Tage mit Nullfilterbetrieb bzw. Geräteüberprüfungen im Rahmen der Eignungsprüfung (siehe auch Anlage 5).

Ausfälle durch externe Einflüsse, die nicht dem Gerät angelastet werden können, wurden am 31.12.2012 und am 01.01.2013 (Stromausfall) registriert. Durch die externen Einflüsse reduziert sich die Gesamtbetriebszeit auf 262 Messtage.

Es wurden folgende Gerätestörungen beobachtet:

SN3:

Es wurden keine Gerätestörungen beobachtet

SN4:

Zwischen dem 24.05.2013 und dem 26.05.2013 erfolgte aus unbekanntem Gründen keine Datenaufzeichnung bei SN4 – somit kam es hier zu drei Tagen Ausfall.

Ansonsten wurden keine weiteren Gerätestörungen beobachtet.

Die regelmäßige Pflege der Probenahmeköpfe, die regelmäßige Überprüfung der Durchflussraten (bzw. der Dichtigkeit) führen zu Ausfällen von 0,5 bis ca. 1 Stunde. Betroffene Tagesmittelwerte wurden in diesen Fällen nicht verworfen.

6.5 Bewertung

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Die Verfügbarkeit betrug für SN3 100 % und für SN4 98,9 %.
Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 25: Ermittlung der Verfügbarkeit

		Gerät 1 (SN3)	Gerät 2 (SN4)
Einsatzzeit	d	262	262
Ausfallzeit	d	0	3
Wartungszeit inkl. Nullfilter	d	22	22
Tatsächliche Betriebszeit	d	240	237
Verfügbarkeit	%	100	98,9



6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8)

Gemäß der Richtlinie EN 16450 [9] 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 28 µg/m³ für PM₁₀ und 17 µg/m³ für PM_{2,5}. Sofern aufgrund niedriger Konzentrationen das Kriterium von 20 % der Ergebnisse größer als 28 µg/m³ für PM₁₀ bzw. größer als 17 µg/m³ für PM_{2,5} nicht erfüllt werden kann, wird ein Minimum von 32 Datenpunkten oberhalb dieser Schwellenwerte als ausreichend angesehen.
2. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen muss kleiner sein als 2,5 µg/m³ für alle Daten sowie für einen Datensatz mit Daten größer/gleich 30 µg/m³ für PM₁₀ und 18 µg/m³ für PM_{2,5}.
3. Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten muss kleiner sein als 2,0 µg/m³.
4. Die erweiterte Unsicherheit (W_{CM}) wird berechnet bei 50 µg/m³ für PM₁₀ und bei 30 µg/m³ für PM_{2,5} 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/m³ für PM₁₀ oder größer/gleich 18 µg/m³ für PM_{2,5}, 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 wurde im Feldtest in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe $\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10} Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ bzw. größer sein als $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} . 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 (4 Vergleiche, für PM_{10} : 195 valide Messwertpaare für SN3, 193 valide Messwertpaare für SN4; für $\text{PM}_{2,5}$: 194 valide Messwertpaare für SN3, 192 valide Messwertpaare für SN4) liegen insgesamt 28,6 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ sowie insgesamt 20,7 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} . Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

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 Vergleiche gemeinsam (Kompletter Datensatz)
- 1 Datensatz mit Messwerten $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} (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 mit maximal $1,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ und mit maximal $2,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} unterhalb des geforderten Wertes von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 26 und Tabelle 27 führen die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 31 bis Abbildung 42.

Tabelle 26: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für $\text{PM}_{2,5}$

Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alle Standorte	192	0,65
Klassierung über Referenzwerte		
Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	49	1,04

Tabelle 27: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für PM_{10}

Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alle Standorte	193	1,27
Klassierung über Referenzwerte		
Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	33	2,28

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

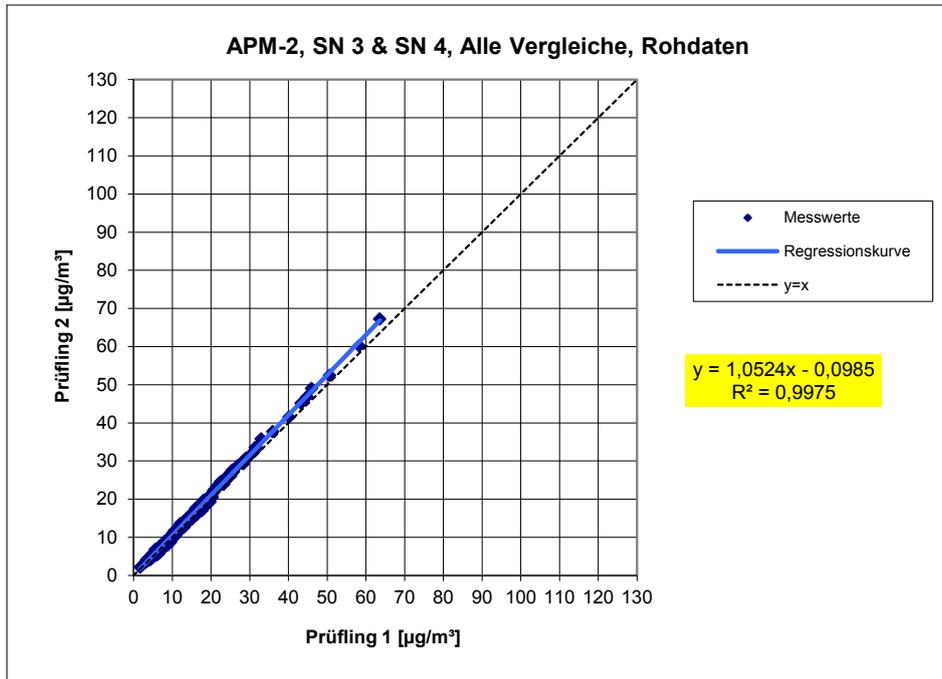


Abbildung 31: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte

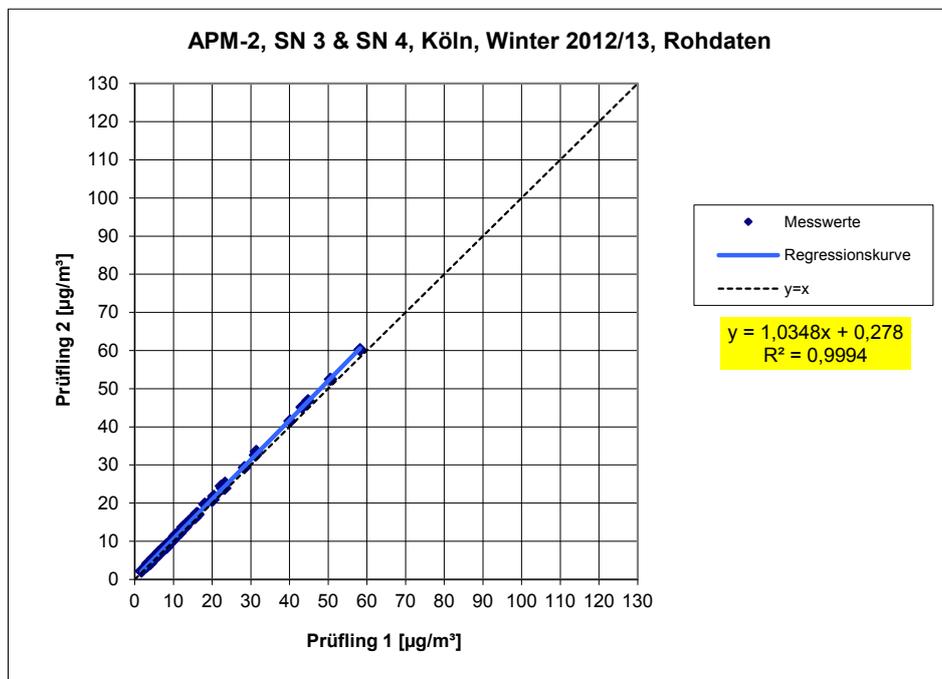


Abbildung 32: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Köln, Winter

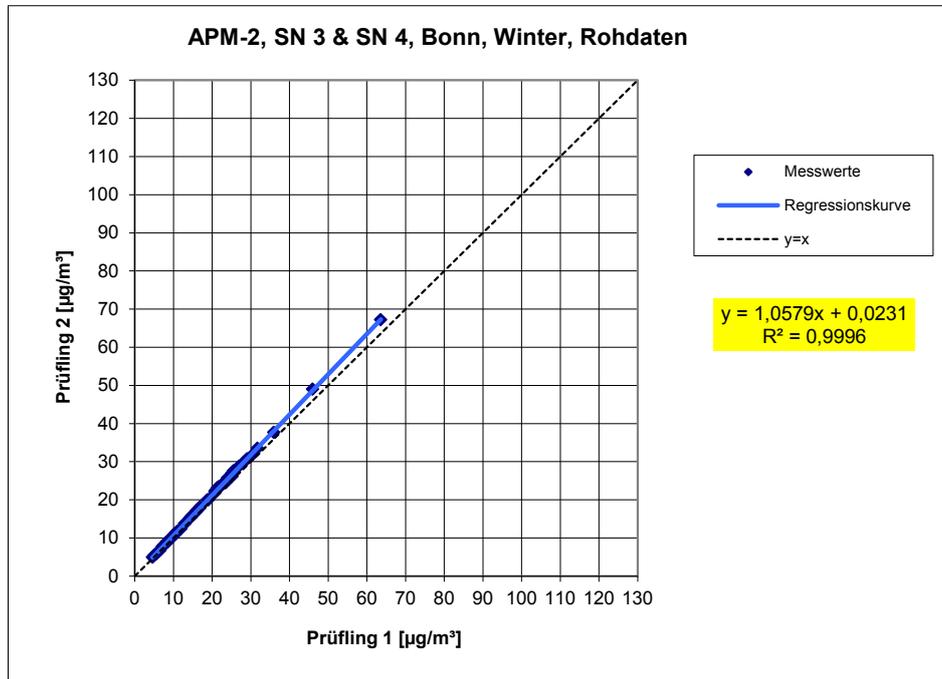


Abbildung 33: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Bonn, Winter

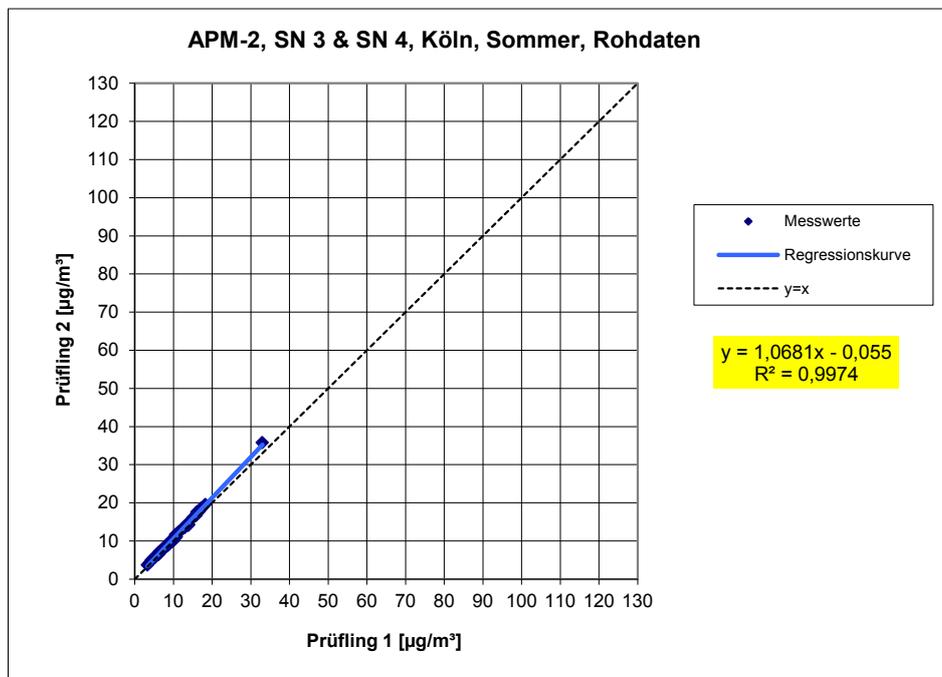


Abbildung 34: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Köln, Sommer

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

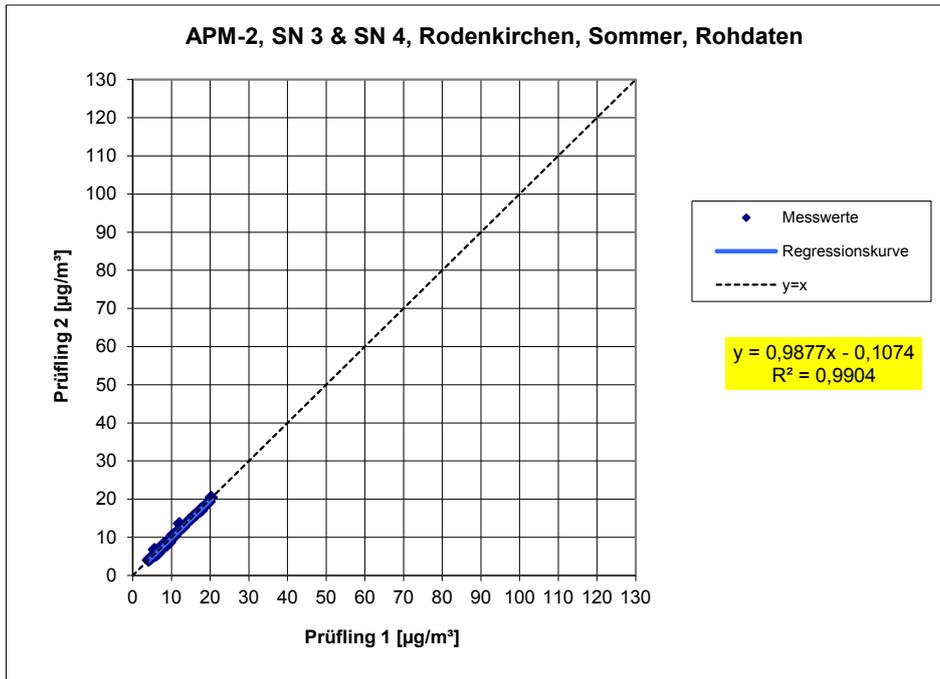


Abbildung 35: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Standort Rodenkirchen, Sommer

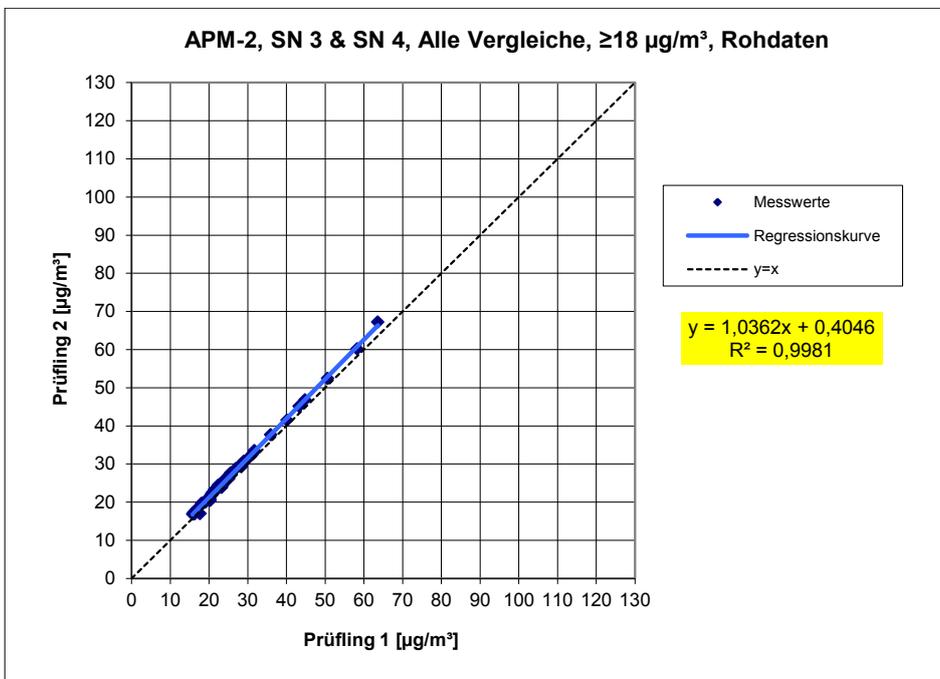


Abbildung 36: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte, Werte ≥ 18 µg/m³

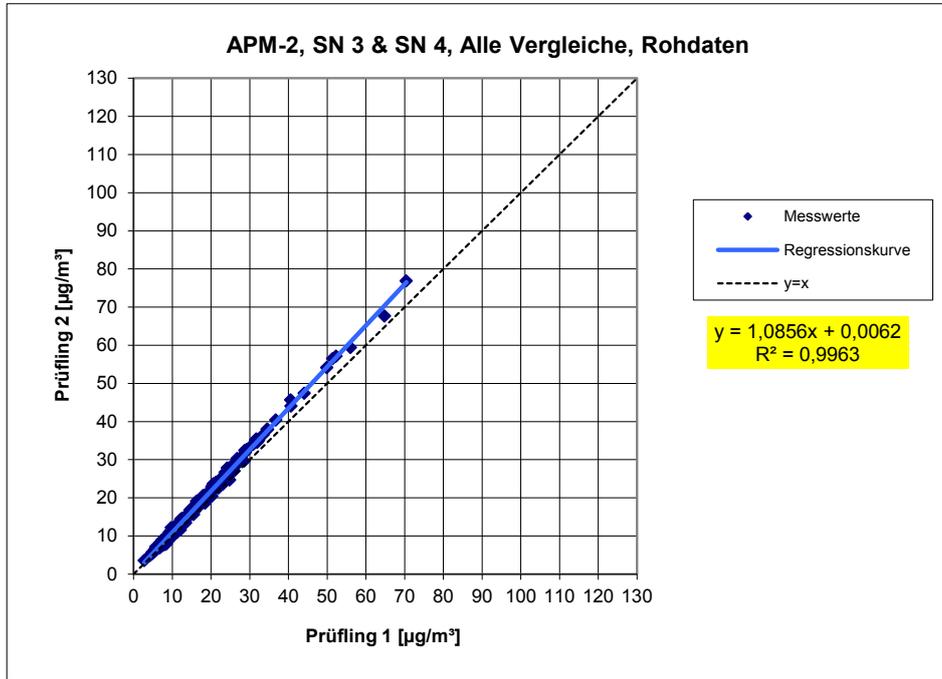


Abbildung 37: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte

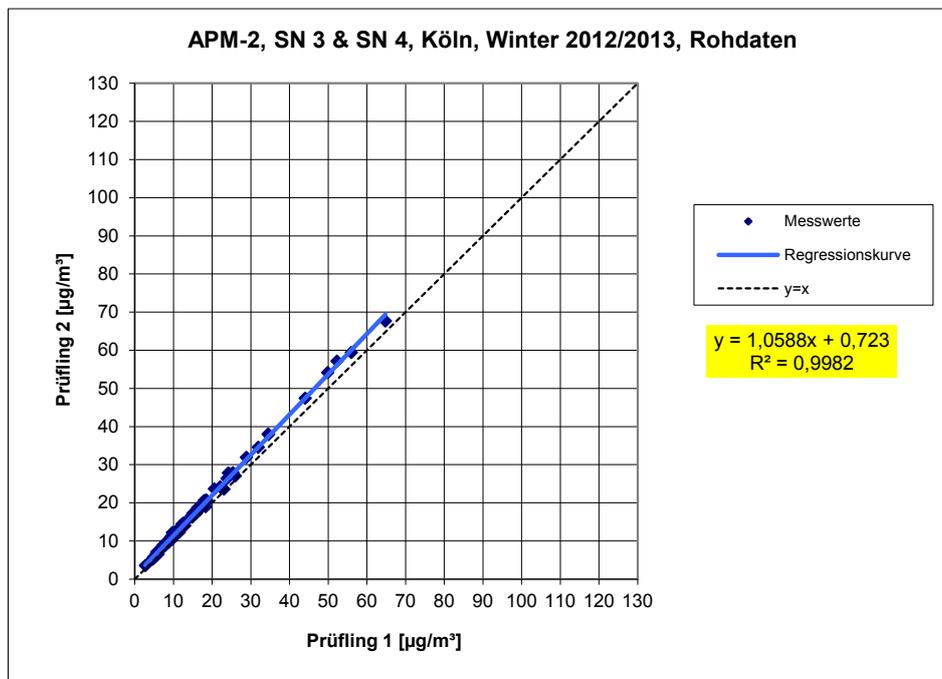


Abbildung 38: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Köln, Winter

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

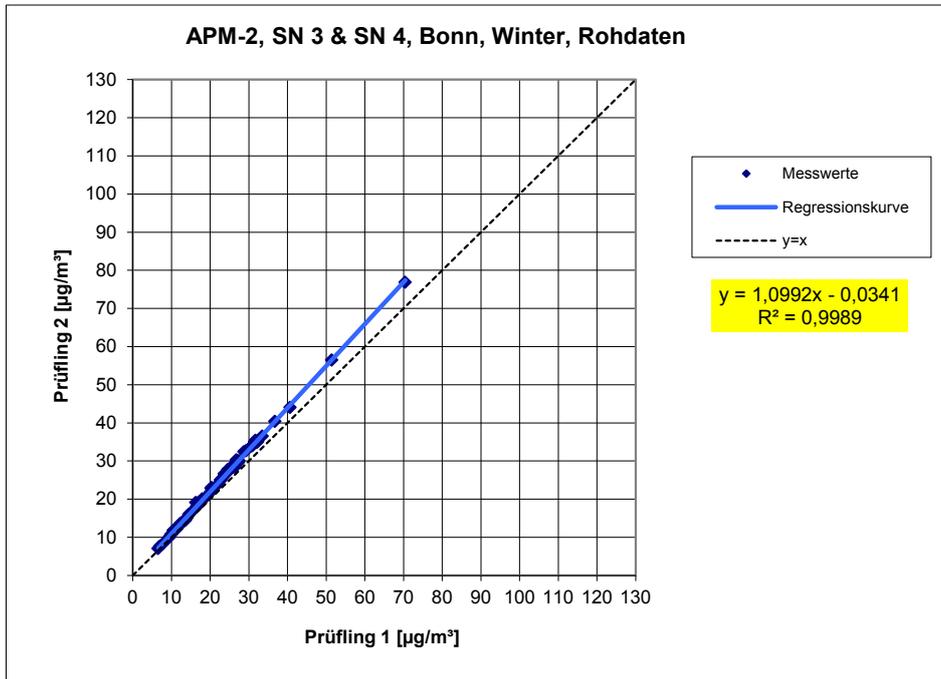


Abbildung 39: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Bonn, Winter

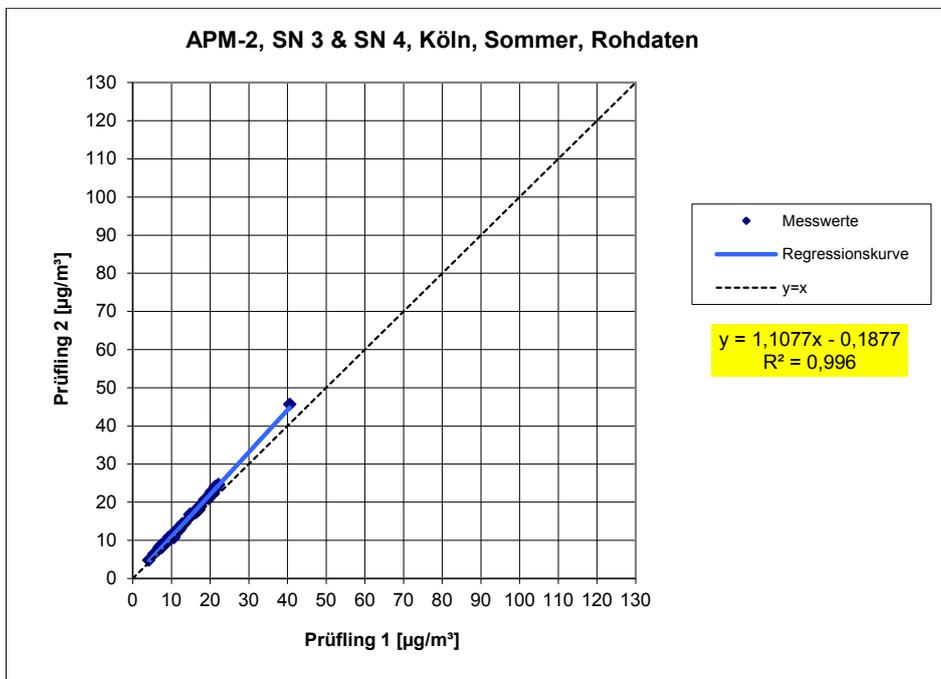


Abbildung 40: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Köln, Sommer

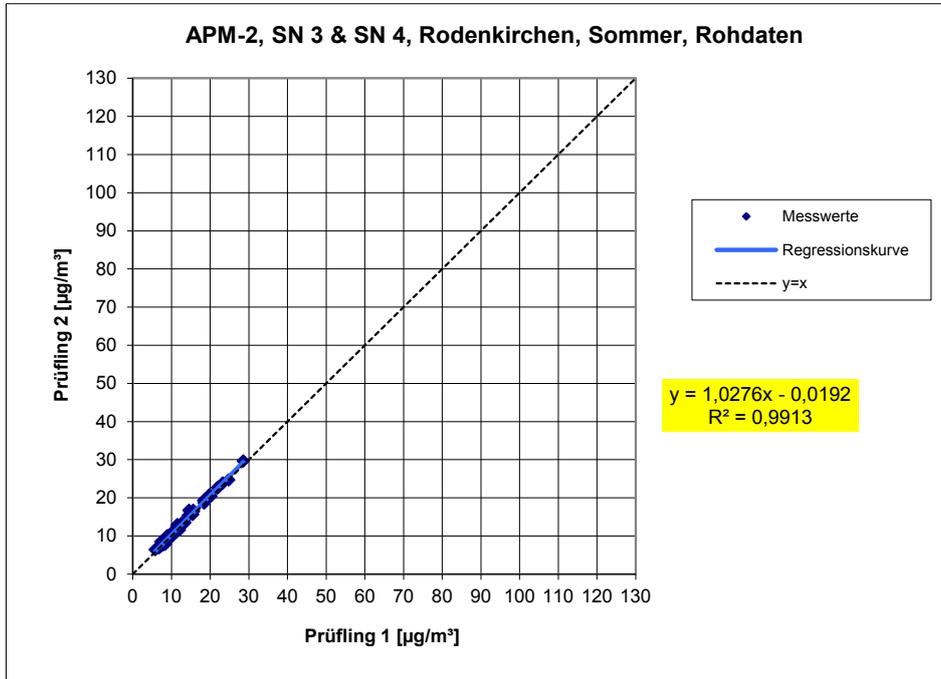


Abbildung 41: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, Standort Rodenkirchen, Sommer

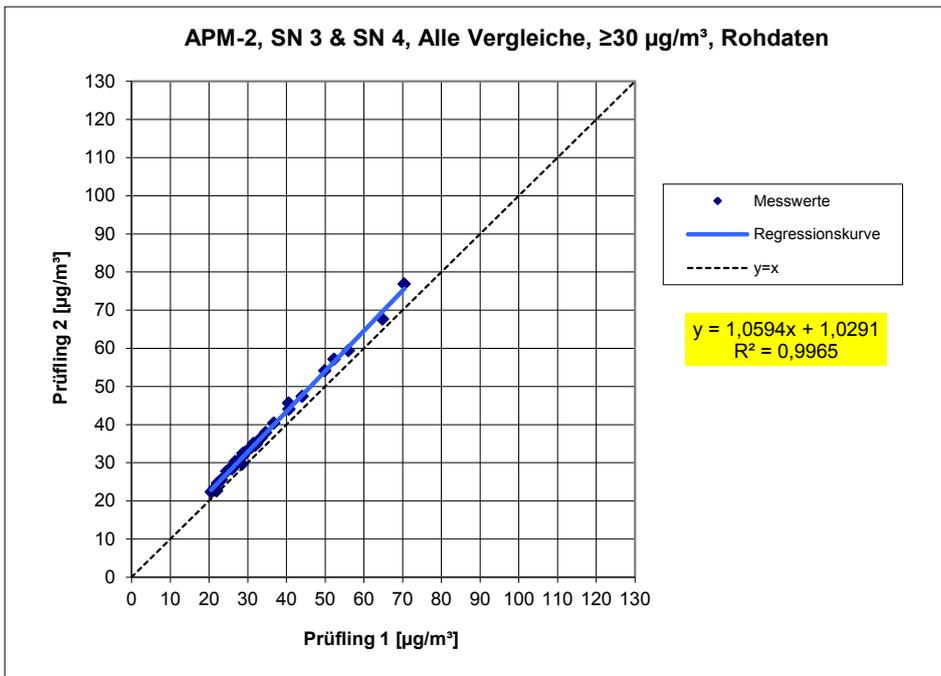


Abbildung 42: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN3 / SN4, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

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 wurde im Feldtest in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM_{2,5} und PM₁₀ Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als 17 µg/m³ für PM_{2,5} bzw. größer sein als 28 µg/m³ für PM₁₀. 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 (4 Vergleiche, für PM₁₀: 195 valide Messwertpaare für SN3, 193 valide Messwertpaare für SN4; für PM_{2,5}: 194 valide Messwertpaare für SN3, 192 valide Messwertpaare für SN4) liegen insgesamt 28,6 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 17 µg/m³ für PM_{2,5} sowie insgesamt 20,7 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 28 µg/m³ für PM₁₀. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

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/m³ 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.

$$u_{yi}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [a + (b-1)L]^2$$

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

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit $W_{d,qo}$ beträgt für Feinstaub 25 % [8].

