

TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280 der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM_{2,5} und PM₁₀

TÜV-Bericht: 936/21252222/A
Köln, 03. Februar 2023

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**

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Leerseite

Kurzfassung

Im Auftrag der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH aus Muldestausee führte die TÜV Rheinland Energy GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung EDM 280 für die Komponenten Schwebstaub PM_{2,5} und PM₁₀ gemäß den folgenden Richtlinien durch.

- Europäische Norm EN 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5}); Deutsche Fassung EN 16450 vom Juli 2017
- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 3, „Automatische Messeinrichtungen zur Überwachung der Luftqualität - Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von partikelförmigen Immissionen“, Februar 2019
- Europäische Norm EN 12341, „Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀- oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubes“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung vom Januar 2010

Die Messeinrichtung EDM 280 ermittelt die Staubkonzentrationen mittels des Messprinzips der Streulichtmessung an Einzelpartikeln in der gesamten Probenluft (Aerosolspektrometrie) mit einer Kombination aus einer Laserdiode und einer 90° Streulichtdetektion. Mit Hilfe einer Pumpe wird Umgebungsluft über einen Sigma2-Probenahmekopf angesaugt und gelangt über das Probenrohr zum eigentlichen Messgerät. Das Probenrohr beinhaltet eine adaptive Heizung, die aktiv so geregelt wird, dass auf dem Weg des Aerosols bis zur Messzelle keine Kondensation eintreten kann und gleichzeitig die Erwärmung des Aerosols möglichst gering gehalten wird. Die Probenluft gelangt nach dem Probenrohr direkt zu der optischen Messzelle im Messeinschub. Dort wird mit Hilfe der Streulichtmesstechnik die Partikelanzahlgrößenverteilung bestimmt und mittels eines Algorithmus die entsprechenden Massenkonzentrationen berechnet.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines ca. 11-monatigen Feldtests.

Der mehrmonatige Feldtest erfolgte an den Standorten gemäß Tabelle 1.

Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen

	Köln	Bornheim	Niederzier	JRC Ispra
Zeitraum	08/2021 – 11/2021	12/2021 – 03/2022	06/2022 – 09/2022	10/2022 – 01/2023
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge	PM ₁₀ : 84 PM _{2,5} : 84	PM ₁₀ : 79 PM _{2,5} : 79	PM ₁₀ : 81 PM _{2,5} : 81	PM ₁₀ : 82 PM _{2,5} : 82
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund	Verkehr	Industrieller Hintergrund	Ländlicher Hintergrund
Einstufung der Immissionsbelastung	niedrig bis mittel	niedrig bis mittel	niedrig bis mittel	mittel bis hoch

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse der durchgeführten Äquivalenztests:

Tabelle 2: Ergebnisse der Äquivalenztests (Rohdaten)

Vergleichskampagnen		Steigung	Achsabschnitt	Alle Datensätze W _{CM} <25 % Rohdaten	Kalibrierung ja/nein	Alle Datensätze W _{CM} <25 % kal. Daten
4	PM _{2,5}	1,022	1,032	nein	ja	ja
4	PM ₁₀	0,982	0,951	ja	ja*	ja

* Kalibrierung auf Grund von Signifikanz der Steigung und des Achsabschnitts



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280 der
Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM_{2,5}
und PM₁₀

Geprüftes Gerät:	EDM 280
Hersteller:	Grimm Aerosol Technik GmbH OT Friedersdorf Vordere Aue 4 06774 Muldestausee
Prüfzeitraum:	04/2021 bis 01/2023
Berichtsdatum:	03. Februar 2023
Berichtsnummer:	936/21252222/A
Bearbeiter:	Karsten Pletscher
Fachlich Verantwortlicher:	Guido Baum
Berichtsumfang:	Bericht: 172 Seiten Anhang ab Seite 174 Handbuch ab Seite 207 Handbuch mit 69 Seiten Gesamt 276 Seiten

Leerseite

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	3
1. ALLGEMEINES.....	13
1.1 Bekanntgebavorschlag.....	13
1.2 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse	15
2. AUFGABENSTELLUNG	26
2.1 Art der Prüfung.....	26
2.2 Zielsetzung	26
3. BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG.....	27
3.1 Messprinzip.....	27
3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung	28
4. PRÜFPROGRAMM.....	37
4.1 Allgemeines	37
4.2 Laborprüfung	38
4.3 Feldtest.....	40
5. REFERENZMESSVERFAHREN.....	51
6. PRÜFERGEBNISSE (VDI 4202 BLATT 3 FEBRUAR 2019)	52
6.1 6.1 Allgemeines	52
6.1 6.2 Mehrkomponentenmessgeräte.....	53
6.1 6.3 Allgemeine Anforderungen.....	54
6.1 6.3.1 Messwertanzeige	54
6.1 6.3.2 Wartungsfreundlichkeit.....	55
6.1 6.3.3 Funktionskontrolle	56
6.1 6.3.4 Rüst- und Einlaufzeiten	57
6.1 6.3.5 Bauart	58
6.1 6.3.6 Unbefugtes Verstellen	60
6.1 6.3.7 Messsignalausgang	62
6.1 6.3.8 Digitale Schnittstelle	63
6.1 6.3.9 Datenübertragungsprotokoll	64
6.1 6.3.10 Messbereich.....	66
6.1 6.3.11 Negative Messsignale	67
6.1 6.3.12 Stromausfall	68
6.1 6.3.13 Gerätefunktionen.....	69
6.1 6.3.14 Umschaltung	70
6.1 6.3.15 Gerätesoftware.....	71
6.1 6.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung.....	73
6.1 6.4.1 Allgemeines	73
6.1 6.4.2 Prüfbedingungen.....	74
6.1 6.4.3 Nullniveau und Nachweisgrenze	76
6.1 6.4.4 Genauigkeit des Volumenstroms.....	77
6.1 6.4.5 Konstanz des Probenvolumenstroms	78
6.1 6.4.6 Dichtheit des Probenahmesystems	79
6.1 6.4.7 Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungs temperatur	80
6.1 6.4.8 Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung	81
6.1 6.4.9 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration.....	82
6.1 6.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung.....	83
6.1 6.5.1 Allgemeines	83
6.1 6.5.2 Versuchsbedingungen.....	84
6.1 6.5.3 Nullpunktprüfungen	86
6.1 6.5.4 Aufzeichnung der Betriebsparameter	87

6.1	6.5.5 Tagesmittelwerte.....	88
6.1	6.5.6 Verfügbarkeit.....	89
6.1	6.5.7 Kontrollintervall.....	90
6.1	6.5.8 Datenauswertung	91
7.	PRÜFERGEBNISSE (DIN EN 16450 Juni 2017).....	92
7.1	1 Messbereiche.....	92
7.1	2 Negative Signale.....	93
7.1	3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3).....	94
7.1	4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4)	96
7.1	5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5).....	98
7.1	6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6).....	101
7.1	7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.)	103
7.1	8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungs- temperatur (7.4.7)	105
7.1	9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8)	107
7.1	10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung	109
7.1	11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9)	110
7.1	12 Nullpunktprüfungen (7.5.3).....	112
7.1	13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4).....	114
7.1	14 Tagesmittelwerte (7.5.5).....	116
7.1	15 Verfügbarkeit (7.5.6)	121
7.1	Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8).....	123
7.1	16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4).....	124
7.1	17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	140
7.1	17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	161
7.1	18 Wartungsintervall (7.5.7)	168
7.1	20 Prüfungen der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte	170
8.	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ.....	171
9.	LITERATURVERZEICHNIS	172
10.	ANHANG	173

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beschreibung der Messstellen.....	4
Tabelle 2:	Ergebnisse der Äquivalenztests (Rohdaten).....	4
Tabelle 3:	Gerätetechnische Daten EDM 280 (Herstellerangaben).....	35
Tabelle 4:	Feldteststandorte.....	41
Tabelle 5:	Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten als Tagesmittelwerte ...	49
Tabelle 6:	Entferntes Wertepaar Referenz PM _{2,5} nach Grubbs.....	50
Tabelle 7:	Eingesetzte Filtermaterialien.....	50
Tabelle 8:	Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung EDM 280.....	58
Tabelle 9:	Service Mode – Übersicht der Funktionen und Anwendungsbereiche	60
Tabelle 10:	Nullniveau und Nachweisgrenze PM _{2,5}	95
Tabelle 11:	Nullniveau und Nachweisgrenze PM ₁₀	95
Tabelle 12:	Genauigkeit des Volumenstroms bei +5 °C und +40 °C.....	97
Tabelle 13:	Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel)	99
Tabelle 14:	Ergebnisse Dichtigkeitsprüfungen EDM 280.....	102
Tabelle 15:	Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM _{2,5}	104
Tabelle 16:	Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM ₁₀	104
Tabelle 17:	Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur	106
Tabelle 18:	Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung.....	108
Tabelle 19:	Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, PM _{2,5}	111
Tabelle 20:	Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, PM ₁₀	111
Tabelle 21:	Nullpunktprüfungen, PM _{2,5}	113
Tabelle 22:	Nullpunktprüfungen, PM ₁₀	113
Tabelle 23:	Unsicherheiten zwischen den AMS, JRC Ispra, 1 min & 60 min Mittelwerte	116
Tabelle 24:	Ermittlung der Verfügbarkeit.....	122
Tabelle 25:	Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$	125
Tabelle 26:	Übersicht Äquivalenzprüfung, PM _{2,5}	143
Tabelle 27:	Übersicht Äquivalenzprüfung, PM ₁₀	145
Tabelle 28:	Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs,RM}$; PM _{2,5}	148
Tabelle 29:	Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs,RM}$; PM ₁₀	148
Tabelle 30:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Achsenabschnitt und Steigung, PM _{2,5}	164
Tabelle 31:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Achsenabschnitt und Steigung, PM ₁₀	166

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematischer Aufbau der optischen Messzelle	27
Abbildung 2:	Aufbau Messeinrichtung EDM 280	28
Abbildung 3:	Messeinschub EDM 280	29
Abbildung 4:	Einbau Probenrohrhalter + Messeinschub in Gehäuse Modell 199	30
Abbildung 5:	Menü-Übersicht mit Untermenüs	31
Abbildung 6:	Menü „Aktuelle Messwerte“	32
Abbildung 7:	Adapter für Probeneinlass mit montiertem Nullluftfilter	32
Abbildung 8:	Set zur Dichtheitsprüfung	33
Abbildung 9:	Vollklimatisiertes, wetterfestes Gehäuse Modell 199	33
Abbildung 10:	Temperaturverläufe Klimakammertest Modell 199	34
Abbildung 11:	EDM 280 in Klimakammer, Dispenser angeschlossen an Probeneingang	39
Abbildung 12:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln	42
Abbildung 13:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln	42
Abbildung 14:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim	43
Abbildung 15:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim	43
Abbildung 16:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort Niederzier	44
Abbildung 17:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort Niederzier	44
Abbildung 18:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra	45
Abbildung 19:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra	45
Abbildung 20:	Feldteststandort Köln	46
Abbildung 21:	Feldteststandort Bornheim	46
Abbildung 22:	Feldteststandort Niederzier	47
Abbildung 23:	Feldteststandort JRC Ispra	47
Abbildung 24:	Messwertanzeige EDM 280	54
Abbildung 25:	Anzeige der Softwareversion	72
Abbildung 26:	Durchfluss am Testgerät FE111	100
Abbildung 27:	Durchfluss am Testgerät FE114	100
Abbildung 28:	Verlauf der PM ₁₀ -Konzentrationen, JRC Ispra, 1 min Messintervall	117
Abbildung 29:	Vergleich FE111 vs. FE114, PM ₁₀ , JRC Ispra, 1 min Messintervall	117
Abbildung 30:	Vergleich FE111 vs. FE114, PM ₁₀ , JRC Ispra, 60 min Messintervall	118
Abbildung 31:	Verlauf der PM _{2,5} -Konzentrationen, JRC Ispra, 1 min Messintervall	119
Abbildung 32:	Vergleich FE111 vs. FE114, PM _{2,5} , JRC Ispra, 1 min Messintervall	119
Abbildung 33:	Vergleich FE111 vs. FE114, PM _{2,5} , JRC Ispra, 60 min Messintervall	120
Abbildung 34:	Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte, PM _{2,5}	126
Abbildung 35:	Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte, PM ₁₀	127
Abbildung 36:	Ergebnis der Parallelmessungen, Köln, PM _{2,5}	128
Abbildung 37:	Ergebnis der Parallelmessungen, Köln, PM ₁₀	129
Abbildung 38:	Ergebnis der Parallelmessungen, Bornheim, PM _{2,5}	130
Abbildung 39:	Ergebnis der Parallelmessungen, Bornheim, PM ₁₀	131
Abbildung 40:	Ergebnis der Parallelmessungen, Niederzier, PM _{2,5}	132
Abbildung 41:	Ergebnis der Parallelmessungen, Niederzier, PM ₁₀	133
Abbildung 42:	Ergebnis der Parallelmessungen, JRC Ispra, PM _{2,5}	134
Abbildung 43:	Ergebnis der Parallelmessungen, JRC Ispra, PM ₁₀	135
Abbildung 44:	Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM _{2,5}	136
Abbildung 45:	Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM ₁₀	137
Abbildung 46:	Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM _{2,5}	138
Abbildung 47:	Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM ₁₀	139
Abbildung 48:	Referenz vs. Testgerät, SN FE111, alle Standorte, PM _{2,5}	149
Abbildung 49:	Referenz vs. Testgerät, SN FE114, alle Standorte, PM _{2,5}	149
Abbildung 50:	Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Köln, PM _{2,5}	150

Abbildung 51: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Köln, PM _{2,5}	150
Abbildung 52: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Bornheim, PM _{2,5}	151
Abbildung 53: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Bornheim, PM _{2,5}	151
Abbildung 54: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Niederzier, PM _{2,5}	152
Abbildung 55: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Niederzier, PM _{2,5}	152
Abbildung 56: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, JRC Ispra, PM _{2,5}	153
Abbildung 57: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, JRC Ispra, PM _{2,5}	153
Abbildung 58: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Alle Standorte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM _{2,5}	154
Abbildung 59: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Alle Standorte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM _{2,5}	154
Abbildung 60: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, alle Standorte, PM ₁₀	155
Abbildung 61: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, alle Standorte, PM ₁₀	155
Abbildung 62: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Köln, PM ₁₀	156
Abbildung 63: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Köln, PM ₁₀	156
Abbildung 64: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Bornheim, PM ₁₀	157
Abbildung 65: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Bornheim, PM ₁₀	157
Abbildung 66: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Niederzier, PM ₁₀	158
Abbildung 67: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Niederzier, PM ₁₀	158
Abbildung 68: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, JRC Ispra, PM ₁₀	159
Abbildung 69: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, JRC Ispra, PM ₁₀	159
Abbildung 70: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Alle Standorte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM ₁₀	160
Abbildung 71: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Alle Standorte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM ₁₀	160
Abbildung 72: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 – Seite 1	205
Abbildung 73: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 – Seite 2	206

Leerseite

1. Allgemeines

1.1 Bekanntgabevorschlag

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

Messeinrichtung:

EDM 280 für Schwebstaub PM_{2,5} und PM₁₀

Hersteller:

Grimm Aerosol Technik GmbH, Muldestausee

Eignung:

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

Messbereiche in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
PM _{2,5}	0 – 5.100	µg/m ³
PM ₁₀	0 – 12.000	µg/m ³

Softwareversion:

1.01 (Firmware)
0.08 (FPGA)
1.01 (GUI)

Einschränkungen:

keine

Hinweise:

1. Der Messeinschub der Messeinrichtung ist mindestens alle 12 Monate (bzw. wenn der Verschleißindikator „Kalibrierung“ komplett rot ist) zur Wartung inkl. der Überprüfung der Kalibrierung an den Grimm Service oder einen autorisierten Grimm-Servicepartner zu senden.
2. Die Messeinrichtung kann entweder mit den Wetterstationen WS300, WS500 oder WS600 betrieben werden.
3. Die Messeinrichtung kann auch in dem vollklimatisierten, wetterfesten Gehäuse Modell 199 der Firma Grimm Aerosol Technik eingesetzt werden.
4. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.gal1.de einsehbar.

Prüfbericht:

TÜV Rheinland Energy GmbH, Köln
Bericht-Nr.936/2125222/A vom 03. Februar 2023

Leerseite

1.2 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

Ergebniszusammenstellung Prüfung gemäß Richtlinie VDI 4202 Blatt 3

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
6. Leistungskriterien				
6.1 Allgemeines	Herstellerangaben in der Bedienungsanleitung der AMS dürfen keinesfalls besser sein als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.	Die Bedienungsanleitung der Messeinrichtung (Stand: 1.04) ist vollständig und korrekt. Die Herstellerangaben sind nicht besser als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.	ja	52
6.2 Mehrkomponentenmessgeräte	Mehrkomponentenmessgeräte müssen die Leistungskriterien für jede einzelne Messkomponente unabhängig von den anderen Messkomponenten einhalten.	Die Auswertung bezüglich der Leistungskriterien erfolgte für jede einzelne Messkomponente unabhängig von den anderen Messkomponenten.	ja	53
6.3 Allgemeine Anforderungen				
6.3.1 Messwertanzeige	Die Messeinrichtung muss eine funktionsfähige Messwertanzeige am Gerät besitzen.	Die Messeinrichtung verfügt über eine funktionsfähige Messwertanzeige an der Frontseite des Gerätes.	ja	54
6.3.2 Wartungsfreundlichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar. Der Messeinschub der Messeinrichtung ist mindestens alle 12 Monate (bzw. wenn der Verschleißindikator „Kalibrierung“ komplett rot ist) zur Wartung inkl. der Überprüfung der Kalibrierung an den Grimm Service oder einen autorisierten Grimm-Servicepartner zu senden.	ja	55
6.3.3 Funktionskontrolle	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten.	Das geprüfte Gerät führt grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie, durch den Anwender konfigurierbar, in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Etwaige Warnungen oder Fehler werden in einem Diagnosecode bereitgestellt.	ja	56
6.3.4 Rüst- und Einlaufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüstzeit beträgt ca. 1 h, die notwendigen Arbeiten sind im Benutzerhandbuch beschrieben. Die Einlaufzeit, bis nach dem Einschalten valide Messwerte vorliegen, beträgt ca. 15 min.	ja	57
6.3.5 Bauart	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.	ja	58

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
6.3.6 Unbefugtes Verstellen	Die Messeinrichtung muss eine Sicherung dagegen enthalten.	Unbeabsichtigtem Verstellen der Justierung wird durch ein hierarchisches Konzept für Justierungen der Messeinrichtung sowie Wartungs- und Servicearbeiten vorgebeugt. Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Messcontainer betrieben werden.	ja	60
6.3.7 Messsignalausgang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden digital angeboten.	ja	62
6.3.8 Digitale Schnittstelle	Die digitale Schnittstelle muss die Übertragung der Messsignale, Statussignale usw. erlauben. Der Zugriff auf das Messgerät muss gegen unbefugten Zugriff gesichert sein.	Die digitale Messwertübertragung funktioniert korrekt. Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Messcontainer betrieben werden.	ja	63
6.3.9 Datenübertragungsprotokoll	Muss über mindestens ein Datenübertragungsprotokoll verfügen.	Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über die digitalen Übertragungsprotokolle GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1), Modbus TCP und GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt.	ja	64
6.3.10 Messbereich	0 µg/m ³ bis 1000 µg/m ³ als 24-Stunden-Mittelwert 0 µg/m ³ bis 10000 µg/m ³ als 1-Stunden-Mittelwert, falls zutreffend	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Messbereich“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Messbereiche“ gemäß Tabelle 1 Nr. 1 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 1 Messbereiche verwiesen.	ja	66
6.3.11 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden.	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Negative Messsignale“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Negative Signale“ gemäß Tabelle 1 Nr. 2 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 2 Negative Signale verwiesen.	ja	67
6.3.12 Stromausfall	Geräteparameter müssen gegen Verlust gesichert sein. Bei Rückkehr der Netzspannung muss das Gerät automatisch die Funktion wieder aufnehmen.	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Stromausfall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung“ gemäß Tabelle 1 Nr. 10 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung verwiesen.	ja	68

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
6.3.13 Gerätefunktionen	Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.	Die Messeinrichtung kann über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus umfassend überwacht und gesteuert werden.	ja	69
6.3.14 Umschaltung	Die Umschaltung zwischen Messung sowie Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch durch rechnerseitige Steuerung und manuell an der AMS auslösbar sein.	Grundsätzlich können alle notwendigen Arbeiten zur Funktionskontrolle direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung überwacht werden.	ja	70
6.3.15 Gerätesoftware	Die Version der Gerätesoftware muss von der AMS angezeigt werden.	Die aktuelle Softwareversion kann jederzeit im Menü unter „Service Information“ (für GUI im Menü Display und Sprache) eingesehen werden. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.	ja	71
6.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung				
6.4.1 Allgemeines	Die Leistungskenngrößen im Labor sind gemäß Abschnitt 7.4 der VDI 4202 Blatt 3 (2019) zu bestimmen.	Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.	ja	73
6.4.2 Prüfbedingungen	Müssen den Kriterien der VDI 4202 Blatt 3 (2019) entsprechen.	Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.	ja	74
6.4.3 Nullniveau und Nachweisgrenze	Nullniveau: $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nachweisgrenze: $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ gemäß Punkt 7.4.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3) verwiesen.	ja	76
6.4.4 Genauigkeit des Volumenstroms	$\leq 2,0 \%$	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) verwiesen.	ja	77
6.4.5 Konstanz des Probenvolumenstroms	$\leq 2,0 \%$ des gemittelten Probendurchflusses $\leq 5 \%$ des momentanen Probendurchflusses	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5) verwiesen.	ja	78

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
6.4.6 Dichtheit des Probenahmesystems	≤ 2,0 % des gemittelten Probenvolumenstroms	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ gemäß Punkt 7.4.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6) verwiesen.	ja	79
6.4.7 Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungstemperatur	≤ 2,0 µg/m ³ (Nullpunkt) ≤ 5 % vom Wert bei der Nennprüf-temperatur (Referenzpunkt)	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungstemperatur“ ist identisch mit den Prüfpunkten „Abhängigkeit des Nullpunkts von der Umgebungstemperatur“ und „Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur“ gemäß Punkt 7.4.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.) sowie Kapitel 7.1 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungs-temperatur (7.4.7) verwiesen.	ja	80
6.4.8 Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung	≤ 5 % vom Wert bei der Nennprüfspannung	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung“ gemäß Punkt 7.4.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) verwiesen.	ja	81
6.4.9 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration	≤ 2,0 µg/m ³ in Nullluft	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ gemäß Punkt 7.4.9 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) verwiesen.	ja	82

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
6.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung				
6.5.1 Allgemeines	Die Leistungskenngrößen im Feld sind gemäß Abschnitt 7.5 der VDI 4202 Blatt 3 (2019) zu bestimmen.	Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.	ja	83
6.5.2 Versuchsbedingungen	Müssen den Kriterien der VDI 4202 Blatt 3 (2019) entsprechen	Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.	ja	84
6.5.3 Nullpunktprüfungen	Absoluter Wert $\leq 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ gemäß Punkt 7.5.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3) verwiesen.	ja	86
6.5.4 Aufzeichnung der Betriebsparameter	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 Probeeinlass eingesetzt wird	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ gemäß Punkt 7.5.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4) verwiesen.	ja	87
6.5.5 Tagesmittelwerte	Die AMS muss die Bildung von Tagesmittelwerten oder Tageswerten ermöglichen.	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ gemäß Punkt 7.5.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 14 Tagesmittelwerte (7.5.5) verwiesen.	ja	88

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
6.5.6 Verfügbarkeit	Mindestens 90 %	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ gemäß Punkt 7.5.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 15 Verfügbarkeit (7.5.6) verwiesen.	ja	89
6.5.7 Kontrollintervall	Mindestens 14 d	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Kontrollintervall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Wartungsintervall“ gemäß Punkt 7.5.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 18 Wartungsintervall (7.5.7) verwiesen.	ja	90
6.5.8 Datenauswertung	Unsicherheit zwischen den AMS $\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 25 \%$ bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert (Falls erforderlich nach der An- wendung von Korrekturfaktoren/ -termen)	Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Daten- auswertung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Datenauswertung“ gemäß Punkt 7.5.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf die Kapitel 7.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8); 7.1 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4), 7.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8) und 7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/ -termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) ver- wiesen.	ja	91

Ergebniszusammenstellung Prüfung gemäß Richtlinie DIN EN 16450

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
1 Messbereiche	0 µg/m ³ bis 1000 µg/m ³ als 24-Stunden-Mittelwert 0 µg/m ³ bis 10000 µg/m ³ als 1-Stunden-Mittelwert, falls zutreffend	Der lineare Messbereich beträgt für PM _{2,5} 0 – 5.100 µg/m ³ und für PM ₁₀ 0 – 12.000 µg/m ³ für das standardisierte Aerosol Arizona Dust A1 (ultrafein) bei max. 10% Linearitätsfehler. Höhere Messwerte sind mit höheren Linearitätsfehlern behaftet und verlangen kürzere Wartungsintervalle.	ja	92
2 Negative Signale	Dürfen nicht unterdrückt werden.	Negative Messsignale können von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge ausgegeben werden, sind aber messprinzips- und bauart-bedingt nicht zu erwarten.	ja	93
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 sowohl für PM _{2,5} als auch für PM ₁₀ aus den Untersuchungen für beide Geräte zu 0,00 µg/m ³ .	ja	94
4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4)	≤ 2,0 %	Die maximale relative Differenz zwischen dem Mittelwert der Messergebnisse für den Volumenstrom bei +5 °C und +40 °C und dem Sollwert von 1,2 l/min lag bei maximal 0,75 %.	ja	96
5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5)	≤ 2,0 % des gemittelten Proben-durchflusses ≤ 5 % des momentanen Proben-durchflusses	Alle ermittelten Momentanwerte weichen weniger als 5 %, alle gemittelten Werte weniger als 1,00 % vom Sollwert ab.	ja	98
6 Dichtheit des Probenahme-systems (7.4.6)	≤ 2,0 % des gemittelten Proben-volumenstroms	Das vom Gerätehersteller vorgegebene Verfahren zur Dichtigkeitsprüfung erwies sich in der Prüfung als geeignet zur Überwachung der Gerätedichtheit. Im Rahmen der Prüfung wurden Undichtigkeiten von maximal 0,55 % ermittelt.	ja	101
7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.)	≤ 2,0 µg/m ³	Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich beträgt +5 °C bis +40 °C. Die maximale Abweichung zu dem mittleren Messwert bei T _{s,n} betrug sowohl für PM _{2,5} als auch für PM ₁₀ 0,0 µg/m ³ .	ja	103
8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7)	≤ 5 % vom Wert bei der Nennprüf-temperatur	Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich beträgt +5 °C bis +40 °C. Die maximale Abweichung zu dem mittleren Messwert bei 20 °C betrug - 4,5 %.	ja	105

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8)	≤ 5 % vom Wert bei der Nennprüfspannung	Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen vom mehr als -3,9 %, bezogen auf den Mittelwert bei 230 V, festgestellt werden.	ja	107
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 geschützt. Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort.	ja	109
11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9)	≤ 2,0 µg/m ³ in Nullluft	Es wurde keine Differenz zwischen den Messwerten bei 40 % und bei 90 % relativer Feuchte festgestellt.	ja	110
12 Nullpunktprüfungen (7.5.3)	Absoluter Wert ≤ 3,0 µg/m ³	Der maximal ermittelte absolute Messwert am Nullpunkt lag bei 0,0 µg/m ³ .	ja	112
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 Probeeinlass eingesetzt wird	Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege. Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.	ja	114
14 Tagesmittelwerte (7.5.5)	Die AMS muss die Bildung von Tagesmittelwerten oder Tageswerten ermöglichen.	Die Messeinrichtung erlaubt eine Erfassung der Schwebstaubmassenkonzentrationen in hoher zeitlicher Auflösung mit hoher Reproduzierbarkeit. Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist leicht möglich.	ja	116
15 Verfügbarkeit (7.5.6)	Mindestens 90 %	Die Verfügbarkeit betrug für Gerät FE111 100 % und für Gerät FE114 98,3 %.	ja	121

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4)	≤ 2,5 µg/m ³	Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen abs liegt mit maximal 1,19 µg/m ³ unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m ³ .	ja	124
17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	≤ 25 % bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert (Falls erforderlich nach der Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen)	Die ermittelten Unsicherheiten WAMS liegen für alle betrachteten Datensätze für die Komponente PM10 bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der zulässigen erweiterten relativen Unsicherheit Wd _{qo} von 25 % für Feinstaub. Für die Komponente PM _{2,5} liegen einige der Datensätze ohne Anwendung von Korrekturfaktoren noch über der zulässigen erweiterten relativen Unsicherheit Wd _{qo} von 25 % für Feinstaub. Da zudem sowohl für PM _{2,5} als auch für PM10 der Achsenabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden ist, ist die Anwendung von Korrekturfaktoren gemäß Punkt 7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen entsprechend vorzunehmen. Nach der Anwendung von Korrekturfaktoren und -termen liegen alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit Wd _{qo} von 25 %.	ja	140
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/-termen, erfüllen die Prüflinge die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze.		161
18 Wartungsintervall (7.5.7)	Mindestens 14 d	Das Wartungsintervall beträgt 3 Monate.	ja	168

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
19 Automatische Überprüfung (7.5.4)	Muss bei der AMS möglich sein	Das geprüfte Gerät führt grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie, durch den Anwender konfigurierbar, in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Etwaige Warnungen oder Fehler werden in einem Diagnosecode bereitgestellt.	ja	169
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 leicht überprüfbar. Die Abweichungen der Sensoren lagen jederzeit innerhalb der Anforderungen.	ja	170

Leerseite

2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Grimm Aerosol Technik GmbH wurde von der TÜV Rheinland Energy GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung EDM 280 für die Komponenten Schwebstaub PM_{2,5} und PM₁₀ vorgenommen.

2.2 Zielsetzung

Die Messeinrichtung soll den Gehalt an Schwebstaub PM_{2,5} und PM₁₀ in der Umgebungsluft bestimmen.

Die Messeinrichtung bestimmt die Schwebstaubkonzentration mittels der Streulichtmessung.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- Europäische Norm EN 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5}); Deutsche Fassung EN 16450 vom Juli 2017
- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 3, „Automatische Messeinrichtungen zur Überwachung der Luftqualität - Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von partikelförmigen Immissionen“, Februar 2019
- Europäische Norm EN 12341, „Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀- oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubes“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung von Januar 2010

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Bei der Messeinrichtung EDM 280 handelt es sich um ein Messgerät für Schwebstaub in der Umgebungsluft. Die Bestimmung der Schwebstaubkonzentration erfolgt mit einem optischen Aerosolspektrometer, welches über die Streulichtanalyse am Einzelpartikel die Partikelanzahlgrößenverteilung bestimmt und mittels eines Algorithmus die entsprechenden Massenkonzentrationen berechnet.

Die Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau der optischen Messzelle der Messeinrichtung EDM 280.

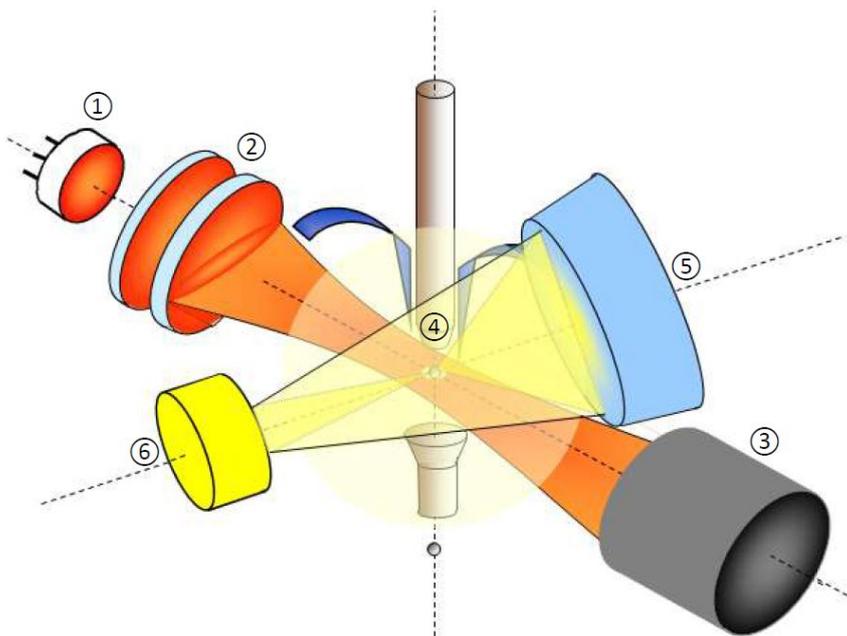


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der optischen Messzelle

Die Messeinrichtung arbeitet nach dem Prinzip der Streulichtmessung an Einzelpartikeln. Als Lichtquelle dient eine Laserdiode (1). Das Licht wird mit Hilfe einer Beleuchtungsoptik (2) als schmales Laserband in die Messzelle fokussiert und im Anschluss an das Messfeld in eine Lichtfalle (3) geleitet. Die gesamte Probenluft wird aerodynamisch in den Brennpunkt des Laserbandes fokussiert (4), entsprechend Annex A.3 "Definition of the sensing zone", ISO 21501-1 (2009).

Wenn ein Partikel den Laserstrahl durchquert, wird dieses vom Laserstrahl beleuchtet. Dabei entsteht Streulicht. Das Streulicht wird über eine Weitbereichsoptik (5) auf einem Photodetektor (6) gesammelt. Die Position des Detektors ist senkrecht zum Laserstrahl.

Jedes elektrische Signal des Detektors wird gezählt und nach einer entsprechenden Verstärkung klassiert. Die Zählereignisse werden in 72 Größenabstufungen ausgegeben. Die Größenskala der Klassierkanäle wurde anhand einer eindeutigen, im Durchmesser logarithmisch

äquidistanten Zuordnung für Polystyrene Latex Kugeln (PSL) festgelegt. Der Durchmesser entspricht somit einem „light scattering equivalent particle diameter“ für Polystyrene Latex Kugeln im Sinne der ISO 21501-1 (2009).

Die Berechnung der Staubmassenfraktionen erfolgt auf Grundlage der gemessenen Partikelanzahlgrößenverteilung. Unter Annahme kugelförmiger Partikel wird eine Volumenverteilung berechnet und in einem weiteren Schritt durch Multiplikation mit größenabhängigen Dichtefaktoren eine Massenverteilung. Bei der Berechnung der PM-Fractionen fließen Ergebnisse aus Vergleichsmessungen in der Außenluft mit gravimetrischen Staubsammlern im Rahmen der Geräteentwicklungsphase ein.

Die Zeitauflösung der Messung liegt bei 6 s, wobei die Messwerte als nicht-gleitende Mittelwerte über das wählbare Messintervall (6 s, 1, 5, 10, 15, 30, 60 Minuten, Tagesmittel) ausgegeben werden.

3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung EDM 280 ist aus den folgenden Komponenten aufgebaut:

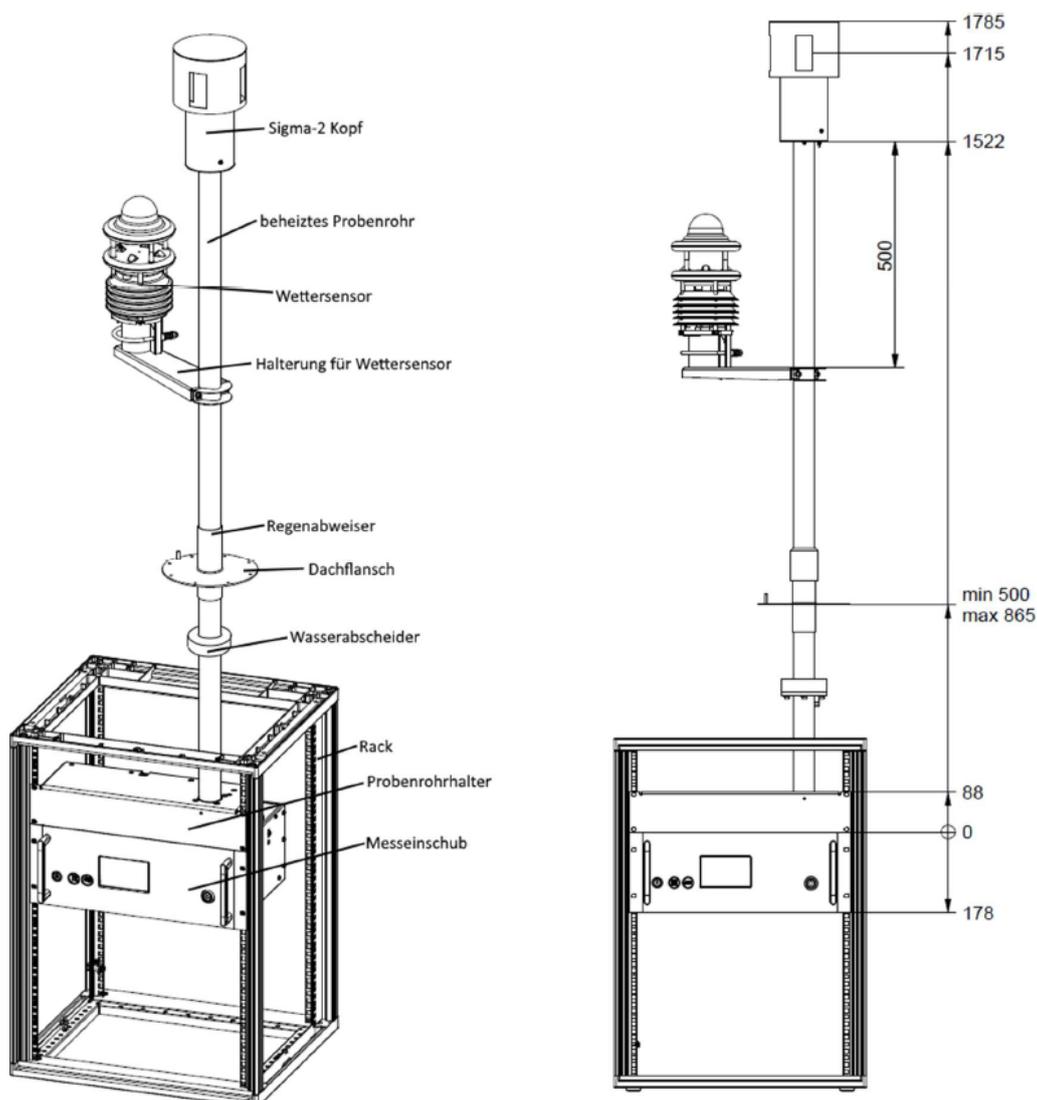


Abbildung 2: Aufbau Messeinrichtung EDM 280

Die Messeinrichtung EDM 280 ist zum Einbau in einem Messcontainer mit Dachdurchführung (bzw. alternativ in dem vollklimatisierten, wetterfesten Gehäuse Modell 199) konzipiert. Sie besteht im Wesentlichen aus Probennahme und Messeinschub. Die Probennahme ist für den dauerhaften Einbau in einem 19" Rack vorgesehen und besteht aus einem Probenrohr mit Probenahmekopf (Sigma-2), einem Wettersensor der Firma Ott Hydromet / Lufft (WS300, WS500 oder WS600), einem Dachflansch mit Regenabweiser und im Innenraum dem Wasserabscheider und Probenrohrhalter.

Der Messeinschub wird im Rack unter dem Probenrohrhalter montiert und mit wenigen Handgriffen mit der Probennahme verbunden. Er enthält das Aerosolspektrometer und alle verschleißbehafteten Komponenten und kann daher zur Wartung und Kalibrierung leicht entnommen werden. Über das Touchdisplay lässt sich vor Ort der Messbetrieb steuern, es lassen sich die Messwerte und der Status einsehen sowie Einstellungen vornehmen.

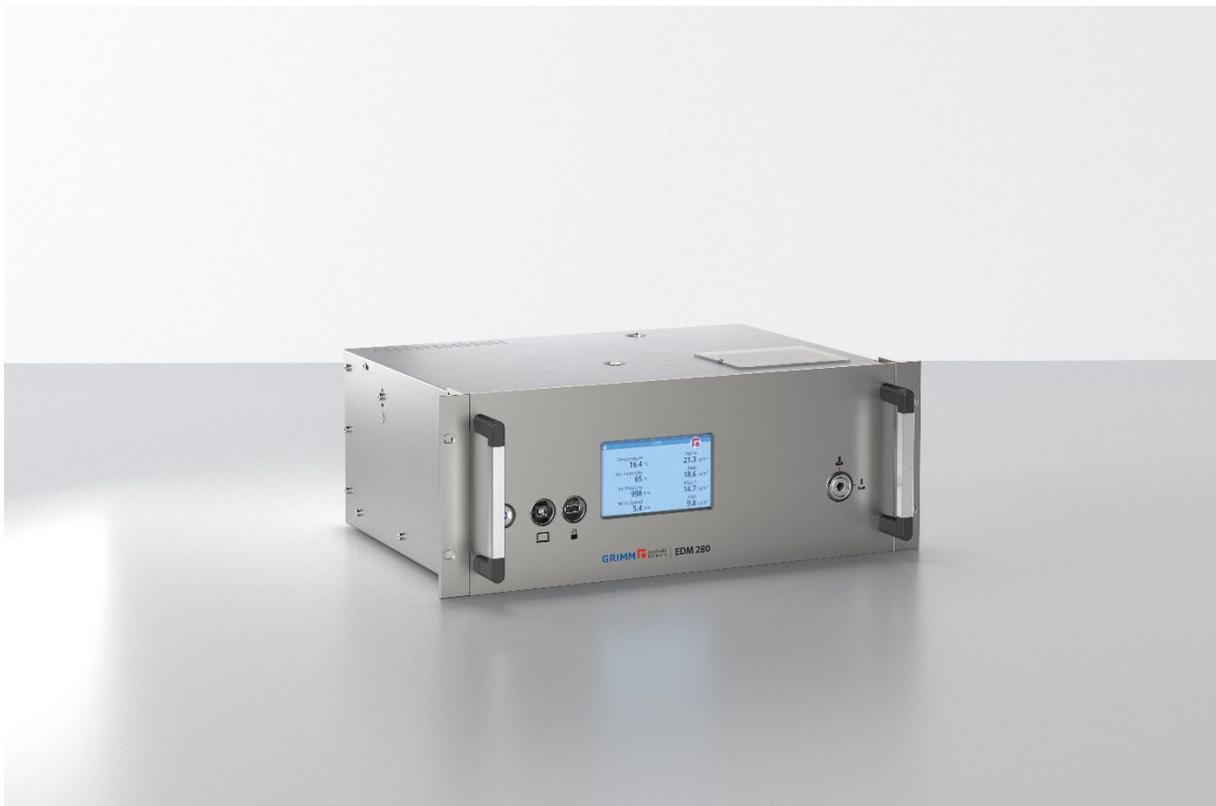


Abbildung 3: Messeinschub EDM 280



Abbildung 4: Einbau Probenrohrhalter + Messeinschub in Gehäuse Modell 199

Die Probenluft wird mit einer konstanten Durchflussrate von 1,2 l/min (bezogen auf Betriebsbedingungen an der Messblende) über den Sigma-2 Probenahmekopf (nicht fraktionierend, ausgestattet mit einer Kopfheizung zum Verhindern von Eisbildung) angesaugt und vertikal über das Probenrohr zur Probenluftkonditionierung in die optische Messzelle im Messeinschub geleitet. Die adaptive Heizung im Probenrohr wird aktiv so geregelt, dass auf dem Weg des Aerosols bis zur Messzelle keine Kondensation eintreten kann und gleichzeitig die Erwärmung des Aerosols möglichst gering gehalten wird.

Die Ermittlung der Massenkonzentrationen für die Schwebstaubfraktionen für PM₁₀ und PM_{2,5} erfolgt in der optischen Messzelle (Beschreibung des Messprinzips siehe Punkt 3.1 Messprinzip).

Neben den Schwebstaubfraktionen für PM₁₀ und PM_{2,5} stehen weitere umfangreiche Messdaten (Schwebstaubfraktionen TSP, PM₄, PM₁ sowie PM_{Coarse}, Gesamtpartikelanzahlkonzentration, Partikelanzahlgrößenverteilung in 72 Größenkanälen (0,178 µm bis 29,4 µm optischer Latex-Äquivalentdurchmesser) sowie Daten der Wetterstation Ott Hydromet / Luft WS300 (Umgebungstemperatur, Luftfeuchte, Umgebungsdruck), WS500 (wie WS300, zusätzlich Windrichtung und Windgeschwindigkeit) oder WS600 (wie WS300, zusätzlich Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Niederschlag) zur Verfügung.

Im Anschluss an die optische Messzelle befinden sich eine Kondensatfalle, die automatisch während des Selbsttests entleert wird und ein zweistufiger Staubfilter mit einem Vorfilter und einem Reststaubfilter. Der Probenvolumenstrom wird automatisch geregelt. Die Probenluftpumpe fördert auch die Spülluft, welche über einen Feinstfilter aus der Pumpenabluft im Gerät gewonnen und durch einen Spülluftregler konstant gehalten wird. Die Spülluft verhindert die

Verschmutzung der Beleuchtungs- und Detektionsoptiken und wird beim Geräteselbsttest als partikelfreie Referenzluft benutzt.

Die Steuerung des Gerätes erfolgt entweder über das Touchdisplay an der Gerätevorderseite oder über eine der Schnittstellen (RS-232, USB-B, Ethernet) und eines der Datenprotokolle (GRIMM-Protokoll, Modbus TCP, GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll).

Neben der Übermittlung der Messdaten an einen angeschlossenen PC via Schnittstellen und gewähltem Datenprotokoll, können die Messdaten z. B. als Backup auch auf einem USB-Stick (eingesteckt an der Gerätevorderseite) gespeichert werden. Die Daten werden dabei im GRIMM-Protokoll in Textdateien geschrieben.

Der Benutzer kann an der Messeinrichtung Messdaten und Geräteinformationen abrufen, Parameter ändern (Service Mode 0 und 1, 2 nur mit Servicedongle für geschulte Benutzer) sowie Tests zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung durchführen.

Feinstaub Historie	Partikel- größen- spektrum	Aktuelle Messwerte	Steuerung Messbetrieb
Zeit & Intervalle	Netzwerk- Schnittstelle	RS-232 Schnittstelle	Display & Sprache
Service Information	Interne Sensoren	Letzter Selbsttest	Status & Wartung

Abbildung 5: Menü-Übersicht mit Untermenüs

Unter dem Menüpunkt „Aktuelle Messwerte“ lassen sich insgesamt 8 Messgrößen anzeigen. Dabei kann die Anzeige durch Antippen einzelner Messgrößen frei mit den verfügbaren Messgrößen konfiguriert werden.

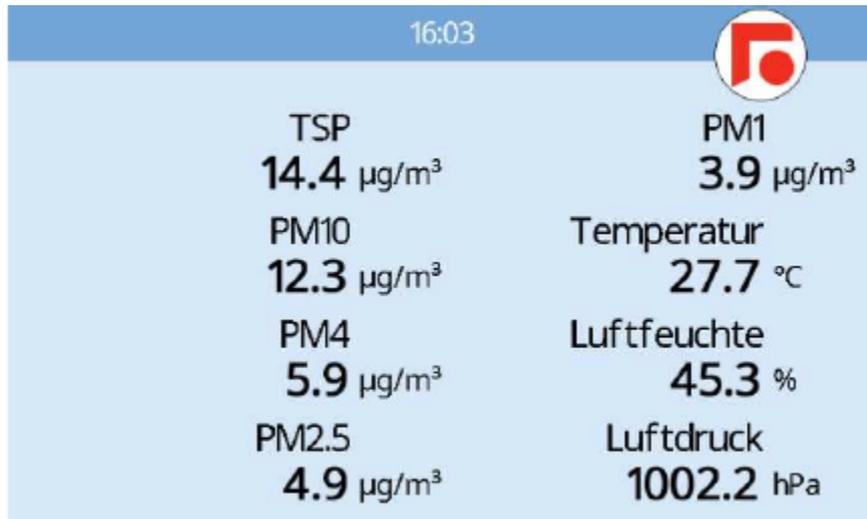


Abbildung 6: Menü „Aktuelle Messwerte“

Der Status der Messeinrichtungen lässt sich über verschiedene Menüs (Serviceinformationen, interne Sensoren, letzter Selbsttest, Status und Wartung) für Fehlerdiagnosen oder Wartungsarbeiten jederzeit einsehen.

Die Messeinrichtung führt nach jedem Start des Messbetriebs bzw. in einem fixen, definierbaren Intervall (im Rahmen der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch, in dem u. a. geprüft wird ob alle internen Sensoren und der Wettersensor antworten und der DC-Pegel des Streulichtsignals, die Nullklassierungen und der Laserstrom mit staubfreier Spülluft erfasst werden. Bei Unregelmäßigkeiten erscheint eine Warn- oder Fehlermeldung.

Zur externen Überprüfung der Messeinrichtung im Rahmen der laufenden Qualitätssicherung/-lenkung im Feldbetrieb steht das Field-Test-Kit EDM 280 zur Verfügung, welches einen Adapter für den Probeneinlass (zum Anschluss eines externen Durchflussmessers), einen Nullluftfilter sowie ein Set zur Dichtheitsprüfung beinhaltet.

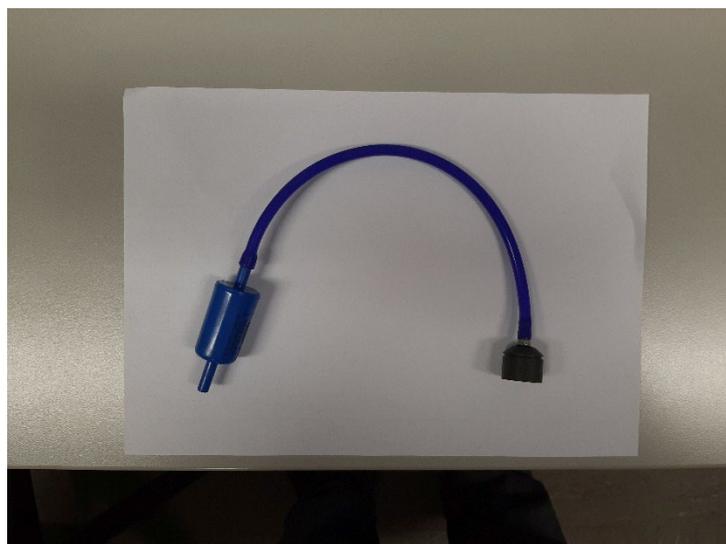


Abbildung 7: Adapter für Probeneinlass mit montiertem Nullluftfilter



Abbildung 8: Set zur Dichtheitsprüfung

Die Messeinrichtung kann neben der klassischen Installation in einem Messcontainer mit Dachdurchführung alternativ auch in einem vollklimatisierten, wetterfesten Gehäuse Modell 199 eingesetzt werden.



Abbildung 9: Vollklimatisiertes, wetterfestes Gehäuse Modell 199

Dabei ist sicherzustellen, dass die Innenraumtemperatur des Gehäuses nicht den zulässigen Umgebungstemperaturbereich von +5°C bis +40°C verlässt. Im Rahmen einer früheren Untersuchung des TÜV Rheinland wurde ein Gehäuse Modell 199 (mit einem eingebauten Aerosolspektrometer) einem Klimakammertest zwischen -20°C und +60°C unterzogen und die Temperaturen im Inneren des Gehäuses Modell 199 überwacht. Es konnte gezeigt werden, dass zu keinem Zeitpunkt der Prüfung die Temperaturen im Innern des Gehäuses den zulässigen Umgebungstemperaturbereich von +5°C bis +40°C verlassen haben.

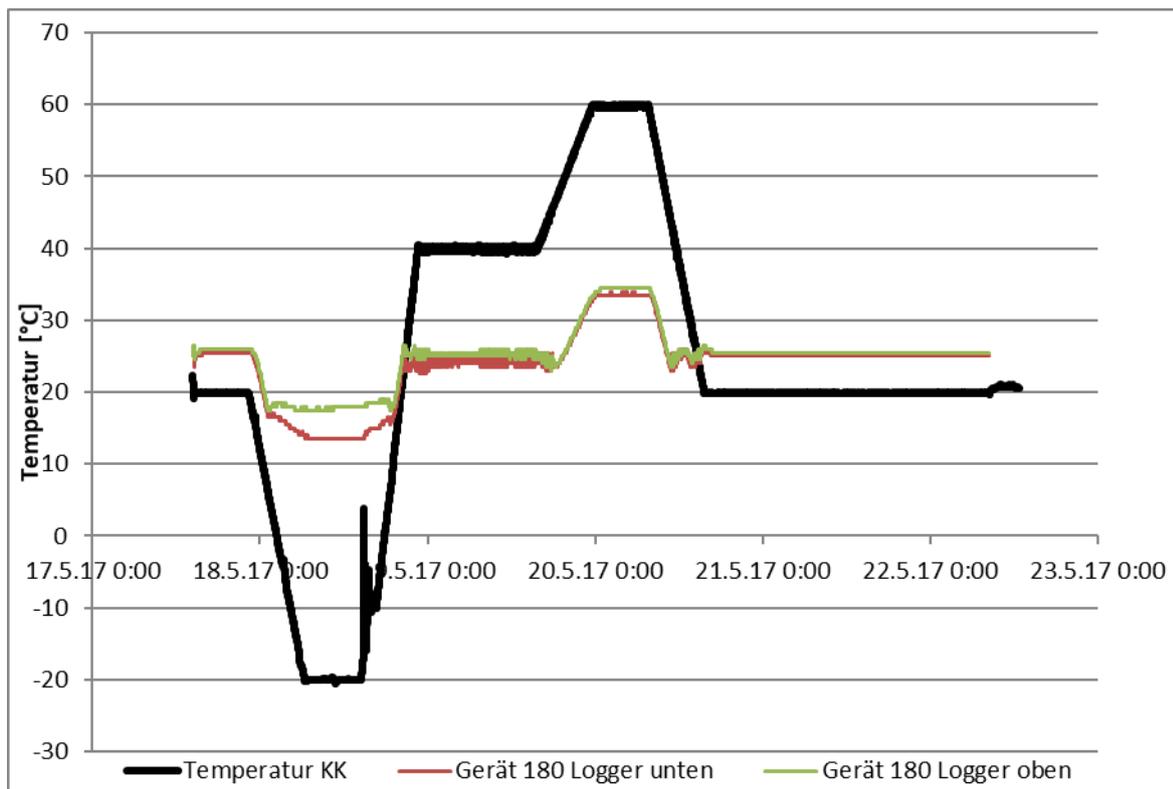


Abbildung 10: Temperaturverläufe Klimakammertest Modell 199

Tabelle 3 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes EDM 280

Tabelle 3: Gerätetechnische Daten EDM 280 (Herstellerangaben)

Abmessungen / Gewicht	EDM 280
Messgerät	Probenrohrhalter: 88,9 mm (H) x 441 mm (B) x 156 mm (T); 2,4 kg Messeinschub: 180,5 mm (H) x 434 mm (B) x 320 mm (T); 10,45 kg
Probenahmerohr	1500 mm (H) Ø 45 mm Rohr; 5,3 kg (inkl. Probenahmekopf)
Probenahmekopf	Sigma-2, nicht-fraktionierend, Kopfheizung (für Außentemperaturen < 5°C)
Energieversorgung	100 bis 240 VAC bei 50 - 60 Hz
Leistungsaufnahme	Typischerweise < 100 W Maximal ca. 220 W (Maximalausstattung, alle Heizungen bei maximaler Leistung)
Aufstellungsbedingungen	
Temperatur	+5 bis +40 °C
Feuchte	5-90 %, nicht kondensierend
Probenflussrate	1,2 l/min konstant, bezogen auf Bedingungen an Messblende
Probenahmerohr	Adaptiv beheizt mit aktiver Regelung (Regelgröße Probenluftfeuchte in Messzelle, Stellgröße Probenrohrheizleistung)
Aerosolsensor	
Messprinzip	Streulichtmessung, Kombination von Laser und 90° Streulichtdetektion
Messbereich (Partikelgröße)	0,178 – 29,4 µm (optischer Latex Äquivalent- durchmesser)
Auflösungsvermögen	72 logarithmische, äquidistante 32 Klassen pro Dekade
Zeitliche Auflösung	6 s Eignungsprüfung, andere Konfigurationen möglich
Mittelungszeit / Speicherintervall	Nicht-gleitend, in Eignungsprüfung 1 min, an- dere Konfigurationen wählbar (6 s, 5, 10, 15, 30, 60 min oder 1d)

Wetterstation der Fa. Ott Hydromet (Luft)	
Allgemein	Die aufgeführten Wetterstationen sind bzgl. der eingesetzten Sensorik baugleich. Zum Betrieb der Messeinrichtung wird mindestens die Version WS300 (T,p,rF) benötigt. Die zusätzlichen Sensoren der Versionen WS500 und WS600 liefern darüber hinaus weitere meteorologische Messgrößen. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde die maximal ausgestattete Wetterstation WS600 eingesetzt.
WS300	Umgebungstemperatur, Luftfeuchte und Umgebungsdruck
WS500	Wie WS300, zusätzlich Windgeschwindigkeit und Windrichtung
WS600	Wie WS500, zusätzlich Niederschlag
Schnittstellen	RS-232 Ethernet USB 2.0 USB-B (Serviceschnittstelle)
Implementierte Datenprotokolle (ASCII)	GRIMM-Protokoll Modbus TCP GESYTEC / Bayern-Hessen
Statussignale / Fehlermeldungen	Via Display oder über Datenprotokoll übertragen

4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an 2 identischen Geräten mit den Seriennummern:

Gerät 1: 280FE111 (im Bericht abgekürzt FE111)

Gerät 2: 280FE114 (im Bericht abgekürzt FE114)

Zum Start der Eignungsprüfung waren folgende Softwareversionen auf der Messeinrichtung installiert:

Firmware	1.00
FPGA	0.08
GUI	1.00

Die Firmware stellt die übergeordnete Software dar und beinhaltet neben u. a. der Steuerung der Messeinrichtung bzw. des Messsystems auch den Auswertalgorithmus zur Verarbeitung der Rohdaten des Aerosolspektrometers zu den ausgegebenen Messwerten.

Die FPGA-Software ist eine Sublevel-Software für die Auswertung der Rohdaten des Aerosolspektrometers (Partikelzählung und Klassierung)

Die GUI stellt die Displaysoftware dar.

Diesem Stand fehlten für die ergonomische Bedienung noch relevante Funktionen (GUI und DHCP (=Dynamic Host Configuration Protocol)). Außerdem waren im Betrieb kleinere Fehler aufgefallen, die nun ebenfalls behoben werden mussten.

Die notwendigen Änderungen (Funktionserweiterungen (GUI) + Fehlerbereinigungen) wurden vom Hersteller alle korrekt als Änderung Typ 1 klassifiziert. Die Fehler wurden bereinigt und die Änderungen wurden intern intensiv geprüft. Es konnte kein Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Messeinrichtung ermittelt werden und somit auch nicht auf die bislang erzielten Ergebnisse der Eignungsprüfung.

Die aktuellen Softwareversionen lauten:

Firmware	1.01
FPGA	0.08
GUI	1.01

Die Softwareversion wurde mit Start des Feldtests im August 2021 auf die aktuelle Version upgedatet und blieb im weiteren Verlauf der Prüfung unverändert.

4.2 Laborprüfung

Die Eignungsprüfung erfolgte an 2 identischen Geräten mit den Seriennummern:

Gerät 1: 280FE111 (im Bericht abgekürzt FE111)

Gerät 2: 280FE114 (im Bericht abgekürzt FE114)

Nach den Richtlinien [1] und [4] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Messwerte
- Negative Signale
- Nullniveau und Nachweisgrenze
- Genauigkeit des Volumenstroms
- Dichtigkeit des Probenahmesystems
- Abhängigkeit des Nullpunkts von der Umgebungstemperatur
- Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur
- Einfluss der Netzspannung auf das Messsignal
- Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung
- Auswirkung von Feuchte auf den Messwert

Folgende Geräte kamen für die Laboruntersuchungen 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)
- 1 Referenzdurchflussmesser vom Typ BIOS Met Lab 500 (Hersteller: Mesa Lab)
- Nullfilter zur externen Nullpunktsüberprüfung
- Monodisperser Prüfstaub zur Überprüfung der Empfindlichkeit

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte geräteintern. Die gespeicherten Rohdatensätze wurden über das GRIMM-Protokoll kontinuierlich auf einem USB-Stick gespeichert, bei Bedarf ausgelesen und in Excel ausgewertet.

Die Prüfung der Empfindlichkeit erfolgte mit einem monodispersen Prüfstaub, der in ansonsten staubfreier Probenluft aufgegeben wurde. Der Prüfstaub besteht aus Glaskugeln mit einem Durchmesser von ca. 5 µm. Er wird in einen Dispenser gefüllt (ca. 100 mg für 5-10 Messungen), der mit einem Schlauch an den Probeneinlass angeschlossen wird. Der Anwender schüttelt die Partikel mit Hilfe kleiner Stahlkugeln im Dispenser auf. Die Probenluft strömt aus der Umgebung durch einen Filter in den Dispenser ein und wird mit Prüfstaub angereichert.

Die Messeinrichtung EDM 280 klassiert den Prüfstaub mit einer speziellen, feiner abgestuften Klassierskala, die vor dem Test auf das Gerät eingespielt werden muss. Aufgrund anderer optischer Eigenschaften stimmt der optische Durchmesser von Glas nicht mit dem von PSL überein, daher liegt der Modus der Verteilung bei ca. 4,5 µm. Aus der Verteilung wird der nach Partikelanzahl gewichtete Mittelwert des Partikeldurchmessers berechnet. Aus dem Partikeldurchmesser lässt sich in idealer Annahme dann ein Kugelvolumen errechnen. Eine Änderung

des Kugelvolumens durch Variation des Partikeldurchmessers ist bei Annahme einer konstanten Dichte proportional zu einer Änderung der Partikelmasse (und damit auch einer Massenkonzentration) und kann daher zur Überprüfung der Empfindlichkeit herangezogen werden. Die Prüfung mit Prüfstaub wurde daher für die Überprüfung des Einflusses der Umgebungstemperatur und der Netzspannung auf den Messwert durchgeführt.



Abbildung 11: EDM 280 in Klimakammer, Dispenser angeschlossen an Probeneingang

Da bei Anwendung des Verfahrens jedoch (im Vergleich zum normalen Messbetrieb) signifikant höhere Staubmengen in das System gebracht werden, ist das Verfahren auf Grund der übermäßigen Belastung / Verschmutzung der Messeinrichtung (insbesondere der Optik) nicht für die regelmäßige Anwendung z. B. im Feldbetrieb geeignet.

Stattdessen ist der Messeinschub jährlich zur Überprüfung und ggf. Kalibrierung zum Hersteller oder zu einem speziell geschulten und ausgestatteten Servicepartner zu geben. Das dort verwendete Verfahren greift auf einen polydispersen Prüfstaub in geringerer Konzentration zurück.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 bzw. Punkt 7 zusammengestellt.

4.3 Feldtest

Die Eignungsprüfung erfolgte an 2 identischen Geräten mit den Seriennummern:

Gerät 1: 280FE111 (im Bericht abgekürzt FE111)

Gerät 2: 280FE114 (im Bericht abgekürzt FE114)

Nach der Richtlinien [1] und [4] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Feld:

- Konstanz des Probenvolumenstroms
- Nullpunktprüfungen
- Aufzeichnung der Betriebsparameter
- Tageswerte/Tagesmittelwerte
- Verfügbarkeit
- Unsicherheit zwischen den AMS
- Erweiterte Messunsicherheit
- Wartungsintervall/Kontrollintervall
- Automatische Überprüfung
- Prüfung der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte

Für den Feldtest wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Messcontainer des TÜV Rheinland, klimatisiert auf ca. 20 °C (Köln, Bornheim)
- Vollklimatisiertes, wetterfestes Gehäuse Modell 199, klimatisiert auf ca. 20 °C (Niederzier, JRC Ispra)
- Wetterstation zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge (nur Köln und Bornheim)
- 4 Referenzmessgeräte SEQ47/50 (für PM_{2,5} und PM₁₀ gemäß Punkt 5)
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Field-Test-Kit EDM 280 inkl. Set zur Dichtheitsprüfung und Nullfilter zur externen Nullpunktsüberprüfung

Im Feldtest liefen zeitgleich zwei EDM 280 Systeme und vier Referenzgeräte (2 für PM_{2,5} und 2 für PM₁₀). Die Referenzgeräte SEQ47/50 wechseln alle 24 h automatisch die Filter.

Die Impaktionsplatten der 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.

Bei den Prüflingen sowie bei den Referenzgeräten wurde der Durchfluss vor und nach jedem Standortwechsel mit einem Massendurchflussmesser, der über eine Schlauchleitung an der Lufteintrittsöffnung des Gerätes angeschlossen ist, überprüft. Zudem wurden bei den Prüflingen vor und nach jedem Standortwechsel die Dichtheit sowie der Nullpunkt geprüft.

Messstandorte und Messgerätstandorte

Bei den Feldteststandorten in Köln und Bornheim wurde ein Immissionsmesscontainer eingesetzt, in dem die Prüflinge installiert waren. Die Referenzgeräte waren außerhalb des Containers unmittelbar davor installiert.

Die Feldteststandorte in Niederzier und JRC Ispra wurden auf Grund der Vor-Ort-Bedingungen ohne Immissionsmesscontainer durchgeführt; die Prüflinge wurden hier in einem vollklimatisierten, wetterfesten Gehäuse Modell 199 der Firma Grimm Aerosol Technik installiert und die Referenzgeräte auf dem Boden in unmittelbarer Nähe dazu installiert.