7.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten W_{AMS} liegen für PM_{10} für alle betrachteten Datensätze mit Ausnahme von Köln, Winter 2012/2013 sowie des Gesamtdatensatz ohne Anwendung von Korrekturfaktoren über der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit $W_{d,qo}$ von 25 % für Feinstaub. Die ermittelten Unsicherheiten W_{AMS} liegen für $\text{PM}_{2,5}$ für alle betrachteten Datensätze mit Ausnahme der Vergleiche $>18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit $W_{d,qo}$ von 25 % für Feinstaub. Die Anwendung von Korrekturfaktoren ist gemäß Punkt 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen entsprechend vorzunehmen.

Mindestanforderung erfüllt? nein

Nachfolgende Tabelle 28 sowie Tabelle 29 zeigen einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für PM_{2,5} und PM₁₀. Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit roter Farbe hinterlegt.

Tabelle 28: Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM_{2,5}

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfling	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,65			µg/m³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	192			
Steigung b	0,919	signifikant		
Unsicherheit von b	0,012			
Achsabschnitt a	0,327	nicht signifikant		
Unsicherheit von a	0,216			
Erweiterte Messunsicherheit V_{CM}	17,87	%		
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,04			µg/m³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	49			
Steigung b	0,887			
Unsicherheit von b	0,030			
Achsabschnitt a	1,248			
Unsicherheit von a	0,937			
Erweiterte Messunsicherheit V_{CM}	22,12	%		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 95 von 183

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m³ %
Köln, Winter 2012/13				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,65	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,855		0,883	
Unsicherheit von b	0,017		0,018	
Achsabschnitt a	1,068		1,387	
Unsicherheit von a	0,389		0,400	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	24,69	%	18,29	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,62	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,88	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	0,952		1,007	
Unsicherheit von b	0,029		0,029	
Achsabschnitt a	-0,834		-0,849	
Unsicherheit von a	0,649		0,666	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	20,75	%	15,09	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,57	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	46		44	
Steigung b	0,966		1,019	
Unsicherheit von b	0,041		0,045	
Achsabschnitt a	-0,221		-0,174	
Unsicherheit von a	0,453		0,508	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,88	%	8,28	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,33	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	1,053		1,037	
Unsicherheit von b	0,046		0,047	
Achsabschnitt a	-1,230		-1,320	
Unsicherheit von a	0,519		0,521	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,14	%	7,93	%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,04	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	49		49	
Steigung b	0,871		0,904	
Unsicherheit von b	0,030		0,031	
Achsabschnitt a	1,046		1,438	
Unsicherheit von a	0,921		0,96	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	25,16	%	19,85	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,65	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	194		192	
Steigung b	0,896	signifikant	0,943	signifikant
Unsicherheit von b	0,012		0,012	
Achsabschnitt a	0,382	nicht signifikant	0,267	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,209		0,225	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	21,25	%	15,07	%



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 bis auf die Vergleiche $>18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen unter 25 %.
- Kriterium 5: Bei beiden Prüflingen 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 0,919 und einen Achsabschnitt von 0,327 bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 17,87 %.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Tabelle 29: Übersicht Äquivalenzprüfung APM-2 für PM₁₀

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN Grenzwert	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Rohdaten	erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,27	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	193			
Steigung b	0,977	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	0,020			
Achsabschnitt a	-3,758	signifikant		
Unsicherheit von a	0,502			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	23,31	%		
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m ³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,28	µg/m ³		
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	33			
Steigung b	1,035			
Unsicherheit von b	0,063			
Achsabschnitt a	-6,432			
Unsicherheit von a	2,681			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	25,96	%		



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m³ %
Köln, Winter 2012/2013				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,38	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,931		0,982	
Unsicherheit von b	0,023		0,022	
Achsabschnitt a	-2,007		-1,290	
Unsicherheit von a	0,611		0,582	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	23,75	%	12,40	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,38	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,72	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	0,943		1,043	
Unsicherheit von b	0,049		0,054	
Achsabschnitt a	-4,224		-4,829	
Unsicherheit von a	1,477		1,604	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	32,59	%	20,69	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,60	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,06	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		45	
Steigung b	0,852		0,954	
Unsicherheit von b	0,039		0,043	
Achsabschnitt a	-1,667		-2,156	
Unsicherheit von a	0,733		0,809	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	36,94	%	19,56	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,76	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	0,944		0,983	
Unsicherheit von b	0,063		0,063	
Achsabschnitt a	-5,390		-5,818	
Unsicherheit von a	1,252		1,258	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	33,90	%	28,19	%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,28	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	33		33	
Steigung b	1,003		1,068	
Unsicherheit von b	0,062		0,065	
Achsabschnitt a	-6,650		-6,252	
Unsicherheit von a	2,639		2,74	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	31,49	%	21,63	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,27	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	195		193	
Steigung b	0,935	signifikant	1,020	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,019		0,022	
Achsabschnitt a	-3,552	signifikant	-3,981	signifikant
Unsicherheit von a	0,474		0,531	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	29,74	%	17,87	%

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 mit Ausnahme von Köln, Winter 2012/2013 sowie des Gesamtdatensatz über 25 %.
- Kriterium 5: Bei beiden Prüflingen ist bei Auswertung des Gesamtdatensatzes der Achsabschnitt sowie bei SN 3 die Steigung signifikant größer als erlaubt.
- Weitere: Es ergibt sich für den Gesamtdatensatz für beide Prüflinge gemeinsam eine Steigung von 0,977 und einen Achsabschnitt von -3,758 bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 23,31 %.

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 Hafkenschied) 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 28 muss daher aufgrund der ermittelten Signifikanz eine Korrektur der Steigung für $\text{PM}_{2,5}$ erfolgen. Für PM_{10} muss gemäß Tabelle 29 aufgrund der ermittelten Signifikanz eine Korrektur der Steigung und des Achsabschnitts erfolgen. Es erfolgt daher unter Kapitel 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung des entsprechenden Kalibrierfaktors auf die Datensätze.



Für PM_{2,5}:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,919. Es erfolgt daher unter Kapitel 6.1

17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung des entsprechenden Kalibrierfaktors auf die Datensätze.

Für PM₁₀:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,977. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei -3,758. Es erfolgt daher unter Kapitel 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren 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 17,87 % für PM_{2,5}, was wiederum eine jährliche Überprüfung an 4 Messorten erfordern würde sowie 23,31 % für PM₁₀, was wiederum eine jährliche Überprüfung an 5 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).

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 30 und Tabelle 31 zeigen einen Überblick über die Unsicherheiten zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$ aus den Felduntersuchungen.

Tabelle 30: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$ für PM_{2,5}

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln, Winter	52	0,54
1 / 2	Bonn, Winter	51	0,62
1 / 2	Köln, Sommer	46	0,53
1 / 2	Rodenkirchen, Sommer	45	0,52
1 / 2	Alle Standorte	194	0,55

Tabelle 31: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$ für PM₁₀

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln, Winter	52	0,54
1 / 2	Bonn, Winter	51	0,38
1 / 2	Köln, Sommer	47	0,60
1 / 2	Rodenkirchen, Sommer	33	0,76
1 / 2	Alle Standorte	195	0,58

Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$ ist an allen Standorten $< 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

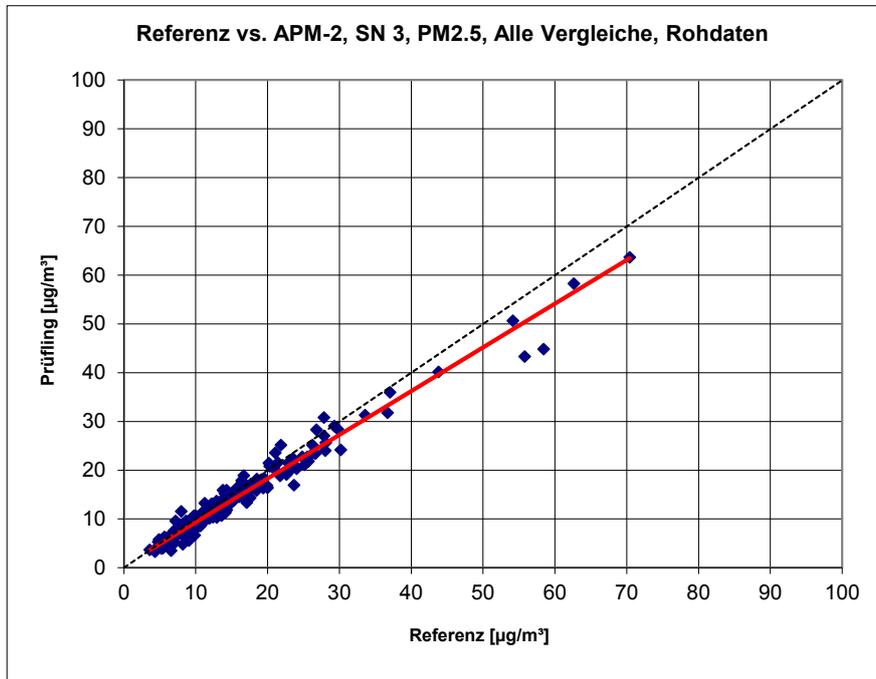


Abbildung 43: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte

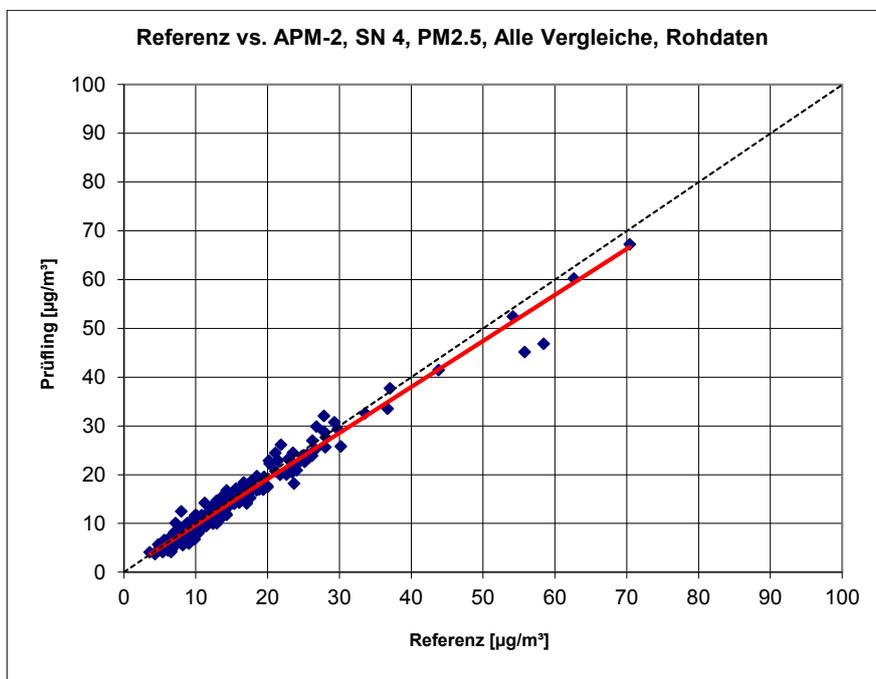


Abbildung 44: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, alle Standorte

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

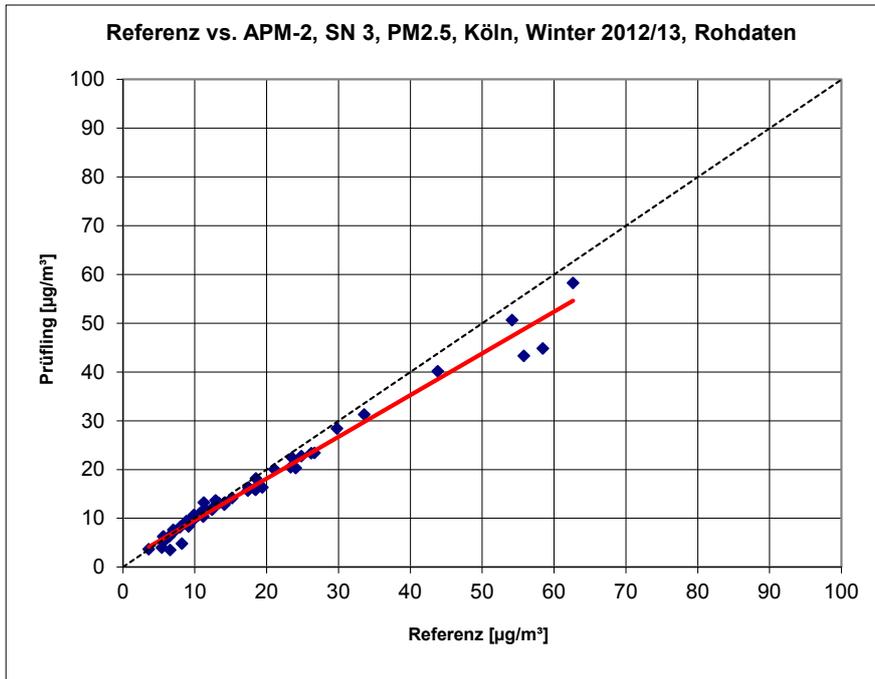


Abbildung 45: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Winter

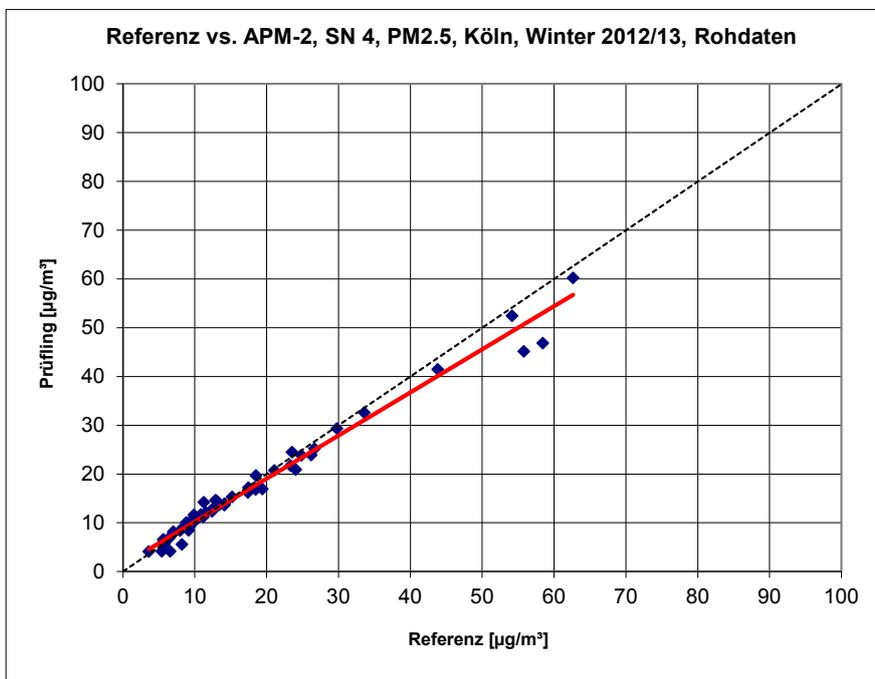


Abbildung 46: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Winter

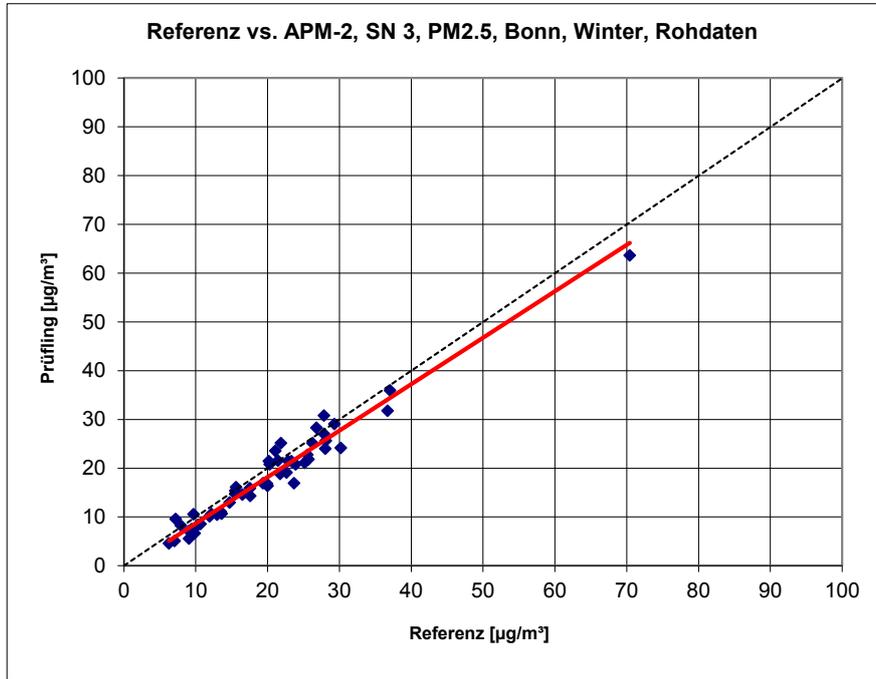


Abbildung 47: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Bonn, Winter

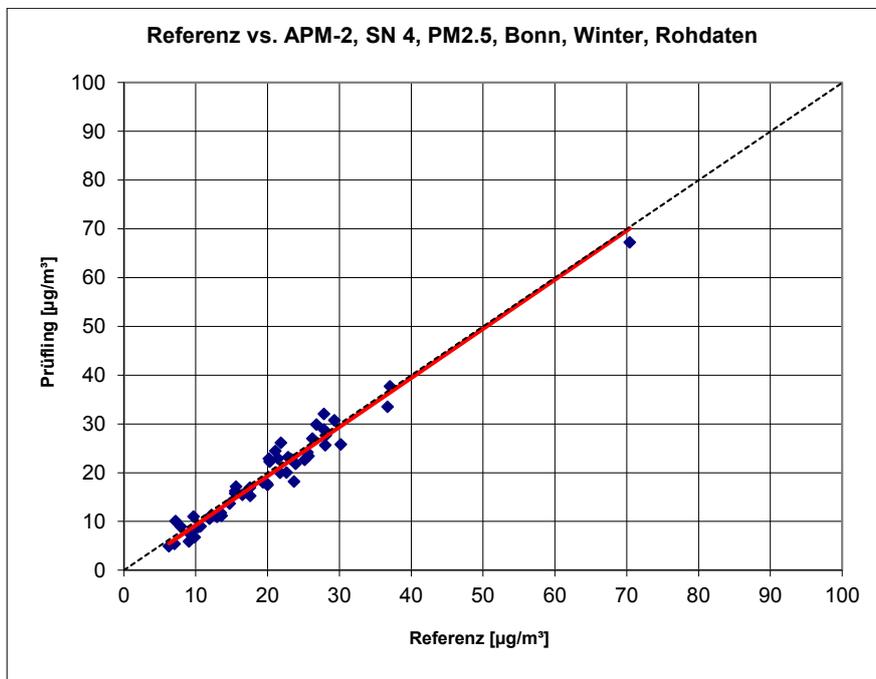


Abbildung 48: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Bonn, Winter

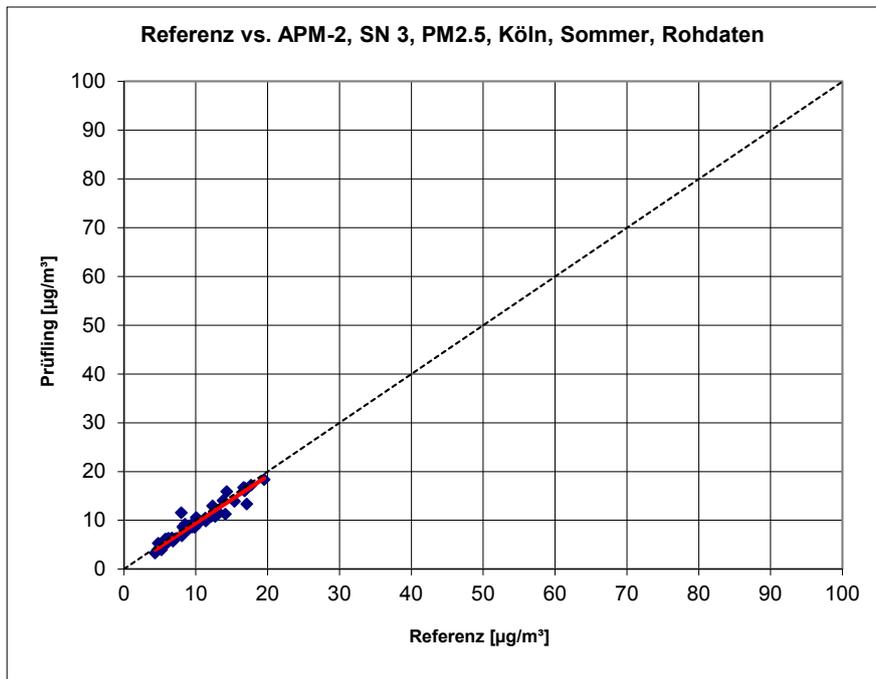


Abbildung 49: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Sommer

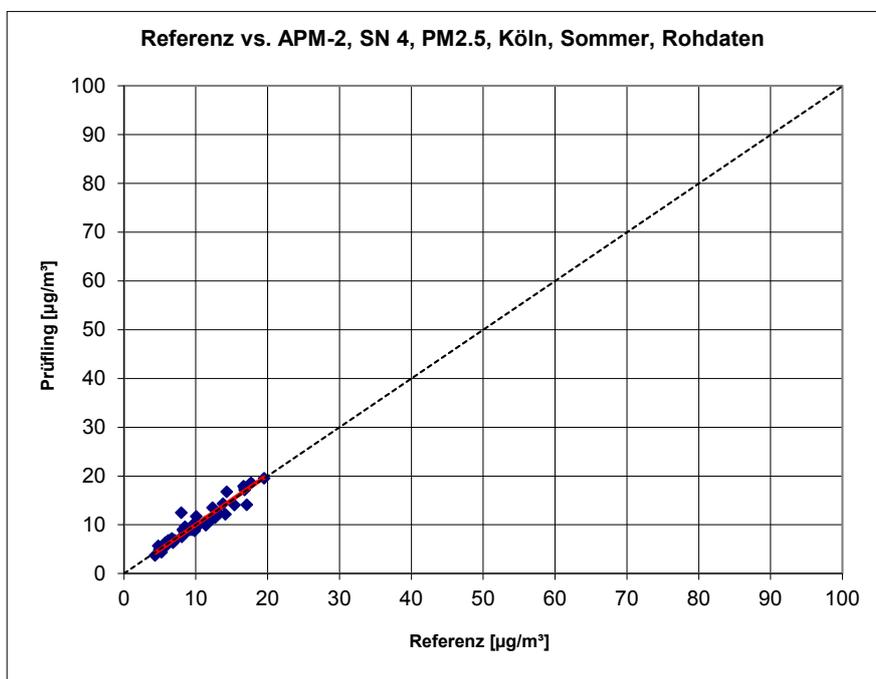


Abbildung 50: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Köln, Sommer

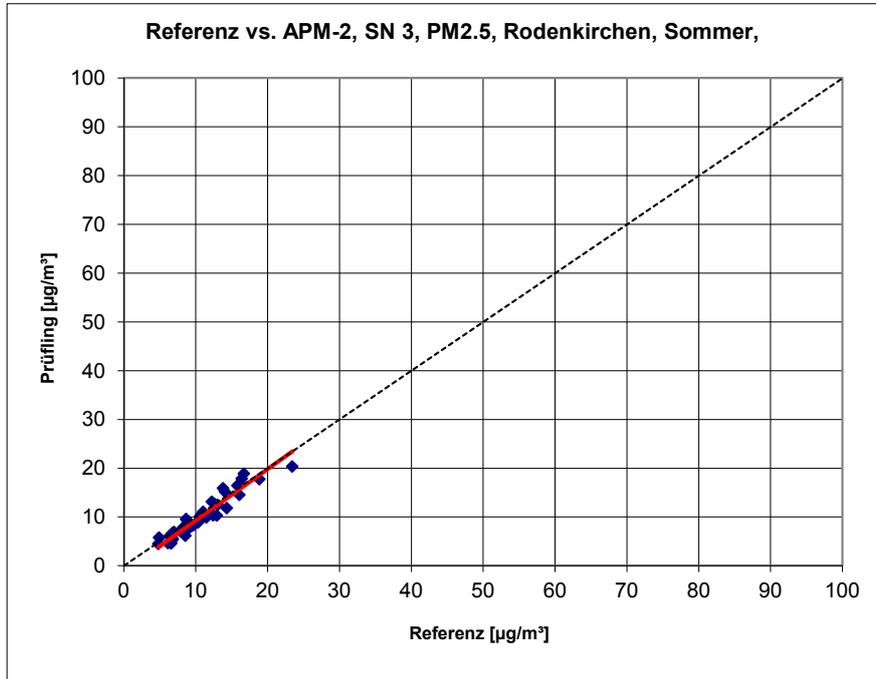


Abbildung 51: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Rodenkirchen, Sommer

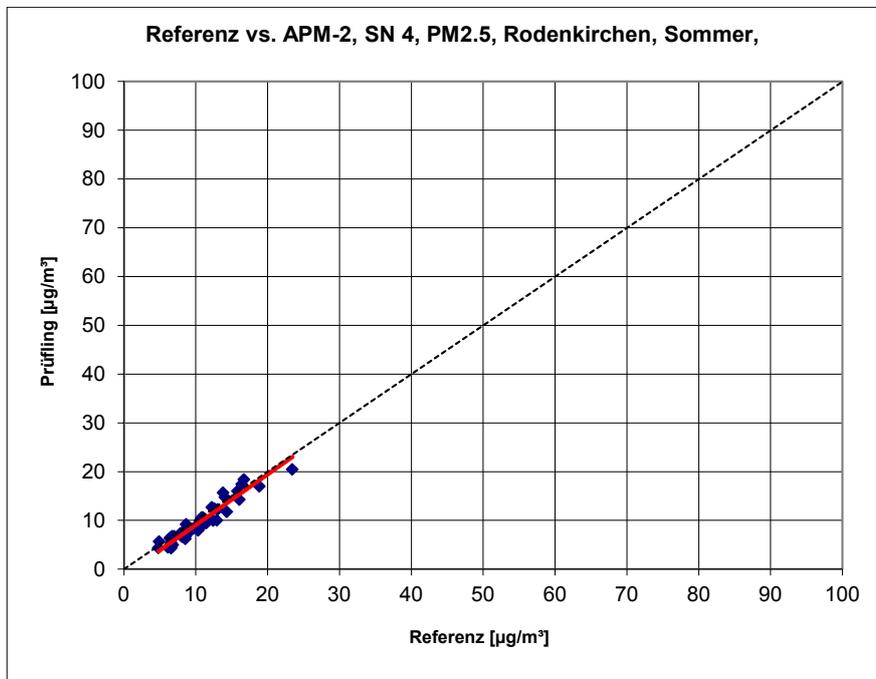


Abbildung 52: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Rodenkirchen, Sommer

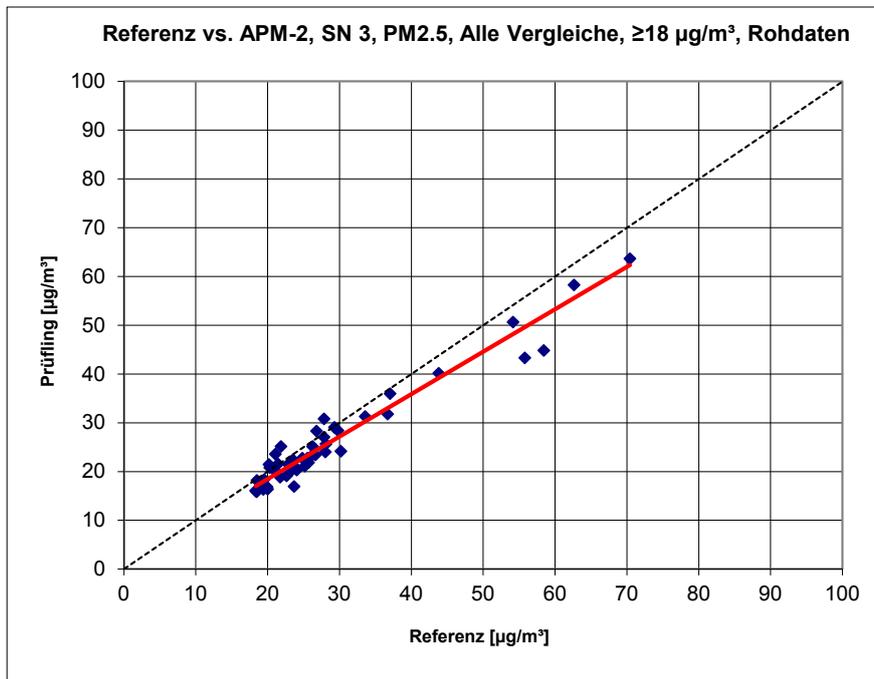


Abbildung 53: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM_{2,5}, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

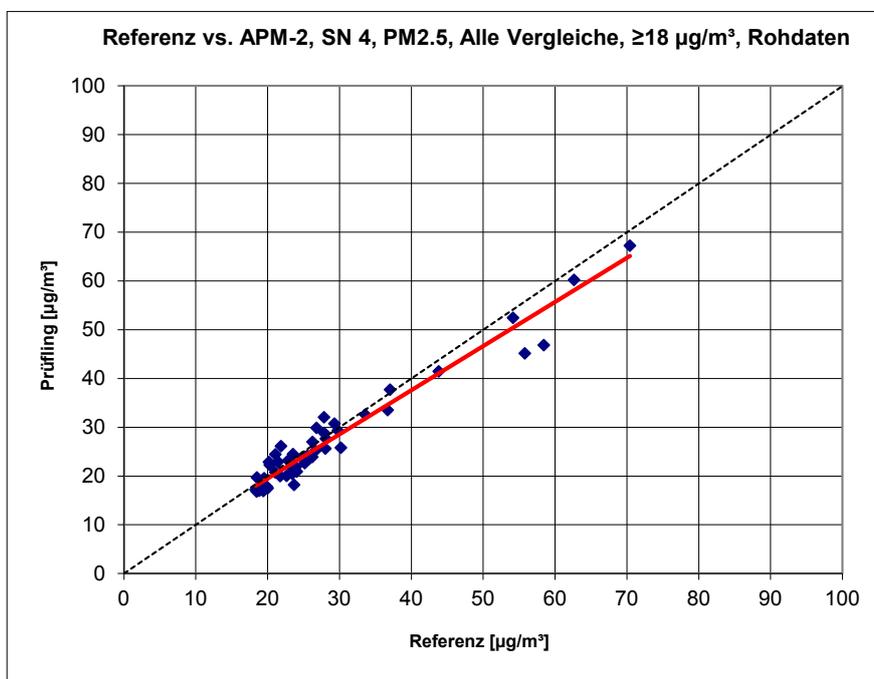


Abbildung 54: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM_{2,5}, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

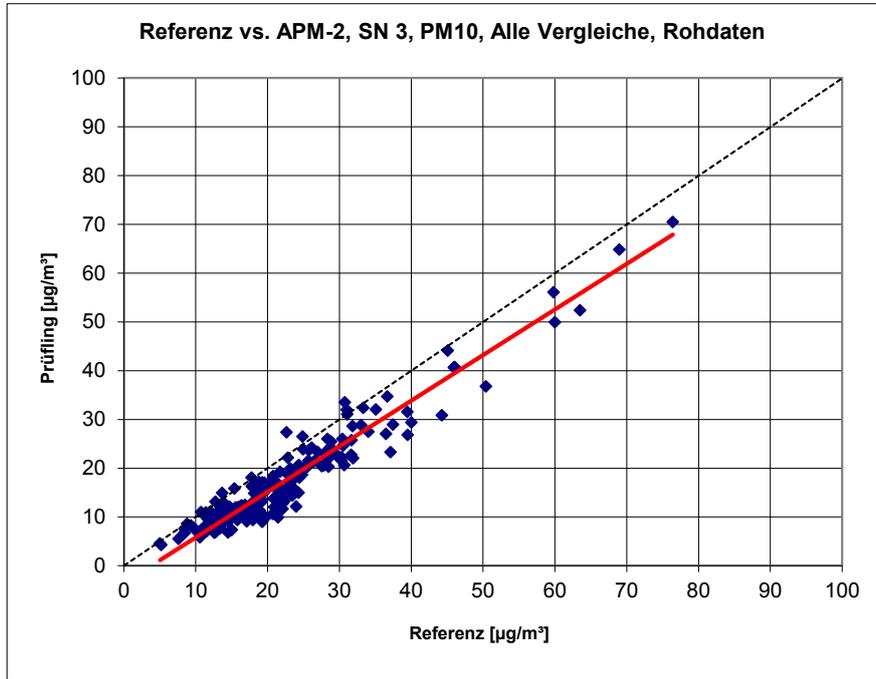


Abbildung 55: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte

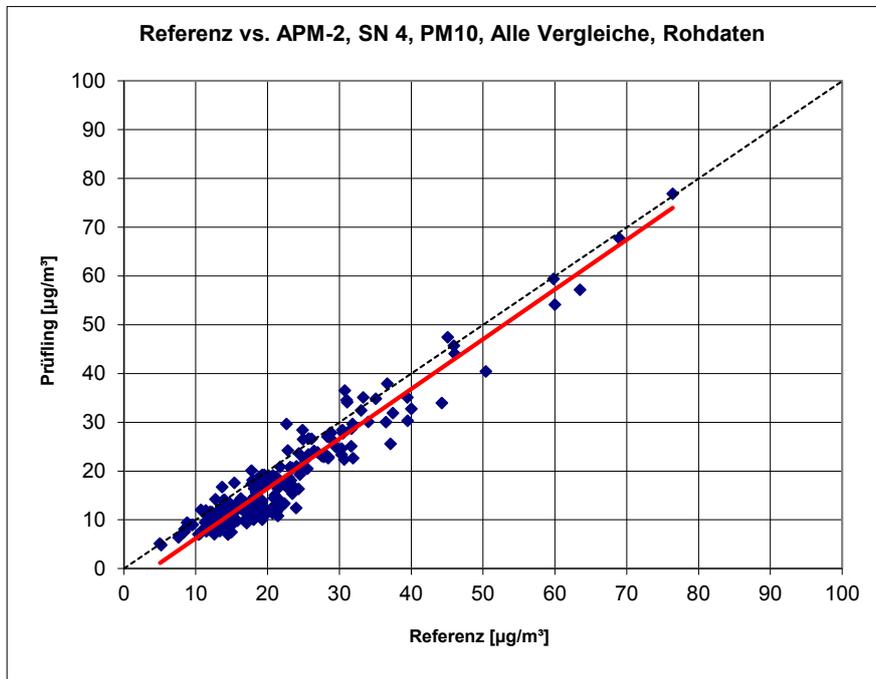


Abbildung 56: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, alle Standorte

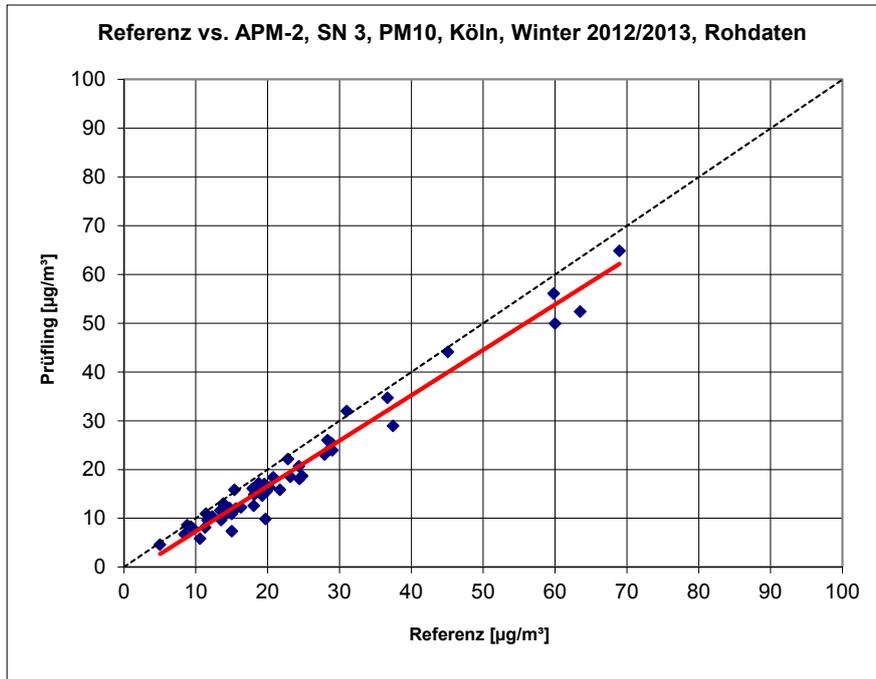


Abbildung 57: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Köln, Winter

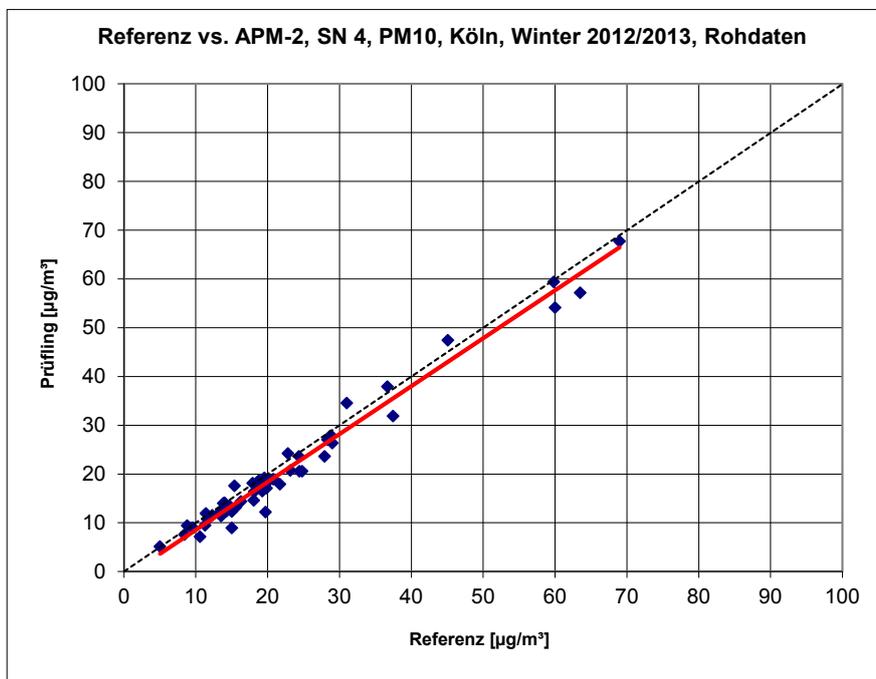


Abbildung 58: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Köln, Winter

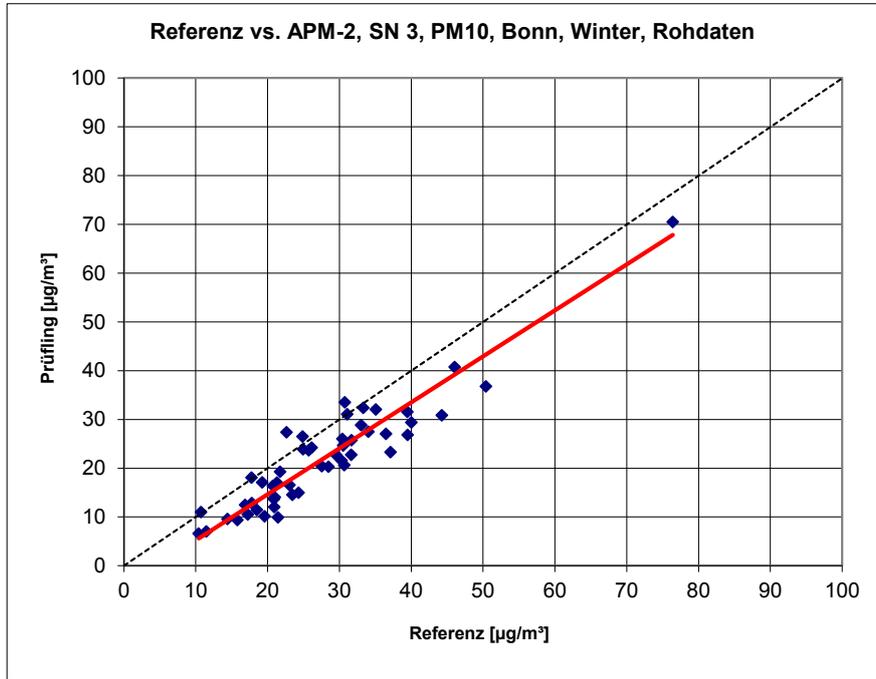


Abbildung 59: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Bonn, Winter

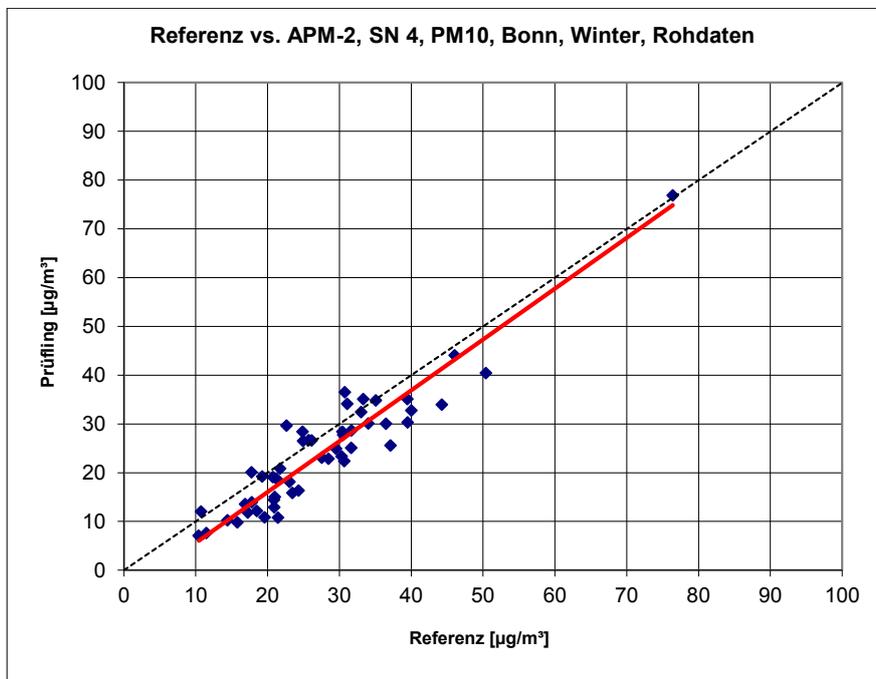


Abbildung 60: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Bonn, Winter

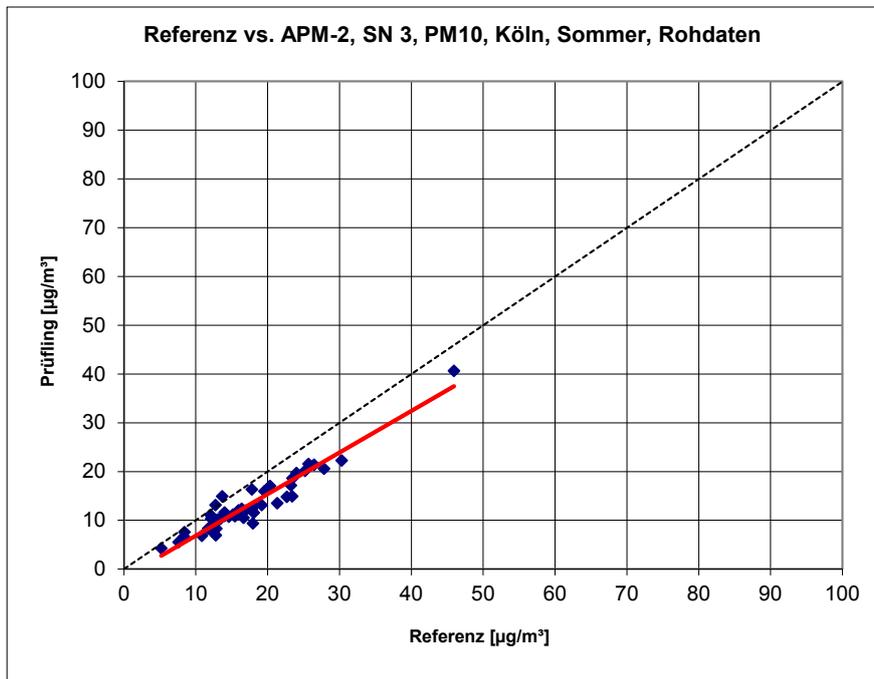


Abbildung 61: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Köln, Sommer

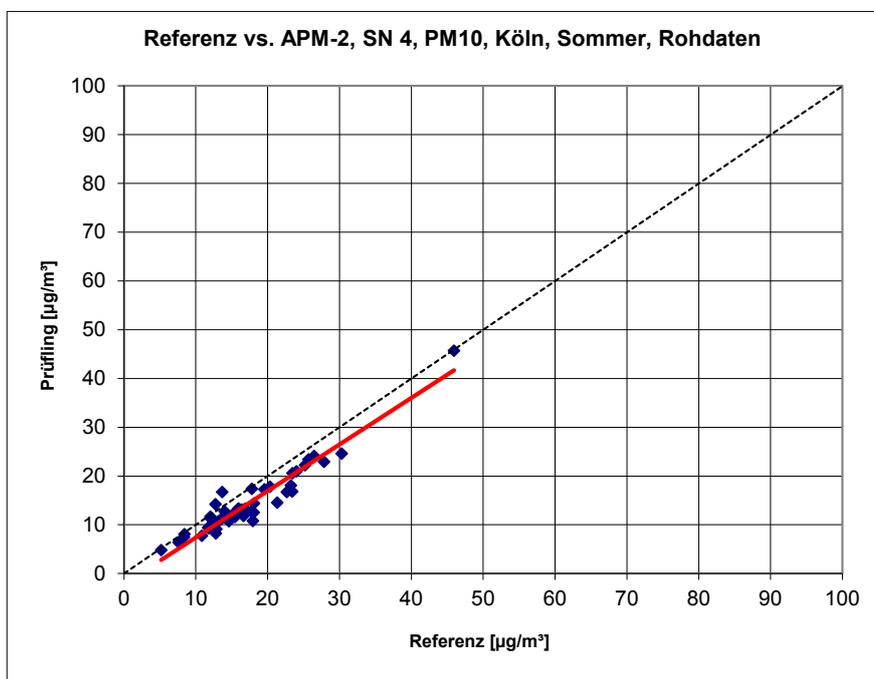


Abbildung 62: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Köln, Sommer

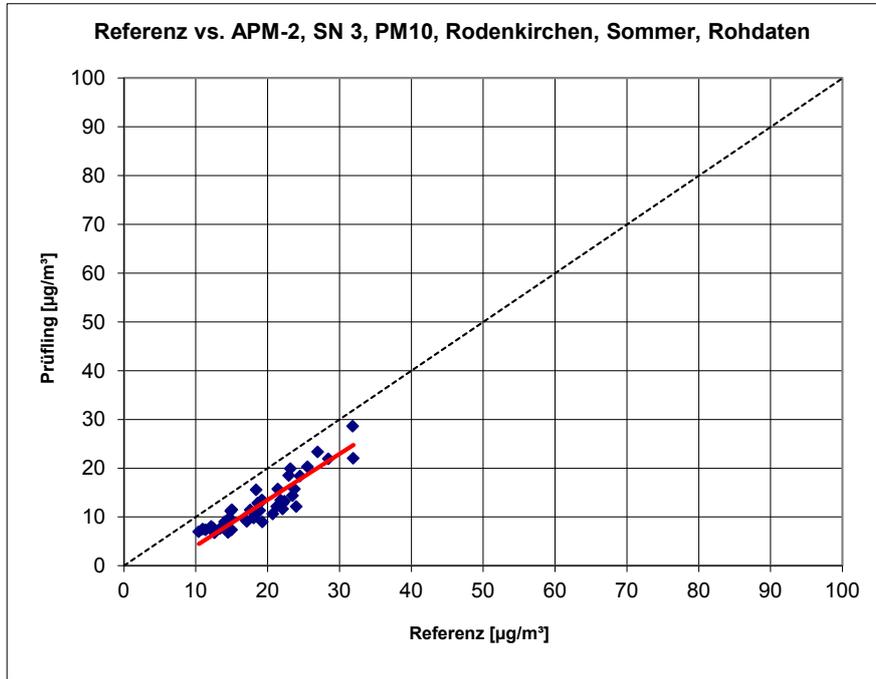


Abbildung 63: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Rodenkirchen, Sommer