Der Feldtest wurde an folgenden Messstandorten durchgeführt:

Tabelle 4: Feldteststandorte

Nr.	Messstandort	Zeitraum	Charakterisierung
1	Köln (TÜV Parkplatz)	08/2021 – 11/2021	Städtischer Hintergrund
2	Bornheim (Autobahn A555)	12/2021 – 03/2022	Verkehrseinfluss
3	Niederzier (LANUV Messstation)	06/2022 – 09/2022	Industriell geprägt
4	JRC Ispra	10/2022 – 01/2023	Ländlich

Abbildung 12 bis Abbildung 19 zeigen den Verlauf der PM-Konzentrationen an den Feldteststandorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

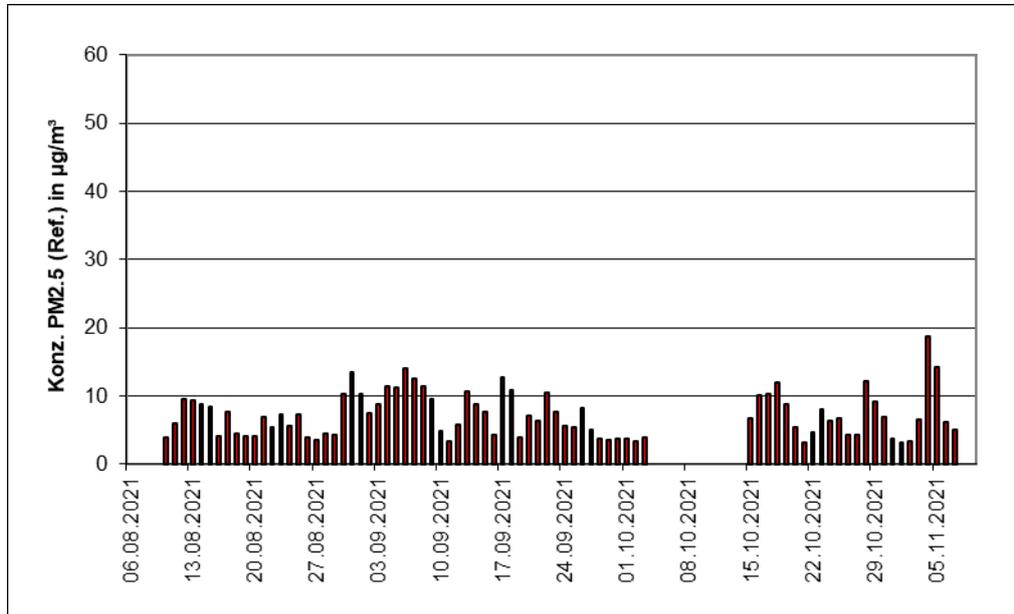


Abbildung 12: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln

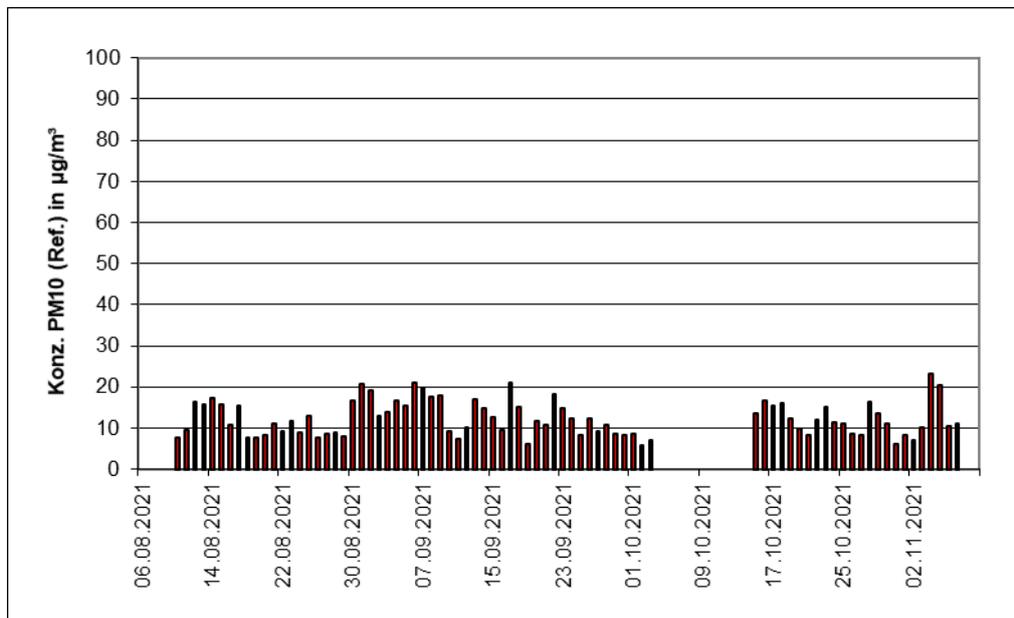


Abbildung 13: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln

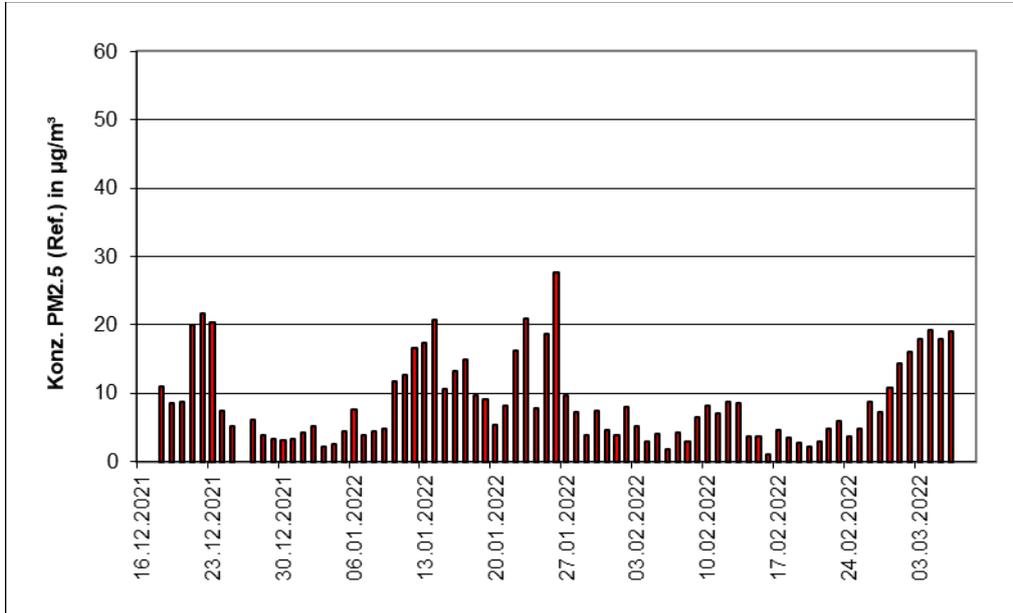


Abbildung 14: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim

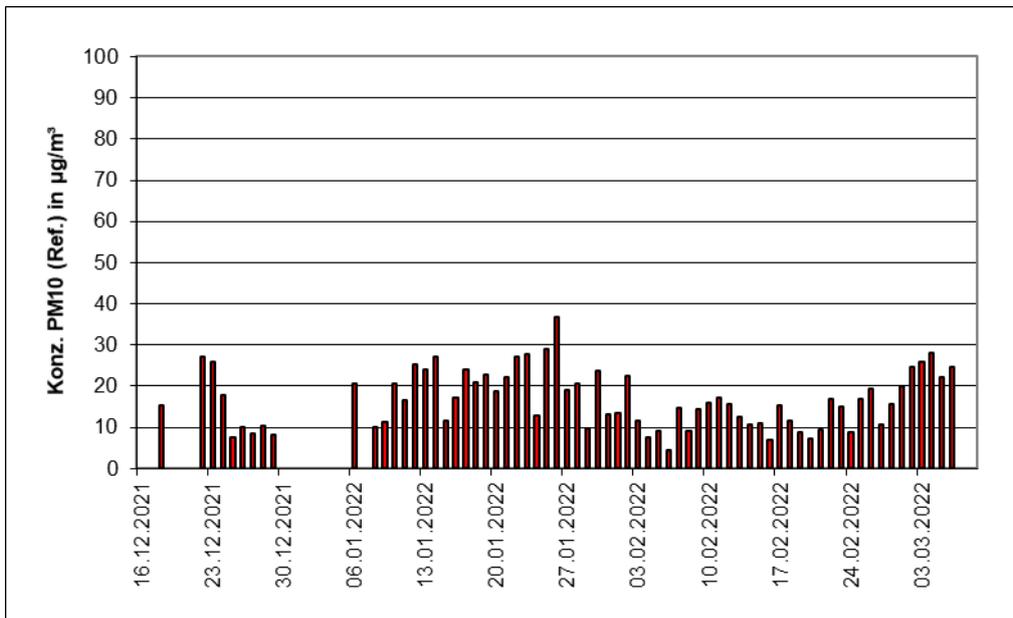


Abbildung 15: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim

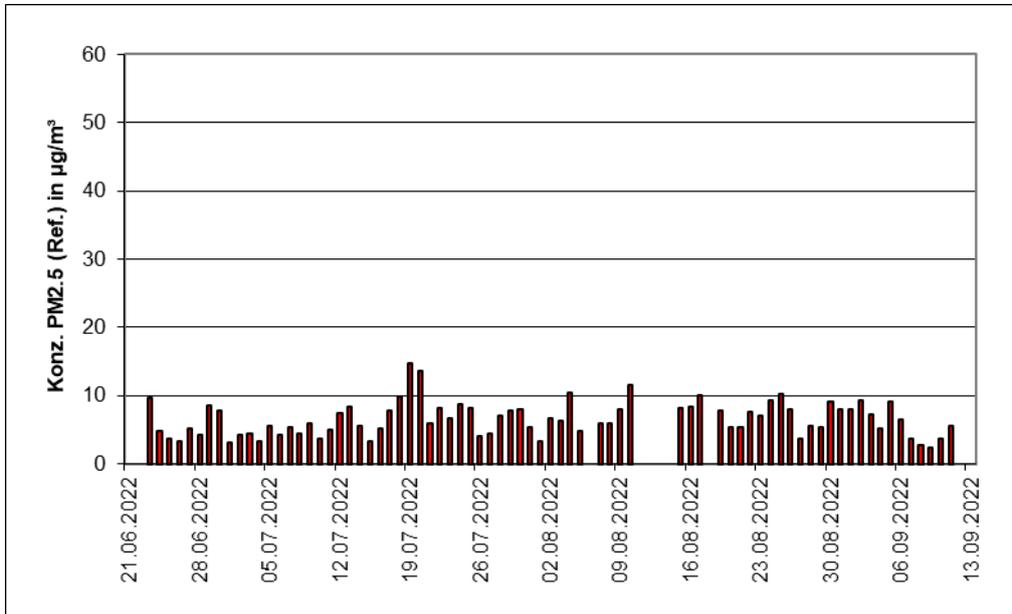


Abbildung 16: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort Niederzier

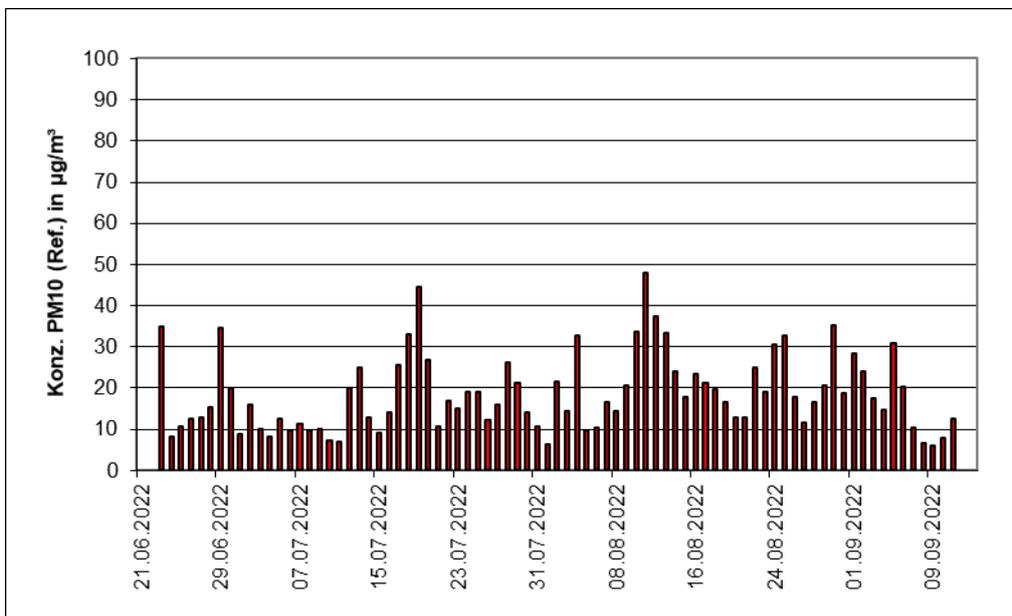


Abbildung 17: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort Niederzier

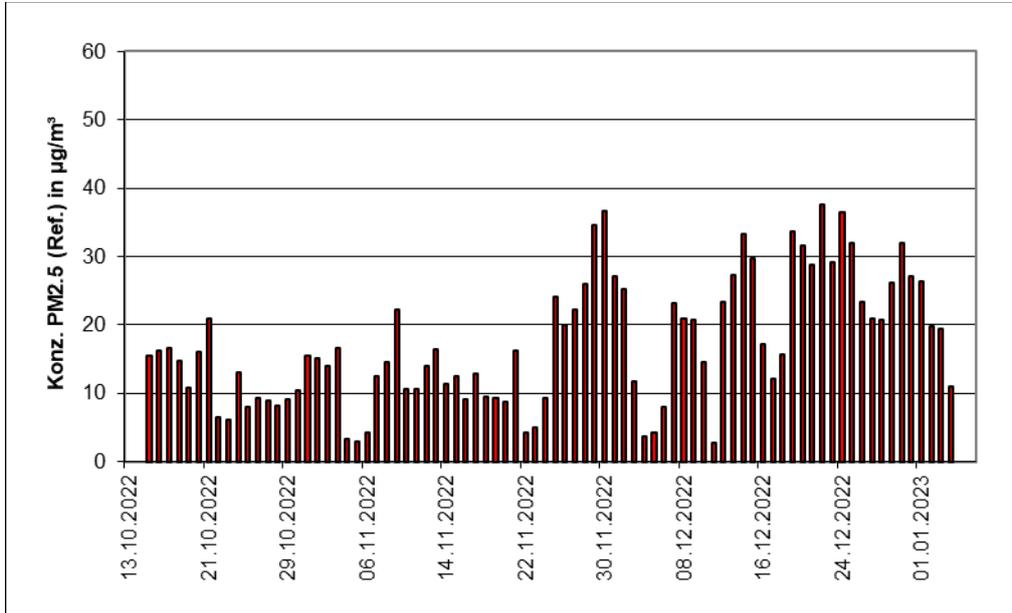


Abbildung 18: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra

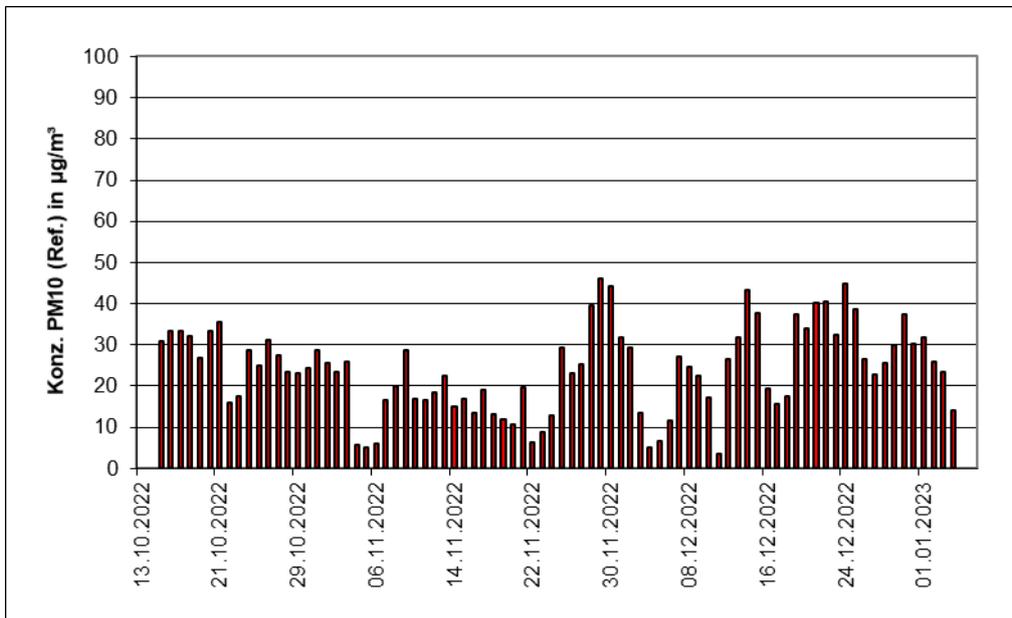


Abbildung 19: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra

Die folgenden Abbildungen zeigen die verschiedenen Feldteststandorte:



Abbildung 20: Feldteststandort Köln



Abbildung 21: Feldteststandort Bornheim



Abbildung 22: Feldteststandort Niederzier



Abbildung 23: Feldteststandort JRC Ispra

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 (außer Niederzier und JRC Ispra). Es wurden 1-min-Mittelwerte gespeichert.

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

Köln und Bornheim

- Höhe Containerdach: 2,5 m
- Höhe der Probenahme für Testgeräte ca. 3,5 m über Grund /
ca. 1,0 m ü. Containerdach
- Referenzgerät ca. 3,5 m über Grund

Niederzier

- Höhe der Probenahme für Testgeräte ca. 2,5 m über Grund
- Referenzgerät ca. 2,8 m über Grund

JRC Ispra

- Höhe der Probenahme für Testgeräte ca. 2,5 m über Grund
- Referenzgerät ca. 1,5 m über Grund

Die nachfolgende Tabelle 5 enthält daher neben einem Überblick über die wichtigsten meteorologischen Kenngrößen, die während der Messungen an den 4 Feldteststandorten ermittelt wurden, auch einen Überblick über die Schwebstaubverhältnisse während des Prüfzeitraumes.

Tabelle 5: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten als Tagesmittelwerte

	Köln	Bornheim	Niederzier	JRC Ispra
Anzahl Wertepaare (2 x Referenz vs. 2 x Prüfling)	PM ₁₀ : 73 PM _{2,5} : 73	PM ₁₀ : 68 PM _{2,5} : 78	PM ₁₀ : 81 PM _{2,5} : 75	PM ₁₀ : 82 PM _{2,5} : 82
Anteil PM_{2,5} an PM₁₀ [%]				
Bereich	35,3 – 80,9	16,4 – 90,0	24,7 – 69,8	30,2 – 92,9
Mittelwert	57,1	51,0	39,5	70,6
Lufttemperatur [°C]				
Bereich	6,7 – 22,2	-1,5 – 14,0	16,5 – 28,1	-2,7 – 16,7
Mittelwert	15,2	5,6	20,5	7,9
Luftdruck [hPa]				
Bereich	996 – 1025	989 – 1035	994 – 1019	972 – 1009
Mittelwert	1013	1015	1006	994
Rel. Luftfeuchte [%]				
Bereich	61,3 – 92,7	53,6 – 98,8	36,0 – 86,3	28,8 – 99,1
Mittelwert	76,0	82,5	61,5	87,5
Windgeschwindigkeit* [m/s]				
Bereich	0,0 – 1,7	0,3 – 3,7	0,3 – 2,0	0,1 – 1,2
Mittelwert	0,3	1,3	0,8	0,3
Niederschlag* [mm]				
Bereich	0,0 – 13,0	0,0 – 22,1	Nicht ermittelt	Nicht ermittelt
Mittelwert	1,2	2,0		

*Bei diesen Daten handelt es sich nur um orientierende Messungen

Dauer der Probenahmen

DIN EN 12341 [3] legt die Probenahmedauer auf 24 h ± 1 h fest.

Im Feldtest wurde immer eine Probenahmezeit von 24 h für alle Geräte eingestellt (von 00:00 – 00:00).

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 Richtlinie EN 16450 [4] erlaubt bis zu 2,5 % der Datenpaare als Ausreißer zu entfernen, solange mindestens 40 valide Datenpaare pro Standort verbleiben.

Es wurden folgende Wertepaare identifiziert und entfernt:

Tabelle 6: Entferntes Wertepaar Referenz PM_{2,5} nach Grubbs

Standort	Datum	Referenz 1 [µg/m³]	Referenz 2 [µg/m³]
Bornheim	26.12.2021	13,3	8,8
Niederzier	06.08.2022	9,2	24,0

Für PM₁₀ wurden keine Messwertpaare als Ausreisser identifiziert.

Filterhandling - Massenbestimmung

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

Tabelle 7: Eingesetzte Filtermaterialien

Filtermaterial, Typ	Hersteller
Emfab™, Ø 47 mm	Pall

Die Behandlung der Filter entspricht den Anforderungen der DIN EN 12341.

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 folgende Geräte eingesetzt:

1. als Referenzgerät PM_{2,5} und PM₁₀:

Standard Referenz Probenahmegeräte mit automatischem Filterwechsel SEQ47/50-RV
Hersteller: Sven Leckel Ingenieurbüro GmbH, Berlin
PM_{2,5} und PM₁₀-Probenahmekopf

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

Die Probenahmeluft bei den Referenzgeräten 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.

Beim SEQ47/50-RV wird nach 24 Stunden Probenahme automatisch ein neuer Filter eingelegt und der beprobte Filter wird in das Filtermagazin verbracht. Das Filtermagazin für die beprobten Filter wurde dabei nicht aktiv konditioniert / gekühlt.

Die relevanten Parameter der Probenahme werden auf einem Speichermedium gespeichert. Die Schwebstaubkonzentration 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 (VDI 4202 Blatt 3 Februar 2019)

6.1 6.1 Allgemeines

Die Herstellerangaben in der Bedienungsanleitung der AMS dürfen keinesfalls besser sein als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bedienungsanleitung des Herstellers wurde auf Vollständigkeit und Korrektheit überprüft. Es wurde überprüft, ob die Herstellerangaben in der Bedienungsanleitung der AMS keinesfalls besser sind als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.

6.4 Auswertung

Die Bedienungsanleitung der Messeinrichtung (Stand: 1.04) ist vollständig und korrekt. Die Herstellerangaben sind nicht besser als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.

6.5 Bewertung

Die Bedienungsanleitung der Messeinrichtung (Stand: 1.04) ist vollständig und korrekt. Die Herstellerangaben sind nicht besser als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.2 Mehrkomponentenmessgeräte

Mehrkomponentengeräte müssen die Leistungskriterien für jede einzelne Messkomponente unabhängig von den anderen Messkomponenten einhalten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung EDM 280 ist ein automatisches Messgerät auf Basis der Aerosolspektrometrie. Die Messwertausgabe für die Staubfraktionen erfolgt kontinuierlich und simultan.

Die Prüfung erfolgte nach den Prüfvorschriften einzeln für die Fraktionen PM₁₀ und PM_{2,5}.

6.4 Auswertung

Die Auswertung bezüglich der Leistungskriterien erfolgte für jede einzelne Messkomponente unabhängig von den anderen Messkomponenten.

6.5 Bewertung

Die Auswertung bezüglich der Leistungskriterien erfolgte für jede einzelne Messkomponente unabhängig von den anderen Messkomponenten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.3 Allgemeine Anforderungen

6.1 6.3.1 Messwertanzeige

Die Messeinrichtung muss eine funktionsfähige Messwertanzeige am Gerät besitzen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Messeinrichtung eine Messwertanzeige besitzt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt über eine funktionsfähige Messwertanzeige an der Frontseite des Gerätes. Unter dem Menüpunkt „Aktuelle Messwerte“ lassen sich insgesamt 8 Messgrößen anzeigen. Dabei kann die Anzeige durch Antippen einzelner Messgrößen frei mit den verfügbaren Messgrößen konfiguriert werden.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung verfügt über eine funktionsfähige Messwertanzeige an der Frontseite des Gerätes.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 24 zeigt die Messwertanzeige des EDM 280.

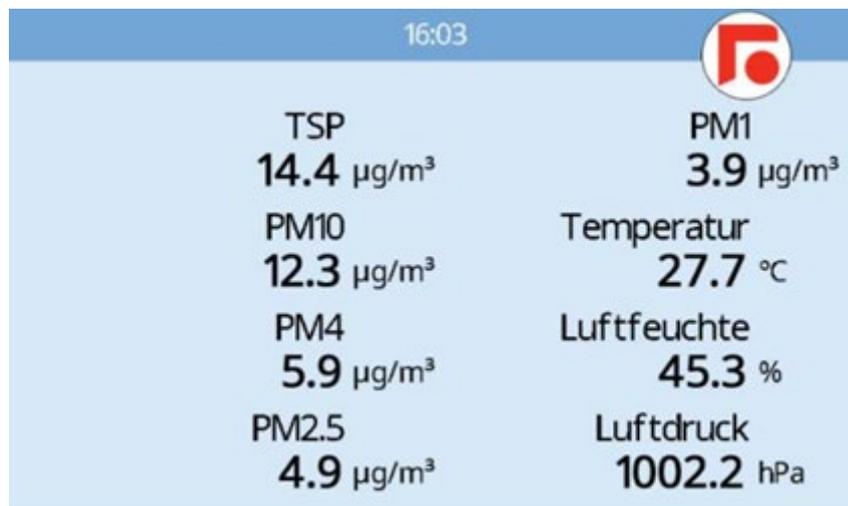


Abbildung 24: Messwertanzeige EDM 280

6.1 6.3.2 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

Der Hersteller hat für die Messeinrichtung einen Wartungsplan erstellt (Kapitel 7 des Handbuchs zur Messeinrichtung). Das kürzeste Wartungsintervall beträgt 3 Monate (Verifizierung der Messeinrichtung gemäß den Vorgaben der Europäischen Richtlinie DIN EN 16450 [4], Reinigung Einlassdüse und Sigma-2-Probenahmekopf).

Der Messeinschub der Messeinrichtung ist mindestens alle 12 Monate (bzw. wenn der Verschleißindikator „Kalibrierung“ komplett rot ist) zur Wartung inkl. der Überprüfung der Kalibrierung an den Grimm Service oder einen autorisierten Grimm-Servicepartner zu senden. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde diese Wartung im Juni 2022 durchgeführt.

6.5 Bewertung

Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar. Der Messeinschub der Messeinrichtung ist mindestens alle 12 Monate (bzw. wenn der Verschleißindikator „Kalibrierung“ komplett rot ist) zur Wartung inkl. der Überprüfung der Kalibrierung an den Grimm Service oder einen autorisierten Grimm-Servicepartner zu senden. Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Arbeiten an den Geräten wurden während der Prüfung auf Basis der im Handbuch beschriebenen Arbeiten und Arbeitsabläufe durchgeführt. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Vorgehensweise konnten keine Schwierigkeiten beobachtet werden. Alle Wartungsarbeiten ließen sich problemlos durchführen.

6.1 6.3.3 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.

Das Prüfinstitut muss die Eignung der zur AMS gehörenden automatischen Funktionskontrolle beurteilen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warn- und Fehlermeldungen angezeigt.

Das geprüfte Gerät führt zudem grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie, durch den Anwender konfigurierbar, in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Während des Selbsttests wird u. a. geprüft, ob die internen Sensoren und der Wettersensor antworten. Es wird staubfreie Spülluft in die Messzelle gepumpt und der DC-Pegel des Streulichtsignals, die Nullklassierungen und der Laserstrom erfasst.

6.4 Auswertung

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warn- und Fehlermeldungen angezeigt.

Das geprüfte Gerät führt zudem grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie durch den Anwender konfigurierbar in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Während des Selbsttests wird u. a. geprüft, ob die internen Sensoren und der Wettersensor antworten. Es wird staubfreie Spülluft in die Messzelle gepumpt und der DC-Pegel des Streulichtsignals, die Nullklassierungen und der Laserstrom erfasst. Etwaige Warnungen oder Fehler werden in einem Diagnosecode bereitgestellt.

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

6.5 Bewertung

Das geprüfte Gerät führt grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie, durch den Anwender konfigurierbar, in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Etwaige Warnungen oder Fehler werden in einem Diagnosecode bereitgestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.3.4 Rüst- und Einlaufzeiten

Die Bedienungsanleitung muss Angaben des Herstellers zu den Rüst- und Einlaufzeiten der AMS enthalten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Benutzerhandbuch.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

Erforderliche bauliche Maßnahmen im Vorfeld der Installation, wie z. B. die Einrichtung von Dachdurchführungen, werden hier nicht bewertet.

6.4 Auswertung

Die Rüstzeit hängt im Wesentlichen von den Gegebenheiten am Einbauort ab. Folgende Schritte sind für den Aufbau notwendig:

- Entpacken der Messeinrichtung
- Rack vorbereiten
- Probenrohrhalter montieren
- Probenrohr vorbereiten
- Probenrohr installieren
- Wettersensor montieren
- Dachdurchführung dichten
- Messeinschub vorbereiten
- Messeinschub installieren
- Lift verriegeln, Kabel anschließen, Kondensatauslass anschließen, Schnittstelle verbinden
- Anschluss der Stromversorgung
- Überprüfung der Dichtigkeit

Die Inbetriebnahme ist in Kapitel 5 im Benutzerhandbuch ausführlich beschrieben.

Die Rüstzeit beträgt ca. 1 h.

Nach dem Einschalten der Messeinrichtung und dem Start des Messbetriebs wird das Probennehmerrohr auf seine Solltemperatur konditioniert. Während dieser Aufwärmphase wird die Warnung „Probenahme meldet Warnung“ angezeigt. Die Messbereitschaft der Messeinrichtung ist dabei für ein akklimatisiertes Gerät nach maximal 15 min erreicht.

6.5 Bewertung

Die Rüstzeit beträgt ca. 1 h, die notwendigen Arbeiten sind im Benutzerhandbuch beschrieben. Die Einlaufzeit, bis nach dem Einschalten valide Messwerte vorliegen, beträgt ca. 15 min.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.3.5 Bauart

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

- Bauform (z. B. Tischgerät, Einbaugerät, freie Aufstellung)
- Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)
- Sicherheitsanforderungen
- Abmessungen
- Gewicht
- Energiebedarf
- Vermeidung von Kondensation im Analysator.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungsanleitung sowie ein Messgerät zur Erfassung des Energieverbrauchs (Voltcraft Energylogger) und eine Waage.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Aufbau der übergebenen Geräte wurde mit der Beschreibung im Handbuch verglichen. Der angegebene Energieverbrauch wird über 24 h im Normalbetrieb unter Feldbedingungen bestimmt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung EDM 280 muss in horizontaler Einbaulage in einem 19“ Rack im Messcontainer bzw. im vollklimatisierten, wetterfesten Gehäuse Modell 199 installiert werden. Die Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung stimmen mit den Angaben aus dem Benutzerhandbuch überein und stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 8: Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung EDM 280

Abmessungen / Gewicht	EDM 280
Messgerät	Probenrohrhalter: 88,9 mm (H) x 441 mm (B) x 156 mm (T); 2,4 kg Messeinschub: 180,5 mm (H) x 434 mm (B) x 320 mm (T); 10,45 kg
Probenahmerohr	1500 mm (H) Ø 45 mm Rohr; 5,3 kg (inkl. Probenahmekopf)

Der Energiebedarf der Messeinrichtung wird vom Hersteller maximal 220 W angegeben. Hierbei entfällt ein wesentlicher Anteil auf die adaptive Beheizung des Probenahmerohrs.

Typischerweise beträgt die Leistungsaufnahme der Messeinrichtung weniger als 100 W. Über 24 Stunden ergab sich am 25.01.2023 bei einer Messung unter Feldbedingungen eine durchschnittliche Leistungsaufnahme von ca. 46 Watt.

Um Kondensationseffekte auf dem Weg des Aerosols zur Messzelle zu vermeiden, wird die adaptive Heizung im Probenrohr aktiv geregelt. Dabei wird die Erwärmung des Aerosols möglichst gering gehalten, um den Zustand der Partikelfraktion des Aerosols möglichst nicht zu verändern (Vermeiden des Verlusts von flüchtigen Bestandteilen). Die Regelgröße für die Heizung ist die Probenluftfeuchte in der Messzelle, die Stellgröße die Probenrohrheizleistung. Die Regelung arbeitet zweistufig unter Nutzung der Außentemperatur, Außenluftfeuchte und Messzellentemperatur, um einen Sollwert für die Probenrohrtemperatur zu ermitteln. Der zweite Regelkreis regelt die Ist-Temperatur zur Solltemperatur ein.

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 6.3.6 Unbefugtes Verstellen

Die Justierung der Messeinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können. Alternativ muss die Bedienungsanleitung einen deutlichen Hinweis erhalten, dass das Messgerät nur in einem gesicherten Bereich aufgestellt werden darf.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über ein frontseitiges Display oder über einen direkt oder via Netzwerk angeschlossenen externen Rechner und die entsprechenden Datenprotokolle.

Justierungen der Messeinrichtung sowie Wartungs- und Servicearbeiten sind in einem hierarchischen Konzept in insgesamt 5 Ebenen gegliedert. Funktionen einer niedrigeren Service-Ebene sind auch in den höheren Service-Ebenen verfügbar.

Tabelle 9: Service Mode – Übersicht der Funktionen und Anwendungsbereiche

Service Ebene	Anwender / typischer Use Case	Funktionen
Service Mode 0	normaler Messbetrieb	Starten/Stoppen der Messung Anzeige der Betriebszeit Anzeige der Firmware- und FPGA-Version Ausgabe von Mittelwerten Ausgabe der Seriennummer Ausgabe der Modellbezeichnung Ausgabe des Datenheaders im GRIMM-Protokoll
Service Mode 1	geschützte Einstellungen, die vom Kunden verändert werden dürfen	Einstellen des Messintervalls Einstellen von Uhrzeit und Datum Ausgabe und Zurücksetzen von Mittelwerten Aktivieren/Deaktivieren der Messwertausgabe Anzeige der Schwellen Ausgabe der Daten des internen Speichers IP-Adress-Konfiguration GESYTEC-Konfiguration
Service Mode 2	Feldkalibration	Kalibration des Volumenstroms Konfiguration Heizung (Feuchteschwelle, Faktor, Offset) Serviceregister anzeigen/konfigurieren Referenzpunktmessung
Service Mode 3	Kalibration, Service	Erweiterte Einstellungen
Service Mode 4	Produktion	Erweiterte Einstellungen

Service Mode 0 und 1 sind für den Anwender ohne Passwortschutz erreichbar. Der Servicemode 1 wird aktiv über Kommandozeile oder Touchdisplay aktiviert.

Ab Service Mode 1 aufwärts wird ein USB-Dongle benötigt, der den Servicemode freischaltet. Dazu befindet sich auf dem Dongle die signierte XML-Datei key.xml, die den Dongle authentifiziert. Für den Service Mode 2 ist eine explizite Unterweisung/Schulung durch den Hersteller notwendig.

Service Mode 3 und 4 sind dem Grimm Service oder der Produktion vorbehalten.

Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Messcontainer betrieben werden (siehe auch Punkt 2.5.1 des Benutzerhandbuchs).

6.4 Auswertung

Unbeabsichtigtem Verstellen der Justierung wird durch ein hierarchisches Konzept für Justierungen der Messeinrichtung sowie Wartungs- und Servicearbeiten vorgebeugt.

Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Messcontainer betrieben werden.

6.5 Bewertung

Unbeabsichtigtem Verstellen der Justierung wird durch ein hierarchisches Konzept für Justierungen der Messeinrichtung sowie Wartungs- und Servicearbeiten vorgebeugt.

Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Messcontainer betrieben werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.7 Messsignalausgang

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC

6.3 Durchführung der Prüfung

Die verschiedenen Ausgänge werden überprüft und ausgewertet.

6.4 Auswertung

Die Messwerte werden nur digital ausgegeben. Die Messeinrichtung verfügt über entsprechende RS-232, USB und Ethernetschnittstellen.

6.5 Bewertung

Die Messsignale werden digital angeboten.

Der Anschluss von zusätzlichen Mess- und Peripheriegeräten ist möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.8 Digitale Schnittstelle

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC und Terminalprogramm zur Datenübertragung, USB-Stick

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung verfügt über folgende digitale Übertragungswege:
RS-232, USB und Ethernet.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt über folgende digitale Übertragungswege:
RS-232, USB und Ethernet

Die digitalen Ausgangssignale wurden mit Hilfe eines an die Messgeräte angebundenes PCs mit Terminalprogrammen überprüft.

Alle relevanten Daten wie Messsignale, Statussignale, Messkomponente, Messbereich, Einheit und weitere Geräteinformationen können digital übertragen werden.

Es werden die digitalen Übertragungsprotokolle GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1), Modbus TCP und GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll unterstützt.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden die Daten via USB-Schnittstelle unter Verwendung des GRIMM-Protokolls direkt auf einen USB-Stick gespeichert.

Die Übertragung auf einen externen Rechner via USB unter Verwendung des GRIMM-Protokolls, via RS-232 unter Verwendung des GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll sowie via Ethernet unter Verwendung von Modbus TCP wurden beispielhaft geprüft. Alle Wege der digitalen Messwertübertragung sind funktionsfähig.

6.5 Bewertung

Die digitale Messwertübertragung funktioniert korrekt.

Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Messcontainer betrieben werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.9 Datenübertragungsprotokoll

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

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

- *Messgerätekennung*
- *Komponentenkennung*
- *Einheit*
- *Messsignal mit Zeitstempel (Datum und Uhrzeit)*
- *Betriebs und Fehlerstatus*
- *Steuerungsbefehle zur Fernsteuerung des Messgerätes*

Alle Daten müssen in Klartext (ASCII-Zeichen) übertragen werden.

Die AMS muss Daten von Betriebszuständen mindestens der folgenden Parameter telemetrisch übermitteln:

- *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 eingesetzt wird*

Die Ergebnisse von automatischen/funktionalen Überprüfungen müssen, sofern verfügbar, aufgezeichnet werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC zur Datenübertragung

6.3 Durchführung der Prüfung

Es werden die digitalen Übertragungsprotokolle GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1), Modbus TCP und GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll unterstützt.

6.4 Auswertung

Es werden die digitalen Übertragungsprotokolle GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1), Modbus TCP und GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll unterstützt.

In Kapitel 6 des Handbuches sind die Protokolle ausführlich beschrieben.

Neben den Messwerten werden alle relevanten Daten von Betriebszuständen sowie Status-, Warn- und Fehlermeldungen übertragen.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über die digitalen Übertragungsprotokolle GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1), Modbus TCP und GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.10 Messbereich

Der Messbereichsendwert der AMS muss mindestens die folgenden Wertebereiche umfassen:

- *bis 1000 µg/m³ als ein 24-h-Mittelwert*
- *bis 10000 µg/m³ als ein 1-h-Mittelwert, falls anwendbar*

Diese Konzentrationsbereiche entsprechen dem jeweiligen Zertifizierungsbereich für die Eignungsprüfung.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Messbereich“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Messbereiche“ gemäß Tabelle 1 Nr. 1 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 1 Messbereiche verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Messbereich“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Messbereiche“ gemäß Tabelle 1 Nr. 1 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 1 Messbereiche verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Messbereich“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Messbereiche“ gemäß Tabelle 1 Nr. 1 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 1 Messbereiche verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.11 Negative Messsignale

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Negative Messsignale“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Negative Signale“ gemäß Tabelle 1 Nr. 2 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 2 Negative Signale verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Negative Messsignale“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Negative Signale“ gemäß Tabelle 1 Nr. 2 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 2 Negative Signale verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Negative Messsignale“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Negative Signale“ gemäß Tabelle 1 Nr. 2 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 2 Negative Signale verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.12 Stromausfall

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall sind die Geräteparameter durch eine Pufferung gegen Verlust zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss die AMS automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Stromausfall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung“ gemäß Tabelle 1 Nr. 10 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Stromausfall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung“ gemäß Tabelle 1 Nr. 10 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Stromausfall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung“ gemäß Tabelle 1 Nr. 10 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.13 Gerätefunktionen

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC, Modem.

6.3 Durchführung der Prüfung

Über entsprechende Router oder Modems ist eine Fernüberwachung- und –steuerung leicht möglich.

Es werden die digitalen Übertragungsprotokolle GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1), Modbus TCP und GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll unterstützt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege (Ethernet, RS-232, USB).

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung kann über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus umfassend überwacht und gesteuert werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.14 Umschaltung

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung überwacht bzw. gesteuert werden.

6.4 Auswertung

Alle Bedienprozeduren, die keine praktischen Handgriffe vor Ort benötigen, können sowohl vom Bedienpersonal am Gerät als auch durch telemetrische Fernbedienung überwacht bzw. gesteuert werden.

6.5 Bewertung

Grundsätzlich können alle notwendigen Arbeiten zur Funktionskontrolle direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung überwacht werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.3.15 Gerätesoftware

Die Version der Gerätesoftware muss von der AMS angezeigt werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

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 mitzuteilen sind.

6.4 Auswertung

Die aktuelle Softwareversion kann jederzeit im Menü unter „Service Information“ eingesehen werden.

Die implementierte Gerätesoftware stellt sich wie folgt dar.

1.01 (Firmware)

Die Firmware stellt die übergeordnete Software dar und beinhaltet neben u. a. der Steuerung der Messeinrichtung bzw. des Messsystems auch den Auswertalgorithmus zur Verarbeitung der Rohdaten des Aerosolspektrometers zu den ausgegebenen Messwerten.

0.08 (FPGA)

Die FPGA-Software ist eine Sublevel-Software für die Auswertung der Rohdaten des Aerosolspektrometers (Partikelzählung und Klassierung)

1.01 (GUI = Displaysoftware)

6.5 Bewertung

Die aktuelle Softwareversion kann jederzeit im Menü unter „Service Information“ (für GUI im Menü Display und Sprache) eingesehen werden. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses



Abbildung 25: Anzeige der Softwareversion

6.1 6.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung

6.1 6.4.1 Allgemeines

Die bei den Prüfungen im Labor zu bestimmenden Leistungskenngrößen sowie die zugehörigen Leistungskriterien sind in Anhang A in Tabelle A1 der VDI 4202-3 für die Messkomponenten PM₁₀ und PM_{2,5} angegeben. Tabelle A1 der VDI 4202-3 gilt für diejenigen Bereiche, die im Anwendungsbereich dieser Richtlinie als normativ festgelegt sind. Für andere Messkomponenten (Partikelfraktionen) ist ein Zertifizierungsbereich festzulegen. Die Leistungskriterien sind in Anlehnung an Tabelle A1 der VDI 4202-3 festzulegen. Vor der Prüfung sind diese Festlegungen mit der zuständigen Stelle abzustimmen. Die Leistungskenngrößen für die Laborprüfung sind nach den in Abschnitt 7.4 der VDI 4202-3 beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.4.2 Prüfbedingungen

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

Vor Durchführung der Prüfungen ist die vom Hersteller festgelegte Einlaufzeit zu beachten. Falls die Einlaufzeit nicht festgelegt ist, sollte eine Mindestzeit von 4 h eingehalten werden.

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

Falls Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion nicht frei wählbar sind und als „übliche Betriebsbedingung“ angesehen werden, dann müssen Zeiten und Größen der Selbstkorrekturen für das Prüfinstitut verfügbar sein. Die Größen der Autozero- und der Autodrift-Korrekturen unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind Nullluft und geeignete Kalibriereinrichtungen für den Referenzpunkt zu verwenden.

Sofern eine AMS nicht über eine Kalibriereinrichtung für den Referenzpunkt verfügt oder die verfügbare Einrichtung nicht geeignet ist, muss dies explizit im Bericht der Eignungsprüfung angegeben werden. In diesem Fall sind geeignete zusätzliche QS-Maßnahmen in Betracht zu ziehen.

Die Möglichkeit einer Kalibrierung der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte müssen überprüft und dokumentiert werden.

Vor der Prüfung und der Aufgabe von Nullluft auf die AMS muss die Einrichtung zur Erzeugung von Nullluft ausreichend lange betrieben worden sein, um die Zufuhr von Nullluft in die AMS sicherzustellen.

Die meisten AMS können das Ausgangssignal als gleitenden Mittelwert über eine einstellbare Zeitspanne ausgeben. Einige Geräte passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz den Schwankungen der Staubkonzentrationen an.

Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Für die Laborprüfungen müssen die Einstellungen der AMS den Festlegungen des Herstellers entsprechen. Ausgenommen sind der automatische Nullabgleich und Autoskalierungsfunktionen, die bei den Laborprüfungen ausgeschaltet sein müssen. Alle Einstellungen müssen im Prüfbericht festgehalten werden.

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

Nullluft: Zur Bestimmung einiger Leistungskenngrößen wird Nullluft verwendet. Die Staubkonzentration der Nullluft darf 1,0 µg/m³ nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die Betriebsanleitung wurde zur Aufstellung / Installation des Gerätes befolgt.

Die im Handbuch beschriebene Einlaufzeit wurde eingehalten.

An der Messeinrichtung sind keine Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktionen aktiviert.

Zur Bestimmung der Leistungskenngrößen am Nullpunkt werden die Messeinrichtungen mit einem Absolutfilter am Geräteeinlass (Eingang Probenrohr) betrieben.

Zur Bestimmung der Leistungskenngrößen am Referenzpunkt wird ein monodisperser Prüfstaub verwendet.

Relevante Sensoren für Temperatur, Druck und rel. Feuchte können überprüft werden, eine Justierung kann aber zurzeit nur beim Hersteller erfolgen.

Die Messeinrichtung gibt das Ausgangssignal als Mittelwert (nicht gleitend) ohne Glättungsfiler aus. Die Integrationszeit ist im Rahmen der Prüfung auf ein Intervall von 1 min gesetzt. Einzige Ausnahme sind die Prüfungen am Referenzpunkt, dort ist das Intervall auf 6 s gesetzt.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.4.3 Nullniveau und Nachweisgrenze

Das Nullniveau und die Nachweisgrenze müssen die Anforderungen in Tabelle A1 der VDI 4202-3 erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ gemäß Punkt 7.4.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ gemäß Punkt 7.4.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullniveau und Nachweisgrenze“ gemäß Punkt 7.4.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.4.4 Genauigkeit des Volumenstroms

Die Änderung der Anzeigewerte aufgrund von Änderungen des Volumenstroms darf die Anforderungen in Tabelle A1 der VDI 4202-3 nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Genauigkeit des Volumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.4.5 Konstanz des Probenvolumenstroms

Der Momentanwert des Volumenstroms und der über den Probenahmezeitraum gemittelte Volumenstrom müssen die Anforderungen in Tabelle A1 der VDI 4202-3 erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Konstanz des Probenvolumenstroms“ gemäß Punkt 7.4.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.4.6 Dichtheit des Probenahmesystems

Die Leckrate muss die Leistungsanforderung in Tabelle A1 der VDI 4202-3 oder die Spezifikationen des Herstellers der AMS unter Einhaltung der geforderten Datenqualitätsziele erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ gemäß Punkt 7.4.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ gemäß Punkt 7.4.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Dichtheit des Probenahmesystems“ gemäß Punkt 7.4.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.4.7 Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungstemperatur

Die Änderung des Anzeigewerts am Nullpunkt und am Referenzpunkt aufgrund von Änderungen der Umgebungstemperatur darf die Anforderungen der Tabelle A1 der VDI 4202-3 nicht überschreiten.

Die ermittelten Differenzen müssen die in Tabelle A1 der VDI 4202-3 angeführten Leistungskriterien erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungstemperatur“ ist identisch mit den Prüfpunkten „Abhängigkeit des Nullpunkts von der Umgebungstemperatur“ und „Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur“ gemäß Punkt 7.4.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.) sowie Kapitel 7.1 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungstemperatur“ ist identisch mit den Prüfpunkten „Abhängigkeit des Nullpunkts von der Umgebungstemperatur“ und „Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur“ gemäß Punkt 7.4.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.) sowie Kapitel 7.1 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungstemperatur“ ist identisch mit den Prüfpunkten „Abhängigkeit des Nullpunkts von der Umgebungstemperatur“ und „Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur“ gemäß Punkt 7.4.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.) sowie Kapitel 7.1 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.4.8 Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung

Die Änderung des Anzeigewerts am Referenzpunkt aufgrund von Änderungen der Netzspannung darf die Anforderung der Tabelle A1 der VDI 4202-3 nicht überschreiten. Die ermittelten Differenzen müssen die in Tabelle A1 der VDI 4203-3 angeführten Leistungskriterien erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung“ gemäß Punkt 7.4.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung“ gemäß Punkt 7.4.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung“ gemäß Punkt 7.4.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.4.9 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration

Die Änderung der Anzeigewerte aufgrund der Wasserdampfkonzentration muss im Bereich von 40 % bis 90 % relativer Feuchte das Leistungskriterium in Tabelle A1 der VDI 4202-3 erfüllen.

Die größte Differenz zwischen den Messwerten im Bereich von 40 % bis 90 % relativer Feuchte muss das Leistungskriterium nach Tabelle A1 der VDI 4202-3 erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ gemäß Punkt 7.4.9 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ gemäß Punkt 7.4.9 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ gemäß Punkt 7.4.9 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung

6.1 6.5.1 Allgemeines

Die bei den Prüfungen im Feld zu bestimmenden Leistungskenngrößen sowie die zugehörigen Leistungskriterien sind in Tabelle A1 der VDI 4202-3 für die Messkomponenten PM₁₀ und PM_{2,5} angegeben. Tabelle A1 der VDI 4202-3 gilt für diejenigen Bereiche, die im Anwendungsbereich dieser Richtlinie als normativ festgelegt sind.

Für andere Messkomponenten ist ein Zertifizierungsbereich festzulegen. Die Leistungskriterien sind in Anlehnung an Tabelle A1 der VDI 4202-3 festzulegen. Vor der Prüfung sind diese Festlegungen mit der zuständigen Stelle abzustimmen.

Die Leistungskenngrößen für die Prüfungen im Feld sind nach den in Abschnitt 7.5 der VDI 4202-3 beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.5.2 Versuchsbedingungen

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

Die AMS sind in der Messstation einzubauen und ordnungsgemäß in Betrieb zu nehmen. Die Einstellungen der AMS müssen den Herstellerangaben entsprechen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.

Die AMS sind während der Feldprüfung nach den Vorgaben des Geräteherstellers zu warten.

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

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind Nullluft und geeignete Kalibriereinrichtungen für den Referenzpunkt zu verwenden.

Sofern eine AMS nicht über eine Kalibriereinrichtung für den Referenzpunkt verfügt oder die verfügbare Einrichtung nicht geeignet ist, muss dies explizit im Bericht der Eignungsprüfung angegeben werden.

In diesem Fall sind geeignete zusätzliche QS-Maßnahmen in Betracht zu ziehen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die Festlegung der Aufstellungsorte für die Vergleichskampagne erfolgte nach Charakteristik des Messortes (städtischer und ländlicher Hintergrund, verkehrsbeeinflusst, industriell beeinflusst) sowie nach Verfügbarkeit einer Aufstellungsmöglichkeit der Messstation. Auf Grund der im Rahmen der Prüfung generell vorgefundenen relativ niedrigen Schwebstaubkonzentrationen an den Standorten im Umfeld von Köln, erfolgte die letzte Vergleichskampagne an einem, während der Wintermonate, potentiell höher belasteten Standort in Norditalien (JRC Ispra).

Die Messeinrichtungen wurden gemäß den Herstellervorgaben installiert und betrieben.

Die Messeinrichtungen verfügen über keine Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktionen.

Zur Bestimmung der Leistungskenngrößen am Nullpunkt werden die Messeinrichtungen mit einem Absolutfilter am Geräteeinlass (Eingang Probenrohr) über mindestens 24 h betrieben.

Eine Überprüfung des Referenzpunkts unter Feldbedingungen ist nicht vorgesehen. Das im Rahmen der Laborprüfung angewendete Prüfverfahren mit Prüfstaub bringt (im Vergleich zum normalen Messbetrieb) signifikant höhere Staubmengen in das System. Somit ist das Verfahren auf Grund der übermäßigen Belastung / Verschmutzung der Messeinrichtung (insbesondere der Optik) nicht für die regelmäßige Anwendung z. B. im Feldbetrieb geeignet.

Stattdessen ist der Messeinschub jährlich zur Überprüfung und ggf. Kalibrierung zum Hersteller oder zu einem speziell geschulten und ausgestatteten Servicepartner zu geben. Das dort verwendete Verfahren greift auf einen polydispersen Prüfstaub in geringerer Konzentration zurück.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 3 (2019) sowie der DIN EN 16450 (2017) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 6.5.3 Nullpunktprüfungen

Die Langzeitdrift am Nullpunkt darf in der Feldprüfung die Anforderungen von Tabelle A1 der VDI 4203-3 nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ gemäß Punkt 7.5.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ gemäß Punkt 7.5.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Nullpunktprüfungen“ gemäß Punkt 7.5.3 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.5.4 Aufzeichnung der Betriebsparameter

Während der Prüfungen muss die AMS in der Lage sein, Daten von Betriebszuständen nach Abschnitt 6.3.9 „Datenübertragungsprotokoll“ telemetrisch zu übermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ gemäß Punkt 7.5.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ gemäß Punkt 7.5.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Aufzeichnung der Betriebsparameter“ gemäß Punkt 7.5.4 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.5.5 Tagesmittelwerte

*Die AMS muss die Bildung von Tagesmittelwerten ermöglichen.
Wenn ein 24-h-Mittelwert auf Ergebnissen mit einer kürzeren Mittelungszeit beruht,
muss der prozentuale Anteil dieser Werte, der zur Berechnung des 24-h-Mittelwerts zur
Verfügung steht, mindestens 75 % betragen.*

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ gemäß Punkt 7.5.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 14 Tagesmittelwerte (7.5.5) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ gemäß Punkt 7.5.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 14 Tagesmittelwerte (7.5.5) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Tagesmittelwerte“ gemäß Punkt 7.5.5 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 14 Tagesmittelwerte (7.5.5) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.5.6 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der AMS ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 90 % betragen (siehe Tabelle A1 der VDI 4203-3).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ gemäß Punkt 7.5.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 15 Verfügbarkeit (7.5.6) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ gemäß Punkt 7.5.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 15 Verfügbarkeit (7.5.6) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Verfügbarkeit“ gemäß Punkt 7.5.6 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 15 Verfügbarkeit (7.5.6) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.5.7 Kontrollintervall

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Kontrollintervall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Wartungsintervall“ gemäß Punkt 7.5.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 18 Wartungsintervall (7.5.7) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Kontrollintervall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Wartungsintervall“ gemäß Punkt 7.5.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 18 Wartungsintervall (7.5.7) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Kontrollintervall“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Wartungsintervall“ gemäß Punkt 7.5.7 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 18 Wartungsintervall (7.5.7) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 6.5.8 Datenauswertung

Im Rahmen der Feldprüfung sind Vergleichsmessungen mit Referenzgeräten durchzuführen. Die bei der Datenauswertung ermittelte Unsicherheit zwischen den AMS darf die Anforderung von Tabelle D1 in Anhang D der VDI 4202-3 nicht überschreiten. Weiterhin muss die erweiterte Messunsicherheit das Kriterium von Tabelle D1 der VDI 4202-3 erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Datenauswertung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Datenauswertung“ gemäß Punkt 7.5.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf die Kapitel 7.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8); 7.1 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4), 7.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8) und 7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) verwiesen.

6.4 Auswertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Datenauswertung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Datenauswertung“ gemäß Punkt 7.5.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf die Kapitel 7.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8); 7.1 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4), 7.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8) und 7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Durchführung, Auswertung und Bewertung zum Prüfpunkt „Datenauswertung“ ist identisch mit dem Prüfpunkt „Datenauswertung“ gemäß Punkt 7.5.8 der Richtlinie DIN EN 16450 (2017). Daher wird hier auf die Kapitel 7.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8); 7.1 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4), 7.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8) und 7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7. PRÜFERGEBNISSE (DIN EN 16450 Juni 2017)

7.1 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*

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob der Messbereichsendwert der Messeinrichtung die entsprechenden Anforderungen einhält.

7.4 Auswertung

An der Messeinrichtung sind folgende lineare Messbereiche möglich:

PM_{2,5}: 0 – 5.100 µg/m³

PM₁₀: 0 – 12.000 µg/m³

Diese Werte wurden auf Basis von Messungen mit Arizona Dust A1 ultrafein (bei maximal 10 % Linearitätsfehler) experimentell ermittelt.

Höhere Messwerte sind mit höheren Linearitätsfehlern behaftet und verlangen kürzere Wartungsintervalle.

7.5 Bewertung

Der lineare Messbereich beträgt für PM_{2,5} 0 – 5.100 µg/m³ und für PM₁₀ 0 – 12.000 µg/m³ für das standardisierte Aerosol Arizona Dust A1 (ultrafein) bei max. 10% Linearitätsfehler. Höhere Messwerte sind mit höheren Linearitätsfehlern behaftet und verlangen kürzere Wartungsintervalle.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.1 2 Negative Signale

Negative Signale dürfen nicht unterdrückt werden.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

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

7.4 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 messprinzips- und bauartbedingt nicht zu erwarten.

7.5 Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.1 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3)

Nullniveau: $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Nachweisgrenze: $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Nullkonzentration und die Nachweisgrenze der AMS sind aus 15 24-h-Mittelwerten zu bestimmen, die bei der Probenahme von Nullluft erhalten werden (gleitende oder überlappende Mittelwerte sind nicht erlaubt). Der Mittelwert dieser 15 24-h-Mittelwerte wird als das Nullniveau verwendet. Die Nachweisgrenze wird als das 3,3-fache der Standardabweichung der 15 24-h-Mittelwerte berechnet.

Die Bestimmung des Nullniveaus und der Nachweisgrenze erfolgten bei den Testgeräten 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.

7.4 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:

$$X = 3,3 \cdot s_{x_0} \quad \text{mit} \cdot s_{x_0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

7.5 Bewertung

Das Nullniveau und die Nachweisgrenze ermittelte sich sowohl für PM_{2,5} als auch für PM₁₀ aus den Untersuchungen für beide Geräte zu 0,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 10: Nullniveau und Nachweisgrenze PM_{2,5}

		Gerät FE111	Gerät FE114
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte (Nullniveau) \bar{x}_0	µg/m ³	0,00	0,00
Standardabweichung der Werte s_{x_0}	µg/m ³	0,00	0,00
Nachweisgrenze x	µg/m ³	0,00	0,00

Tabelle 11: Nullniveau und Nachweisgrenze PM₁₀

		Gerät FE111	Gerät FE114
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte (Nullniveau) \bar{x}_0	µg/m ³	0,00	0,00
Standardabweichung der Werte s_{x_0}	µg/m ³	0,00	0,00
Nachweisgrenze x	µg/m ³	0,00	0,00

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

7.1 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 müssen 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.*

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 °C bis +40 °C, ein Referenzdurchflussmesser gemäß Punkt 4.

7.3 Durchführung der Prüfung

Bei jeder Temperatur sind mindestens zehn Messungen über eine Mindestdauer von einer Stunde bei dem vom Hersteller festgelegten Betriebsvolumenstrom durchzuführen. Die Messungen sind innerhalb des Messzeitraums in gleichmäßigen Abständen durchzuführen. Für jede Temperatur muss der Mittelwert der Messergebnisse mit dem Betriebsvolumenstrom verglichen werden.

Die Messeinrichtung EDM 280 arbeitet mit einer konstanten Durchflussrate von 1,2 l/min (Messblendenbedingungen).

Mit Hilfe eines Referenzdurchflussmessers wurde bei +5 °C und +40 °C der Volumenstrom durch 10 Messungen über 1 Stunde mit dem vom Hersteller festgelegten Betriebsvolumenstrom durchgeführt. Zur Überprüfung der Genauigkeit der Durchflussrate wurden daher die Messwerte des Referenzdurchflussmessers auf die Bedingungen an der Messblende der Messeinrichtung bezogen.

Die Messungen waren gleichmäßig über den Messzeitraum verteilt.

7.4 Auswertung

Aus den ermittelten 10 Messwerten pro Temperaturstufe wurden die Mittelwerte gebildet und die Abweichungen zum vom Hersteller festgelegten Betriebsvolumenstrom ermittelt.

7.5 Bewertung

Die maximale relative Differenz zwischen dem Mittelwert der Messergebnisse für den Volumenstrom bei +5 °C und +40 °C und dem Sollwert von 1,2 l/min lag bei maximal 0,75 % .

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Durchflussmessungen bei den zulässigen Umgebungstemperaturen sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Genauigkeit des Volumenstroms bei +5 °C und +40 °C

		Gerät FE111	Gerät FE114
Sollwert Durchflussrate	l/min	1,200	1,200
Mittelwert bei 5°C	l/min	1,201	1,209
Abw. vom Sollwert	%	0,105	0,749
Mittelwert bei 40°C	l/min	1,195	1,193
Abw. vom Sollwert	%	-0,389	-0,554

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Genauigkeit des Volumenstroms können der Anlage 2 im Anhang entnommen werden.

7.1 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 Probendurchfluss)

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung EDM 280 arbeitet mit einer konstanten Durchflussrate von 1,2 l/min (Messblendenbedingungen).

Im Rahmen der Feldprüfungen wurde der Probenahmevolumenstrom vor und nach jedem Feldteststandort mit Hilfe eines Massendurchflussmessers auf Korrektheit überprüft. Eine Nachjustierung war zu keinem Zeitpunkt der Prüfung erforderlich.

Um die Konstanz des Probenahmevolumenstroms zu ermitteln, wurde die Durchflussrate einmal im Feld über 24 h mit Hilfe eines Massendurchflussmessers aufgezeichnet und ausgewertet.

7.4 Auswertung

Aus den ermittelten Messwerten für den Durchfluss (24 h-Mittel) wurden Mittelwert, Standardabweichung sowie Maximal- und Minimalwert bestimmt.

7.5 Bewertung

Die grafischen Darstellungen der Konstanz des Durchflusses (24 h-Mittel) zeigen, dass alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als 5 % vom jeweiligen Sollwert abweichen. Die Abweichung der 24h-Mittelwerte für den Gesamtdurchfluss von 1,2 l/min beträgt maximal 1,00 % vom Sollwert.

Alle ermittelten Momentanwerte weichen weniger als 5 %, alle gemittelten Werte weniger als 1,00 % vom Sollwert ab.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 13 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss aufgeführt. Abbildung 26 bis Abbildung 27 zeigen eine grafische Darstellung der Durchflussmessungen an den beiden Testgeräten.

Tabelle 13: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel)

		Gerät FE111	Gerät FE114
Mittelwert	l/min	1,212	1,207
Abw. vom Sollwert	%	1,00	0,61
Standardabweichung	l/min	0,004	0,007
Minimalwert	l/min	1,200	1,193
Maximalwert	l/min	1,227	1,238

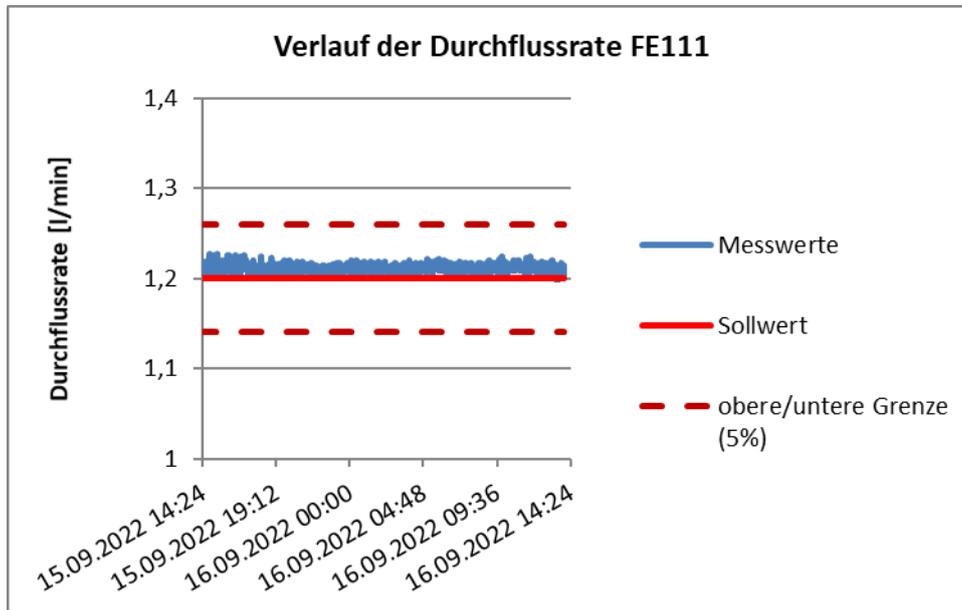


Abbildung 26: Durchfluss am Testgerät FE111

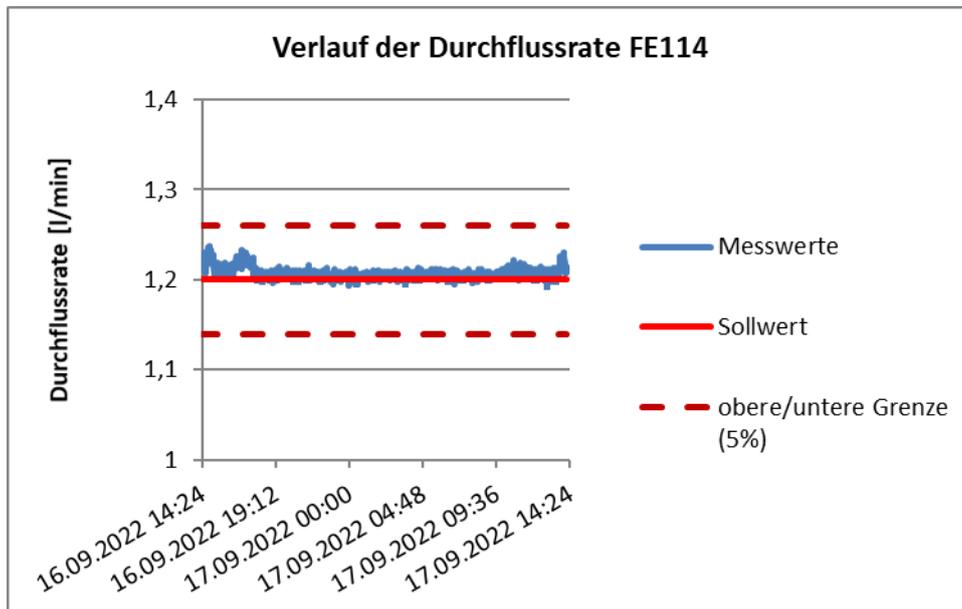


Abbildung 27: Durchfluss am Testgerät FE114

7.1 6 Dichtigkeit des Probenahmesystems (7.4.6)

Die Undichtigkeit muss ≤ 2,0 % des Probenvolumenstroms betragen oder die Spezifikationen des Herstellers der AMS unter Einhaltung der geforderten Datenqualitätsziele (DQO) erfüllen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Field-Test-Kit

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Dichtigkeit (Leckrate) des gesamten Volumenstromweges der AMS (Probeneinlass, Probenahmerohr, Messeinrichtung) ist nach der Spezifikation des Herstellers zu prüfen. Eine in die AMS integrierte Dichtigkeitsprüfung kann verwendet werden, vorausgesetzt, eine derartige Prüfung ist für eine angemessene Beurteilung der Dichtigkeit des Geräts geeignet.

Wenn aus technischen Gründen nicht das gesamte System geprüft werden kann, kann die Leckrate für jedes Element des Volumenstromweges getrennt bestimmt werden. Da ein ordnungsgemäßes Abdichten des Probeneinlasses nicht möglich ist, wurde der Einlass aus der Prüfung ausgeschlossen.

Für die Messeinrichtungen vom EDM 280 existiert ein festgelegtes Verfahren um die Dichtigkeit zu überprüfen (Kapitel 7.2.4 des Handbuchs). Hierzu wird der Messbetrieb unterbrochen und das Gerät ausgeschaltet. Der Probenluftausgang des Gerätes wird mit einer Dichtschraube aus dem Field-Test-Kit verschlossen. Dann wird am Probenrohreingang der Druckprüfer aus dem Set für die Dichtheitsprüfung (Bestandteil des Field-Test-Kits) angeschlossen und das System mit ca. 100 Torr Überdruck beaufschlagt (Gesamtvolumen 330 ml). Der Druckabfall darf dann gemäß Herstellerspezifikation innerhalb von 60 s nicht mehr als 5 Torr betragen (entsprechend einer Leckage von 16,5 ml/min bei einem Durchfluss von 1200 ml/min).

Berechnung der Leckage: $L = (p_{\text{abfall}}/p_{\text{start}})/t \cdot V \cdot 60$

mit

L = Leckage in ml/min

P_{abfall} = Druckabfall in Torr über die Prüfdauer

P_{start} = Prüfdruck zum Start der Prüfung in Torr

t = Prüfdauer in s

V = Gerätevolumen in ml (330 ml für Probenahme + Messeinschub)

Diese Prozedur wurde jeweils zu Beginn und Ende eines jeden Feldteststandorts durchgeführt.

7.4 Auswertung

Die Dichtigkeitsprüfung wurde jeweils zu Beginn und Ende eines jeden Feldteststandorts durchgeführt.

Tabelle 14: Ergebnisse Dichtigkeitsprüfungen EDM 280

	Undichtigkeit in % vom Probenvolumenstrom			
	FE 111		FE 114	
	Zu Beginn	Zum Ende	Zu Beginn	Zum Ende
Köln	0,55	0,00	0,55	0,00
Bornheim	0,41	0,00	0,28	0,55
Niederzier	0,28	0,28	0,00	0,28
JRC Ispra	0,14	0,00	0,14	0,14

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Verfahren zur Dichtigkeitsprüfung erwies sich in der Prüfung als geeignete Methode zur Überwachung der Gerätedichtigkeit.

7.5 Bewertung

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Verfahren zur Dichtigkeitsprüfung erwies sich in der Prüfung als geeignet zur Überwachung der Gerätedichtigkeit. Im Rahmen der Prüfung wurden Undichtigkeiten von maximal 0,55 % ermittelt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

7.1 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.*

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5°C bis +40 °C, Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Abhängigkeit der Nullpunktablesung von der Umgebungstemperatur ist bei folgenden Temperaturen zu bestimmen:

- a) bei einer Nenntemperatur $T_{S,n} = +20 \text{ °C}$;
- b) bei einer Mindesttemperatur $T_{S,1} = +5 \text{ °C}$;
- c) bei einer Höchsttemperatur $T_{S,2} = +40 \text{ °C}$.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben. Für die Nullpunktsuntersuchungen wurde den Testgeräten durch Montage von Null-Filtern am Geräteeinlass schwebstaubfreie Probenluft zugeführt.

Bei jeder Temperatureinstellung sind drei unabhängige Messergebnisse am Nullpunkt aufzuzeichnen.

Bei jeder Temperatureinstellung müssen die Kriterien für die Einlauf- oder Stabilisierungszeit nach 7.4.2.1 erfüllt werden.

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).

7.4 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.

7.5 Bewertung

Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich beträgt +5 °C bis +40 °C. Die maximale Abweichung zu dem mittleren Messwert bei T_{S,n} betrug sowohl für PM_{2,5} als auch für PM₁₀ 0,0 µg/m³.
 Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

 Tabelle 15: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM_{2,5}

Temperatur	FE111		FE114	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
20	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
40	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 16: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM₁₀

Temperatur	FE111		FE114	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
20	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
40	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.

7.1 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.*

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 °C bis +40 °C, monodisperser Prüfstaub zur Empfindlichkeitsüberprüfung.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Abhängigkeit des Span-Wertes von der Umgebungstemperatur ist bei folgenden Temperaturen zu bestimmen:

- a) bei einer Nenntemperatur $T_{S,n} = +20 \text{ °C}$;
b) bei einer Mindesttemperatur $T_{S,1} = +5 \text{ °C}$;
c) bei einer Höchsttemperatur $T_{S,2} = +40 \text{ °C}$.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben.

Die Prüfung der Empfindlichkeit erfolgte mit einem monodispersen Prüfstaub, der in ansonsten staubfreier Probenluft aufgegeben wurde. Der Prüfstaub besteht aus Glaskugeln mit einem Durchmesser von ca. 5 µm. Er wird in einen Dispenser gefüllt (ca. 100 mg für 5-10 Messungen), der mit einem Schlauch an den Probeneinlass angeschlossen wird. Der Anwender schüttelt die Partikel mit Hilfe kleiner Stahlkugeln im Dispenser auf. Die Probenluft strömt aus der Umgebung durch einen Filter in den Dispenser ein und wird mit Prüfstaub angereichert.

Die Messeinrichtung EDM 280 klassiert den Prüfstaub mit einer speziellen, feiner abgestuften Klassierskala, die vor dem Test auf das Gerät eingespielt werden muss. Aufgrund anderer optischer Eigenschaften stimmt der optische Durchmesser von Glas nicht mit dem von PSL überein, daher liegt der Modus der Verteilung bei ca. 4,5 µm. Aus der Verteilung wird der nach Partikelanzahl gewichtete Mittelwert des Partikeldurchmessers berechnet. Aus dem Partikeldurchmesser lässt sich in idealer Annahme dann ein Kugelvolumen errechnen. Eine Änderung des Kugelvolumens durch Variation des Partikeldurchmessers ist bei Annahme einer konstanten Dichte proportional zu einer Änderung der Partikelmasse (und damit auch einer Massenkonzentration) und kann daher zur Überprüfung der Empfindlichkeit herangezogen werden.

Bei jeder Temperatureinstellung sind drei unabhängige Messergebnisse am Span aufzuzeichnen.

Bei jeder Temperatureinstellung müssen die Kriterien für die Einlauf- oder Stabilisierungszeit nach 7.4.2.1 erfüllt werden.

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 Referenzpunkt (3 Messwerte pro Temperaturstufe).

7.4 Auswertung

Es wurden die Werte für den mittleren Partikeldurchmesser [μm] der jeweiligen Einzelmessungen ermittelt, in ein Kugelvolumen [μm^3] umgerechnet 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.

7.5 Bewertung

Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich beträgt +5 °C bis +40 °C. Die maximale Abweichung zu dem mittleren Messwert bei 20 °C betrug -4,5 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 17: Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur

Temperatur	FE111		FE114	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
°C	[μm^3]	%	[μm^3]	%
20	49,4	0,7	47,8	-0,4
5	48,6	-1,0	47,2	-1,6
20	48,7	-0,7	47,6	-0,8
40	50,9	3,7	45,8	-4,5
20	49,1	0,0	48,6	1,2
Mittelwert bei 20°C	49,1	-	48,0	-

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

7.1 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

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Trennstelltrafo, monodisperser Prüfstaub zur Empfindlichkeitsüberprüfung.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Abhängigkeit des durch Anwendung eines Kalibrierartefakts gemessenen Wertes von der Versorgungsspannung ist unter Einhaltung der Spezifikationen des Herstellers bei den folgenden Spannungen zu bestimmen:

- bei der Nennspannung $V_{s,n} = 230 \text{ V}$;
- bei der Minimalspannung $V_{s,1} = 195 \text{ V}$;
- bei der Maximalspannung $V_{s,2} = 253 \text{ V}$.

Diese Prüfung erfordert die Anwendung von Kalibriereinrichtungen für den Span.

Die Prüfung der Empfindlichkeit erfolgte mit einem monodispersen Prüfstaub, der in ansonsten staubfreier Probenluft aufgegeben wurde. Der Prüfstaub besteht aus Glaskugeln mit einem Durchmesser von ca. $5 \mu\text{m}$. Er wird in einen Dispenser gefüllt (ca. 100 mg für 5-10 Messungen), der mit einem Schlauch an den Probeneinlass angeschlossen wird. Der Anwender schüttelt die Partikel mit Hilfe kleiner Stahlkugeln im Dispenser auf. Die Probenluft strömt aus der Umgebung durch einen Filter in den Dispenser ein und wird mit Prüfstaub angereichert.

Die Messeinrichtung EDM 280 klassiert den Prüfstaub mit einer speziellen, feiner abgestuften Klassierskala, die vor dem Test auf das Gerät eingespielt werden muss. Aufgrund anderer optischer Eigenschaften stimmt der optische Durchmesser von Glas nicht mit dem von PSL überein, daher liegt der Modus der Verteilung bei ca. $4,5 \mu\text{m}$. Aus der Verteilung wird der nach Partikelanzahl gewichtete Mittelwert des Partikeldurchmessers berechnet. Aus dem Partikeldurchmesser lässt sich in idealer Annahme dann ein Kugelvolumen errechnen. Eine Änderung des Kugelvolumens durch Variation des Partikeldurchmessers ist bei Annahme einer konstanten Dichte proportional zu einer Änderung der Partikelmasse (und damit auch einer Massenkonzentration) und kann daher zur Überprüfung der Empfindlichkeit herangezogen werden.

Bei jeder Spannungseinstellung müssen drei einzelne Messergebnisse für den Span aufgezeichnet werden.

Bei jeder Spannungseinstellung müssen die Kriterien für die Einlauf- oder Stabilisierungszeit nach 7.4.2.1 erfüllt werden.

Die Prüfungen werden mit der Spannungs-Reihenfolge $V_{s,n} - V_{s,1} - V_{s,n} - V_{s,2} - V_{s,n}$ durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es wurden die Werte für den mittleren Partikeldurchmesser [μm] der jeweiligen Einzelmessungen ermittelt, in ein Kugelvolumen [μm^3] umgerechnet und ausgewertet.

Um eine mögliche Drift durch andere Faktoren als die der Spannung auszuschließen, werden die Messwerte bei $V_{s,n}$ gemittelt.

Die Differenzen zwischen den Ergebniswerten bei den beiden Extremwerten der Spannung und $V_{s,n}$ werden bestimmt.

7.5 Bewertung

Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen vom mehr als -3,9 %, bezogen auf den Mittelwert bei 230 V, festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 18: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung

Netzspannung	FE111		FE114	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 230 V	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 230 V
V	[µm³]	%	[µm³]	%
230	51,3	0,6	47,7	2,8
195	52,3	2,5	46,8	0,8
230	51,2	0,5	46,7	0,6
253	49,0	-3,9	47,1	1,4
230	50,4	-1,2	44,8	-3,4

Die Einzelergebnisse können der Anlage 4 im Anhang entnommen werden.

7.1 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung

Geräteparameter müssen gegen Verlust gesichert sein.

Bei Rückkehr der Netzspannung muss das Gerät automatisch die Funktion wieder aufnehmen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

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

7.4 Auswertung

Im Falle eines Netzausfalles befindet sich die Messeinrichtung nach der Spannungswiederkehr nach dem Hochfahren des Betriebssystems innerhalb weniger Minuten wieder in messbarem Zustand. Alle Geräteparameter sind vollständig erhalten.

7.5 Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

7.1 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.*

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer mit Feuchteregelung für den Bereich 40 % bis 90 % relative Feuchte, Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung

7.3 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 umgebenden Atmosphäre gezielt variiert. Den Prüflingen wurde für die Nullpunktuntersuchungen durch Montage von Null-Filtern an jeweils beiden Geräteeinlässen schwebstaubfreie Probenluft zugeführt.

Nach der Stabilisierung der relativen Feuchte und der Konzentrationsmesswerte der AMS wird ein Messwert über den kleinsten Mittelungszeitraum der AMS bei 40 % relativer Feuchte aufgezeichnet. Die relative Feuchte wird dann mit einer Geschwindigkeit von 25 % je Stunde auf 90 % erhöht. Die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts und der mittlere Konzentrationsmesswert werden aufgezeichnet. Die relative Feuchte wird dann mit einer Geschwindigkeit von 25 % je Stunde auf 40 % reduziert. Die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts und der mittlere Konzentrationsmesswert werden erneut aufgezeichnet.