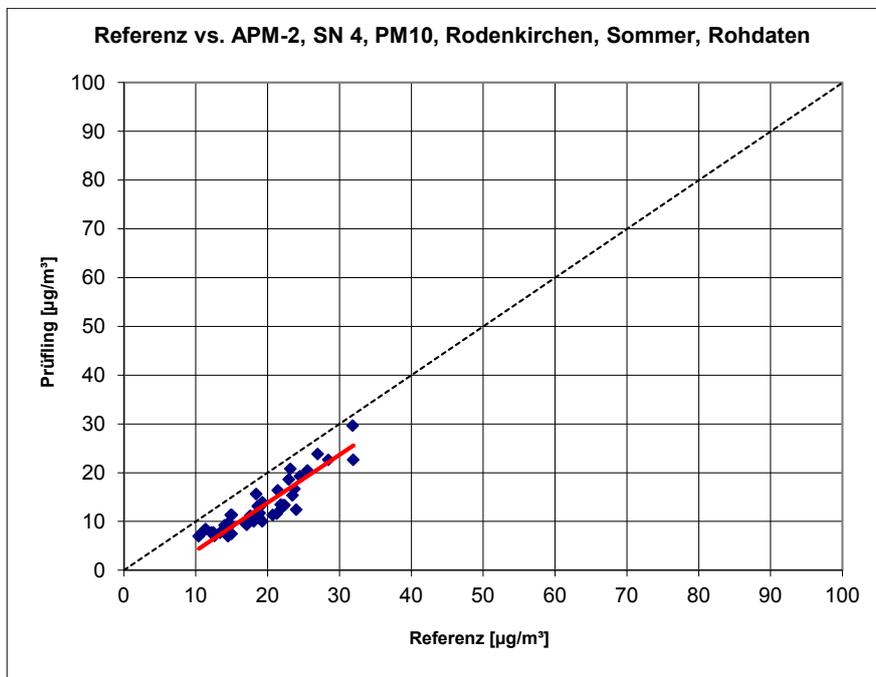


Abbildung 64: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Rodenkirchen, Sommer

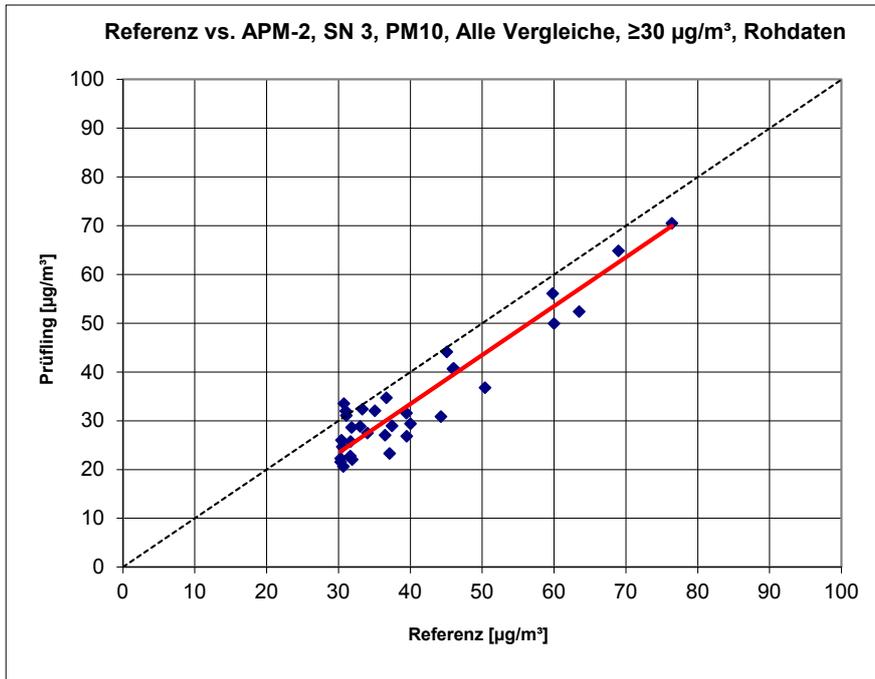


Abbildung 65: Referenz vs. Testgerät, SN3, Messkomponente PM₁₀, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

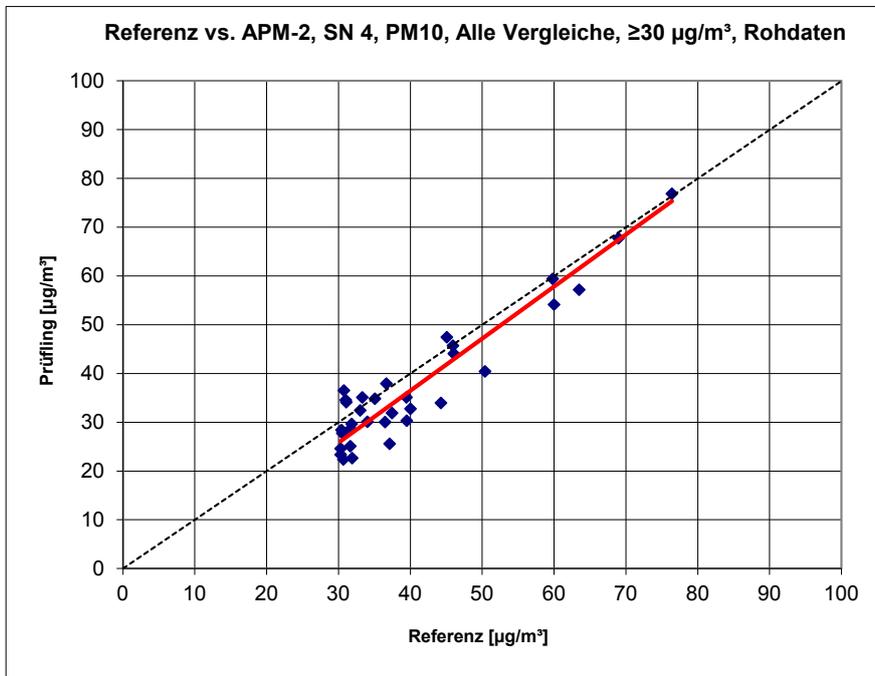


Abbildung 66: Referenz vs. Testgerät, SN4, Messkomponente PM₁₀, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$



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 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:

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

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 115 von 183

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:

$$w_{AMS,corr}^2 = \frac{u_{corr,yi=L}^2}{L^2}$$

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

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit $W_{d,qo}$ beträgt für Feinstaub 25 % [8].

6.5 Bewertung

Durch Anwendung der Korrekturfaktoren, erfüllen die Prüflinge die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze sowohl für $PM_{2,5}$ als auch für PM_{10} .

Mindestanforderung erfüllt? ja

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 117 von 183

Die Auswertung des Gesamtdatensatzes ergibt für die Messkomponente PM_{2,5} eine signifikante Steigung und für die Messkomponente PM₁₀ eine signifikante Steigung und einen signifikanten Achsabschnitt.

Für PM_{2,5}:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,919. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,327. (siehe Tabelle 28).

Für PM₁₀:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,977. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei -3,758 (siehe Tabelle 29).

Es wurde für die Messkomponente PM_{2,5} eine Steigungskorrektur des gesamten Datensatzes durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

Es wurde für die Messkomponente PM₁₀ eine Steigungs- und Achsabschnittskorrektur des gesamten Datensatzes durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

Alle Datensätze erfüllen nach der Korrektur die Anforderungen an die Datenqualität.

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_{2,5} und PM₁₀ nach Korrektur im Bereich 20 % bis 25 % liegt.

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 17,87 % (PM_{2,5}, unkorrigierter Datensatz) respektive 12,64 % (PM_{2,5}, Datensatz nach Steigungskorrektur), was wiederum eine jährliche Überprüfung an 4 Messorten (unkorrigiert) bzw. 3 Messorten (korrigiert) erfordern würde, bzw. 23,31 % (PM₁₀, unkorrigierter Datensatz) respektive 13,62 % (PM₁₀, Datensatz nach Steigungs-/Offset-Korrektur), was wiederum eine jährliche Überprüfung 5 Messorten (unkorrigiert) bzw. 3 Messorten (korrigiert) erfordern würde.

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 32 und Tabelle 33 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der Äquivalenzprüfung nach Anwendung der Korrekturfaktoren auf den Gesamtdatensatz.

Tabelle 32: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für PM_{2,5} nach Korrektur Steigung

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korigierte Daten	Grenzwert	30	µg/m ³
		erlaubte Unsicherheit	25	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71			µg/m ³
	SN 3 & SN 4			
Anzahl Wertepaare	192			
Steigung b	1,001			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,013			
Achsabschnitt a	0,335			nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,235			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,64			%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,13			µg/m ³
	SN 3 & SN 4			
Anzahl Wertepaare	49			
Steigung b	0,967			
Unsicherheit von b	0,033			
Achsabschnitt a	1,292			
Unsicherheit von a	1,019			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,70			%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 119 von 183

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korrigierte Daten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m³ %
Köln, Winter 2012/13				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,931		0,962	
Unsicherheit von b	0,019		0,019	
Achsabschnitt a	1,148		1,495	
Unsicherheit von a	0,424		0,435	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	14,07	%	13,17	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,62	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,96	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	1,037		1,097	
Unsicherheit von b	0,031		0,032	
Achsabschnitt a	-0,948		-0,964	
Unsicherheit von a	0,706		0,725	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,61	%	20,61	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,62	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	46		44	
Steigung b	1,054		1,113	
Unsicherheit von b	0,044		0,049	
Achsabschnitt a	-0,279		-0,232	
Unsicherheit von a	0,493		0,553	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,03	%	22,86	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,36	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	1,150		1,133	
Unsicherheit von b	0,050		0,051	
Achsabschnitt a	-1,383		-1,482	
Unsicherheit von a	0,565		0,567	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	22,59	%	18,94	%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,13	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	49		49	
Steigung b	0,949		0,986	
Unsicherheit von b	0,032		0,034	
Achsabschnitt a	1,074		1,497	
Unsicherheit von a	1,002		1,05	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,50	%	20,36	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,55	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	194		192	
Steigung b	0,976	nicht signifikant	1,027	signifikant
Unsicherheit von b	0,013		0,013	
Achsabschnitt a	0,396	nicht signifikant	0,269	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,228		0,245	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,25	%	14,81	%



Tabelle 33: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für PM₁₀ nach Korrektur Steigung und Achsenabschnitt

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korrigierte Daten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,30			µg/m ³
	SN 3 & SN 4			
Anzahl Wertepaare	193			
Steigung b	1,001			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,021			
Achsabschnitt a	-0,023			nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,514			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	13,62			%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,33			µg/m ³
	SN 3 & SN 4			
Anzahl Wertepaare	33			
Steigung b	1,061			
Unsicherheit von b	0,065			
Achsabschnitt a	-2,800			
Unsicherheit von a	2,744			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,93			%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 121 von 183

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfling	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korrigierte Daten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m³ %
Köln, Winter 2012/2013				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,41	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,953		1,006	
Unsicherheit von b	0,023		0,022	
Achsabschnitt a	1,785		2,520	
Unsicherheit von a	0,625		0,596	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,72	%	15,06	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,38	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,76	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	0,967		1,069	
Unsicherheit von b	0,051		0,055	
Achsabschnitt a	-0,523		-1,146	
Unsicherheit von a	1,511		1,641	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,26	%	20,77	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,60	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,09	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		45	
Steigung b	0,873		0,978	
Unsicherheit von b	0,040		0,044	
Achsabschnitt a	2,123		1,622	
Unsicherheit von a	0,750		0,828	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,99	%	9,70	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,76	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	0,969		1,008	
Unsicherheit von b	0,065		0,065	
Achsabschnitt a	-1,719		-2,154	
Unsicherheit von a	1,281		1,287	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	16,54	%	12,32	%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,33	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	33		33	
Steigung b	1,028		1,095	
Unsicherheit von b	0,064		0,066	
Achsabschnitt a	-3,024		-2,618	
Unsicherheit von a	2,701		2,81	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,73	%	21,11	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,30	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	195		193	
Steigung b	0,958	signifikant	1,045	signifikant
Unsicherheit von b	0,020		0,022	
Achsabschnitt a	0,190	nicht signifikant	-0,253	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,485		0,543	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,10	%	16,44	%

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 [10]) 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.

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 anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen. Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Kapitel 10 des Bedienhandbuchs und Kapitel 7 Empfehlungen zum Praxiseinsatz dieses Berichtes 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

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Statusmeldungen angezeigt. Der aktuelle Status der überwachten Kenngrößen kann entweder am Gerät selbst eingesehen werden bzw. wird auch bei der Datenaufzeichnung mit erfasst. Liegt eine Kenngröße außerhalb der erlaubten Toleranzen erscheint eine entsprechende Fehlermeldung.

6.4 Auswertung

Alle im Betriebshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnmeldungen angezeigt. Die überwachten Kenngrößen inkl. der automatischen stündlichen Nullpunktüberprüfung werden bei der Datenaufzeichnung mit erfasst.

6.5 Bewertung

Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnmeldungen angezeigt. Die überwachten Kenngrößen inkl. der automatischen stündlichen Nullpunktüberprüfung werden bei der Datenaufzeichnung mit erfasst.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



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

Barometer, Thermometer und Hygrometer.

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 Messeinrichtung verwendet zur Erfassung der Außentemperatur und der relativen Luftfeuchte eine Wettersensor (Montage am Probenahmerohr unterhalb des Probenahmekopfes). Der Luftdruck wird im Gerät gemessen.

Es ist jederzeit leicht möglich mittels Transferstandards vor Ort Vergleichsmessungen durchzuführen und die Sensoren zu justieren. Die Abweichungen der Sensoren lagen innerhalb der Anforderungen.

6.5 Bewertung

Die Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur, des Luftdrucks und der relativen Luftfeuchte sind vor Ort überprüfbar und justierbar. Die Abweichungen der Sensoren lagen innerhalb der Anforderungen Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur, des Luftdrucks und der relativen Luftfeuchte sind leicht vor Ort überprüfbar und justierbar.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

7.1 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 telemetrisch überwacht und kontrolliert werden.
- Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind (in der Eignungsprüfung ca. alle 4 Wochen).

Im Übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

7.2 Weitergehende Wartungsarbeiten

Über die regelmäßigen Wartungsarbeiten im Wartungsintervall hinausgehend sind folgende Tätigkeiten durchzuführen:

- Eine Überprüfung der Sensoren für Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck sollte alle 3 Monate erfolgen.
- Eine Überprüfung der Durchflussrate sollte alle 3 Monate erfolgen.
- Eine Überprüfung der Dichtigkeit sollte im Rahmen der Überprüfung der Durchflussrate ebenfalls alle 3 Monate erfolgen.
- Der Virtualimpaktor ist spätestens alle 3 Monate zu reinigen.
- Gemäß Hersteller sollen die internen Filter im Gerät (Nullluft-Filter, Photometer-Ausgangsfiler, Bypass-Filter und Pumpen-Ausgangsfiler) spätestens nach 6 Monaten ausgetauscht werden.
- Mindestens einmal im Jahr sollte das Photometer zur Rekalibrierung an den Gerätehersteller eingeschickt werden.
- Gemäß Hersteller ist das Photometer komplett auszutauschen, falls:
Die insgesamt aufgenommene Feinstaubmenge 50 mg überschritten hat (entspricht ca. 200 Tage bei einer mittleren Konzentration von 50 µg/m³) und/oder der Photometer-Offset über 2500 mV angestiegen ist

Nach der jährlichen Wartung des Photometers ist die Messeinrichtung mit dem gravimetrischen PM₁₀- und PM_{2,5}-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 am Messstandort zu kalibrieren. Es ist möglichst ein saisonaler Kalibrierrhythmus einzustellen.

Während einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Probenahmerohres zu achten.

- Die Vakuumpumpe hat eine Lebensdauer von ca. 2 Jahren – nach Erreichen der Lebensdauer muss die Pumpe komplett getauscht werden. Ein Versagen der Pumpe wird über eine Fehlermeldung des Gerätes angezeigt.

Weitere Einzelheiten können der Bedienungsanleitung entnommen werden.



8. Untersuchungen zur Validierung der Gerätesoftware 3.0.1

Zum Winter 2013/2014 hat der Gerätehersteller eine neue Gerätesoftware 3.0.1 für die Messeinrichtung APM-2 entwickelt. Diese Softwareversion beinhaltet u.a. eine Optimierung des Berechnungsalgorithmus durch Einführung einer Linearitätskorrektur für die Schwebstaubmesswerte.

Da diese Änderung einen Einfluss auf die Messwertbildung hat und damit auch die Messwerte aus den Vergleichskampagnen im Rahmen der Eignungsprüfung betroffen sind, wurden folgende Maßnahmen zur Qualifizierung der neuen Software getroffen:

Alle vorhandenen Messwerte aus den 4 vergangenen Vergleichskampagnen wurden manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind unter Punkt 6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8) aufgeführt.

Zusätzlich wurde zur Qualifizierung eine zusätzliche Vergleichskampagne am Standort Köln, Parkplatzgelände mit den zwei Prüflingen und der neuen Softwareversion (Version 3.0.1) durchgeführt. Hierzu wurde im Detail folgendes Prüfprogramm durchgeführt:

- Durchführung einer Vergleichsmesskampagne mit mindestens 40 validen Messwertpaaren Referenz vs. Prüfling
- Bestimmung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} gemäß Leitfaden
- Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß Leitfaden
- Anwendung der unter Punkt 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) ermittelten Korrekturfaktoren/-termen
- Neuberechnung der Äquivalenz für die 4 Datensätze aus der vorliegenden Eignungsprüfung + zusätzlich Datensatz aus der Validierungskampagne „Köln, Winter 2014“ gemäß dem Ansatz aus Punkt „8.2 Eignungstest“ der DIN CEN/TS 16450 [9]

Die zusätzliche Vergleichskampagne wurde am Standort Köln, Parkplatzgelände zwischen dem 13.01.2014 und dem 09.03.2014 durchgeführt. Die Umgebungsbedingungen während der Kampagne sind in Tabelle 7 aufgeführt. Alle Einzelwerte sind in den Anlagen 5 (PM-Messwerte) und 6 (Umgebungsbedingungen) zu finden.

Es wurden sowohl für PM₁₀ wie auch für PM_{2,5} insgesamt 47 Messwertpaare ermittelt.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 127 von 183

Die Auswertung der Vergleichsmessungen gemäß EN 16450 [9] führt zu folgendem Ergebnis:

Tabelle 34: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM_{2,5}, Rohdaten

Köln, Winter 2014				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,61		µg/m ³	
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		47	
Steigung b	0,813		0,847	
Unsicherheit von b	0,019		0,019	
Achsabschnitt a	3,122		2,055	
Unsicherheit von a	0,320		0,313	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,72	%	18,97	%

Bewertung für PM_{2,5}:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,61 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.

Tabelle 35: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM₁₀, Rohdaten

Köln, Winter 2014				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58		µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,72		µg/m ³	
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		47	
Steigung b	0,882		0,927	
Unsicherheit von b	0,017		0,017	
Achsabschnitt a	2,073		1,120	
Unsicherheit von a	0,380		0,376	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	16,34	%	11,59	%

Bewertung für PM₁₀:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,72 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.



Auf die ermittelten Rohdatensätze werden im Anschluss die in der Eignungsprüfung in Punkt 6.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8) ermittelten Korrekturfaktoren/-terme zur Anwendung gebracht.

Es erfolgt demgemäß für PM_{2,5} eine Korrektur der Datensätze für SN 3 und SN 4 mit der Steigung von 0,919 (Unsicherheit der Steigung 0,012). Es ergibt sich dann folgende Auswertung:

Tabelle 36: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM_{2,5}, Steigungskorrektur um 0,919

Köln, Winter 2014			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49	µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,66	µg/m ³	
	SN 3		SN 4
Anzahl Wertepaare	47		47
Steigung b	0,886		0,922
Unsicherheit von b	0,021		0,020
Achsabschnitt a	3,385		2,225
Unsicherheit von a	0,348		0,341
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	9,94	%	9,75
			%

Bewertung:

- Die erweiterte Messunsicherheit für die mit der Steigung 0,919 korrigierten Daten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.

Für PM₁₀ erfolgt eine Korrektur der Datensätze für SN 3 und SN 4 mit der Steigung 0,977 (Unsicherheit der Steigung 0,020) und mit dem Achsabschnitt -3,758 (Unsicherheit des Achsabschnitts 0,502). Es ergibt sich dann folgende Auswertung:

Tabelle 37: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung am Standort Köln, Winter 2014, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM₁₀, Steigungskorrektur um 0,977, Achsabschnittskorrektur um -3,758

Köln, Winter 2014			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m ³	
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,74	µg/m ³	
	SN 3		SN 4
Anzahl Wertepaare	47		47
Steigung b	0,903		0,949
Unsicherheit von b	0,018		0,018
Achsabschnitt a	5,965		4,990
Unsicherheit von a	0,389		0,385
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,50	%	12,08
			%

Bewertung:

- Die erweiterte Messunsicherheit für die mit der Steigung 0,977 und dem Achsabschnitt -3,758 korrigierten Daten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 129 von 183

Abschließend wurde gemäß dem Ansatz aus Punkt „8.2 Eignungstest“ der EN 16450 [9] der korrigierte Datensatz für Köln, Winter 2014 als zusätzlicher fünfter Datensatz in die ursprüngliche Äquivalenzauswertung aus der Eignungsprüfung (siehe Tabelle 32 für PM_{2,5} und Tabelle 33 für PM₁₀) mit aufgenommen und es wurde überprüft, ob weiterhin die Kriterien einer Äquivalenzprüfung erfüllt werden.

Tabelle 38: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM_{2,5}, Steigungskorrektur um 0,919

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korrigierte Daten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,70			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	239			
Steigung b	0,981			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,012			
Achsabschnitt a	0,872			signifikant
Unsicherheit von a	0,209			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,65			%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,03			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	61			
Steigung b	0,953			
Unsicherheit von b	0,030			
Achsabschnitt a	1,663			
Unsicherheit von a	0,932			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,34			%



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korrigierte Daten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m³ %
Köln, Winter 2012/13				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,931		0,962	
Unsicherheit von b	0,019		0,019	
Achsabschnitt a	1,148		1,495	
Unsicherheit von a	0,424		0,435	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	14,07	%	13,17	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,62	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,96	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	1,037		1,097	
Unsicherheit von b	0,031		0,032	
Achsabschnitt a	-0,948		-0,964	
Unsicherheit von a	0,706		0,725	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,61	%	20,61	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,62	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	46		44	
Steigung b	1,054		1,113	
Unsicherheit von b	0,044		0,049	
Achsabschnitt a	-0,279		-0,232	
Unsicherheit von a	0,493		0,553	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,03	%	22,86	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,36	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	1,150		1,133	
Unsicherheit von b	0,050		0,051	
Achsabschnitt a	-1,383		-1,482	
Unsicherheit von a	0,565		0,567	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	22,59	%	18,94	%
Köln, Winter 2014				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,66	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		47	
Steigung b	0,886		0,922	
Unsicherheit von b	0,021		0,020	
Achsabschnitt a	3,385		2,225	
Unsicherheit von a	0,348		0,341	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	9,94	%	9,75	%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,03	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	61		61	
Steigung b	0,935		0,972	
Unsicherheit von b	0,030		0,032	
Achsabschnitt a	1,602		1,689	
Unsicherheit von a	0,919		0,97	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,16	%	19,77	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,70	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	241		239	
Steigung b	0,956	signifikant	1,006	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,012		0,012	
Achsabschnitt a	1,030	signifikant	0,693	signifikant
Unsicherheit von a	0,212		0,212	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,88	%	13,95	%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 131 von 183

Tabelle 39: Ergebnisse der Äquivalenzprüfung „Eignungsprüfung + Köln, Winter 2014“, SN 3 & SN 4, Messkomponente PM₁₀, Steigungskorrektur um 0,977, Achsabschnittskorrektur um -3,758

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korrigierte Daten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,22			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	240			
Steigung b	0,975			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,019			
Achsabschnitt a	1,346			signifikant
Unsicherheit von a	0,454			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	14,10			%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,68			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,17			µg/m ³
SN 3 & SN 4				
Anzahl Wertepaare	40			
Steigung b	1,052			
Unsicherheit von b	0,060			
Achsabschnitt a	-2,041			
Unsicherheit von a	2,563			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,56			%



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	APM-2	SN	SN 3 & SN 4	
Status Messwerte	korrigierte Daten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m³ %
Köln, Winter 2012/2013				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,41	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	52		52	
Steigung b	0,953		1,006	
Unsicherheit von b	0,023		0,022	
Achsabschnitt a	1,785		2,520	
Unsicherheit von a	0,625		0,596	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,72	%	15,06	%
Bonn, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,38	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,76	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	0,967		1,069	
Unsicherheit von b	0,051		0,055	
Achsabschnitt a	-0,523		-1,146	
Unsicherheit von a	1,511		1,641	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,26	%	20,77	%
Köln, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,60	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,09	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		45	
Steigung b	0,873		0,978	
Unsicherheit von b	0,040		0,044	
Achsabschnitt a	2,123		1,622	
Unsicherheit von a	0,750		0,828	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	18,99	%	9,70	%
Rodenkirchen, Sommer				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,76	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	45		45	
Steigung b	0,969		1,008	
Unsicherheit von b	0,065		0,065	
Achsabschnitt a	-1,719		-2,154	
Unsicherheit von a	1,281		1,287	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	16,54	%	12,32	%
Köln, Winter 2014				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,74	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	47		47	
Steigung b	0,903		0,949	
Unsicherheit von b	0,018		0,018	
Achsabschnitt a	5,965		4,990	
Unsicherheit von a	0,389		0,385	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,50	%	12,08	%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,68	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	2,17	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	40		40	
Steigung b	1,024		1,083	
Unsicherheit von b	0,061		0,061	
Achsabschnitt a	-2,267		-1,935	
Unsicherheit von a	2,595		2,58	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	19,13	%	20,56	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,22	µg/m³		
	SN 3		SN 4	
Anzahl Wertepaare	242		240	
Steigung b	0,937	signifikant	1,014	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,019		0,019	
Achsabschnitt a	1,556	signifikant	1,086	signifikant
Unsicherheit von a	0,455		0,460	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,53	%	15,97	%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 133 von 183

Zusammenfassende Bewertung:

Zum Nachweis der Gleichwertigkeit bzw. der Äquivalenz der Daten zwischen den mit dem modifizierten Berechnungsalgorithmus der Softwareversion 3.0.1 manuell umgerechneten Daten aus der Eignungsprüfung (Vergleichskampagne 1-4) und den bei Einsatz der Softwareversion 3.0.1 in der Praxis ermittelten Daten, wurde eine zusätzliche Validierungskampagne „Köln, Winter 2014“ mit Softwareversion 3.0.1 auf den beiden Prüflingen durchgeführt und die gewonnenen Datensätze einer Äquivalenzprüfung unterzogen. Die Auswertung führt zu folgenden Ergebnissen:

Für PM_{2,5}:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,61 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
3. Die erweiterte Messunsicherheit ist nach Anwendung der Korrektur der Steigung von 0,919 (ermittelt in Eignungsprüfung) sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
4. Die gemeinsame Auswertung der vier Ursprungsdatensätze aus der Eignungsprüfung (manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet) mit dem zusätzlichen fünften Datensatz aus Köln, Winter 2014 (Softwareversion 3.0.1 installiert) führt ebenfalls zur Erfüllung der Äquivalenzkriterien gemäß der Richtlinie EN 16450 [9].

Für PM₁₀:

1. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen liegt bei 0,72 µg/m³ und ist damit kleiner als die zulässigen 2,5 µg/m³.
2. Die erweiterte Messunsicherheit für die Rohdaten ist sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
3. Die erweiterte Messunsicherheit ist nach Anwendung der Korrektur der Steigung von 0,977 und des Achsabschnitts von -3,758 (ermittelt in Eignungsprüfung) sowohl für SN3 wie auch für SN4 kleiner als die zulässigen 25 %.
4. Die gemeinsame Auswertung der vier Ursprungsdatensätze aus der Eignungsprüfung (manuell mit dem neuen Berechnungsalgorithmus umgerechnet und ausgewertet) mit dem zusätzlichen fünften Datensatz aus Köln, Winter 2014 (Softwareversion 3.0.1 installiert) führt ebenfalls zur Erfüllung der Äquivalenzkriterien gemäß der Richtlinie EN 16450 [9].

Somit bleibt festzustellen, dass der Nachweis der Äquivalenz der Messeinrichtung zwischen den mit dem modifizierten Berechnungsalgorithmus der Softwareversion 3.0.1 manuell umgerechneten Daten aus der Eignungsprüfung (Vergleichskampagne 1-4) und den bei Einsatz der Softwareversion 3.0.1 in der Praxis ermittelten Daten erbracht werden konnte und daher die Validierung der aktuellen Softwareversion 3.0.1 positiv abgeschlossen werden kann.



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Immissionsschutz / Luftreinhaltung

Dipl.-Ing. Guido Baum

Dipl.-Ing. Fritz Hausberg

Köln, 09. September 2021
936/21253723/A

9. Literaturverzeichnis

- [1] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmeseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002 & September 2010
- [2] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004 & September 2010
- [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 vom Januar 2010
- [6] Bedienungshandbuch APM-2, Stand 01/2019
- [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; PM_{2,5}); Deutsche Fassung EN 16450 vom Juli 2017
- [10] TÜV Rheinland Bericht Nr. 936/21219977/A vom 26. März 2014; Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmeseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5}
- [12] Europäische Norm EN 12341, „Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀ – oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubes“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- [13] Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 27. September 2014
- [14] Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 21. Oktober 2015
- [15] Stellungnahme der TÜV Rheinland Energy GmbH vom 10. März 2017
- [16] Stellungnahme der TÜV Rheinland Energy GmbH vom 04. Mai 2020



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

2.1 Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5}

Hersteller:

Comde-Derenda GmbH, Stahnsdorf

Eignung:

Zur kontinuierlichen parallelen Immissionsmessung der PM₁₀- und der PM_{2,5}-Fraktion im Schwebstaub im stationären Einsatz

Messbereiche in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
PM ₁₀	0 – 1 000	µg/m ³
PM _{2,5}	0 – 1 000	µg/m ³

Softwareversion: 3.0.1

Einschränkungen:

Keine

Hinweise:

- Die Anforderungen gemäß des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ werden für die Messkomponenten PM₁₀ und PM_{2,5} nach Anwendung der ermittelten Korrekturfaktoren/-termen eingehalten.



Bundesanzeiger

Herausgegeben vom
Bundesministerium der Justiz
und für Verbraucherschutz
www.bundesanzeiger.de

Bekanntmachung

Veröffentlicht am Dienstag, 5. August 2014
BANz AT 05.08.2014 B11
Seite 12 von 17

- Die Anforderungen an die Vergleichbarkeitsprüfung gemäß Richtlinie EN 12341: 1998 für PM₁₀ wurden von den Prüflingen nicht eingehalten.
- Die Langzeitdrift der Empfindlichkeit des Partikelsensors konnte im Rahmen der Feldprüfung nicht ermittelt werden.
- Die Messeinrichtung kann telemetrisch überwacht, aber nicht gesteuert werden.
- Die Messeinrichtung ermittelt alternierend die PM₁₀- und die PM_{2,5}-Fraktion im Schwebstaub – im Rahmen der Eignungsprüfung erfolgte alle zwei Minuten die Umschaltung zwischen den beiden Fraktionen.
- Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM₁₀-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 nach Wartung des Photometers am Standort zu kalibrieren. Es ist möglichst ein saisonaler Kalibrierrhythmus einzustellen.
- Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM_{2,5}-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 nach Wartung des Photometers am Standort zu kalibrieren. Es ist möglichst ein saisonaler Kalibrierrhythmus einzustellen.
- Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.qal1.de einsehbar.

Prüfinstitut: TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Köln

Bericht-Nr.: 936/21219977/A vom 26. März 2014

Abbildung 67: Erstbekanntgabe BANz. AT 05.08.2014 B11, Kap. III Nr. 2.1

1 Mitteilung zu der Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 17. Juli 2014 (BANz AT 05.08.2014 B11, Kapitel III Nummer 2.1)

Bei der Messeinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} der Fa. Comde-Derenda GmbH wurde der Ausgangsfilter von der alten Position nach Pumpe auf die neue Position zwischen Massendurchflusssensor und Pumpe verlegt.

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 27. September 2014

Abbildung 68: Bekanntgabe Mitteilung BANz AT 02.04.2015 B5, Kap. IV 1. Mitteilung

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Seite 137 von 183

4 Mitteilung zu den Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 17. Juli 2014 (BAnz AT 05.08.2014 B11, Kapitel II Nummer 2.1) und vom 25. Februar 2015 (BAnz AT 02.04.2015 B5, Kapitel IV 1. Mitteilung)

Die neue Softwareversion für die Messeinrichtung APM-2 für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} der Fa. Comde-Derenda GmbH lautet:

Softwareversion: 3.05.002

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 21. Oktober 2015

Abbildung 69: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 14.03.2016 B7, Kap. V 4. Mitteilung

34 Mitteilung zu den Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 17. Juli 2014 (BAnz AT 05.08.2014 B11 Kapitel II Nummer 2.1) und vom 18. Februar 2016 (BAnz AT 14.03.2016 B7, Kapitel V 4. Mitteilung)

Die aktuelle Softwareversion für die Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM₁₀ und PM_{2,5} der Firma Comde-Derenda GmbH lautet:

3.07.002

Die Messeinrichtung ist jetzt mit einer 500 ml Pufferflasche zur Kompensation von Druckschwankungen durch die Probenahmepumpe ausgestattet.

Die optionale Prüfmethode zur externen Überprüfung der Empfindlichkeit des Photometers durch Aufgabe von Propangas ist nicht mehr verfügbar.

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energy GmbH vom 10. März 2017

Abbildung 70: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 31.07.2017 B12, Kap. II 34. Mitteilung

1 Mitteilung zu den Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 17. Juli 2014 (BAnz AT 05.08.2014 B11, Kapitel III Nummer 2.1) und vom 13. Juli 2017 (BAnz AT 31.07.2017 B12, Kapitel II, 34. Mitteilung)

Die aktuelle Softwareversion für die Messeinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) für Schwebstaub PM_{2,5} und PM₁₀ der Firma Comde-Derenda GmbH lautet:

3.08.001

Für die Eingangsschaltung wird zukünftig der Hardwarestand 5.4 verwendet.

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energy GmbH vom 4. Mai 2020

Abbildung 71: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 31.07.2020 B10, Kap. II 1. Mitteilung



10. 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: -
- Anlage 5: Messwerte aus den Feldteststandorten, PM_ENVIRO_0011
- Anlage 6: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Anhang 2

Verfahren zur Filterwägung

Anhang 3

Handbücher

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 1

Nullniveau und Nachweisgrenze (PM10)

Blatt 1 von 2

Hersteller Comde-Derenda GmbH					
Gerätetyp APM-2				Standards NP	Messwerte mit Nullfilter
Serien-Nr. SN3 / SN4					
Nr.	Datum	Messwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] SN3	Datum	Messwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] SN4	
1	18.04.2012	0,056	18.04.2012	0,042	
2	19.04.2012	0,000	19.04.2012	0,028	
3	20.04.2012	0,000	20.04.2012	0,028	
4	21.04.2012	0,000	21.04.2012	0,056	
5	22.04.2012	0,000	22.04.2012	0,083	
6	23.04.2012	0,000	23.04.2012	0,014	
7	24.04.2012	0,000	24.04.2012	0,097	
8	25.04.2012	0,000	25.04.2012	0,097	
9	26.04.2012	0,000	26.04.2012	0,028	
10	27.04.2012	0,000	27.04.2012	0,000	
11	28.04.2012	0,000	28.04.2012	0,056	
12	29.04.2012	0,000	29.04.2012	0,125	
13	30.04.2012	0,000	30.04.2012	0,000	
14	01.05.2012	0,000	01.05.2012	0,000	
15	02.05.2012	0,000	02.05.2012	0,000	
Anzahl Werte		15	Anzahl Werte	15	$s_{x_0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$
Mittelwert (Nullniveau)		0,004	Mittelwert (Nullniveau)	0,044	
Standardabweichung s_{x_0}		0,014	Standardabweichung s_{x_0}	0,041	
Nachweisgrenze X		0,047	Nachweisgrenze X	0,135	

Anlage 1

Nullniveau und Nachweisgrenze (PM2.5)

Blatt 2 von 2

Hersteller Comde-Derenda GmbH				
Gerätetyp APM-2			Standards NP	Messwerte mit Nullfilter
Serien-Nr. SN3 / SN4				
Nr.	Datum	Messwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] SN3	Datum	Messwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] SN4
1	18.04.2012	0,00	18.04.2012	0,000
2	19.04.2012	0,00	19.04.2012	0,000
3	20.04.2012	0,00	20.04.2012	0,014
4	21.04.2012	0,00	21.04.2012	0,000
5	22.04.2012	0,00	22.04.2012	0,042
6	23.04.2012	0,00	23.04.2012	0,014
7	24.04.2012	0,00	24.04.2012	0,042
8	25.04.2012	0,00	25.04.2012	0,042
9	26.04.2012	0,00	26.04.2012	0,000
10	27.04.2012	0,00	27.04.2012	0,000
11	28.04.2012	0,00	28.04.2012	0,083
12	29.04.2012	0,00	29.04.2012	0,167
13	30.04.2012	0,00	30.04.2012	0,000
14	01.05.2012	0,00	01.05.2012	0,000
15	02.05.2012	0,00	02.05.2012	0,000
	Anzahl Werte	15	Anzahl Werte	15
	Mittelwert (Nullniveau)	0,00	Mittelwert (Nullniveau)	0,027
	Standardabweichung s_{x0}	0,00	Standardabweichung s_{x0}	0,046
	Nachweisgrenze X	0,00	Nachweisgrenze X	0,151

$$s_{x0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 2

Genauigkeit des Volumenstroms

Blatt 1 von 1

Hersteller	Comde-Derenda						Solldurchflussrate [l/min]	3,3
Gerätetyp	APM-2							
Serien-Nr.	SN 20123 / SN 20133							
Temperatur 1 -15°C	SN 20123			SN 20133				
	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/min]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/min]		
	1	20.08.2021 05:25	3,356	1	20.08.2021 05:28	3,373		
	2	20.08.2021 05:31	3,363	2	20.08.2021 05:34	3,354		
	3	20.08.2021 05:37	3,349	3	20.08.2021 05:40	3,380		
	4	20.08.2021 05:43	3,356	4	20.08.2021 05:46	3,370		
	5	20.08.2021 05:49	3,359	5	20.08.2021 05:52	3,361		
	6	20.08.2021 05:55	3,359	6	20.08.2021 05:58	3,369		
	7	20.08.2021 06:01	3,356	7	20.08.2021 06:04	3,378		
	8	20.08.2021 06:07	3,355	8	20.08.2021 06:10	3,351		
	9	20.08.2021 06:13	3,355	9	20.08.2021 06:16	3,332		
	10	20.08.2021 06:19	3,355	10	20.08.2021 06:22	3,304		
	Mittelwert		3,356	Mittelwert		3,357		
Temperatur 2 40°C	SN 20123			SN 20133				
	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/min]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/min]		
	1	20.08.2021 12:25	3,257	1	20.08.2021 12:28	3,269		
	2	20.08.2021 12:31	3,237	2	20.08.2021 12:34	3,270		
	3	20.08.2021 12:37	3,247	3	20.08.2021 12:40	3,279		
	4	20.08.2021 12:43	3,245	4	20.08.2021 12:46	3,270		
	5	20.08.2021 12:49	3,245	5	20.08.2021 12:52	3,273		
	6	20.08.2021 12:55	3,247	6	20.08.2021 12:58	3,268		
	7	20.08.2021 13:01	3,235	7	20.08.2021 13:04	3,268		
	8	20.08.2021 13:07	3,231	8	20.08.2021 13:10	3,271		
	9	20.08.2021 13:13	3,233	9	20.08.2021 13:16	3,275		
	10	20.08.2021 13:19	3,233	10	20.08.2021 13:22	3,272		
	Mittelwert		3,241	Mittelwert		3,272		

Anlage 3

Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt

Blatt 1 von 3

Hersteller Comde-Derenda GmbH								
Gerätetyp APM-2								
Serien-Nr. SN3 / SN4								
			Messung 1	Messung 2	Messung 3			
SN3	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]		Mittelwert bei 20°C
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
	2	-20	0,0	0,0	0,0	0,0		
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0		
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0		
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0		
SN4	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]		Mittelwert bei 20°C
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
	2	-20	0,2	0,2	0,1	0,2		
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0		
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0		
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0		

Anlage 3

Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt

Blatt 2 von 3

Hersteller Comde-Derenda GmbH								
Gerätetyp APM-2								
Serien-Nr. SN3 / SN4								
			Messung 1	Messung 2	Messung 3			
SN3	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]		Mittelwert bei 20°C
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
	2	-20	0,0	0,0	0,0	0,0		
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0		
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0		
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0		
SN4	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]		Mittelwert bei 20°C
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
	2	-20	0,1	0,1	0,1	0,1		
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0		
	4	50	0,0	0,0	0,0	0,0		
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0		

Anlage 3

Umgebungstemperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)

Blatt 3 von 3

Hersteller		Comde-Derenda GmbH		Verwendeter Prüfstandard Propan			
Gerätetyp		APM-2					
Serien-Nr.		SN3 / SN4					
			Messung 1	Messung 2	Messung 3		
SN3	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mV]	Messwert [mV]	Messwert [mV]	Mittelwert aus 3 Messungen [mV]	Mittelwert bei 20°C [mV]
RP	1	20	335,4	336,0	339,3	336,9	338,0
	2	-20	333,6	335,7	337,1	335,5	
	3	20	348,2	347,6	342,0	345,9	
	4	50	335,1	346,7	345,6	342,5	
	5	20	330,6	330,6	332,0	331,1	
SN4	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mV]	Messwert [mV]	Messwert [mV]	Mittelwert aus 3 Messungen [mV]	Mittelwert bei 20°C [mV]
RP	1	20	335,8	335,0	342,2	337,7	336,3
	2	-20	333,8	333,3	331,0	332,7	
	3	20	333,0	332,6	339,5	335,0	
	4	50	334,9	342,2	342,3	339,8	
	5	20	331,8	339,0	338,1	336,3	

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 1 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
1	19.11.2012										Nullpunkt Nullpunkt Nullpunkt Audits	Köln, Winter	
2	20.11.2012												
3	21.11.2012												
4	22.11.2012												
5	23.11.2012	15,3	15,1	19,6	19,6	77,8	14,1	15,3	17,0	19,2			
6	24.11.2012						12,5	13,6	15,1	17,2			
7	25.11.2012	5,1	5,8	10,8	10,4	51,1	4,0	4,1	5,8	7,1			
8	26.11.2012	6,1	6,9	11,0	11,6	57,4	6,2	6,8	8,1	9,5			
9	27.11.2012	10,9	11,5	18,5	17,6	62,0	10,3	11,2	12,6	14,6			
10	28.11.2012	23,3	23,5	29,0	29,1	80,5	20,5	21,7	23,9	26,3			
11	29.11.2012	9,0	9,3	14,2	14,4	64,0	9,4	9,9	11,0	12,3			
12	30.11.2012	17,8	19,3	24,5	24,3	76,0	18,1	19,7	20,6	23,6			
13	01.12.2012						13,2	14,1	14,8	16,3			
14	02.12.2012	10,0	11,0	14,8	14,6	71,2	10,5	11,0	12,1	13,4			
15	03.12.2012	8,8	9,0	14,1	14,4	62,2	9,4	10,0	11,3	13,0			
16	04.12.2012	8,3	7,6	11,6	11,6	68,3	8,1	8,4	9,6	10,6			
17	05.12.2012	8,7	8,5	12,1	12,5	69,8	8,9	9,3	10,3	11,5			
18	06.12.2012	9,5	10,3	16,5	16,1	60,7	10,6	11,6	12,2	14,4			
19	07.12.2012	13,0	12,8	15,4	15,4	83,8	13,6	14,6	15,8	17,6			
20	08.12.2012						31,5	33,5	34,5	38,0			
21	09.12.2012	5,5	5,8	10,1	8,9	59,5	6,2	6,4	7,9	8,9			
22	10.12.2012	10,6	11,2	14,5	13,5	77,5	11,2	11,7	12,7	14,1			
23	11.12.2012	17,3	17,7	23,6	22,8	75,4	16,3	17,2	18,5	20,7			
24	12.12.2012	18,2	18,5	24,7	24,2	75,1	16,1	17,2	18,0	20,5			
25	13.12.2012	23,4	23,7	29,3	28,2	82,0	22,4	24,4	24,2	27,8			
26	14.12.2012	7,3	6,7	8,9	8,8	79,5	7,6	8,1	8,6	9,4			
27	15.12.2012						3,8	4,1	5,1	5,9			
28	16.12.2012	5,4	5,9	9,7	9,5	58,9	6,2	6,6	7,9	9,0			
29	17.12.2012	6,8	7,2	13,7	13,4	51,9	7,1	7,8	9,6	11,3			
30	18.12.2012	12,9	13,3	20,1	20,5	64,5	13,4	14,4	16,3	18,7			

Anlage 5
Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen
Blatt 2 von 22

Hersteller Comde-Derenda Gerätetyp APM-2 Serien-Nr. SN 3 / SN 4												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
31	19.12.2012	13,4	13,3	18,3	18,0	73,7	13,1	13,6	14,8	16,4		Köln, Winter	
32	20.12.2012	11,6	11,6	14,1	13,6	83,8	11,7	12,1	13,0	14,0			
33	21.12.2012	11,7	10,8	18,1	17,8	62,7	13,2	14,2	16,1	18,1			
34	22.12.2012						4,0	4,2	5,3	5,8			
35	23.12.2012						3,5	3,8	4,9	5,7			
36	24.12.2012						6,3	7,1	8,7	10,1			
37	25.12.2012						1,8	2,2	2,8	3,5			
38	26.12.2012						3,2	3,5	5,6	6,5			
39	27.12.2012						8,1	8,8	12,7	14,6			
40	28.12.2012						4,8	5,2	6,1	6,5			
41	29.12.2012						3,6	4,0	4,8	5,3			
42	30.12.2012						3,3	3,6	5,9	6,5			
43	31.12.2012										Stromausfall Stromausfall		
44	01.01.2013												
45	02.01.2013	9,7	9,3	16,1	15,0	60,9	9,6	10,1	11,9	13,1			
46	03.01.2013	11,9	13,1	19,4	18,6	65,6	12,1	12,8	15,9	17,2			
47	04.01.2013	9,5	9,9	13,8	13,0	72,5	9,5	9,9	11,6	12,2			
48	05.01.2013						14,3	15,2	17,4	19,0			
49	06.01.2013	26,7	26,6	37,5	37,4	71,3	23,4	25,2	28,9	31,9			
50	07.01.2013	17,6	19,4	24,6	25,0	74,5	15,8	16,8	18,7	20,5			
51	08.01.2013	13,6	14,7	19,6	20,1	71,4	13,2	13,9	15,5	17,1			
52	09.01.2013	11,6	13,3	18,9	19,7	64,5	11,8	12,3	14,6	16,5			
53	10.01.2013	13,6	14,7	21,9	21,5	65,1	12,8	13,6	15,8	17,9			
54	11.01.2013										Nullpunkt Nullpunkt Nullpunkt		
55	12.01.2013												
56	13.01.2013												
57	14.01.2013	24,9	24,8	28,4	29,4	86,0	22,7	23,8	25,5	27,9			
58	15.01.2013	33,4	33,8	36,3	37,1	91,5	31,2	32,6	34,7	37,9			
59	16.01.2013	58,5	58,4	63,7	63,3	92,0	44,8	46,8	52,4	57,1			
60	17.01.2013	55,4	56,2	60,2	59,8	93,0	43,3	45,1	49,9	54,1			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 3 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.		
Gerätetyp APM-2														
Serien-Nr. SN 3 / SN 4														
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort		
61	18.01.2013	17,4	17,5	19,0	18,6	92,7	15,7	16,2	17,2	18,7	Ausreisser Ref PM10 - nicht verworfen	Köln, Winter		
62	19.01.2013	21,1	21,1	22,6	23,0	92,4	20,0	20,7	22,1	24,2				
63	20.01.2013	29,7	30,0	30,9	31,2	96,2	28,4	29,3	31,9	34,5				
64	21.01.2013	44,9	42,8	45,4	44,8	97,2	40,1	41,4	44,1	47,4				
65	22.01.2013	53,5	54,9			90,5	50,6	52,4	56,0	59,4				
66	23.01.2013	62,1	63,2	69,2	68,8	90,8	58,3	60,2	64,8	67,7				
67	24.01.2013	23,6	24,5	27,8	28,1	86,1	20,3	20,9	23,1	23,6				
68	25.01.2013	19,6	19,3	21,2	20,4	93,3	16,3	16,9	18,4	18,9				
69	26.01.2013	26,6	25,9	28,3	28,4	92,5	23,3	23,9	26,0	27,0				
70	27.01.2013	9,1	9,2	15,0	15,0	61,1	8,3	8,4	10,8	12,3				
71	28.01.2013	5,7	5,9	8,9	7,9	68,6	5,3	5,6	6,7	7,6				
72	29.01.2013	3,4	3,9	5,5	4,5	72,0	3,6	4,1	4,6	5,1				
73	30.01.2013	6,4	6,8	15,2	14,8	43,8	3,5	4,1	7,4	8,9				
74	31.01.2013	8,0	8,5	20,3	19,2	41,6	4,8	5,5	9,8	12,2				
75	01.02.2013	9,2	9,4	11,9	10,9	81,4	8,8	9,2	10,9	11,9				
76	02.02.2013						4,3	4,5	7,8	8,8				
77	03.02.2013						7,9	8,1	9,7	10,4				
78	04.02.2013						5,4	5,9	9,2	10,8				
79	05.02.2013												Nullpunkt	Bonn, Winter
80	06.02.2013												Nullpunkt	
81	27.02.2013										Nullpunkt	Bonn, Winter		
82	28.02.2013										Nullpunkt			
83	01.03.2013	24,9	23,0	36,3	36,7	65,6	20,8	21,8	27,0	30,0				
84	02.03.2013						25,1	26,1	31,7	35,4				
85	03.03.2013	22,1	23,2	29,3	29,8	76,6	19,1	20,0	22,7	24,9				
86	04.03.2013	19,6	20,5	28,2	28,7	70,2	16,3	17,4	20,3	22,9				
87	05.03.2013	28,4	27,7	40,2	39,9	70,1	23,9	25,6	29,4	32,7				
88	06.03.2013	25,8	24,5	39,3	39,7	63,8	21,1	22,6	26,8	30,3				
89	07.03.2013	28,0	28,3	39,5	39,5	71,2	25,6	27,6	31,5	35,1				
90	08.03.2013	28,8	27,0	35,4	34,8	79,5	27,0	28,8	32,0	34,8				