7.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte für die Nullkonzentrationen der 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.

7.5 Bewertung

Es wurde keine Differenz zwischen den Messwerten bei 40 % und bei 90 % relativer Feuchte festgestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 19: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, PM_{2,5}

rel. Luftfeuchte	FE111		FE114	
	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert
%	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
40	0,0	-	0,0	-
90	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximale Abweichung	0,0		0,0	

Tabelle 20: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, PM₁₀

rel. Luftfeuchte	FE111		FE114	
	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert
%	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
40	0,0	-	0,0	-
90	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximale Abweichung	0,0		0,0	

7.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3)

*Während der Prüfungen darf der absolute Messwert der AMS am Nullpunkt das folgende Kriterium nicht überschreiten:
Absoluter Wert $\leq 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.*

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nullfilter zur Nullpunktsüberprüfung

7.3 Durchführung der Prüfung

Während des normalen Betriebs sind über einen hinreichenden Zeitraum regelmäßige Feldprüfungen des Messwertes der AMS am Nullpunkt unter Anwendung eines geeigneten Verfahrens zur Bereitstellung von Nullluft für die AMS durchzuführen. Anweisungen des Herstellers sind zu berücksichtigen. Ein angemessenes Verfahren zur Erzeugung von Nullluft besteht in der Probenahme von Außenluft durch ein Nullluftfilter, das anstelle des üblichen Probenahmeinlasses am Einlass der AMS angebracht ist. Die Nullpunktprüfung muss mindestens 24 h andauern.

Die Prüfungen sind mindestens zu Beginn und am Ende an jedem der vier Vergleichskampagnen vorzunehmen.

7.4 Auswertung

Während der Prüfungen darf der absolute Messwert der AMS am Nullpunkt $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten.

7.5 Bewertung

Der maximal ermittelte absolute Messwert am Nullpunkt lag bei $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 21: Nullpunktprüfungen, PM_{2,5}

Datum	FE111		Datum	FE114	
	Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m ³		Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m ³
	µg/m ³			µg/m ³	
06.08.2021	0,0	ok	06.08.2021	0,0	ok
07.08.2021	0,0	ok	07.08.2021	0,0	ok
08.08.2021	0,0	ok	08.08.2021	0,0	ok
09.11.2021	0,0	ok	09.11.2021	0,0	ok
16.12.2021	0,0	ok	16.12.2021	0,0	ok
08.03.2022	0,0	ok	08.03.2022	0,0	ok
21.06.2022	0,0	ok	21.06.2022	0,0	ok
13.09.2022	0,0	ok	13.09.2022	0,0	ok
10.10.2022	0,0	ok	10.10.2022	0,0	ok
06.01.2023	0,0	ok	06.01.2023	0,0	ok

Tabelle 22: Nullpunktprüfungen, PM₁₀

Datum	FE111		Datum	FE114	
	Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m ³		Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m ³
	µg/m ³			µg/m ³	
06.08.2021	0,0	ok	06.08.2021	0,0	ok
07.08.2021	0,0	ok	07.08.2021	0,0	ok
08.08.2021	0,0	ok	08.08.2021	0,0	ok
09.11.2021	0,0	ok	09.11.2021	0,0	ok
16.12.2021	0,0	ok	16.12.2021	0,0	ok
08.03.2022	0,0	ok	08.03.2022	0,0	ok
21.06.2022	0,0	ok	21.06.2022	0,0	ok
13.09.2022	0,0	ok	13.09.2022	0,0	ok
10.10.2022	0,0	ok	10.10.2022	0,0	ok
06.01.2023	0,0	ok	06.01.2023	0,0	ok

7.1 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4)

Während der Prüfungen muss die AMS in der Lage sein, Betriebszustände — mindestens der folgenden Parameter — telemetrisch zu übermitteln:

- *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.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC und USB-Stick zur Datenerfassung in Prüfung.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege und kann Messwerte bzw. Statusinformationen nach Herstellerangaben auch über verschiedene Protokolle ausgeben (z. B. GRIMM Protokoll).

Die Übermittlung von Betriebszuständen sowie der relevanten Parameter wie:

- Außenlufttemperatur, -druck, -feuchte
- Temperatur / rel. Feuchte in Messzelle und an Auslassblende
- Probenvolumen
- Durchflussrate
- Soll-/Istwert Probenahmekonditionierung/-heizung

sind möglich. Alle Werte werden gespeichert.

7.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege. Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.

7.5 Bewertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege. Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

7.1 14 Tagesmittelwerte (7.5.5)

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

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

7.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob die Messeinrichtung die Bildung eines Tagesmittelwertes ermöglicht.

7.4 Auswertung

Die Messeinrichtung bestimmt kontinuierlich die Schwebstaubmassenkonzentration für PM_{2,5} und PM₁₀. Die zeitliche Auflösung der Messung beträgt dabei 6 s. Die Zeitauflösung der Messung liegt bei 6 s, wobei die Messwerte als nicht-gleitende Mittelwerte über das wählbare Messintervall (6 s, 1, 5, 10, 15, 30, 60 Minuten, Tagesmittel) ausgegeben werden. Somit ist die Bildung von 24 h-Mittelwerten leicht möglich.

Im Rahmen der Eignungsprüfung war die Messwertausgabe auf ein Messintervall von 1 min eingestellt und die Messwerte wurden manuell zu Tagesmittelwerten verdichtet.

Am Beispiel des Standortes JRC Ispra zeigt sich beispielhaft, dass die Messeinrichtung eine Erfassung der Schwebstaubmassenkonzentrationen auch in hoher zeitlicher Auflösung mit hoher Reproduzierbarkeit erlaubt (siehe Abbildung 28 bis Abbildung 33). Die Unsicherheit zwischen den AMS liegt sowohl für ein Messintervall von 1 min wie auch von 60 min deutlich unter den für 24-Stunden-Messungen geforderten 2,5 µg/m³.

Tabelle 23: Unsicherheiten zwischen den AMS, JRC Ispra, 1 min & 60 min Mittelwerte

Mittelwert	PM _{2,5}		PM ₁₀	
	1 min	60 min	1 min	60 min
Anzahl Werte	118739	1980	118739	1980
u _{bs} , AMS [µg/m ³]	0,88	0,83	1,35	1,00

7.5 Bewertung

Die Messeinrichtung erlaubt eine Erfassung der Schwebstaubmassenkonzentrationen in hoher zeitlicher Auflösung mit hoher Reproduzierbarkeit. Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist leicht möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

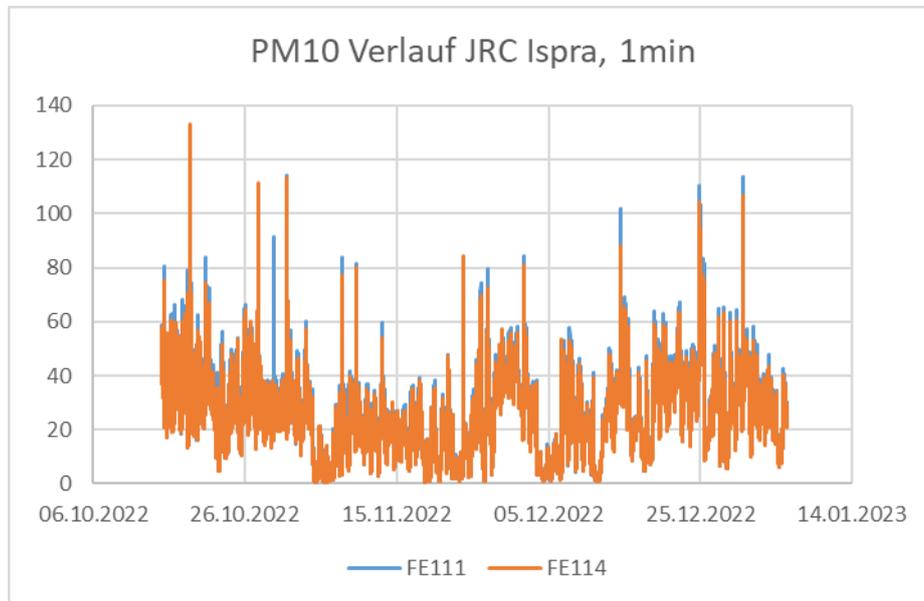


Abbildung 28: Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen, JRC Ispra, 1 min Messintervall

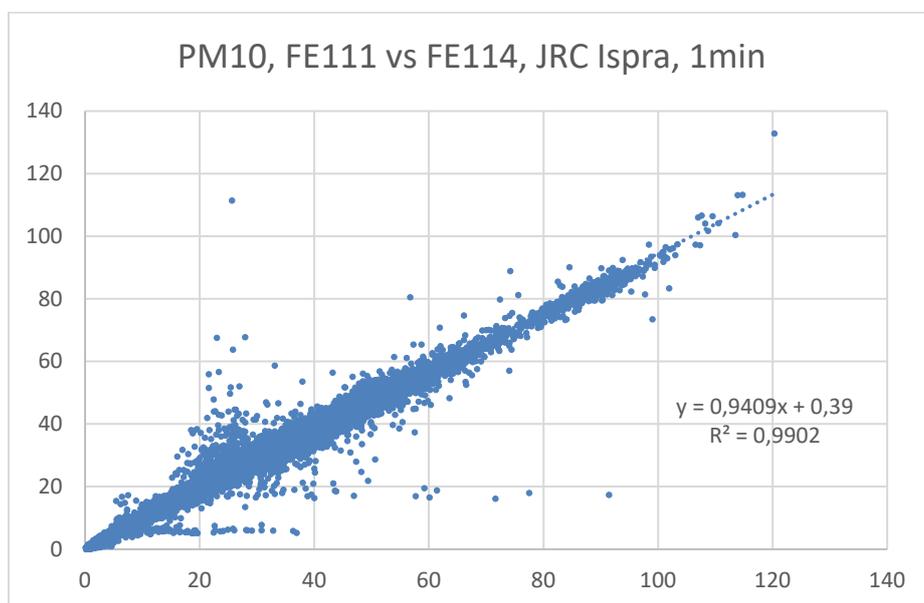


Abbildung 29: Vergleich FE111 vs. FE114, PM₁₀, JRC Ispra, 1 min Messintervall

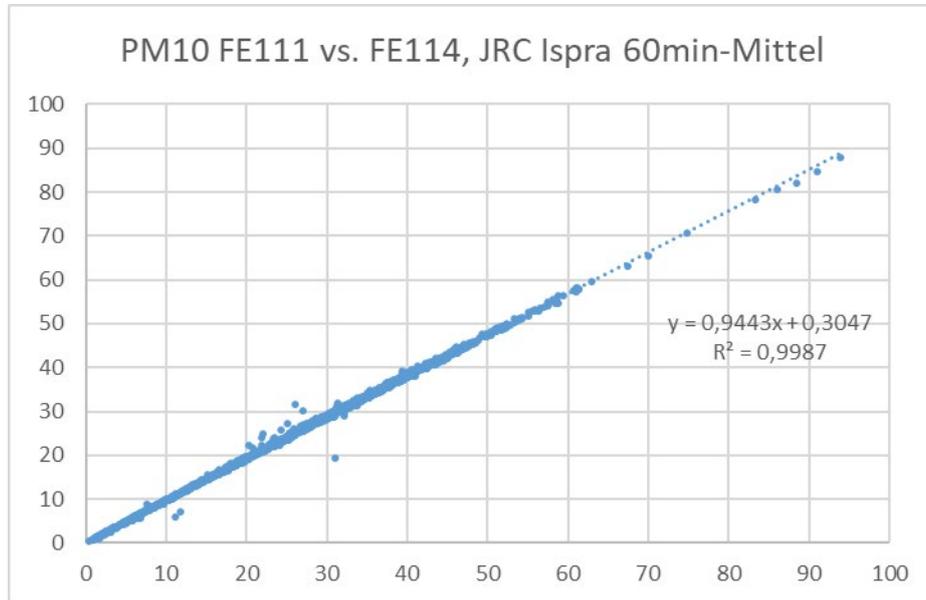


Abbildung 30: Vergleich FE111 vs. FE114, PM₁₀, JRC Ispra, 60 min Messintervall

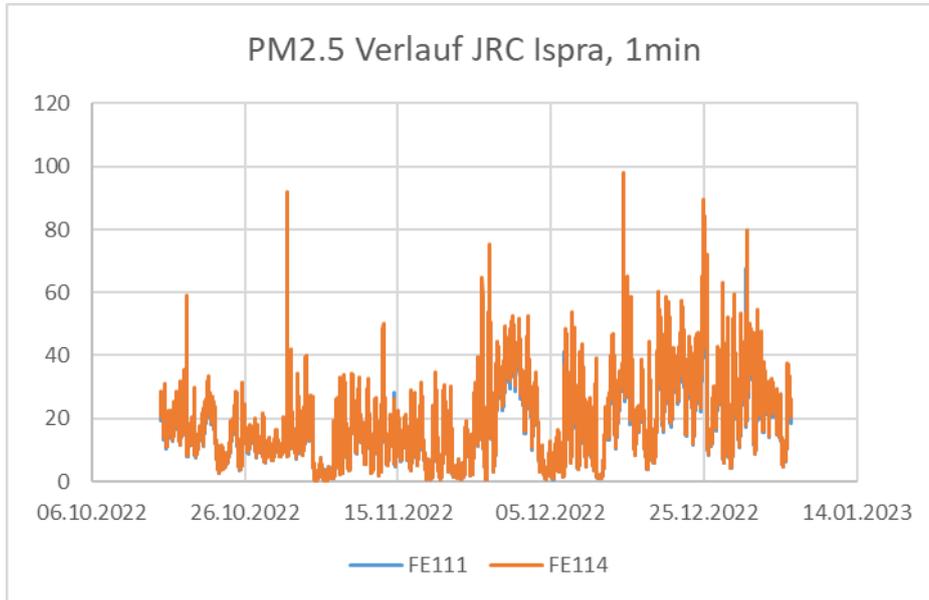


Abbildung 31: Verlauf der PM_{2,5}-Konzentrationen, JRC Ispra, 1 min Messintervall

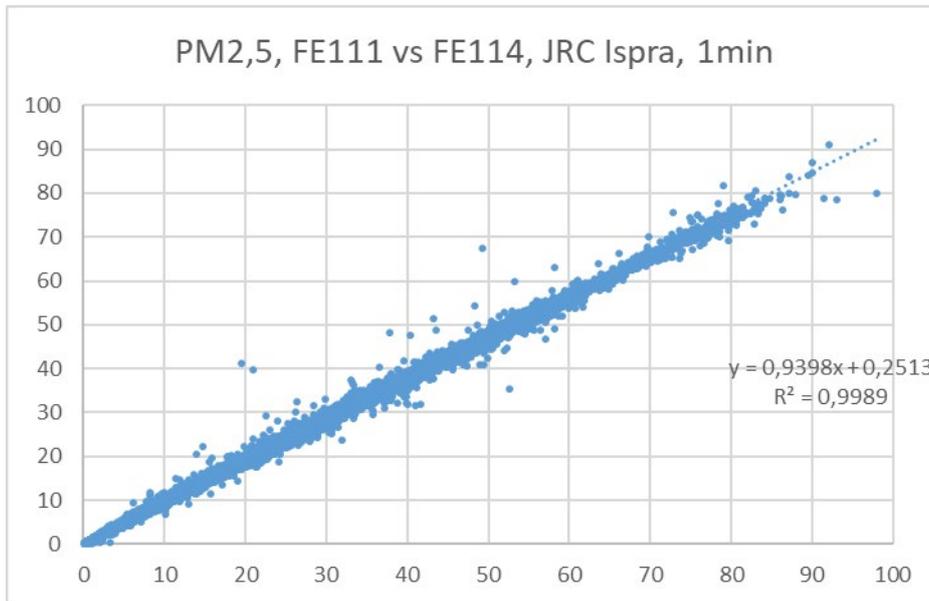


Abbildung 32: Vergleich FE111 vs. FE114, PM_{2,5}, JRC Ispra, 1 min Messintervall

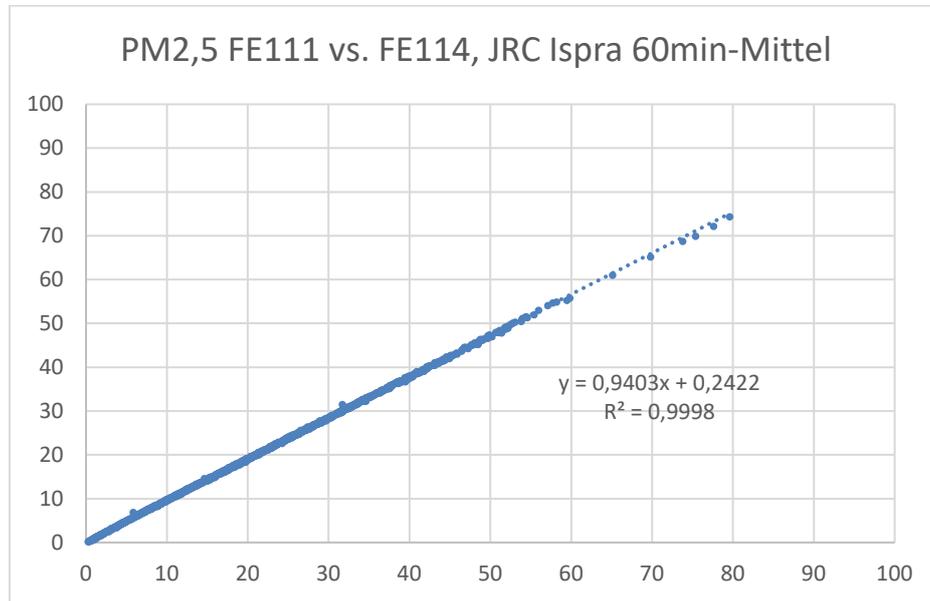


Abbildung 33: Vergleich FE111 vs. FE114, PM_{2,5}, JRC Ispra, 60 min Messintervall

7.1 15 Verfügbarkeit (7.5.6)

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung muss mindestens 90 % betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Start- und Endzeitpunkt der Verfügbarkeitsuntersuchungen werden durch den Start- bzw. Endzeitpunkt an jedem der sechs Feldteststandorte bestimmt. Der ordnungsgemäße Betrieb der Messgeräte wurde bei jedem Vor-Ort-Besuch bzw. via Fernüberwachung (i. d. R. arbeitstäglich) geprüft. Diese Prüfung umfasste Plausibilitätsprüfungen der Messwerte, der Statussignale und anderer relevanter Parameter (siehe 7.5.4). Zeitpunkt, Dauer und Art von Betriebsstörungen sind aufzuzeichnen.

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.

7.4 Auswertung

Tabelle 24 zeigt eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest über einen Zeitraum von insgesamt 350 Messtagen betrieben. Dieser Zeitraum beinhaltet 18 Tage mit Nullfilterbetrieb (bzw. durch Wechsel zwischen Nullfilter und Probenahmekopf beeinflusste Tage).

Es wurden im gesamten Feldtestzeitraum keine Ausfälle durch externe Einflüsse verzeichnet.

Während bei Gerät FE111 während der Prüfung keine Gerätestörungen verzeichnet wurden, gab es bei Gerät FE114 an insgesamt 6 Tagen Ausfälle. Die Ausfälle wurden durch einen Bug in der Kommunikation zwischen der Wetterstation WS600 und dem Messgerät verursacht und erforderten ein Softwareupdate für die Wetterstation durch den Hersteller Fa. Ott Hydromet / Luft.

7.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für Gerät FE111 100 % und für Gerät FE114 98,3 %.
Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 24: Ermittlung der Verfügbarkeit

		Gerät 1 (SN FE111)	Gerät 2 (SN FE114)
Einsatzzeit (t_{field})	d	350	350
Ausfallzeit	d	0	6
Wartungszeit inkl. Nullfilter ($t_{\text{cal,maint}}$)	d	18	18
Tatsächliche Betriebszeit (t_{valid})	d	332	326
Verfügbarkeit	%	100	98,3

7.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8)

Gemäß der Richtlinie EN 16450 [4] 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 7.1 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4) werden die Kriterien 1 und 2 geprüft.

Unter Punkt 7.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8) werden die Kriterien 3, 4 und 5 geprüft.

Unter Punkt 7.1 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.

7.1 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4)

Die Unsicherheit zwischen den AMS muss $\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM-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 PM_{2,5} bzw. größer als $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 liegen insgesamt 46 Messwerte über $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{2,5} und 46 Messwerte über $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM₁₀. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

7.4 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 Ergebnisse zusammen (Kompletter Datensatz)
- 1 Datensatz mit Messwerten $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{2,5} (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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:

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

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

7.5 Bewertung

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} liegt mit maximal $1,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unterhalb des geforderten Wertes von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 25: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$.

Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		PM _{2,5}	PM ₁₀
Alle Standorte	326 (PM_{2,5}) 326 (PM₁₀)	0,44	0,61
Klassierung über Referenzwerte			
Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{2,5}) Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM₁₀)	43 (PM_{2,5}) 39 (PM₁₀)	1,04	1,19

Hinweis: In den nachfolgenden Diagrammen entspricht CM1 dem Gerät FE111 und CM2 dem Gerät FE114.

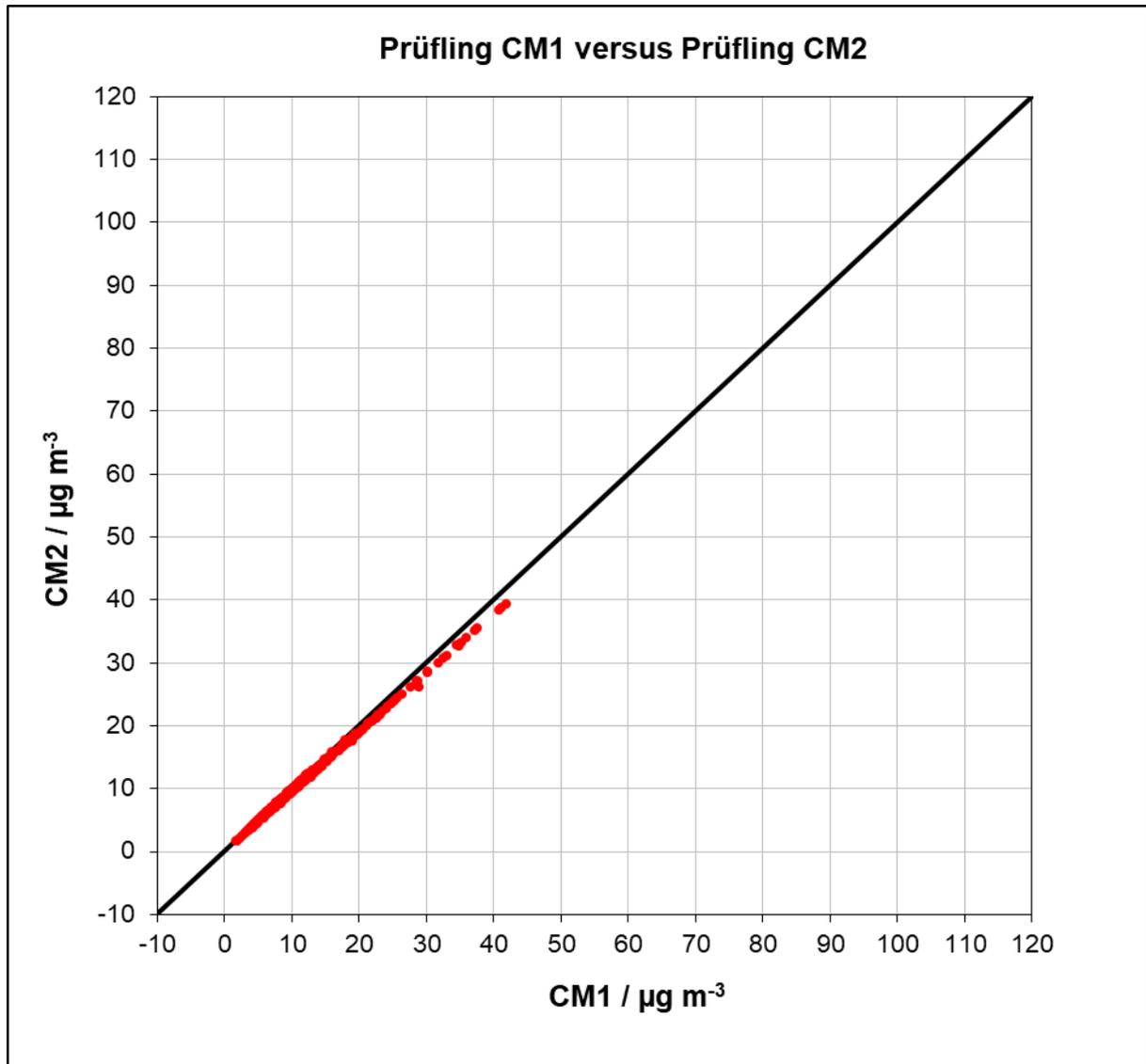


Abbildung 34: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte, PM_{2,5}

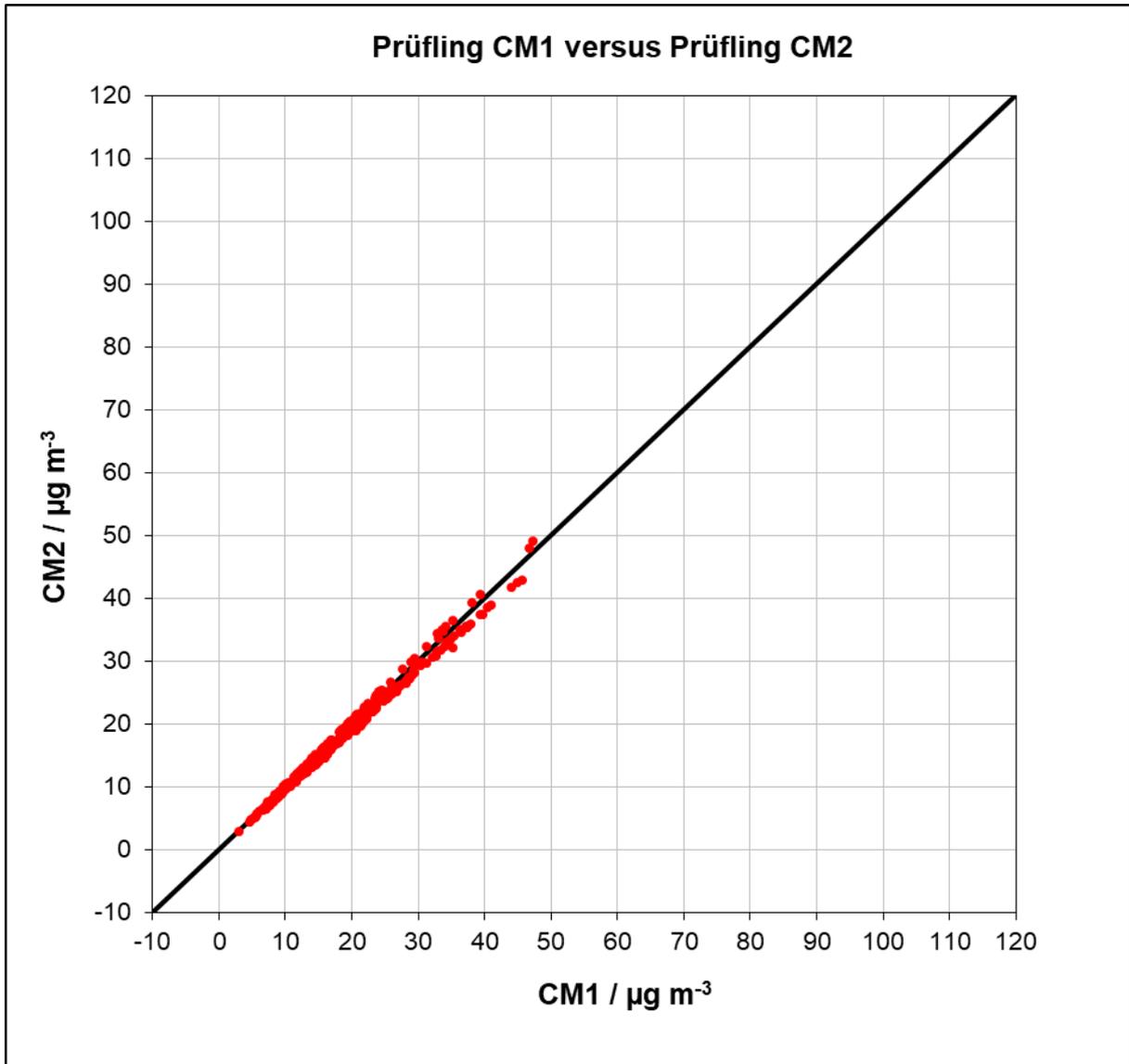


Abbildung 35: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte, PM₁₀

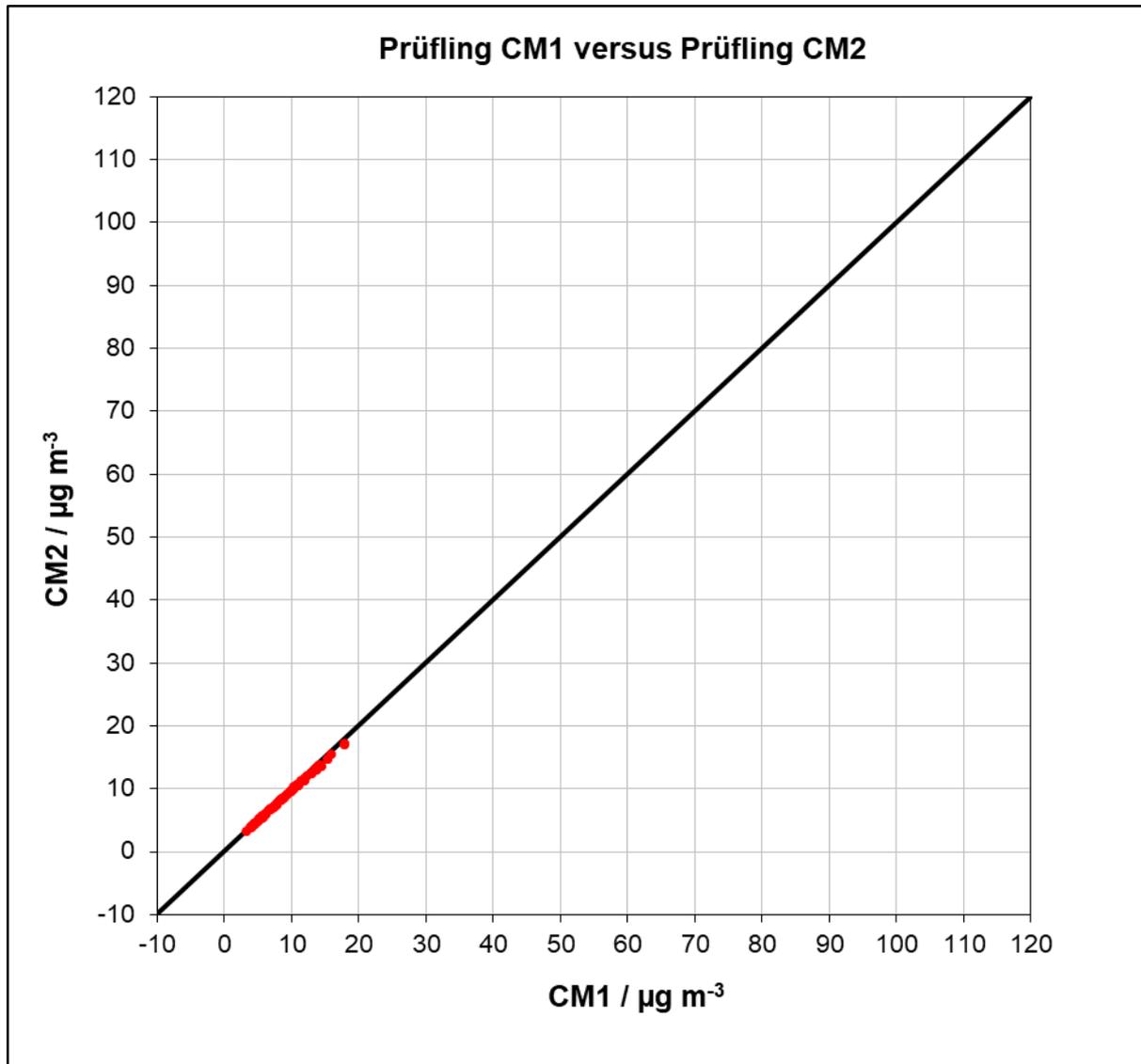


Abbildung 36: Ergebnis der Parallelmessungen, Köln, PM_{2,5}

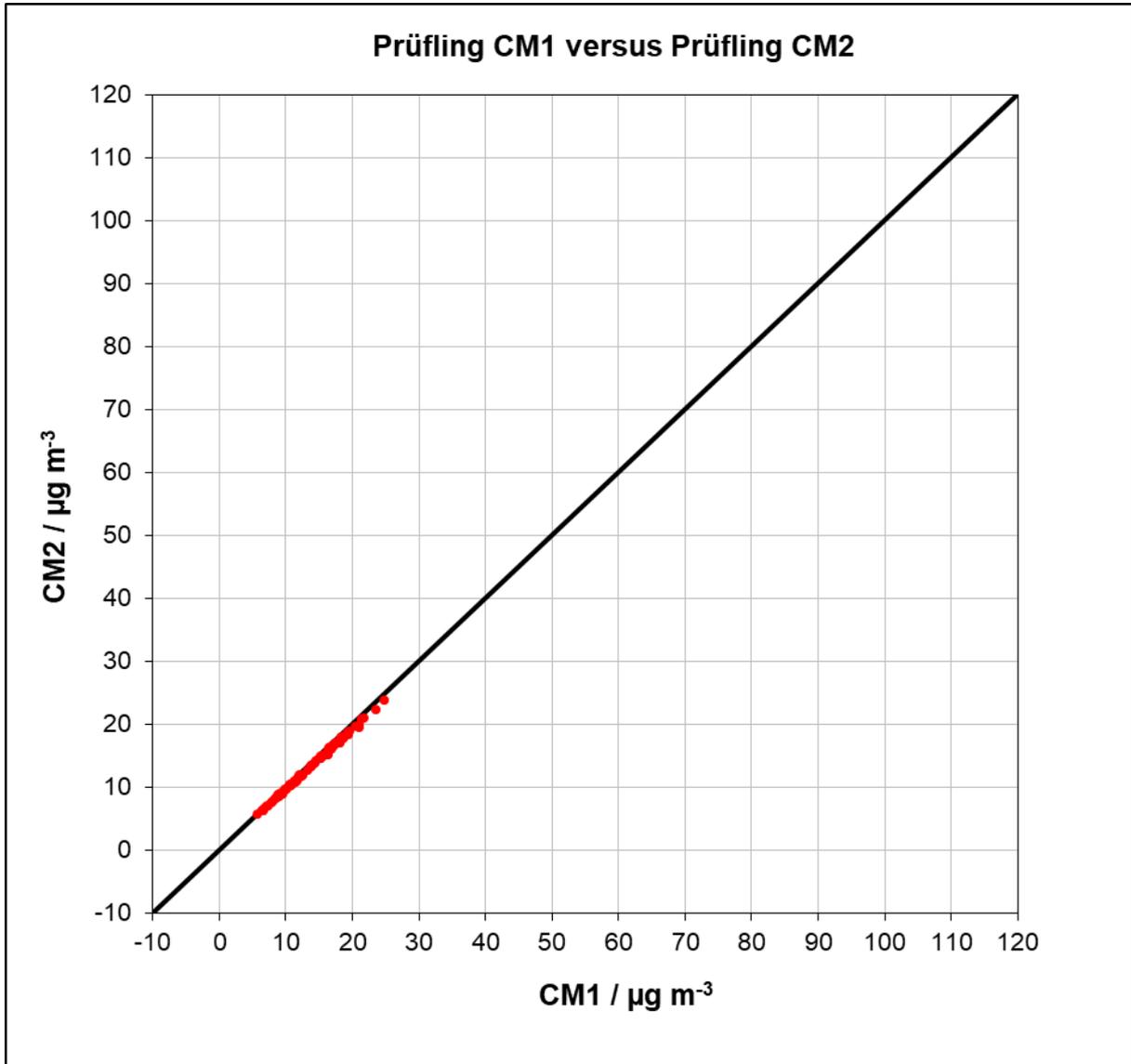


Abbildung 37: Ergebnis der Parallelmessungen, Köln, PM₁₀

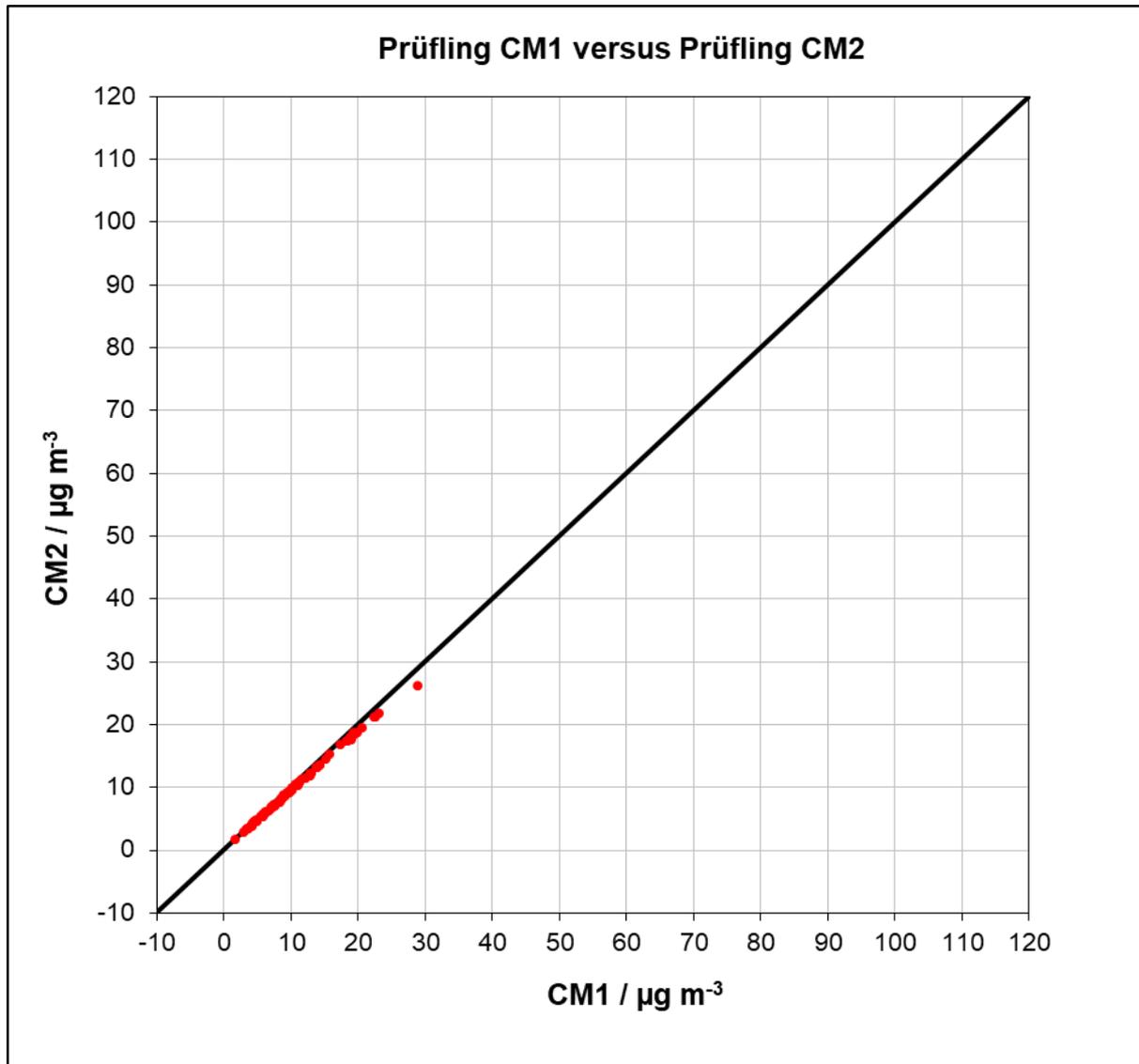


Abbildung 38: Ergebnis der Parallelmessungen, Bornheim, PM_{2,5}

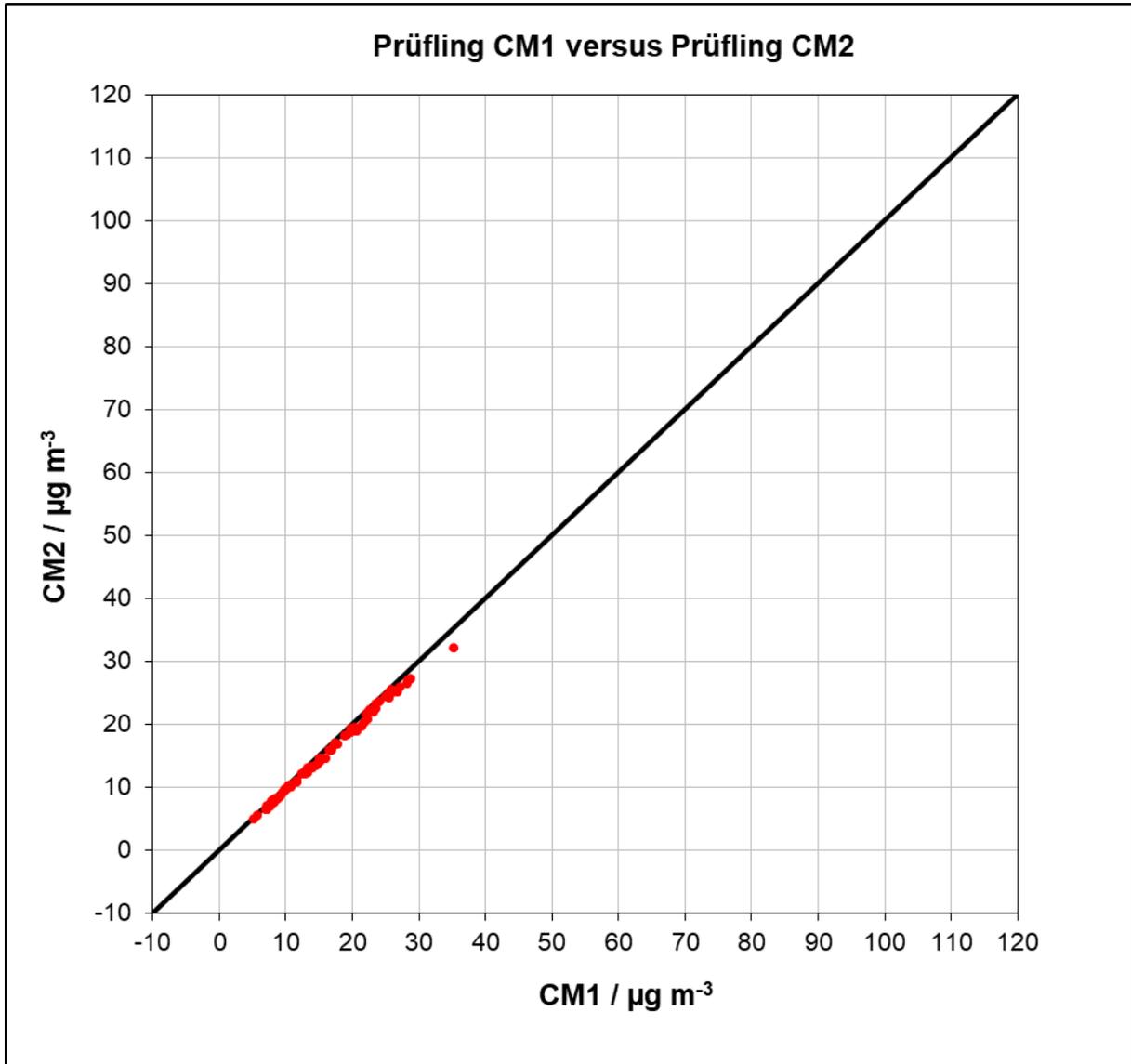


Abbildung 39: Ergebnis der Parallelmessungen, Bornheim, PM₁₀

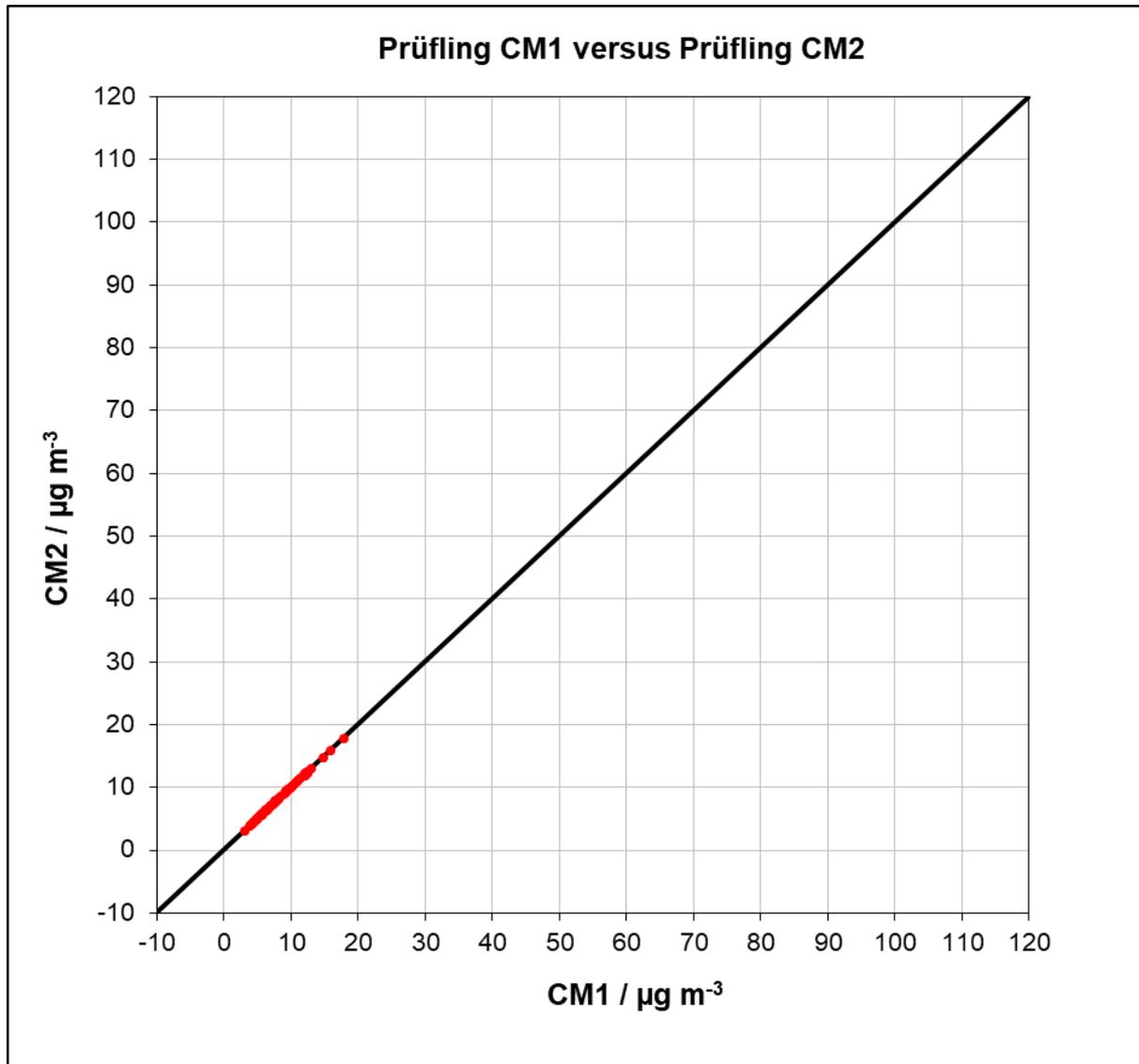


Abbildung 40: Ergebnis der Parallelmessungen, Niederzier, PM_{2,5}

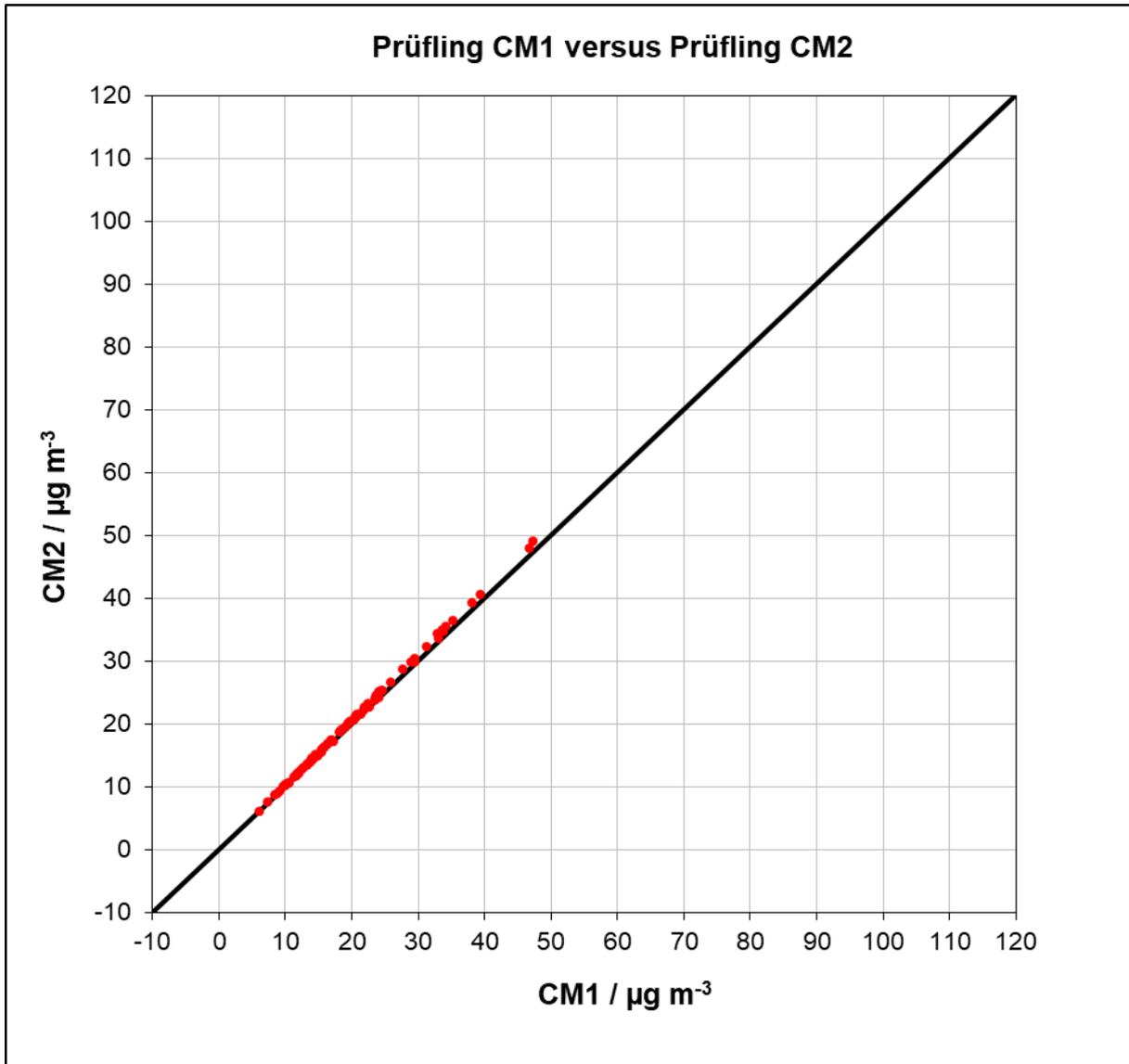


Abbildung 41: Ergebnis der Parallelmessungen, Niederzier, PM₁₀

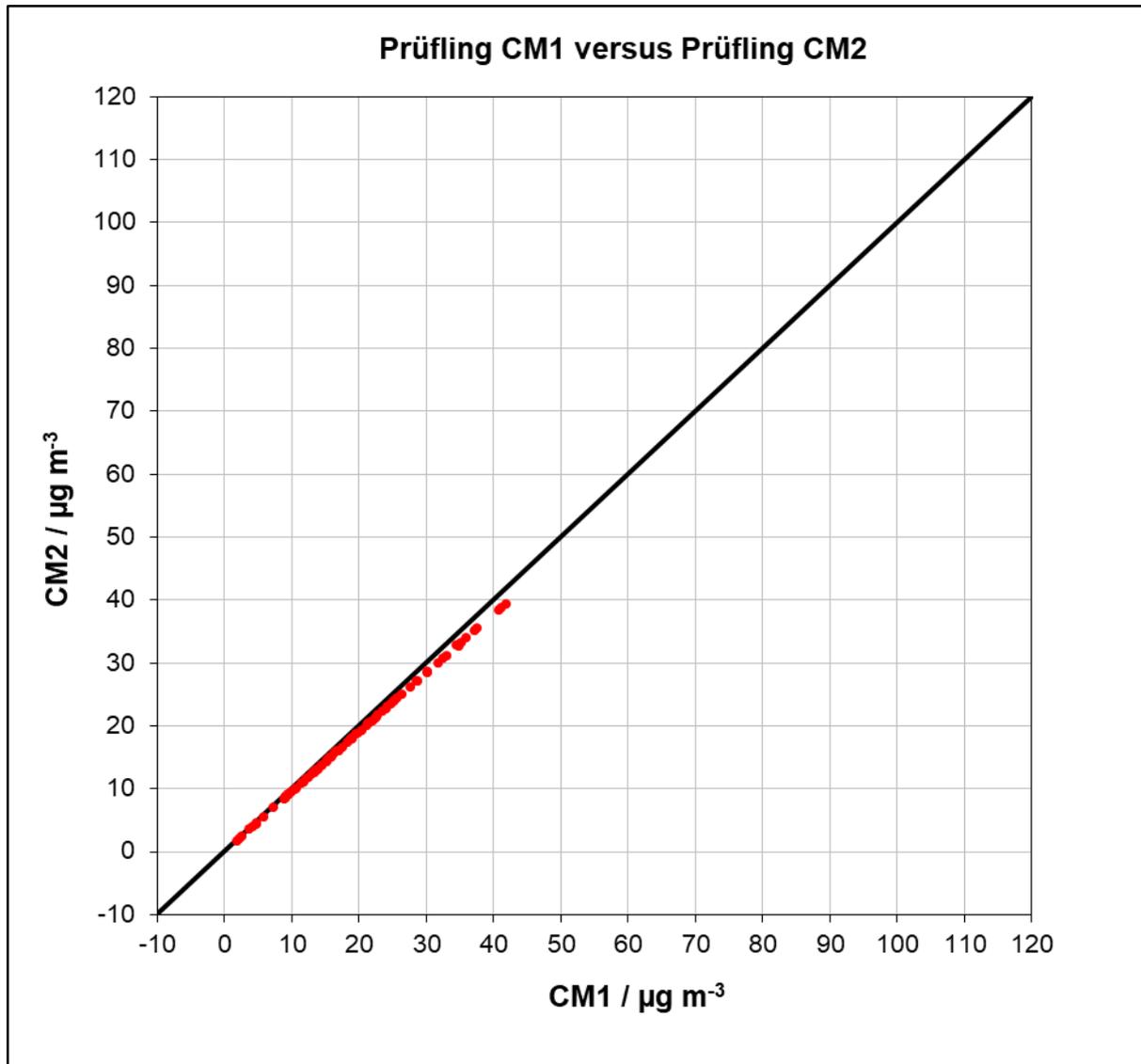


Abbildung 42: Ergebnis der Parallelmessungen, JRC Ispra, PM_{2,5}

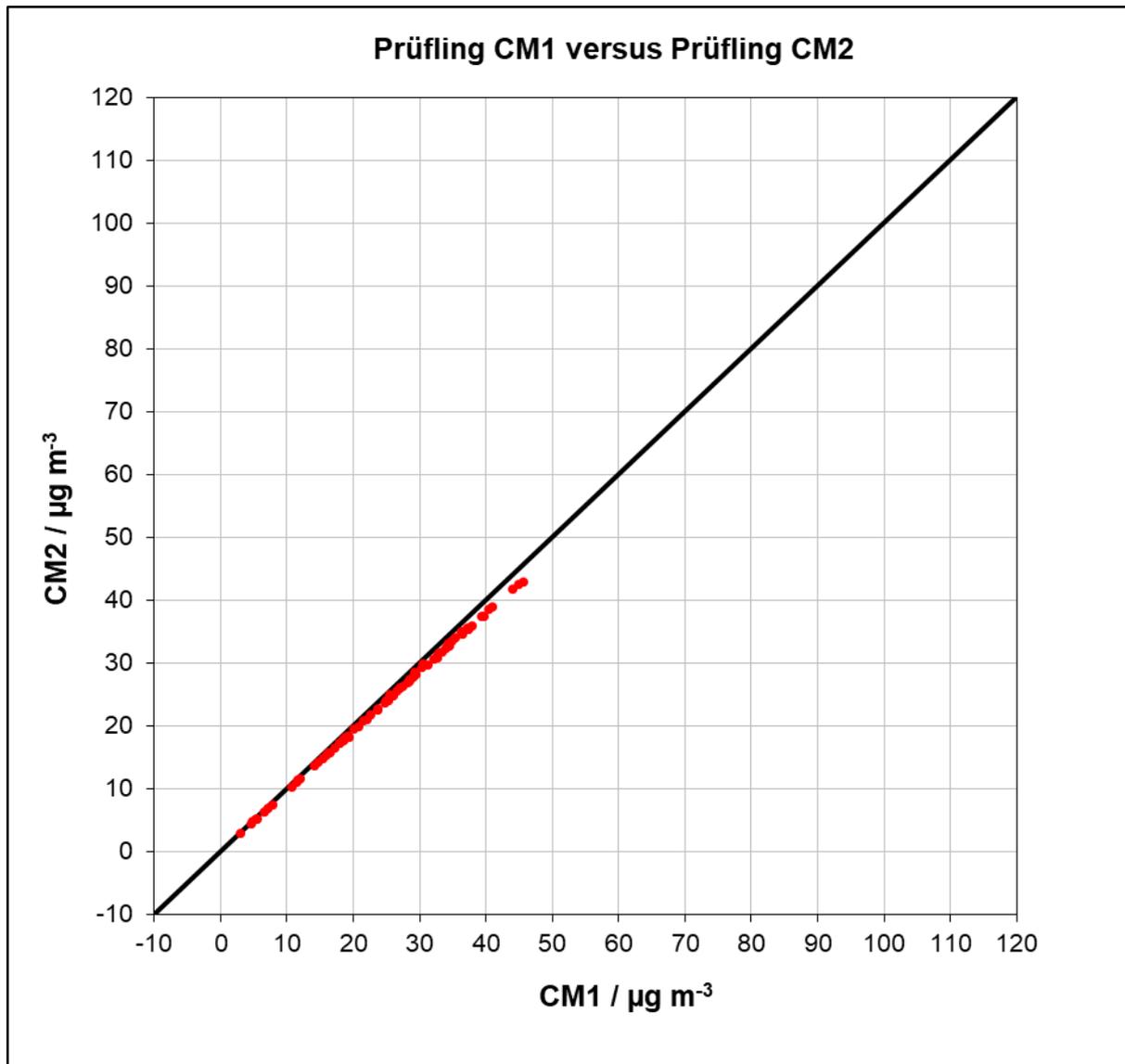


Abbildung 43: Ergebnis der Parallelmessungen, JRC Ispra, PM₁₀

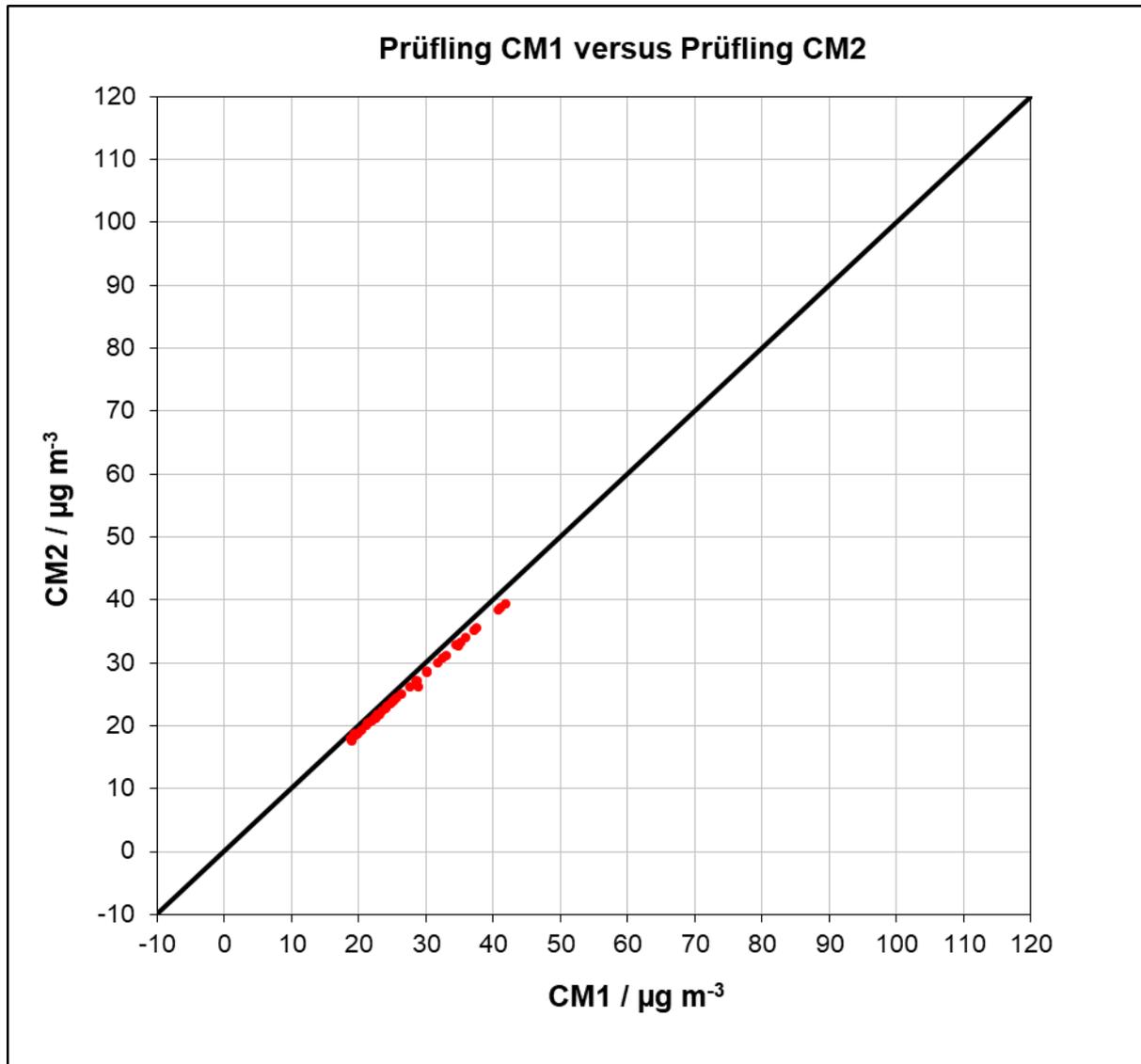


Abbildung 44: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{2,5}

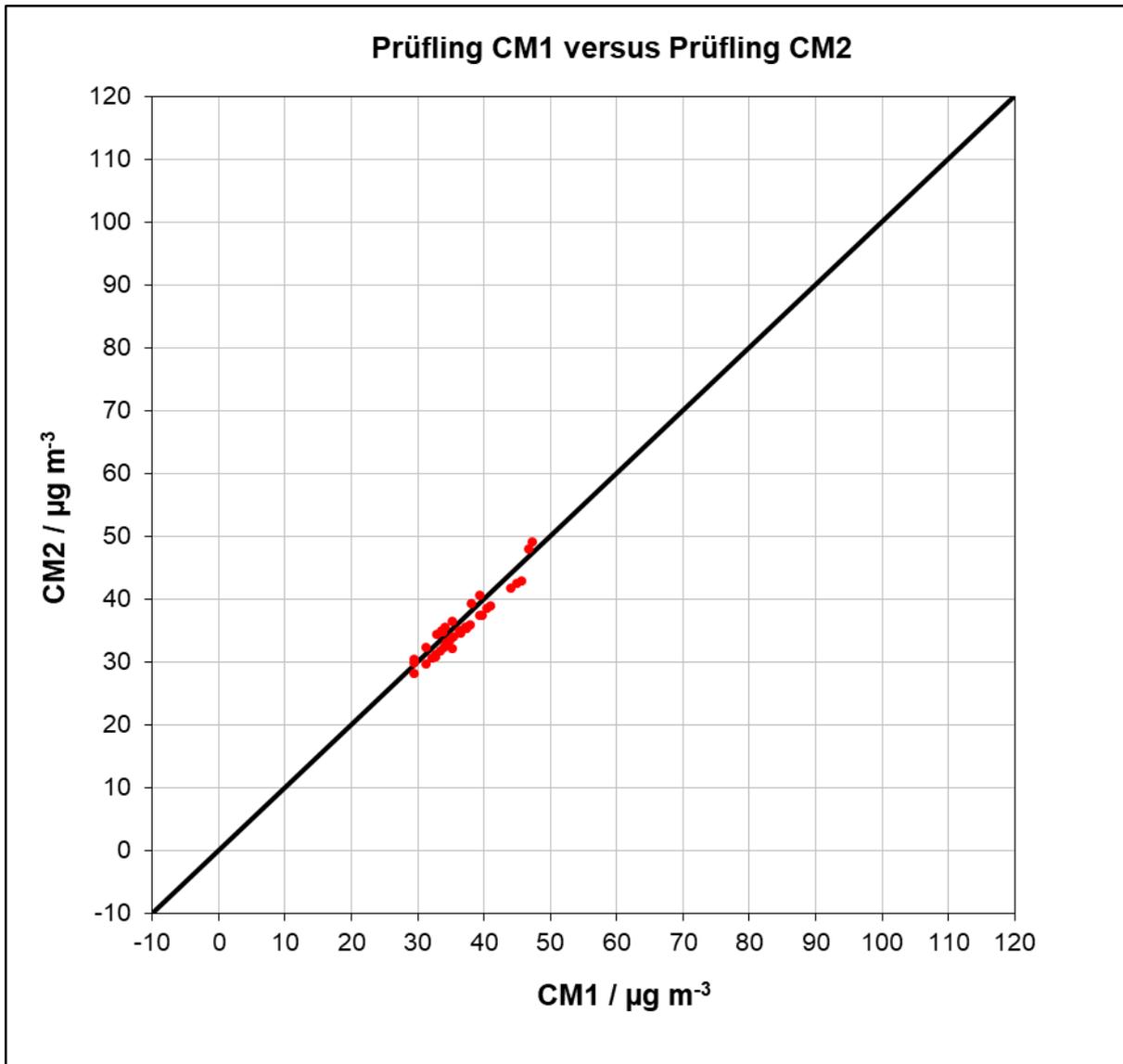


Abbildung 45: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM₁₀

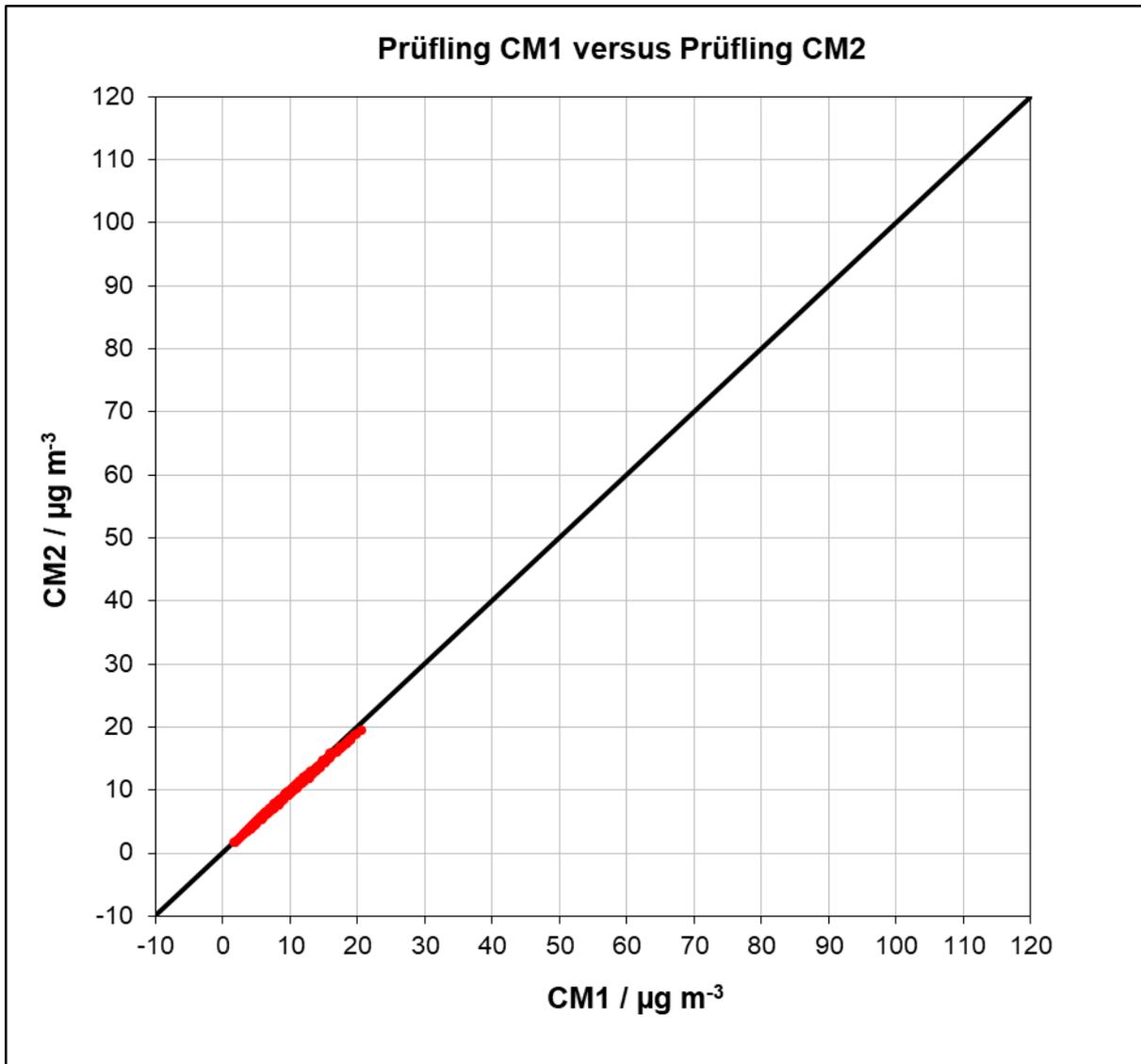


Abbildung 46: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte <18 µg/m³, PM_{2,5}

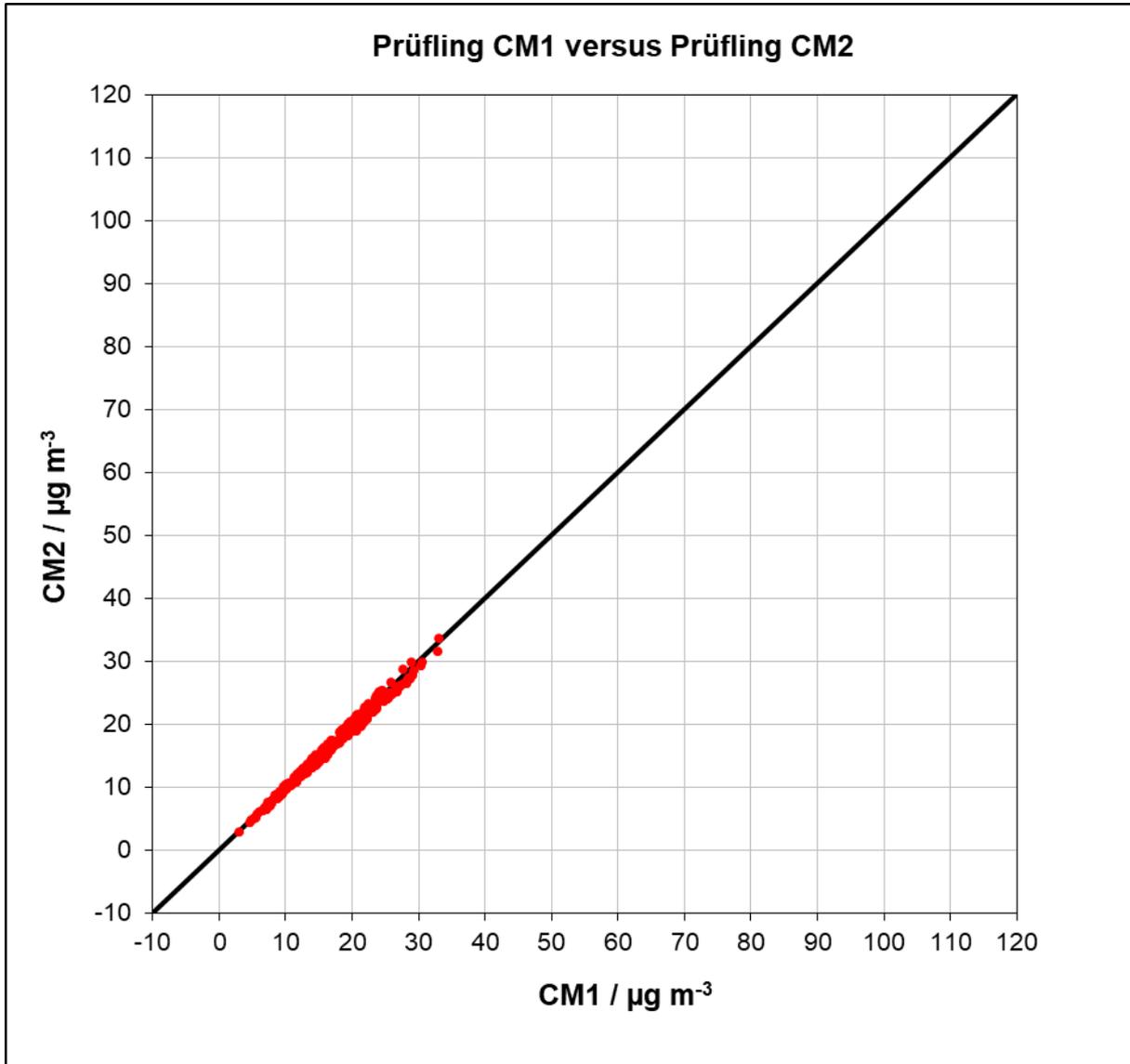


Abbildung 47: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte <30 µg/m³, PM₁₀

7.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (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

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

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

7.3 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 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 liegen insgesamt 46 Messwerte über 17 µg/m³ für PM_{2,5} und 46 Messwerte über 28 µg/m³ für PM₁₀. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

7.4 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 7.6 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
- Für einen reduzierten Datensatz, der nur Staubkonzentrationen größer als oder gleich 18 µg/m³ für PM_{2,5} bzw. 30 µg/m³ für PM₁₀ berücksichtigt, vorausgesetzt, der Teilsatz enthält mindestens 40 valide Datenpaare.