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 4 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp APM-2													
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
91	09.03.2013						9,9	10,7	12,3	13,5		Bonn, Winter	
92	10.03.2013	21,8	22,0	23,1	22,3	96,5	25,1	26,1	27,4	29,6			
93	11.03.2013	27,6	28,1	31,2	30,3	90,6	30,7	32,0	33,5	36,5			
94	12.03.2013	15,6	15,6	17,8	17,7	87,9	16,1	17,1	18,0	20,0			
95	13.03.2013	36,7	36,7	50,8	50,0	72,9	31,8	33,5	36,7	40,4			
96	14.03.2013	19,6	19,2	27,5	27,6	70,3	16,9	18,0	20,4	23,0			
97	15.03.2013	22,0	21,5	31,7	31,7	68,7	18,8	20,0	22,7	25,0			
98	16.03.2013						12,0	12,4	14,6	16,0			
99	17.03.2013	7,0	7,4	11,0	10,5	67,2	9,6	10,1	11,0	12,0			
100	18.03.2013	7,7	8,2	17,4	17,2	45,9	8,3	8,9	10,5	11,8			
101	19.03.2013	9,5	9,9	17,1	16,8	57,5	10,5	11,0	12,4	13,6			
102	20.03.2013	21,3	20,9	25,2	24,5	84,7	23,5	24,4	26,5	28,4			
103	21.03.2013	37,5	36,6	46,3	45,9	80,5	35,9	37,7	40,7	44,0			
104	22.03.2013	21,4	21,6	26,0	26,3	82,2	21,5	22,9	24,2	26,6			
105	23.03.2013						23,1	24,4	25,4	27,9			
106	24.03.2013	15,1	15,9	19,7	18,8	80,6	15,3	16,2	17,1	19,2			
107	25.03.2013	20,1	20,6	26,0	25,6	78,9	20,8	22,2	23,7	26,7			
108	26.03.2013	15,7	15,3	21,1	20,4	74,7	14,7	15,7	16,3	19,1			
109	27.03.2013	26,6	25,9	33,3	32,8	79,5	25,1	27,0	28,8	32,4			
110	28.03.2013						46,0	49,0	51,4	56,5			
111	29.03.2013	71,1	69,8	76,5	76,3	92,2	63,6	67,2	70,5	76,8			
112	30.03.2013										Nullpunkt		
113	31.03.2013										Nullpunkt		
114	01.04.2013										Nullpunkt		
115	02.04.2013	20,2	20,2	24,7	25,2	81,0	21,4	22,8	23,9	26,5			
116	03.04.2013	27,2	26,5	31,4	30,8	86,3	28,2	29,8	31,0	34,1			
117	04.04.2013	29,5	29,1	33,5	33,2	88,0	29,0	30,7	32,4	35,1			
118	05.04.2013	25,8	25,4	30,8	30,0	84,1	22,7	24,1	26,0	28,4			
119	06.04.2013						23,0	24,3	25,9	28,3			
120	07.04.2013	23,0	22,8	30,9	30,2	74,9	21,4	23,2	24,6	27,7			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 5 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
121	08.04.2013	26,3	25,1	31,7	31,7	81,0	21,8	23,4	25,7	28,7		Bonn, Winter	
122	09.04.2013	16,5	16,5	21,6	21,0	77,4	14,6	15,5	17,0	18,6			
123	10.04.2013	12,2	12,2	17,9	17,8	68,4	10,6	11,3	12,8	13,9			
124	11.04.2013	9,4	8,8	15,9	15,7	57,4	7,1	7,6	9,4	9,8			
125	12.04.2013	6,2	6,3	10,4	10,4	60,4	4,6	4,9	6,6	7,1			
126	13.04.2013						5,6	5,9	7,8	8,2			
127	14.04.2013	7,2	6,9	11,9	11,1	61,4	5,0	5,4	7,0	7,6			
128	15.04.2013	18,5	16,8	31,2	30,2	57,3	14,3	15,2	20,6	22,3			
129	16.04.2013	12,7	11,2	21,1	20,7	57,2	10,1	10,5	13,6	14,4			
130	17.04.2013	9,9	9,8	19,5	19,7	50,2	6,6	6,8	10,1	10,8			
131	18.04.2013	9,4	8,7	21,4	21,5	42,2	5,6	5,9	9,9	10,8			
132	19.04.2013	10,3	10,3	21,0	20,8	49,4	8,4	8,8	12,0	12,9			
133	20.04.2013						9,6	10,1	12,7	13,8			
134	21.04.2013	24,4	23,0	36,7	37,6	63,8	16,9	18,1	23,3	25,6			
135	22.04.2013	31,0	29,4	44,7	43,9	68,3	24,1	25,7	30,8	33,9			
136	23.04.2013	11,0	10,4	18,2	18,8	57,6	8,5	8,9	11,4	12,1			
137	24.04.2013	14,3	12,7	24,2	24,4	55,6	11,0	11,7	15,0	16,3			
138	25.04.2013	13,8	12,1	23,3	23,6	55,3	10,4	10,9	14,5	15,8			
139	26.04.2013										Nullpunkt		
140	27.04.2013										Nullpunkt		
141	28.04.2013										Nullpunkt		
142	29.04.2013	14,3	12,9	20,6	21,4	64,9	10,7	11,1	14,0	15,0			
143	30.04.2013						13,0	13,8	17,1	18,5			
144	01.05.2013	16,9	18,2	21,4	22,2	80,7	15,9	16,9	19,3	20,8			
145	02.05.2013						16,0	16,9	20,0	21,7			
146	03.05.2013	23,2	23,4	33,7	34,4	68,5	21,4	22,7	27,5	30,1			
147	04.05.2013	20,2	19,7	30,1	30,6	65,7	16,8	17,7	21,5	23,3			
148	05.05.2013	9,6	9,3	14,0	14,8	65,4	7,5	8,0	9,6	10,2			
149	06.05.2013	14,5	15,0	23,3	22,9	63,9	12,9	13,7	16,5	18,1			
150	15.05.2013										Nullpunkt	Köln, Sommer	

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 6 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp APM-2													
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
151	16.05.2013										Nullpunkt	Köln, Sommer	
152	17.05.2013	16,7	17,5	19,9	20,8	84,1	13,3	14,1	17,0	17,7			
153	18.05.2013						13,0	13,7	15,2	16,6			
154	19.05.2013						15,7	16,6	19,7	21,1			
155	20.05.2013	9,1	10,0	11,6	12,5	79,2	8,6	9,0	11,1	11,7			
156	21.05.2013	5,8	6,3	8,0	8,9	72,0	6,0	6,4	7,6	8,0			
157	22.05.2013	6,5	6,9	13,0	13,1	51,3	6,4	7,1	9,8	10,6			
158	23.05.2013	8,6	9,3	11,6	12,7	73,8	8,1	8,8	10,3	11,1			
159	24.05.2013	8,2	9,3	12,9	13,3	66,8	8,5		10,1				
160	25.05.2013						9,8		12,4				
161	26.05.2013	9,5	10,0	19,5	18,9	50,8	9,1		13,1				
162	27.05.2013	16,8	16,8	24,3	23,8	69,9	16,1	17,6	19,7	20,9			
163	28.05.2013	8,4	8,3	12,5	12,5	66,5	8,5	8,8	10,1	10,7			
164	29.05.2013						7,4	7,7	9,2	9,7			
165	30.05.2013						13,5	14,3	16,4	17,3			
166	31.05.2013						13,5	14,3	16,9	18,5			
167	01.06.2013						11,7	12,4	15,6	17,1			
168	02.06.2013	5,5	6,1	13,0	12,8	45,0	6,1	6,4	8,3	9,1			
169	03.06.2013	8,5	8,5	16,5	16,9	50,9	7,8	8,4	10,5	11,8			
170	04.06.2013	11,8	10,8	21,6	21,2	53,0	10,4	10,6	13,5	14,5			
171	05.06.2013	9,3	9,3	15,9	15,1	60,1	8,7	9,0	10,8	11,6			
172	06.06.2013	11,6	11,3	17,4	18,2	64,1	9,8	9,9	12,0	12,7			
173	07.06.2013	15,3	15,4	23,5	23,0	66,1	13,9	14,0	17,1	18,1			
174	08.06.2013						13,6	14,4	17,4	19,0			
175	09.06.2013	12,6	12,1	20,5	18,7	63,0	12,9	13,5	15,9	17,2			
176	10.06.2013	16,6	16,7	31,1	29,5	55,0	16,7	17,9	22,2	24,6			
177	11.06.2013	14,4	14,3	25,6	24,8	56,8	15,9	16,7	20,1	22,2			
178	12.06.2013	6,6	5,8	15,2	14,1	42,5	6,3	6,8	10,7	10,7			
179	13.06.2013	5,3	4,6	11,2	10,5	45,5	4,4	4,9	6,8	7,7			
180	14.06.2013	6,6	7,1	12,6	12,3	55,0	5,7	6,3	7,5	8,8			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 7 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.		
Gerätetyp APM-2														
Serien-Nr. SN 3 / SN 4														
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort		
181	15.06.2013	5,7	5,8	12,7	12,9	45,0	4,9	5,5	6,9	8,2	Ref. PM2,5 - Stabilitätskriterien DIN EN 14907 nicht eingehalten	Köln, Sommer		
182	16.06.2013	8,1	8,0	18,3	17,6	44,9	6,8	7,5	9,3	10,8				
183	17.06.2013	13,3	13,3	23,3	22,1	58,4	11,5	12,3	14,8	16,7				
184	18.06.2013	16,9	16,7	26,9	26,1	63,5	16,6	17,7	21,4	24,1				
185	19.06.2013			46,8	45,1		33,0	35,7	40,6	45,6				
186	20.06.2013	7,9	8,1	14,2	13,2	58,6	11,5	12,5	14,9	16,7				
187	21.06.2013	4,7	4,9	8,5	8,3	57,5	5,3	5,7	6,6	7,4				
188	22.06.2013	4,0	4,7	5,3	5,1	83,9	3,3	3,7	4,2	4,8				
189	23.06.2013	4,9	5,5	7,7	7,6	68,6	3,9	4,4	5,5	6,4				
190	24.06.2013	9,8	11,1	16,2	15,7	65,3	9,4	9,9	12,0	13,3				
191	25.06.2013	6,8	7,4	11,2	12,3	60,5	6,1	6,8	8,3	9,4				
192	26.06.2013	9,6	10,0	14,4	13,7	69,8	8,9	9,3	10,9	11,6				
193	27.06.2013	9,8	9,8	14,4	13,7	69,7	9,3	10,0	11,6	12,7				
194	28.06.2013	9,7	10,5	12,3	13,2	79,1	10,6	11,7	13,1	14,2				
195	29.06.2013												Nullpunkt Nullpunkt	
196	30.06.2013													
197	01.07.2013	8,9	10,6	17,1	16,7	57,8	9,6	10,1	12,0	13,3			Ausreisser Ref. PM2,5	
198	02.07.2013	7,8	8,6	13,9	13,1	60,8	8,7	9,0	10,3	11,0				
199	03.07.2013	5,6	6,9	11,8	11,8	53,2	6,0	6,5	8,3	9,3				
200	04.07.2013	7,8	9,2	15,6	14,8	56,1	9,2	9,6	11,1	12,1				
201	05.07.2013			23,8	23,1		15,0	16,0	18,6	20,6				
202	06.07.2013	13,1	14,5	18,1	17,6	77,4	14,0	14,3	16,3	17,3				
203	07.07.2013	11,3	13,1	16,5	16,4	74,2	10,8	11,0	12,3	13,1				
204	08.07.2013	12,3	13,2	18,1	18,2	70,2	10,7	11,5	12,9	14,3				
205	09.07.2013	13,6	14,7	23,5	23,4	60,3	11,2	12,1	14,9	16,8				
206	10.07.2013	10,1	9,6	18,4	17,8	54,4	8,5	8,7	11,5	12,5				
207	11.07.2013	17,5	17,9				17,2	18,6	22,1	24,5	Ausreisser Ref. PM10			
208	12.07.2013	16,8	16,8	28,9	26,8	60,3	16,0	17,1	20,5	22,9				
209	13.07.2013	19,5	19,5	26,6	24,9	75,9	18,3	19,5	21,5	23,4				
210	14.07.2013						17,0	18,2	20,3	22,6				

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 8 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
211	30.07.2013	6,5	6,6	13,7	13,1	49,0	4,9	4,7	7,6	7,7		Rodenkirchen, Sommer	
212	31.07.2013	6,6	6,6	12,0	12,3	54,1	6,0	5,4	8,0	7,7			
213	01.08.2013	8,5	8,6	14,4	15,2	57,7	7,5	6,8	9,6	9,4			
214	02.08.2013	12,0	12,9	20,8	22,9	56,9	10,3	9,9	13,4	13,4			
215	03.08.2013						7,9	7,4	9,9	9,8			
216	04.08.2013	7,1	9,2	14,1	15,0	55,7	7,1	6,6	9,0	8,8			
217	05.08.2013	10,3	10,4	20,2	22,3	48,6	8,8	7,9	12,1	11,6			
218	06.08.2013	9,2	8,7	18,5	19,0	47,6	8,5	7,9	11,2	10,9			
219	07.08.2013	8,8	8,9	15,0	15,1	59,0	9,1	8,7	11,5	11,3			
220	08.08.2013	11,1	10,5	18,8	18,5	58,1	10,4	10,5	12,8	13,1			
221	09.08.2013	10,7	10,6	18,7	19,1	56,3	10,1	10,1	12,9	13,0			
222	10.08.2013						8,1	8,2	10,8	11,1			
223	11.08.2013	4,9	4,9	12,6	12,3	39,5	5,7	5,7	7,7	7,7			
224	12.08.2013	8,0	7,7	18,6	17,6	43,4	7,1	7,3	9,8	10,0			
225	13.08.2013	7,3	6,8	16,5	17,1	41,7	6,9	6,7	9,7	9,8			
226	14.08.2013	9,6	9,0	23,1	24,9	38,8	8,2	7,9	12,1	12,4			
227	15.08.2013	8,5	8,7	19,2	18,6	45,6	8,3	8,2	11,3	11,7			
228	16.08.2013	11,5	11,5	22,2	22,5	51,4	9,9	9,4	13,2	13,3			
229	17.08.2013						6,6	5,7	8,5	7,9			
230	18.08.2013	4,6	5,0	10,7	10,1	46,1	4,5	4,4	6,9	6,9			
231	19.08.2013	6,4	7,1	14,1	14,0	48,3	6,7	6,6	9,0	9,2			
232	20.08.2013	10,7	11,4	19,5	18,9	57,6	11,0	10,6	13,4	13,5			
233	21.08.2013	12,0	12,4	18,8	18,0	66,4	13,1	12,6	15,5	15,6			
234	22.08.2013	15,6	16,0	25,4	25,7	61,9	16,4	16,0	20,3	20,4			
235	23.08.2013	13,6	14,5	22,9	23,0	61,3	15,2	14,8	18,5	18,6			
236	24.08.2013						19,7	19,2	24,9	24,7			
237	25.08.2013	23,4	23,6	32,7	31,0	73,6	20,3	20,4	28,6	29,6			
238	26.08.2013	10,8	10,9	19,2	19,3	56,4	10,6	10,6	13,4	13,9			
239	27.08.2013	12,7	12,5	22,0	20,8	58,8	12,6	12,4	15,7	16,4			
240	28.08.2013	14,1	13,5	22,9	23,5	59,5	15,9	15,7	19,9	20,8			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 9 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
241	29.08.2013	16,3	17,1	26,7	27,2	61,9	18,9	18,4	23,3	23,8		Rodenkirchen, Sommer	
242	30.08.2013	16,6	16,2	27,5	29,5	57,7	17,8	17,4	21,9	22,6			
243	31.08.2013						7,9	8,0	11,5	12,5			
244	01.09.2013	9,7	7,5	18,9	19,6	44,5	6,1	6,2	9,0	10,0			
245	02.09.2013	10,1	9,5	21,2	23,1	44,3	8,4	8,4	11,6	13,0			
246	03.09.2013	13,8	12,3	23,1	24,4	55,0	12,4	12,2	15,7	16,6			
247	04.09.2013	8,9	8,5	14,5	15,3	58,2	9,6	9,2	11,2	11,3			
248	05.09.2013	11,2	10,2	16,2	19,0	60,8	9,5	8,6	11,4	11,1			
249	06.09.2013	19,3	18,5	30,7	33,2	59,1	17,7	16,9	22,0	22,6			
250	07.09.2013	16,6	15,5	24,2	24,9	65,6	14,5	14,3	18,4	19,2			
251	08.09.2013						12,1	13,5	14,6	16,7			
252	09.09.2013	6,7	6,8	11,1	11,7	59,3	5,7	6,7	7,3	8,4			
253	10.09.2013	6,5	6,3	10,9	11,1	58,3	6,1	6,4	7,5	7,8			
254	11.09.2013						10,0	10,0	12,1	12,7			
255	12.09.2013	15,1	13,6	23,0	24,0	60,9	11,8	11,7	14,3	15,3			
256	13.09.2013	8,3	8,4	14,4	14,5	57,6	7,9	7,5	9,4	9,5			
257	14.09.2013						4,1	4,0	5,9	6,3			
258	15.09.2013	6,9	6,8	14,7	15,3	45,5	5,4	5,0	7,3	7,4			
259	16.09.2013	6,6	6,6	14,5	14,6	45,4	4,5	4,3	6,8	7,0			
260	17.09.2013	6,1	6,2	12,4	12,8	48,8	4,6	4,4	6,7	7,0			
261	18.09.2013	13,5	12,4	21,7	22,5	58,4	10,3	10,0	12,8	13,3			
262	19.09.2013	8,3	8,8	16,4	17,8	50,0	6,9	6,6	9,1	9,3			
263	20.09.2013	9,4	9,6	20,7	20,7	45,9	8,2	8,1	10,6	11,3			
264	21.09.2013										Nullpunkt		
265	13.01.2014	12,9	13,6	18,2	18,9	71,5	13,3	12,6	17,2	15,7		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	
266	14.01.2014	10,8	11,2	15,5	15,0	72,3	12,5	11,8	15,0	14,1			
267	15.01.2014	5,5	5,7	8,0	8,7	66,9	9,1	7,9	10,4	9,0			
268	16.01.2014	3,1	3,6	6,4	7,1	50,0	6,8	5,5	9,6	7,8			
269	17.01.2014	4,6	5,2	8,9	8,6	56,0	7,3	5,8	9,4	8,2			
270	18.01.2014						12,3	11,5	13,8	12,9			

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 10 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp APM-2													
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
271	19.01.2014	14,5	14,2	16,8	17,3	84,2	17,3	15,7	19,6	17,7		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	
272	20.01.2014	15,6	15,3	18,9	19,9	79,7	18,4	16,9	22,9	20,4			
273	21.01.2014	24,2	24,6	30,8	31,1	78,7	22,9	22,5	30,1	27,8			
274	22.01.2014	18,4	18,8	23,0	23,5	80,0	19,6	18,8	24,5	22,2			
275	23.01.2014	10,9	11,4	15,2	16,3	70,9	12,1	11,8	15,7	16,3			
276	24.01.2014	18,7	19,3	28,1	28,9	66,6	19,7	19,7	27,5	28,9			
277	25.01.2014						11,2	10,3	15,1	15,1			
278	26.01.2014	4,4	4,4	11,4	12,0	37,8	6,0	5,5	11,5	11,6			
279	27.01.2014	2,9	3,5	6,7	7,1	46,7	5,8	4,3	8,1	7,3			
280	28.01.2014	6,3	6,7	10,9	10,6	60,4	8,3	7,7	10,6	10,6			
281	29.01.2014	16,0	16,6	19,2	19,7	83,8	16,3	16,2	19,3	20,1			
282	30.01.2014	35,7	36,0	41,6	42,3	85,4	36,7	36,9	43,3	45,1			
283	31.01.2014	29,8	29,0	35,0	34,9	84,1	29,4	29,5	35,0	36,5			
284	01.02.2014						8,5	7,0	9,7	8,7			
285	02.02.2014	8,6	7,9	18,1	17,5	46,3	9,6	9,1	17,6	18,0			
286	03.02.2014	18,7	18,0	22,0	21,5	84,5	18,7	18,7	22,2	23,2			
287	04.02.2014						13,8	13,3	17,3	17,3			
288	05.02.2014	4,4	3,4	8,0	8,2	48,6	6,5	5,8	8,9	8,7			
289	06.02.2014	2,9	3,1	9,8	9,1	32,0	5,6	3,8	9,0	8,1			
290	07.02.2014										Nullpunkt		
291	08.02.2014										Nullpunkt		
292	09.02.2014										Nullpunkt		
293	10.02.2014	9,8	8,8	12,9	13,1	71,4	10,9	10,2	13,6	13,6			
294	11.02.2014	4,5	3,8	9,6	8,0	47,6	6,1	5,0	8,3	7,9			
295	12.02.2014	4,5	3,8	8,2	7,9	51,3	5,7	4,3	9,0	8,1			
296	13.02.2014	4,8	4,3	10,3	10,0	44,8	5,7	4,9	9,4	9,2			
297	14.02.2014						4,8	4,5	7,3	7,5			
298	15.02.2014						4,9	3,4	7,5	6,9			
299	16.02.2014	5,2	4,9	8,8	9,2	56,2	6,5	5,7	9,3	9,1			
300	17.02.2014	8,0	7,0	12,7	12,5	59,7	9,1	8,6	12,5	12,3			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 11 von 22

Hersteller Comde-Derenda												Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4													
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 3 PM2,5 [µg/m³]	SN 4 PM2,5 [µg/m³]	SN 3 PM10 [µg/m³]	SN 4 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
301	18.02.2014	14,5	13,8	19,8	19,6	71,7	14,9	14,0	19,9	19,7		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	
302	19.02.2014	9,6	8,9	13,2	14,2	67,4	11,1	10,6	13,6	13,7			
303	20.02.2014	4,3	4,4	6,6	6,2	67,5	6,7	6,4	8,0	8,1			
304	21.02.2014	4,8	5,0	7,8	7,8	63,2	7,3	6,6	9,7	9,1			
305	22.02.2014	4,2	5,0	4,7	5,4	90,9	7,0	5,8	7,8	6,9			
306	23.02.2014	5,6	6,6	7,1	7,0	87,0	7,7	7,4	8,5	8,6			
307	24.02.2014	9,3	9,3	13,7	12,7	70,6	9,5	8,7	12,6	12,5			
308	25.02.2014	9,0	8,6	12,8	12,1	70,5	9,1	8,9	11,6	12,0			
309	26.02.2014	11,3	11,3	19,4	17,3	61,7	12,0	11,0	17,8	17,4			
310	27.02.2014	7,5	8,2	12,0	10,4	70,3	8,6	8,1	11,9	12,1			
311	28.02.2014	7,7	7,3	10,3	9,9	74,3	8,3	7,7	10,5	10,4			
312	01.03.2014	12,1	12,4	14,7	14,7	83,5	13,2	12,5	15,7	15,8			
313	02.03.2014	16,8	16,9	18,3	19,6	88,6	16,0	16,1	18,7	19,5			
314	03.03.2014	6,8	6,9	9,9	11,8	63,0	9,1	8,5	11,2	11,3			
315	04.03.2014	19,5	17,6	25,6	24,3	74,4	19,3	18,8	24,8	25,2			
316	05.03.2014	30,8	31,2	43,5	43,7	71,0	28,2	27,7	41,4	42,0			
317	06.03.2014	36,5	35,6	44,2	43,5	82,2	29,4	29,5	38,1	39,7			
318	07.03.2014	43,6	44,0	56,7	55,5	78,0	37,1	38,4	48,9	50,9			
319	08.03.2014	42,8	41,4	49,7	50,0	84,4	34,1	33,8	42,7	44,1			
320	09.03.2014	23,2	21,4	28,1	27,2	80,7	19,2	18,7	26,4	26,4			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 12 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp APM-2										Messwerte in µg/m ³ i.N.	
Serien-Nr. SN 3 / SN 4											
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort	
1	19.11.2012	-	-						Nullpunkt Nullpunkt Nullpunkt Audits	Köln, Winter	
2	20.11.2012	-	-								
3	21.11.2012	-	-								
4	22.11.2012	-	-								
5	23.11.2012	-	-	20,2	20,3	-	17,6	19,9			
6	24.11.2012	-	-			-	15,9	18,1			
7	25.11.2012	-	-	11,2	10,9	-	6,1	7,4			
8	26.11.2012	-	-	11,5	12,2	-	8,5	10,0			
9	27.11.2012	-	-	19,2	18,4	-	13,2	15,3			
10	28.11.2012	-	-	30,0	30,2	-	24,9	27,5			
11	29.11.2012	-	-	14,6	14,8	-	11,3	12,8			
12	30.11.2012	-	-	24,7	24,7	-	21,0	24,1			
13	01.12.2012	-	-			-	15,1	16,7			
14	02.12.2012	-	-	15,1	15,0	-	12,3	13,7			
15	03.12.2012	-	-	14,5	14,8	-	11,6	13,5			
16	04.12.2012	-	-	12,0	12,1	-	10,0	11,1			
17	05.12.2012	-	-	12,3	12,8	-	10,5	11,8			
18	06.12.2012	-	-	16,7	16,3	-	12,4	14,6			
19	07.12.2012	-	-	15,4	15,5	-	15,9	17,7			
20	08.12.2012	-	-			-	34,1	37,6			
21	09.12.2012	-	-	10,4	9,1	-	8,1	9,2			
22	10.12.2012	-	-	14,6	13,7	-	12,9	14,3			
23	11.12.2012	-	-	23,4	22,7	-	18,4	20,7			
24	12.12.2012	-	-	24,6	24,3	-	18,1	20,6			
25	13.12.2012	-	-	29,7	28,7	-	24,7	28,4			
26	14.12.2012	-	-	9,3	9,2	-	9,1	10,0			
27	15.12.2012	-	-			-	5,4	6,2			
28	16.12.2012	-	-	10,1	9,9	-	8,3	9,4			
29	17.12.2012	-	-	14,2	13,9	-	10,0	11,9			
30	18.12.2012	-	-	20,5	21,0	-	16,8	19,2			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 13 von 22

Hersteller		Comde-Derenda		Schwebstaub PM10 und PM2,5		Messwerte in µg/m ³ i.N.				
Gerätetyp		APM-2		Schwebstaub PM10 und PM2,5		Messwerte in µg/m ³ i.N.				
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4		Schwebstaub PM10 und PM2,5		Messwerte in µg/m ³ i.N.				
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort
31	19.12.2012	-	-	18,5	18,3	-	15,1	16,7		Köln, Winter
32	20.12.2012	-	-	14,3	13,9	-	13,3	14,3		
33	21.12.2012	-	-	18,5	18,4	-	16,6	18,7		
34	22.12.2012	-	-			-	5,5	6,0		
35	23.12.2012	-	-			-	5,2	6,0		
36	24.12.2012	-	-			-	9,2	10,8		
37	25.12.2012	-	-			-	2,9	3,7		
38	26.12.2012	-	-			-	5,9	6,8		
39	27.12.2012	-	-			-	13,2	15,2		
40	28.12.2012	-	-			-	6,3	6,8		
41	29.12.2012	-	-			-	5,0	5,5		
42	30.12.2012	-	-			-	6,1	6,8		
43	31.12.2012	-	-			-			Stromausfall	
44	01.01.2013	-	-			-			Stromausfall	
45	02.01.2013	-	-	16,4	15,3	-	12,2	13,4		
46	03.01.2013	-	-	19,8	19,1	-	16,3	17,7		
47	04.01.2013	-	-	14,0	13,3	-	11,8	12,5		
48	05.01.2013	-	-			-	17,7	19,4		
49	06.01.2013	-	-	38,2	38,4	-	29,6	32,7		
50	07.01.2013	-	-	25,0	25,7	-	19,1	21,1		
51	08.01.2013	-	-	20,0	20,6	-	15,9	17,5		
52	09.01.2013	-	-	19,2	20,2	-	15,0	16,9		
53	10.01.2013	-	-	22,3	22,0	-	16,2	18,4		
54	11.01.2013	-	-			-			Nullpunkt	
55	12.01.2013	-	-			-			Nullpunkt	
56	13.01.2013	-	-			-			Nullpunkt	
57	14.01.2013	-	-	28,4	29,5	-	25,6	28,0		
58	15.01.2013	-	-	36,5	37,6	-	35,1	38,4		
59	16.01.2013	-	-	63,6	63,6	-	52,5	57,4		
60	17.01.2013	-	-	59,9	59,9	-	49,9	54,2		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 14 von 22

Hersteller		Comde-Derenda							Schwebstaub PM10 und PM2,5		Messwerte in µg/m³ i.N.	
Gerätetyp		APM-2										
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort		
61	18.01.2013	-	-	19,2	18,9	-	17,5	19,0	Ausreisser Ref PM10 - nicht verworfen	Köln, Winter		
62	19.01.2013	-	-	22,9	23,4	-	22,5	24,6				
63	20.01.2013	-	-	31,5	32,0	-	32,8	35,5				
64	21.01.2013	-	-	45,8	45,8	-	45,2	48,7				
65	22.01.2013	-	-	-	-	-	57,2	60,6				
66	23.01.2013	-	-	69,6	69,6	-	65,6	68,7				
67	24.01.2013	-	-	27,7	28,1	-	23,1	23,7				
68	25.01.2013	-	-	-	-	-	18,4	19,0				
69	26.01.2013	-	-	28,5	28,7	-	26,3	27,4				
70	27.01.2013	-	-	15,3	15,4	-	11,1	12,6				
71	28.01.2013	-	-	9,2	8,2	-	6,9	7,9				
72	29.01.2013	-	-	5,8	4,8	-	4,8	5,4				
73	30.01.2013	-	-	15,8	15,6	-	7,7	9,3				
74	31.01.2013	-	-	21,0	20,0	-	10,2	12,7				
75	01.02.2013	-	-	-	-	-	11,4	12,5				
76	02.02.2013	-	-	-	-	-	8,0	9,0				
77	03.02.2013	-	-	-	-	-	10,0	10,7				
78	04.02.2013	-	-	-	-	-	9,6	11,3				
79	05.02.2013	-	-	-	-	-	-	-			Nullpunkt	Bonn, Winter
80	06.02.2013	-	-	-	-	-	-	-			Nullpunkt	
81	27.02.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	Bonn, Winter		
82	28.02.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt			
83	01.03.2013	-	-	36,6	37,1	-	27,3	30,4				
84	02.03.2013	-	-	-	-	-	32,0	35,8				
85	03.03.2013	-	-	29,5	30,2	-	23,0	25,2				
86	04.03.2013	-	-	28,9	29,7	-	20,9	23,6				
87	05.03.2013	-	-	41,8	41,8	-	30,8	34,3				
88	06.03.2013	-	-	41,5	42,3	-	28,6	32,4				
89	07.03.2013	-	-	41,9	42,3	-	33,9	37,7				
90	08.03.2013	-	-	37,8	37,4	-	34,6	37,6				

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 15 von 22

Hersteller		Comde-Derenda							Schwebstaub PM10 und PM2,5	
Gerätetyp		APM-2							Messwerte in µg/m³ i.N.	
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4								
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
91	09.03.2013	-	-	-	-	-	13,1	14,4		Bonn, Winter
92	10.03.2013	-	-	23,6	22,9	-	28,2	30,5		
93	11.03.2013	-	-	31,5	30,8	-	34,0	37,1		
94	12.03.2013	-	-	17,9	17,9	-	18,2	20,2		
95	13.03.2013	-	-	51,3	50,9	-	37,2	41,0		
96	14.03.2013	-	-	27,5	27,9	-	20,5	23,2		
97	15.03.2013	-	-	32,0	32,3	-	23,1	25,5		
98	16.03.2013	-	-	-	-	-	15,1	16,6		
99	17.03.2013	-	-	11,4	11,0	-	11,5	12,6		
100	18.03.2013	-	-	18,2	18,1	-	11,1	12,5		
101	19.03.2013	-	-	17,7	17,5	-	13,0	14,2		
102	20.03.2013	-	-	25,8	25,2	-	27,2	29,1		
103	21.03.2013	-	-	46,4	46,3	-	41,0	44,4		
104	22.03.2013	-	-	26,4	26,8	-	24,7	27,1		
105	23.03.2013	-	-	-	-	-	25,7	28,3		
106	24.03.2013	-	-	19,9	19,1	-	17,3	19,5		
107	25.03.2013	-	-	26,2	25,9	-	24,0	27,1		
108	26.03.2013	-	-	21,4	20,8	-	16,6	19,5		
109	27.03.2013	-	-	33,9	33,6	-	29,5	33,2		
110	28.03.2013	-	-	-	-	-	52,9	58,1		
111	29.03.2013	-	-	78,1	77,4	-	71,8	78,4		
112	30.03.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt Nullpunkt Nullpunkt	
113	31.03.2013	-	-	-	-	-	-	-		
114	01.04.2013	-	-	-	-	-	-	-		
115	02.04.2013	-	-	25,2	25,8	-	24,5	27,2		
116	03.04.2013	-	-	31,9	31,5	-	31,7	34,8		
117	04.04.2013	-	-	34,3	34,2	-	33,4	36,2		
118	05.04.2013	-	-	31,5	30,8	-	26,7	29,1		
119	06.04.2013	-	-	-	-	-	26,3	28,8		
120	07.04.2013	-	-	31,7	31,2	-	25,4	28,6		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 16 von 22

Hersteller		Comde-Derenda									Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.N.	
Gerätetyp		APM-2										
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort		
121	08.04.2013	-	-	32,9	33,1	-	26,9	30,0		Bonn, Winter		
122	09.04.2013	-	-	22,6	22,2	-	18,0	19,7				
123	10.04.2013	-	-	18,7	18,8	-	13,6	14,7				
124	11.04.2013	-	-	16,9	16,9	-	10,1	10,6				
125	12.04.2013	-	-	11,0	11,1	-	7,0	7,5				
126	13.04.2013	-	-	-	-	-	8,2	8,7				
127	14.04.2013	-	-	12,6	11,9	-	7,5	8,2				
128	15.04.2013	-	-	33,0	32,3	-	22,1	23,9				
129	16.04.2013	-	-	22,4	22,2	-	14,6	15,5				
130	17.04.2013	-	-	20,9	21,2	-	10,9	11,7				
131	18.04.2013	-	-	22,6	22,9	-	10,6	11,5				
132	19.04.2013	-	-	21,7	21,7	-	12,5	13,4				
133	20.04.2013	-	-	-	-	-	13,2	14,2				
134	21.04.2013	-	-	38,2	39,4	-	24,4	26,8				
135	22.04.2013	-	-	46,8	46,4	-	32,6	35,8				
136	23.04.2013	-	-	19,0	19,8	-	12,0	12,8				
137	24.04.2013	-	-	25,7	26,0	-	16,0	17,4				
138	25.04.2013	-	-	24,9	25,4	-	15,7	17,1				
139	26.04.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt			
140	27.04.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt			
141	28.04.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt			
142	29.04.2013	-	-	21,5	22,6	-	14,7	15,8				
143	30.04.2013	-	-	-	-	-	17,9	19,3				
144	01.05.2013	-	-	22,4	23,4	-	20,4	22,0				
145	02.05.2013	-	-	-	-	-	21,4	23,2				
146	03.05.2013	-	-	35,6	36,7	-	29,4	32,2				
147	04.05.2013	-	-	31,7	32,5	-	22,9	24,8				
148	05.05.2013	-	-	14,8	15,7	-	10,2	10,8				
149	06.05.2013	-	-	24,9	24,7	-	17,9	19,6				
150	15.05.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	Köln, Sommer		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 17 von 22

Hersteller		Comde-Derenda		Schwebstaub PM10 und PM2,5							Messwerte in µg/m ³ i.N.	
Gerätetyp		APM-2										
Serien-Nr.		SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort		
151	16.05.2013	-	-			-			Nullpunkt	Köln, Sommer		
152	17.05.2013	-	-	20,9	21,9	-	18,0	18,8				
153	18.05.2013	-	-			-	16,2	17,7				
154	19.05.2013	-	-			-	21,4	23,0				
155	20.05.2013	-	-	12,2	13,2	-	11,8	12,4				
156	21.05.2013	-	-	8,4	9,4	-	8,0	8,6				
157	22.05.2013	-	-	13,5	13,7	-	10,3	11,0				
158	23.05.2013	-	-	12,0	13,1	-	10,8	11,6				
159	24.05.2013	-	-	13,4	13,8	-	10,6					
160	25.05.2013	-	-			-	13,1					
161	26.05.2013	-	-	20,3	19,8	-	13,7					
162	27.05.2013	-	-	25,8	25,3	-	21,1	22,5				
163	28.05.2013	-	-	13,6	13,5	-	11,1	11,8				
164	29.05.2013	-	-			-	9,7	10,3				
165	30.05.2013	-	-			-	17,6	18,6				
166	31.05.2013	-	-			-	18,2	19,9				
167	01.06.2013	-	-			-	16,4	17,9				
168	02.06.2013	-	-	13,6	13,4	-	8,7	9,5				
169	03.06.2013	-	-	17,2	17,6	-	11,0	12,3				
170	04.06.2013	-	-	22,9	22,4	-	14,4	15,5				
171	05.06.2013	-	-	17,1	16,2	-	11,7	12,6				
172	06.06.2013	-	-	18,8	19,6	-	13,1	13,8				
173	07.06.2013	-	-	25,5	24,9	-	18,8	19,8				
174	08.06.2013	-	-			-	19,1	20,8				
175	09.06.2013	-	-	21,8	20,0	-	17,1	18,5				
176	10.06.2013	-	-	33,0	31,3	-	23,7	26,3				
177	11.06.2013	-	-	27,6	26,7	-	21,8	24,0				
178	12.06.2013	-	-	16,4	15,2	-	11,7	11,7				
179	13.06.2013	-	-	11,9	11,2	-	7,3	8,3				
180	14.06.2013	-	-	13,4	13,0	-	8,0	9,4				

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 18 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.N.	
Gerätetyp APM-2											
Serien-Nr. SN 3 / SN 4											
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort	
181	15.06.2013	-	-	13,5	13,8	-	7,4	8,8		Köln, Sommer	
182	16.06.2013	-	-	19,6	18,8	-	10,1	11,6			
183	17.06.2013	-	-	25,5	24,2	-	16,4	18,4			
184	18.06.2013	-	-	29,9	28,8	-	24,0	27,0			
185	19.06.2013	-	-	51,9	49,8	-	45,5	51,1	Ref. PM2,5 - Stabilitätskriterien DIN EN 14907 nicht eingehalten		
186	20.06.2013	-	-	15,4	14,3	-	16,2	18,2			
187	21.06.2013	-	-	9,0	8,9	-	7,2	8,0			
188	22.06.2013	-	-	5,7	5,5	-	4,6	5,2			
189	23.06.2013	-	-	8,2	8,1	-	5,9	6,8			
190	24.06.2013	-	-	17,0	16,5	-	12,7	14,0			
191	25.06.2013	-	-	11,6	12,8	-	8,6	9,8			
192	26.06.2013	-	-	15,0	14,4	-	11,4	12,2			
193	27.06.2013	-	-	15,1	14,3	-	12,1	13,4			
194	28.06.2013	-	-	12,9	14,0	-	13,8	15,0			
195	29.06.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt Nullpunkt		
196	30.06.2013	-	-	-	-	-	-	-			
197	01.07.2013	-	-	18,4	17,9	-	13,0	14,4			
198	02.07.2013	-	-	15,2	14,2	-	11,4	12,1			
199	03.07.2013	-	-	12,6	12,6	-	8,9	10,0			
200	04.07.2013	-	-	16,7	15,9	-	12,0	13,1			
201	05.07.2013	-	-	25,4	24,6	-	19,9	22,0	Ausreisser Ref. PM2,5		
202	06.07.2013	-	-	19,4	18,9	-	17,7	18,8			
203	07.07.2013	-	-	17,7	17,6	-	13,4	14,2			
204	08.07.2013	-	-	19,5	19,6	-	14,0	15,6			
205	09.07.2013	-	-	25,5	25,3	-	16,3	18,3			
206	10.07.2013	-	-	19,6	19,0	-	12,4	13,5	Ausreisser Ref. PM10		
207	11.07.2013	-	-	-	-	-	23,4	26,0			
208	12.07.2013	-	-	30,6	28,4	-	21,9	24,4			
209	13.07.2013	-	-	28,3	26,4	-	23,0	25,0			
210	14.07.2013	-	-	-	-	-	21,8	24,3			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 19 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m ³ i.N.
Gerätetyp APM-2										
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort
211	30.07.2013	-	-	14,7	14,1	-	8,2	8,3		Rodenkirchen, Sommer
212	31.07.2013	-	-	12,9	13,2	-	8,7	8,4		
213	01.08.2013	-	-	15,8	16,6	-	10,6	10,4		
214	02.08.2013	-	-	23,2	25,3	-	15,1	15,0		
215	03.08.2013	-	-	-	-	-	10,7	10,7		
216	04.08.2013	-	-	15,3	16,1	-	9,8	9,6		
217	05.08.2013	-	-	22,3	24,4	-	13,4	12,8		
218	06.08.2013	-	-	20,1	20,6	-	12,2	11,9		
219	07.08.2013	-	-	16,2	16,3	-	12,4	12,3		
220	08.08.2013	-	-	20,0	19,6	-	13,7	14,0		
221	09.08.2013	-	-	20,0	20,4	-	13,9	14,0		
222	10.08.2013	-	-	-	-	-	11,5	11,8		
223	11.08.2013	-	-	13,5	13,2	-	8,3	8,3		
224	12.08.2013	-	-	20,0	18,8	-	10,5	10,8		
225	13.08.2013	-	-	17,5	18,0	-	10,3	10,4		
226	14.08.2013	-	-	24,4	26,3	-	12,8	13,1		
227	15.08.2013	-	-	20,5	19,9	-	12,2	12,6		
228	16.08.2013	-	-	24,2	24,3	-	14,4	14,5		
229	17.08.2013	-	-	-	-	-	9,3	8,6		
230	18.08.2013	-	-	11,5	10,9	-	7,5	7,5		
231	19.08.2013	-	-	14,9	14,8	-	9,5	9,8		
232	20.08.2013	-	-	20,4	19,8	-	14,4	14,2		
233	21.08.2013	-	-	19,9	19,0	-	17,0	16,6		
234	22.08.2013	-	-	27,3	27,5	-	21,9	22,1		
235	23.08.2013	-	-	24,8	24,8	-	20,1	20,2		
236	24.08.2013	-	-	-	-	-	26,9	26,6		
237	25.08.2013	-	-	34,8	33,1	-	30,6	31,8		
238	26.08.2013	-	-	20,5	20,6	-	14,3	14,9		
239	27.08.2013	-	-	23,5	22,2	-	17,9	17,6		
240	28.08.2013	-	-	24,3	24,9	-	22,8	22,2		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 20 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.N.	
Gerätetyp APM-2											
Serien-Nr. SN 3 / SN 4											
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort	
241	29.08.2013	-	-	28,5	28,9	-	26,8	25,5		Rodenkirchen, Sommer	
242	30.08.2013	-	-	29,3	31,4	-	23,8	24,3			
243	31.08.2013	-	-	-	-	-	12,2	13,2			
244	01.09.2013	-	-	19,9	20,7	-	9,5	10,6			
245	02.09.2013	-	-	22,6	24,4	-	12,4	13,8			
246	03.09.2013	-	-	24,5	25,8	-	18,2	17,7			
247	04.09.2013	-	-	15,6	16,4	-	12,2	12,3			
248	05.09.2013	-	-	17,8	20,8	-	12,6	12,3			
249	06.09.2013	-	-	33,6	36,2	-	24,3	24,9			
250	07.09.2013	-	-	25,7	26,6	-	22,1	20,6			
251	08.09.2013	-	-	-	-	-	19,5	17,6			
252	09.09.2013	-	-	11,7	12,4	-	8,9	9,0			
253	10.09.2013	-	-	11,5	11,8	-	9,2	8,3			
254	11.09.2013	-	-	-	-	-	14,8	13,5			
255	12.09.2013	-	-	24,3	25,3	-	18,8	16,3			
256	13.09.2013	-	-	15,3	15,5	-	11,1	10,2			
257	14.09.2013	-	-	-	-	-	7,3	6,8			
258	15.09.2013	-	-	15,6	16,3	-	9,1	8,0			
259	16.09.2013	-	-	15,3	15,5	-	8,1	7,4			
260	17.09.2013	-	-	13,2	13,7	-	8,9	7,5			
261	18.09.2013	-	-	23,0	23,9	-	18,3	14,2			
262	19.09.2013	-	-	17,4	18,9	-	10,9	9,9			
263	20.09.2013	-	-	21,8	21,8	-	13,1	11,9			
264	21.09.2013	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt		
265	13.01.2014	-	-	18,8	19,3	-	17,8	16,3		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	
266	14.01.2014	-	-	16,0	15,3	-	15,6	14,6			
267	15.01.2014	-	-	8,3	8,9	-	10,7	9,4			
268	16.01.2014	-	-	6,7	7,3	-	10,1	8,2			
269	17.01.2014	-	-	9,4	8,9	-	9,9	8,6			
270	18.01.2014	-	-	-	-	-	14,5	13,5			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 21 von 22

Hersteller Comde-Derenda										Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m ³ i.N.
Gerätetyp APM-2										
Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm ³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm ³]	SN 4 PM10 [µg/Nm ³]	Bemerkung	Standort
271	19.01.2014	-	-	17,5	17,7	-	20,5	18,4		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne
272	20.01.2014	-	-	19,4	20,2	-	23,5	21,0		
273	21.01.2014	-	-	31,5	31,4	-	30,8	28,5		
274	22.01.2014	-	-	23,3	23,5	-	24,9	22,6		
275	23.01.2014	-	-	15,5	16,4	-	16,1	16,6		
276	24.01.2014	-	-	28,6	29,0	-	28,0	29,5		
277	25.01.2014	-	-	-	-	-	15,5	15,5		
278	26.01.2014	-	-	11,8	12,3	-	12,0	12,1		
279	27.01.2014	-	-	6,9	7,2	-	8,4	7,6		
280	28.01.2014	-	-	11,3	10,8	-	11,0	11,0		
281	29.01.2014	-	-	19,7	20,0	-	19,8	20,6		
282	30.01.2014	-	-	42,5	42,7	-	44,4	46,2		
283	31.01.2014	-	-	36,3	35,8	-	36,5	37,9		
284	01.02.2014	-	-	-	-	-	10,1	9,0		
285	02.02.2014	-	-	18,5	17,6	-	18,0	18,4		
286	03.02.2014	-	-	22,6	21,9	-	22,9	23,9		
287	04.02.2014	-	-	-	-	-	17,9	18,0		
288	05.02.2014	-	-	8,3	8,5	-	9,3	9,2		
289	06.02.2014	-	-	10,3	9,5	-	9,6	8,6		
290	07.02.2014	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
291	08.02.2014	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
292	09.02.2014	-	-	-	-	-	-	-	Nullpunkt	
293	10.02.2014	-	-	13,5	13,5	-	14,3	14,2		
294	11.02.2014	-	-	10,0	8,2	-	8,7	8,2		
295	12.02.2014	-	-	8,6	8,1	-	9,4	8,5		
296	13.02.2014	-	-	10,7	10,2	-	9,8	9,6		
297	14.02.2014	-	-	-	-	-	7,7	7,9		
298	15.02.2014	-	-	-	-	-	8,0	7,3		
299	16.02.2014	-	-	9,1	9,4	-	9,7	9,4		
300	17.02.2014	-	-	13,0	12,7	-	12,9	12,8		

Anlage 5

PM₁₀-Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen [EN 12431]

Blatt 22 von 22

Hersteller Comde-Derenda Gerätetyp APM-2 Serien-Nr. SN 3 / SN 4										
Schwebstaub PM10 und PM2,5 Messwerte in µg/m³ i.N.										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 3 PM10 [µg/Nm³]	SN 4 PM10 [µg/Nm³]	Bemerkung	Standort
301	18.02.2014	-	-	20,5	20,1	-	20,7	20,5		Köln, Winter 2014 Validierungskampagne
302	19.02.2014	-	-	13,6	14,8	-	14,2	14,3		
303	20.02.2014	-	-	6,9	6,4	-	8,5	8,5		
304	21.02.2014	-	-	8,0	7,9	-	10,0	9,4		
305	22.02.2014	-	-	4,8	5,5	-	8,0	7,1		
306	23.02.2014	-	-	7,3	7,1	-	8,7	8,9		
307	24.02.2014	-	-	14,2	13,2	-	13,2	13,1		
308	25.02.2014	-	-	13,4	12,5	-	12,1	12,6		
309	26.02.2014	-	-	19,9	17,6	-	18,3	17,9		
310	27.02.2014	-	-	12,4	10,6	-	12,3	12,5		
311	28.02.2014	-	-	10,8	10,2	-	11,0	10,9		
312	01.03.2014	-	-	15,3	15,0	-	16,4	16,5		
313	02.03.2014	-	-	19,1	20,3	-	19,6	20,5		
314	03.03.2014	-	-	10,4	12,3	-	11,8	11,9		
315	04.03.2014	-	-	26,5	25,0	-	25,9	26,3		
316	05.03.2014	-	-	44,0	43,7	-	41,9	42,5		
317	06.03.2014	-	-	45,0	43,8	-	38,9	40,6		
318	07.03.2014	-	-	58,4	56,7	-	50,6	52,6		
319	08.03.2014	-	-	51,3	51,2	-	44,2	45,7		
320	09.03.2014	-	-	29,1	27,9	-	27,4	27,5		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 1 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
1	19.11.2012	Köln, Winter	keine Wetterdaten vorhanden					
2	20.11.2012							
3	21.11.2012							
4	22.11.2012		8,2	1013	79,5	0,6	150	0,0
5	23.11.2012		8,5	1010	88,3	0,1	147	9,3
6	24.11.2012		11,6	1005	78,5	0,9	156	0,3
7	25.11.2012		8,8	1004	70,3	1,4	161	0,3
8	26.11.2012		8,9	997	83,3	0,3	150	5,9
9	27.11.2012		7,5	998	81,2	0,1	125	0,3
10	28.11.2012		6,0	997	81,3	1,8	84	0,0
11	29.11.2012		4,0	999	81,0	1,0	80	0,0
12	30.11.2012		1,6	1005	83,8	0,1	157	0,0
13	01.12.2012		2,9	1003	83,1	0,7	156	5,1
14	02.12.2012		3,9	1006	82,3	1,3	146	0,3
15	03.12.2012		3,7	997	87,7	0,5	158	7,2
16	04.12.2012		4,5	993	84,3	1,0	114	5,7
17	05.12.2012		2,1	999	85,7	0,8	120	4,2
18	06.12.2012		0,9	1005	79,9	0,7	151	0,0
19	07.12.2012		-2,6	1001	89,4	0,0	108	0,0
20	08.12.2012		-2,6	1016	86,2	0,0	125	0,9
21	09.12.2012		4,0	1002	87,0	1,8	149	16,1
22	10.12.2012		1,9	1010	81,4	2,6	78	1,8
23	11.12.2012		-0,2	1018	74,8	0,8	128	0,0
24	12.12.2012		-0,5	1010	71,4	0,5	136	0,0
25	13.12.2012		0,9	1000	75,6	0,5	148	0,0
26	14.12.2012		7,1	988	82,4	1,3	157	4,2
27	15.12.2012		8,7	995	78,6	1,2	173	4,7
28	16.12.2012		7,2	997	85,2	0,4	151	7,4
29	17.12.2012		7,2	999	85,4	0,1	141	3,0
30	18.12.2012		6,2	1011	88,1	0,0	145	0,9

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 2 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
31	19.12.2012	Köln, Winter	4,2	1014	85,6	0,3	154	0,0
32	20.12.2012		2,8	1003	85,8	1,4	150	7,2
34	21.12.2012		6,0	1007	91,2	0,0	153	2,1
34	22.12.2012		8,7	1001	89,0	1,0	148	25,7
35	23.12.2012		10,6	1001	87,5	0,8	139	8,4
36	24.12.2012		11,8	995	76,0	0,7	155	2,4
37	25.12.2012		9,4	996	77,1	2,1	162	4,2
38	26.12.2012		9,1	1000	76,1	2,3	165	4,2
39	27.12.2012		7,3	1004	86,2	0,5	129	9,8
40	28.12.2012		8,4	1015	85,1	0,5	157	1,8
41	29.12.2012		10,4	1005	72,7	2,2	168	0,3
42	30.12.2012		8,6	1009	72,5	2,6	171	3,3
43	31.12.2012		9,9	1000	71,3	3,3	177	2,1
44	01.01.2013		6,1	1006	82,0	0,7	143	3,0
45	02.01.2013		7,5	1020	79,6	0,8	155	1,8
46	03.01.2013		10,6	1026	88,3	0,6	126	2,4
47	04.01.2013		9,1	1027	89,3	0,7	120	0,9
48	05.01.2013		8,4	1025	86,1	0,3	126	0,0
49	06.01.2013		9,1	1022	86,6	0,4	115	0,0
50	07.01.2013		8,2	1020	80,0	0,3	143	0,0
51	08.01.2013		7,6	1017	78,6	0,3	141	0,0
52	09.01.2013		5,8	1010	87,0	0,2	136	6,3
53	10.01.2013		4,0	1006	80,2	0,7	129	2,4
54	11.01.2013		-1,4	1011	78,3	0,0	153	0,0
55	12.01.2013		-1,5	1010	70,1	0,1	141	0,0
56	13.01.2013		-0,6	1009	70,0	0,2	145	0,0
57	14.01.2013		-2,5	1003	77,5	0,6	140	0,0
58	15.01.2013		-1,5	999	87,5	0,1	139	0,0
59	16.01.2013		-2,1	1006	84,8	0,0	87	0,0
60	17.01.2013		-2,0	1009	84,7	0,2	118	0,0