Hinweis: Der Teildatensatz für PM₁₀ enthält nur 39 valide Datenpaare statt der erforderlichen 40 validen Datenpaare. Die Auswertung für den Datensatz größer als oder gleich 30 µg/m³ für PM₁₀ wurde informativ dennoch durchgeführt.

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 $u_{bs,RM}/\sqrt{2}$, wobei $u_{bs,RM}$ die Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten ist.

L = Tagesgrenzwert für PM₁₀ (50 µg/m³) bzw. Ersatz-Tagesgrenzwert für PM_{2,5} (30 µg/m³)

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

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

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

Die Unsicherheit u_y wird berechnet für:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam
- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- Für einen reduzierten Datensatz, der nur Staubkonzentrationen größer als oder gleich 18 µg/m³ für PM_{2,5} bzw. größer als oder gleich 30 µg/m³ für PM₁₀ berücksichtigt, vorausgesetzt, der Teilsatz enthält mindestens 40 valide Datenpaare.

Hinweis: Der Teildatensatz für PM₁₀ enthält nur 39 valide Datenpaare statt der erforderlichen 40 validen Datenpaare. Die Auswertung für den Datensatz größer als oder gleich 30 µg/m³ für PM₁₀ wurde informativ dennoch durchgeführt.

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 7.5.8.6 [4] kalibriert werden (siehe auch 7.1 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_{AMS}^2 wie folgt 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 PM_{2,5} sowie auf einem Level von $L = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM₁₀ berechnet.

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.8] Für jeden Datensatz wird die erweiterte relative Messunsicherheit der Ergebnisse der Prüflinge durch Multiplizieren von w_{AMS} mit einem Erweiterungsfaktor k nach folgender Gleichung berechnet:

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

Im Hinblick auf die große Anzahl der zur Verfügung stehenden Versuchsergebnisse muss ein Erweiterungsfaktor $k=2$ verwendet werden.

7.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten W_{AMS} liegen für alle betrachteten Datensätze für die Komponente PM₁₀ bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der zulässigen erweiterten relativen Unsicherheit W_{dqo} von 25 % für Feinstaub. Für die Komponente PM_{2,5} liegen einige der Datensätze ohne Anwendung von Korrekturfaktoren noch über der zulässigen erweiterten relativen Unsicherheit W_{dqo} von 25 % für Feinstaub. Da zudem sowohl für PM_{2,5} als auch für PM₁₀ der Achsabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden ist, ist die Anwendung von Korrekturfaktoren gemäß Punkt 7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen entsprechend vorzunehmen. Nach der Anwendung von Korrekturfaktoren und -termen liegen alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit W_{dqo} von 25 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Nachfolgende Tabelle 26 sowie Tabelle 27 zeigen einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung.

Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit roter Farbe hinterlegt.

Tabelle 26: Übersicht Äquivalenzprüfung, PM_{2,5}

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	EDM 280	SN	FE111 & FE114	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	308			
Steigung b	1,022			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,012			
Achsabschnitt a	1,032			signifikant
Unsicherheit von a	0,152			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,31			%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,04			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	43			
Steigung b	1,165			
Unsicherheit von b	0,054			
Achsabschnitt a	-3,095			
Unsicherheit von a	1,388			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	17,92			%
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,25			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	265			
Steigung b	1,077			
Unsicherheit von b	0,024			
Achsabschnitt a	0,703			
Unsicherheit von a	0,206			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	22,33			%

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfling	EDM 280	SN	FE111 & FE114	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	30	µg/m³
		erlaubte Unsicherheit	25	%
Köln				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,37	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,20	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	79		73	
Steigung b	1,161		1,116	
Unsicherheit von b	0,038		0,040	
Achsabschnitt a	0,470		0,607	
Unsicherheit von a	0,299		0,308	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	36,02	%	28,07	%
Bornheim				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,48	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	78		78	
Steigung b	0,977		0,914	
Unsicherheit von b	0,022		0,020	
Achsabschnitt a	1,830		1,944	
Unsicherheit von a	0,238		0,212	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,84	%	7,97	%
Niederzier				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,08	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	75		75	
Steigung b	1,101		1,082	
Unsicherheit von b	0,089		0,086	
Achsabschnitt a	0,128		0,334	
Unsicherheit von a	0,622		0,606	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	25,07	%	22,82	%
JRC Ispra				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,50	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,75	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	82		82	
Steigung b	1,081		1,018	
Unsicherheit von b	0,022		0,021	
Achsabschnitt a	0,325		0,518	
Unsicherheit von a	0,430		0,402	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	21,87	%	13,21	%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,04	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	44		43	
Steigung b	1,194		1,126	
Unsicherheit von b	0,055		0,052	
Achsabschnitt a	-3,067		-2,799	
Unsicherheit von a	1,414		1,34	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	22,77	%	14,09	%
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,25	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	270		265	
Steigung b	1,109		1,044	
Unsicherheit von b	0,025		0,023	
Achsabschnitt a	0,565		0,847	
Unsicherheit von a	0,211		0,198	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	27,56	%	17,30	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	314		308	
Steigung b	1,057	signifikant	0,989	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,013		0,012	
Achsabschnitt a	0,881	signifikant	1,186	signifikant
Unsicherheit von a	0,156		0,146	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	20,25	%	11,36	%

Tabelle 27: Übersicht Äquivalenzprüfung, PM₁₀

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	EDM 280	SN	FE111 & FE114	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	50	µg/m ³
		erlaubte Unsicherheit	25	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,61			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	304			
Steigung b	0,982			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,011			
Achsabschnitt a	0,951			signifikant
Unsicherheit von a	0,215			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	6,54			%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	1,06			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,19			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	39			
Steigung b	0,937			
Unsicherheit von b	0,061			
Achsabschnitt a	2,344			
Unsicherheit von a	2,194			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,54			%
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,49			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	265			
Steigung b	1,003			
Unsicherheit von b	0,016			
Achsabschnitt a	0,663			
Unsicherheit von a	0,271			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,29			%



Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfling	EDM 280	SN	FE111 & FE114	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	50	µg/m³
		erlaubte Unsicherheit	25	%
Köln				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,38	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	79		73	
Steigung b	1,047		0,999	
Unsicherheit von b	0,031		0,032	
Achsabschnitt a	0,522		0,672	
Unsicherheit von a	0,400		0,406	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,29	%	4,90	%
Bornheim				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,71	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,60	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	68		68	
Steigung b	0,991		0,941	
Unsicherheit von b	0,024		0,024	
Achsabschnitt a	-0,011		0,099	
Unsicherheit von a	0,437		0,436	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	5,51	%	12,59	%
Niederzier				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,89	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,49	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	81		81	
Steigung b	0,956		0,992	
Unsicherheit von b	0,022		0,021	
Achsabschnitt a	2,246		2,164	
Unsicherheit von a	0,458		0,445	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	6,97	%	9,72	%
JRC Ispra				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,69	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,87	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	82		82	
Steigung b	1,009		0,956	
Unsicherheit von b	0,017		0,017	
Achsabschnitt a	0,618		0,812	
Unsicherheit von a	0,438		0,445	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,29	%	8,25	%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	1,06	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,19	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	39		39	
Steigung b	0,951		0,949	
Unsicherheit von b	0,056		0,074	
Achsabschnitt a	2,260		1,514	
Unsicherheit von a	2,022		2,68	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	6,22	%	9,61	%
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,49	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	271		265	
Steigung b	1,016		0,993	
Unsicherheit von b	0,015		0,017	
Achsabschnitt a	0,635		0,651	
Unsicherheit von a	0,257		0,286	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,52	%	7,02	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,61	µg/m³		
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	310		304	
Steigung b	0,994	nicht signifikant	0,972	signifikant
Unsicherheit von b	0,010		0,011	
Achsabschnitt a	0,937	signifikant	0,929	signifikant
Unsicherheit von a	0,204		0,233	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	6,74	%	7,35	%

Die Überprüfung der fünf Kriterien aus Punkt 7.1 Methodik der Äquivalenzprüfung ergab folgendes Bild:

- Kriterium 1: Mehr als 32 Wertepaare sind größer als 17 µg/m³ (PM_{2,5}) bzw. 28 µg/m³ (PM₁₀).
- 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 PM_{2,5} liegen nicht alle erweiterten Unsicherheiten unter 25 %.
Für PM₁₀ liegen alle erweiterten Unsicherheiten unter 25 %.
- Kriterium 5: Für PM_{2,5} ist beim Prüfling FE111 die Steigung und der Achsabschnitt bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes signifikant größer als erlaubt; beim Prüfling FE114 ist der Achsabschnitt bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes signifikant größer als erlaubt.
Für PM₁₀ ist beim Prüfling FE111 der Achsabschnitt bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes signifikant größer als erlaubt; beim Prüfling FE114 ist die Steigung und 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 1,022 (PM_{2,5}) bzw. von 0,982 (PM₁₀) und einen Achsabschnitt von 1,032 (PM_{2,5}) bzw. 0,951 (PM₁₀) bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 15,31 % (PM_{2,5}) bzw. 6,54% (PM₁₀).

Es ergibt sich, dass sowohl für PM_{2,5} als auch für PM₁₀ der Achsabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden ist. Es erfolgt daher unter Kapitel 7.1 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Korrekturfaktoren/-termen auf die Datensätze.

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 28 zeigt einen Überblick über die Unsicherheiten zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$ aus den Felduntersuchungen.

Tabelle 28: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$; PM_{2,5}

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte*	Unsicherheit $u_{bs, RM}$
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln	73	0,37
1 / 2	Bornheim	78	0,48
1 / 2	Niederzier	75	0,72
1 / 2	JRC Ispra	82	0,50
1 / 2	Alle Standorte	308	0,53

Tabelle 29: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$; PM₁₀

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte*	Unsicherheit $u_{bs, RM}$
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln	73	0,52
1 / 2	Bornheim	68	0,71
1 / 2	Niederzier	81	0,89
1 / 2	JRC Ispra	82	0,69
1 / 2	Alle Standorte	304	0,72

*Hinweis: Anzahl Werte entspricht der Anzahl von Messwertpaaren bei Vorlage von beiden 2 Referenzwerten und beiden Prüflingen

Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs, RM}$ ist an allen Standorten $< 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

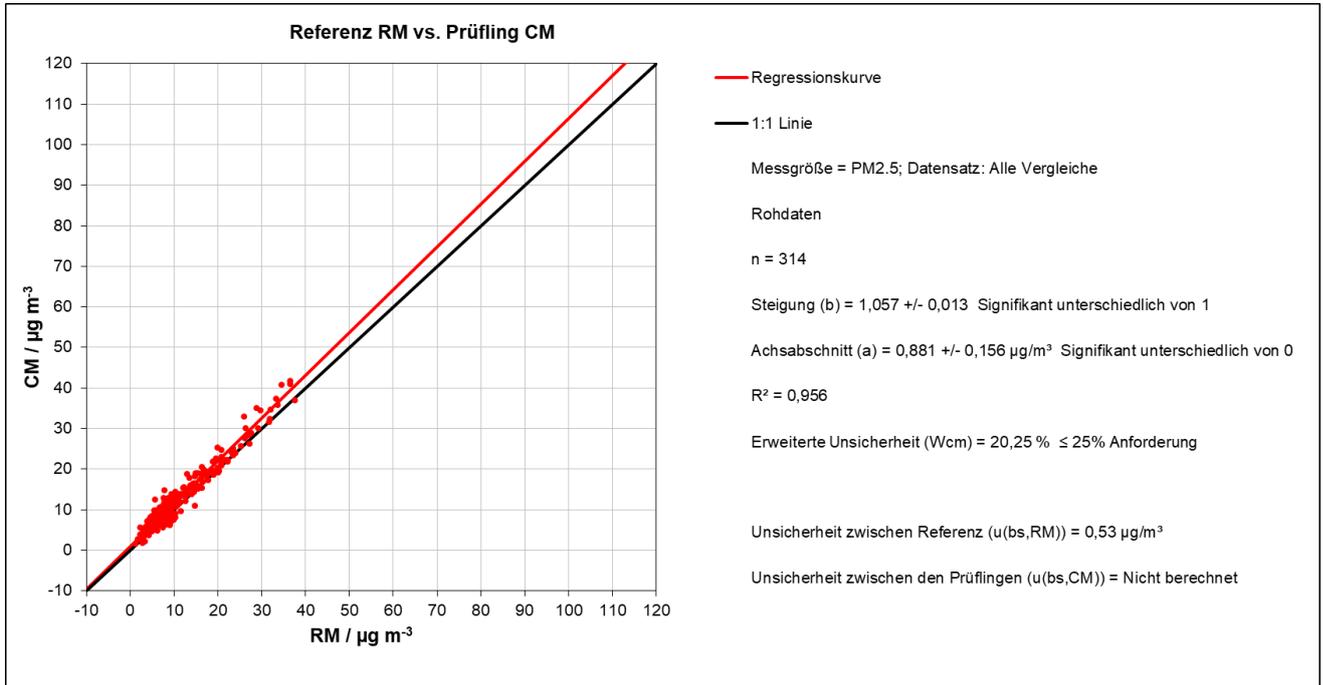


Abbildung 48: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, alle Standorte, PM_{2,5}

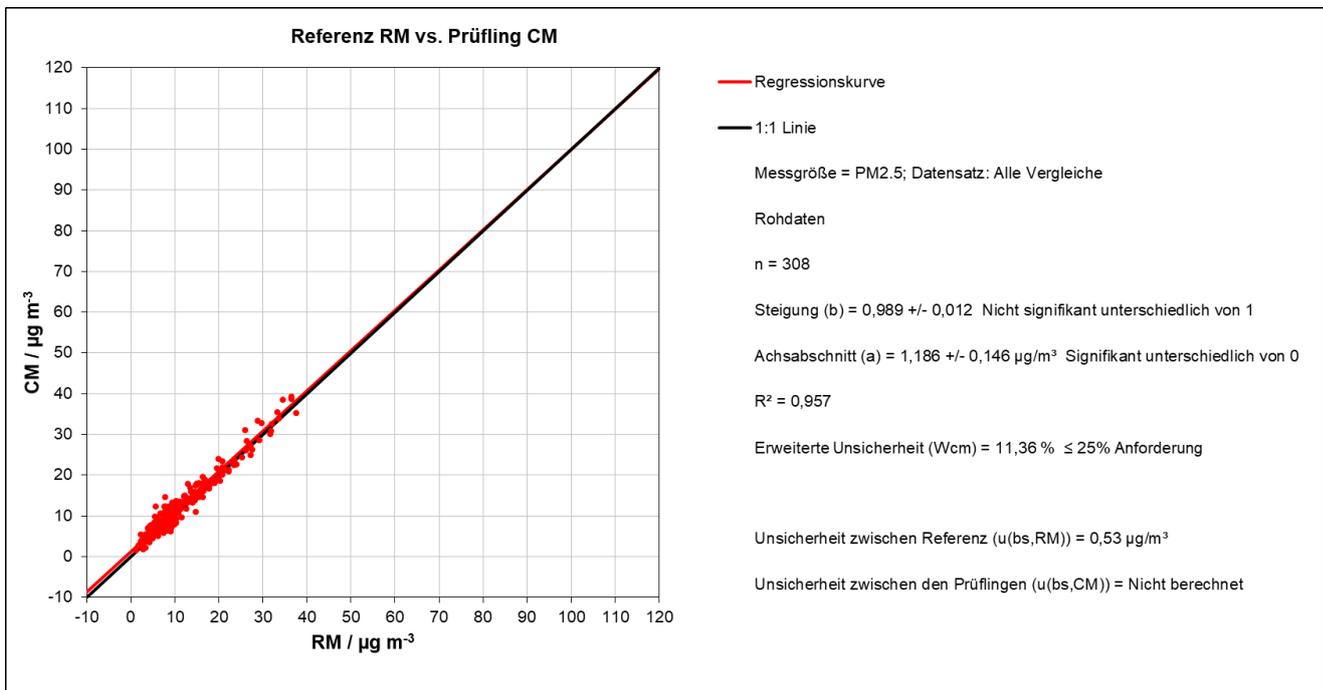


Abbildung 49: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, alle Standorte, PM_{2,5}

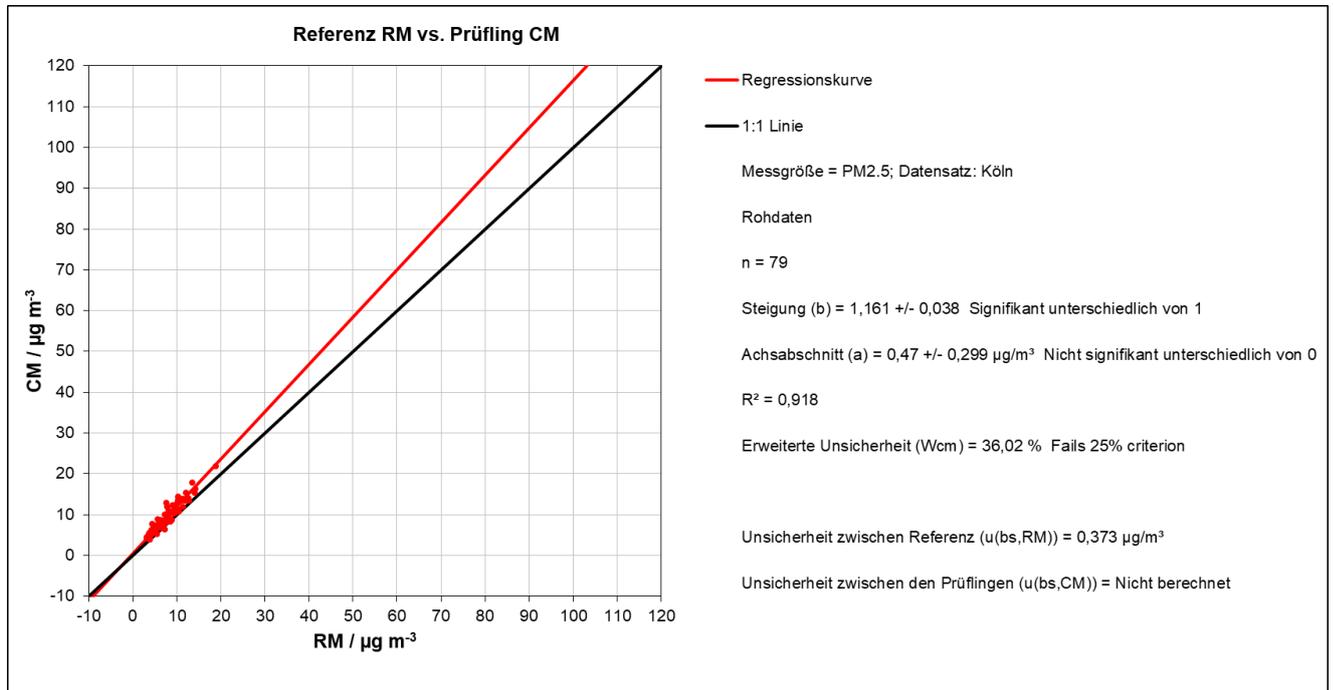


Abbildung 50: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Köln, PM_{2,5}

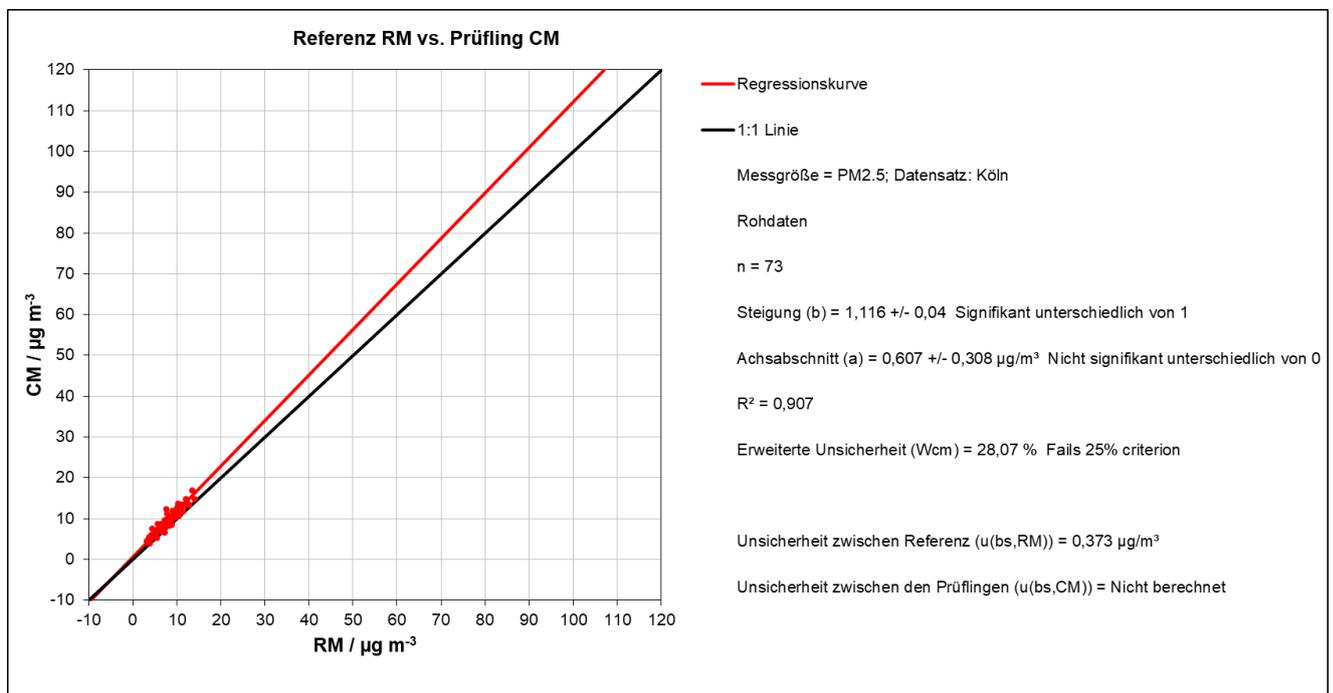


Abbildung 51: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Köln, PM_{2,5}

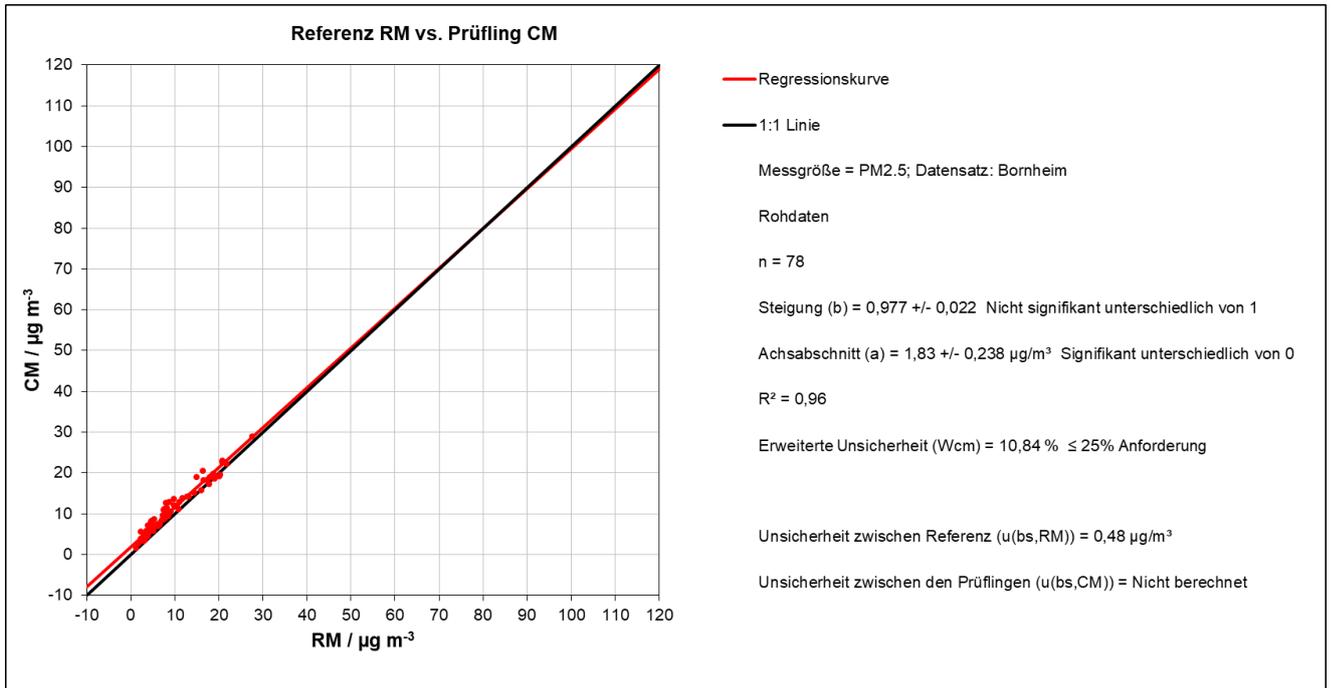


Abbildung 52: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Bornheim, PM_{2,5}

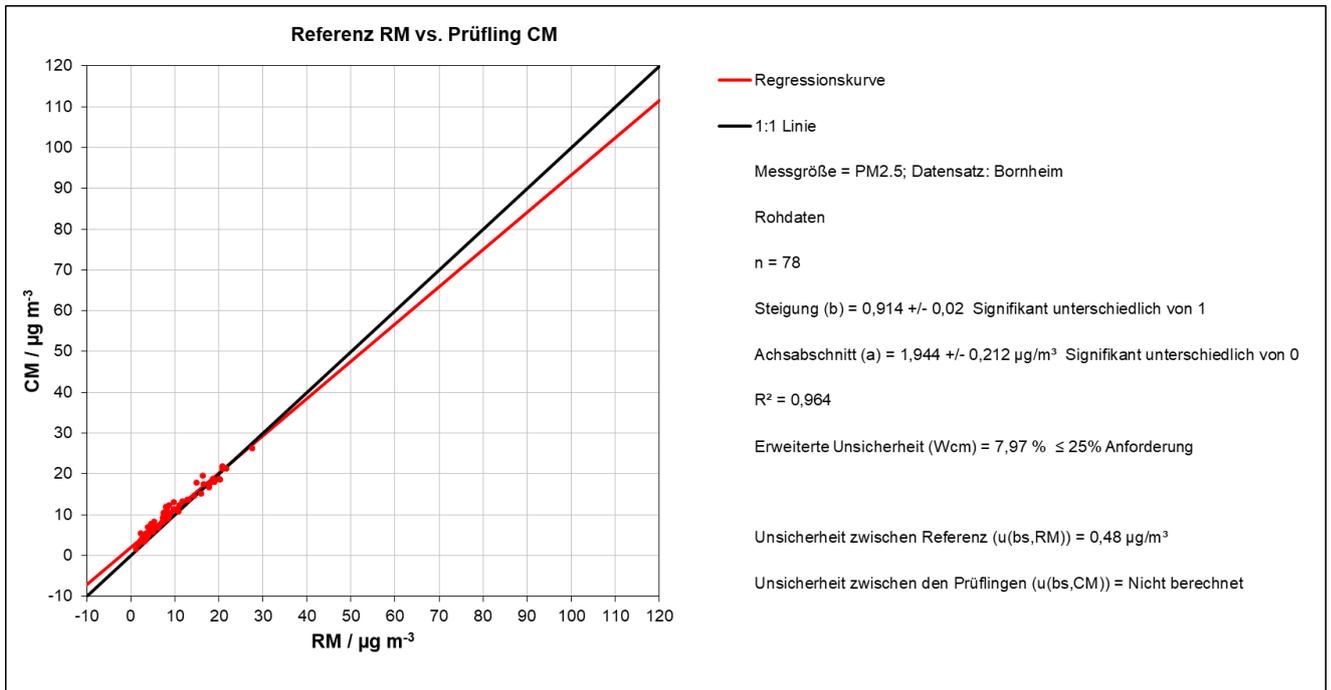


Abbildung 53: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Bornheim, PM_{2,5}

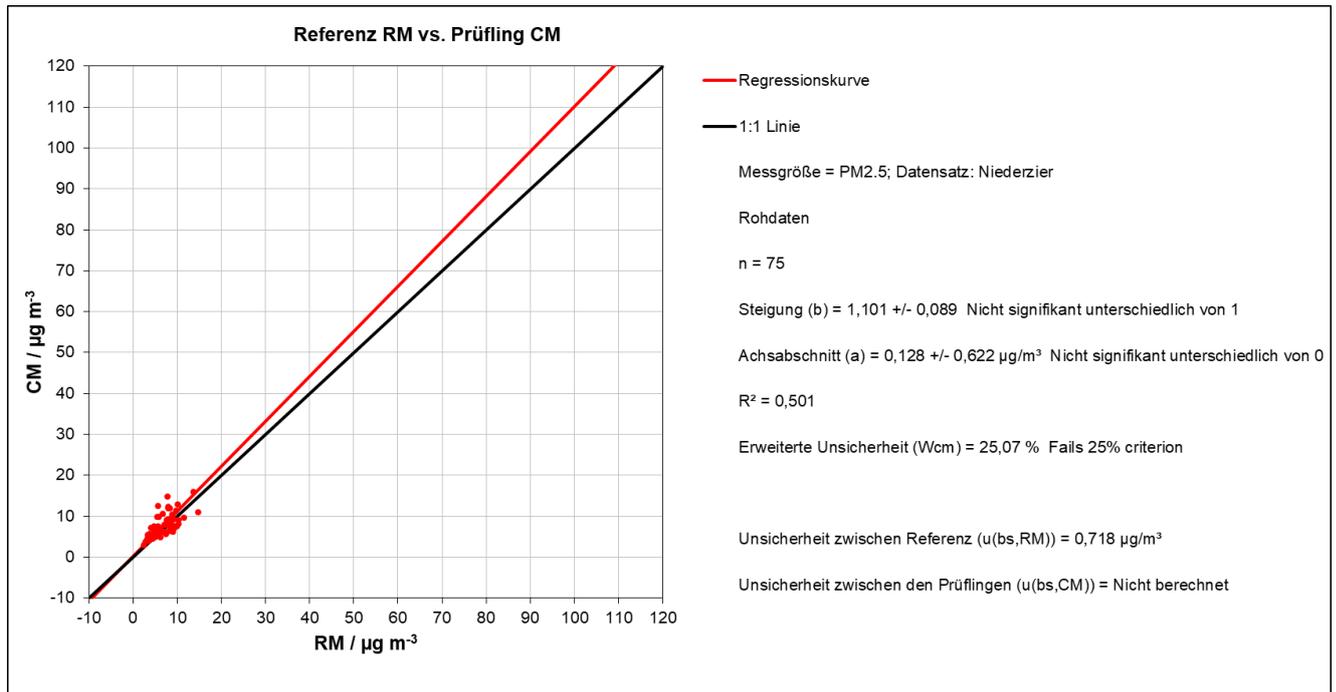


Abbildung 54: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Niederzier, PM_{2,5}

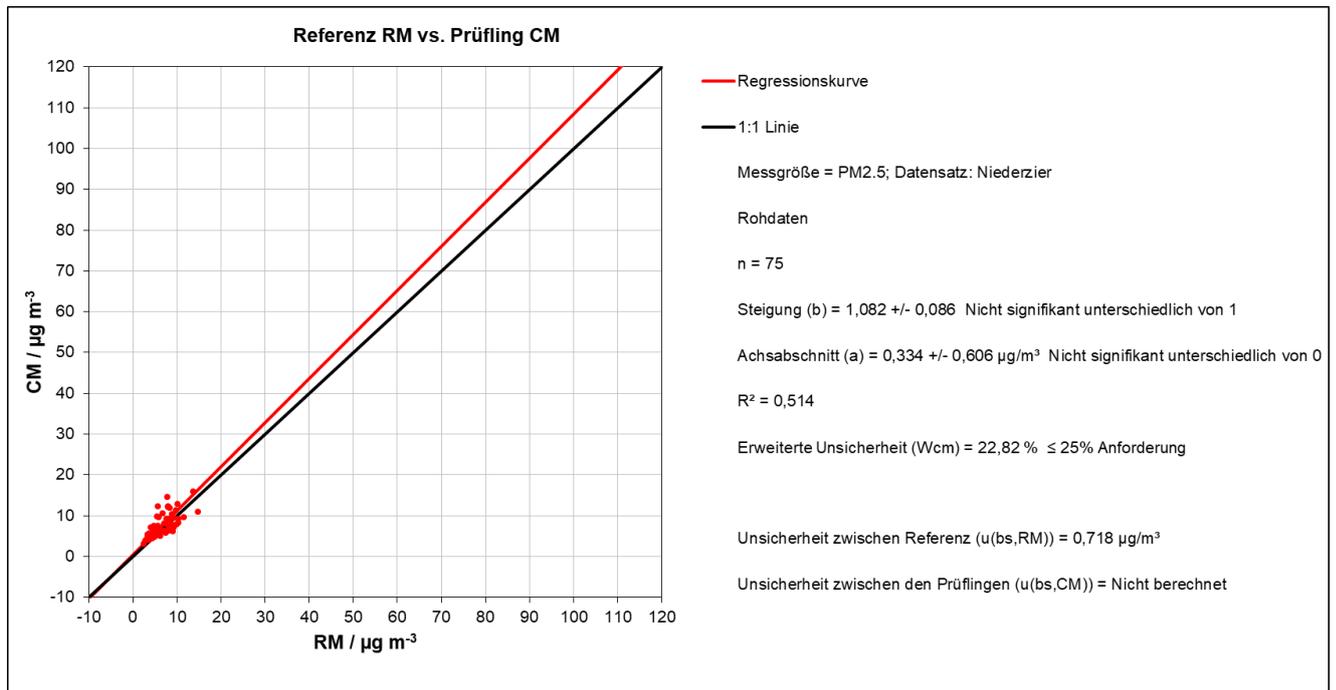


Abbildung 55: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Niederzier, PM_{2,5}

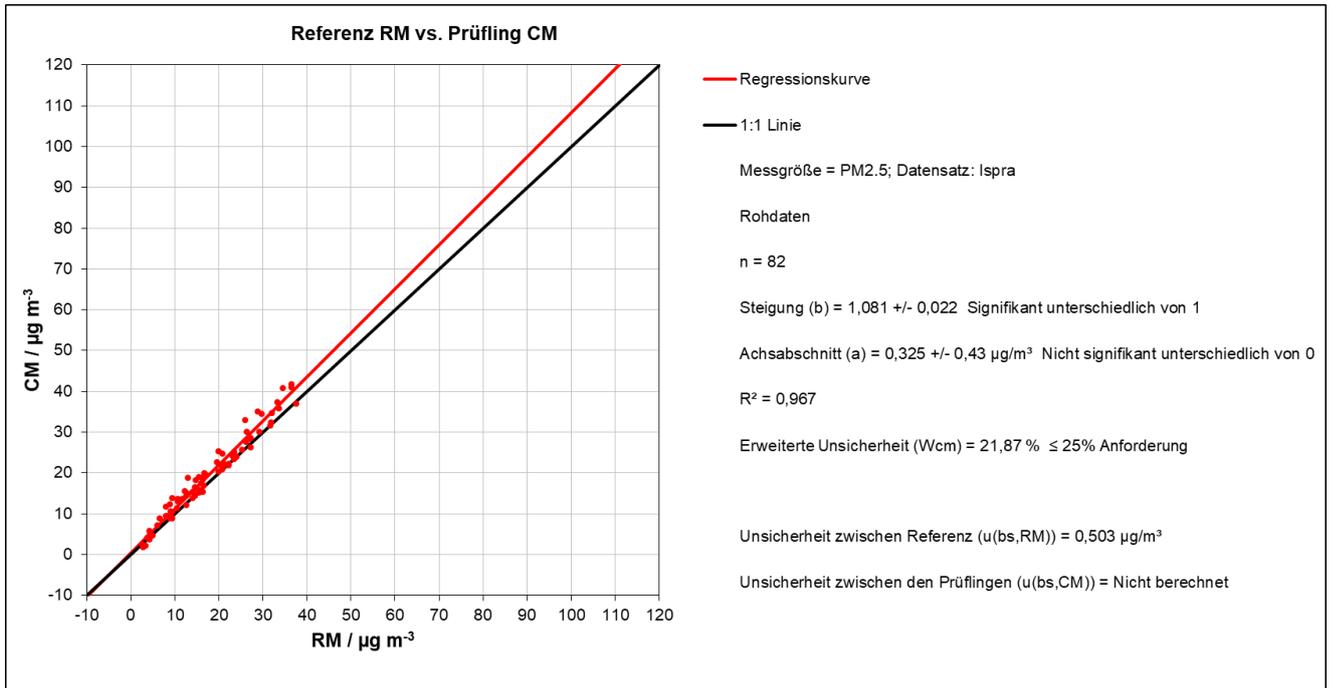


Abbildung 56: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, JRC Ispra, PM_{2,5}

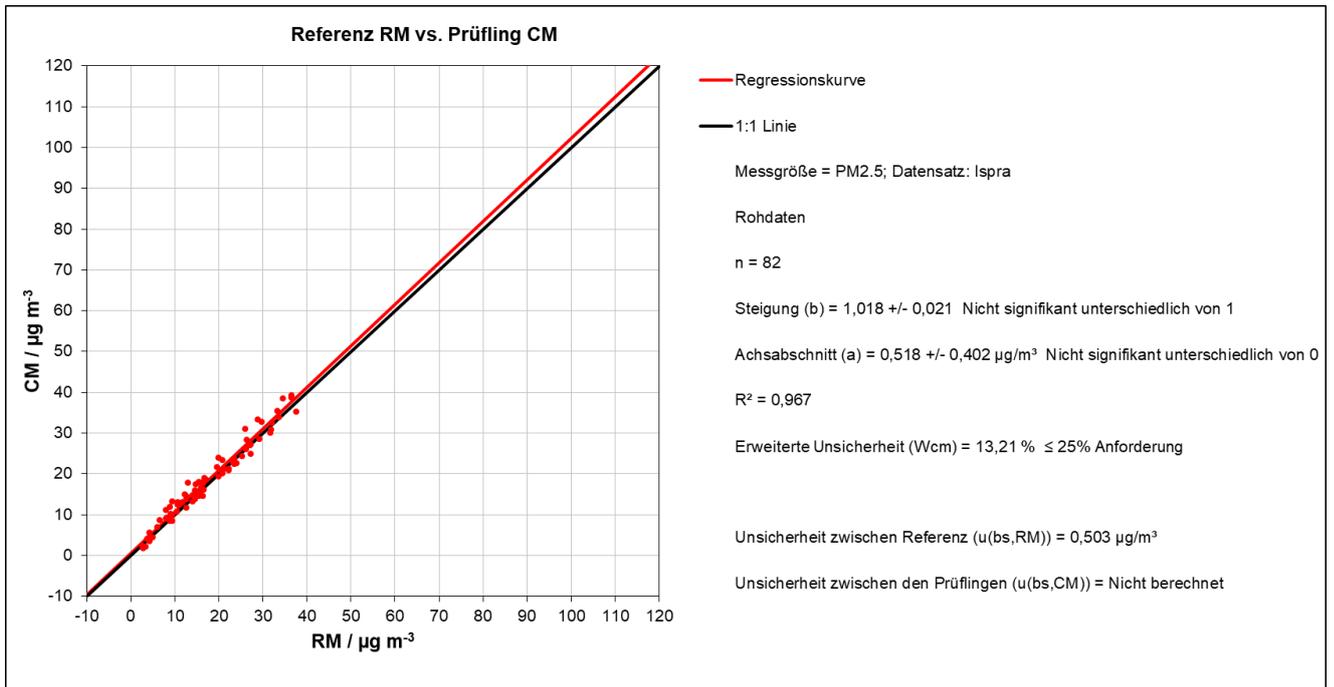


Abbildung 57: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, JRC Ispra, PM_{2,5}

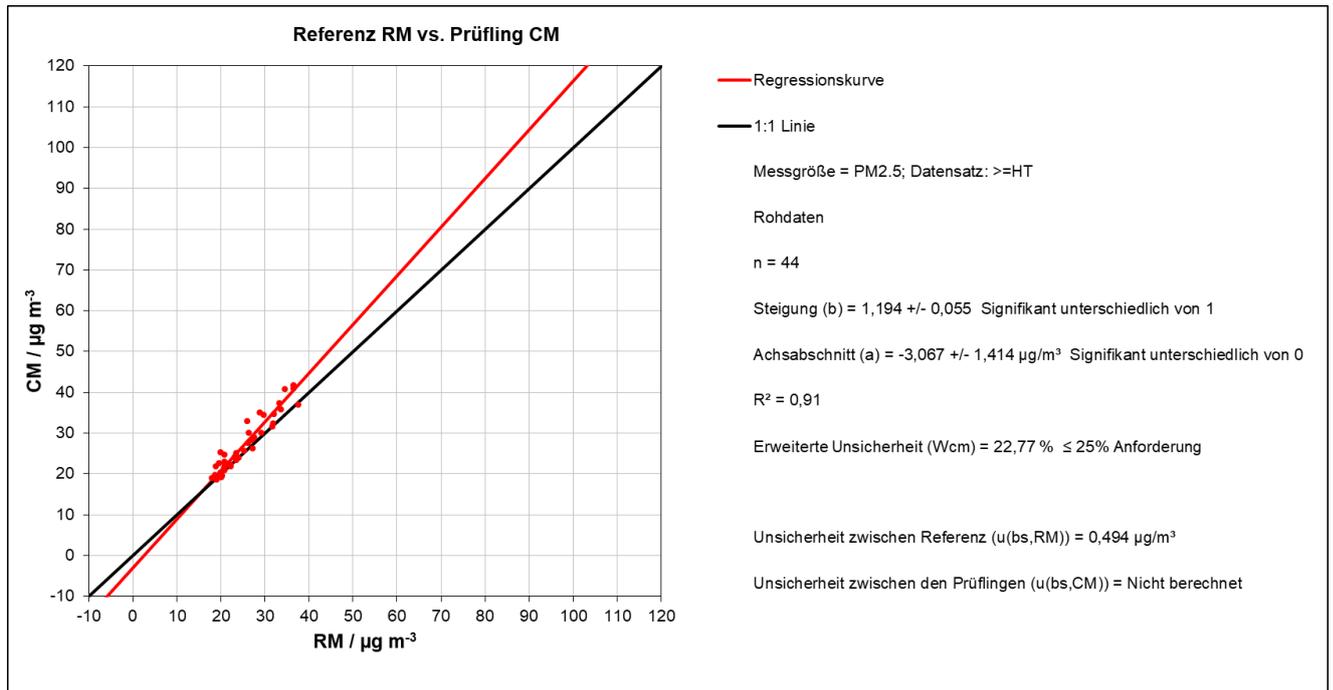


Abbildung 58: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Alle Standorte ≥18 µg/m³, PM_{2,5}

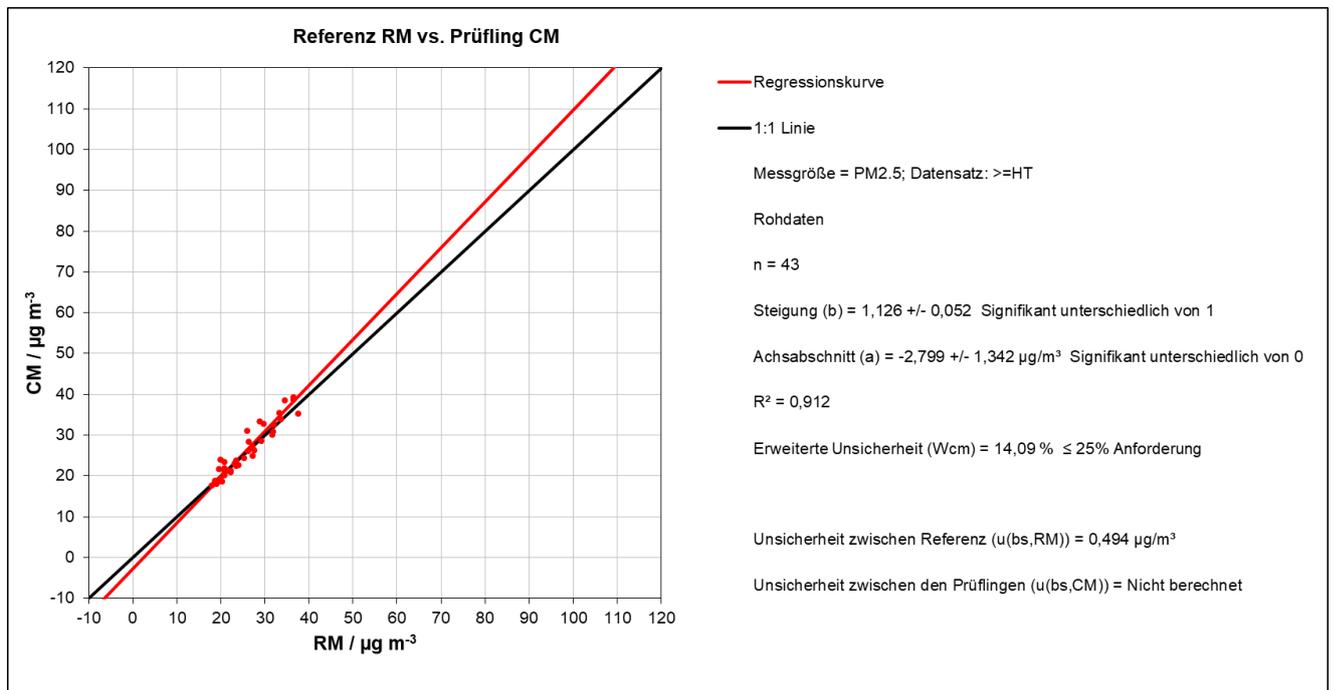


Abbildung 59: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Alle Standorte ≥18 µg/m³, PM_{2,5}

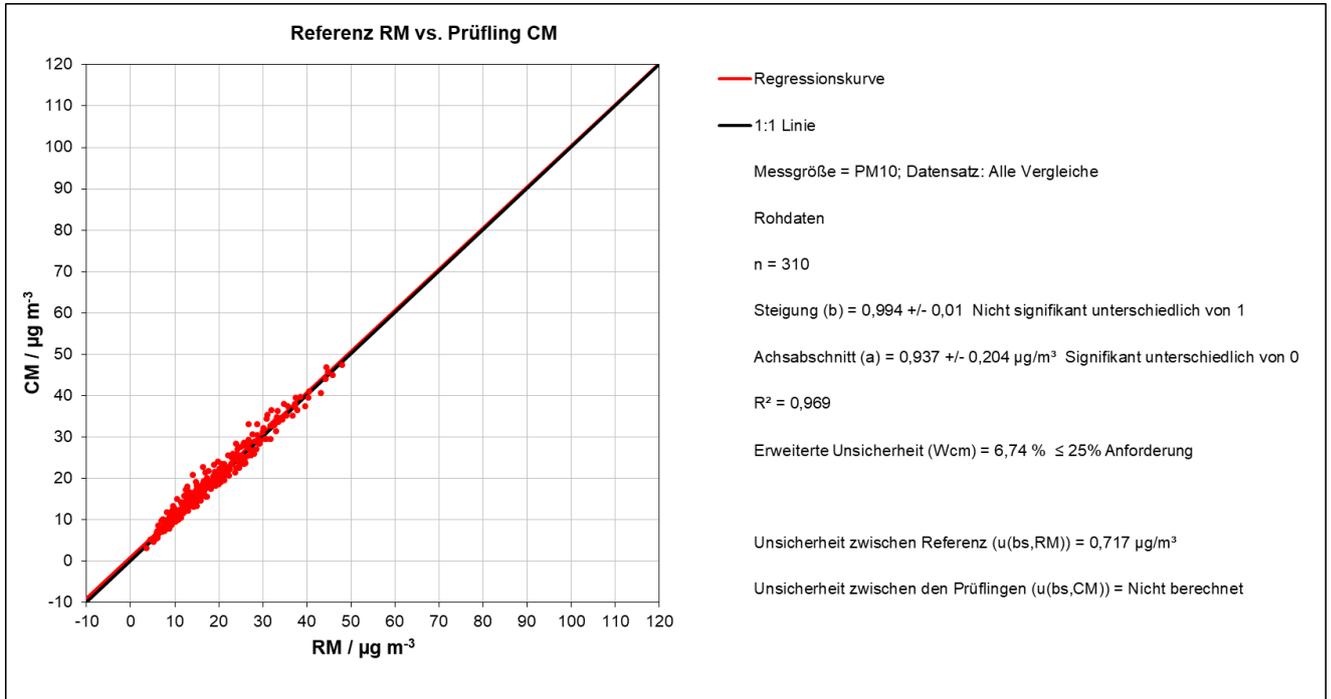


Abbildung 60: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, alle Standorte, PM₁₀

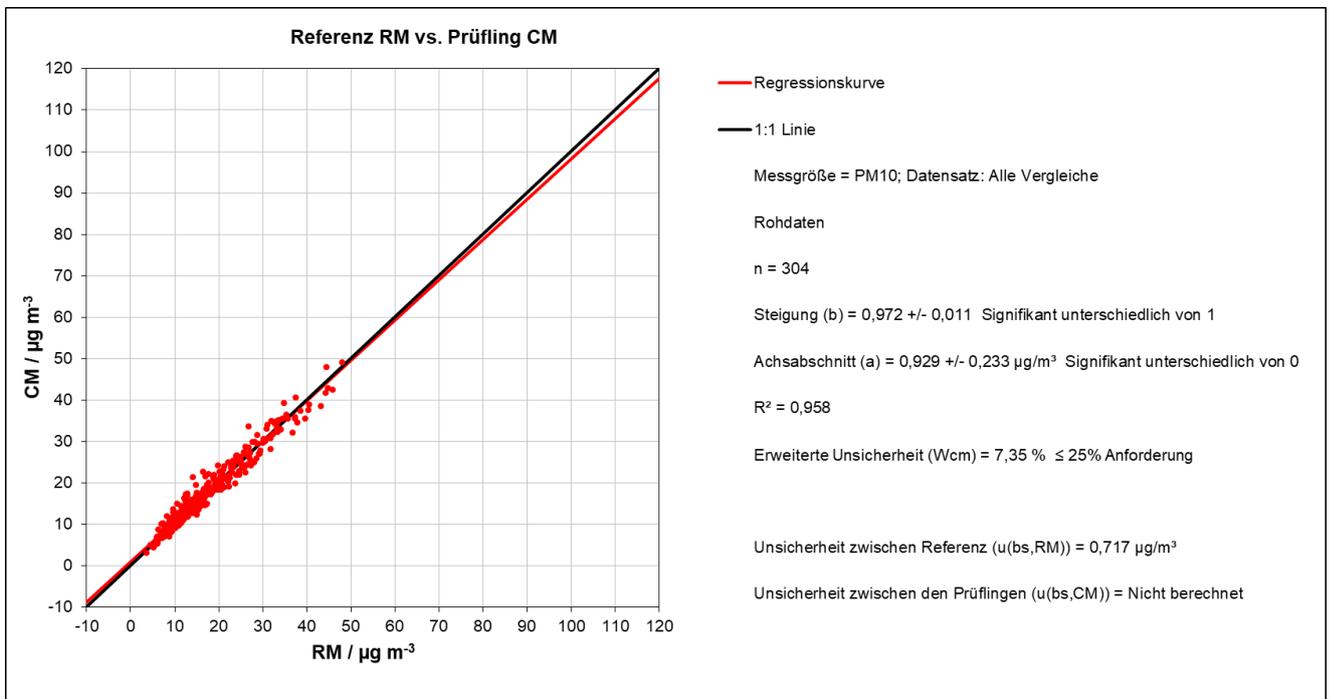


Abbildung 61: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, alle Standorte, PM₁₀

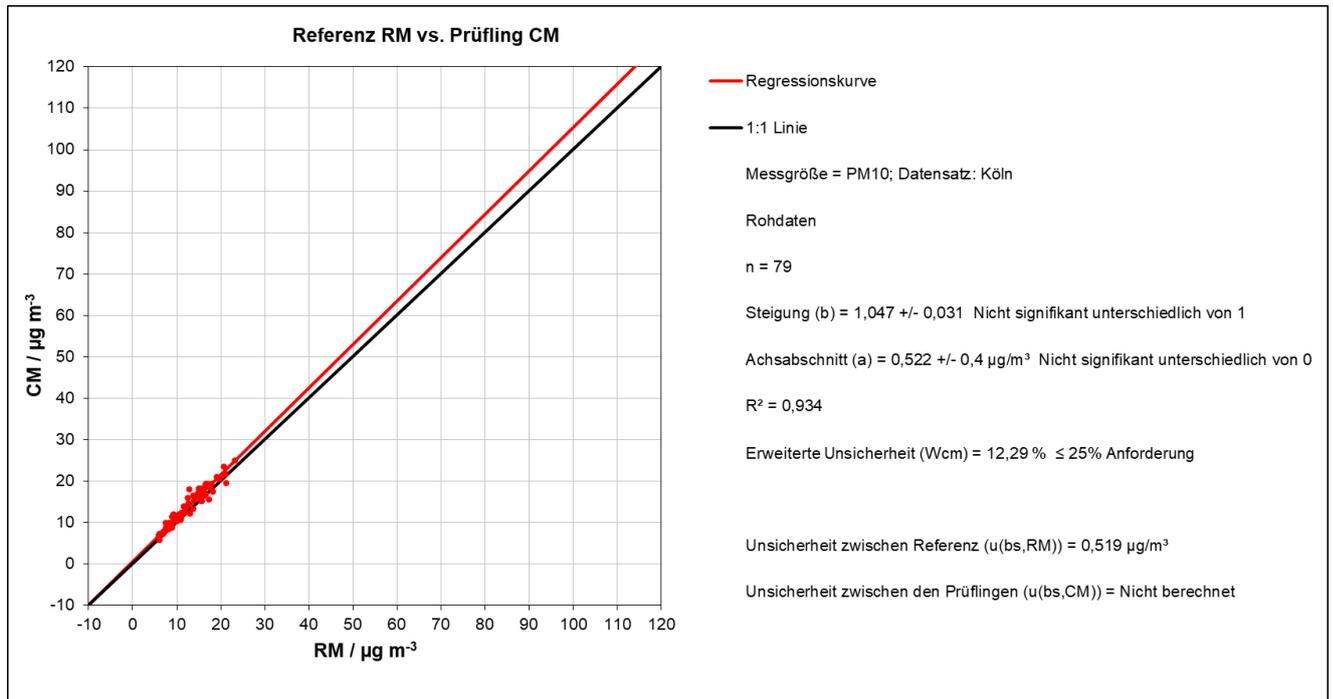


Abbildung 62: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Köln, PM₁₀

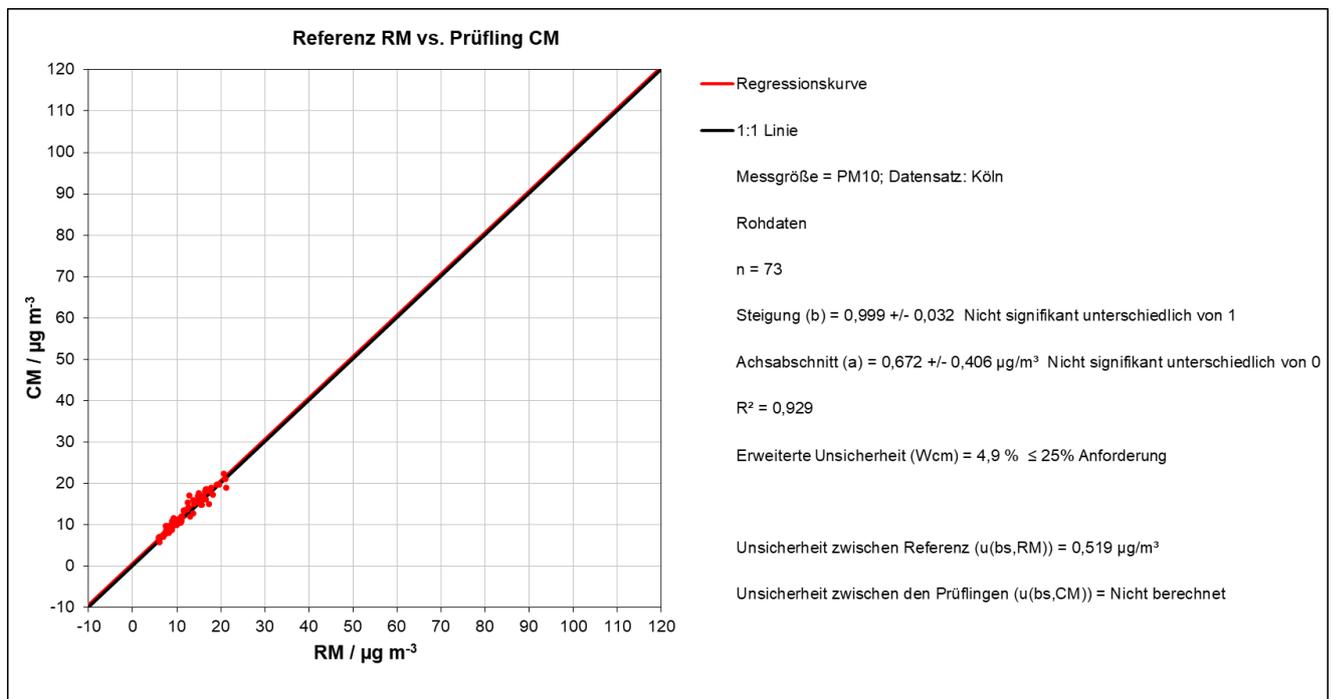


Abbildung 63: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Köln, PM₁₀

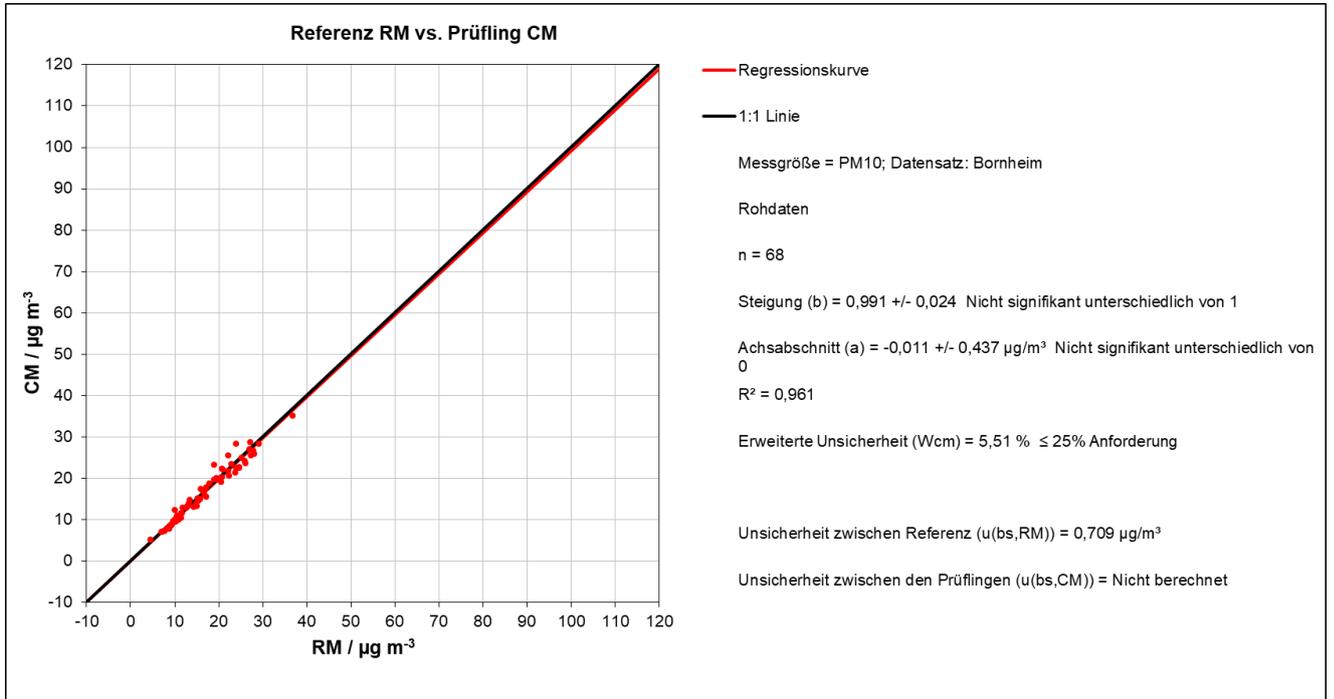


Abbildung 64: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Bornheim, PM₁₀

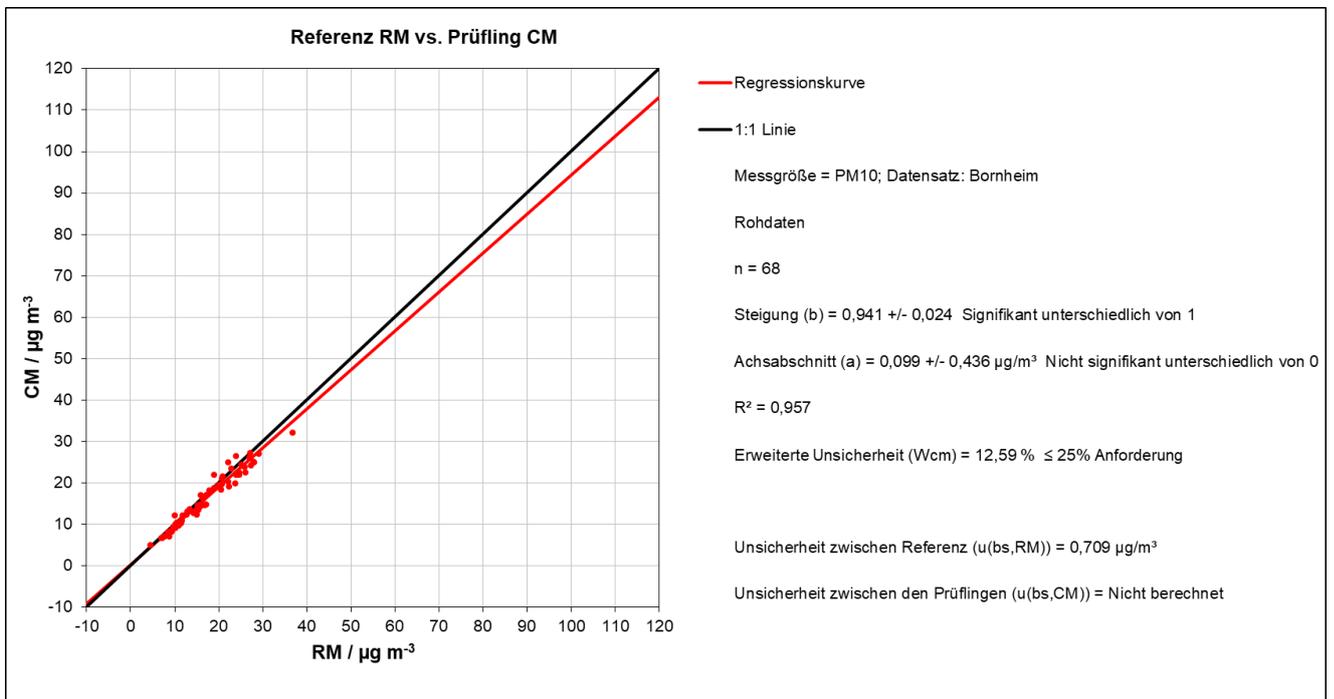


Abbildung 65: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Bornheim, PM₁₀

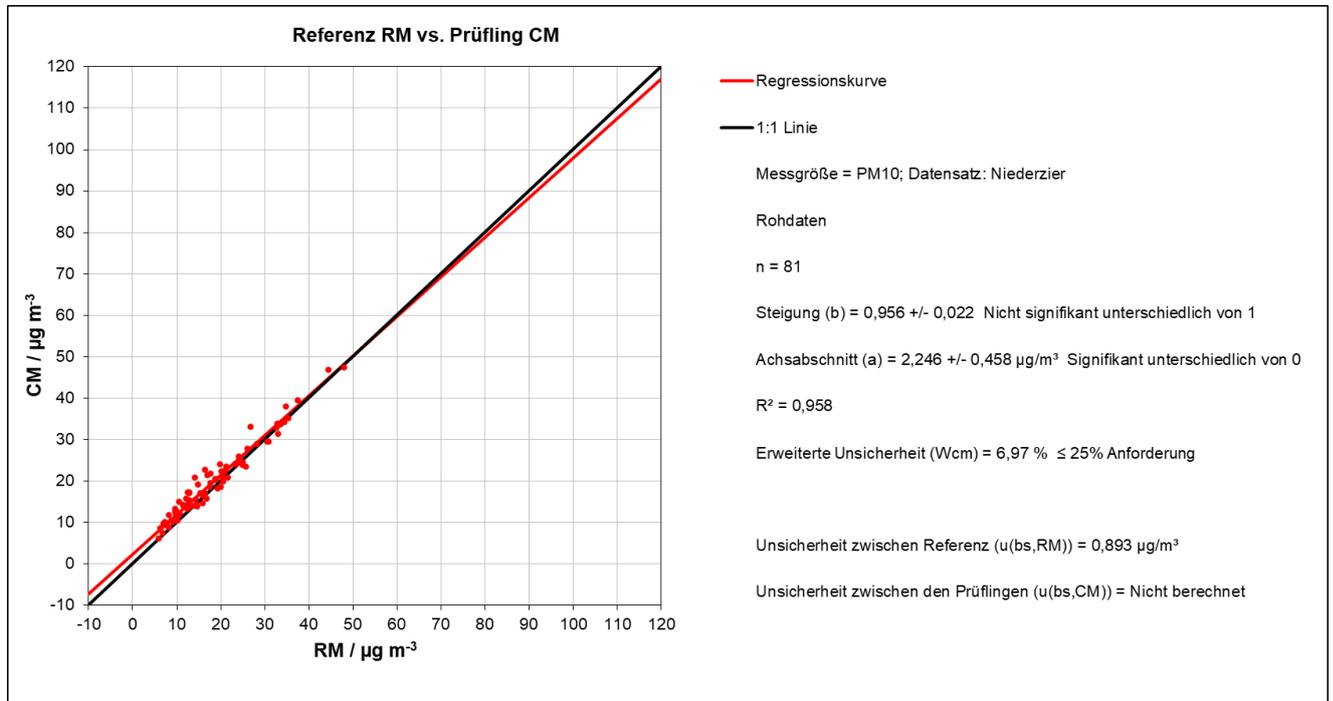


Abbildung 66: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Niederzier, PM_{10}

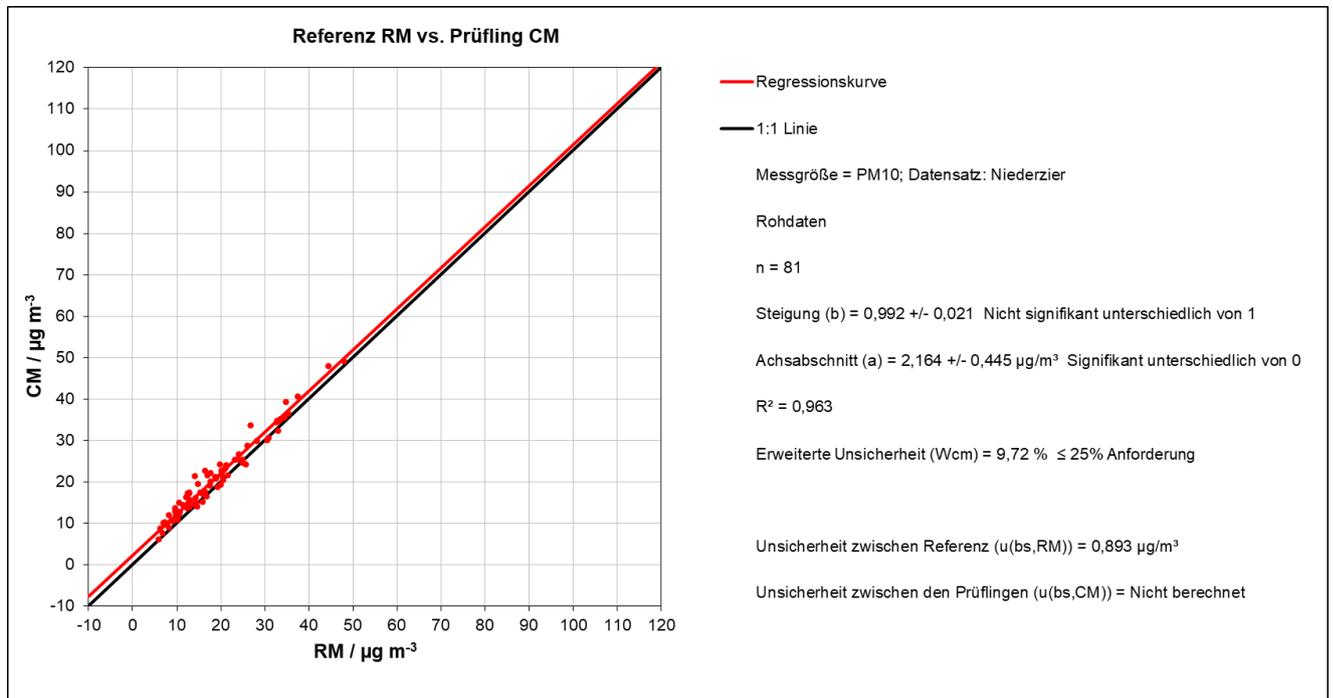


Abbildung 67: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Niederzier, PM_{10}