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 3 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
61	18.01.2013	Köln, Winter	-1,2	997	75,2	0,9	147	0,0
62	19.01.2013		-3,3	990	73,9	0,7	147	0,0
63	20.01.2013		-0,9	988	84,1	0,0	148	0,0
64	21.01.2013		-0,1	993	84,0	0,0	152	0,0
65	22.01.2013		0,2	999	80,4	0,0	149	0,0
66	23.01.2013		-0,5	1002	78,9	0,2	128	0,6
67	24.01.2013		-1,1	1010	74,4	0,6	126	0,0
68	25.01.2013		-1,9	1008	77,1	1,0	155	0,0
69	26.01.2013		-0,1	1004	81,5	0,9	148	0,6
70	27.01.2013		3,1	999	85,4	0,9	160	10,2
71	28.01.2013		6,9	1004	78,3	1,9	172	9,8
72	29.01.2013		11,9	1001	82,4	2,0	177	4,2
73	30.01.2013		10,9	1005	71,5	2,9	149	4,4
74	31.01.2013		8,6	1004	72,4	2,4	155	5,9
75	01.02.2013		5,0	990	88,1	0,9	127	11,7
76	02.02.2013		3,7	1006	78,8	1,8	94	0,9
77	03.02.2013		5,8	1006	82,0	2,0	144	3,0
78	04.02.2013		7,5	1000	76,2	1,9	149	3,3
79	05.02.2013		2,5	990	79,2	1,0	142	0,9
80	06.02.2013		2,4	997	84,5	0,9	112	5,4
81	27.02.2013	Bonn, Winter	2,5	1021	78,9	0,9	185	0,0
82	28.02.2013		4,1	1017	71,8	1,2	250	0,0
83	01.03.2013		3,5	1016	72,0	1,7	249	0,0
84	02.03.2013		3,0	1015	67,4	1,2	238	0,0
85	03.03.2013		3,1	1014	72,8	0,5	196	0,0
86	04.03.2013		6,6	1007	57,8	1,4	140	0,0
87	05.03.2013		8,5	999	56,5	1,2	136	0,0
88	06.03.2013		11,5	993	48,5	0,4	143	0,0
89	07.03.2013		12,3	990	67,5	0,5	144	2,1
90	08.03.2013		13,7	990	72,1	1,4	138	1,5

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 4 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
91	09.03.2013	Bonn, Winter	10,6	991	72,2	1,2	178	3,6
92	10.03.2013		1,6	993	81,8	3,6	273	2,4
93	11.03.2013		-1,4	996	78,7	1,9	241	0,0
94	12.03.2013		-3,4	995	83,9	2,0	276	0,0
95	13.03.2013		-1,2	999	72,8	1,1	224	0,3
96	14.03.2013		-1,3	1004	75,3	1,1	209	2,1
97	15.03.2013		2,3	1006	58,8	1,0	132	2,1
98	16.03.2013		5,3	998	49,0	3,4	131	0,0
99	17.03.2013		4,7	988	78,3	2,2	131	0,9
100	18.03.2013		6,6	985	60,3	0,7	131	0,0
101	19.03.2013		5,8	991	74,5	0,6	157	1,2
102	20.03.2013		2,6	999	85,8	1,9	240	13,2
103	21.03.2013		0,6	1010	78,8	1,0	229	0,3
104	22.03.2013		2,9	1006	63,4	3,2	146	0,0
105	23.03.2013		1,1	1005	56,8	4,2	146	0,0
106	24.03.2013		1,0	1005	42,8	3,3	153	0,0
107	25.03.2013		0,9	1004	49,0	2,6	153	0,0
108	26.03.2013		1,6	1003	44,1	2,3	168	0,0
109	27.03.2013		2,6	1001	49,5	2,0	148	0,0
110	28.03.2013		3,0	999	58,9	1,2	243	0,0
111	29.03.2013		0,4	999	77,8	1,1	271	1,5
112	30.03.2013		1,8	1000	68,9	1,3	271	0,0
113	31.03.2013		1,7	1003	68,2	1,1	269	0,0
114	01.04.2013		3,2	1001	52,9	1,5	190	0,0
115	02.04.2013		3,6	1003	52,2	1,8	201	0,0
116	03.04.2013		3,0	1005	58,0	1,8	158	0,0
117	04.04.2013		4,4	1001	60,5	1,8	166	0,0
118	05.04.2013		3,8	1003	67,8	1,6	267	0,0
119	06.04.2013		3,6	1012	73,9	1,7	221	0,3
120	07.04.2013		6,4	1008	51,4	0,7	174	0,0

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 5 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
121	08.04.2013	Bonn, Winter	7,0	996	63,9	1,4	130	0,9	
122	09.04.2013		8,3	992	78,0	1,2	133	1,8	
123	10.04.2013		9,7	996	77,3	1,4	154	6,0	
124	11.04.2013		13,0	991	69,6	1,3	169	6,0	
125	12.04.2013		12,2	997	69,0	1,1	154	4,4	
126	13.04.2013		13,9	1011	56,8	1,4	152	0,6	
127	14.04.2013		18,3	1011	57,0	1,5	136	0,0	
128	15.04.2013		17,5	1011	67,0	1,5	214	2,7	
129	16.04.2013		18,4	1011	54,4	0,9	149	0,0	
130	17.04.2013		18,7	1009	54,3	0,6	141	0,0	
131	18.04.2013		15,6	1009	46,2	3,1	210	0,0	
132	19.04.2013		11,4	1017	57,7	3,5	260	0,0	
134	20.04.2013		10,3	1018	51,5	3,3	274	0,0	
134	21.04.2013		11,1	1009	57,4	1,1	253	0,0	
135	22.04.2013		13,2	1009	46,5	1,4	217	0,0	
136	23.04.2013		13,7	1014	63,6	1,7	187	0,0	
137	24.04.2013		17,9	1016	56,5	1,0	167	0,0	
138	25.04.2013		20,0	1010	51,5	0,4	146	0,0	
139	26.04.2013		11,9	1000	77,3	2,2	230	9,9	
140	27.04.2013	7,8	1003	70,3	3,2	293	0,0		
141	28.04.2013	9,2	1007	68,3	0,7	169	0,0		
142	29.04.2013	12,0	1010	56,1	1,9	209	0,0		
143	30.04.2013	11,8	1014	57,9	1,0	214	0,0		
144	01.05.2013	14,6	1011	62,8	0,9	173	0,3		
145	02.05.2013	16,5	1009	60,4	1,1	200	0,0		
146	03.05.2013	16,0	1007	60,0	1,5	253	0,0		
147	04.05.2013	15,7	1011	54,5	2,4	238	0,0		
148	05.05.2013	16,4	1013	55,9	1,3	190	0,0		
149	06.05.2013	19,8	1008	50,0	0,6	192	0,0		
150	15.05.2013	Köln, Sommer	keine Wetterdaten vorhanden						

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 6 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
151	16.05.2013	Köln, Sommer	keine Wetterdaten vorhanden						
152	17.05.2013		9,9	997	86,2	0,7	173	0,6	
153	18.05.2013		12,1	1001	74,2	0,1	140	0,0	
154	19.05.2013		17,1	998	64,4	1,5	203	12,1	
155	20.05.2013		11,4	1001	83,5	0,3	172	3,3	
156	21.05.2013		12,7	1002	78,2	1,4	185	21,3	
157	22.05.2013		8,5	1004	79,4	1,4	172	12,7	
158	23.05.2013		6,3	1001	80,7	0,9	205	1,5	
159	24.05.2013		8,4	1004	67,0	0,2	149	0,0	
160	25.05.2013		10,5	1005	71,3	1,9	176	9,8	
161	26.05.2013		9,7	1003	79,2	2,7	195	6,5	
162	27.05.2013		14,1	1000	61,6	0,9	170	0,0	
163	28.05.2013		18,0	993	58,8	1,3	166	0,9	
164	29.05.2013		9,2	996	89,4	0,6	164	25,2	
165	30.05.2013		13,9	1000	68,4	0,4	196	0,3	
166	31.05.2013		16,1	1002	70,0	2,3	197	0,0	
167	01.06.2013		11,6	1011	76,2	2,2	187	0,0	
168	02.06.2013		13,7	1017	54,1	2,4	213	0,0	
169	03.06.2013		13,2	1018	58,9	2,0	195	0,0	
170	04.06.2013		16,3	1012	63,2	0,8	189	0,0	
171	05.06.2013	20,1	1010	53,6	0,2	172	0,0		
172	06.06.2013	21,1	1011	51,4	0,2	182	0,0		
173	07.06.2013	23,0	1010	51,4	0,3	186	0,0		
174	08.06.2013	20,8	1005	60,2	1,1	163	0,0		
175	09.06.2013	15,9	1002	71,7	1,0	199	2,4		
176	10.06.2013	15,1	1006	70,0	0,5	193	0,0		
177	11.06.2013	19,8	1009	57,4	0,2	176	0,0		
178	12.06.2013	21,2	1008	66,3	0,3	151	0,3		
179	13.06.2013	16,2	1008	77,3	1,4	158	20,4		
180	14.06.2013	15,8	1009	65,6	0,1	200	0,0		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 7 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
181	15.06.2013	Köln, Sommer	16,8	1006	60,6	1,1	172	0,0
182	16.06.2013		18,1	1007	61,0	0,3	159	0,0
183	17.06.2013		23,6	1005	64,7	0,2	186	0,6
184	18.06.2013		28,2	1005	57,4	0,2	181	0,0
185	19.06.2013		27,2	1003	64,4	1,1	190	0,0
186	20.06.2013		19,7	1003	79,5	0,4	187	32,4
187	21.06.2013		17,9	1006	73,8	0,7	155	2,7
188	22.06.2013		18,4	1004	67,4	1,0	172	2,4
189	23.06.2013		16,0	1006	69,7	1,6	176	1,5
190	24.06.2013		13,7	1014	76,2	1,8	163	0,3
191	25.06.2013		13,0	1019	68,8	0,9	232	0,0
192	26.06.2013		13,6	1018	71,0	0,7	197	11,2
193	27.06.2013		12,6	1014	77,9	0,4	191	8,9
194	28.06.2013		13,7	1010	89,5	0,2	173	22,5
195	29.06.2013		13,8	1014	74,0	1,1	222	0,0
196	30.06.2013		17,6	1012	67,3	0,5	163	0,0
197	01.07.2013		19,4	1008	68,3	0,4	189	0,0
198	02.07.2013		21,8	1003	59,2	0,2	179	0,9
199	03.07.2013		16,9	1005	87,7	0,1	179	12,7
200	04.07.2013		20,4	1015	68,6	0,6	187	0,0
201	05.07.2013		19,9	1021	73,4	0,3	186	0,0
202	06.07.2013	22,9	1020	61,9	0,2	147	0,0	
203	07.07.2013	23,6	1021	54,0	0,7	174	0,0	
204	08.07.2013	24,0	1019	55,0	0,8	156	0,0	
205	09.07.2013	23,4	1014	55,6	0,8	207	0,0	
206	10.07.2013	19,1	1012	61,2	2,0	191	0,0	
207	11.07.2013	14,8	1014	73,1	0,4	174	0,0	
208	12.07.2013	16,8	1014	68,2	0,7	184	0,0	
209	13.07.2013	18,0	1015	66,5	0,5	196	0,0	
210	14.07.2013				keine Wetterdaten vorhanden			

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 8 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
211	30.07.2013	Rodenkirchen, Sommer	18,2	1006	80,0	2,4	201	7,3
212	31.07.2013		20,1	1006	75,8	3,4	233	0,0
213	01.08.2013		24,0	1004	62,5	2,9	117	0,0
214	02.08.2013		27,8	1000	48,6	3,4	128	2,7
215	03.08.2013		23,1	1006	64,3	3,3	230	0,0
216	04.08.2013		20,5	1009	64,3	1,6	122	0,0
217	05.08.2013		22,8	1004	62,3	2,6	128	0,1
218	06.08.2013		21,6	1003	62,9	2,7	213	0,0
219	07.08.2013		19,5	999	80,7	2,9	175	1,2
220	08.08.2013		16,8	1006	82,9	2,4	233	0,7
221	09.08.2013		17,9	1008	73,5	1,8	174	0,0
222	10.08.2013		17,3	1008	71,8	3,0	241	0,0
223	11.08.2013		17,0	1007	62,9	2,5	199	0,0
224	12.08.2013		16,9	1004	75,3	2,3	202	0,4
225	13.08.2013		15,5	1007	73,7	2,9	217	0,0
226	14.08.2013		14,5	1011	75,3	1,8	161	0,0
227	15.08.2013		17,2	1010	73,1	2,0	151	0,0
228	16.08.2013		20,9	1005	59,1	2,4	167	0,0
229	17.08.2013		21,4	1003	65,8	2,1	226	0,0
230	18.08.2013		19,6	1001	81,0	3,2	174	7,8
231	19.08.2013		16,9	1005	83,0	3,2	263	0,5
232	20.08.2013		14,3	1016	78,9	1,6	154	0,0
234	21.08.2013		15,5	1013	70,6	1,7	141	0,0
234	22.08.2013		18,2	1008	65,3	1,8	154	0,0
235	23.08.2013		20,3	1005	62,3	2,4	128	0,0
236	24.08.2013		17,8	1000	80,0	2,7	135	5,9
237	25.08.2013		16,2	1000	96,4	1,6	224	2,5
238	26.08.2013		16,1	1003	81,8	1,7	141	0,0
239	27.08.2013		17,1	1003	69,7	1,7	142	0,0
240	28.08.2013		15,7	1007	78,3	1,6	166	0,0

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 9 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
241	29.08.2013	Rodenkirchen, Sommer	17,0	1010	72,2	1,8	146	0,0
242	30.08.2013		17,1	1008	72,8	1,8	189	0,0
243	31.08.2013		16,4	1009	81,1	2,7	244	2,0
244	01.09.2013		13,9	1015	70,5	2,9	256	0,0
245	02.09.2013		17,1	1013	70,7	3,5	269	0,0
246	03.09.2013		17,2	1015	82,2	1,6	145	0,0
247	04.09.2013		20,5	1010	70,6	2,0	112	0,0
248	05.09.2013		23,6	1002	61,5	3,6	126	0,0
249	06.09.2013		23,7	998	60,2	3,6	166	0,0
250	07.09.2013		17,9	1005	88,0	2,2	225	21,3
251	08.09.2013		14,0	1007	94,6	2,5	244	2,1
252	09.09.2013		14,0	1005	80,5	2,8	186	2,7
253	10.09.2013		12,8	1001	81,3	5,0	255	9,2
254	11.09.2013		12,8	1001	91,5	3,2	270	5,8
255	12.09.2013		13,5	1004	92,0	2,5	277	7,2
256	13.09.2013		15,2	1008	84,4	2,0	194	1,0
257	14.09.2013		15,3	1001	91,0	3,1	214	3,8
258	15.09.2013		13,7	999	79,4	2,3	280	8,1
259	16.09.2013		12,8	990	72,3	4,3	238	0,0
260	17.09.2013		9,9	991	81,7	3,8	184	5,8
261	18.09.2013		11,7	988	92,8	2,7	270	1,2
262	19.09.2013		12,3	1000	79,4	2,7	225	1,8
263	20.09.2013		13,8	1004	83,7	2,9	248	0,0
264	21.09.2013		12,9	1014	83,8	1,2	165	0,0
265	13.01.2014	Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	6,8	1002	82,5	0,0	210	0,0
266	14.01.2014		6,3	1001	77,9	0,3	203	0,0
267	15.01.2014		5,3	998	86,2	0,3	205	3,9
268	16.01.2014		7,8	993	80,2	0,2	220	0,0
269	17.01.2014		8,2	994	72,4	0,3	209	0,3
270	18.01.2014		6,5	992	75,3	0,7	202	0,0

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 10 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
271	19.01.2014	Köln, Winter 2014	5,7	994	80,7	0,2	202	0,0
272	20.01.2014	Validierungskampagne	3,8	1000	83,9	0,3	135	0,0
273	21.01.2014		4,0	1005	87,1	0,0	186	0,0
274	22.01.2014		2,7	1006	84,8	0,1	203	0,0
275	23.01.2014		3,8	1004	87,2	0,2	193	8,0
276	24.01.2014		4,1	1010	86,2	0,0	188	0,3
277	25.01.2014		5,0	1004	79,5	1,1	208	6,5
278	26.01.2014		5,1	991	79,6	0,8	207	18,9
279	27.01.2014		4,9	990	75,6	0,8	214	0,3
280	28.01.2014		3,8	992	73,6	0,6	204	0,0
281	29.01.2014		2,6	996	71,0	1,1	198	0,0
282	30.01.2014		2,5	1000	72,6	0,2	194	0,0
283	31.01.2014		5,7	996	70,7	0,6	204	0,3
284	01.02.2014		5,5	997	81,6	0,5	214	3,6
285	02.02.2014		4,2	1008	76,5	0,5	207	0,0
286	03.02.2014		4,9	1001	77,9	0,7	203	0,0
287	04.02.2014		5,9	998	75,1	0,3	204	0,0
288	05.02.2014		7,4	992	73,8	1,2	209	0,0
289	06.02.2014		10,2	989	66,1	1,6	210	5,1
290	07.02.2014		7,6	991	72,7	2,4	216	7,7
291	08.02.2014		7,7	984	70,0	1,9	219	0,6
292	09.02.2014		5,9	989	67,2	1,7	221	0,0
293	10.02.2014		5,5	990	75,2	0,3	205	1,8
294	11.02.2014		6,7	997	70,1	1,1	217	2,4
295	12.02.2014		7,1	994	68,5	1,7	224	0,3
296	13.02.2014		5,2	992	80,2	0,5	201	8,0
297	14.02.2014		8,6	992	74,6	1,4	217	9,5
298	15.02.2014		10,0	995	65,2	3,0	210	1,5
299	16.02.2014		7,4	1004	71,7	0,8	220	0,6
300	17.02.2014		4,2	1008	82,8	0,0	212	0,0

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 11 von 11

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
301	18.02.2014	Köln, Winter 2014 Validierungskampagne	7,4	1005	76,0	0,1	214	1,8	
302	19.02.2014		8,3	1006	77,5	0,3	208	0,0	
303	20.02.2014		9,7	999	78,3	0,9	209	5,4	
304	21.02.2014		5,8	1002	77,2	0,6	207	0,9	
305	22.02.2014		5,5	1010	76,2	0,7	211	1,8	
306	23.02.2014		7,3	1011	70,4	0,5	206	0,0	
307	24.02.2014		12,9	1005	53,2	0,5	203	0,0	
308	25.02.2014								
309	26.02.2014		keine Wetterdaten vorhanden						
310	27.02.2014								
311	28.02.2014		6,6	994	75,3	0,3	199	0,0	
312	01.03.2014		5,8	995	78,1	0,1	223	0,6	
313	02.03.2014		6,1	990	69,9	0,7	199	0,0	
314	03.03.2014		6,2	988	71,5	0,6	187	0,0	
315	04.03.2014		7,9	1002	70,6	0,1	199	0,0	
316	05.03.2014		4,6	1018	81,8	0,2	146	0,0	
317	06.03.2014		7,6	1020	67,2	0,2	191	0,0	
318	07.03.2014		11,1	1021	63,3	0,1	178	0,0	
319	08.03.2014		12,4	1022	56,2	0,5	202	0,0	
320	09.03.2014		13,1	1020	46,8	0,3	164	0,0	

Anhang 2

Verfahren zur Filterwägung

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, sodass 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 72). Dann werden die sechs Kontrollfilter gewogen. Die Kontrollfilter mit einer Abweichung von über 40 µg 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 73.

Bei der Hinwägung der Filter werden die Filter, die zwischen der ersten und zweiten Wägung eine Differenz von über 40 µg aufweisen, ausgemustert. Bei der Rückwägung werden die Filter mit einer Differenz von über 60 µg 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:

$$\text{Staub} = M_{F_{\text{rück}}} - (M_{T_{\text{Tara}}} \times (M_{K_{\text{on}_{\text{rück}}}} / M_{K_{\text{on}_{\text{hin}}} })) \quad (\text{F1})$$

$M_{K_{\text{on}_{\text{hin}}}}$ = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72h Hinwägung

$M_{K_{\text{on}_{\text{rück}}}}$ = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72 h Rückwägung

$M_{T_{\text{Tara}}}$ = mittlere Masse des Filters von 48 h und 72 h Hinwägung

$M_{F_{\text{rück}}}$ = 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 Wägeraumkonditionen 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.

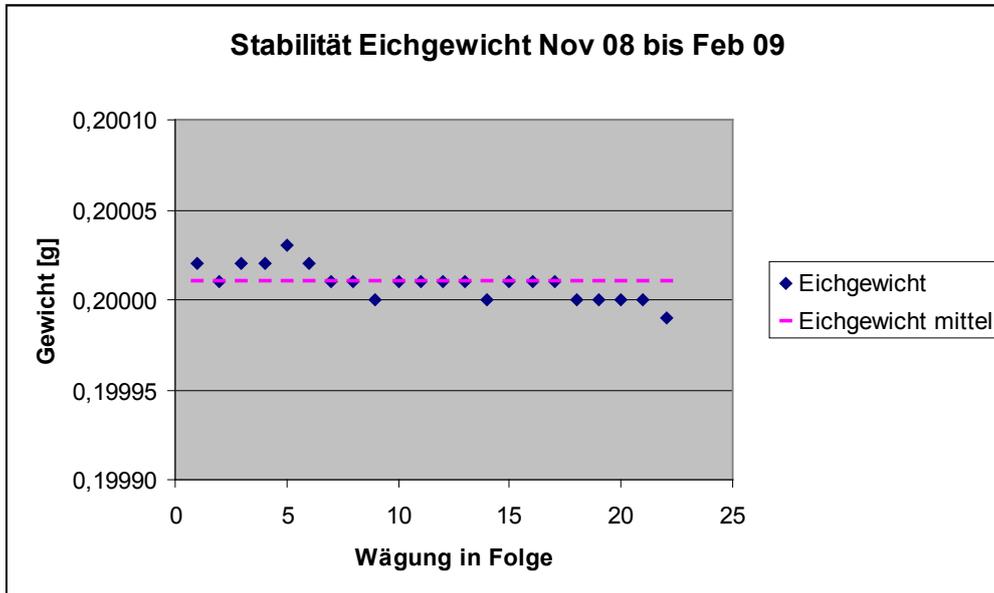


Abbildung 72: Stabilität Eichgewicht

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Tabelle 40: 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

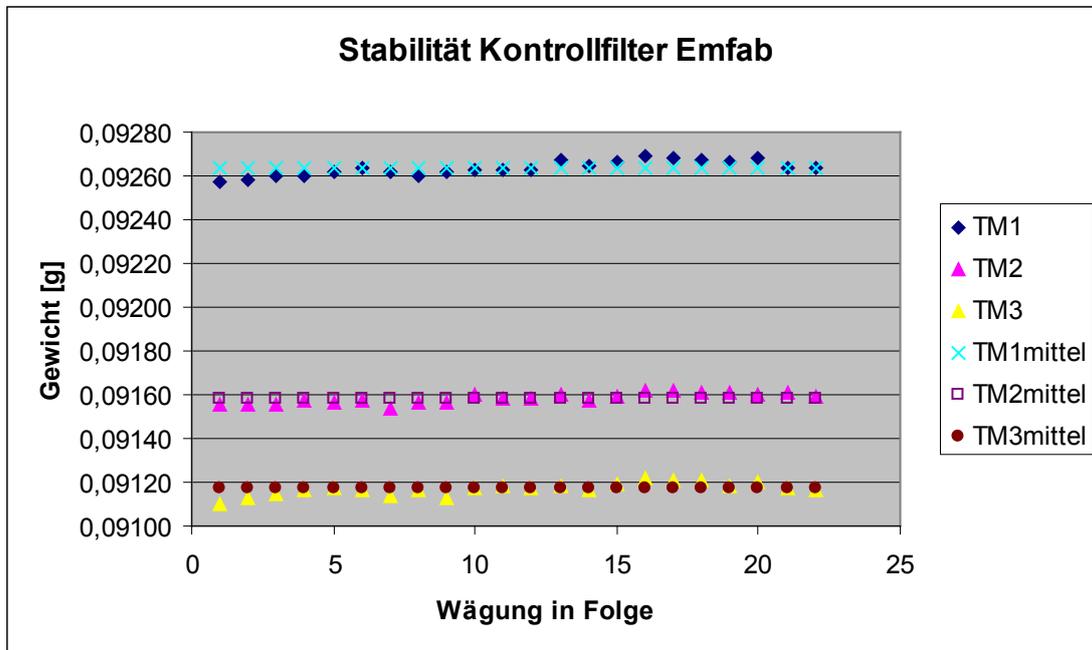


Abbildung 73: Stabilität der Kontrollfilter

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung Air Pollution Monitor 2 (APM-2) der Firma Comde-Derenda GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21219977/A vom 26. März 2014, Berichts-Nr.: 936/21253723/A

Tabelle 41: Stabilität der Kontrollfilter

Wägung Nr.	Kontrollfilter Nr.		
	TM1	TM2	TM3
1	0,09257	0,09155	0,09110
2	0,09258	0,09155	0,09113
3	0,09260	0,09155	0,09115
4	0,09260	0,09157	0,09116
5	0,09262	0,09156	0,09117
6	0,09264	0,09157	0,09116
7	0,09262	0,09154	0,09114
8	0,09260	0,09156	0,09116
9	0,09262	0,09156	0,09113
10	0,09263	0,09160	0,09117
11	0,09263	0,09158	0,09118
12	0,09263	0,09158	0,09117
13	0,09267	0,09160	0,09118
14	0,09265	0,09157	0,09116
15	0,09266	0,09159	0,09119
16	0,09269	0,09162	0,09122
17	0,09268	0,09162	0,09121
18	0,09267	0,09161	0,09121
19	0,09266	0,09161	0,09118
20	0,09268	0,09160	0,09120
21	0,09264	0,09161	0,09117
22	0,09264	0,09159	0,09116
Mittelwert	0,09264	0,09158	0,09117
Standardabw.	3,2911E-05	2,4937E-05	2,8558E-05
rel. Standardabw.	0,036	0,027	0,031
Median	0,09264	0,09158	0,09117
kleinster Wert	0,09257	0,09154	0,09110
höchster Wert	0,09269	0,09162	0,09122

Gelb hinterlegt = Mittelwert
Grün hinterlegt = niedrigster Wert
Blau hinterlegt = höchster Wert