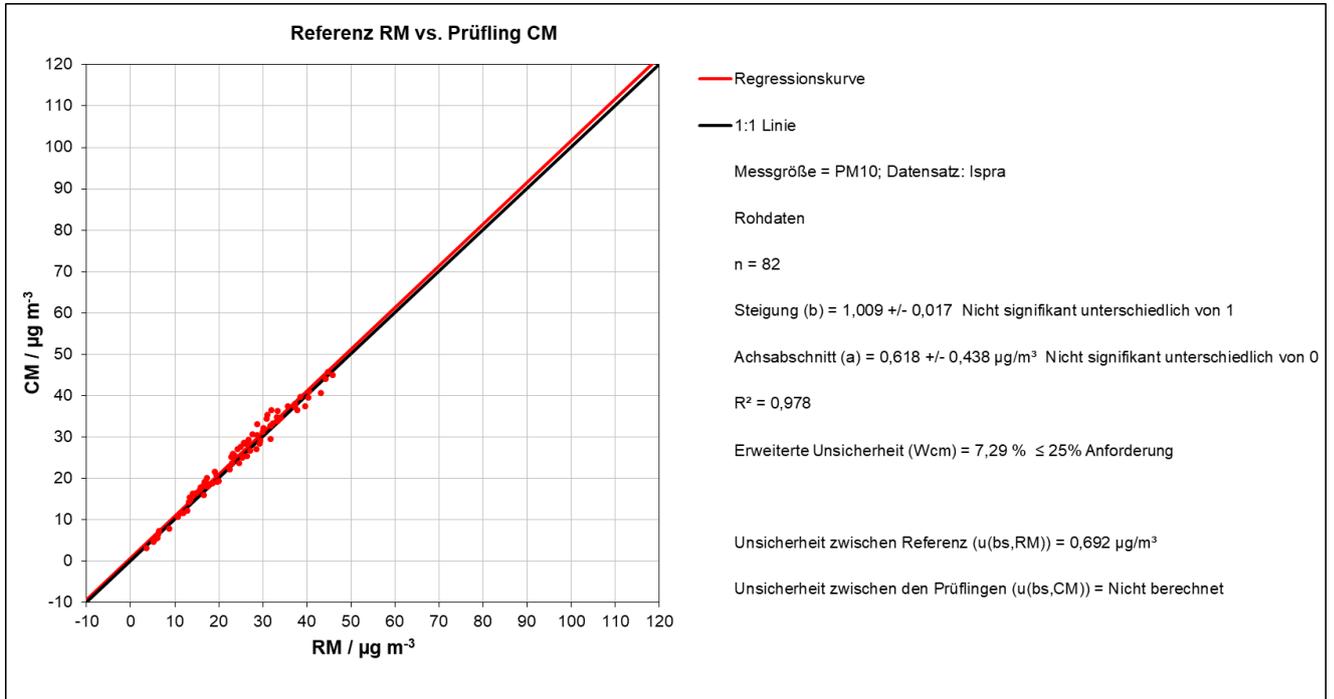


Abbildung 68: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, JRC Ispra, PM₁₀

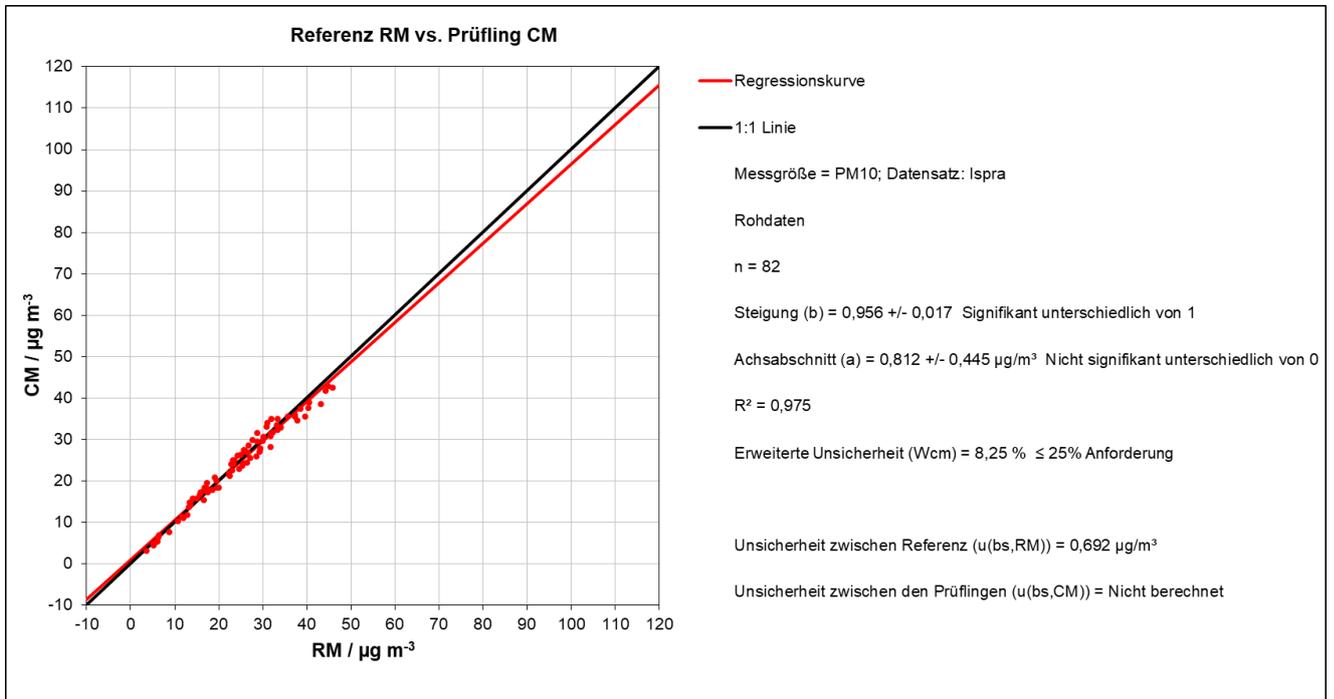


Abbildung 69: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, JRC Ispra, PM₁₀

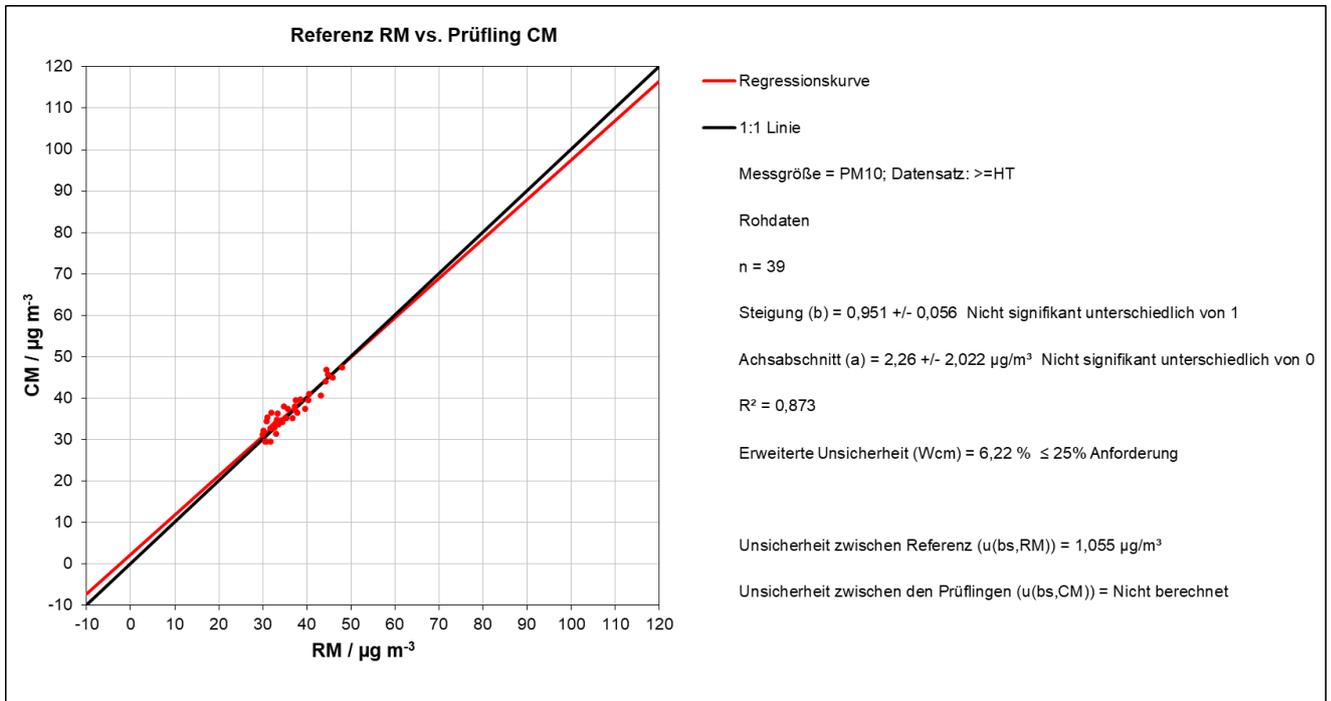


Abbildung 70: Referenz vs. Testgerät, SN FE111, Alle Standorte $\geq 30 \mu g/m^3$, PM_{10}

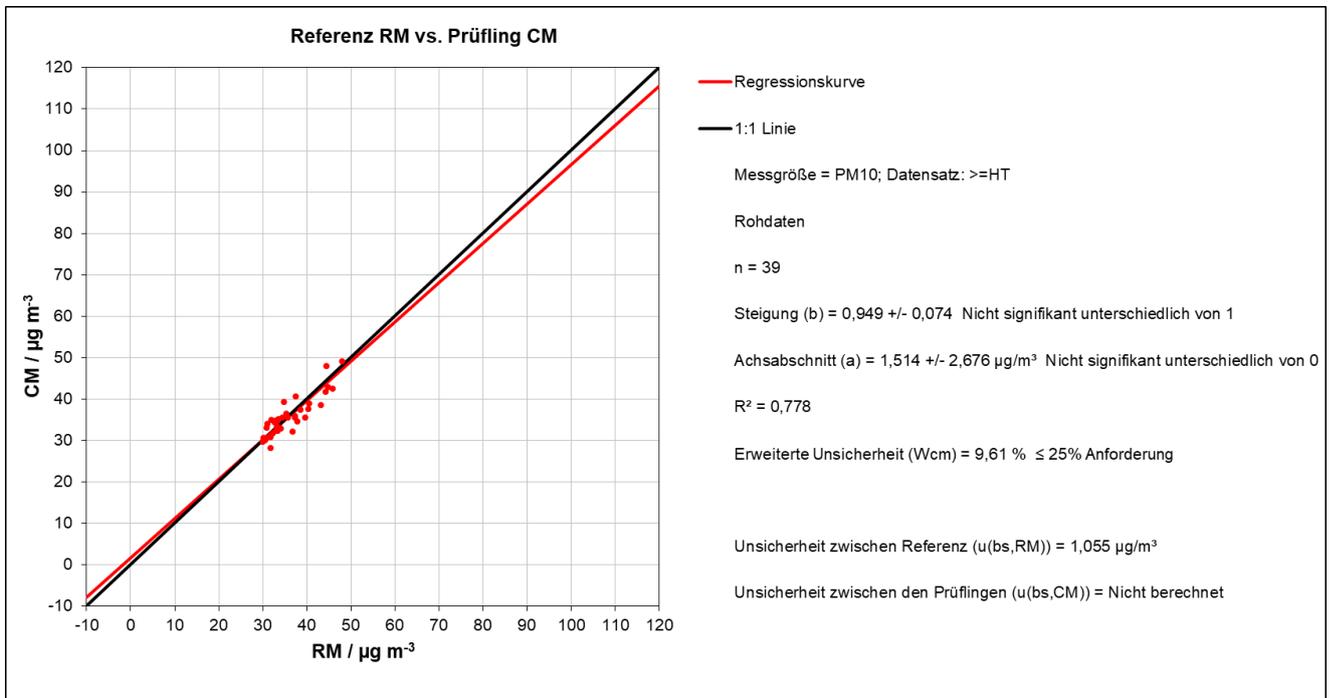


Abbildung 71: Referenz vs. Testgerät, SN FE114, Alle Standorte $\geq 30 \mu g/m^3$, PM_{10}

7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)

Die Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (=Kalibrierung) muss erfolgen, wenn die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität festgelegte erweiterte relative Unsicherheit ist bzw. sofern die Prüfung zeigt, dass die Steigung signifikant von 1 und/oder der Achsabschnitt signifikant von 0 abweicht.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Siehe Punkt

7.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8)

7.4 Auswertung

Tritt bei der Auswertung der Rohwerte gemäß 6.1 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8) der Fall $W_{AMS} > W_{d_{qo}}$ (d. h. Unsicherheit der AMS > 25 %) 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 $W_{AMS} \leq W_{d_{qo}}$ ist, genutzt werden, um die Genauigkeit der Prüflinge zu verbessern.

Es können drei verschiedene Fälle auftreten:

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

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

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

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

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

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

zu a)

Der Wert des Achsabschnittes a kann als Korrekturterm verwendet werden, um alle Eingangswerte y_i gemäß folgender Gleichung zu korrigieren:

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

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

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

und

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

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

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [4] 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 [4] ausführlich beschrieben.

zu c)

Die Werte der Steigung b und des Achsabschnittes 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 [4] ausführlich beschrieben.

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

$$w_{AMS,corr}^2 = \frac{u_{corr,y_i=L}^2}{L^2}$$

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

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

$$W_{AMS',corr} = k \cdot W_{AMS,corr}$$

Im Hinblick auf die große Anzahl der zur Verfügung stehenden Versuchsergebnisse muss ein Erweiterungsfaktor $k=2$ verwendet werden.

Die größte resultierende Unsicherheit $W_{AMS,corr}$ wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [7] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

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

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit W_{dqo} beträgt für Feinstaub 25 %.

7.5 Bewertung

Durch Anwendung der Korrekturfaktoren/-termen, erfüllen die Prüflinge die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Die Auswertung des Gesamtdatensatzes ergibt, dass sowohl für PM_{2,5} als auch für PM₁₀ der Achsabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden sind.

Es wurde eine Achsabschnitts- und Steigungskorrektur des gesamten Datensatzes (jeweils für PM_{2,5} und PM₁₀) durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

Alle Datensätze erfüllen nach der Korrektur die Anforderungen an die Datenqualität.

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 (DIN EN 16450 [4], Kapitel 8.6.2, Tabelle 5). Es bleibt festzustellen, dass die höchste ermittelte erweiterte Unsicherheit nach Korrektur für PM_{2,5} im Bereich 20 % bis 25 % und für PM₁₀ im Bereich 10 % bis 15 % 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, in diesem Fall 15,31 % (PM_{2,5}) bzw. 6,54 % (PM₁₀) (unkorrigierter Datensatz) respektive 10,36 % (PM_{2,5}) bzw. % 7,04 (PM₁₀) (Datensatz nach Steigung- und Achsabschnittskorrektur), was eine jährliche Überprüfung an 3 (PM_{2,5}) bzw. 2 (PM₁₀) Messorten erfordern würde.

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 30 und Tabelle 31 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der Äquivalenzprüfung nach Anwendung der Korrekturfaktoren auf den Gesamtdatensatz.

Tabelle 30: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Achsabschnitt und Steigung, PM_{2,5}

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	EDM 280	SN	FE111 & FE114	
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Achsabschnitt	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	308			
Steigung b	1,000			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,012			
Achsabschnitt a	0,005			nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,149			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	10,36			%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,02			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	43			
Steigung b	1,138			
Unsicherheit von b	0,052			
Achsabschnitt a	-4,007			
Unsicherheit von a	1,358			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,96			%
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,25			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	265			
Steigung b	1,051			
Unsicherheit von b	0,024			
Achsabschnitt a	-0,309			
Unsicherheit von a	0,202			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,92			%

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/2125222/A

Seite 165 von 276

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	EDM 280	SN	FE111 & FE114	
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Achsabschnitt	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m³ %
Köln				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,37			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,19			µg/m³
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	79		73	
Steigung b	1,134		1,091	
Unsicherheit von b	0,037		0,039	
Achsabschnitt a	-0,542		-0,408	
Unsicherheit von a	0,292		0,301	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	24,42	%	16,90	%
Bornheim				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,48			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,42			µg/m³
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	78		78	
Steigung b	0,955		0,894	
Unsicherheit von b	0,022		0,019	
Achsabschnitt a	0,785		0,895	
Unsicherheit von a	0,232		0,207	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,75	%	16,89	%
Niederzier				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,08			µg/m³
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	75		75	
Steigung b	1,067		1,049	
Unsicherheit von b	0,087		0,084	
Achsabschnitt a	-0,820		-0,622	
Unsicherheit von a	0,608		0,593	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,62	%	14,20	%
JRC Ispra				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,50			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,73			µg/m³
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	82		82	
Steigung b	1,056		0,995	
Unsicherheit von b	0,022		0,020	
Achsabschnitt a	-0,685		-0,496	
Unsicherheit von a	0,420		0,393	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	13,78	%	12,05	%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,02			µg/m³
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	44		43	
Steigung b	1,166		1,100	
Unsicherheit von b	0,054		0,051	
Achsabschnitt a	-3,978		-3,718	
Unsicherheit von a	1,383		1,31	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	15,06	%	13,36	%
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,54			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,25			µg/m³
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	270		265	
Steigung b	1,083		1,020	
Unsicherheit von b	0,024		0,023	
Achsabschnitt a	-0,443		-0,168	
Unsicherheit von a	0,206		0,194	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	17,11	%	9,98	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53			µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43			µg/m³
	FE111		FE114	
Anzahl Wertepaare	314		308	
Steigung b	1,033	signifikant	0,967	signifikant
Unsicherheit von b	0,012		0,011	
Achsabschnitt a	-0,142	nicht signifikant	0,155	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,152		0,143	
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,11	%	11,46	%

Tabelle 31: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Achsabschnitt und Steigung, PM₁₀

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	EDM 280	SN	FE111 & FE114	
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Achsabschnitt	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m ³ %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,62			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	304			
Steigung b	1,000			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,011			
Achsabschnitt a	-0,006			nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,219			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,04			%
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	1,06			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,21			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	39			
Steigung b	0,955			
Unsicherheit von b	0,062			
Achsabschnitt a	1,366			
Unsicherheit von a	2,233			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,12			%
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,50			µg/m ³
FE111 & FE114				
Anzahl Wertepaare	265			
Steigung b	1,022			
Unsicherheit von b	0,016			
Achsabschnitt a	-0,303			
Unsicherheit von a	0,275			
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,70			%

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/2125222/A

Seite 167 von 276

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450:2017				
Prüfung	EDM 280		SN Grenzwert	FE111 & FE114 50 µg/m ³
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Achsabschnitt		erlaubte Unsicherheit	25 %
Köln				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,39			µg/m ³
	FE111			FE114
Anzahl Wertepaare	79			73
Steigung b	1,066			1,018
Unsicherheit von b	0,031			0,032
Achsabschnitt a	-0,445			-0,292
Unsicherheit von a	0,407			0,414
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	12,56	%		5,42 %
Bornheim				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,71			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,61			µg/m ³
	FE111			FE114
Anzahl Wertepaare	68			68
Steigung b	1,009			0,958
Unsicherheit von b	0,024			0,024
Achsabschnitt a	-0,985			-0,874
Unsicherheit von a	0,445			0,444
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	6,14	%		13,22 %
Niederzier				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,89			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,50			µg/m ³
	FE111			FE114
Anzahl Wertepaare	81			81
Steigung b	0,974			1,010
Unsicherheit von b	0,022			0,022
Achsabschnitt a	1,312			1,229
Unsicherheit von a	0,466			0,453
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,47	%		10,01 %
JRC Ispra				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,69			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,88			µg/m ³
	FE111			FE114
Anzahl Wertepaare	82			82
Steigung b	1,027			0,973
Unsicherheit von b	0,017			0,017
Achsabschnitt a	-0,343			-0,147
Unsicherheit von a	0,446			0,453
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,64	%		8,88 %
Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	1,06			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,21			µg/m ³
	FE111			FE114
Anzahl Wertepaare	39			39
Steigung b	0,969			0,968
Unsicherheit von b	0,057			0,075
Achsabschnitt a	1,289			0,491
Unsicherheit von a	2,058			2,72
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	6,79	%		10,13 %
Alle Vergleiche, <30 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,50			µg/m ³
	FE111			FE114
Anzahl Wertepaare	271			265
Steigung b	1,035			1,011
Unsicherheit von b	0,016			0,017
Achsabschnitt a	-0,331			-0,316
Unsicherheit von a	0,262			0,291
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	8,85	%		7,49 %
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,72			µg/m ³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,62			µg/m ³
	FE111			FE114
Anzahl Wertepaare	310			304
Steigung b	1,013	nicht signifikant		0,990
Unsicherheit von b	0,010			0,012
Achsabschnitt a	-0,019	nicht signifikant		-0,029
Unsicherheit von a	0,207			0,237
Erweiterte Messunsicherheit W _{CM}	7,16	%		7,89 %

7.1 18 Wartungsintervall (7.5.7)

Das Wartungsintervall muss mindestens 14 Tage betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Das Wartungsintervall ist der längste Zeitraum ohne Eingriff nach der Empfehlung des Herstellers. Die zuständige Stelle muss sicherstellen, dass die AMS über diese Periode keinerlei Wartung oder Einstellung benötigt.

7.4 Auswertung

Der Hersteller hat für die Messeinrichtung einen Wartungsplan erstellt (siehe Handbuch Kapitel 7). Das kürzeste Wartungsintervall beträgt 3 Monate (Verifizierung der Messeinrichtung gemäß den Vorgaben der Europäischen Richtlinie DIN EN 16450 [4], Reinigung Einlassdüse und Sigma-2-Probenahmekopf).

Der Messeinschub der Messeinrichtung ist mindestens alle 12 Monate (bzw. wenn der Verschleißindikator „Kalibrierung“ komplett rot ist) zur Wartung inkl. der Überprüfung der Kalibrierung an den Grimm Service oder einen autorisierten Grimm-Servicepartner zu senden.

7.5 Bewertung

Das Wartungsintervall beträgt 3 Monate.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Kapitel 7 des Benutzerhandbuchs entnommen werden.

7.1 19 Automatische Überprüfung (7.5.4)

Die automatische Überprüfung muss möglich sein.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch.

7.3 Durchführung der Prüfung

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warn- und Fehlermeldungen angezeigt.

Das geprüfte Gerät führt zudem grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie, durch den Anwender konfigurierbar, in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Während des Selbsttests wird u. a. geprüft, ob die internen Sensoren und der Wettersensor antworten. Es wird staubfreie Spülluft in die Messzelle gepumpt und der DC-Pegel des Streulichtsignals, die Nullklassierungen und der Laserstrom erfasst.

7.4 Auswertung

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warn- und Fehlermeldungen angezeigt.

Das geprüfte Gerät führt zudem grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie durch den Anwender konfigurierbar in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Während des Selbsttests wird u. a. geprüft, ob die internen Sensoren und der Wettersensor antworten. Es wird staubfreie Spülluft in die Messzelle gepumpt und der DC-Pegel des Streulichtsignals, die Nullklassierungen und der Laserstrom erfasst. Etwaige Warnungen oder Fehler werden in einem Diagnosecode bereitgestellt.

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

7.5 Bewertung

Das geprüfte Gerät führt grundsätzlich zu Beginn des Messbetriebs sowie, durch den Anwender konfigurierbar, in regelmäßigen Abständen (in der Eignungsprüfung alle 24 h) einen Selbsttest durch. Etwaige Warnungen oder Fehler werden in einem Diagnosecode bereitgestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

7.1 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:

$T \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

$p \pm 1 \text{ kPa}$

$rF \pm 5 \%$

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Barometer, Thermometer und Hygrometer.

7.3 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. Zu Beginn und Ende jeder Feldprüfung wurden die Sensoren der AMS überprüft.

7.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verwendet zur Erfassung der Außentemperatur, der relativen Luftfeuchte sowie des Luftdrucks einen kombinierten Wettersensor der Firma Ott Hydromet / Luftt. Es stehen folgende Versionen zur Verfügung:

Version	Messgrößen
WS300	Umgebungstemperatur, Luftfeuchte und Umgebungsdruck
WS500	Wie WS300, zusätzlich Windgeschwindigkeit und Windrichtung
WS600	Wie WS500, zusätzlich Niederschlag

Die aufgeführten Wetterstationen sind bzgl. der eingesetzten Sensorik baugleich. Zum Betrieb der Messeinrichtung wird mindestens die Version WS300 (T,p,rF) benötigt. Die zusätzlichen Sensoren der Versionen WS500 und WS600 liefern darüber hinaus weitere meteorologische Messgrößen. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde die maximal ausgestattete Wetterstation WS600 eingesetzt.

Es ist jederzeit leicht möglich mittels Transferstandards vor Ort Vergleichsmessungen durchzuführen. Die Abweichungen der Sensoren lagen jederzeit innerhalb der Anforderungen.

7.5 Bewertung

Die Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur, des Luftdrucks und der relativen Luftfeuchte sind vor Ort leicht überprüfbar. Die Abweichungen der Sensoren lagen jederzeit innerhalb der Anforderungen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

8. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

8.1 Arbeiten im Wartungsintervall

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

Alle 3 Monate:

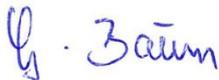
- Reinigung des Sigma2-Probenahmekopfes
- Reinigung der Einlassdüse
- Verifizierung der Messeinrichtung (Durchflussrate, Dichtigkeit, Nullpunkt, Überprüfung der Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitssensoren)

Alle 12 Monate:

- Reinigung des Probenrohrs
- Der Messeinschub der Messeinrichtung ist mindestens alle 12 Monate (bzw. wenn der Verschleißindikator „Kalibrierung“ komplett rot ist) zur Wartung inkl. der Überprüfung der Kalibrierung an den Grimm Service oder einen autorisierten Grimm-Servicepartner zu senden.

Weitere Einzelheiten können dem Kapitel 7 des Benutzerhandbuchs entnommen werden.

Immissionsschutz / Luftreinhaltung



Dipl.-Ing. Guido Baum



Dipl.-Ing. Karsten Pletscher

Köln, 03. Februar 2023
936/21252222/A

9. Literaturverzeichnis

- [1] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 3, „Automatische Messeinrichtungen zur Überwachung der Luftqualität - Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung der Massenkonzentration von partikelförmigen Immissionen“, Februar 2019
- [2] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 1, „Automatische Messeinrichtungen und Auswerteeinrichtungen zur Überwachung der Emissionen - Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von stationären automatischen Messeinrichtungen und Überprüfung des Qualitätsmanagementsystems des Herstellers“, Juli 2017
- [3] Europäische Norm EN 12341, „Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀- oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- [4] Europäische Norm EN 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5}); Deutsche Fassung EN 16450 vom Juli 2017
- [5] Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung vom Januar 2010
- [6] Betriebshandbuch EDM 280, Stand 1.04
- [7] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa

10. Anhang

Anhang 1 Mess- und Rechenwerte

- Anlage 1: Nullniveau und Nachweisgrenze
- Anlage 2: Genauigkeit des Volumenstroms
- Anlage 3: Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes und der Empfindlichkeit
- Anlage 4: Netzspannungsabhängigkeit
- Anlage 5: Messwerte aus den Feldteststandorten
- Anlage 6: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Anhang 2 Verfahren zur Filterwägung

Anhang 3 Akkreditierungsurkunde

Anhang 4 Benutzerhandbuch

Anlage 1

Nullniveau und Nachweisgrenze

Blatt 1 von 1

Hersteller		Grimm Aerosol Technik			
Gerätetyp		EDM 280	Standards	NP	Messwerte mit Nullfilter
Serien-Nr.		FE111 / FE114			
Nr.	Datum	Messwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] FE111	Datum	Messwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] FE114	$s_{x_0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$
1	22.04.2021	0,0	22.04.2021	0,0	
2	23.04.2021	0,0	23.04.2021	0,0	
3	24.04.2021	0,0	24.04.2021	0,0	
4	25.04.2021	0,0	25.04.2021	0,0	
5	26.04.2021	0,0	26.04.2021	0,0	
6	27.04.2021	0,0	27.04.2021	0,0	
7	28.04.2021	0,0	28.04.2021	0,0	
8	29.04.2021	0,0	29.04.2021	0,0	
9	30.04.2021	0,0	30.04.2021	0,0	
10	01.05.2021	0,0	01.05.2021	0,0	
11	02.05.2021	0,0	02.05.2021	0,0	
12	03.05.2021	0,0	03.05.2021	0,0	
13	04.05.2021	0,0	04.05.2021	0,0	
14	05.05.2021	0,0	05.05.2021	0,0	
15	06.05.2021	0,0	06.05.2021	0,0	
Anzahl Werte		15	Anzahl Werte	15	
Mittelwert (Nullniveau)		0,00	Mittelwert (Nullniveau)	0,00	
Standardabweichung s_{x_0}		0,00	Standardabweichung s_{x_0}	0,00	
Nachweisgrenze X		0,00	Nachweisgrenze X	0,00	

Anlage 2

Genauigkeit des Volumenstroms

Blatt 1 von 1

Hersteller	Grimm Aerosol Technik						Solldurchflussrate [l/min]	1,2
Gerätetyp	EDM 280							
Serien-Nr.	FE111 / FE114							
Temperatur 1	5°C	FE111			FE114			
		Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	
		1	18.06.2021 05:10	1,199	1	18.06.2021 05:12	1,210	
		2	18.06.2021 05:16	1,201	2	18.06.2021 05:18	1,210	
		3	18.06.2021 05:22	1,201	3	18.06.2021 05:23	1,209	
		4	18.06.2021 05:28	1,201	4	18.06.2021 05:29	1,209	
		5	18.06.2021 05:34	1,201	5	18.06.2021 05:35	1,208	
		6	18.06.2021 05:39	1,206	6	18.06.2021 05:41	1,207	
		7	18.06.2021 05:45	1,201	7	18.06.2021 05:46	1,211	
		8	18.06.2021 05:52	1,201	8	18.06.2021 05:54	1,209	
		9	18.06.2021 05:59	1,200	9	18.06.2021 06:01	1,209	
10	18.06.2021 06:04	1,201	10	18.06.2021 06:08	1,209			
		Mittelwert	1,201		Mittelwert	1,209		
Temperatur 2	40°C	FE111			FE114			
		Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	
		1	18.06.2021 12:10	1,194	1	18.06.2021 12:11	1,192	
		2	18.06.2021 12:15	1,194	2	18.06.2021 12:16	1,193	
		3	18.06.2021 12:21	1,195	3	18.06.2021 12:23	1,194	
		4	18.06.2021 12:27	1,195	4	18.06.2021 12:28	1,193	
		5	18.06.2021 12:33	1,196	5	18.06.2021 12:34	1,194	
		6	18.06.2021 12:39	1,196	6	18.06.2021 12:41	1,193	
		7	18.06.2021 12:45	1,195	7	18.06.2021 12:47	1,194	
		8	18.06.2021 12:51	1,196	8	18.06.2021 12:52	1,193	
		9	18.06.2021 12:58	1,196	9	18.06.2021 12:59	1,194	
10	18.06.2021 13:04	1,195	10	18.06.2021 13:05	1,194			
		Mittelwert	1,195		Mittelwert	1,193		

Anlage 3

Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt, PM_{2,5}

Blatt 1 von 3

Hersteller		Grimm Aerosol Technik					
Gerätetyp		EDM 280					
Serien-Nr.		FE111 / FE114					
			Messung 1	Messung 2	Messung 3		
FE111	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m ³]	Messwert [µg/m ³]	Messwert [µg/m ³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m ³]	Mittelwert bei 20°C [µg/m ³]
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	5	0,0	0,0	0,0	0,0	
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	
	4	40	0,0	0,0	0,0	0,0	
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0	
FE114	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m ³]	Messwert [µg/m ³]	Messwert [µg/m ³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m ³]	Mittelwert bei 20°C [µg/m ³]
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	5	0,0	0,0	0,0	0,0	
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	
	4	40	0,0	0,0	0,0	0,0	
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0	

Anlage 3 Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt, PM10

Blatt 2 von 3

Hersteller Grimm Aerosol Technik							
Gerätetyp EDM 280							
Serien-Nr. FE111 / FE114							
			Messung 1	Messung 2	Messung 3		
FE111	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]	Mittelwert bei 20°C [µg/m³]
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	5	0,0	0,0	0,0	0,0	
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	
	4	40	0,0	0,0	0,0	0,0	
	5	20	0,0	0,0	0,0	0,0	
FE114	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]	Mittelwert bei 20°C [µg/m³]
NP	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	5	0,0	0,0	0,0	0,0	
	3	20	0,0	0,0	0,0	0,0	
	4	40	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 Grimm Aerosol Technik			Verwendeter Prüfstandard Test mit Prüfstaub				
Gerätetyp EDM 280							
Serien-Nr. FE111 / FE114							
			Messung 1	Messung 2	Messung 3		
FE111	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µm³]	Mittelwert bei 20°C [µm³]
RP	1	20	49,6	50,0	48,6	49,4	49,1
	2	5	48,5	47,8	49,4	48,6	
	3	20	49,1	46,9	50,2	48,7	
	4	40	50,9	51,2	50,4	50,9	
	5	20	49,4	49,1	48,7	49,1	
FE114	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µm³]	Mittelwert bei 20°C [µm³]
RP	1	20	48,3	47,1	48,0	47,8	48,0
	2	5	45,5	47,1	49,1	47,2	
	3	20	48,0	47,5	47,3	47,6	
	4	40	46,4	45,7	45,5	45,8	
	5	20	47,9	48,7	49,2	48,6	

Anlage 4 Netzspannungsabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)

Blatt 1 von 1

Hersteller		Grimm Aerosol Technik		Verwendeter Prüfstandard Test mit Prüfstaub			
Gerätetyp		EDM 280					
Serien-Nr.		FE111 / FE114					
			Messung 1	Messung 2	Messung 3		
FE111	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µm³]	
	1	230	51,2	50,8	51,8	51,3	
	2	195	52,6	52,6	51,6	52,3	
RP	3	230	51,9	51,5	50,3	51,2	
	4	253	49,6	48,9	48,5	49,0	
	5	230	50,5	49,9	50,7	50,4	
FE114	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Messwert [µm³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µm³]	
	1	230	48,3	46,8	48,2	47,7	
	2	195	46,1	45,5	48,8	46,8	
RP	3	230	47,0	47,6	45,5	46,7	
	4	253	47,0	47,6	46,6	47,1	
	5	230	45,3	44,9	44,4	44,8	

Anlage 5
Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen
Blatt 1 von 12

Hersteller		Grimm Aerosol Technik									Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp		EDM 280									Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr.		FE111 / FE114										
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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
1	06.08.2021										Nullfilter Nullfilter Nullfilter Nullfilter → Probenahmekopf	Köln
2	07.08.2021											
3	08.08.2021											
4	09.08.2021											
5	10.08.2021	4,1	3,9	7,3	7,9	52,7	5,1	5,0	8,5	8,3		
6	11.08.2021	6,3	5,7	9,4	9,6	62,9	8,0	7,8	11,7	11,4		
7	12.08.2021	9,7	9,5	16,1	16,4	59,1	10,4	10,3	16,5	16,2		
8	13.08.2021	8,9	9,7	15,8	15,8	58,9	10,3	10,0	16,3	15,9		
9	14.08.2021	9,3	8,3	17,4	17,1	50,9	8,8	8,6	15,6	15,0		
10	15.08.2021	9,0	8,0	15,7	15,6	54,2	8,4	8,2	15,1	14,7		
11	16.08.2021	4,2	4,1	10,3	11,5	37,9	5,7	5,5	11,7	11,2		
12	17.08.2021	7,9	7,6	15,4	15,1	50,7	12,0	11,3	18,2	17,1		
13	18.08.2021	4,2	4,7	8,4	6,7	59,2	6,2	6,0	9,9	9,6		
14	19.08.2021	3,8	4,3	7,5	8,0	52,6	5,4	5,3	9,1	8,8		
15	20.08.2021	4,0	4,4	7,6	9,3	49,9	5,3	5,2	8,6	8,4		
16	21.08.2021	6,9	7,0	10,8	11,1	63,6	6,7	6,8	10,5	10,4		
17	22.08.2021	5,7	5,1	8,8	9,7	58,0	7,3	7,1	11,0	10,6		
18	23.08.2021	7,1	7,5	11,5	11,7	62,9	9,9	9,6	13,8	13,3		
19	24.08.2021	5,6	5,5	8,6	9,2	62,2	5,2	5,3	8,8	8,8		
20	25.08.2021	7,7	6,7	12,9	13,1	55,7	6,5	6,6	12,0	11,9		
21	26.08.2021	3,9	4,0	7,4	8,1	51,3	5,8	5,5	9,5	8,9		
22	27.08.2021	3,6	3,4	8,4	8,6	41,5	4,9	4,8	9,5	9,1		
23	28.08.2021	4,5	4,3	9,3	8,4	49,5	7,8	7,5	11,3	10,8		
24	29.08.2021	4,5	3,9	8,1	7,6	53,8	6,2	6,0	9,4	8,9		
25	30.08.2021	10,5	10,0	16,7	16,6	61,6	13,6	13,1	19,3	18,5		
26	31.08.2021	14,0	13,2	21,0	20,3	65,7	17,9	16,9	23,5	22,3		
27	01.09.2021	10,5	10,2	19,4	18,7	54,3	14,4	13,6	21,0	19,6		
28	02.09.2021	7,6	7,5	12,6	13,1	59,0	13,0	12,4	17,9	17,0		
29	03.09.2021	9,1	8,3	13,7	14,0	62,9	10,7	10,5	15,3	14,9		
30	04.09.2021	11,5	11,2	16,6	16,6	68,3	13,8	13,4	18,6	18,0		

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 181 von 276

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 2 von 12

Hersteller											Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Grimm Aerosol Technik											Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp												
EDM 280												
Serien-Nr.												
FE111 / FE114												
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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
31	05.09.2021	11,3	11,0	15,3	15,2	73,0	13,4	13,0	17,3	16,6		Köln
32	06.09.2021	14,3	13,9	21,0	21,0	67,0	15,3	14,8	21,7	20,9		
33	07.09.2021	12,5	12,7	19,4	20,0	64,1	14,1	13,7	20,4	19,7		
34	08.09.2021	11,5	11,3	17,6	17,7	64,8	11,9	11,7	18,4	17,9		
35	09.09.2021	9,4	9,8	17,5	18,2	53,8	11,3	11,1	19,3	18,8		
36	10.09.2021	4,8	4,7	9,3	9,0	52,0	5,7	5,6	10,1	9,8		
37	11.09.2021	3,2	3,7	7,4	7,3	47,1	4,5	4,5	7,8	7,6		
38	12.09.2021	5,8	5,8	10,1	10,2	57,5	7,0	7,0	10,8	10,5		
39	13.09.2021	11,1	10,3	16,6	17,2	63,2	13,6	13,3	19,2	18,5		
40	14.09.2021	9,0	8,7	14,8	15,0	59,4	10,3	10,3	16,9	16,7		
41	15.09.2021	8,0	7,5	12,4	13,1	60,8	9,6	9,5	14,6	14,1		
42	16.09.2021	4,3	4,3	9,4	9,8	44,7	5,5	5,5	10,8	10,2		
43	17.09.2021	12,9	12,6	20,6	21,7	60,4	13,5	13,2	19,5	18,8		
44	18.09.2021	11,3	10,4	14,7	15,2	72,2	13,9	13,6	18,0	17,5		
45	19.09.2021	4,3	3,5	6,2	5,8	64,6	3,9	3,9	5,7	5,6		
46	20.09.2021	7,3	6,7	11,4	11,7	60,8	7,8	7,7	13,7	13,4		
47	21.09.2021	6,7	5,9	10,9	10,9	58,1	6,8	6,8	11,3	11,0		
48	22.09.2021	10,7	10,3	17,8	18,4	58,0	10,8	10,7	17,4	17,1		
49	23.09.2021	8,0	7,4	14,8	15,1	51,5	8,1	8,0	16,4	16,3		
50	24.09.2021	5,8	5,6	12,0	12,9	45,8	8,9	8,7	15,8	15,2		
51	25.09.2021	5,8	5,0	8,5	8,4	64,0	5,7	5,6	8,5	8,4		
52	26.09.2021	8,7	7,8	12,1	12,5	66,9	9,3	9,2	13,8	13,5		
53	27.09.2021	4,9	5,0	9,2	9,4	53,6	7,4	7,2	11,9	11,5		
54	28.09.2021	3,8	3,8	10,5	10,7	35,3	5,5	5,4	11,6	11,0		
55	29.09.2021	3,6	3,6	8,2	8,9	42,7	5,0	5,0	9,4	9,1		
56	30.09.2021	4,1	3,3	8,6	7,9	44,6	5,1	5,1	9,9	9,6		
57	01.10.2021	4,3	3,4	8,8	8,2	44,8	4,3	4,4	9,0	8,9		
58	02.10.2021	3,4	3,5	5,2	6,7	58,1	4,2	4,2	6,8	6,7		
59	03.10.2021	4,2	3,6	6,9	6,9	56,7	4,1	4,1	7,8	7,6		
60	04.10.2021						3,2	3,3	6,4	6,3		

Anlage 5
Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen
Blatt 3 von 12

Hersteller		Grimm Aerosol Technik									Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp		EDM 280									Messwerte in µg/m ³ i.B.	
Serien-Nr.		FE111 / FE114										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/m ³]	Ref. 2 PM10 [µg/m ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m ³]	FE114 PM2,5 [µg/m ³]	FE111 PM10 [µg/m ³]	FE114 PM10 [µg/m ³]	Bemerkung	Standort
61	05.10.2021						3,8	3,8	6,4	6,3		Köln
62	06.10.2021						3,9	3,9	6,6	6,3		
63	07.10.2021						12,0	11,4	16,3	15,3		
64	08.10.2021						9,9	9,8	14,3	13,9		
65	09.10.2021						17,9	17,3	24,8	23,8		
66	10.10.2021						15,8	15,6	21,3	20,8		
67	11.10.2021						14,3	13,8	20,9	19,9		
68	12.10.2021						8,4	8,2	12,6	12,0		
69	13.10.2021						9,1	9,0	15,1	14,6		
70	14.10.2021						10,5	10,3	16,7	16,0		
71	15.10.2021	6,9	6,6	13,2	14,2	49,3	8,2	8,2	13,2	12,7		
72	16.10.2021	10,3	10,1	16,5	16,7	61,3	12,9	12,6	16,8	16,1		
73	17.10.2021	10,4	10,4	15,1	15,9	66,9	11,4	11,3	15,1	14,7		
74	18.10.2021	12,3	11,6	16,0	16,2	74,3	13,6	13,2	17,2	16,7		
75	19.10.2021	9,2	8,3	12,0	12,4	71,7	10,5		13,7		Ausfall FE114 (Wettersensor) Ausfall FE114 (Wettersensor) Ausfall FE114 (Wettersensor) Ausfall FE114 (Wettersensor)	
76	20.10.2021	5,4	5,4	10,2	9,3	54,6	6,7		10,7			
77	21.10.2021	3,3	3,1	8,8	7,7	38,5	4,3		8,6			
78	22.10.2021	4,5	4,7	12,6	11,3	38,6	6,6		12,4			
79	23.10.2021	8,4	7,8	15,3	14,7	54,1	11,0	10,6	16,3	15,2		
80	24.10.2021	6,1	6,8	11,6	10,9	57,3	8,8	8,7	12,3	11,8		
81	25.10.2021	6,7	6,7	11,3	10,7	60,9	8,5	8,5	12,2	11,9		
82	26.10.2021	4,4	4,3	8,6	8,4	50,5	5,6	5,6	8,9	8,5		
83	27.10.2021	4,0	4,5	8,7	7,6	52,2	5,5	5,5	8,9	8,6		
84	28.10.2021	11,9	12,4	16,9	16,1	73,8	15,4	14,8	18,7	17,9		
85	29.10.2021	9,2	9,1	14,3	13,1	66,6	12,3	12,0	16,4	15,9		
86	30.10.2021	6,9	7,0	11,9	10,3	62,7	8,5	8,4	12,1	11,8		
87	31.10.2021	3,4	3,9	6,8	5,4	60,4	4,8	4,8	7,1	7,0		
88	01.11.2021	3,4	3,1	8,9	7,5	39,2	4,5	4,5	8,3	7,9		
89	02.11.2021	3,9	3,0	7,4	6,4	49,7	4,6	4,6	7,3	7,1		
90	03.11.2021	6,6	6,6	10,4	9,7	65,8	7,7	7,5	10,2	9,9		

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280 der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 183 von 276

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 4 von 12

Hersteller Grimm Aerosol Technik												Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp EDM 280												Messwerte in µg/m ³ i.B.	
Serien-Nr. FE111 / FE114													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m ³]	Ref. 1 PM10 [µg/m ³]	Ref. 2 PM10 [µg/m ³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m ³]	FE114 PM2,5 [µg/m ³]	FE111 PM10 [µg/m ³]	FE114 PM10 [µg/m ³]	Bemerkung	Standort	
91	04.11.2021	18,2	19,4	23,8	22,6	80,9	22,0		25,0		Ausfall FE114 (Wettersensor)	Köln	
92	05.11.2021	13,8	14,7	21,0	20,1	69,5	16,4		21,3		Ausfall FE114 (Wettersensor)		
93	06.11.2021	5,9	6,5	10,6	10,3	59,3	8,6	8,4	11,8	11,3			
94	07.11.2021	5,0	5,2	10,9	11,4	45,9	6,9	6,8	11,4	10,8			
95	08.11.2021										Probenahmekopf → Nullfilter		
96	09.11.2021										Nullfilter		
97	16.12.2021										Nullfilter	Bornheim	
98	17.12.2021										Nullfilter → Probenahmekopf		
99	18.12.2021	11,5	10,4	15,6		71,9	12,9	12,2	15,0	14,5			
100	19.12.2021	9,4	7,6	13,3			9,8	9,2	12,9	12,3	Ausfall Ref 2 PM10		
101	20.12.2021	9,9	7,4	20,0			10,0	9,6	16,5	15,9	Ausfall Ref 2 PM10		
102	21.12.2021	19,3	20,8	31,6			19,3	18,8	25,8	25,6	Ausfall Ref 2 PM10		
103	22.12.2021	21,5	21,9	28,0	26,6	79,6	22,3	21,3	25,5	24,2			
104	23.12.2021	20,4	20,3	26,2	25,8	78,2	19,5	18,6	23,6	22,5			
105	24.12.2021	7,3	7,7	18,6	17,1	41,9	8,9	8,7	18,8	18,1			
106	25.12.2021	5,4	5,0	7,4	7,6	69,7	6,1	6,0	7,2	7,0			
107	26.12.2021			10,4	9,9		9,1	8,8	9,5	9,1	Ausreisser Ref. PM2,5		
108	27.12.2021	6,0	6,2	8,5	8,7	71,0	7,0	6,9	7,9	7,8			
109	28.12.2021	3,5	4,3	10,2	10,3	38,0	5,5	5,4	10,2	10,0			
110	29.12.2021	3,2	3,3	8,3	8,4	39,1	4,6	4,6	8,0	8,0			
111	30.12.2021	3,1	2,9	8,3			3,6	3,5	7,6	7,5	Ausfall Ref 2 PM10		
112	31.12.2021	3,6	2,9	6,6			3,5	3,5	5,7	5,5	Ausfall Ref 2 PM10		
113	01.01.2022	4,1	4,3	9,1			5,8	5,6	8,1	7,6	Ausfall Ref 2 PM10		
114	02.01.2022	5,5	4,8	10,2			5,9	5,7	10,4	10,0	Ausfall Ref 2 PM10		
115	03.01.2022	2,6	1,9	10,1			5,6	5,4	11,6	11,0	Ausfall Ref 2 PM10		
116	04.01.2022	2,7	2,5	6,1			4,2	4,3	7,9	7,8	Ausfall Ref 2 PM10		
117	05.01.2022	4,6	4,2	10,1			6,9	6,7	10,7	10,0			
118	06.01.2022	7,6	7,7	20,7	20,6	37,2	11,2	10,7	22,2	20,9			
119	07.01.2022	4,2	3,4	9,2			4,7	4,7	9,7	9,5	Ausfall Ref 2 PM10		
120	08.01.2022	4,5	4,4	9,8	10,1	44,8	5,9	5,8	12,4	12,1			

Anlage 5
Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen
Blatt 5 von 12

Hersteller		Grimm Aerosol Technik									Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp		EDM 280									Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr.		FE111 / FE114										
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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
121	09.01.2022	4,9	4,8	11,2	11,5	42,7	6,6	6,4	11,6	11,0		Bornheim
122	10.01.2022	12,1	11,3	20,7	20,8	56,3	13,8	13,3	20,2	19,6		
123	11.01.2022	13,1	12,4	16,3	16,6	77,4	14,3	13,6	16,8	16,0		
124	12.01.2022	17,0	16,2	25,3	25,0	65,8	18,3	17,4	25,0	24,4		
125	13.01.2022	17,9	16,9	24,5	23,3	72,7	18,3	17,4	22,5	21,9		
126	14.01.2022	21,0	20,5	27,8	26,2	76,8	23,1	21,9	27,1	26,0		
127	15.01.2022	10,7	10,4	11,7	11,7	90,0	12,0	11,4	12,8	12,1		
128	16.01.2022	13,3	13,1	17,4	16,7	77,2	14,3	13,7	17,7	16,9		
129	17.01.2022	15,1	14,6	25,2	22,6	62,1	19,0	17,9	28,2	26,4		
130	18.01.2022	9,7	9,7	21,9	20,0	46,4	13,7	13,1	22,1	21,5		
131	19.01.2022	8,9	9,3	23,9	21,8	39,7	10,6	10,4	23,5	23,3		
132	20.01.2022	5,3	5,4	19,8	17,9	28,3	8,7	8,3	19,7	18,8		
133	21.01.2022	8,2	8,1	23,2	21,0	36,9	11,6	11,3	25,5	25,0		
134	22.01.2022	16,5	16,1	27,8	26,4	60,2	20,5	19,5	28,7	27,2		
135	23.01.2022	19,8	21,8	26,5	29,2	74,9	22,6	21,2	26,7	25,1		
136	24.01.2022	7,9	7,9	12,8	13,0	60,7	8,8	8,7	13,2	13,0		
137	25.01.2022	18,8	18,5	29,3	28,8	64,2	19,8	18,7	28,4	27,0		
138	26.01.2022	27,7	27,6	37,3	36,2	75,1	28,9	26,2	35,2	32,1		
139	27.01.2022	9,9	9,5	19,2	18,6	51,3	12,1	11,4	23,2	22,0		
140	28.01.2022	7,6	6,8	21,1	20,1	35,1	9,7	9,3	19,1	18,3		
141	29.01.2022	4,4	3,3	9,4	9,9	39,6	5,6	5,4	9,6	9,3		
142	30.01.2022	7,9	7,0	23,8	23,7	31,4	11,1	10,4	21,4	19,8		
143	31.01.2022	4,7	4,5	12,8	13,8	34,5	8,1	7,7	14,0	13,1		
144	01.02.2022	3,9	4,0	13,6	13,3	29,3	7,2	6,9	14,6	13,6		
145	02.02.2022	8,3	7,7	22,4	22,3	35,9	12,7	11,9	20,7	19,0		
146	03.02.2022	4,9	5,4	12,0	11,0	44,7	6,2	6,1	10,4	10,3		
147	04.02.2022	3,0	3,0	7,0	8,4	38,9	3,5	3,5	7,3	7,0		
148	05.02.2022	4,0	4,2	9,1	9,4	44,3	5,4	5,3	8,8	8,2		
149	06.02.2022	1,6	1,9	4,2	4,9	38,9	2,8	2,8	5,2	4,9		
150	07.02.2022	4,3	4,0	15,3	14,4	28,1	6,3	6,0	13,8	13,2		

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 185 von 276

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 6 von 12

Hersteller Grimm Aerosol Technik											Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp EDM 280											Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. FE111 / FE114												
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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
151	08.02.2022	3,0	2,8	9,6	8,6	31,6	3,3	3,3	8,5	8,2		Bornheim
152	09.02.2022	6,6	6,4	14,5	14,1	45,6	7,4	7,3	13,0	12,6		
153	10.02.2022	8,2	8,3	15,9	16,0	51,4	10,1	10,0	17,4	17,1		
154	11.02.2022	7,0	7,1	17,0	17,1	41,2	8,4	8,1	15,5	14,6		
155	12.02.2022	9,0	8,4	15,2	16,1	55,6	10,2	9,7	15,0	14,1		
156	13.02.2022	8,3	8,8	12,6	12,6	67,6	9,4	9,2	12,9	12,4		
157	14.02.2022	3,5	4,0	10,6	10,7	35,3	4,4	4,4	9,9	9,7		
158	15.02.2022	3,1	4,2	10,9	10,8	33,4	4,9	4,8	10,0	9,7		
159	16.02.2022	1,2	1,1	7,1	6,8	16,4	1,7	1,7	7,1	6,6		
160	17.02.2022	4,7	4,6	16,1	14,4	30,6	7,7	7,1	14,5	13,5		
161	18.02.2022	3,9	3,1	12,0	11,1	30,5	5,8	5,4	11,6	10,8		
162	19.02.2022	2,2	3,1	9,2	8,4	30,3	4,1	3,9	7,7	7,1		
163	20.02.2022	2,5	2,1	7,3	7,0	31,8	3,9	3,7	7,0	6,6		
164	21.02.2022	2,8	3,1	9,4	9,4	31,2	4,9	4,6	9,1	8,5		
165	22.02.2022	4,9	4,5	17,0	16,7	28,0	8,3	7,7	16,0	14,6		
166	23.02.2022	5,8	5,9	14,7	15,3	38,9	7,4	7,0	13,3	12,3		
167	24.02.2022	3,6	3,7	8,6	8,9	41,9	4,4	4,4	8,3	8,2		
168	25.02.2022	5,2	4,5	17,2	16,4	28,8	7,0	6,8	17,2	16,6		
169	26.02.2022	9,3	8,1	20,0	19,0	44,4	12,9	12,3	20,1	18,9		
170	27.02.2022	7,7	6,7	11,2	10,0	67,9	8,5	8,2	10,9	10,4		
171	28.02.2022	10,8	10,8	16,3	15,1	68,8	11,1	10,8	15,0	14,7		
172	01.03.2022	14,9	14,0	20,2	19,7	72,3	15,2	14,6	19,7	19,4		
173	02.03.2022	15,8	16,1	25,1	24,3	64,6	15,7	15,3	22,7	22,4		
174	03.03.2022	17,9	17,8	26,2	25,5	69,0	17,3	16,8	24,1	23,7		
175	04.03.2022	19,2	19,0	28,2	27,7	68,5	19,2	18,4	25,8	25,0		
176	05.03.2022	18,0	18,1	22,7	21,6	81,4	19,0	17,6	21,7	20,2		
177	06.03.2022	19,0	19,2	25,2	24,2	77,2	18,7	18,0	22,5	22,0		
178	07.03.2022										Probenahmekopf à Nullfilter	
179	08.03.2022										Nullfilter	
180	21.06.2022										Nullfilter	Niederzier

Anlage 5
Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen
Blatt 7 von 12

Hersteller		Grimm Aerosol Technik									Schwebstaub PM ₁₀ & PM _{2,5}	
Gerätetyp		EDM 280									Messwerte in µg/m ³ i.B.	
Serien-Nr.		FE111 / FE114										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM _{2,5} [µg/m ³]	Ref. 2 PM _{2,5} [µg/m ³]	Ref. 1 PM ₁₀ [µg/m ³]	Ref. 2 PM ₁₀ [µg/m ³]	Ratio PM _{2,5} /PM ₁₀ [%]	FE111 PM _{2,5} [µg/m ³]	FE114 PM _{2,5} [µg/m ³]	FE111 PM ₁₀ [µg/m ³]	FE114 PM ₁₀ [µg/m ³]	Bemerkung	Standort
181	22.06.2022										Nullfilter → Probenahmekopf	Niederzier
182	23.06.2022	8,5	11,0	35,1	34,5	28,0	11,4	11,4	38,0	39,3		
183	24.06.2022	5,1	4,6	8,4	8,2	58,8	6,2	6,3	11,7	12,0		
184	25.06.2022	3,4	4,1	10,7	10,3	35,4	4,8	4,9	11,9	12,1		
185	26.06.2022	3,4	3,4	12,1	12,7	27,1	5,5	5,5	13,2	13,5		
186	27.06.2022	4,6	5,6	13,6	12,2	39,7	7,4	7,4	15,3	15,6		
187	28.06.2022	3,9	4,5	15,3	15,5	27,4	4,7	4,7	16,9	17,4		
188	29.06.2022	7,4	9,6	35,6	33,4	24,7	7,8	7,9	34,2	35,5		
189	30.06.2022	7,3	8,5	20,6	19,6	39,1	8,9	9,0	22,3	22,7		
190	01.07.2022	3,1	3,3	9,1	8,4	36,7	4,2	4,2	10,5	10,7		
191	02.07.2022	3,7	4,6	16,5	15,3	26,1	4,5	4,6	16,4	16,9		
192	03.07.2022	4,5	4,5	10,6	9,4	44,9	5,4	5,6	11,3	11,6		
193	04.07.2022	3,0	3,7	8,7	7,8	40,9	3,9	4,0	8,7	8,9		
194	05.07.2022	5,2	6,0	12,1	13,2	44,5	7,2	7,3	14,6	14,8		
195	06.07.2022	3,8	4,6	10,0	9,7	42,5	5,0	5,1	11,6	11,8		
196	07.07.2022	5,7	5,0	10,9	11,9	47,2	5,6	5,7	14,1	14,4		
197	08.07.2022	3,9	5,1	9,0	10,3	46,3	5,6	5,6	12,6	12,8		
198	09.07.2022	5,4	6,3	9,2	10,6	59,3	6,8	6,9	12,8	13,0		
199	10.07.2022	3,5	4,0	6,5	8,0	51,4	5,0	5,0	10,0	10,3		
200	11.07.2022	5,1	4,8	5,6	8,5	69,8	4,8	4,9	9,7	10,0		
201	12.07.2022	7,4	7,5	18,8	21,1	37,3	5,7	5,8	18,5	19,2		
202	13.07.2022	8,1	8,6	24,5	25,5	33,4	6,4	6,4	23,7	24,6		
203	14.07.2022	4,2	7,0	12,8	12,8	44,0	7,5	7,6	17,1	17,4		
204	15.07.2022	2,3	4,3	9,0	9,2	36,5	4,3	4,4	10,1	10,4		
205	16.07.2022	4,1	6,1	13,8	14,1	36,6	5,1	5,3	14,0	14,5		
206	17.07.2022	6,3	9,2	25,8	25,5	30,3	6,2	6,3	23,5	24,1		
207	18.07.2022	9,3	10,5	33,6	32,5	29,9	7,6	7,8	31,3	32,3		
208	19.07.2022	13,9	15,6	44,6	44,3	33,2	10,9	11,0	46,7	48,0		
209	20.07.2022	12,8	14,4	26,5	27,1	50,8	15,9	16,0	33,1	33,7		
210	21.07.2022	5,4	6,3	10,0	11,1	55,7	9,8	9,7	14,9	14,9		

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 8 von 12

Hersteller Grimm Aerosol Technik												Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp EDM 280												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. FE111 / FE114													
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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
211	22.07.2022	7,7	8,8	17,4	16,3	49,0	12,0	11,9	21,3	21,5		Niederzier	
212	23.07.2022	6,4	7,2	15,4	14,3	45,5	10,6	10,6	19,0	19,5			
213	24.07.2022	8,2	9,4	19,7	18,3	46,3	10,3	10,3	20,3	20,7			
214	25.07.2022	8,2	8,2	19,8	18,2	43,4	8,2	8,3	20,4	21,0			
215	26.07.2022	4,2	3,9	12,1	12,1	33,4	7,1	7,2	15,8	16,3			
216	27.07.2022	4,4	4,6	16,2	15,7	28,2	4,4	4,5	14,5	15,1			
217	28.07.2022	7,2	7,0	26,7	25,4	27,3	6,2	6,3	27,7	28,7			
218	29.07.2022	8,2	7,5	21,4	20,8	37,2	8,0	8,2	22,5	23,3			
219	30.07.2022	8,2	7,8	14,7	13,4	57,1	11,9	12,1	20,8	21,3			
220	31.07.2022	6,1	4,7	11,2	10,3	50,1	5,5	5,7	12,1	12,6			
221	01.08.2022	3,8	2,8	6,3	6,3	52,1	4,7	4,8	8,5	8,7			
222	02.08.2022	7,0	6,3	22,2	21,1	30,5	6,4	6,5	20,8	21,6			
223	03.08.2022	6,2	6,3	15,0	13,8	43,4	4,9	5,0	14,1	14,7			
224	04.08.2022	10,1	10,6	34,0	31,2	31,8	8,1	8,3	32,9	34,4			
225	05.08.2022	4,8	4,9	10,3	9,0	50,2	7,5	7,6	13,2	13,6			
226	06.08.2022			11,2	9,7		5,4	5,6	11,7	12,2	Ausreisser PM2,5		
227	07.08.2022	5,6	6,2	17,4	16,1	35,2	5,4	5,6	15,7	16,4			
228	08.08.2022	6,0	6,0	15,1	13,5	42,0	6,4	6,6	15,5	16,0			
229	09.08.2022	7,6	8,3	21,1	20,0	38,8	7,7	7,8	21,9	22,6			
230	10.08.2022	10,8	12,2	34,2	33,0	34,2	9,6	9,7	33,7	35,0			
231	11.08.2022			48,5	47,5		12,1	12,1	47,3	49,1	keine Messung PM2,5		
232	12.08.2022			37,8	37,2		12,3	12,4	39,4	40,6	keine Messung PM2,5		
233	13.08.2022			33,9	33,0		11,0	11,1	33,7	34,8	keine Messung PM2,5		
234	14.08.2022			24,4	23,8		10,1	10,2	25,9	26,6	keine Messung PM2,5		
235	15.08.2022	8,0	8,4	18,0	17,5	46,2	7,9	7,9	19,4	20,0			
236	16.08.2022	7,7	9,1	23,5	23,1	36,1	9,2	9,3	24,1	25,2			
237	17.08.2022	10,0	10,2	21,5	21,0	47,5	13,0	13,0	23,5	23,9			
238	18.08.2022			20,0	19,6		17,9	17,7	24,0	24,1	keine Messung PM2,5		
239	19.08.2022	7,9	7,6	16,6	16,3	47,3	14,7	14,6	22,6	22,7			
240	20.08.2022	6,2	4,7	13,2	12,4	42,6	9,8	9,9	17,0	17,2			

Anlage 5
Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen
Blatt 9 von 12

Hersteller Grimm Aerosol Technik Gerätetyp EDM 280 Serien-Nr. FE111 / FE114												Schwebstaub PM10 & 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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
241	21.08.2022	5,5	5,0	12,9	12,6	41,3	7,2	7,3	13,6	13,9		Niederzier	
242	22.08.2022	7,8	7,6	26,3	23,7	30,7	9,1	9,3	24,5	25,3			
243	23.08.2022	7,1	6,9	20,4	18,0	36,5	8,0	8,1	18,1	18,7			
244	24.08.2022	9,5	9,1	32,2	28,9	30,5	9,3	9,5	29,4	30,0			
245	25.08.2022	10,9	9,5	34,0	31,5	31,2	9,1	9,2	33,8	34,8			
246	26.08.2022	8,2	7,7	19,3	16,0	45,0	12,4	12,3	21,8	22,1			
247	27.08.2022	4,1	3,1	11,9	11,1	31,6	5,6	5,7	13,9	14,1			
248	28.08.2022	5,1	6,0	16,9	15,9	34,0	6,3	6,4	16,9	17,5			
249	29.08.2022	5,1	5,5	21,0	20,1	25,9	5,5	5,6	19,8	20,5			
250	30.08.2022	9,3	8,9	36,1	34,5	25,7	7,8	7,8	35,1	36,4			
251	31.08.2022	8,4	7,7	18,7	18,7	43,0	9,2	9,3	20,5	21,1			
252	01.09.2022	7,6	8,2	28,4	28,0	28,0	8,4	8,5	28,9	29,9			
253	02.09.2022	9,3	9,1	24,9	23,3	38,3	6,9	7,1	24,4	25,3			
254	03.09.2022	7,0	7,3	17,9	17,1	41,0	6,1	6,3	18,5	19,1			
255	04.09.2022	4,8	5,7	14,7	14,5	35,9	5,6	5,7	13,7	14,1			
256	05.09.2022	8,9	9,3	31,7	30,0	29,5	6,2	6,3	29,4	30,5			
257	06.09.2022	6,1	7,0	21,0	19,8	32,0	6,2	6,3	20,7	21,3			
258	07.09.2022	3,6	3,6	10,2	10,2	35,6	4,1	4,1	10,4	10,7			
259	08.09.2022	2,3	3,2	6,8	6,7	40,3	3,8	3,9	7,3	7,5			
260	09.09.2022	2,4	2,4	5,9	5,9	41,5	3,0	3,1	6,0	6,1			
261	10.09.2022	3,3	4,0	7,8	8,0	46,0	5,6	5,7	9,1	9,4			
262	11.09.2022	5,5	5,6	12,5	12,4	44,7	12,5	12,4	17,2	17,2			
263	12.09.2022										Probenahmekopf → Nullfilter		
264	13.09.2022										Nullfilter		
265	13.10.2022										Nullfilter	JRC Ispra	
266	14.10.2022										Nullfilter → Probenahmekopf		
267	15.10.2022	15,8	15,2	30,4	31,4	50,1	18,9	18,1	34,3	33,1			
268	16.10.2022	16,5	16,1	32,4	34,1	49,0	18,5	17,7	34,8	33,4			
269	17.10.2022	17,6	15,6	32,3	34,6	49,7	19,9	19,0	36,3	34,9			
270	18.10.2022	15,1	14,4	31,4	32,5	46,0	18,3	17,5	36,4	35,0			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 189 von 276

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 10 von 12

Hersteller Grimm Aerosol Technik												Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp EDM 280												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. FE111 / FE114													
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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
271	19.10.2022	11,1	10,5	25,9	27,8	40,1	12,9	12,5	29,2	28,5		JRC Ispra	
272	20.10.2022	16,4	15,7	32,3	34,5	48,2	17,5	16,6	33,9	32,3			
273	21.10.2022	21,3	20,4	34,4	36,9	58,5	24,7	23,4	37,3	35,5			
274	22.10.2022	7,4	5,6	15,0	16,7	40,8	9,0	8,7	17,8	17,2			
275	23.10.2022	6,1	6,0	17,2	17,6	34,8	7,1	7,0	20,0	19,5			
276	24.10.2022	13,3	12,8	28,3	29,3	45,4	18,8	17,9	32,9	31,5			
277	25.10.2022	8,1	7,8	24,6	25,3	32,0	11,7	11,1	27,5	26,3			
278	26.10.2022	9,6	9,2	30,9	31,3	30,2	13,9	13,3	35,4	34,0			
279	27.10.2022	8,8	8,8	27,4	27,7	32,0	12,4	11,9	30,6	29,9			
280	28.10.2022	8,0	8,2	23,5	23,5	34,3	9,5	9,2	25,5	24,9			
281	29.10.2022	8,4	9,8	22,6	23,4	39,5	9,8	9,5	25,1	23,9			
282	30.10.2022	10,2	10,7	24,4	24,2	43,0	11,3	10,9	27,1	26,1			
283	31.10.2022	15,2	15,7	29,0	28,5	53,8	15,1	14,5	30,4	29,4			
284	01.11.2022	14,8	15,5	25,6	25,7	59,1	16,2	15,6	28,5	27,4			
285	02.11.2022	13,4	14,6	24,4	22,5	59,7	15,5	14,8	25,0	24,0			
286	03.11.2022	16,5	16,7	25,7	26,2	63,8	18,9	18,0	28,6	27,3			
287	04.11.2022	2,6	4,1	6,0	5,5	58,8	2,2	2,1	5,3	5,1			
288	05.11.2022	1,9	3,9	5,4	4,8	56,3	1,8	1,8	4,6	4,4			
289	06.11.2022	3,9	4,5	5,9	6,3	68,8	3,7	3,6	5,4	5,2			
290	07.11.2022	12,5	12,6	16,1	16,9	75,8	12,1	11,7	15,9	15,3			
291	08.11.2022	14,4	14,8	19,4	20,7	72,9	14,4	13,8	19,3	18,2			
292	09.11.2022	22,2	22,1	27,9	29,3	77,4	22,3	21,3	27,0	25,8			
293	10.11.2022	10,6	10,6	16,7	16,8	63,5	13,7	13,1	19,1	18,4			
294	11.11.2022	10,3	11,0	16,6	16,5	64,2	13,1	12,5	18,4	17,6			
295	12.11.2022	14,1	14,0	18,7	18,4	75,6	13,8	13,2	18,7	17,8			
296	13.11.2022	16,7	16,3	22,5	22,6	73,1	16,9	16,1	22,0	21,1			
297	14.11.2022	11,2	11,4	15,1	15,1	74,7	13,3	12,6	16,5	15,7			
298	15.11.2022	12,1	13,0	16,9	16,6	74,9	14,4	13,8	18,5	17,7			
299	16.11.2022	9,3	8,8	13,4	13,3	68,0	10,6	10,1	15,3	14,8			
300	17.11.2022	13,0	12,6	18,5	19,6	67,2	15,1	14,4	21,6	20,8			

Anlage 5
Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen
Blatt 11 von 12

Hersteller Grimm Aerosol Technik Gerätetyp EDM 280 Serien-Nr. FE111 / FE114												Schwebstaub PM10 & 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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
301	18.11.2022	9,2	9,6	13,3	13,0	71,7	10,4	10,0	14,1	13,7		JRC Ispra	
302	19.11.2022	8,9	9,8	12,0	11,8	78,7	8,9	8,5	11,5	11,0			
303	20.11.2022	8,9	8,7	10,7	10,8	81,9	8,9	8,6	10,6	10,2			
304	21.11.2022	16,5	16,1	19,4	19,9	82,9	15,3	14,7	19,1	18,4			
305	22.11.2022	4,4	4,2	6,5	6,0	68,7	4,8	4,6	6,5	6,3			
306	23.11.2022	5,3	4,6	8,8	8,6	56,4	4,7	4,4	7,8	7,5			
307	24.11.2022	9,0	9,4	12,3	13,6	71,2	9,1	8,7	12,0	11,7			
308	25.11.2022	24,4	23,7	29,0	29,6	82,0	23,9	22,7	28,4	27,0			
309	26.11.2022	20,2	19,8	22,5	23,7	86,6	20,4	19,3	23,7	22,5			
310	27.11.2022	21,9	22,5	24,7	25,8	87,8	22,0	20,9	24,8	23,6			
311	28.11.2022	25,6	26,2	39,2	40,1	65,3	33,0	31,2	37,4	35,4			
312	29.11.2022	34,3	34,7	45,3	46,5	75,1	40,8	38,5	44,9	42,4			
313	30.11.2022	36,3	36,8	43,4	45,0	82,7	41,1	38,8	44,1	41,7			
314	01.12.2022	26,7	27,3	31,6	31,9	85,1	28,4	27,1	32,6	31,2			
315	02.12.2022	25,3	25,3	28,9	29,8	86,1	25,7	24,4	29,1	27,8			
316	03.12.2022	11,9	11,7	13,2	13,9	86,9	13,6	13,0	14,7	14,1			
317	04.12.2022	3,8	3,4	4,9	5,4	70,8	4,2	4,1	4,8	4,7			
318	05.12.2022	4,4	3,9	6,4	6,5	64,1	5,8	5,6	7,1	6,9			
319	06.12.2022	7,9	8,1	11,5	11,6	68,9	9,4	9,1	11,6	11,3			
320	07.12.2022	22,8	23,5	26,6	27,7	85,1	24,1	23,1	26,6	25,6			
321	08.12.2022	20,8	20,9	24,1	25,2	84,7	21,2	20,4	23,7	22,8			
322	09.12.2022	20,9	20,6	21,8	22,9	92,9	21,0	20,1	22,6	21,7			
323	10.12.2022	14,1	15,0	17,0	17,6	84,6	16,6	16,0	18,7	18,1			
324	11.12.2022	2,3	3,1	3,4	3,7	75,6	2,4	2,4	3,0	2,9			
325	12.12.2022	23,0	23,8	26,3	26,5	88,6	23,5	22,5	25,4	24,3			
326	13.12.2022	27,4	27,2	31,2	32,4	85,8	26,3	25,0	29,5	28,2			
327	14.12.2022	32,9	33,5	42,2	44,1	76,9	37,4	35,5	40,5	38,5			
328	15.12.2022	29,9	29,5	37,2	38,3	78,6	34,4	32,8	36,4	34,6			
329	16.12.2022	16,9	17,2	19,1	19,7	88,1	19,5	18,7	20,9	20,0			
330	17.12.2022	12,0	12,4	15,3	16,0	77,8	15,7	15,0	17,3	16,5			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 191 von 276

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 12 von 12

Hersteller		Grimm Aerosol Technik									Schwebstaub PM10 & PM2,5			
Gerätetyp		EDM 280									Messwerte in µg/m³ i.B.			
Serien-Nr.		FE111 / FE114												
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 [%]	FE111 PM2,5 [µg/m³]	FE114 PM2,5 [µg/m³]	FE111 PM10 [µg/m³]	FE114 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort		
331	18.12.2022	16,2	15,2	17,2	17,9	89,5	15,8	15,2	17,9	17,2		JRC Ispra		
332	19.12.2022	34,2	33,3	36,6	38,0	90,4	35,9	34,0	37,8	35,8				
333	20.12.2022	32,2	31,0	33,5	34,6	92,8	31,7	30,1	34,5	32,8				
334	21.12.2022	28,8	28,9	39,5	41,1	71,6	35,1	33,3	39,4	37,5				
335	22.12.2022	38,0	37,2	39,7	41,5	92,6	37,1	35,2	40,9	39,0				
336	23.12.2022	28,8	29,4	31,9	32,6	90,3	30,1	28,6	33,3	31,7				
337	24.12.2022	36,3	36,7	44,3	45,4	81,4	41,8	39,3	45,6	42,9				
338	25.12.2022	31,6	32,4	38,3	38,8	82,9	34,7	32,6	39,6	37,3				
339	26.12.2022	23,2	23,6	26,4	26,8	87,9	25,1	23,8	28,1	26,8				
340	27.12.2022	21,0	21,0	22,6	23,1	91,7	22,5	21,4	25,1	24,0				
341	28.12.2022	20,0	21,5	25,2	25,8	81,4	21,7	20,6	25,3	24,1				
342	29.12.2022	25,4	26,8	29,8	30,3	86,7	27,5	26,1	31,2	29,7				
343	30.12.2022	32,0	31,8	36,7	37,7	85,7	32,4	30,8	37,1	35,5				
344	31.12.2022	27,1	27,2	29,9	30,5	90,1	28,6	27,2	32,1	30,7				
345	01.01.2023	26,2	26,5	31,9	31,5	83,1	30,1	28,4	32,6	30,8				
346	02.01.2023	20,0	19,8	25,4	26,2	77,0	25,3	24,1	28,4	27,0				
347	03.01.2023	19,7	19,3	23,2	23,3	83,8	22,7	21,7	25,9	24,9				
348	04.01.2023	11,2	10,8	14,0	14,1	78,3	13,4	12,9	16,3	15,7				
349	05.01.2023												Probenahmekopf → Nullfilter Nullfilter	
350	06.01.2023													

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 1 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
1	06.08.2021	Köln	19,2	23,4	999	77,7	0,5	165	0,0
2	07.08.2021		19,2	24,2	999	68,6	0,4	162	0,2
3	08.08.2021		18,3	22,8	1005	65,3	0,4	140	3,1
4	09.08.2021		17,9	22,9	1011	71,5	0,3	146	1,5
5	10.08.2021		18,2	25,0	1012	84,2	0,1	122	0,0
6	11.08.2021		20,0	25,9	1014	78,4	0,1	121	0,0
7	12.08.2021		21,4	27,8	1015	71,9	0,1	123	0,0
8	13.08.2021		21,6	27,2	1016	72,4	0,0	106	0,0
9	14.08.2021		21,1	28,2	1016	65,8	0,1	108	0,0
10	15.08.2021		22,2	30,8	1009	65,8	0,2	131	0,0
11	16.08.2021		17,0	21,8	1008	77,8	0,2	119	4,3
12	17.08.2021		14,8	18,3	1013	83,8	0,1	118	2,0
13	18.08.2021		17,0	19,5	1011	86,6	0,0	112	2,6
14	19.08.2021		18,7	21,5	1010	79,3	0,1	112	0,0
15	20.08.2021		18,9	25,0	1012	76,1	0,1	110	0,2
16	21.08.2021		20,5	27,0	1013	73,2	0,3	124	0,3
17	22.08.2021		19,5	23,7	1011	81,8	0,1	108	0,0
18	23.08.2021		18,5	21,4	1017	80,8	0,2	114	0,0
19	24.08.2021		17,8	22,7	1021	63,7	0,4	142	0,0
20	25.08.2021		17,9	24,6	1017	64,4	0,1	102	0,0
21	26.08.2021		16,2	19,7	1010	83,2	0,0	97	5,1
22	27.08.2021		14,8	19,2	1012	89,5	0,0	99	0,0
23	28.08.2021		16,1	20,0	1013	87,8	0,1	106	0,0
24	29.08.2021		15,6	17,1	1013	92,7	0,0	95	6,1
25	30.08.2021		17,4	20,4	1014	86,4	0,0	106	0,2
26	31.08.2021		16,9	22,1	1019	79,7	0,0	102	0,0
27	01.09.2021		15,9	17,8	1023	80,1	0,0	97	0,0
28	02.09.2021		16,9	23,8	1021	76,3	0,2	110	0,0
29	03.09.2021		19,0	26,7	1016	71,2	0,2	118	0,0
30	04.09.2021		19,3	27,5	1013	73,3	0,1	98	0,0

* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 193 von 276

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 2 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
31	05.09.2021	Köln	19,9	28,3	1015	68,9	0,1	111	0,0
32	06.09.2021		19,8	27,4	1018	67,6	0,1	108	0,0
34	07.09.2021		19,5	27,3	1018	68,5	0,2	114	0,0
34	08.09.2021		21,0	27,8	1012	62,3	0,7	138	0,0
35	09.09.2021		21,0	29,5	1006	71,5	0,2	119	3,6
36	10.09.2021		20,9	24,6	1009	80,0	0,1	110	0,7
37	11.09.2021		19,8	23,1	1012	73,9	0,1	111	0,0
38	12.09.2021		18,5	23,5	1013	71,3	0,1	106	0,0
39	13.09.2021		16,8	23,2	1013	75,1	0,1	107	0,0
40	14.09.2021		19,4	25,4	1009	72,9	0,4	136	0,0
41	15.09.2021		20,3	22,5	1007	80,9	0,1	117	3,1
42	16.09.2021		17,3	21,7	1012	72,0	0,0	96	0,0
43	17.09.2021		16,9	22,4	1012	77,8	0,1	108	0,0
44	18.09.2021		17,4	24,1	1011	73,1	0,1	112	0,0
45	19.09.2021		15,8	20,0	1010	71,0	0,5	135	0,0
46	20.09.2021		14,3	17,2	1015	65,0	0,4	124	0,0
47	21.09.2021		14,6	18,4	1024	61,3	0,2	113	0,0
48	22.09.2021		13,6	21,3	1024	73,1	0,1	110	0,0
49	23.09.2021		16,2	23,2	1015	69,1	0,1	110	0,0
50	24.09.2021		18,5	22,2	1012	70,5	0,1	112	0,0
51	25.09.2021		17,6	24,0	1011	71,5	0,2	127	0,0
52	26.09.2021		19,2	25,8	1011	72,2	0,4	148	0,0
53	27.09.2021		17,0	22,2	1011	80,6	0,7	163	4,3
54	28.09.2021		13,7	18,3	1017	79,3	0,4	141	0,0
55	29.09.2021		12,3	16,3	1014	77,3	0,5	155	5,9
56	30.09.2021		12,5	17,4	1021	66,4	0,3	139	0,0
57	01.10.2021		14,2	20,0	1013	61,8	1,1	198	0,2
58	02.10.2021		15,3	19,5	1005	77,7	1,0	198	4,5
59	03.10.2021		18,3	22,0	997	67,8	1,4	174	2,6
60	04.10.2021		14,3	19,3	1011	68,7	0,5	160	0,0

* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 3 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
61	05.10.2021	Köln	13,3	18,7	1004	75,9	1,1	179	3,3
62	06.10.2021		12,0	13,4	1010	79,3	0,4	129	5,1
63	07.10.2021		12,9	18,0	1022	81,7	0,1	110	0,2
64	08.10.2021		11,8	19,0	1025	79,5	0,1	110	0,0
65	09.10.2021		11,7	18,7	1024	75,0	0,1	109	0,0
66	10.10.2021		10,3	17,4	1022	72,5	0,2	121	0,0
67	11.10.2021		11,5	16,7	1021	79,5	0,0	105	0,0
68	12.10.2021		10,5	13,2	1016	88,7	0,0	106	10,4
69	13.10.2021		9,3	15,0	1020	83,3	0,0	103	0,3
70	14.10.2021		12,5	15,6	1020	79,7	0,0	108	0,0
71	15.10.2021		11,2	13,7	1014	78,2	0,1	109	1,0
72	16.10.2021		7,7	13,8	1017	83,8	0,1	114	0,0
73	17.10.2021		8,7	15,0	1016	76,7	0,1	118	0,0
74	18.10.2021		10,0	14,8	1018	77,6	1,2	183	0,0
75	19.10.2021		13,8	17,9	1014	85,3	0,9	194	6,1
76	20.10.2021		16,2	18,4	1003	72,4	0,7	168	0,0
77	21.10.2021		11,8	17,6	997	75,7	0,7	133	9,6
78	22.10.2021		8,9	13,3	1013	75,5	0,2	114	1,1
79	23.10.2021		9,5	12,2	1022	81,3	0,1	114	0,0
80	24.10.2021		8,6	14,3	1020	72,4	1,1	180	0,0
81	25.10.2021		10,0	16,7	1015	77,3	0,4	155	1,0
82	26.10.2021		12,8	17,4	1017	75,4	0,1	116	0,5
83	27.10.2021		13,3	17,9	1019	76,4	0,3	135	0,0
84	28.10.2021		10,9	15,7	1013	81,1	1,7	215	0,0
85	29.10.2021		12,3	17,6	1005	72,5	1,7	214	0,0
86	30.10.2021		12,8	13,9	1000	72,4	1,6	210	1,0
87	31.10.2021		13,4	17,8	999	84,5	0,7	157	13,0
88	01.11.2021		11,4	15,7	996	71,6	0,4	137	0,0
89	02.11.2021		8,1	10,2	996	84,7	0,3	144	3,8
90	03.11.2021		6,7	8,0	996	88,2	0,1	99	7,3

* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 195 von 276

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 4 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
91	04.11.2021	Köln	7,5	9,4	1002	88,0	0,0	93	1,8
92	05.11.2021		8,9	11,8	1017	86,0	0,0	96	0,3
93	06.11.2021		9,0	13,4	1022	77,5	0,3	127	0,0
94	07.11.2021		10,4	12,4	1013	75,1	0,3	105	0,2
95	08.11.2021								
96	09.11.2021								
97	16.12.2021	Bornheim	9,2	11,0	1031	91,5	0,5	161	0,0
98	17.12.2021		7,9	9,0	1033	92,2	0,5	159	0,0
99	18.12.2021		4,1	5,6	1032	98,8	0,5	161	0,5
100	19.12.2021		5,8	6,5	1025	96,9	1,1	225	0,3
101	20.12.2021		4,1	6,9	1021	81,7	0,6	150	0,0
102	21.12.2021		-1,4	2,4	1020	90,3	0,3	157	0,0
103	22.12.2021		-1,5	2,1	1018	88,2	0,5	144	0,0
104	23.12.2021		2,9	9,7	1006	82,5	1,0	144	0,2
105	24.12.2021		9,2	11,5	999	84,9	1,2	194	0,0
106	25.12.2021		3,5	7,5	1001	92,9	0,9	104	11,4
107	26.12.2021		2,0	3,3	1001	89,0	0,9	132	0,3
108	27.12.2021		5,6	7,7	995	95,5	0,5	144	1,3
109	28.12.2021		8,7	12,3	989	92,7	1,3	174	22,1
110	29.12.2021		10,0	12,9	1001	89,6	1,3	189	3,0
111	30.12.2021		13,7	15,9	1010	86,9	1,1	179	2,0
112	31.12.2021		14,0	16,7	1014	79,2	1,3	174	0,0
113	01.01.2022		12,6	15,1	1018	82,5	0,9	155	0,0
114	02.01.2022		11,5	14,7	1009	82,0	1,4	170	3,9
115	03.01.2022		9,7	11,7	1005	84,5	1,4	182	7,6
116	04.01.2022		6,8	8,4	993	96,7	0,9	170	15,7
117	05.01.2022		3,6	5,5	1001	87,9	2,3	229	5,4
118	06.01.2022		3,2	6,3	1013	90,4	0,9	181	0,2
119	07.01.2022		3,7	6,5	1007	83,0	1,2	158	0,5
120	08.01.2022		2,7	4,7	1001	89,3	1,0	156	0,8

* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 5 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
121	09.01.2022	Bornheim	4,7	6,5	994	85,3	1,7	206	7,9
122	10.01.2022		2,0	6,7	1016	90,7	0,5	151	0,0
123	11.01.2022		0,6	4,4	1028	94,8	0,5	143	0,0
124	12.01.2022		1,6	3,7	1033	93,5	0,4	161	0,0
125	13.01.2022		2,5	6,4	1035	88,8	0,5	154	0,0
126	14.01.2022		1,5	5,2	1030	96,4	0,4	147	0,0
127	15.01.2022		1,8	2,8	1023	97,2	0,9	122	0,0
128	16.01.2022		4,0	6,0	1020	89,4	1,1	180	0,0
129	17.01.2022		5,8	7,0	1027	92,5	1,7	231	0,5
130	18.01.2022		6,3	8,4	1031	89,1	0,5	171	0,0
131	19.01.2022		4,2	5,6	1020	87,4	1,2	177	1,0
132	20.01.2022		3,3	5,3	1021	85,6	2,1	247	0,2
134	21.01.2022		3,0	5,2	1027	91,2	1,3	224	1,0
134	22.01.2022		4,8	6,0	1028	94,0	1,4	231	0,6
135	23.01.2022		4,8	5,6	1029	91,1	0,3	167	0,0
136	24.01.2022		3,6	4,9	1028	85,5	0,7	145	0,0
137	25.01.2022		2,7	3,5	1027	90,4	0,7	162	0,0
138	26.01.2022		2,2	2,8	1026	88,5	1,3	188	0,0
139	27.01.2022		5,3	7,8	1020	88,0	1,7	204	2,0
140	28.01.2022		5,5	8,6	1027	83,7	1,3	212	0,0
141	29.01.2022		8,6	11,6	1020	82,8	2,0	213	0,5
142	30.01.2022		5,5	8,4	1021	75,6	1,9	229	0,0
143	31.01.2022		4,4	6,1	1007	88,6	3,2	241	11,9
144	01.02.2022		5,8	8,8	1011	87,4	2,4	228	3,3
145	02.02.2022		8,5	10,9	1013	82,4	1,8	224	0,8
146	03.02.2022		7,5	8,8	1011	88,6	0,9	169	0,2
147	04.02.2022		7,1	9,6	1006	79,8	1,9	182	0,8
148	05.02.2022		5,6	8,4	1014	73,0	2,0	193	0,0
149	06.02.2022		6,7	8,7	1001	83,0	3,0	206	15,8
150	07.02.2022		5,0	7,8	1016	78,2	2,2	227	1,0

* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 197 von 276

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 6 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
151	08.02.2022	Bornheim	8,7	11,3	1022	81,8	1,2	178	0,2
152	09.02.2022	Bornheim	9,1	11,7	1020	80,4	0,9	161	0,0
153	10.02.2022	Bornheim	5,4	9,6	1015	91,8	0,9	178	8,9
154	11.02.2022	Bornheim	3,6	7,3	1023	79,2	1,6	215	1,3
155	12.02.2022	Bornheim	1,8	6,8	1023	78,6	0,5	146	0,0
156	13.02.2022	Bornheim	5,3	12,2	1008	68,8	1,1	143	0,0
157	14.02.2022	Bornheim	9,6	13,1	998	68,5	1,9	158	0,0
158	15.02.2022	Bornheim	7,9	10,7	1005	72,2	1,6	175	0,0
159	16.02.2022	Bornheim	12,1	15,5	994	77,2	2,9	182	1,0
160	17.02.2022	Bornheim	10,5	15,0	1000	66,4	3,6	234	2,0
161	18.02.2022	Bornheim	9,6	14,6	998	70,9	3,0	186	1,3
162	19.02.2022	Bornheim	6,8	9,3	1006	60,6	3,4	203	0,0
163	20.02.2022	Bornheim	9,4	12,2	1002	77,2	3,0	193	3,6
164	21.02.2022	Bornheim	6,2	11,6	998	76,3	3,7	237	11,4
165	22.02.2022	Bornheim	7,4	10,9	1012	81,1	1,9	203	1,0
166	23.02.2022	Bornheim	8,2	13,0	1018	69,6	1,3	175	0,0
167	24.02.2022	Bornheim	7,4	12,3	1008	75,0	1,7	175	3,1
168	25.02.2022	Bornheim	3,9	8,0	1017	82,4	1,3	197	3,8
169	26.02.2022	Bornheim	3,4	7,6	1028	83,4	0,4	144	0,0
170	27.02.2022	Bornheim	3,4	10,0	1026	71,6	0,8	144	0,0
171	28.02.2022	Bornheim	4,5	11,7	1025	61,3	0,8	146	0,0
172	01.03.2022	Bornheim	4,2	9,6	1022	61,5	0,4	145	0,0
173	02.03.2022	Bornheim	5,7	12,3	1017	53,6	0,3	149	0,0
174	03.03.2022	Bornheim	4,8	13,0	1013	57,0	0,4	143	0,0
175	04.03.2022	Bornheim	3,9	11,0	1014	59,6	0,4	137	0,0
176	05.03.2022	Bornheim	3,0	9,5	1015	64,1	0,4	139	0,0
177	06.03.2022	Bornheim	1,8	8,8	1018	65,0	0,8	130	0,0
178	07.03.2022	Bornheim							
179	08.03.2022	Bornheim							
180	21.06.2022	Niederzier							

* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 7 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
181	22.06.2022	Niederzier							Nicht erfasst
182	23.06.2022		24,0	32,0	999	58,5	0,9	108	
183	24.06.2022		20,7	25,7	996	77,3	1,0	203	
184	25.06.2022		20,6	25,9	1000	67,5	0,8	165	
185	26.06.2022		17,9	20,2	1004	79,0	0,7	149	
186	27.06.2022		17,5	23,0	1005	79,1	0,5	188	
187	28.06.2022		18,0	25,4	1009	64,1	0,8	82	
188	29.06.2022		19,9	28,8	1002	64,7	0,5	67	
189	30.06.2022		19,4	30,0	1000	73,7	0,7	168	
190	01.07.2022		16,9	22,4	1007	67,7	1,1	209	
191	02.07.2022		19,1	27,9	1009	59,1	0,6	126	
192	03.07.2022		19,4	25,8	1007	62,0	0,6	183	
193	04.07.2022		17,9	25,9	1009	61,3	0,5	147	
194	05.07.2022		19,1	25,6	1011	59,4	0,5	209	
195	06.07.2022		16,5	22,8	1013	60,0	0,5	194	
196	07.07.2022		17,8	21,1	1012	68,8	0,9	225	
197	08.07.2022		18,4	25,6	1019	62,0	0,5	189	
198	09.07.2022		18,8	25,3	1015	66,2	0,6	178	
199	10.07.2022		16,7	21,9	1014	68,5	0,4	218	
200	11.07.2022		18,0	22,0	1012	75,2	0,3	183	
201	12.07.2022		20,4	30,3	1013	62,2	0,4	67	
202	13.07.2022	24,5	31,3	1009	51,6	0,6	156		
203	14.07.2022	20,7	26,9	1008	58,7	0,6	200		
204	15.07.2022	17,7	23,8	1011	57,3	0,5	180		
205	16.07.2022	18,1	25,5	1012	56,0	0,5	174		
206	17.07.2022	18,7	28,2	1015	51,6	0,5	100		
207	18.07.2022	24,2	36,1	1010	42,6	0,5	101		
208	19.07.2022	28,1	38,4	1005	37,0	1,2	67		
209	20.07.2022	25,6	31,8	1005	49,2	1,0	192		
210	21.07.2022	18,7	22,5	1008	86,3	1,1	212		

* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 199 von 276

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 8 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
211	22.07.2022	Niederzier	19,0	23,4	1008	74,7	0,6	123	Nicht erfasst
212	23.07.2022		19,7	26,5	1007	72,8	0,5	135	
213	24.07.2022		23,4	32,0	1006	60,0	0,5	138	
214	25.07.2022		22,7	28,2	999	59,9	0,7	165	
215	26.07.2022		19,4	25,1	1005	68,6	1,1	217	
216	27.07.2022		17,1	22,4	1008	57,9	0,6	128	
217	28.07.2022		19,2	24,8	1005	52,9	1,0	46	
218	29.07.2022		20,6	26,6	1004	58,9	0,6	131	
219	30.07.2022		20,4	27,7	1007	62,5	0,6	180	
220	31.07.2022		22,3	27,3	1005	61,5	1,3	196	
221	01.08.2022		21,6	26,7	1006	68,5	0,7	195	
222	02.08.2022		22,0	30,4	1006	60,6	0,7	139	
223	03.08.2022		25,6	34,5	1004	52,9	0,5	148	
224	04.08.2022		25,0	34,0	1002	59,3	0,4	140	
225	05.08.2022		19,1	23,2	1006	74,6	0,6	177	
226	06.08.2022		16,6	23,8	1015	58,6	0,7	116	
227	07.08.2022		18,3	26,7	1013	52,9	0,7	123	
228	08.08.2022		19,7	27,5	1013	55,3	0,7	135	
229	09.08.2022		22,4	29,4	1014	50,9	1,0	58	
230	10.08.2022		24,2	31,8	1012	43,3	1,0	45	
231	11.08.2022		24,4	32,6	1009	40,5	1,0	72	
232	12.08.2022		24,9	32,8	1006	36,0	1,2	74	
234	13.08.2022		24,4	32,8	1004	36,8	0,9	73	
234	14.08.2022		25,1	33,3	997	42,6	1,0	74	
235	15.08.2022		22,5	25,6	994	62,8	1,0	164	
236	16.08.2022		23,7	30,5	997	57,9	0,5	137	
237	17.08.2022		20,8	25,4	999	70,5	0,6	167	
238	18.08.2022		19,3	25,8	1002	78,8	0,5	168	
239	19.08.2022		20,5	27,0	1003	72,4	0,8	184	
240	20.08.2022		19,9	25,4	1005	75,2	0,7	183	

* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 9 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]	
241	21.08.2022	Niederzier	18,9	26,1	1005	64,0	0,4	150	Nicht erfasst	
242	22.08.2022		21,1	28,3	1003	58,0	0,5	107		
243	23.08.2022		22,0	30,9	1004	60,4	0,4	113		
244	24.08.2022		24,5	33,3	1006	53,8	0,6	65		
245	25.08.2022		25,5	33,8	1003	43,8	0,8	77		
246	26.08.2022		20,8	23,5	1004	77,4	0,6	232		
247	27.08.2022		18,2	20,6	1005	75,6	0,5	207		
248	28.08.2022		19,3	24,3	1008	56,4	1,2	66		
249	29.08.2022		17,8	24,5	1009	56,7	0,6	85		
250	30.08.2022		21,7	28,6	1008	50,7	1,2	42		
251	31.08.2022		19,6	24,9	1008	69,8	0,9	60		
252	01.09.2022		20,2	26,8	1008	53,7	1,1	65		
253	02.09.2022		21,2	27,1	1003	41,5	2,0	75		
254	03.09.2022		19,7	26,8	1000	54,4	1,2	77		
255	04.09.2022		20,2	28,6	1006	65,6	0,4	117		
256	05.09.2022		22,5	31,5	1007	50,6	0,7	74		
257	06.09.2022		23,1	31,0	1003	59,2	0,8	127		
258	07.09.2022		20,1	26,5	1001	74,4	0,7	172		
259	08.09.2022		18,1	22,5	997	76,0	1,2	191		
260	09.09.2022		17,4	20,9	998	74,0	1,9	207		
261	10.09.2022		16,6	19,4	1000	82,4	1,9	212		
262	11.09.2022		17,2	22,8	1007	80,5	0,5	185		
263	12.09.2022									
264	13.09.2022									
265	13.10.2022	JRC Ispra							Nicht erfasst	
266	14.10.2022									
267	15.10.2022		13,9	22,0	992	89,2	0,2	94		
268	16.10.2022		15,3	22,0	998	89,5	0,2	100		
269	17.10.2022		14,6	22,4	1004	89,3	0,2	90		
270	18.10.2022		15,0	23,9	1002	87,3	0,3	119		

* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 201 von 276

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 10 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
271	19.10.2022	JRC Ispra	14,9	24,1	998	86,5	0,2	112	Nicht erfasst
272	20.10.2022		14,8	20,1	997	90,8	0,2	119	
273	21.10.2022		15,5	16,6	994	97,1	0,4	232	
274	22.10.2022		16,7	21,6	993	93,6	0,4	187	
275	23.10.2022		16,1	17,4	997	97,6	0,3	140	
276	24.10.2022		16,6	17,4	994	99,1	0,3	136	
277	25.10.2022		16,1	20,8	995	91,5	0,4	141	
278	26.10.2022		16,0	22,4	998	91,0	0,3	132	
279	27.10.2022		14,4	21,8	1003	90,5	0,3	128	
280	28.10.2022		14,0	23,0	1004	89,1	0,3	125	
281	29.10.2022		13,7	23,4	1002	88,5	0,3	119	
282	30.10.2022		12,9	20,8	999	89,0	0,2	104	
283	31.10.2022		13,1	22,5	998	88,8	0,2	109	
284	01.11.2022		11,4	16,7	999	95,0	0,2	96	
285	02.11.2022		10,9	17,8	999	91,8	0,3	114	
286	03.11.2022		12,6	16,0	994	95,1	0,2	91	
287	04.11.2022		11,3	16,7	981	84,1	0,7	170	
288	05.11.2022		11,2	20,0	988	62,1	0,7	173	
289	06.11.2022		9,0	15,4	993	70,1	0,4	146	
290	07.11.2022		6,6	15,4	996	83,1	0,3	119	
291	08.11.2022		7,1	14,0	997	88,4	0,3	96	
292	09.11.2022		10,0	13,4	995	93,0	0,1	59	
293	10.11.2022		11,2	17,3	1000	93,1	0,3	110	
294	11.11.2022		9,6	17,4	1009	91,2	0,3	123	
295	12.11.2022		8,3	14,9	1006	91,2	0,3	120	
296	13.11.2022		8,8	16,4	1001	83,2	0,3	112	
297	14.11.2022		8,6	10,4	998	95,3	0,2	109	
298	15.11.2022		6,7	9,3	992	98,2	0,2	81	
299	16.11.2022		9,7	13,6	981	93,5	0,3	105	
300	17.11.2022		9,2	14,6	978	91,6	0,3	120	

* nur orientierend

Anlage 6
Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten
Blatt 11 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
301	18.11.2022	JRC Ispra	10,7	16,1	977	81,7	0,5	175	Nicht erfasst
302	19.11.2022		7,6	14,0	982	71,3	0,4	173	
303	20.11.2022		5,0	15,3	986	73,8	0,4	149	
304	21.11.2022		4,6	12,5	983	82,0	0,4	120	
305	22.11.2022		7,5	12,8	972	82,6	0,5	175	
306	23.11.2022		6,1	13,8	979	69,8	0,4	163	
307	24.11.2022		5,1	15,4	989	80,5	0,5	156	
308	25.11.2022		5,9	13,5	994	83,1	0,3	123	
309	26.11.2022		7,4	16,9	1001	72,8	0,5	179	
310	27.11.2022		4,0	11,8	1002	80,5	0,4	138	
311	28.11.2022		5,3	8,6	994	87,3	0,2	85	
312	29.11.2022		4,6	8,4	992	90,7	0,2	90	
313	30.11.2022		4,0	6,6	993	94,5	0,2	89	
314	01.12.2022		3,3	10,6	993	87,3	0,3	111	
315	02.12.2022		5,1	7,9	994	87,2	0,2	96	
316	03.12.2022		5,7	7,7	993	91,0	0,6	181	
317	04.12.2022		6,7	8,5	990	93,2	0,7	205	
318	05.12.2022		6,0	7,6	993	95,9	0,5	137	
319	06.12.2022		3,1	9,8	991	85,7	0,5	147	
320	07.12.2022		1,2	9,9	989	88,7	0,3	123	
321	08.12.2022		2,3	8,1	986	89,0	0,3	108	
322	09.12.2022		2,9	4,0	980	95,7	0,3	104	
323	10.12.2022		4,4	10,2	975	90,1	0,4	140	
324	11.12.2022		5,9	10,3	977	28,8	1,2	108	
325	12.12.2022		-2,7	4,8	984	82,3	0,4	121	
326	13.12.2022		1,0	4,4	986	76,5	0,3	106	
327	14.12.2022		0,6	5,4	982	86,4	0,2	95	
328	15.12.2022		-0,6	2,6	982	93,6	0,4	123	
329	16.12.2022		3,1	6,6	980	95,7	0,2	97	
330	17.12.2022		3,8	11,2	992	88,6	0,3	123	

* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung EDM 280
der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH für die Komponenten Schwebstaub
PM_{2,5} und PM₁₀,
Berichts-Nr.: 936/21252222/A

Seite 203 von 276

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 12 von 12

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	max. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit* [m/s]	Windrichtung* [°]	Niederschlagsmenge* [mm]
331	18.12.2022	JRC Ispra	4,2	8,1	1006	78,3	0,3	98	Nicht erfasst
332	19.12.2022		1,3	6,2	1008	94,2	0,2	112	
333	20.12.2022		1,9	8,2	1003	90,9	0,2	86	
334	21.12.2022		4,9	10,4	996	87,6	0,3	115	
335	22.12.2022		2,2	9,1	993	92,3	0,4	128	
336	23.12.2022		4,5	12,1	991	90,0	0,4	137	
337	24.12.2022		6,0	9,7	993	94,8	0,3	126	
338	25.12.2022		8,1	11,1	999	88,4	0,3	153	
339	26.12.2022		7,5	10,6	1000	90,1	0,3	113	
340	27.12.2022		4,6	13,1	1000	88,4	0,4	144	
341	28.12.2022		6,3	10,3	1001	80,6	0,3	137	
342	29.12.2022		5,2	10,8	997	86,4	0,3	120	
343	30.12.2022		6,4	8,7	997	85,9	0,2	93	
344	31.12.2022		6,3	10,5	1004	88,5	0,3	132	
345	01.01.2023		8,7	10,3	1006	96,3	0,1	90	
346	02.01.2023		9,5	10,3	1005	98,7	0,1	91	
347	03.01.2023		9,7	10,8	1004	98,7	0,1	75	
348	04.01.2023		7,3	12,3	1005	93,8	0,3	131	
349	05.01.2023								
350	06.01.2023								

* nur orientierend

Anhang 2

Verfahren zur Filterwägung

Ausführung der Wägung und Handhabung der Filter

Die Wägungen werden im klimatisierten Wägeraum durchgeführt. Die Bedingungen sind 20 °C ±1 °C und 45 bis 50 % rel. Feuchte und entsprechen damit den Vorgaben der DIN EN 12341.

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 den Vorgaben der DIN EN 12341.

Vor der Probenahme = Hinwägung	Nach der Probenahme = Rückwägung
Konditionierung >48 Stunden	Konditionierung >48 Stunden
Wiegen der Filter	Wiegen der Filter
nochmals Konditionierung >12 Stunden	nochmals Konditionierung 24 bis 72 Stunden
Wiegen der Filter und sofort verpacken	Wiegen der Filter

Es werden sowohl Wägeraum-Blindwertproben als auch Feldblindproben zur Qualitätssicherung verwendet. Die Vorgaben der DIN EN 12341 werden hierbei beachtet.

Für den Transport von und zu der Messstelle und für die Lagerung werden die gewogenen Filter einzeln in Polystyroidosen verpackt. Erst vor dem Einlegen in den Filterhalter wird die Dose geöffnet. Die unbeladenen Filter dürfen maximal 2 Monate vor der Probenahme gelagert werden. Sollte dieser Zeitraum einmal überschritten werden, so wird die Hinwägung der Filter wiederholt.

Die beaufschlagten Filter müssen innerhalb von einem Monat in den Wägeraum gebracht werden. Hier werden sie innerhalb von einem Monat gewogen.

Anhang 3 Akkreditierungsurkunde



Akkreditierung



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

TÜV Rheinland Energy GmbH
Am Grauen Stein, 51105 Köln

die Mindestanforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die in der Anlage zu dieser Urkunde aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten erfüllt.
Dies schließt zusätzliche bestehende gesetzliche und normative Anforderungen ein, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Prüflaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

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

Diese Teil-Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 18.11.2022 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11120-02.

Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 33 Seiten.

Registrierungsnummer der Teil-Akkreditierungsurkunde: **D-PL-1112-02-01**

Sie ist Bestandteil der Akkreditierungsurkunde D-PL-11120-02-00.

Berlin, 18.11.2022

Im Auftrag Dr. Hejke Manke
Abteilungsleitung

Diese Urkunde gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen (www.dakks.de).

Siehe Hinweise auf der Rückseite

Deutsche Akkreditierungsstelle

Standort Berlin
Spittelmarkt 10
10117 Berlin

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

Standort Braunschweig
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) ist die beliehene nationale Akkreditierungsstelle der Bundesrepublik Deutschland gemäß § 8 Absatz 1 AkkStelleG i. V. m. § 1 Absatz 1 AkkStelleGBV. Die DAkkS ist als nationale Akkreditierungsbehörde gemäß Art. 4 Abs. 4 VO (EG) 765/2008 und Tz. 4.7 DIN EN ISO/IEC 17000 durch Deutschland benannt.

Die Akkreditierungsurkunde ist gemäß Art. 11 Abs. 2 VO (EG) 765/2008 im Geltungsbereich dieser Verordnung von den nationalen Behörden als gleichwertig anzuerkennen sowie von den WTO-Mitgliedsstaaten, die sich in bilateralen- oder multilateralen Gegenseitigkeitsabkommen verpflichtet haben, die Urkunden von Akkreditierungsstellen, die Mitglied bei ILAC oder IAF sind, als gleichwertig anzuerkennen.

Die DAkkS ist Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung der European co-operation for Accreditation (EA), des International Accreditation Forum (IAF) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

Der aktuelle Stand der Mitgliedschaft kann folgenden Webseiten entnommen werden:

EA: www.european-accreditation.org

ILAC: www.ilac.org

IAF: www.iaf.nu

Diese Akkreditierungsurkunde ist Eigentum der Deutschen Akkreditierungsstelle.

Anhang 4 Benutzerhandbuch

EDM 280

Feinstaubmessgerät 19 Zoll Rack Version

Für kontinuierliche Außenluftmessungen



HERSTELLERINFORMATIONEN



Benutzerhandbuch Feinstaubmessgerät 19 Zoll Rack Version, EDM 280

Version: 1.04
vorherige Version: 1.03
Produktionsdatum: 17.07.2022
Dokumentenumfang: 69 Seiten

Grimm Aerosol Technik GmbH
Vordere Aue 4
06774 Muldestausee / OT Friedersdorf
Deutschland

Website: www.grimm-aerosol.com
E-Mail: info@grimm-aerosol.com
Telefon: +49 3493 – 51407-0

	<p>Lesen Sie sich vor der Inbetriebnahme des Geräts die Betriebsanweisung sorgfältig durch! Der Hersteller haftet nicht für Schäden, die durch eine unsachgemäße Installation, Verwendung, Reinigung oder Handhabung entstehen.</p>	
---	---	---

ANGABEN ZU MARKEN- UND URHEBERRECHT

Bei vielen der in diesem Dokument erwähnten Software- und Hardwarenamen handelt es sich um eingetragene Marken, die als solche zu behandeln sind.

© 2022 Grimm Aerosol Technik GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche teilweise oder vollständige Vervielfältigung dieses Dokuments (ob als Ausdruck, auf Mikrofilm oder in anderer Form) bedarf der schriftlichen Genehmigung der Grimm Aerosol Technik GmbH.

Abbildungen können aus Gründen der technischen Weiterentwicklung oder der Überschaubarkeit vom tatsächlichen Aussehen abweichen. Aus den vorhandenen Abbildungen leiten sich daher keine Ansprüche auf die Lieferung identischer Produkte ab.

Das vorliegende Dokument **Manual_D_EDM280_V1-04_(Stand-02-02-2023).docx** bezieht sich auf das komplette Feinstaubmessgerät Modell EDM 280 als 19" Rack Version, auch wenn einzelne Programmmodule bzw. Geräteteile nicht erworben wurden.

Das Dokument bezieht sich auf den aktuellen Gerätekonstruktionsstand zur Erstellung dieser Dokumentation (Produktionsdatum siehe Seite 2 oben).

INHALT

1	Einführung.....	7
2	Grundlegende Betriebsvoraussetzungen	8
2.1	Erläuterung der Symbole.....	8
2.2	Allgemeines.....	8
2.3	Gewährleistung	10
2.4	Sicherheitsbestimmungen	11
2.5	Einsatzgebiete und geeignete Verwendung.....	13
2.6	Einschränkungen des Einsatzgebietes	14
2.7	Transport	14
2.8	Lagerung	14
2.9	Entsorgung	14
2.10	Reparatur.....	15
3	Technische Informationen	16
3.1	Übersicht der Komponenten und Messprinzip	16
3.2	Technische Daten	19
3.3	Lieferumfang und optionales Zubehör.....	20
4	Gerätebeschreibung.....	21
4.1	Bedienelemente 19" Messeinschub.....	21
4.2	Bedienelemente Probenrohrhalter.....	27
5	Einbau im Messcontainer und Inbetriebnahme.....	30
5.1	Einbau des EDM 280 in ein 19" Rack-System.....	31
5.2	In Betrieb nehmen.....	35
5.3	Datenlog auf den USB-Stick.....	36
5.4	Betrieb über Service-Schnittstelle mit einem Terminalprogramm	36
5.5	Betrieb über die RS-232 Schnittstelle mit GESYTEC-Protokoll:	37
5.6	Messwertdarstellung am Touchdisplay.....	38
6	Datenprotokolle	45
6.1	GRIMM-Protokoll.....	45
6.2	Modbus TCP.....	51
6.3	GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll.....	55
7	Wartung und Reinigung	56
7.1	Austauschbarkeit von Ersatzteilen	56
7.2	Wartungsvorgänge	57
7.3	Servicemodi und -schlüssel.....	64
8	Anhang	65
9	Index.....	69

ABBILDUNGEN

Abbildung 3-1: Schematischer Aufbau des EDM 280.....	16
Abbildung 3-2: Schematischer Aufbau der optischen Messzelle.....	17
Abbildung 4-1: Messeinschub Vorderseite	21
Abbildung 4-2: Messeinschub Rückseite	21
Abbildung 4-3: Messeinschub Oberseite	22
Abbildung 4-4: Typenschild EDM 280	24
Abbildung 4-5: Messeinschub mit ausgefahrenem Lift (Position "geschlossen").....	26
Abbildung 4-6: Probenrohrhalter Vorderseite.....	27
Abbildung 4-7: Probenrohrhalter Rückseite.....	27
Abbildung 5-1: Gesamtansicht des EDM 280 Systems	31
Abbildung 5-2: Probenrohrhalter Rückseite mit Liftkontakt und angeschlossenen Kabeln	34
Abbildung 5-3: Touchdisplay Startbildschirm und Farbcodierung	38
Abbildung 5-4: Menü-Übersicht und Messbetrieb oder Standby.....	38
Abbildung 5-5: normaler Selbsttest und Selbsttest mit Fehlermeldung (Error).....	39
Abbildung 5-6: Messungen beenden oder Einstellungen konfigurieren	39
Abbildung 5-7: Eingabemasken Ja/Nein und Ziffernblock.....	39
Abbildung 5-8: Eingabe von Einstellungen.....	40
Abbildung 5-9: Darstellung der Mess- und Sensorwerte und Steuerung Messbetrieb.....	41
Abbildung 5-10: Anzeige der Einstellungen.....	42
Abbildung 5-11: Abfrage Serviceinformationen und Verschleißindikatoren für Wartung	43
Abbildung 5-12: Touchdisplay Beispiel Farbcodierung Normal	44
Abbildung 5-13: Touchdisplay Beispiel Farbcodierung Warnung	44
Abbildung 5-14: Touchdisplay Beispiel Farbcodierung Error	44
Abbildung 7-1: Set Dichtheitsprüfung und Einlassadapter (Mitte, vorne)	58

TABELLEN

<i>Tabelle 3-1: Technische Daten EDM 280</i>	19
<i>Tabelle 3-2: Lieferumfang EDM 280-Set</i>	20
<i>Tabelle 3-3: Optionales Zubehör</i>	20
<i>Tabelle 4-1: Bedienelemente Messeinschub, Ziffern beziehen sich auf Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-3</i>	22
<i>Tabelle 4-2: Bedienelemente Probenrohrhalter, Ziffern beziehen sich auf Abbildung 4-6 und Abbildung 4-7</i>	27
<i>Tabelle 5-1: Bedeutung der Farben am Touchdisplay</i>	38
<i>Tabelle 6-1: GRIMM-Protokoll Selbsttestdaten</i>	45
<i>Tabelle 6-2: GRIMM-Protokoll Formatierung des Diagnosecodes</i>	46
<i>Tabelle 6-3: GRIMM-Protokoll Formatierung des Diagnosecodes</i>	47
<i>Tabelle 6-4: GRIMM-Protokoll Messdaten</i>	48
<i>Tabelle 6-5: GRIMM-Protokoll Messintervalle</i>	49
<i>Tabelle 6-6: GRIMM-Protokoll Statuscodes</i>	49
<i>Tabelle 6-7: GRIMM-Protokoll Warncodes</i>	50
<i>Tabelle 6-8: GRIMM-Protokoll Fehlercodes</i>	50
<i>Tabelle 6-9: Modbus Übersicht der unterstützten Funktions-Codes</i>	51
<i>Tabelle 6-10: Modbus Belegung der Holding-Register</i>	53
<i>Tabelle 6-11: Modbus Codierung des Intervalls</i>	54
<i>Tabelle 6-12: Modbus Codierung des Betriebsstatus</i>	54
<i>Tabelle 6-13: Modbus Belegung der Device IDs</i>	54
<i>Tabelle 6-14: GESYTEC Protokoll Adressierbare Messwerte</i>	55
<i>Tabelle 6-15: GESYTEC Protokoll Codierung von Betriebsstatus, Fehlerstatus und Messintervall</i>	55
<i>Tabelle 6-16: GESYTEC Protokoll Codierung der Steuerbefehle</i>	55
<i>Tabelle 7-1: Wartungsintervalle</i>	56
<i>Tabelle 7-2: Reinigung Sigma-2 Probenkopf</i>	61
<i>Tabelle 7-3: Reinigung Einlassdüse</i>	62
<i>Tabelle 7-4: Reinigung Probenrohr</i>	63
<i>Tabelle 7-5: Service Mode, Übersicht der Funktionen und Anwendungsbereiche</i>	64

ABKÜRZUNGEN

- A Ampere; Einheit der elektrischen Stromstärke
- °C Grad Celsius; Einheit der Temperatur
- CEN Europäische Komitee für Normung (französisch Comité Européen de Normalisation)
- cm Zentimeter; Einheit der Länge; 1 cm = 0,01 m
- DIN Deutsches Institut für Normung. DIN-Normen können nationaler (DIN), europäischer (DIN EN) oder internationaler (DIN EN ISO) Standard sein
- EMV Elektromagnetische Verträglichkeit. Störung durch elektrische oder elektromagnetische Effekte auf oder durch andere Geräte
- EN Europäische Norm. Durch öffentlichen Normungsprozess entstandene Regel, die von einem europäischen Komitee für Standardisierung (z. B. CEN) in Kraft gesetzt wurde
- °F Grad Fahrenheit; Einheit der Temperatur
- ISO Internationale Organisation für Normung. Vereinigung von Normungsorganisationen, die internationale Normen erarbeitet
- L/min Liter pro Minute; Einheit des Volumenstroms
- LAN Ein Local Area Network kurz LAN, ist ein Rechnernetz, in dem unterschiedlichste Geräte (Rechner, Drucker u. a. m.) lokal miteinander verbunden sind.
- LED Leuchtdiode (Englisch: Light Emitting Diode)
- Modbus Kommunikationsprotokoll mit Master/Slave Architektur (Master=PC, Slave=Messsystem)
- MTBF Mean Time Between Failures, deutsch: mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen; eine Bezeichnung für Verschleißteile die gewartet werden müssen bzw. repariert werden können
- mV Millivolt; abgeleitete Einheit des elektrischen Potentials; $1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$
- mW Milliwatt; Einheit der Leistung; $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$
- nm Nanometer; Einheit der Länge; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
- µm Mikrometer; Einheit der Länge; $1 \text{ µm} = 10^{-6} \text{ m}$
- OVC Überspannungskategorie (Englisch: Overvoltage Category); bestimmt die erforderliche Isolationsfestigkeit der im Niederspannungs-Stromversorgungsnetz eingesetzten Komponenten
- p/L Partikel pro Liter; Einheit der Anzahlkonzentration
- PD Verschmutzungsgrad (Englisch: Pollution Degree); Klassifizierung in Abhängigkeit von der Menge an trockenen Verschmutzungen und Kondensation in der Umgebung
- PM Particulate Matter, englisch für Staub
- RoHS Restriction of Hazardous Substances, deutsch: Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten
- TC Total Counts, Gesamtpartikelkonzentration
- TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol, Netzwerkprotokoll
- TSP Total Suspended Particles, Staubmassenfraktion ohne Normbezug. Berücksichtigt alle in der Luft schwebenden Partikel, typisch Partikelgrößen bis ca. 100 µm aerodynamischen Durchmesser
- USB Universal Serial Bus. Schnittstelle für Datentransfer zwischen einem Computer und externen Geräten
- VAC Volt Wechselstrom (Alternating Current)
- VDC Volt Gleichstrom (Direct Current)

1 | Einführung

Das EDM 280 ist ein stationäres Feinstaubmessgerät zur Bestimmung von Staubmassefraktionen und der Partikelanzahlgrößenverteilung in der Außenluft. Es besteht aus einem Probennahmesystem, einem Wettersensor, einem Probenrohrhalter (19 Zoll Einbau) und einem Messeinschub (19 Zoll Einschub). Der Messeinschub enthält mit dem Aerosolspektrometer das Herzstück der Messtechnik. Die Bedienung erfolgt intuitiv über ein Touchdisplay. Das EDM 280 ist die jüngste Entwicklung der erfolgreichen Modellreihe stationärer Feinstaubmessgeräte von GRIMM. Es vereinigt die Vorzüge seiner Vorgänger EDM 180 und EDM 180+ mit wesentlichen Verbesserungen der Hard- und Software.

Vorteile des EDM 280 sind:

- Verbesserte optische Messzelle, 72 logarithmisch äquidistante Größenkanäle
- Verbesserte untere Nachweisgrenze der Partikelgröße bei 178 nm
- PSL rückführbare Partikelgrößenbestimmung entsprechend ISO 21501-1
- Konformität entsprechend DIN EN 16450, VDI 4202 Blatt 3
- Neues wartungsarmes Probennahmedesign mit verbesserter Einlasseffizienz bei hohen Windgeschwindigkeiten und adaptiver Heizung zur optimierten Probenluftkonditionierung auch für hohe Staubbelastungen und für Aerosole mit hohem Anteil ionischer Bestandteile
- Verbesserte Elektronik
- Geringer Energiebedarf
- Ausgabe von sechs Staubmassenfraktionen TSP, PM₁₀, PM₄, PM_{2,5}, PM₁ und PM_{coarse} der Gesamtpartikelkonzentration und der Partikelanzahlgrößenverteilung sowie der Wetterdaten
- Messung von Temperatur und Berechnung von relativer Feuchte in der Messzelle
- Kondensatfalle in der Probenluftstecke mit automatischer Kondensatentleerung
- Digitale Volumenstromregelung und Flowsensor
- Einfache Bedienung über grafische Benutzeroberfläche auf dem integrierten Touchdisplay
- Erweiterte Diagnosen im Selbsttest und laufendem Messbetrieb, sprechende Fehlermeldungen und leicht verständliche Verschleißindikatoren
- Flexible Schnittstellen (RS-232, USB-B, Ethernet, USB-Speicher)
- Flexible Datenprotokolle wie GRIMM-Protokoll, Modbus/TCP, GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll

Zudem wurden die bewährten Vorteile der Vorgängermodelle beibehalten, wie z. B.:

- Aerodynamische Fokussierung des Probenvolumenstroms gemäß ISO 21501-1
- Full Flow Analyse des gesamten Probenvolumenstroms
- Interner partikelfreier Spülluftkreislauf zum Schutz der optischen Bauteile
- Überprüfung der Funktionsfähigkeit aller optischen, pneumatischen und elektronischen Komponenten durch Selbsttest zu Beginn der Messung und optional in einstellbarem Intervall
- Robustes Design und geringer Wartungsaufwand
- Geräuscharmer Betrieb

2 | Grundlegende Betriebsvoraussetzungen

2.1 Erläuterung der Symbole

Die folgenden grafischen Symbole weisen auf wichtige Informationen hin.

	Dieses Symbol weist auf nützliche Tipps für eine einfache Handhabung des Geräts hin.
	Achtung! Dieses Symbol weist auf eine Situation hin, die zu Sach- und Umweltschäden führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
	Vorsicht! Erblindungsgefahr durch Laserstrahlung im Inneren des Geräts
	Gefahr! Bei Berührung mit spannungsführenden Teilen besteht unmittelbare Lebensgefahr.
	Kennzeichnung für Produkte im erweiterten Binnenmarkt des Europäischen Wirtschaftsraums, die den Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltschutzanforderungen genügen.
	Schutzklasse I. Alle berührbaren Teile sind über den netzseitigen Schutzleiter geerdet, damit sie im Falle eines Fehlers mit unkontrolliertem Stromfluss keine gefährliche Spannung annehmen können.
	Gebotszeichen "Bedienungsanleitung lesen"
	Schutzart. Die Zifferfolge definiert den Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern (erste Ziffer) und Wasser (zweite Ziffer) in das Gehäuse oder System.

2.2 Allgemeines

Grimm Aerosol Technik GmbH (im Folgenden als GRIMM bezeichnet) hat alle Anstrengungen unternommen, um die Richtigkeit und Vollständigkeit dieses Dokuments sicherzustellen. Wir lehnen jede Haftung für Fehler, Auslassungen oder zukünftige Änderungen der bereitgestellten Informationen ab und haften nicht für Schäden, die direkt oder indirekt durch die Verwendung dieser Informationen und / oder die Verwendung von Hardware oder Software verursacht werden.

GRIMM haftet nicht für Schäden, die durch den Missbrauch von Patentrechten oder Rechten gegen Dritte entstehen.

Da die laufenden Entwicklungsanstrengungen die Funktionen unserer Hardware und Software kontinuierlich verbessern, können die Beschreibungen und Abbildungen im Handbuch von den für Sie verfügbaren Versionen abweichen. Bitte fordern Sie gegebenenfalls die aktuelle Version dieses Dokuments an.

2.3 Gewährleistung

GRIMM gewährleistet, dass das in diesem Dokument beschriebene Gerät gemäß den bestehenden technischen Anforderungen für die beschriebene Anwendung entwickelt und hergestellt wurde und aufgrund unserer strengen Qualitätskontrollen frei von Materialfehlern und Montagefehlern ist.

Es wird jedoch keine weitere Garantie oder Gewährleistung für eine anwendungsspezifische Funktion oder für Schäden aufgrund von Material- oder Montagefehlern gegeben. Jedes Instrument wird produktionstechnisch erfasst und präzise protokolliert, insbesondere die Kalibrierung. GRIMM leistet bei einem Sach- oder Rechtsmangel im Zeitpunkt des Gefahrübergangs nach Wahl der GRIMM Gewähr durch Ersatzlieferung oder Nachbesserung binnen angemessener Frist. Dies gilt nicht bei Betriebsfehlern. GRIMM führt die Reparatur(en) im Werk kostenlos durch, nur der Transport und die damit verbundenen Kosten gehen zu Lasten des Kunden. Reparaturen vor Ort werden nur gegen Erstattung von Reise- und Servicekosten durchgeführt. Dem Kunden bleibt das Recht, bei Fehlschlagen der Nachbesserung oder Mangelhaftigkeit der Ersatzlieferung nach seiner Wahl hinsichtlich zu mindern oder zurückzutreten ausdrücklich vorbehalten. Bei einem unerheblichen Mangel besteht jedoch kein Rücktrittsrecht. Weitere Ansprüche, die sich aus der Gewährleistung ergeben könnten, gehen nicht zu Lasten von GRIMM.

GRIMM übernimmt die Gewährleistung für die verkauften Waren nur, wenn diese unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen in diesem Handbuch verwendet werden.

Die Gewährleistung erlischt nach Ablauf der 12 Monate ab dem Datum der Lieferung ab Werk. Rücksendungen für Gewährleistungsarbeiten gehen zu Lasten des Kunden.

Diese Gewährleistung wird durch folgende Ausnahmen unterbrochen:

- Für Ersatzteile, die während der Gewährleistung ausgetauscht bzw. repariert wurden, um den Gerätebetrieb wieder zu ermöglichen, nur normale Nutzung wird vorausgesetzt, werden 90 Tage Haftung übernommen.
- Der Lieferant haftet nicht für Zulieferprodukte oder Batterien oder Verbrauchsmaterial, nur die Originalgewährleistung bleibt aufrecht.
- Ohne schriftliche Bestätigung durch GRIMM übernimmt diese keine Gewährleistung auf Teile von Zulieferern, die verändert bzw. von ungeschultem Personal aus- bzw. eingebaut wurden.
- Alles oben Aufgeführte ersetzt andere Gewährleistungsvereinbarungen bzw. Beschränkungen. Es werden keine weiteren Haftungsansprüche gegeben, insbesondere außerhalb der normalen Nutzung.
- Verantwortlich für die Nutzung bzw. den Betrieb ist der Käufer. Er hat auf die rechtlichen Anforderungen bzw. Auflagen zu achten und das Gerät entsprechend den gesetzlichen und betriebstechnischen Bestimmungen zu betreiben. Abweichungen davon führen zum Gewährleistungsausschluss.
- Rechtliche Mittel, egal von welcher Seite eingebracht, gegen GRIMM sind alle nach mehr als 12 Monaten gegenstandslos.
- Der Käufer als auch der Verkäufer sind sich darüber einig, dass diese Gewährleistungsbegrenzung, welche die Anforderungen und Grenzen darstellt, nicht in Frage gestellt werden soll. Beide Partner sind Vollkaufleute nach deutschem Recht.

Die Grimm und ihre Erfüllungsgehilfen (Angestellte, Arbeitnehmer, Vertreter, Organe) haften, gleich aus welchem Rechtsgrund, für Schäden nur aufgrund von Vorsatz und grober Fahrlässigkeit und für die fahrlässige Verletzung wesentlicher Vertragspflichten (Verpflichtung, deren Erfüllung die ordnungsgemäße Durchführung des Vertrags überhaupt erst ermöglicht und auf deren Einhaltung die Abnehmerin

regelmäßig vertraut und vertrauen darf). Im letzteren Fall ist die Haftung auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt. Die Haftung für mittelbare und unvorhersehbare Schäden, Produktions- und Nutzungsausfall, entgangenen Gewinn, ausgebliebene Einsparungen und Vermögensschäden wegen Ansprüche Dritter, ist im Falle einfacher Fahrlässigkeit ausgeschlossen. Die vorstehenden Haftungsbeschränkungen und Haftungsausschlüsse gelten nicht für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit und Schäden nach dem Produkthaftungsgesetz. Für die Verjährung von Schadensersatzansprüchen gilt die oben genannte Frist (12 Monate) entsprechend mit Ausnahme von Fällen von Vorsatz, Ansprüche aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder Ansprüchen nach dem Produkthaftungsgesetz; es gilt insoweit die jeweilige gesetzliche Verjährungsfrist.

Sollte es zu einem Streitfall führen, so ist der Gerichtssitz Hamburg, Deutschland.

2.4 Sicherheitsbestimmungen

Der Hersteller lehnt jede direkte oder indirekte Haftung ab, wenn der Bediener das Gerät öffnet oder manipuliert. Um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten muss der Anwender die Hinweise der Gebrauchsanweisung beachten.

Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb zu sichern. Es ist anzunehmen, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, wenn:

- das Netzkabel oder der Netzstecker beschädigt sind,
- das Gerät sichtbare Beschädigungen aufweist,
- das Gerät länger unter ungünstigen Verhältnissen gelagert wurde oder
- nach schweren Beanspruchungen.

Kalte Geräte z. B. nach dem Transport bei niedriger Temperatur müssen vor der Inbetriebnahme mindestens vier Stunden lang akklimatisiert werden. Das Nichtbeachten dieser Akklimatisierungszeit kann die internen Komponenten und Elektronik durch Kondensation beschädigen.

2.4.1 Elektrische Sicherheit

Das Gerät erfüllt im Rahmen der EMV-Richtlinie die Anforderungen nach EN 61326-1 (2013), sowie die Anforderungen für Funkstörung nach EN 55011 (2016) +A1 (2017) und EN 61000-3-2 (2019) und Störfestigkeit nach EN 61000-4-2 (2009), EN 61000-4-4 (2012), EN 61000-4-5 (2014) + A1 (2017) und EN 61000-4-11 (2004) + A1 (2017) sowie für elektrische Sicherheit nach DIN EN 61010-1 (2020).

Vor der Benutzung des EDM 280 ist zu überprüfen, ob die Netzspannung im erlaubten Bereich des Gerätes liegt. Das Weitbereichsnetzteil ist für Wechselspannungen von 100 bis 240 VAC bei 50 bis 60 Hz ausgelegt. Das EDM 280 darf nur an einem Stromkreis mit installiertem FI-Schutzschalter betrieben werden.

Das Messgerät ist durch elektronische Überstromsicherungen geschützt. Die Schmelzsicherung (4A delay fuse) spricht nur bei einem schwerwiegenden Fehler an.



Gefahr eines elektrischen Schlags!

Bei allen Arbeiten im Messeinschub ist vor Beginn der Arbeiten der Kaltgerätestecker an der Geräterückseite zu ziehen. Die im Inneren eingebauten Sicherungen dürfen nur von geschultem Servicepersonal ersetzt werden!

2.4.2 Prüfung elektrischer Geräte nach VDE 0701, VDE 0702, EN 50678 und EN 50699

An manchen Installationsorten ist durch den Betreiber eine jährliche Prüfung elektrischer Geräte gemäß der Norm VDE 0702 bzw. DIN EN 50699 vorgeschrieben. Ebenso ist der Betreiber nach Öffnen des Messeinschubs (z. B. für Wartungsarbeiten) selbst für die elektrische Sicherheit verantwortlich. In diesen Fällen wird üblicherweise eine Wiederholungsprüfung nach VDE 0701 bzw. DIN EN 50678 vorgeschrieben.

Bei der Prüfung wird Folgendes empfohlen:

Der Messeinschub wird über den Kaltgeräteanschluss mit Netzspannung versorgt. Er sollte daher nach Vorgaben für Schutzklasse I geprüft werden. Die eloxierte Front ist ein Designelement und erfüllt keine Schutzwirkung. Der Schalter an der Front schaltet nicht die Netzspannung. Es genügt daher, die Stahlblech-Gehäusesseiten zur Messung des Schutzleiterwiderstands zu prüfen.

Der Probenrohrhalter und das Probenrohr wird aus dem Messeinschub mit Schutzkleinspannung (24VDC) versorgt und mit der Funktionserdung verbunden. Eine Isolationsmessung kann bei Bedarf an den leitfähigen Schrauben auf der Oberseite des Probenrohrhalters und am Mantel des Probenrohrs durchgeführt werden.

2.4.3 Lasersicherheit

Das Gerät erfüllt im Normalbetrieb die Anforderung für Laser der Klasse 1 nach DIN EN 60825-1 (2022). Laser der Klasse 1 erfüllen die höchste Schutzklasse, so dass keine möglicherweise gefährliche Strahlung während des Normalbetriebs zugänglich ist.

Die im EDM 280 verwendete Laserdiode wird innerhalb der Messzelle optisch gekapselt betrieben. Bei beschädigter oder geöffneter Messzelle gilt die Laserschutzklasse 3B nach DIN EN 60825-1 (2022).



Vorsicht! Erblindungsgefahr durch Laserstrahlung im Inneren der Messzelle!

Den Messeinschub niemals mit geöffneter oder beschädigter Messzelle in Betrieb nehmen.
Niemand mit herausgeschraubter Einlassdüse in Betrieb nehmen.

2.4.4 Allgemeine Arbeitssicherheit

Das Gehäuse des EDM 280 entspricht der Schutzart IP20. Gegen Wasser besteht kein Schutz, weswegen die Hinweise zur Installation in Messcontainern oder im Innenraum beachtet werden müssen. Bei der Installation ist darauf zu achten, dass der Messeinschub an beiden Griffen geführt wird. Die Installation des Probenrohrs durch die Dachdurchführung in den 19" Einbau sollte durch zwei Personen durchgeführt werden. Beim Betätigen des Lifts zum Verbinden des Probenrohres mit dem Messeinschub darf nicht in die Probenahme gegriffen werden. Durch die doppelwandige Konstruktion des Probenrohres bleibt die Außenseite kühl. Berührbare Oberflächen des Probenrohrs können sich gering erwärmen. Bei allen Installations- und Wartungsarbeiten ist zur Vermeidung von Verletzungen und gesundheitlichen Gefahren angemessene Arbeitskleidung zu tragen, wie Arbeitsschuhe mit Stahlkappen und rutschfesten Sohlen, insbesondere bei Arbeiten auf dem Dach eines Messcontainers oder bei Nässe.

2.5 Einsatzgebiete und geeignete Verwendung

2.5.1 Einsatzgebiete und allgemeine Hinweise

Das Feinstaubmessgerät Modell EDM 280 ist für alle Arten von Aerosolmessungen geeignet, speziell für kontinuierliche oder automatisierte Messungen, sofern die angegebenen Spezifikationen eingehalten werden. Solche Messungen können sein: Kontinuierliche Messung der Feinstaubfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5}, Messungen weiterer Feinstaubfraktionen wie TSP, PM₄, PM₁ oder PM_{coarse}, in Innenräumen oder im Freien, Bestimmung der Partikelgrößenverteilung, Fragestellungen der Aerosolforschung.

Um das EDM 280 während des Messbetriebs in Messnetzen vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Container bzw. einer verschlossenen Messstation betrieben werden.

2.5.2 Volumenstrommessung und -regelung

Der Probenvolumenstrom wird automatisch auf den Sollwert von 1,2 Liter pro Minute zu Bedingungen im Inneren des Messeinschubs geregelt. Der angezeigte und ausgegebene Probenvolumenstrom wird zu den Umgebungsbedingungen des Wettersensors am Einlass umgerechnet. Er weicht daher im Allgemeinen von 1,2 Liter pro Minute ab. Sämtliche angezeigten und ausgegebenen Konzentrationswerte werden ebenfalls zu Umgebungsbedingungen, d. h. zu den Messwerten des Wettersensors ausgegeben. Die digitale Volumenstromregelung gewährleistet die vorgegebene Genauigkeit bei jedem Betrieb innerhalb der in Tabelle 3-1 Kapitel 0 genannten technischen Spezifikationen am Messort.

2.5.3 Informationen über Bedienung und Fernsteuerung

Das EDM 280 lässt sich über verschiedene Schnittstellen wie RS-232, USB-B, Ethernet oder kabellos über WLAN steuern. Die Datenübertragung ist nur durch die maximale Kabellänge oder die Reichweite der Funkverbindung begrenzt.

2.5.4 Hinweise zum Starten und Stoppen des Messbetriebes

Zum Starten und Stoppen des Messbetriebes muss das EDM 280 mit Spannung über das Netzteil versorgt sein. Zugelassene Netzspannungen sind in den technischen Spezifikationen dokumentiert. Die Messung startet, nachdem das Messgerät den Selbsttest durchlaufen hat. Ein manuelles Starten oder Beenden des Messbetriebes ist jederzeit möglich.

2.5.5 Gedächtnisfunktionen bei Unterbrechung der Netzspannung

Das EDM 280 verfügt über eine Gedächtnisfunktion bei Netzspannungsausfall. Wird die Spannungsversorgung unterbrochen, so wird bei Spannungswiederkehr die Messung automatisch fortgesetzt.

2.5.6 Vorbereitende Arbeitsabläufe und Checks

Jede neue Messung startet mit einem Selbsttest. Dieser gibt Auskunft über den Gerätestatus. Nach erfolgreichem Selbsttest wechselt das EDM 280 in den Messbetrieb.

2.6 Einschränkungen des Einsatzgebietes

Um eine korrekte Funktion des EDM 280 sicher zu stellen, sind die Bedingungen für Temperatur, relative Feuchte und Umgebungsdruck, welche in Tabelle 3-1 im Kapitel 0 aufgeführt sind, einzuhalten. Im Zweifelsfall und zu Fragen des Einsatzes des EDM 280 nehmen Sie Kontakt zu Ihrem Händler oder zum Vertriebsmitarbeiter der Firma Grimm auf.

2.7 Transport

Das EDM 280 darf nur in der Originalverpackung transportiert werden. Der Aerosoleinlass muss mit der Schutzkappe verschlossen und der Staubschutz über die Öffnung geschoben werden. Die Transportsicherung muss in Transportposition eingedreht sein, andernfalls werden interne Komponenten bei Stößen leicht beschädigt.

2.8 Lagerung

Zur Lagerung des Messgerätes sollte die Originalverpackung verwendet werden und Temperatur und Luftfeuchtigkeit, wie sie für Lagerung und Transport im Kapitel 0 genannt sind, eingehalten werden. Bei der Lagerung muss der Aerosoleinlass mit der Schutzkappe verschlossen und der Staubschutz über die Öffnung geschoben werden.

2.9 Entsorgung

2.9.1 Empfehlungen für die Beseitigung von Abfällen

Die verwendeten Filter können nach Gebrauch im Hausmüll entsorgt werden. Die im EDM 280 verwendete Knopfzelle sollte fachgerecht entsorgt werden.

2.9.2 Erwartete Lebensdauer des Gerätes

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch, regelmäßiger Wartung durch den Grimm Service oder autorisierte Servicetechniker hat das EDM 280 eine Lebensdauer von vielen Jahren. Eine Aussage über eine übliche Lebensdauer ist nicht möglich und hängt von der jeweiligen Anwendung ab.

2.10 Reparatur

Wissend, dass defekte oder inaktive Geräte dem Kunden Schaden verursachen, ist es die Politik des Hauses GRIMM, sich so schnell wie möglich diesen Kundenproblemen zu widmen. Wenn ein Gerätestillstand / Ausfall festgestellt wird, bitten wir Sie, umgehend das nächste GRIMM Vertriebsbüro oder den entsprechenden Händler zu kontaktieren. Kontaktieren Sie bitte die Serviceabteilung von GRIMM per Email, bevor Sie eines unserer Geräte zum Service einsenden, unter: service@grimm.durag.com und geben dazu die folgenden Daten an:

- Gerätemodell (auf dem Typenschild an der Geräterückseite)
- Seriennummer (auf dem Typenschild an der Geräterückseite)
- detaillierte Fehlerbeschreibung, falls möglich mit der angezeigten Statusmeldung und dem letzten Datenlog vom USB-Stick
- Bestelldatum und Ihre Auftragsnummer (außer bei einem Garantiefall)
- Ihre Rechnungsadresse
- Ihre Versandadresse



Achtung!

Stellen Sie sicher, dass das Gerät frei von gesundheitsgefährdenden Kontaminationen ist, bevor Sie das Gerät zum Service versenden und schicken Sie die ausgefüllte Kontaminationserklärung mit.

3 | Technische Informationen

3.1 Übersicht der Komponenten und Messprinzip

Das EDM 280 ist ein stationäres Aerosolspektrometer zur simultanen Erfassung der Schwebstaubkonzentration in Außenluft. Es erfasst u. a. folgende Messwerte: Staubmassenfraktionen TSP, PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, PM₁ und PM_{coarse}, die Gesamtpartikelkonzentration (TC) und Partikelanzahlgrößenverteilung in 72 Größenkanälen. Zusätzlich können Umgebungstemperatur, Luftfeuchte und Umgebungsdruck ausgegeben werden, je nach Ausführung auch Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlagsintensität.

Der schematische Aufbau des EDM 280 ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

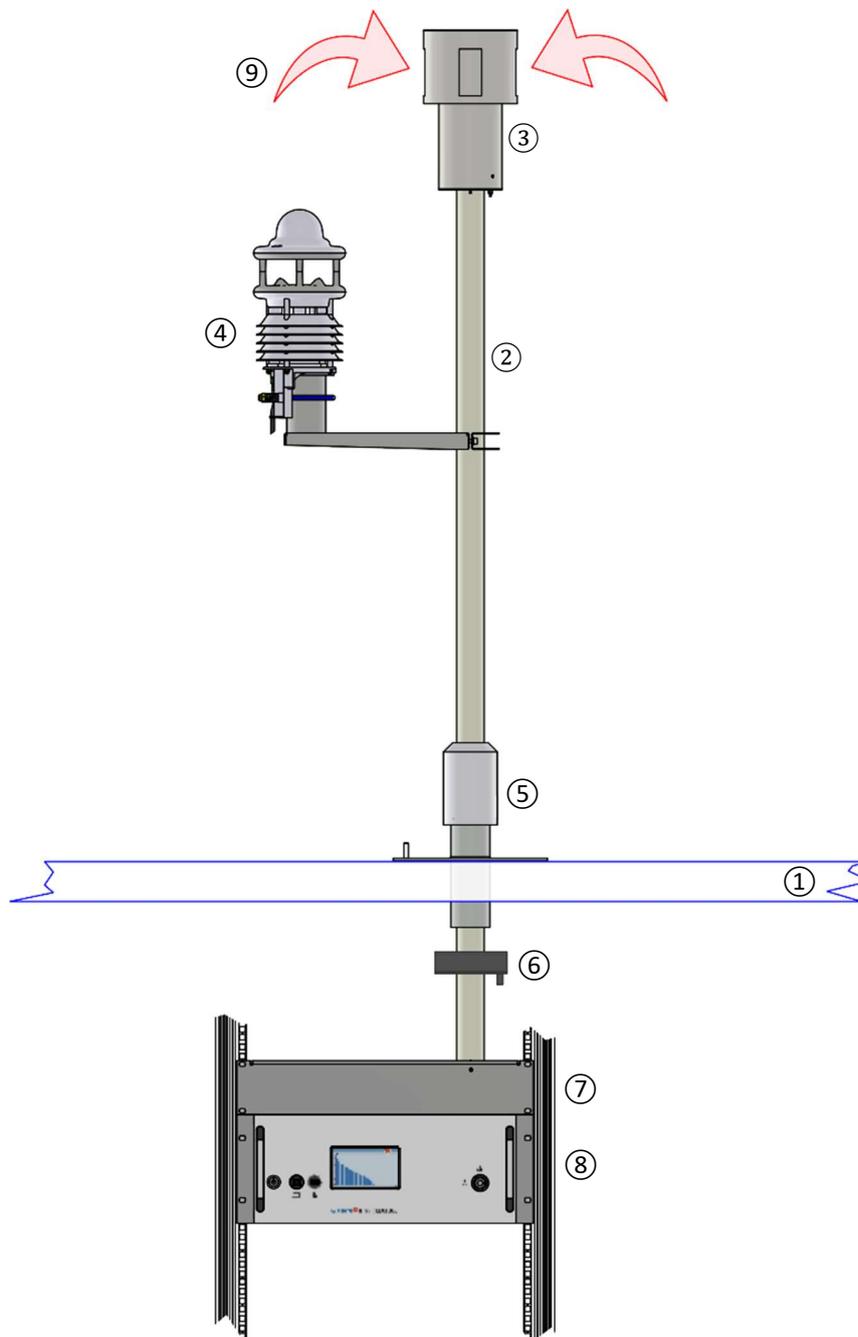


Abbildung 3-1: Schematischer Aufbau des EDM 280

Das EDM 280 ist zum Einbau in einem Messcontainer mit Dachdurchführung ① konzipiert. Es besteht im Wesentlichen aus Probenahme und Messeinschub. Die Probenahme ist für den dauerhaften Einbau in einem 19" Rack vorgesehen und besteht aus einem Probenrohr ② mit Probenahmekopf ③ und Wettersensor ④, einem Dachflansch mit Regenabweiser ⑤ und im Innenraum dem Wasserabscheider ⑥ und Probenrohrhalter ⑦. Der Messeinschub ⑧ wird im Rack unter dem Probenrohrhalter montiert und mit wenigen Handgriffen mit der Probenahme verbunden. Er enthält das Aerosolspektrometer und alle verschleißbehafteten Komponenten und kann daher zur Wartung und Kalibrierung leicht entnommen werden. Über das Touchdisplay lässt sich vor Ort der Messbetrieb steuern, es lassen sich die Messwerte und der Status einsehen sowie Einstellungen vornehmen.

Die Probenluft ⑨ wird über den Sigma-2 Probenahmekopf angesaugt und vertikal über das Probenrohr zur Probenluftkonditionierung in die optische Messzelle im Messeinschub geleitet. Die adaptive Heizung im Probenrohr wird aktiv so geregelt, dass auf dem Weg des Aerosols bis zur Messzelle keine Kondensation eintreten kann und gleichzeitig die Erwärmung des Aerosols möglichst gering gehalten wird.

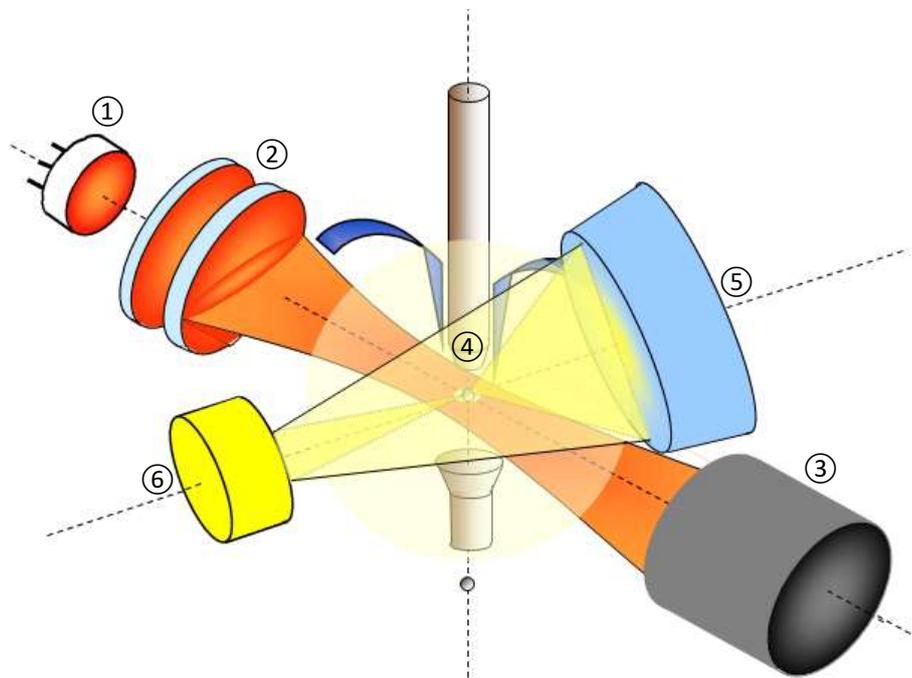


Abbildung 3-2: Schematischer Aufbau der optischen Messzelle

Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip der Streulichtmessung an Einzelpartikeln. Als Lichtquelle dient eine Laserdiode ①. Das Licht wird mit Hilfe einer Beleuchtungsoptik ② als schmales Laserband in die Messzelle fokussiert und im Anschluss an das Messfeld in eine Lichtfalle ③ geleitet. Die gesamte Probenluft wird aerodynamisch in den Brennpunkt des Laserbandes fokussiert ④, entsprechend Annex A.3 "Definition of the sensing zone", ISO 21501-1 (2009). Wenn ein Partikel den Laserstrahl durchquert, wird dieses vom Laserstrahl beleuchtet. Dabei entsteht Streulicht. Das Streulicht wird über eine Weitbereichsoptik ⑤ auf einem Photodetektor ⑥ gesammelt. Die Position des Detektors ist senkrecht zum Laserstrahl. Jedes elektrische Signal des Detektors wird gezählt und nach einer entsprechenden Verstärkung klassiert. Die Zählereignisse werden in 72 Größenabstufungen ausgegeben. Die Größenskala der Klassierkanäle wurde anhand einer eindeutigen, im Durchmesser logarithmisch äquidistanten Zuordnung für Polystyrene Latex Kugeln (PSL) festgelegt. Der Durchmesser entspricht somit einem „light scattering equivalent particle diameter“ für Polystyrene Latex Kugeln im Sinne der ISO 21501-1 (2009).

Die Berechnung der Staubmassenfraktionen erfolgt auf Grundlage der gemessenen Partikelanzahlgrößenverteilung. Unter Annahme kugelförmiger Partikel wird eine Volumenverteilung berechnet und in einem weiteren Schritt durch Multiplikation mit größenabhängigen Dichtefaktoren eine Massenverteilung. Bei der Berechnung der PM-Fraktionen fließen Ergebnisse aus Vergleichsmessungen in der Außenluft mit gravimetrischen Staubsammlern ein.

Im Anschluss an die optische Messzelle befinden sich eine Kondensatfalle, die automatisch während des Selbsttests entleert wird und ein zweistufiger Staubfilter mit einem Vorfilter und einem Reststaubfilter. Der Probenvolumenstrom wird automatisch geregelt. Die Probenluftpumpe fördert auch die Spülluft, welche über einen Feinstfilter aus der Pumpenabluft im Gerät gewonnen und durch einen Spülluftregler konstant gehalten wird. Die Spülluft verhindert die Verschmutzung der Beleuchtungs- und Detektionsoptiken und wird beim Geräteselbsttest als partikelfreie Referenzluft benutzt.

Die Steuerung des Gerätes erfolgt entweder über das Touchdisplay an der Gerätevorderseite oder über eine der Schnittstellen (RS-232, USB-B, Ethernet) und eines der Datenprotokolle (GRIMM-Protokoll, Modbus TCP, GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll).

3.2 Technische Daten

Tabelle 3-1: Technische Daten EDM 280

Spezifikation	Beschreibung
Messprinzip	Streulichtdetektion an Einzelpartikeln, aerodynamisch fokussiertes Messvolumen
Probenvolumenstrom	1,2 L/min, Genauigkeit $\leq \pm 2 \%$, konstant an der Messblende durch Regelung
Partikelgrößenbereich	$0,178 \mu\text{m} < D_o < 29,4 \mu\text{m}$ (D_o = optischer Latex Äquivalentdurchmesser)
Größenkanäle	72 logarithmisch äquidistante Abstufungen, 32 Kanäle pro Dekade
Massenberechnung	PM-Werte: Optimiert auf beste Korrelation zur Referenzmethode Filtersammler mit gravimetrischer Massebestimmung (EN 12341:2014)
Massekonzentration	0 ... 12.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} (mit 10% Linearitätsfehler für die Messung von 0 ... 5.100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ Arizona Dust A1 ultrafein)
Nachweisgrenze	0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für TSP
Nullniveau	$\leq 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für TSP
Datenausgabe	TSP, PM_{10} , PM_4 , $\text{PM}_{2,5}$, PM_1 , $\text{PM}_{\text{coarse}}$ sowie Sensordaten und Statusinformationen am Touchdisplay, über Schnittstelle oder USB-Stick
Messbereich Wettersensor	Temperatur: $-50 \dots 60^\circ\text{C}$, $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ($-20 \dots 50^\circ\text{C}$), sonst $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ($> -30^\circ\text{C}$) Rel. Feuchte: 0 ... 100 % r.F, $\pm 2 \%$ r.F. Luftdruck: 300 ... 1200 hPa, $\pm 0,5$ hPa ($0 \dots 40^\circ\text{C}$)
Zeitauflösung	6 Sekunden
Speicherintervall	Wählbar, 6 Sekunden, 1, 5, 10, 15, 30, 60 Minuten, Tagesmittelwert
Datenschnittstellen	RS-232 (wählbar mit 9600, 19200, 57600, 115200 Baud) Ethernet (10BASE-T/100BASE-TX) USB-Stick (USB 2.0), FAT32 formatiert, max. 500 mA Stromaufnahme USB-B (Serviceschnittstelle mit 115200 Baud/s)
Datenprotokoll (ASCII)	GRIMM-Protokoll Modbus TCP GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll
Selbstdiagnose	Bei jedem Start und automatisch in konfigurierbaren Intervallen
Bedienung	über Touchdisplay oder via Datenschnittstelle
Stromversorgung	Weitbereichseingang 100 bis 240 VAC bei 50 bis 60 Hz 250 VA Anschlussleistung, Sicherung 4A träge
Leistungsaufnahme	Typ. 25W (kontinental warm) Typ. 40W (tropisch feucht) Typ. 80W (polar kalt). Typ. 220W (Maximalausstattung, alle Heizungen bei maximaler Leistung)
Überspannungskategorie	OVC II
Bedingungen der Probenluft am Aufstellungsort	Temperatur: $-40 \dots 60^\circ\text{C}$ Max. relative Feuchte: 100% (-40°C) ... 30% (60°C) Max. absolute Feuchte: $60 \text{ g}/\text{m}^3$ Luftdruck: 530 ... 1080 hPa
Bedingungen im Messcontainer	Temperatur: $5 \dots 40^\circ\text{C}$ Rel. Feuchte: 5 ... 90 %, nicht kondensierend
Schutzart	IP20, Verschmutzungsgrad PD: 2
Transport und Lagerung	Temperatur: $-20 \dots +50^\circ\text{C}$, relative Feuchte: $< 95\%$ (nicht kondensierend)
Maße	Probenrohr: 1500 mm (H) x \varnothing 45 mm (Rohr) / \varnothing 105 mm (Probeneinlass) Probenrohrhalter: 88,9 mm (H) x 441 mm (B) x 156 mm (T) Messeinschub: 180,5 mm (H) x 434 mm (B) x 320 mm (T)
Gewicht	Gesamt: 20,5 kg (mit Wettersensor WS300, Halterung und Kabeln) Probenrohr mit Probenahmekopf: 5,3 kg Probenrohrhalter: 2,4 kg Messeinschub: 10,45 kg

3.3 Lieferumfang und optionales Zubehör

3.3.1 Lieferumfang

Nachfolgende Liste enthält den Lieferumfang für das EDM 280-Set Art.-Nr. 4019844 mit Artikelnummern und Produktbezeichnungen. Zur Verifizierung eines oder mehrerer Systeme wird ein Field Test Kit EDM 280 Art.-Nr. 4031934 benötigt.

Tabelle 3-2: Lieferumfang EDM 280-Set

Art.-Nr.	Bezeichnung
4019843	EDM 280
	4019845 19" Messeinschub EDM 280
	4034841 Befestigungssatz EDM 280
	4019846 Verpackung EDM 280
	1201650 USB Speicherstick 2 GB
	4033774 Sechskant-Schlüssel 8 mm gerade
4035325 DB9 Nullmodemkabel 2 Meter	
4020436	Probenrohrhalter 19" beheizt komplett
	4020438 Verpackung PNR Sigma 2-Kopf
4019859	282L-1,5 PNR beheizt für LUFFT-Sensor (mit Sigma 2-Kopf PNS)
1200097	159L LUFFT-Sensor WS 600
1200010	189 Dachflansch für PNR d45mm komplett
1204636	USB-Kabel 2.0 A-St. Auf B-St.
1200654	Netzkabel 250VAC 10A C13/EU-Stecker 1,8m
Notwendiges Zubehör zur Verifizierung	
4031934	Test – Zubehör Field Test Kit EDM 280 mit Adapter für Probeneinlass, Nullluftfilter, Set-Dichtheitsprüfung

3.3.2 Optionales Zubehör

Nachfolgende Liste enthält optionales Zubehör für das EDM 280 mit Artikelnummer und Produktbezeichnung.

Tabelle 3-3: Optionales Zubehör

Art.-Nr.	Bezeichnung
1200092	157L LUFFT-Sensor WS 300 (anstelle von 1200097 WS 600)
1200094	158L LUFFT-Sensor WS 500 (anstelle von 1200097 WS 600)
4027424	Datenlogger-Accesspoint EDM 280 (remote Verbindung mit Grimm-Network über Mobilfunk, oder lokale Verbindung über vorhandenes WLAN)
4027428	Datenlogger EDM 280 (remote Verbindung mit Grimm-Network über Mobilfunk)
4027429	Accesspoint EDM 280 (lokale Verbindung über vorhandenes WLAN)
4025195	199 Vollklimatisiertes, wetterfestes Gehäuse für 19"-Geräte TÜV-geprüft für Temperaturen von -20°C bis +60°C

4 | Gerätebeschreibung

In den folgenden Abbildungen und Tabellen sind die Bedienelemente am 19" Messeinschub und am Probenrohrhalter gekennzeichnet und im anschließenden Text deren Funktion beschrieben.

4.1 Bedienelemente 19" Messeinschub

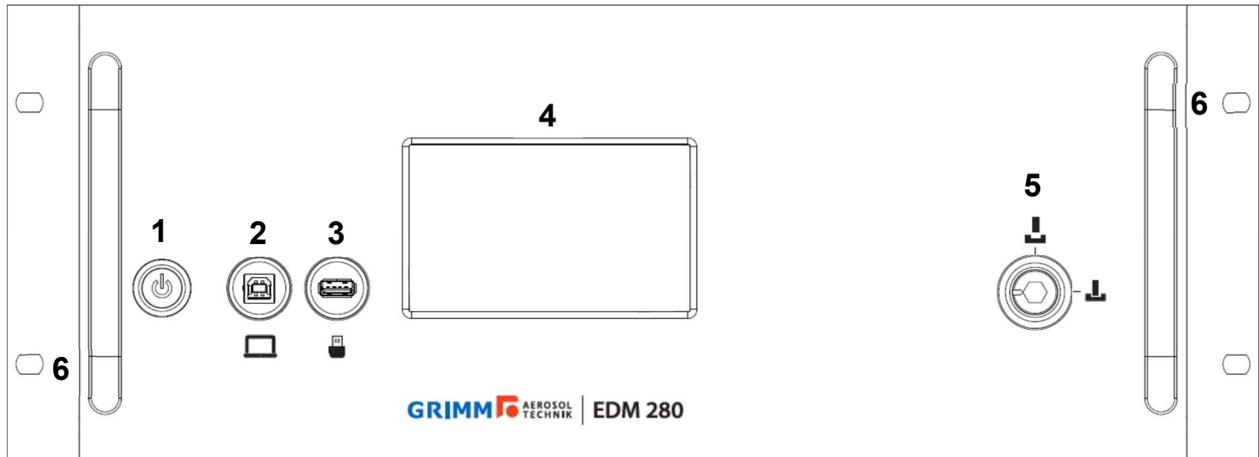


Abbildung 4-1: Messeinschub Vorderseite

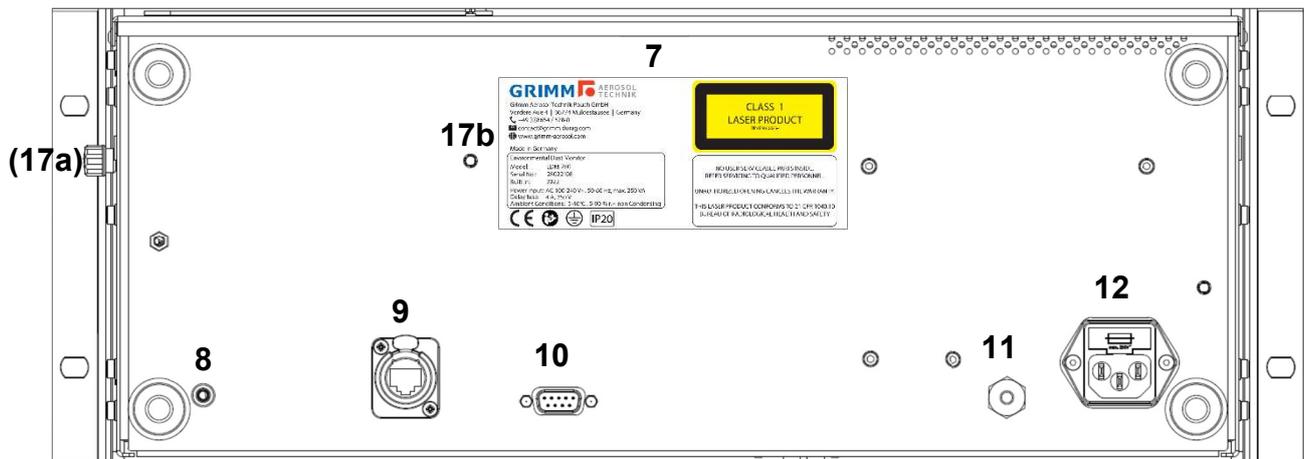


Abbildung 4-2: Messeinschub Rückseite

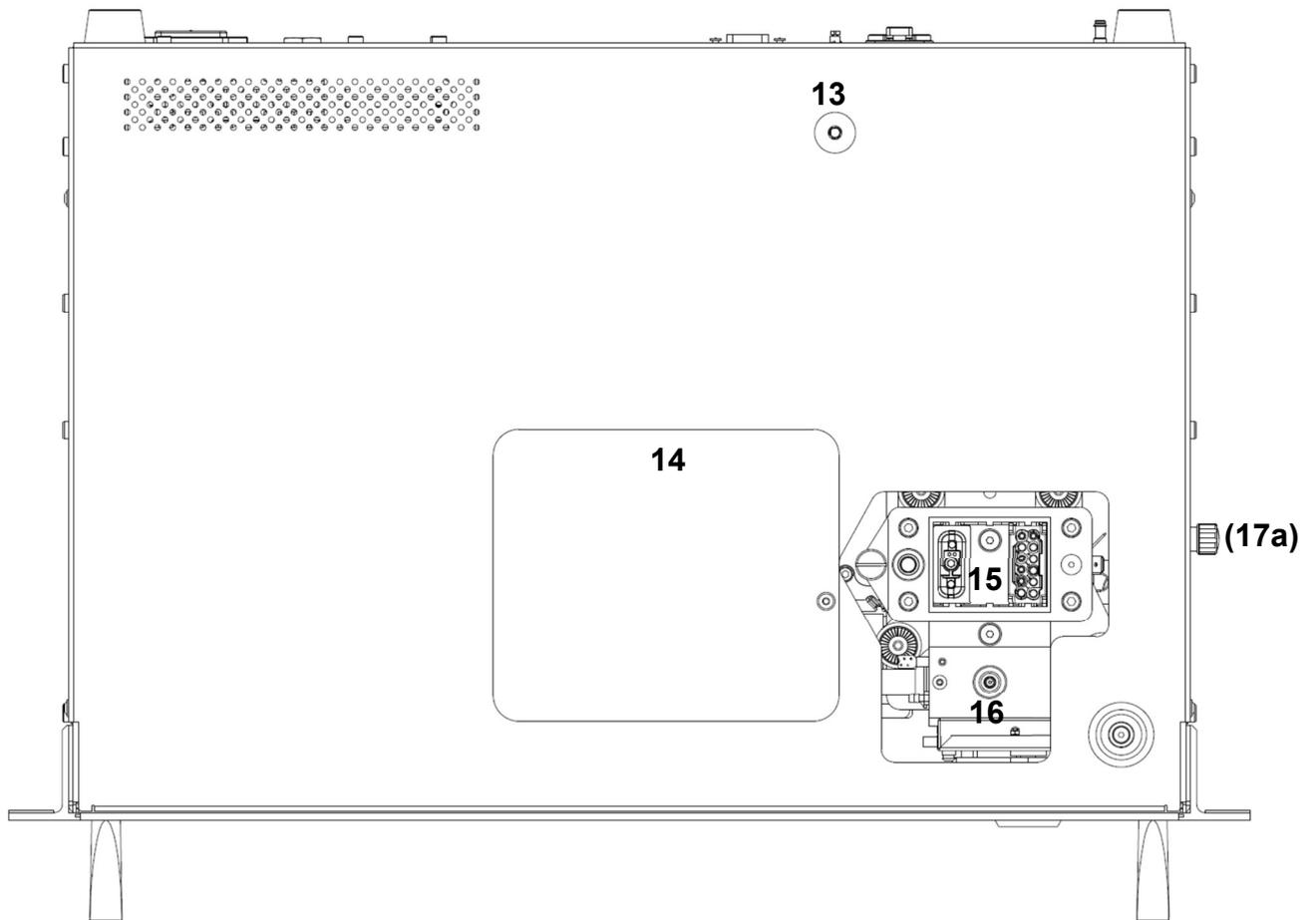


Abbildung 4-3: Messeinschub Oberseite

Tabelle 4-1: Bedienelemente Messeinschub, Ziffern beziehen sich auf Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-3

Nummerierung	Bezeichnung
Vorderseite	
1	Ein-Ausschalter mit LED
2	USB-B Serviceschnittstelle
3	USB-Stick
4	Touchdisplay
5	Liftverriegelung
6	Griffe und Löcher für Befestigungsschrauben
Rückseite	
7	Typenschild, Kalibrieraufkleber und Sicherheitsetikett
8	Kondensatauslass
9	RJ45 Ethernet Schnittstelle
10	RS-232 serielle Schnittstelle
11	Probenluftauslass
12	Sicherung und Netzanschluss Kaltgerätebuchse
17b	Aufbewahrung Transportsicherung für Lift, während des Betriebs (siehe auch 17a)
Oberseite	
13	Erdungsniet
14	Abdeckung Probeneinlass
15	Liftkontakte
16	Einlassdüse

Rechte Seite	
17a	Transportsicherung für Lift, während des Transports (siehe auch 17b)

Im Folgenden werden die Bedienelemente am Messeinschub und deren Funktion erläutert.

4.1.1 Ein-Ausschalter mit LED

Der Ein-Ausschalter schaltet die 24 V Gleichstromversorgung im EDM 280 an bzw. ab. Im eingeschalteten Zustand leuchtet der Ring am Drucktaster blau. Um das EDM 280 spannungsfrei zu schalten, z. B. bei Arbeiten im Messeinschub, genügt es nicht, nur den Ein-Ausschalter zu betätigen. In diesem Fall muss der Kaltgerätestecker an der Geräterückseite gezogen werden (siehe Kapitel 2.4.1 Elektrische Sicherheit).

4.1.2 USB-B Serviceschnittstelle

Zur Kommunikation mit einem PC kann die USB-B Serviceschnittstelle an der Gerätevorderseite verwendet werden (z. B. für Einstellungen im GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll). Sie verwendet immer das Grimm-Protokoll GP280. Die Serviceschnittstelle ist mit einem PC-Symbol gekennzeichnet. Sind die Einstellungen und Servicearbeiten beendet, kann das USB-Kabel einfach von der Serviceschnittstelle abgezogen werden.

4.1.3 USB-Stick

Zum Speichern ohne angeschlossenen PC oder als Backup kann ein USB-Stick verwendet werden. Der USB-Stick wird an der Gerätevorderseite eingesteckt. Die Buchse ist mit einem USB-Stick-Symbol gekennzeichnet.

	Der USB-Stick kann im laufenden Betrieb eingesteckt und abgezogen werden.
---	---

Beim EDM 280 können USB 2.0 kompatible USB-Sticks mit mehr als 2 GB verwendet werden. Die Daten werden im Grimm-Protokoll GP-280 in Textdateien geschrieben. Bei jedem Start des Messbetriebs wird eine neue Datei angelegt und mit Seriennummer und einem laufenden Index benannt. Das Speicherintervall sollte auf die Dauer der Messung abgestimmt sein, siehe auch Kapitel 5.3 Datenlog auf den USB-Stick.

4.1.4 Touchdisplay

Das EDM 280 verfügt über ein Touchdisplay mit interaktiver Menüführung. Am Display werden Messwerte, Sensordaten und Statusparameter angezeigt. Die Bedienung und Bedeutung der Menüs sind in Kapitel 5.6 Messwertdarstellung am Touchdisplay beschrieben.

4.1.5 Liftverriegelung

Der Lift im EDM 280 verbindet den 19" Einschub über den Probenrohrhalter mit dem Probenrohr. Er kann über die Liftverriegelung an der Gerätevorderseite mit einem 8 mm Sechskantschlüssel geschlossen und geöffnet werden. Für Servicearbeiten oder zum Ausbau des 19" Einschubes kann die Liftverriegelung geöffnet werden, Symbol  oben. Im Messbetrieb ist der Lift geschlossen, gekennzeichnet durch das Symbol , rechts an der Liftverriegelung. In den Endpositionen hält ein Magnet den Lift fest, das sorgt für einen leichten Ruck. Für weitere Informationen zum Lift siehe auch Kapitel 5.1.2 und Abbildung 5-2.

	Der Lift erlaubt den schnellen Ausbau (und Wiedereinbau) des EDM 280 Messeinschubs für Wartungsarbeiten, Kalibrierung oder Kreuztausch. Die Probennahme bleibt eingebaut und kann im eingebauten Zustand gewartet werden.
---	---

4.1.6 Griffe und Löcher für Befestigungsschrauben

Der Messeinschub hat an der Vorderseite zwei Griffe, sowie vier Löcher. Die Löcher sind als Langloch ausgeführt, so dass die Montage mit Schrauben im 19" Rack einfach realisiert werden kann.

4.1.7 Typenschild, Kalibrieraufkleber und Sicherheitsetikett

Das Typenschild auf der Geräterückseite enthält alle relevanten Geräteinformationen und Sicherheitshinweise.

- Herstellerangaben
- Modellbezeichnung
- Seriennummer
- Herstellungsjahr
- Betriebsspannung, Scheinleistung, Hauptsicherung
- Schutzklasse
- Warnhinweis für Lasersicherheit

<p>GRIMM  AEROSOL TECHNIK</p> <p>Grimm Aerosol Technik Pouch GmbH Vordere Aue 4 06774 Muldestausee Germany +49 (0)8654 / 578-0 contact@grimm.durag.com www.grimm-aerosol.com</p> <p>Made in Germany</p> <p>Environmental Dust Monitor Model: EDM 280 Serial No.: 28022108 Built in: 2022 Power input: AC 100-240 V~, 50-60 Hz, max. 250 VA Delay fuse: 4 A, 250 V Ambient Conditions: 5-40°C, 5-90 % r.H non Condensing</p> <p>    </p>	<div style="border: 2px solid yellow; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>CLASS 1 LASER PRODUCT <small>DIN EN 60825-1</small></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> <p>NO USER SERVICEABLE PARTS INSIDE. REFER SERVICING TO QUALIFIED PERSONNEL.</p> <p>UNAUTHORIZED OPENING CANCELS THE WARRANTY.</p> <p>THIS LASER PRODUCT CONFORMS TO 21 CFR 1040.10 BUREAU OF RADIOLOGICAL HEALTH AND SAFETY</p> </div>
---	---

Abbildung 4-4: Typenschild EDM 280

Der Kalibrieraufkleber ist als Sicherheitsetikett ausgeführt. Er informiert über den Zeitpunkt der nächsten Kalibrierung und wird bei unautorisiertem Öffnen des Gerätes zerstört. Ein Gerät mit beschädigtem oder entferntem Kalibrieraufkleber verliert jeglichen Garantieanspruch.

4.1.8 Kondensatauslass

An der Geräterückseite links befindet sich der Auslass (Ziffer 8, Abbildung 4-2) der Kondensatfalle. Die Kondensatfalle wird bei jedem Selbsttest automatisch entleert. Das Kondensat wird nicht aktiv abgepumpt, sondern fließt über die Schwerkraft ab. Der Kondensatauslass ist mit einem geeigneten Sammelgefäß oder einem Ablass im Container zu verbinden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Schlauch nicht höher liegt, als der Kondensatauslass.

	<p>Achtung! Speziell bei feucht warmer Luft und kaltem Messcontainer sammelt sich Wasser in der Kondensatfalle. Dieses muss im Selbsttest regelmäßig abgelassen werden.</p> <p>Daher den automatischen Selbsttest wie folgt einstellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Bei Durchschnittstemperaturen zwischen 10°C und 30°C alle 24 Stunden, ■ Bei Durchschnittstemperaturen zwischen 30°C und 45°C alle 12 Stunden, ■ Bei Durchschnittstemperaturen zwischen 45°C und 60°C alle 6 Stunden
---	--

	<p>Achtung! Herabtropfendes Wasser kann tieferstehende Geräte und Einrichtung beschädigen.</p> <p>Daher immer den Kondensatauslass mit einem Schlauch zum Ablass verbinden.</p>
---	--

4.1.9 RJ45 Ethernet Schnittstelle

Die RJ45 Buchse der Ethernet Schnittstelle (10BASE-T/100BASE-TX) befindet sich an der Geräterückseite. Sie wird z. B. benötigt für die Kommunikation über das Modbus Datenprotokoll.

4.1.10 RS-232 Serielle Schnittstelle

An der Geräterückseite befindet sich eine serielle RS-232 Schnittstelle. Sie wird z. B. für die Kommunikation über GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll benötigt. Siehe auch Kapitel 5.5.

4.1.11 Probenluftauslass

Am Probenluftauslass (Ziffer 11, Abbildung 4-2) verlässt der Probenvolumenstrom von 1,2 L/min das Gerät. Die Luft ist gefiltert und getrocknet und kann für weitere Analysen (z. B. Gase) verwendet werden.

4.1.12 Sicherung und Netzanschluss Kaltgerätebuchse

An der Geräterückseite rechts befindet sich der Netzanschluss für ein Kaltgerätekabel (Ziffer 12, Abbildung 4-2) und über der Buchse die Sicherung (4A delay fuse). Vor dem Einstecken des Kabels ist zu überprüfen, ob die Netzspannung im erlaubten Bereich des Gerätes liegt (vgl. Angaben auf dem Typenschild). Das EDM 280 darf nur an einem Stromkreis mit installiertem FI-Schutzschalter betrieben werden.

	<p>Gefahr! Bei Berührung der im Inneren des Messeinschubs spannungsführenden Teile besteht Lebensgefahr. Deshalb: Vor Öffnen des Messeinschubs den Netzstecker ziehen.</p>
---	---

4.1.13 Erdungsniet

Am Erdungsniet (Ziffer 13, Abbildung 4-3) kann eine Erdung für das Gesamtsystem angebracht werden.

4.1.14 Abdeckung Liftkontakt und Einlassdüse

Eine Abdeckung schützt den Liftkontakt und die Einlassdüse beim Transport. Zum Öffnen muss die Abdeckkappe 180° gedreht werden. Zwei Magneten im Gehäuseblech halten die Abdeckung in den Positionen (offen oder geschlossen).



Achtung!

Im Messbetrieb wird die empfindliche Optik mit Spülluft vor Verschmutzung geschützt. Im Standby oder bei Stromausfall lagern sich Partikel dort ab, Feuchtigkeit oder Insekten gelangen durch den Probeneinlass in die Messzelle und verschmutzen oder beschädigen diese.

Deshalb:

Bei längerer Unterbrechung des Messbetriebs den Lift öffnen und die Einlassdüse mit Schutzkappe sowie die Liftöffnung mit der Abdeckung verschließen.

4.1.15 Liftkontakte

Die Liftkontakte (Ziffer 15, Abbildung 4-3) als Bestandteil des Lifts im Messeinschub überwachen die korrekte Position des Lifts und damit alle relevanten elektrischen Verbindungen, die für die Versorgung und Funktion des Probenrohrs relevant sind. Die Liftkontakte werden über die Liftverriegelung (siehe 4.1.5) geschlossen bzw. geöffnet.

Im geschlossenen Zustand ist der Lift aus dem 19" Messeinschub nach oben ausgefahren (siehe Abbildung rechts). Die Liftkontakte sind dann fest mit dem Gegenstück im Probenrohrhalter verbunden. Im offenen Zustand, z. B. für den Ausbau des 19" Einschubs, ist der Lift im 19" Messeinschub versenkt.

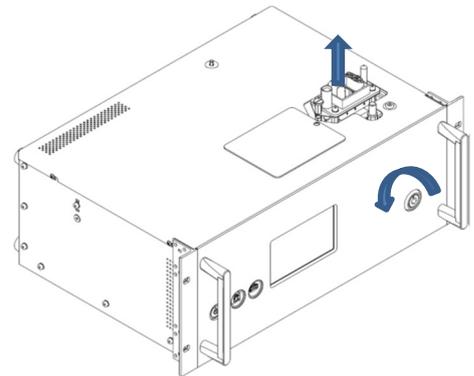


Abbildung 4-5: Messeinschub mit ausgefahrenem Lift (Position "geschlossen")

4.1.16 Einlassdüse

Die Einlassdüse (Ziffer 16, Abbildung 4-3), ebenfalls Bestandteil des Lifts, wird wie die Liftkontakte beim Schließen des Lifts nach oben gefahren und verbindet sich mit dem Gegenstück im Probenrohrhalter. Damit ist die Probenluftstrecke pneumatisch dicht geschlossen und das EDM 280 ist messbereit.

4.1.17 Transportsicherung

Die Mechanik des Lifts wird während des Transports mit einer Rändelschraube, die an der rechten Seite eingeschraubt ist, gesichert (17a). Bei der Installation und während des Betriebs ist die Rändelschraube herausgedreht und wird an der Geräterückseite aufbewahrt (17b).

4.2 Bedienelemente Probenrohrhalter



Abbildung 4-6: Probenrohrhalter Vorderseite

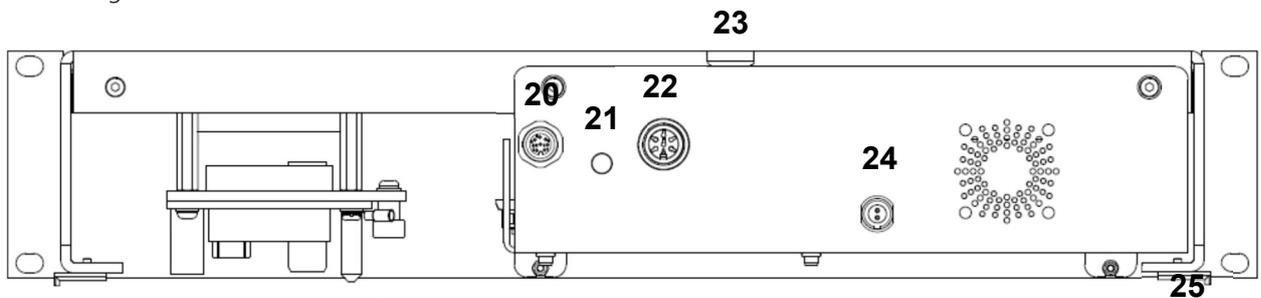


Abbildung 4-7: Probenrohrhalter Rückseite

Tabelle 4-2: Bedienelemente Probenrohrhalter, Ziffern beziehen sich auf Abbildung 4-6 und Abbildung 4-7

Nummerierung	Bezeichnung
Oberseite	
(18)	Probenrohraufnahme
Vorderseite	
18	Arretierung Probenrohr
19	Löcher für Befestigungsschrauben
Rückseite	
20	Anschluss Wetterstation
21	Anschluss Kopfheizung
22	Anschluss Probenrohrheizung
23	Befestigung für optionalen Datenlogger-Accespoint
24	24 VDC Spannungsversorgung (für optionalen Datenlogger-Accespoint)
25	Rastnasen und Führungsnuten

Der Probenrohrhalter verbindet den Messeinschub und das Probenrohr. Er verbleibt nach der Installation dauerhaft im 19" Rack. Im Folgenden werden die Bedienelemente am Probenrohrhalter und deren Funktion erläutert.

4.2.1 Probenrohraufnahme

Das Loch an der Oberseite des Probenrohrhalters wird als Probenrohraufnahme bezeichnet. In die Probenrohraufnahme werden alle Leitungen am Probenrohr und das Probenrohr selbst gesteckt. Die hierfür nötigen Arbeitsschritte sind detailliert in Kapitel 5.1.2 beschrieben.

	<p>Achtung! Beim Absenken des Probenrohrs darauf achten, dass die Kabel nicht gequetscht werden.</p>
---	---

4.2.2 Arretierung Probenrohr

Ist das Probenrohr korrekt im Probenrohrhalter positioniert (rote Punktmarkierung nach vorne), wird das Probenrohr mit der Madenschraube der Probenrohr-Arretierung (Ziffer 18, Abbildung 4-6) an der Vorderseite des Probenrohrhalters fixiert. Die Madenschraube nur leicht anziehen.

4.2.3 Löcher für Befestigungsschrauben

Wie beim 19" Messeinschub wird auch der Probenrohrhalter mit vier Schrauben durch entsprechende Langlöcher, die das Ausrichten erleichtern, im 19" Rack befestigt.

Auf der Rückseite des Probenrohrhalters befinden sich nebeneinander die Anschlüsse für die Wetterstation, die Kopfheizung und die Probenrohrheizung. Alle drei Kabel für die entsprechenden Anschlüsse müssen bei der Installation des Probenrohrs durch den Probenrohrhalter gefädelt werden. Abbildung 5-2 zeigt die drei angeschlossenen Kabel.

4.2.4 Anschluss Wetterstation

Ziffer 20 in Abbildung 4-7 kennzeichnet den Anschluss für die Wetterstation. Das EDM 280 kann mit unterschiedlichen Wettersensoren betrieben werden. Sie alle verwenden ein drei Meter langes Kabel mit 8-poligem Stecker.

4.2.5 Anschluss Kopfheizung

Ziffer 21 in Abbildung 4-7 kennzeichnet den Anschluss der Kopfheizung. Eine Heizpatrone am Sigma-2 Kopf verhindert Eisbildung oder das Zufrieren der Einlassöffnungen bei harschen Witterungsbedingungen. Die Kopfheizung schaltet sich bei einer Außentemperatur unter 5 °C ein.

4.2.6 Anschluss Probenrohrheizung

Ziffer 22 in Abbildung 4-7 kennzeichnet den Anschluss der Probenrohrheizung. Die adaptive Heizung im Probenrohr wird aktiv so geregelt, dass auf dem Weg des Aerosols bis zur Messzelle keine Kondensation eintreten kann und gleichzeitig die Erwärmung des Aerosols möglichst gering gehalten wird, um den Zustand der Partikelfraktion des Aerosols möglichst nicht zu verändern.

4.2.7 Befestigung für optionalen Datenlogger-Accesspoint

Wird das EDM 280 mit einem Datenlogger betrieben, kann dieser an einer Schiene einfach montiert werden. Die Schiene wird an der vorgesehenen Stelle (Ziffer 23 in Abbildung 4-7) an der Rückseite des Probenrohrhalters befestigt. Kapitel 8 Anhang enthält eine Abbildung der Befestigung.

4.2.8 24 VDC Spannungsversorgung (für optionalen Datenlogger-Accesspoint)

Unterhalb der Befestigung für den optionalen Datenlogger-Accesspoint befindet sich ein 24 VDC Spannungsausgang (Ziffer 24 in Abbildung 4-7). Über diesen kann der Datenlogger mit bis zu 2 A versorgt werden.

4.2.9 Rastnase und Führungsnuten

An der Unterseite des Probenrohrhalters befinden sich rechts wie links Rastnasen und Führungsnuten. Sie garantieren bei der Montage des Probenrohrhalters eine passgenaue Positionierung über dem Messeinschub.

5 | Einbau im Messcontainer und Inbetriebnahme

Die Rüstzeit umfasst den Zeitbedarf für den Aufbau der Messeinrichtung bis zur Inbetriebnahme. Das EDM 280 muss witterungsunabhängig installiert werden, z. B. in einem klimatisierten Messcontainer. Die Durchführung des Probenahmerohres durch das Dach erfordert zusätzliche Maßnahmen am Aufstellungsort. Ersetzt das EDM 280 ein vorhandenes EDM 180 kann die bestehende Dachdurchführung verwendet werden. Für einen ortsveränderlichen Einsatz wird das vollklimatisierte, wetterfeste Gehäuse für 19“-Geräte Modell 199 empfohlen, (siehe Tabelle 3-3 Optionales Zubehör). Auch hier ist eine Dachdurchführung bereits vorhanden.

Folgende Schritte sind für den Aufbau der Messeinrichtung erforderlich:

- Entpacken der Messeinrichtung
- Rack vorbereiten
- Probenrohrhalter montieren
- Probenrohr vorbereiten
- Probenrohr installieren
- Wettersensor montieren
- Dachdurchführung dichten
- Messeinschub vorbereiten
- Messeinschub installieren
- Lift verriegeln, Kabel anschließen, Kondensatauslass anschließen, Schnittstelle verbinden
- Anschluss der Stromversorgung
- Überprüfung der Dichtigkeit

Die Durchführung dieser Arbeiten und damit die Rüstzeit für ein EDM 280 beträgt eine Stunde.



Achtung!

Vor Inbetriebnahme muss sich das Messgerät an die geforderten Betriebsbedingungen akklimatisiert haben. Es wird empfohlen das Messgerät mindestens vier Stunden am Betriebsort zu lagern.

Die Einlaufzeit umfasst den Zeitbedarf von der Inbetriebnahme der Messeinrichtung bis zur Messbereitschaft. Nach dem Starten des Messbetriebs wärmt sich das Probenahmerohr auf die Solltemperatur auf. Währenddessen können die Messwerte durch hohe Luftfeuchte beeinträchtigt sein. Dieser Vorgang kann bis zu zehn Minuten dauern. Während der Aufwärmphase wird die Warnung 'Probenahme meldet eine Warnung' angezeigt. Die aktuelle Temperatur kann im Menü 'Interne Sensoren' (siehe Abbildung 5-11) angezeigt werden.

Bei einem akklimatisierten Gerät (vgl. Kapitel 2.4) beträgt die Einlaufzeit maximal 15 Minuten.

5.1 Einbau des EDM 280 in ein 19" Rack-System

Für den kontinuierlichen Messbetrieb sollte das EDM 280 fest in einem 19" Rack im Messcontainer installiert werden oder alternativ in das vollklimatisierte, wetterfeste Gehäuse für 19"-Geräte Modell 199 (Art. Nr. 4025195). In Abbildung 5-1 ist ein fertig installiertes EDM 280 schematisch dargestellt.

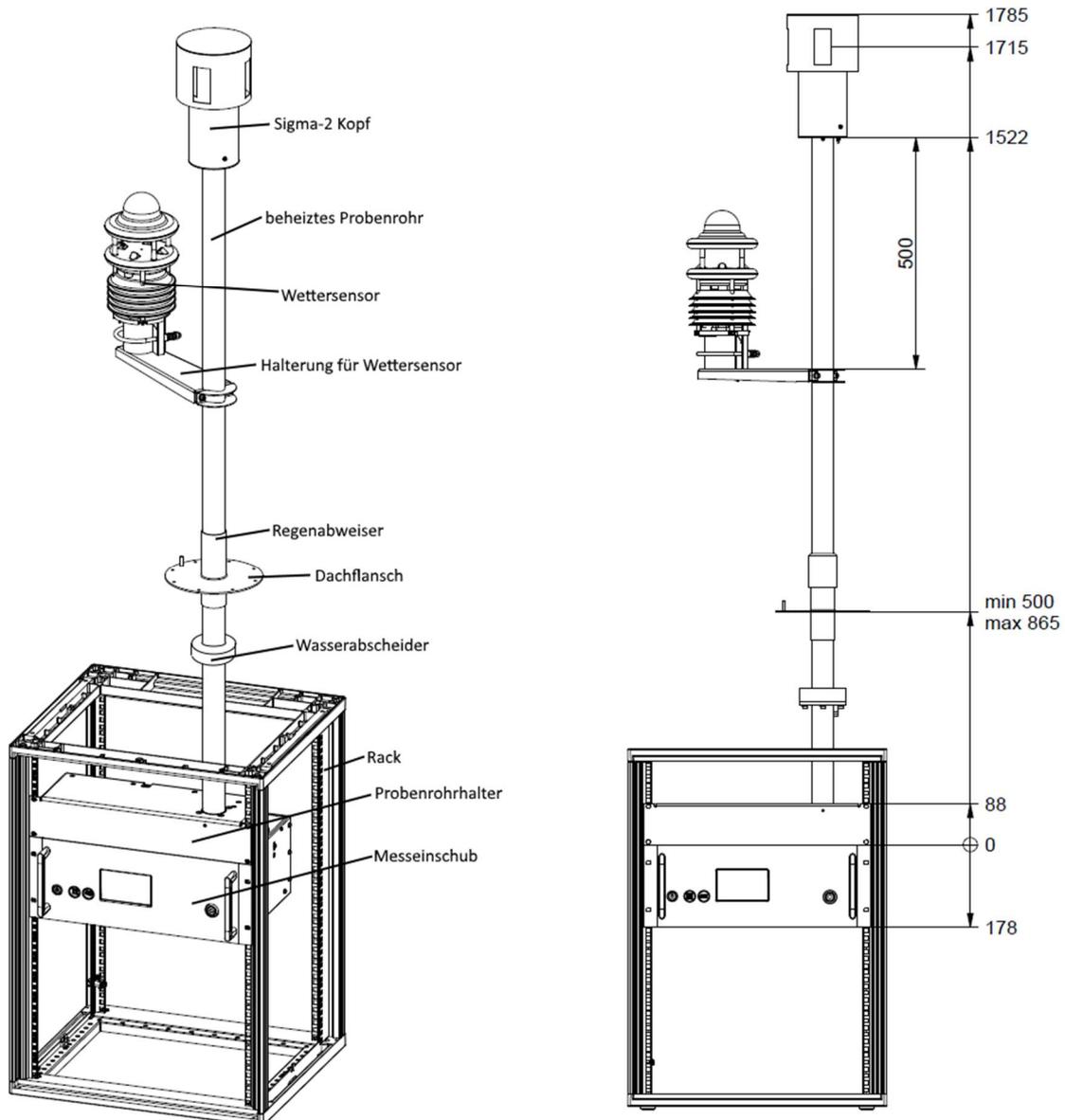


Abbildung 5-1: Gesamtansicht des EDM 280 Systems

5.1.1 Vorbereitung und Werkzeug

Für die Installation in einem 19" Rack in einem Messcontainer wird folgendes Werkzeug benötigt:

- Sechskantschlüssel-Satz Inbus, 8 mm ... 2 mm (für diverse Schrauben)
- Maulschlüssel SW13 (für die Halterung der Wetterstation)
- Zange, Seitenschneider (um Schläuche zu kürzen)
- Senklot (für die vertikale Positionierung des Probenrohrhalters unter der Dachdurchführung)
- Kurze Wasserwaage (für die horizontale Positionierung des Probenrohrhalters und Messeinschubs)
- Kompass (für die Ausrichtung des Windsensors)
- Kabelbinder (für die Verlegung der Kabel)
- Laptop (hilfreich mit Terminal-Programm)

5.1.2 Arbeitsschritte für den Einbau in einen Messcontainer

1. Rack aufbauen, dazu:

- a. Rackteile aufbauen.
- b. Rackschienen montieren.
- c. Rack-Muttern einklipsen.
- d. Rack grob unter Dachflansch ausrichten.

2. Probenrohrhalter montieren, dazu:

- a. Messeinschub einsetzen.
- b. Probenrohrhalter auf den Messeinschub aufsetzen.



Achtung!

Rastnasen/Führungsnuten prüfen, sie müssen ineinandergreifen.
Falls ein Spalt (>1mm) zwischen Probenrohrhalter und Messeinschub bleibt oder die Gehäusekanten nicht bündig abschließen bitte Einbaupositionen kontrollieren.

- c. Probenrohrhalter im Rack festschrauben.
- d. Messeinschub wieder entnehmen.
- e. Füße des Racks justieren, sodass der Probenrohrhalter waagrecht ist.

3. Montage des Probenrohrs vorbereiten, dazu:

- a. Regenabscheider auf Probenrohr aufstecken.
- b. Kabel für Wettersensor im Probenrohr auf gewünschte Länge rausziehen.
- c. Klemmschrauben im Wasserabscheider lockern, Schlauch aufstecken und Wasserabscheider auf Probenrohrhalter bereitlegen.
- d. Senklot mittig durch den Dachflansch hängen.
- e. Rack feinausrichten, sodass Senklot in der Mitte der Probenrohraufnahme auskommt.
- f. Senklot entfernen.
- g. Schutzkappe vom Probenrohr entfernen.

4. Probenrohr installieren, dazu:

- a. Probenrohr von oben durch den Dachflansch führen, bis es ca. 10 cm über dem Probenrohrhalter auskommt.
- b. Wasserabscheider auf das Probenrohr schieben.
- c. Roten Punkt auf dem Probenrohr zur Front des Probenrohrhalters drehen.
- d. Kabel aus dem Probenrohr durch die Probenrohraufnahme fädeln.



Achtung!

Beim Absenken des Probenrohrs darauf achten, dass die Kabel nicht gequetscht werden.

- e. Probenrohr in Probenrohraufnahme absenken und fixieren.

**Achtung!**

Die Kerbmarkierung muss bündig im Probenrohrhalter verschwinden.



Falls die Kerbmarkierung nicht verschwindet:

- 1 Das Rohr wenige Grad drehen, der rote Punkt muss genau nach vorne.
- 2 Fixierschraube weiter herausdrehen.
- 3 Winkel zwischen Rohr und Halter prüfen, soll ein rechter Winkel sein.

Ist ein Kabel im Weg? Muss ein Kabel durch eine andere Öffnung?

- f. Fixierschraube mit Inbusschlüssel am Probenrohrhalter eindrehen.

5. Wettersensor und Kopf montieren, dazu:

- a. Halterung des Wettersensors an Probenrohr montieren.
- b. Kabel in den Wettersensor einstecken.
- c. Wettersensor auf Halterung montieren.



Den WS600 Wettersensor mit dem Pfeil auf der Unterseite nach Norden ausrichten. Schrauben am Wettersensor mit 13er Maulschlüssel festziehen.

- d. Probenkopf montieren.

6. Dachdurchführung dichten, dazu:

- a. Regenabweiser vollständig über den Dachflansch schieben, Madenschrauben in Regenabweiser eindrehen.
- b. Schrauben im Wasserabscheider festziehen und Schlauch verbinden.
- c. Schlauch in den Regenablauf oder Auffangbehälter leiten.

7. Messeinschub vorbereiten, dazu:

- a. Lift-Abdeckung am Messeinschub zur Seite auf den Haltemagnet drehen.
- b. Schutzkappe von Einlassdüse entfernen.
- c. Transportsicherung für Lift herausdrehen. Rändelschraube zur Aufbewahrung in die Geräterückseite einschrauben.

8. Messeinschub in Rack einsetzen und festschrauben.**9. Mit einem 8 mm Sechskantschlüssel die Lift-Verriegelung von Position  auf  drehen.**

- a. In den Endpositionen hält ein Magnet den Lift fest, das sorgt für einen leichten Ruck.
- b. Die nötige Kraft sollte sich mit zwei Fingern aufbringen lassen.



Falls nicht:

- Wurde die Transportsicherung des Lifts entfernt?
- Steckt noch eine Schutzkappe auf Einlassdüse oder Rohr?
- Sind Probennahme & -rohr senkrecht zum Messeinschub ausgerichtet?
- Ist ein Kabel im Weg?

- c. Vollständiges Schließen des Lifts auf der Rückseite prüfen.
Die Lift-Kontakte müssen auf ganzer Breite geschlossen sein, siehe folgende Abbildung.

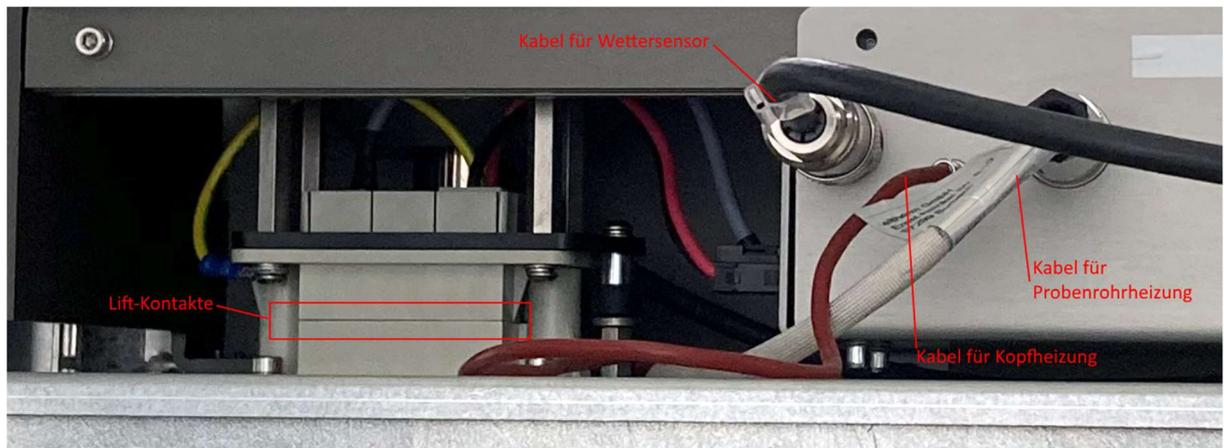


Abbildung 5-2: Probenrohrhalter Rückseite mit Liftkontakt und angeschlossenen Kabeln

10. Kabel für Wettersensor, Probenrohrheizung und Kopfheizung an Probenrohrhalter anschließen, ggf. mit Kabelbindern fixieren.

11. Schlauch auf Kondensatauslass stecken.

- a. Schlauch in den Regenablauf oder Auffangbehälter leiten.

12. Optional RS-232 Kabel oder Netzkabel einstecken.

13. Kaltgerätekabel einstecken und mit Spannung versorgen.



Achtung!

Den Lift niemals im eingeschalteten Zustand (d. h. LED-Ring am Ein-Ausschalter leuchtet blau) öffnen oder schließen. Immer vorher ausschalten

Der Einbau des EDM 280 ist nun abgeschlossen.

5.2 In Betrieb nehmen

Die folgenden Schritte beschreiben die Inbetriebnahme des EDM 280 nach erfolgter Installation.

- 1. Ein-Ausschalter betätigen und EDM 280 anschalten.**
 - a. Der Schalter leuchtet blau.
- 2. Optional die Konfiguration einstellen,** siehe Abbildung 5-8: Eingabe von Einstellungen.
- 3. Optional den USB-Stick zur Datenaufzeichnung einstecken.**
- 4. Messbetrieb starten, dazu:**
 - a. Auf dem Touchdisplay das Menü 'Steuerung Messbetrieb' aufrufen
- 5. Ausgaben kontrollieren:**
 - a. Zeigt der Selbsttest Fehlermeldungen an?
 - b. Startet der Messbetrieb?
 - c. Kommen Messwerte des Wettersensors (Meteo Sensor)?
 - d. Wird ein plausibler Temperaturwert für die Probenrohrtemperatur (Sampling Pipe Temperature) ausgegeben? (Zwischen Innen- und Außentemperatur)
- 6. USB-Stick kontrollieren, dazu:**
 - a. USB-Stick abziehen.
 - b. Am PC kontrollieren, dass die Daten aufgezeichnet wurden.
 - c. USB-Stick wieder einstecken.
- 7. Optional: Datenaufzeichnung über GESYTEC oder Datenlogger kontrollieren.**



Achtung!

Den Lift niemals im eingeschalteten Zustand (d. h. LED-Ring am Ein-Ausschalter leuchtet blau) öffnen oder schließen. Immer vorher ausschalten.



Tipp:

- Nach einem Stromausfall wird der Messbetrieb automatisch fortgeführt.
- Das USB-Kabel kann von der Serviceschnittstelle einfach abgezogen werden.
- Der USB-Stick kann im laufenden Betrieb eingesteckt und abgezogen werden.

Vor Beginn einer regulären Messung muss festgelegt werden, über welchen Weg die Messdaten erfasst und weiter verarbeitet werden sollen. Es stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- Speichern der Daten auf einem USB-Stick ohne Online Datenerfassung.
- Online Datenerfassung über eines von drei Kommunikationsprotokollen (GRIMM-Protokoll, Modbus TCP oder GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll) mit oder ohne gleichzeitiger Speicherung auf einem USB-Stick.

5.3 Datenlog auf den USB-Stick

Hinweis: Für die spätere Auswertung können ganz einfach die Messdaten auf den mitgelieferten USB-Sticks aufgezeichnet werden. Die Daten werden im Grimm-Protokoll GP-280 in Textdateien geschrieben. Für jeden Start des Messbetriebs wird eine neue Datei angelegt und mit Seriennummer und einem laufenden Index benannt.

1. Mitgelieferten USB-Stick in die Datenlog-Schnittstelle auf der Front einstecken
2. Falls das EDM 280 bereits im Messbetrieb läuft, werden die Daten nun im eingestellten Messintervall auf dem USB-Stick gespeichert.
3. Wenn das Messintervall auf
 - a. 1 Minute eingestellt ist, sollte der USB-Stick nach zwei Jahren geleert werden.
 - b. 6 Sekunden eingestellt ist, sollte der USB-Stick nach zwei Monaten geleert werden.
4. Zum Auslesen einfach den Stick abziehen und an einen PC einstecken.

5.4 Betrieb über Service-Schnittstelle mit einem Terminalprogramm

1. USB-Kabel an der Serviceschnittstelle auf der Vorderseite mit dem PC verbinden
2. Terminal Programm starten, unsere Empfehlungen sind:
 - a. tinyTerm, TeraTerm oder PuTTY
 - b. Unterstützung für RS-232, USB-COM und TCP-Socket
 - c. Unterstützung für ANSI-Steuerzeichen („VT100 Modus“)
3. COM-Port der USB-Serviceschnittstelle auswählen
4. Konfiguration mit 115200-8N1, 115200 Bit/s und 8 Datenbits, kein Paritätsbit, ein Stoppbit.
5. Jeder Befehl wird mit `\r\n` abgeschlossen. Das geschieht durch Betätigen der `Enter` Taste.
6. Eine Übersicht aller Befehle liefert ein Druck auf `?` und `Enter`.
7. Einige Befehle können nur im Standby aktiviert werden.
8. Der Befehl `!` gibt die Modellbezeichnung und Firmwareversion aus.
9. Der Befehl `@` gibt die Seriennummer aus.
10. Der Befehl `R` startet den Messbetrieb. Vorab startet automatisch ein Selbsttest.
11. Der Befehl `S` stoppt den Messbetrieb und wechselt in den Standby.
12. Das System startet im Service-Modus 1, daher sind folgende Einstellungen freigeschaltet:
 - a. `T` Zeit und Datum verstellen
 - b. `I` Messintervall verstellen
 - c. `A` Zeit und Zyklus von automatischem Selbsttest verstellen
 - d. `\` IP-Adresse verstellen
 - e. `:` Gesytec/Bayern-Hessen Protokoll verstellen
13. Tiefgreifendere Einstellungen werden erst durch Einstecken eines Service-Dongles aktiv.
14. Die Menüs können bei unbeabsichtigter Aktivierung mit Druck auf die `Escape`-Taste verlassen werden.



Hinweis: Einige Einstellungen werden erst nach einem Neustart wirksam, daher nach Verlassen des Menüs den Ein-/Ausschalter betätigen.

5.5 Betrieb über die RS-232 Schnittstelle mit GESYTEC-Protokoll:



Hinweis: Das GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll wird nur auf der RS-232 Schnittstelle ausgegeben. Die Einstellungen können über die Serviceschnittstelle geändert werden.

1. RS-232 Schnittstelle auf der Rückseite des Messeinschubs mit dem RS-232 Nullmodemkabel verbinden.
2. Schnittstellenkonfiguration in Messstellenrechner einstellen
Die EDM 280 Systeme wurden wie folgt vorkonfiguriert:
 - i. Serielle Schnittstelle 115200 Bit/s, 8N1
 - ii. Die Messgeräteerkennung ist standardmäßig auf die letzten drei Ziffern der Seriennummer eingestellt, die Basiserkennung auf 200.
3. Start der Messung mit einem **ST** Telegramm und Steuerbyte **01**
Beispiel: `<STX> ST12301 <ETX>`
4. Abfrage der Messdaten mit einem **DA** Telegramm
Beispiel: `<STX> DA <ETX>`
5. Beenden der Messung und wechseln in den Standby mit einem **ST** Telegramm und Steuerbyte **00**,
Beispiel: `<STX> ST12300 <ETX>`

5.6 Messwertdarstellung am Touchdisplay

Das Touchdisplay ist multilingual aufgebaut und verwendet Text, Zahlen, Grafiken, Symbole und Farben. Am oberen Rand der Programmzeile befinden sich Symbole, Uhrzeit und das GRIMM-Logo zum Menüeinstieg.

Das Touchdisplay hat eine farbgeführte, intuitive Eingabelogik. Es verwendet für die Titelzeile folgende Farbcodierung:

Tabelle 5-1: Bedeutung der Farben am Touchdisplay

Farben	Definition	Bedeutung
Blau	Normal	Alle Funktionen in Ordnung
Orange	Warnung	Weiterbetrieb mit möglicher Beeinträchtigung der Messwerte. Gegebenenfalls Wartungsbedarf
Rot	Error	Messung wurde zum Schutz abgebrochen, Wartungs- oder Reparaturbedarf

Bei Error wechselt zudem der Hintergrund von Hellblau auf Rosa, so dass bereits aus größerer Entfernung sichtbar ist, dass ein Fehler vorliegt und Handlungsbedarf besteht.



Abbildung 5-3: Touchdisplay Startbildschirm und Farbcodierung

Das Touchdisplay ist in zwölf Untermenüs aufgebaut. Durch Drücken des Grimm-Logos erscheint die Menü-Übersicht. Im Untermenü "Steuerung Messbetrieb" kann der Messbetrieb gestartet und Warn- oder Fehlermeldungen überwacht werden. Dort lassen sich nur im Standby die Konfigurationseingaben freischalten. So sind Einstellungen gegen unbeabsichtigtes Verstellen geschützt.

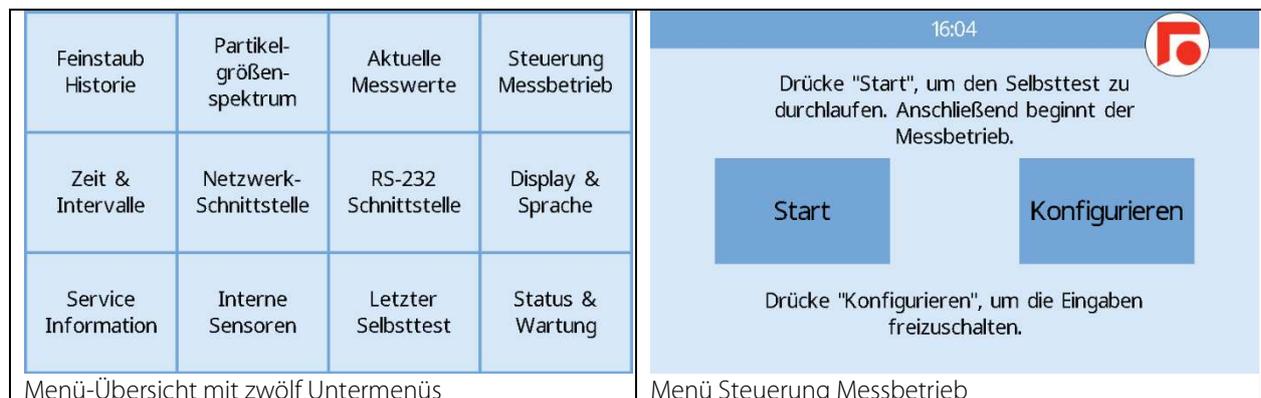


Abbildung 5-4: Menü-Übersicht und Messbetrieb oder Standby

Wird der Messbetrieb mit einem Selbsttest gestartet, erscheint ein Hinweis, dass der Selbsttest läuft. Sollte die Initialisierung mit dem Selbsttest nicht normal verlaufen, erscheint eine Warnung oder Fehlermeldung.

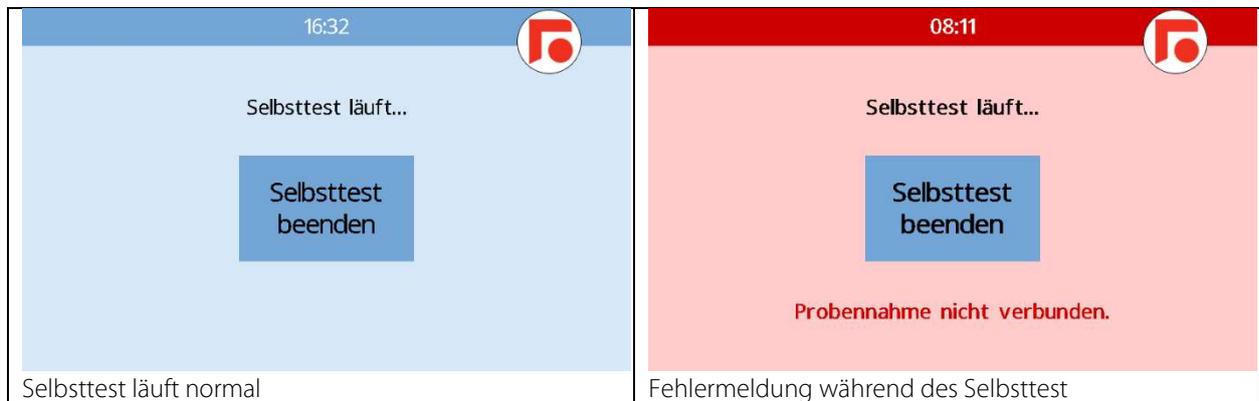


Abbildung 5-5: normaler Selbsttest und Selbsttest mit Fehlermeldung (Error)

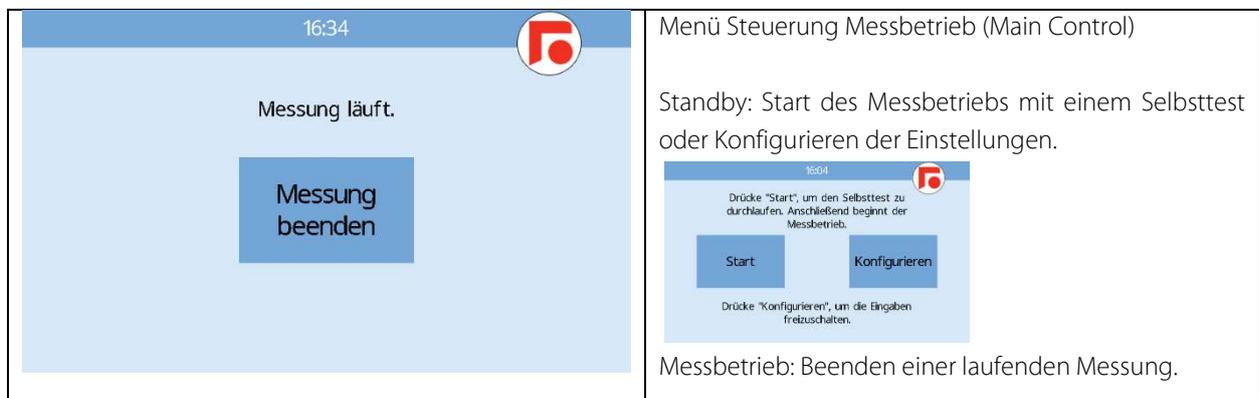


Abbildung 5-6: Messungen beenden oder Einstellungen konfigurieren

Einstellungen vornehmen

Die Auswahl und Eingabe erfolgt über Ja/Nein Tasten oder über Ziffer von 0 bis 9.

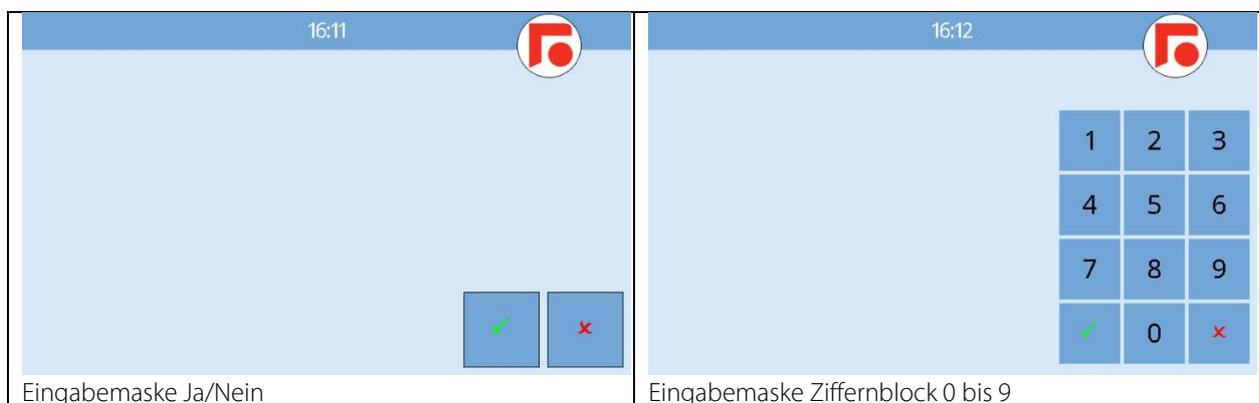


Abbildung 5-7: Eingabemasken Ja/Nein und Ziffernblock

Konfigurieren der Einstellungen

Die Konfigurationsmenüs sind gegen unbeabsichtigtes Verstellen gesichert. Zum Entsperren muss im Standby einmalig im Menü Steuerung Messbetrieb 'Konfigurieren' gedrückt werden, siehe Abbildung 5-6. Durch Start des Messbetriebs werden die Konfigurationsmenüs wieder gegen Verstellen gesperrt. Im Hauptmenü können in der mittleren Zeile verschiedene Einstellungen konfiguriert werden.

<p style="text-align: center;">16:14 </p> <p>Datum 26 07 2021 DMY</p> <p>Zeit 16 13 55 hms</p> <p>Messintervall 6 sec</p> <p>Zyklischer Selbsttest 12 h</p> <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>✓</td><td>0</td><td>✗</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	✓	0	✗	<p>Menü Zeit & Intervalle</p> <p>Eingabe Datum, Zeit, Messintervall und Intervall Zyklischer Selbsttest</p>
1	2	3											
4	5	6											
7	8	9											
✓	0	✗											
<p style="text-align: center;">16:13 </p> <p>IP Adresse 192 168 186 100</p> <p>Subnetzmaske 255 255 255 0</p> <p>DHCP Off</p> <p>EFI Datenlogger IP Adresse 192 168 186 164</p> <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>✓</td><td>0</td><td>✗</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	✓	0	✗	<p>Menü Netzwerk-Schnittstelle</p> <p>Eingabe der Netzwerkschnittstelle</p> <p>Kommunikation mit dem µEFI Datenlogger (optionales Zubehör)</p>
1	2	3											
4	5	6											
7	8	9											
✓	0	✗											
<p style="text-align: center;">16:12 </p> <p>RS-232 Protokoll Grimm</p> <p>RS-232 Übertragungsrage 115200 b/s</p> <p>Gesytec Basisadresse 0</p> <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>✓</td><td>0</td><td>✗</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	✓	0	✗	<p>Menü RS-232 Schnittstelle</p> <p>Eingabe RS-232 Schnittstelle (GESYTEC)</p> <p>Kommunikationsprotokoll für die RS-232 Schnittstelle auf der Rückseite des Messeinschubs</p> <p>Umschalten zwischen Grimm und Gesytec/Bayern-Hessen Protokoll</p>
1	2	3											
4	5	6											
7	8	9											
✓	0	✗											
<p style="text-align: center;">16:11 </p> <p>Bildschirmhelligkeit 10%</p> <p>Bildschirm abschalten OFF</p> <p>Sprache German</p> <p>Bildschirmversion 1.01</p> <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr><td>✓</td><td>✗</td></tr> </table>	✓	✗	<p>Menü Display & Sprache</p> <p>Eingabe Display Einstellungen und Sprachauswahl</p>										
✓	✗												

Abbildung 5-8: Eingabe von Einstellungen.

Darstellung der Messwerte und Sensorwerte

Im Mesbetrieb können vom Hauptmenü aus Darstellungen der Messwerte und Sensorwerte ausgewählt und der Messbetrieb gesteuert werden (oberste Zeile im Hauptmenü von links nach rechts):

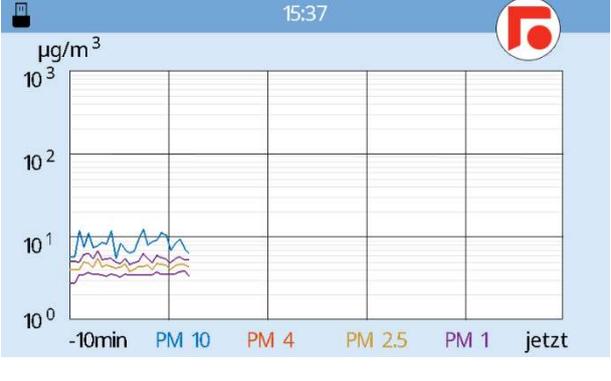
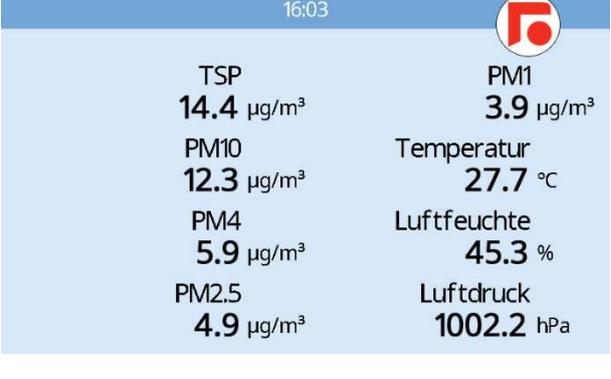
	<p>Menü Feinstaubhistorie</p> <p>Verlauf der PM-Werte in den letzten zehn Minuten.</p> <p>Das USB-Symbol in der linken oberen Ecke zeigt an, dass der USB-Stick erkannt wurde und das EDM 280 Daten aufzeichnet.</p>
	<p>Menü Partikelgrößenspektrum</p> <p>Anzeige der kumulativen Partikelanzahlgrößenverteilung</p> <p>Das USB-Symbol in der linken oberen Ecke zeigt an, dass der USB-Stick erkannt wurde und das EDM 280 Daten aufzeichnet.</p>
	<p>Menü Aktuelle Messwerte</p> <p>Anzeige der aktuelle Messwerte. Die Anzeigen können durch Antippen frei mit den verfügbaren Messgrößen belegt werden.</p>
	<p>Menü Steuerung Messbetrieb (Main Control)</p> <p>Standby: Start des Messbetriebs mit einem Selbsttest oder Konfigurieren der Einstellungen.</p>  <p>Messbetrieb: Beenden einer laufenden Messung.</p>

Abbildung 5-9: Darstellung der Mess- und Sensorwerte und Steuerung Messbetrieb

Anzeige der Einstellungen

Im Messbetrieb können vom Hauptmenü aus die gewählten Einstellungen angezeigt werden (mittlere Zeile im Hauptmenü von links nach rechts)

<p>16:05 </p> <p>Datum 26 07 2021 DMY</p> <p>Zeit 16 05 36 hms</p> <p>Messintervall 6 sec</p> <p>Zyklischer Selbsttest 12 h</p>	<p>Menü Zeit & Intervalle</p> <p>Anzeige Datum, Zeit, Messintervall, Intervall Zyklischer Selbsttest</p>
<p>16:06 </p> <p>IP Adresse 192 168 186 100</p> <p>Subnetzmaske 255 255 255 0</p> <p>DHCP Off</p> <p>EFI Datenlogger IP Adresse 192 168 186 164</p>	<p>Menü Netzwerk-Schnittstelle</p> <p>Anzeige der Netzwerkschnittstelle</p>
<p>16:07 </p> <p>RS-232 Protokoll Grimm</p> <p>RS-232 Übertragungsrate 115200 b/s</p> <p>Gesytec Basisadresse 0</p>	<p>Menü RS-232 Schnittstelle</p> <p>Anzeige der RS-232 Schnittstelle (GESYTEC)</p>
<p>16:26 </p> <p>Bildschirmhelligkeit 10%</p> <p>Bildschirm abschalten OFF</p> <p>Sprache German</p> <p>Bildschirmversion 1.01</p>	<p>Menü Display & Sprache</p> <p>Anzeige der Display- und Sprach-einstellungen</p>

Abbildung 5-10: Anzeige der Einstellungen.

Abfrage der Serviceinformationen

Die untere Zeile der Menü-Übersicht enthält Untermenüs für die Fehlerdiagnose und Wartungsarbeiten sowie interne Sensorwerte.(Erläuterung von links nach rechts):

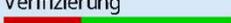
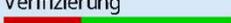
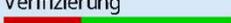
<p style="text-align: center;">16:28 </p> <table border="0"> <tr> <td>Gesamtstaub 0.0 mg</td> <td>Letzte Kalibrierung 31-12-2021</td> </tr> <tr> <td>Gesamtvolumen 1.7 m³</td> <td>Letzte Verifizierung 31-12-2021</td> </tr> <tr> <td>Betriebszeit 5491 h</td> <td>FPGA Version 0.08</td> </tr> <tr> <td>Seriennummer 280FE102</td> <td>Firmware Version 1.01</td> </tr> </table>	Gesamtstaub 0.0 mg	Letzte Kalibrierung 31-12-2021	Gesamtvolumen 1.7 m ³	Letzte Verifizierung 31-12-2021	Betriebszeit 5491 h	FPGA Version 0.08	Seriennummer 280FE102	Firmware Version 1.01	<p>Menü Serviceinformationen</p> <p>Anzeige der Seriennummer, Versionsnummern und Laufzeiten.</p>						
Gesamtstaub 0.0 mg	Letzte Kalibrierung 31-12-2021														
Gesamtvolumen 1.7 m ³	Letzte Verifizierung 31-12-2021														
Betriebszeit 5491 h	FPGA Version 0.08														
Seriennummer 280FE102	Firmware Version 1.01														
<p style="text-align: center;">16:31 </p> <table border="0"> <tr> <td>Aerosoltemperatur 29.4 °C</td> <td>Heiztemperatur 30.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Aerosolfeuchte 41.7 %</td> <td>Messzellentemp. 33.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Ablufttemperatur 33.6 °C</td> <td>Pumpleistung 60.0 %</td> </tr> <tr> <td>Abluftfeuchte 34.0 %</td> <td>Volumenstrom 1.195 l/min</td> </tr> </table>	Aerosoltemperatur 29.4 °C	Heiztemperatur 30.2 °C	Aerosolfeuchte 41.7 %	Messzellentemp. 33.1 °C	Ablufttemperatur 33.6 °C	Pumpleistung 60.0 %	Abluftfeuchte 34.0 %	Volumenstrom 1.195 l/min	<p>Menü Interne Sensoren</p> <p>Anzeige von Aerosoltemperatur, Aerosolfeuchte, Ablufttemperatur, Abluftfeuchte, Heiztemperatur, Messzellentemperatur, Pumpenleistung und Volumenstrom</p>						
Aerosoltemperatur 29.4 °C	Heiztemperatur 30.2 °C														
Aerosolfeuchte 41.7 %	Messzellentemp. 33.1 °C														
Ablufttemperatur 33.6 °C	Pumpleistung 60.0 %														
Abluftfeuchte 34.0 %	Volumenstrom 1.195 l/min														
<p style="text-align: center;">16:32 </p> <table border="0"> <tr> <td>Nullzählungen Aus 0 c</td> <td>DC Bias Aus 212.5 mV</td> </tr> <tr> <td>Nullzählungen H 0 c</td> <td>DC Laser Aus 212.5 mV</td> </tr> <tr> <td>Laserstrom H 144.5 mA</td> <td>DC Laser H 393.2 mV</td> </tr> <tr> <td>Laserstrom L 56.2 mA</td> <td>Letzter Selbsttest 26-07-2021</td> </tr> </table>	Nullzählungen Aus 0 c	DC Bias Aus 212.5 mV	Nullzählungen H 0 c	DC Laser Aus 212.5 mV	Laserstrom H 144.5 mA	DC Laser H 393.2 mV	Laserstrom L 56.2 mA	Letzter Selbsttest 26-07-2021	<p>Menü Letzter Selbsttest</p> <p>Numerische Diagnosewerte der aus dem letzten Selbsttest.</p>						
Nullzählungen Aus 0 c	DC Bias Aus 212.5 mV														
Nullzählungen H 0 c	DC Laser Aus 212.5 mV														
Laserstrom H 144.5 mA	DC Laser H 393.2 mV														
Laserstrom L 56.2 mA	Letzter Selbsttest 26-07-2021														
<p style="text-align: center;">16:36 </p> <table border="0"> <tr> <td>Kalibrierung </td> <td>Optik & Signalkette </td> </tr> <tr> <td>Verifizierung </td> <td>Laser </td> </tr> <tr> <td>Pumpenwartung </td> <td>Volumenstrom </td> </tr> <tr> <td>Filterwechsel </td> <td>Elektronik </td> </tr> <tr> <td>Reinigung der Optik </td> <td>Interne Sensoren </td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wettersensor </td> </tr> <tr> <td></td> <td>Probennahme </td> </tr> </table>	Kalibrierung 	Optik & Signalkette 	Verifizierung 	Laser 	Pumpenwartung 	Volumenstrom 	Filterwechsel 	Elektronik 	Reinigung der Optik 	Interne Sensoren 		Wettersensor 		Probennahme 	<p>Menü Status und Wartung</p> <p>Graphische und farbliche Darstellung relevanter optischer, pneumatischer und elektronischer Komponenten und Funktionen</p> <p>Links: Verschleißindikatoren für bald anstehende Wartungsarbeiten. Rechts: Anzeige der Fehler (rot) und Warnungen (gelb) in Teilsystemen.</p>
Kalibrierung 	Optik & Signalkette 														
Verifizierung 	Laser 														
Pumpenwartung 	Volumenstrom 														
Filterwechsel 	Elektronik 														
Reinigung der Optik 	Interne Sensoren 														
	Wettersensor 														
	Probennahme 														

Abbildung 5-11: Abfrage Serviceinformationen und Verschleißindikatoren für Wartung

Beispiele für die farbgesteuerte Funktionsdarstellung (Normal, Warnung, Error)



Abbildung 5-12: Touchdisplay Beispiel Farbcode Normal



Abbildung 5-13: Touchdisplay Beispiel Farbcode Warnung



Abbildung 5-14: Touchdisplay Beispiel Farbcode Error

Bedeutung der Verschleißindikatoren:

Kalibrierung: Zeit ab letzter Kalibrierung bis Maximalwert 100% = 12 Monate nach letzter Kalibrierung.

Validierung: Zeit ab letzter Validierung bis Maximalwert 100% = 3 Monate nach letzter Validierung.

Pumpenwartung: gefördertes Volumen PVolume der Pumpe bis Maximalwert 100% = 720 m³.

Filterwechsel: geförderter Gesamtstaub PWeight bis Maximalwert 100% = 100 mg.

Reinigung der Optik: DC-Anteil des Streulichtsignals aus der Messzelle bis Maximalwert 100% = 500 mV.

6 | Datenprotokolle

Dem Anwender stehen drei Datenprotokolle zur Verfügung:

- GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1)
- Modbus TCP
- GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll

Die Protokolle werden nachfolgend beschrieben

6.1 GRIMM-Protokoll

Das GRIMM-Protokoll (GP280 V1.1) besteht aus ASCII-Telegrammen. Jedes Datentelegramm beginnt mit ?\$? gefolgt von einem Zeichen das den Telegrammtyp kennzeichnet. Abgeschlossen wird das Telegramm mit einer Prüfsumme und CR + LF. Daten werden mit Semikolon getrennt. Für Platzhalter bzw. nicht vorhandene Daten werden die entsprechenden Felder leer gelassen, d. h. in diesem Fall können mehrere Semikolons aufeinanderfolgen. Als Dezimaltrennzeichen wird der Dezimalpunkt verwendet.

Die Prüfsumme wird als bitweise XOR-Verknüpfung aller Zeichen beginnend vom \$ bis einschließlich dem letzten Zeichen vor der Prüfsumme gebildet (ohne das Semikolon vor der Prüfsumme).

6.1.1 Selbsttestdaten

Während des Selbsttests wird u. a. geprüft, ob die internen Sensoren und der Wettersensor antworten. Es wird staubfreie Spülluft in die Messzelle gepumpt und der DC-Pegel des Streulichtsignals (7-9), die Nullklassierungen (10-11) und der Laserstrom (12-13) erfasst.

Tabelle 6-1: GRIMM-Protokoll Selbsttestdaten

Position im String	Daten	Einheit	Format
1	\$S	-	2
2	Protokollversion	-	.1
3	Zeitstempel Datum	-	DD.MM.YYYY
4	Zeitstempel Uhrzeit	-	hh:mm:ss
5	Diagnosecode	-	.0
6	Erweiterter Diagnosecode	-	1
7	DC ohne Vorspannung, ohne Laser	mV	.0
8	DC mit Vorspannung, ohne Laser	mV	.1
9	DC mit Vorspannung, hohe Laserleistung	mV	.1
10	Nullklassierungen bei hoher Laserleistung	-	.0
11	Nullklassierungen ohne Laser	-	1
12	Laserstrom bei niedriger Laserleistung	mA	.0
13	Laserstrom bei hoher Laserleistung	mA	.1
14	Prüfsumme	-	.0
15	CR + LF	-	2

Erläuterung des Formats:

- 1 Ein Zeichen
- 2 Zwei Zeichen
- .0 Zahl ohne Nachkommastelle
- .1 Zahl mit einer Nachkommastellen
- .2 Zahl mit zwei Nachkommastellen

6.1.2 Formatierung des Diagnosecodes

Der Diagnosecode im Selbsttest wird durch binäre ODER-Verknüpfung folgender Bits dargestellt: Die Bits 6, 7, 8 und 9 werden im erweiterten Diagnosecode genauer aufgeschlüsselt.

Tabelle 6-2: GRIMM-Protokoll Formatierung des Diagnosecodes

Bit	Beschreibung	Auswirkung
0	Fehler in der Signalkette (Signal chain error)	Fehler
1	Laserfehler (Laser error)	Fehler
2	Hohes Grundlicht (High baseline light level)	Warnung
3	Viele Nullklassierungen (High zero counts)	Fehler
4	Reserviert: Spülluft fehlerhaft (Purge air error)	Fehler
5	Staubfilter verstopft (Main filter clogged)	Warnung
6	interner I ² C Bus gestört (Internal I ² C bus error)	siehe unten
7	Interner SPI Bus gestört (Internal SPI error)	siehe unten
8	Spannungsversorgung gestört (Supply voltage error)	siehe unten
9	Unerwarteter Neustart (Unexpected restart)	Warnung
10	Probennahme nicht verbunden (Sampling not connected)	Warnung
11	Wetterstation meldet Fehler (Weather sensor error)	Fehler
12	Probennahme meldet Fehler (Sampling unit error)	Fehler
13	Heizung der Probennahme fehlerhaft (Sampling heater error)	Fehler
14	Temperatursensor der beheizten Probennahme fehlerhaft (Sampling heater temperature sensor error)	Fehler
15	Kopfheizung fehlerhaft (Sampling head heater error)	Warnung

6.1.3 Formatierung des erweiterten Diagnosecodes

Der erweiterte Diagnosecode schlüsselt detailliert die internen Komponenten des Messeinschubs auf.

Tabelle 6-3: GRIMM-Protokoll Formatierung des Diagnosecodes

Bit	Beschreibung	Diagnosecode
0	Neustart nach Spannungsunterbrechung	Bit 9
1	Neustart nach Watchdog-Reset	Bit 9
2	Spannungsversorgung +3.3V fehlerhaft (+3.3V supply voltage error)	Bit 8
3	Spannungsversorgung +5.0V fehlerhaft (+5.0V supply voltage error)	Bit 8
4	Spannungsversorgung +10V fehlerhaft (+10.0V supply voltage error)	Bit 8
5	Spannungsversorgung +12V fehlerhaft (+12V supply voltage error)	Bit 8
6	Temperatursensor Messzelle fehlerhaft (Cell temperature sensor error)	Bit 6
7	Temperatursensor Auslass fehlerhaft (Outlet temperature sensor error)	Bit 6
8	Druck/Temperatursensor Spektrometer fehlerhaft (Spectrometer pressure/temperature sensor error)	Bit 6
9	Differenzdrucksensor fehlerhaft (Differential pressure sensor error)	Bit 6
10	Reserviert: Relativdrucksensor fehlerhaft (Gauge pressure sensor error)	Bit 6
11	Portexpander Spektrometer fehlerhaft (Spectrometer port expander error)	Bit 6
12	Portexpander Messeinschub fehlerhaft (Measurement unit port expander error)	Bit 6
13	EEPROM fehlerhaft (EEPROM error)	Bit 6
14	FPGA fehlerhaft (FPGA error)	Bit 7
15	RTC fehlerhaft (RTC error)	Bit 7
16	ADC fehlerhaft (ADC error)	Bit 7
17	FRAM fehlerhaft (FRAM error)	Bit 7
18	Flash-Speicher fehlerhaft (Flash memory error)	Bit 7
19	Display fehlerhaft (Display error)	Bit 7

6.1.4 GRIMM-Protokoll Messdaten

Die Messdaten im GRIMM-Protokoll sind nachstehend in Tabelle 6-4 dargestellt.

Tabelle 6-4: GRIMM-Protokoll Messdaten

Position im String	Daten	Einheit	Format	Header Symbol
1	\$M	-	2	\$m
2	Protokollversion	-	.1	PrV
3	Zeitstempel Datum	-	DD.MM.YYYY	DD.MM.YYYY
4	Zeitstempel Uhrzeit	-	hh:mm:ss	hh:mm:ss
5	Messintervall	-	1	I
6	Statuscode	-	.0	Sta
7	Warncode	-	.0	War
8	Fehlercode	-	.0	Err
9	Probenvolumen über Intervall	L	.3	Volume
10	Gültige Messzeit im Intervall	s	.0	MTime
11	Locationnummer	-	.0	Loc
12	Messnummer	-	.0	Run
13	reserviert (Gravimetriefaktor)	-	-	GF
14	relative Feuchte (Messzelle)	%	.1	MrH
15	Temperatur (Messzelle)	°C	.1	MTemp
16	relative Feuchte (Auslassblende)	%	.1	VrH
17	Temperatur (Auslassblende)	°C	.1	VTemp
18	Durchfluss der Probenahme	L/min	.3	Flow
19	Stellwert für Pumpe	%	.0	Pump
20	Sollwert für Heizung (beheiztes PNR)	°C	.1	HtSet
21	Istwert für Heizung (beheiztes PNR)	°C	.1	HtAct
22	relative Feuchte (Wettersensor)	%	.1	rHum
23	Temperatur (Wettersensor)	°C	.1	Temp
24	Luftdruck	hPa	.1	Pres
25	Windgeschwindigkeit (Wettersensor)	m/s	.1	Wind
26	Windrichtung (Wettersensor)	°	.1	WDir
27	Niederschlagsintensität (Wettersensor)	mm/h	.1	Rain
28	reserviert (GPS-Position Breitengrad)	°	-	Lat
29	reserviert (GPS-Position Längengrad)	°	-	Lng
30	reserviert (GPS-Position Höhe)	m	-	Hgt
31	reserviert (Filterkapazität)	-	-	-
32	reserviert (Akkukapazität)	-	-	-
33	Gesamtstaubmenge PWeight	mg	.1	PWeight
34	Gesamtluftmenge PVolume	m ³	.1	PVolume
35	TSP	µg/m ³	.1	TSP
36	PM10	µg/m ³	.1	PM10
37	PM4	µg/m ³	.1	PM4
38	PM2.5	µg/m ³	.1	PM2.5
39	PM1	µg/m ³	.1	PM1
40	PMcoarse	µg/m ³	.1	PMc
41	Total Counts	P/L	.0	TC
42	reserviert (Inhalable)	-	-	-
43	reserviert (Thoracic)	-	-	-
44	reserviert (Respirable)	-	-	-
45 – 116	72 Kanäle Counts akkumulativ	P/L	.0	(PSL diameter)
117 – 199	83 Rohklassierungen akkumulativ (nur Service 1)	P/L	.0	-
204	DC bei hoher Laserleistung (nur Service 1)	mV	.1	DCh
205	DC bei niedriger Laserleistung (nur Service 1)	mV	.1	DCI
206	Prüfsumme	-	.0	CS
207	CR + LF	-	2	

6.1.5 GRIMM-Protokoll Formatierung Messintervalle

Das Messintervall im GRIMM-Protokoll ist entsprechend den Angaben in Tabelle 6-5 formatiert.

Tabelle 6-5: GRIMM-Protokoll Messintervalle

Wert	Intervall
1	1 Minute
2	5 Minute
3	10 Minute
4	15 Minute
5	30 Minute
6	60 Minute
7	1 Minute
8	6 Sekunden
9	Tagesmittelwerte
M	Zeigt in den Messdaten an, dass es sich bei dem Telegramm um einen manuellen Mittelwert handelt (Befehl 'M' oder 'Z')

6.1.6 GRIMM-Protokoll Formatierung Statuscodes, Warncodes und Fehlercodes

Tabelle 6-6 bis Tabelle 6-8 zeigen die Formatierung der Status-, Warn- und Fehlercodes im GRIMM-Protokoll. Bei Statusereignissen, die sich während des Messintervalls ändern können (z. B. Status der Probenkonditionierung) genügt das einmalige Auftreten dieses Ereignisses um am Ende des Messintervalls bei der Mittelwertausgabe einen entsprechenden Statuscode zu generieren. Der Statuscode im Messbetrieb wird durch binäre ODER-Verknüpfung folgender Bits dargestellt:

Tabelle 6-6: GRIMM-Protokoll Statuscodes

Bit	Status
0-2	000: Standby 001: Selbsttest 111: Messbetrieb 010: Fehlerzustand 100: Servicebetrieb
3	Gültigkeit des Tagesmittelwerts; gültig = 1, ungültig = 0
4	Aufzeichnung auf lokalen Speicher; Log aktiv = 1, kein Log = 0
5	Status des Nebelindikators; normal = 1, Hinweis auf Nebel = 0
6	Status der Partikelklassierung; normal = 1, Unnatürliches Aerosolspektrum = 0
7	Status der Probenkonditionierung; an = 1, aus = 0

Das einmalige Auftreten eines Warnereignisses genügt um am Ende des Messintervalls bei der Mittelwertausgabe einen entsprechenden Warncode zu generieren. Der Warncode im Messbetrieb wird durch binäre ODER-Verknüpfung folgender Bits dargestellt:

Tabelle 6-7: GRIMM-Protokoll Warncodes

Bit	Status
0	Hohes Grundlicht (High baseline light warning)
1	Laserstrom > 90% (Laser current warning)
2	Pumpenleistung bei >90% (Pump warning)
3	Staubfilter bei >90% (Filter warning)
4	Interne Bus Kommunikation gestört (Internal bus warning)
5	Interne Temperatur außerhalb der Spezifikation (Internal temperature warning)
6	Wetterstation meldet Warnung (Weather sensor warning)
7	Probennahme meldet Warnung (Sampling unit warning)

Im Fehlerfall wird der Fehlercode ausgegeben, das Gerät bricht die Messung ab und schaltet in einen Fehlerzustand. Der Fehlercode im Messbetrieb wird durch binäre ODER-Verknüpfung folgender Bits dargestellt:

Tabelle 6-8: GRIMM-Protokoll Fehlercodes

Bit	Status
0	Fehler in der Signalkette (Signal chain error)
1	Laserfehler (Laser error)
2	Volumenstromregelung außerhalb des Toleranzbereichs (Flow control error)
3	Probennahme nicht verbunden (Sampling not connected)
4	Interne Bus Kommunikation gestört (Internal bus error)
5	reserviert
6	Fehlfunktion der Wetterstation (Weather sensor error)
7	Fehlfunktion der Probennahme (Sampling unit error)

Start-Register 400 bis 412 enthalten Informationen zum Status der Messzelle. Die Start-Register 420 bis 504 liefern Informationen zum Gerätestatus. Die Bedeutung der Fehlercodes ist identisch zum GRIMM Protokoll im vorherigen Kapitel. Start-Register 998 beinhaltet den Zeitstempel für die letzte Aktualisierung der Messwerte als Unix-Timestamp.

Tabelle 6-10: Modbus Belegung der Holding-Register

Messwert	Einheit	Start-Register	Datentyp	Zugriff
TSP	µg/m ³	0	F	R
PM ₁₀	µg/m ³	2	F	R
PM ₄	µg/m ³	4	F	R
PM _{2.5}	µg/m ³	6	F	R
PM ₁	µg/m ³	8	F	R
PM _{coarse}	µg/m ³	12	F	R
Total Counts	P/L	14	U	R
reserviert (Inhalable)	µg/m ³	16	F	R
reserviert (Thoracic)	µg/m ³	18	F	R
reserviert (Respirable)	µg/m ³	20	F	R
reserviert (pm ₁₀)	µg/m ³	22	F	R
reserviert (pm _{2.5})	µg/m ³	24	F	R
reserviert (pm ₁)	µg/m ³	26	F	R
Partikelanzahlkonzentration Kanal 1	P/L	30	U	R
...	...			
Partikelanzahlkonzentration Kanal 71	P/L	174	U	R
Kanalschwelle Kanal 1	µm	204	F	R
...	...		F	R
Kanalschwelle Kanal 71	µm	346	F	R
Temperatur (Wettersensor)	°C	350	F	R
Luftfeuchtigkeit (Wettersensor)	%	352	F	R
Windgeschwindigkeit (Wettersensor)	m/s	354	F	R
Luftdruck	hPa	356	F	R
Windrichtung (Wettersensor)	°	358	F	R
Niederschlagsintensität (Wettersensor)	mm/h	360		
Breitengrad	° (Dezimalgrad)	370	F	R
Längengrad	° (Dezimalgrad)	372	F	R
Höhe	m	374	F	R
Temperatur (Auslassblende)	°C	380	F	R
Feuchtigkeit (Auslassblende)	%	382	F	R
Temperatur (Messzelle)	°C	384	F	R
Feuchtigkeit (Messzelle)	%	386	F	R
Volumenstrom (Außenbedingungen)	L/min	388	F	R
DC ohne Vorspannung, ohne Laser	mV	400	F	R
DC mit Vorspannung, ohne Laser	mV	402	F	R
DC mit Vorspannung, hohe Laserleistung	mV	404	F	R
Nullcounts mit Vorspannung, ohne Laser	P	406	U	R
Nullcounts mit Vorspannung, hohe Laserleistung	P	408	U	R
Laserstrom bei niedriger Laserleistung	mA	410	F	R
Laserstrom bei hoher Laserleistung	mA	412	F	R
P-Weight	µg	420	F	R
P-Volume	m ³	422	F	R
Pumpendrehzahl	%	424	F	R
Reserviert (Batterieladung)	%	426	U	R
Fehlercode Selbsttest	-	498	U	R
Statuscode Messbetrieb	-	500	U	R
Warncode Selbsttest	-	502	U	R
Fehlercode Messbetrieb	-	504	U	R
Zeitstempel Selbsttest (UNIX Zeitstamp)	s	996	U	R
Zeitstempel Messbetrieb (UNIX Zeitstamp)	s	998	U	R
Intervall	-	1000	U	R/W
Betriebsstatus	-	1002	U	R/W
Reserviert (C-Faktor)	-	1004		

Die Codierung für Intervall (Start-Register 1000) und Betriebsstatus (Start-Register 1002) kann folgenden Tabellen entnommen werden.

Tabelle 6-11: Modbus Codierung des Intervalls

Wert	0	1	2	3	4	5	6	7
Intervall	1 Min	5 Min	10 Min	15 Min	30 Min	60 Min	6 Sek	Tagesmittelwerte

	Die Änderung des Messintervalls während einer laufenden Messung bewirkt den Neustart der Messung. Es wird über das Intervall gemittelt. Die Aktualisierung des Messwerts erfolgt am Ende des Intervalls.
---	--

Tabelle 6-12: Modbus Codierung des Betriebsstatus

Inhalt	Status
0	Standby
1	Selbsttest
2	Messbetrieb (in diesen Zustand kann nicht aktiv vom Nutzer geschaltet werden)
3	Fehlerzustand (in diesen Zustand kann nicht aktiv vom Nutzer geschaltet werden)

Über die Device IDs (Funktionscode 0x2B) können verschiedene hersteller- bzw. gerätespezifische Informationen abgefragt werden. Alle Informationen werden als Strings mit einer Maximallänge von 32 Zeichen ausgegeben.

Tabelle 6-13: Modbus Belegung der Device IDs

Device ID (hex)	Inhalt	Confirmity Level
0x00	Hersteller	Basic
0x01	Produkt Code	
0x02	Version	
0x03	Hersteller Webseite	Regular
0x04	Produktname	
0x80	Seriennummer	Extended
0x81	Wettersensor	

6.3 GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll

Das GESYTEC / Bayern-Hessen-Protokoll, nachfolgend nur noch als GESYTEC Protokoll bezeichnet, überträgt die Daten über die serielle Schnittstelle mit einer Baudrate von 115200 Bit/s.

6.3.1 Messgerätekennungen

Das GESYTEC Protokoll hat eine variable Basiskennung. Die Basiskennung kann im Bereich von 0 bis 988 vom Kunden frei gewählt werden.

Tabelle 6-14: GESYTEC Protokoll Adressierbare Messwerte

Messwert	Messgerätekennung	Einheit
PM10	Basiskennung + 0	µg/m ³
PM4	Basiskennung + 1	µg/m ³
PM2.5	Basiskennung + 2	µg/m ³
PM1	Basiskennung + 3	µg/m ³
PMcoarse	Basiskennung + 4	µg/m ³
Total Counts	Basiskennung +5	P/L
Temperatur (Wettersensor)	Basiskennung +6	°C
relative Feuchte (Wettersensor)	Basiskennung +7	%
Luftdruck	Basiskennung +8	hPa
Temperatur (Auslassblende)	Basiskennung +9	°C
relative Feuchte (Auslassblende)	Basiskennung +10	%
Temperatur (Messzelle)	Basiskennung +11	°C
relative Feuchtigkeit (Messzelle)	Basiskennung +12	%

6.3.2 Statuswerte

Der Betriebsstatus wie auch der Fehlerstatus des Messplatzes ist global. D. h. jedes Messgerät eines Messplatzes liefert den gleichen Betriebsstatus bzw. den gleichen Fehlerstatus. Betriebsstatus und Fehlerstatus entsprechen dem Statuscode des GRIMM Datenprotokoll GP280.

Das frei verwendbare Feld des Messplatzes ist global. D. h. jedes Messgerät eines Messplatzes liefert die gleiche Codierung des jeweiligen frei verwendbaren Felds. In jedes Feld können 3 Byte als ASCII Hex codiert werden. Folgende Codierung wird umgesetzt

Tabelle 6-15: GESYTEC Protokoll Codierung von Betriebsstatus, Fehlerstatus und Messintervall

Byte	Bedeutung	Kommentar
0	Warncode	entspricht dem Warncode von GP280
1	Gerätestatus	entspricht dem Statuscode von GP280
2	Messintervall	entspricht der Codierung des Messintervalls von GP280

6.3.3 Steuerbefehle

Folgende Steuerbefehle (Steuerbyte ST-Telegramm) werden unterstützt.

Tabelle 6-16: GESYTEC Protokoll Codierung der Steuerbefehle

Steuerbyte (hex)	Bedeutung
00	Gerät schaltet in den Standby.
01	Gerät schalten in den Selbsttest und anschließend in den Messbetrieb

7 | **Wartung und Reinigung**

Die Komponenten des EDM 280 sind so ausgelegt, dass sie wartungsarm betrieben werden können. Die Kalibrier-, Prüf- und Wartungsarbeiten mit festen Intervallen sind vorgeschrieben und müssen vom Betreiber durchgeführt werden. Im Rahmen der regelmäßigen Kalibrierung werden die Verschleißindikatoren geprüft und präventiv gewartet, um Ausfallzeiten planbar und gering zu gestalten. Die Verschleißteile Probenluftpumpe, Filter, Lüfter werden dabei bei Erreichen ihrer Lebensdauer (MTBF) erneuert, die Spiegeloptik und Messzelle präventiv gereinigt.

Sollte ein kostenoptimiertes Vorgehen bevorzugt werden, bei dem Pumpe, Filter und Lüfter bis zum Ausfall verwendet werden, so sind Ersatzteilkits für eine eigene Reparatur vor Ort erhältlich. Die elektrische Sicherheit muss nach eigener Reparatur selbst sichergestellt werden. Für diese Arbeitsschritte wird eine Service-Schulung vorgeschrieben.

Die Menüführung des Touchdisplays ist so gestaltet, dass dem Anwender alle relevanten Informationen für notwendige Service- und Wartungsarbeiten bereitgestellt werden. Siehe dazu auch Kapitel 5.6 Messwertdarstellung am Touchdisplay.

Tabelle 7-1: Wartungsintervalle

Maßnahme	Intervall	Maßnahme	Typ. Aufwand
Kalibrierung	Alle 12 Monate Wenn Verschleißindikator "Kalibrierung" komplett rot ist.	Kapitel 7.2.1	15 Minuten 1 Person
Verifizierung	Alle 3 Monate Wenn Verschleißindikator "Verifizierung" komplett rot ist.	Kapitel 7.2.2	30 Minuten 1 Person
Reinigung des Sigma-2 Probenkopf	Alle 3 Monate Je nach Verschmutzungssituation	Kapitel 7.2.9	10 Minuten 1 Person
Reinigung der Einlassdüse	Alle 3 Monate	Kapitel 7.2.10	5 Minuten 1 Person
Reinigung des Probenrohrs	Alle 12 Monate Je nach Verschmutzungssituation	Kapitel 7.2.11	15 Minuten 1 Person
Austausch der Filter im Probenluftstrom	Präventiv, wenn Verschleißindikator "Filterwechsel" komplett rot ist.	Kapitel 7.2.12	Nur mit Service-Schulung
Austausch der Probenluftpumpe	Präventiv, wenn Verschleißindikator "Pumpenwartung" komplett rot ist.	Kapitel 7.2.12	Nur mit Service-Schulung

7.1 **Austauschbarkeit von Ersatzteilen**

Folgende Baugruppen können von einem Servicetechniker vor Ort getauscht werden

- Aerosolpumpe
- Filterkit
- Kondensatfalle
- Kondensatventil
- Gehäuselüfter
- Dichtungen
- Touchdisplay
- Netzteil

Folgende Baugruppen können nur nach Einsenden des Messeinschubs zum Service getauscht werden

- Laser
- Touchdisplay
- Messzelle
- Netzteil
- Leiterkarten

7.2 Wartungsvorgänge

7.2.1 Kalibrierung

Die Kalibrierung erfordert ein klimatisiertes Labor, spezielle Ausstattung und dafür geschultes Personal. Bitte senden Sie den Messeinschub zur Kalibrierung an den Grimm Service oder einen Grimm-Servicepartner.

Dazu:

1. Den Messbetrieb beenden und in den Standby wechseln.
2. Den Messeinschub ausbauen
3. Die Staubschutzkappe auf die Einlassdüse stecken und den Staubschutzdeckel schließen
4. Die Transportsicherung auf der rechten Seite einschrauben
5. Dem Messeinschub in den Originalkarton verpacken
6. Falls der Wettersensor abweicht, auch diesen einsenden

7.2.2 Verifizierung

Die Verifizierung dient der regelmäßigen Prüfung relevanter Messgrößen auf grobe Abweichungen gegenüber Referenzmesswerten. Sie wird daher vor Ort durchgeführt und erfordert Referenzmessgeräte mit der in Klammern angegebenen Genauigkeit für Temperatur ($\pm 1,5^\circ\text{C}$), Feuchte ($\pm 3\%$ r.F.), Druck (± 5 hPa) und Volumenstrom ($\pm 2\%$ bei 1,2 L/min).

Zudem wird ein Field Test Kit und ein Rechner mit Verbindung zu einer der Schnittstellen benötigt. Es wird empfohlen, die USB-Serviceschnittstelle an der Front zu verwenden.

Es bietet sich an, bei diesen Arbeiten direkt auch die Reinigungsschritte durchzuführen, sofern es die Verschmutzungssituation erfordert. Hierfür wird das Reinigungskit benötigt.



Achtung!

Beim den folgenden Arbeiten wird der Probenkopf demontiert. Darauf achten, dass nichts in das Einlassrohr hineinfällt oder es hineinregnet. Immer direkt den Einlassadapter aufstecken.

7.2.3 Sichtprüfung

- 1) Messbetrieb beenden, Schalter ausschalten
- 2) Lift lösen, Messeinschub ausbauen
- 3) Einlassdüse ausbauen und auf Verschmutzung und Verstopfung prüfen, siehe Kapitel 7.2.10
 - ✘ Falls Ablagerungen erkennbar sind, diese mit dem Reinigungskit beseitigen
 - ✘ Falls die Dichtung beschädigt ist, diese ersetzen
 - ✓ Einlassdüse wieder einschrauben

- 4) Probenkopf abnehmen und auf Verschmutzung prüfen, siehe Kapitel 7.2.9
 - ✘ Falls der Probenkopfteller oder Probenkopf deutlich verschmutzt sind, diese reinigen
 - ✘ In diesem Fall auch das Probenrohr reinigen, siehe Kapitel 7.2.11
 - ✓ Probenkopf und Schrauben beiseite stellen
- 5) Einlassadapter auf Einlassrohr stecken
- 6) Dichtschaube aus dem Field-Test-Kit in Probenluftauslass eindrehen
- 7) Messeinschub wieder einbauen und Lift schließen
- 8) Service-Dongle S2 in den Messeinschub einstecken. So werden Daten aller folgenden Prüfungen aufgezeichnet und die Konfigurationsmenüs freigeschaltet.

7.2.4 Dichtheitsprüfung

	<p>Durch undichte Stellen kann Luft aus dem Messcontainer unkontrolliert in den Probenluftweg des Messsystems einströmen. Dadurch können die Staubkonzentrationen verfälscht werden. Falls die sonst partikelfreie Spülluft verunreinigt wird, kann es zu Folgeschäden durch Verschmutzung kommen. Daher wird die Dichtheit der Pneumatik überprüft.</p>
---	--



Abbildung 7-1: Set Dichtheitsprüfung und Einlassadapter (Mitte, vorne)

- 9) Druckprüfer aufstecken und 100 Torr Überdruck aufbauen, dazu:
 1. Ventilknopf im Uhrzeigersinn schließen
 2. Mit Gummiball pumpen, bis ca. 150 Torr Überdruck erreicht sind
 3. Ventilknopf behutsam öffnen, bis der Druck auf 100 Torr abgesunken ist
- 10) Druckabfall über 60 Sekunden beobachten
 - ✓ Der Druck darf um maximal 5 Torr absinken
 - ✘ Falls der Druck schneller sinkt, Dichtungen der Dichtschaube, der Einlassdüse und des Einlassadapters auf Beschädigungen prüfen. Schlauch von Druckprüfer abklemmen und so den Druckprüfer selbst auf Dichtheit prüfen.
- 11) Druckprüfer entfernen

7.2.5 Nullpunktprüfung

- 12) Nullfilter für die Nullpunktprüfung aufstecken, sodass der Durchfluss (Pfeil) in Richtung Probeneinlass weist
 - 13) Dichtschraube aus Probenluftauslass entfernen
 - 14) Schalter einschalten, Messbetrieb mit 6 Sekunden Messintervall starten
 - 15) TSP und TC Wert beobachten, nach zwei Minuten müssen beide Werte abgesunken sein
 - ✓ TSP wird kontinuierlich mit $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angezeigt bzw. ausgegeben
 - ✓ TC liegt kontinuierlich unter 2000 P/L
- Nullpunktprüfung nach 5 Minuten beenden
- ✗ Falls die Konzentration nicht unter die Grenzwerte absinkt:
 1. Selbsttest durchführen. Falls dort keine Warnung auftaucht, ist wahrscheinlich der Nullfilter des Field-Test-Kits defekt. Diesen ersetzen.
 2. Selbsttest und Nullpunktprüfung auf USB-Stick aufzeichnen. Zusammen mit diesen Daten an den Grimm Service oder einen Servicepartner wenden.

7.2.6 Volumenstromprüfung

	<p>Im Folgenden werden drei Methoden zur Volumenstromprüfung beschrieben:</p> <ul style="list-style-type: none">■ 20 a) ist die einfachste, wenn ein volumetrisches Referenzmessgerät verwendet wird■ 20 b) prüft den Volumenstrom an der Messblende zu geräteinternen Bedingungen■ 20 c) prüft den Volumenstrom bei unterschiedlichen Bezugsbedingungen, z.B. wenn ein massebezogenes Referenzmessgerät verwendet wird. <p>20 a) und 20 c) setzen voraus, dass der Wettersensor richtig misst, dies wird erst im späteren Ablauf geprüft.</p>
---	--

- 16) Nullfilter wieder entfernen, Referenz-Volumenstrommessgerät an Einlassadapter anschließen
 - 17) Warten bis sich die Messwerte stabilisiert haben
 - 18) Referenz-Volumenstrom Q_{ref} und ggf. Referenz-Bezugsbedingungen (Temperatur T_{ref} , Druck p_{ref}) aufzeichnen
 - 19) Menü Aktuelle Messwerte aufrufen, Temperatur T und Luftdruck p notieren
 - 20) Menü Interne Sensoren aufrufen, Volumenstrom Q notieren
- 20 a) Referenzmesswert zu Umgebungsbedingungen:
- ✓ Der Volumenstrom Q darf maximal 5% vom Referenzmesswert Q_{ref} abweichen.
 - ✗ Bei Unterschieden in Temperaturen und Drücken, Volumenstrom wie folgt umrechnen.
- 20 b) Referenzmesswert zu anderen Bezugsbedingungen:
- Den Volumenstrom umrechnen mit $Q'_{\text{ref}} = (T + 273,15) / (T_{\text{ref}} + 273,15) \cdot (p_{\text{ref}} / p) \cdot Q_{\text{ref}}$
Die Temperaturen sind hier in Grad Celsius (°C) angegeben, die Drücke in Hektopascal (hPa).
- ✓ Der Volumenstrom Q darf maximal 5% von dem umgerechneten Referenzmesswert Q'_{ref} abweichen.
 - ✗ Bei größeren Abweichungen:
 - ✗ Prüfen, ob es undichte Stellen oder Knicke zwischen Referenzmessgerät und Probeneinlass gibt
 - ✗ Messbereich für Referenzmessgerät kontrollieren, nach Möglichkeit kleineren Messbereich (Zielwert 1,2 L/min) und längeres Mittelungsintervall wählen
 - ✗ Menü Status & Wartung aufrufen. Auf Warnungen und Fehler prüfen

- ✘ Falls sich die Abweichung nicht beheben lässt, so muss die Ursache abgeklärt und die Volumenstrommessung neu kalibriert werden. Dazu muss der Messeinschub ausgebaut und in einer thermisch stabilen Umgebung mit einem geeigneten Volumenstrom-Referenzmessgerät aufgebaut werden. Bitte an den Grimm-Service oder einen Grimm-Servicepartner wenden.
- 21) Einlassadapter entfernen, Probenkopf wieder aufstecken und Schrauben eindrehen

7.2.7 Prüfung des Wettersensors

	Die Temperatur- und Feuchtemessung des Referenzmessgeräts kann durch Sonneneinstrahlung beeinträchtigt sein. Deshalb die Prüfung besser bei Bewölkung oder morgens/abends durchführen.
---	--

Die Messwerte des Wettersensors sind für die korrekte Umrechnung der Staubkonzentrationen auf die Umgebungsbedingungen und zur Steuerung der Probenkonditionierung notwendig. Starke Abweichungen haben auch eine Abweichung der Staubkonzentrationen und der klassierten Partikeldurchmesser zur Folge.

- 22) Menü Aktuelle Messwerte aufrufen
- a) Falls nicht sichtbar, die Anzeigen für Druck, Temperatur und Luftfeuchte auswählen
- 23) Mit Referenzmesswerten vergleichen. Folgende Abweichungen sind tolerierbar:
- ✓ Temperatur: $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$
 - ✓ Luftfeuchte: $\pm 5\%$ r.F.
 - ✓ Umgebungsdruck: ± 10 hPa
 - ✘ Falls Abweichungen außerhalb der Toleranzen auftreten, den Wettersensor demontieren und zur Kalibrierung einsenden.

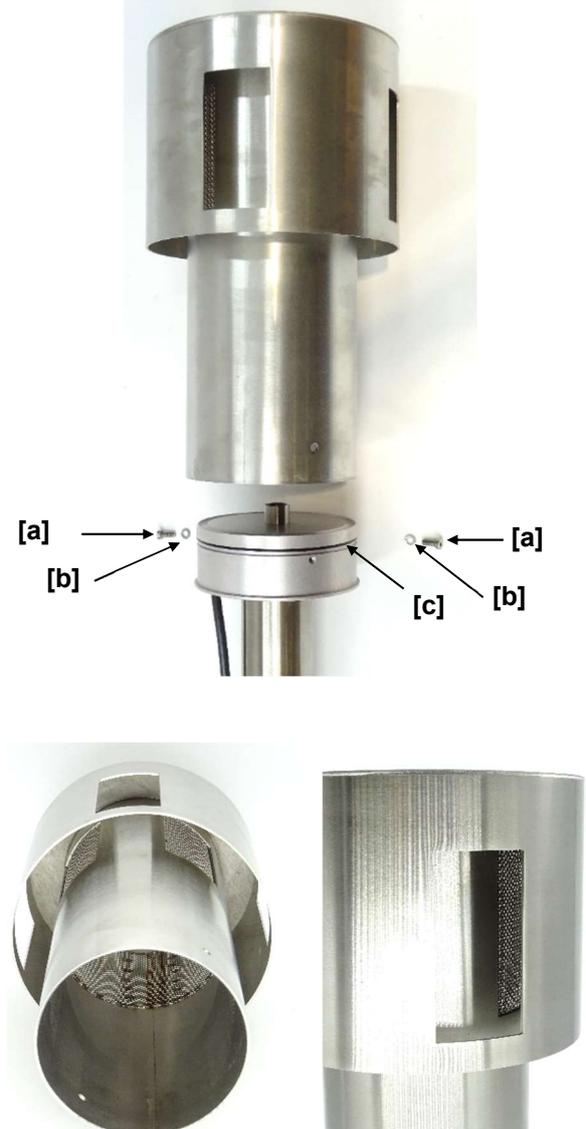
7.2.8 Anzeige Verifizierung zurücksetzen

- 24) Über die Service-Schnittstelle bzw. im Grimm-Protokoll mit dem Rechner verbinden
- 25) Mit dem Befehl S den Messbetrieb beenden, in den Standby wechseln
- 26) Aktuellen Unix Timestamp UTS berechnen:
- $$\text{UTS} = 31556926 * (\text{Y} - 1970) + 604800 * \text{W}$$
- wobei Y das aktuelle Jahr ist und W die aktuelle Kalenderwoche
- 27) Mit dem Befehl [Strg] + S die Einstellungen der Serviceregister aufrufen und folgende Werte einstellen:
1. SRVI_VERDATE: UTS
 2. SRVW_VERDATE: UTS + 7889229
 3. Einstellungen mit [Enter] speichern und Menü verlassen
- 28) Messeinschub aus- und wieder einschalten
- ✓ Menü Status & Wartung aufrufen. Der Balken Verifizierung ist nun wieder vollständig grün und erinnert an die nächste Verifizierung.

7.2.9 Reinigung des Sigma-2 Probenkopfs

Die Reinigung des Sigma-2 Probenkopfs wird entsprechend den Schritten in Tabelle 7-2 durchgeführt. Das hierfür notwendige Werkzeug ist unterstrichen, Verschleiß- oder Ersatzteile sind mit der jeweiligen siebenstelligen Artikelnummer angegeben.

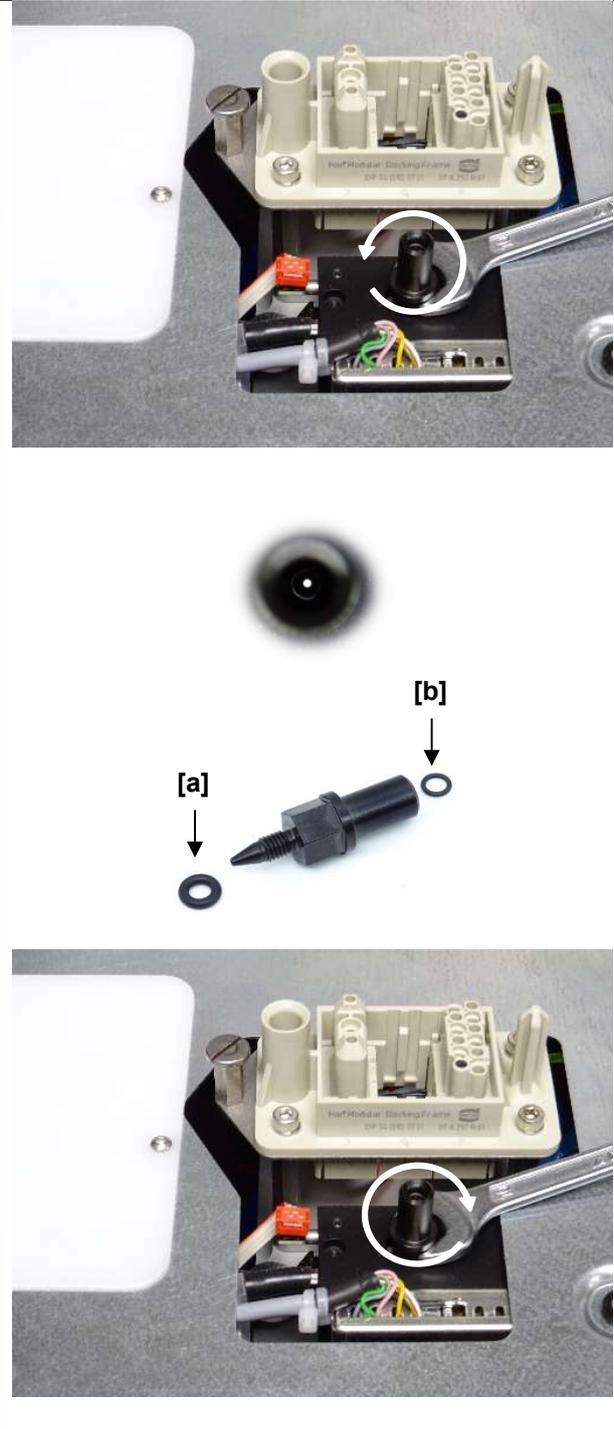
Tabelle 7-2: Reinigung Sigma-2 Probenkopf

	<h3>Reinigung Sigma-2 Probenkopf</h3> <ol style="list-style-type: none">1) Sigma 2-Kopf (4018100) vom Proberohr demontieren<ul style="list-style-type: none">■ Lösen der beiden Schrauben [a] mit <u>2,5 Inbusschraubendreher</u>■ Sigma 2-Kopf vorsichtig in einer Drehbewegung abziehen2) Sigma 2-Kopf säubern<ul style="list-style-type: none">■ Verschmutzungen außen mit einem <u>Tuch</u> abwischen■ Verschmutzungen innen entfernen■ Einlassgitter reinigen und ggf. mit <u>Druckluft</u> (Öl frei) ausblasen3) Kontrolle O-Ring 80 x 1,5 (1200570) [c] darf keine Beschädigung aufweisen ✓<ul style="list-style-type: none">■ ggf. mit etwas <u>Silikonfett</u> nachfetten4) Sigma 2-Kopf wieder vorsichtig in einer Drehbewegung auf Proberohr aufstecken O-Ring nicht beschädigen<ul style="list-style-type: none">■ Sigma 2-Kopf mit 2 x Zyl.Schraube M4x10 A4 (4027263) [a] und 2 x Federring 4 A4 (1203502) [b] an Proberohr fixieren
--	--

7.2.10 Reinigung der Einlassdüse

Die Reinigung der Einlassdüse wird entsprechend den Schritten in Tabelle 7-3 durchgeführt. Das hierfür notwendige Werkzeug ist unterstrichen, Verschleiß- oder Ersatzteile sind mit der jeweiligen siebenstelligen Artikelnummer angegeben.

Tabelle 7-3: Reinigung Einlassdüse

	<h3>Reinigung Einlassdüse</h3> <ol style="list-style-type: none">1) Einlassdüse ausbauen<ul style="list-style-type: none">■ Lifthebel des EDM 280 nach oben drehen und Einlassdüse EDM 280 (4026450) mit einem <u>10er Maulschlüssel</u> gegen den Uhrzeigersinn abschrauben2) Einlassdüse prüfen<ul style="list-style-type: none">■ auf mechanische Schäden■ auf Fremdkörper in der Düse3) Einlassdüse reinigen<ul style="list-style-type: none">■ mit Reinigungsset die Düse reinigen und mit Druckluft (ölfrei) ausblasen■ Sichtkontrolle –sauberes, freies Düsenloch muss sich kreisrund gegen hellen Hintergrund abzeichnen ✓4) O-Ringe kontrollieren<ul style="list-style-type: none">■ O-Ring 4x2,0 EPDM 70 (4029626) [a] und O-Ring 4x1,0 EPDM 70 (1200552) [b] dürfen nicht beschädigt sein ✓ ggf. wechseln■ O-Ringe mit etwas <u>Silikonfett</u> versehen5) Einlassdüse einbauen<ul style="list-style-type: none">■ Einlassdüse EDM 280 (4026450) wieder mit dem <u>10er Maulschlüssel</u> im Uhrzeigersinn handfest einschrauben Die notwendige Kraft sollte mit zwei Fingern aufgebracht werden können
--	---

7.2.11 Reinigung des Probenrohrs

Die Reinigung des Probenrohrs wird entsprechend den Schritten in Tabelle 7-4 durchgeführt. Das hierfür notwendige Werkzeug ist unterstrichen, Verschleiß- oder Ersatzteile sind mit der jeweiligen siebenstelligen Artikelnummer angegeben.

Tabelle 7-4: Reinigung Probenrohr

	<p>Reinigung Probenrohr</p> <ol style="list-style-type: none">1) Kupplung am Probenrohrauslass aus Stützrohr entfernen<ul style="list-style-type: none">■ Kreuzschlitz Senkschraube, M2 x 5 A2 (4034773) mit <u>PH0 Schraubendreher</u> entfernen und■ Kupplung vorsichtig herausziehen, z. B. mit großem <u>Schraubendreher</u>2) Kupplung reinigen und prüfen<ul style="list-style-type: none">■ Kupplung mit einem <u>weichen Tuch</u> von Verschmutzungen säubern und mit <u>Druckluft</u> (ölfrei) ausblasen■ Sichtkontrolle: es dürfen keine Fusseln oder andere Rückstände in Kupplung zurückbleiben ✓3) O-Ringe kontrollieren<ul style="list-style-type: none">■ ggf. beide O-Ringe 11x1,5 (4025686) [a] mit etwas <u>Silikonfett</u> versehen4) Probenrohr reinigen<ul style="list-style-type: none">■ Probenrohr innen mit <u>Reinigungsset</u> reinigen■ Sichtkontrolle: es dürfen keine Fusseln oder andere Rückstände in Probenrohr zurückbleiben ✓5) Kupplung wieder einbauen<ul style="list-style-type: none">■ Kupplung in Stützrohr einsetzen und mit Kreuzschlitz Schraube wieder fixieren
--	--

7.2.12 Austausch der Filter im Probenluftstrom und Austausch der Probenluftpumpe

Die Filter im Probenluftstrom und die Probenluftpumpe sind Verschleißteile und werden bei Erreichen ihrer Lebensdauer (MTBF) erneuert. Dies geschieht in der Regel beim Service durch den Hersteller.

Sollte ein kostenoptimiertes Vorgehen bevorzugt werden, bei dem Pumpe und Filter bis zum Ausfall verwendet werden, so sind Ersatzteilkits für eine eigene Reparatur vor Ort erhältlich. Die elektrische Sicherheit muss nach eigener Reparatur selbst sichergestellt werden. Für diese Arbeitsschritte ist eine Service-Schulung vorgeschrieben sowie spezielle, detaillierte Arbeitsanweisungen.

7.3 Servicemodi und -schlüssel

Die Wartungs- und Servicearbeiten für das EDM 280 sind in einem hierarchischen Konzept in vier Service Ebenen (Service Mode) gegliedert. Funktionen einer niedrigeren Service-Ebene sind auch in den höheren Service-Ebenen verfügbar.

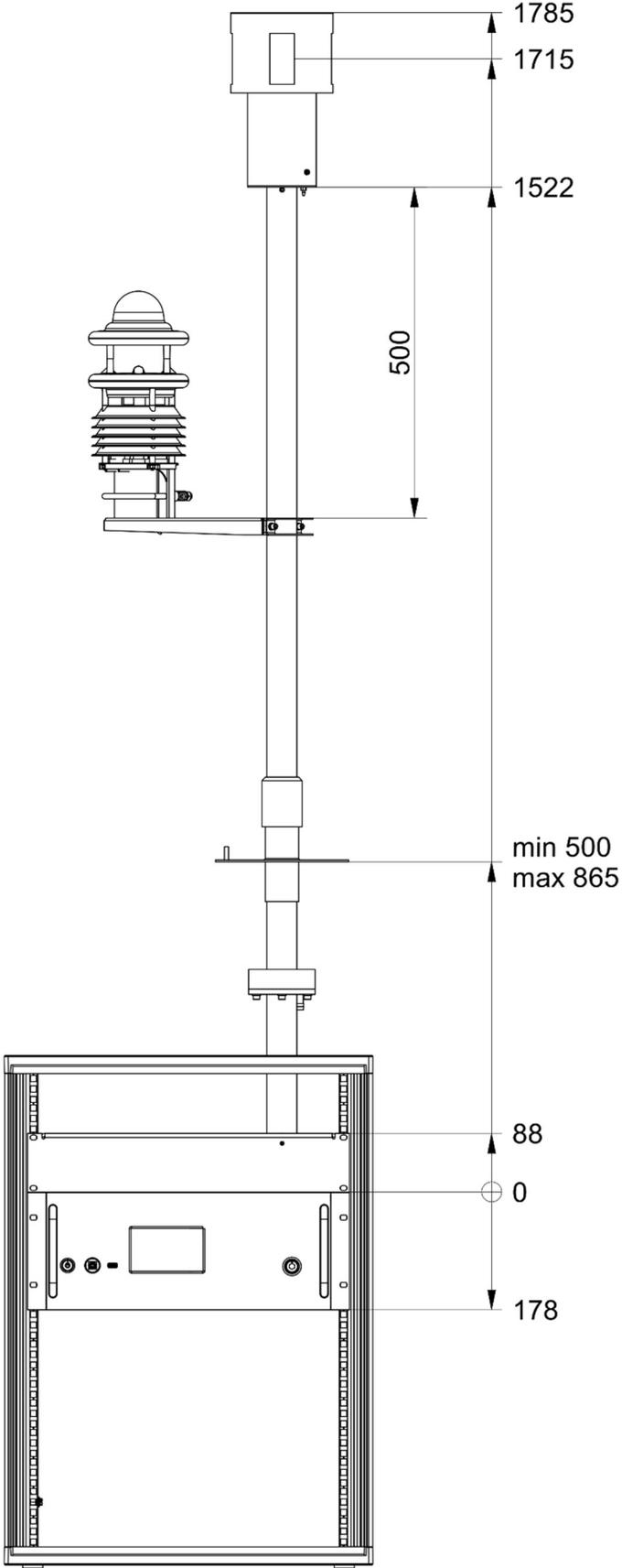
Der Servicemode 1 wird über Kommandozeile oder Touchdisplay aktiviert. Ab Service Mode 1 wird ein USB-Dongle benötigt, der den Servicemode freischaltet. Dazu befindet sich auf dem Dongle die signierte XML-Datei key.xml, die den Dongle authentifiziert.

Tabelle 7-5: Service Mode, Übersicht der Funktionen und Anwendungsbereiche

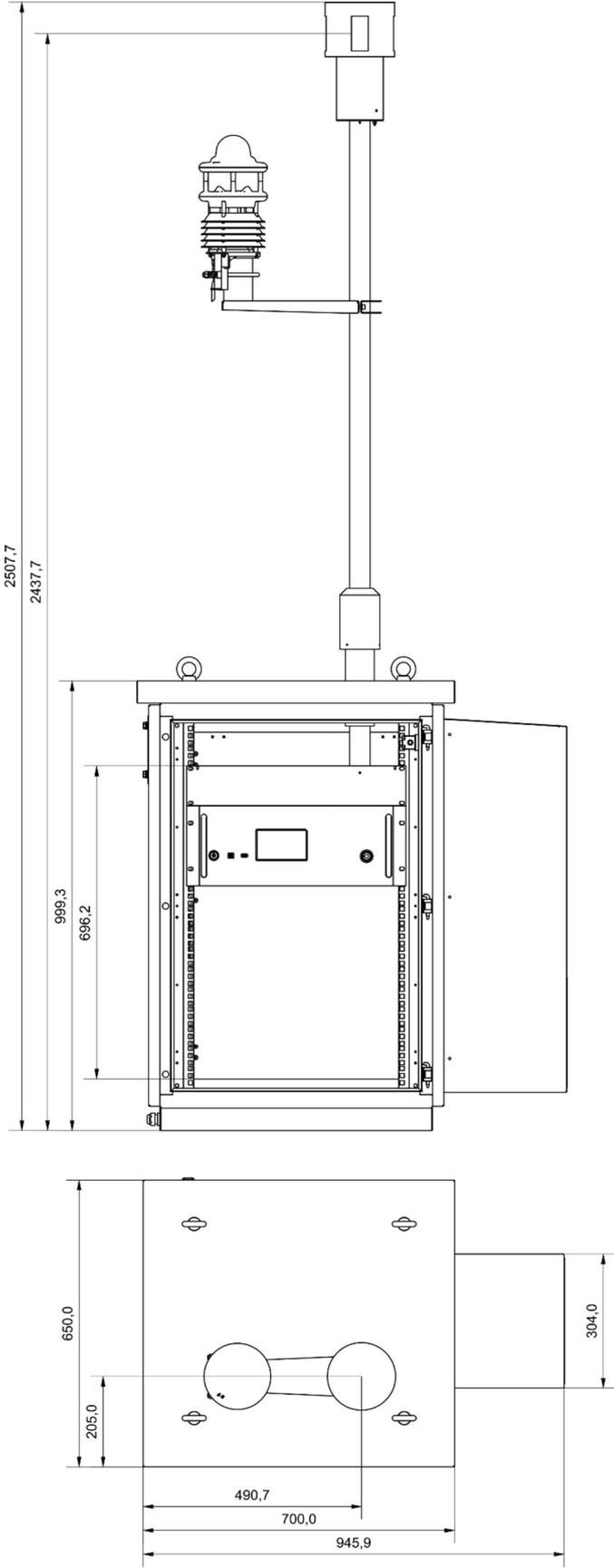
Service Ebene	Anwender / typischer Use Case	Funktionen
Service Mode 0	normaler Messbetrieb	Starten/Stoppen der Messung Anzeige der Betriebszeit Anzeige der Firmware- und FPGA-Version Ausgabe von Mittelwerten Ausgabe der Seriennummer Ausgabe der Modellbezeichnung Ausgabe des Datenheaders im GRIMM-Protokoll
Service Mode 1	geschützte Einstellungen, die vom Kunden verändert werden dürfen	Einstellen des Messintervalls Einstellen von Uhrzeit und Datum Ausgabe und Zurücksetzen von Mittelwerten Aktivieren/Deaktivieren der Messwertausgabe Anzeige der Schwellen Ausgabe der Daten des internen Speichers IP-Adress-Konfiguration GESYTEC-Konfiguration
Service Mode 2	Feldkalibration	Kalibration des Volumenstroms Konfiguration Heizung (Feuchteschwelle, Faktor, Offset) Serviceregister anzeigen/konfigurieren Referenzpunktmessung
Service Mode 3	Kalibration, Service	Erweiterte Einstellungen
Service Mode 4	Produktion	Erweiterte Einstellungen

8 | Anhang

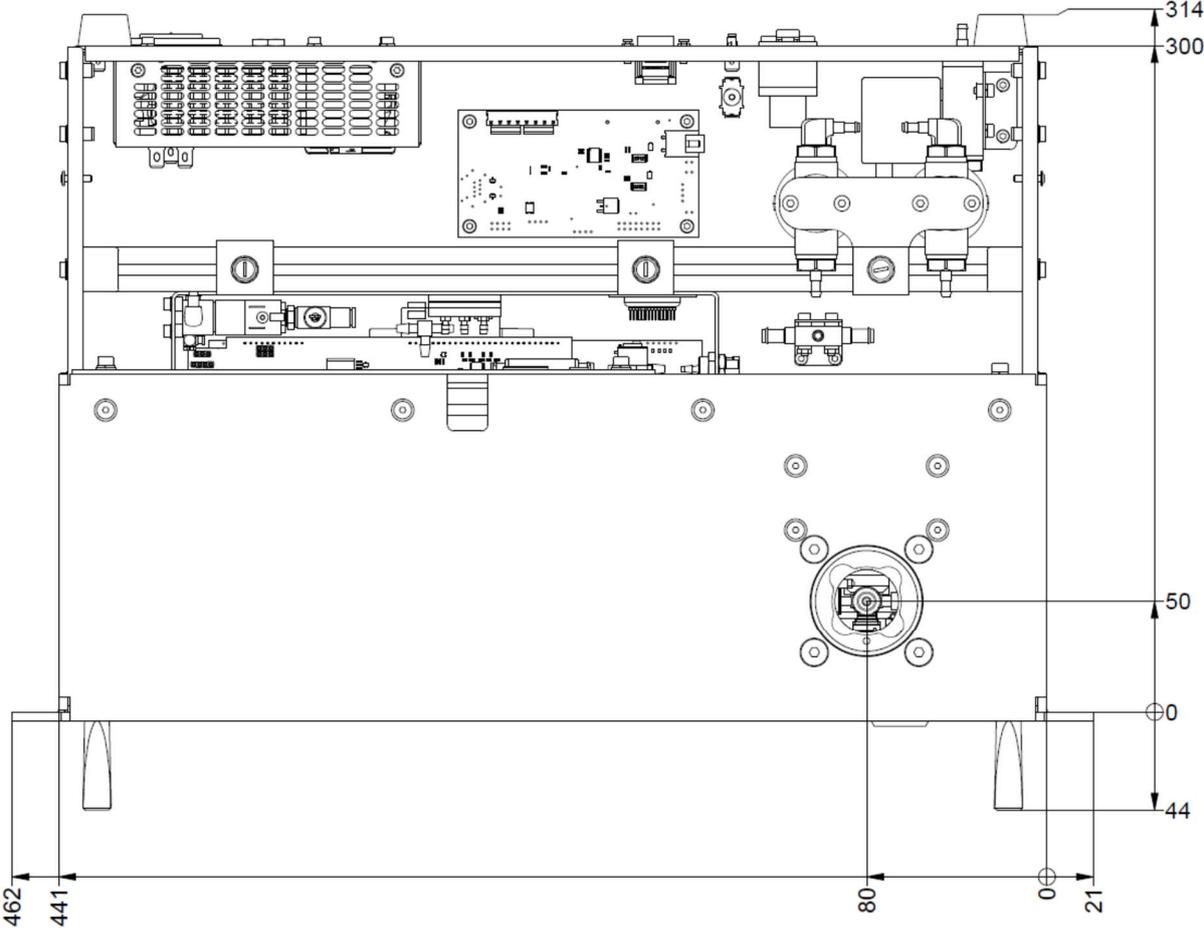
Gesamtsystem im 19" Rack, mit Maßstab



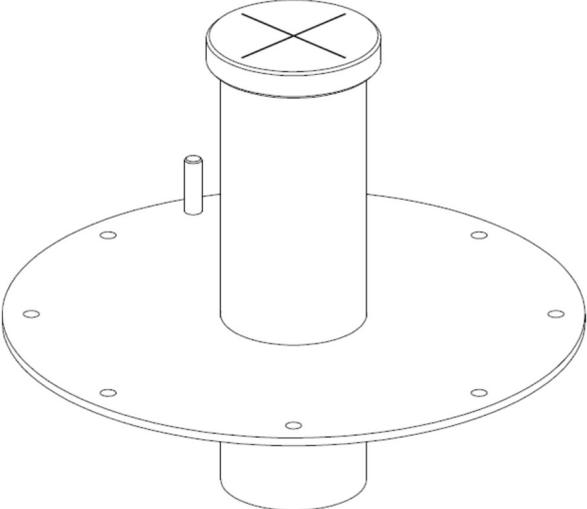
Gesamtsystem im vollklimatisierten, wetterfesten Gehäuse für 19"-Geräte Modell 199 (Art. Nr. 4025195), mit Maßstab



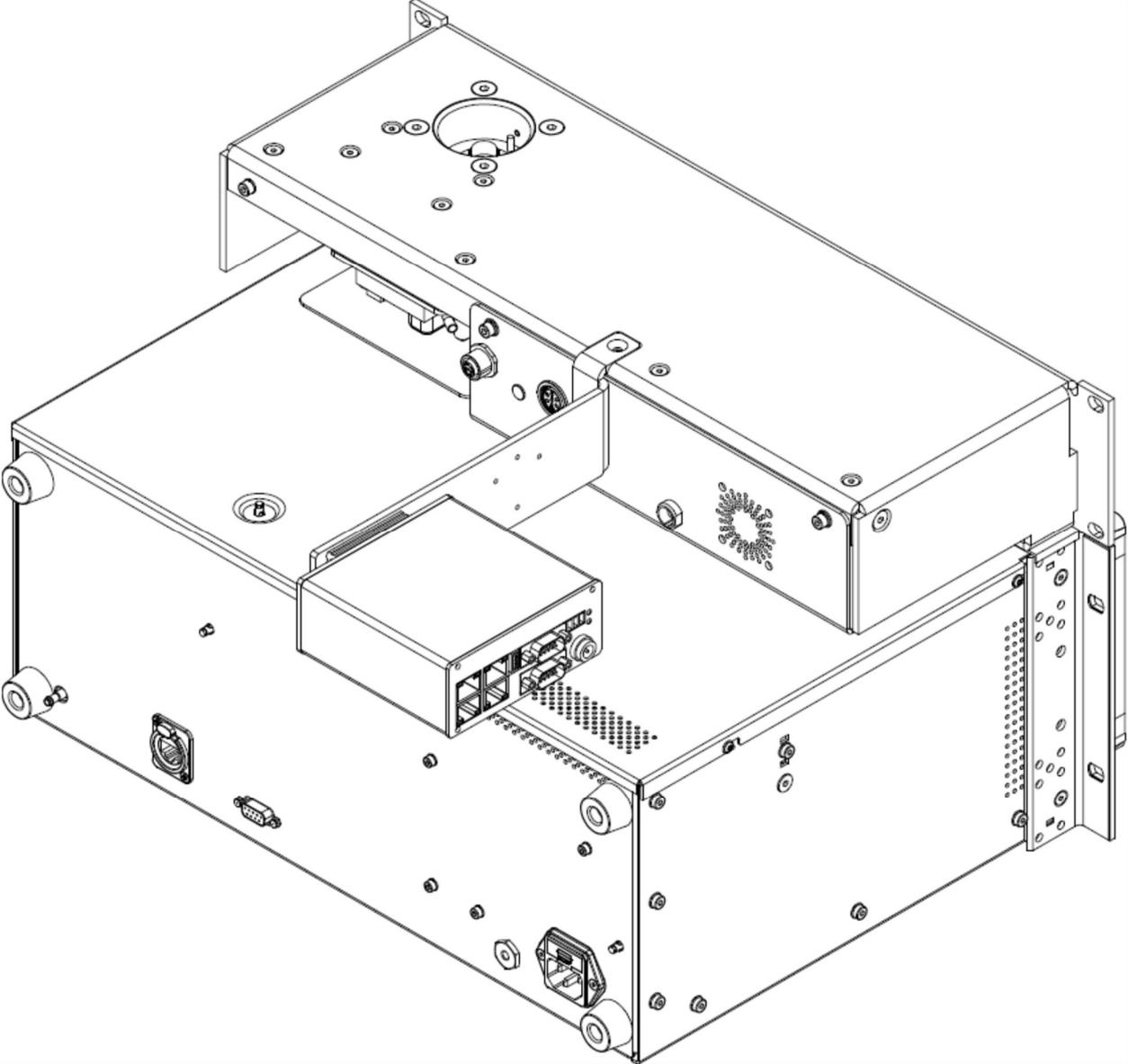
Lage des Probeneingangs im 19" Einschub, mit Maßstab



Dachflansch EDM 280 mit Ausrichthilfe



Messeinschub und Probenrohrhalter mit optionalem Datenlogger



9 | Index

Abfälle.....	14	Probenrohrheizung.....	28
Akklimatisationszeit.....	11	Probevolumenstrom.....	13, 19
Arbeitssicherheit.....	12	Prüfung Dichtheit.....	58
Bedienung.....	19	Prüfung Nullpunkt.....	59
Befestigung.....	24	Prüfung Volumenstrom.....	59
Beschädigung.....	11	Prüfung Wettersensor.....	60
Datenausgabe.....	19	Reinigung.....	56
Datenlogger-Accesspoint.....	28	Reinigung Einlassdüse.....	62
Datenprotokolle.....	45	Reinigung Probenrohr.....	63
Datenschnittstelle.....	19	Reinigung Sigma-2 Probenkopf.....	61
Ein/Aus.....	23	RS-232.....	25
Einbau.....	30, 31	RS-232-Schnittstelle.....	19
Einlassdüse.....	26	Rüstzeit.....	30
Einlaufzeit.....	30	Selbsttest.....	7, 13, 18
Ersatzteile.....	56	Serviceschlüssel.....	64
Ethernet.....	7, 13, 19, 25	Serviceschlüssel Dongle.....	64
Gedächtnisfunktion.....	13	Serviceschnittstelle.....	36
GESYTEC.....	37, 45, 55	Sicherheit allgemein.....	12
Gewicht.....	19	Sicherheit elektrisch.....	11, 12
GRIMM-Protokoll.....	45, 48	Sicherheit Laser.....	12
GRIMM-Protokoll Fehlercodes.....	50	Sicherung.....	25
Größenkanäle.....	17, 19	Speicherintervall.....	19
IP-Adresse.....	51	Speicherkapazität.....	23
Kalibrierung.....	57	Spülluft.....	7, 18
Kondensat.....	24	Stromversorgung.....	19
Kondensation.....	11	Symbole.....	8
Kopfheizung.....	28	Touchdisplay.....	23, 38
Laser.....	12, 17	Typenschild.....	24
Lichtfalle.....	17	Überstromsicherung.....	11
Lift.....	23	unbefugter Zugriff.....	13
Liftkontakte.....	26, 34	USB-B.....	23
Maße.....	19	USB-Stick.....	23, 35
Messung.....	13, 35	USB-Stick Datenlog.....	36
Modbus.....	45, 53	Verifizierung.....	57
Netzanschluss.....	25	Verifizierung rücksetzen.....	60
Probenluft.....	17, 19	Volumenstrom	
Probenluftauslass.....	25	siehe Prüfung Volumenstrom.....	59
Probenrohr Arretierung.....	28	Wartung.....	56
Probenrohraufnahme.....	27	Werkzeug für Einbau.....	31
Probenrohrhalter Führungsnut.....	29	Wetterstation.....	28
Probenrohrhalter Rastnasen.....	29	Zubehör optional.....	20