

**TÜV RHEINLAND  
ENERGY & ENVIRONMENT GMBH**



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>

TÜV-Bericht: EuL/21255708/A  
Köln, 19. September 2025

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



[tre-service@de.tuv.com](mailto:tre-service@de.tuv.com)

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

**Leerseite**

## **Kurzfassung**

Im Auftrag der Firma Thermo Fisher Scientific aus Franklin, USA führte die TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung 5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider für die Komponente Schwebstaub PM<sub>2,5</sub> gemäß den folgenden Richtlinien durch.

- Europäische Norm EN 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>); 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 PM<sub>10</sub>- oder PM<sub>2,5</sub>-Massenkonzentration des Schwebstaubes“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung vom Januar 2010

Zusätzlich zu der eigentlichen Beurteilung der Messeinrichtung im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen gemäß den oben aufgeführten Richtlinien, erfolgt eine Auswertung der Äquivalenzprüfung unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881.

Die Messeinrichtung 5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider ermittelt die Staubkonzentrationen mittels des radiometrischen Messprinzips. Mit Hilfe einer Pumpe wird Umgebungsluft über einen PM<sub>2,5</sub>-Probenahmekopf angesaugt (Durchflussrate: 1 m<sup>3</sup>/h = 16,67 l/min) und gelangt über das Probenrohr zum eigentlichen Messgerät. Das Probenrohr beinhaltet eine dynamische 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 staubbeladene Probenluft wird anschließend auf ein Filterband gesaugt. Die Bestimmung der abgeschiedenen Staubmasse auf dem Filterband erfolgt kontinuierlich während der Probenahme durch das radiometrische Messprinzip der Beta-Absorption.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines ca. 12-monatigen Feldtests an vier Standorten.

Der mehrmonatige Feldtest erfolgte an den Standorten gemäß Tabelle 1.

Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen

|                                     | Bornheim               | Köln                    | Hambach                   | JRC Ispra              |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| Zeitraum                            | 11/2023 – 01/2024      | 02/2024 – 05/2024       | 06/2024 – 09/2024         | 01/2025 – 03/2025      |
| Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge | PM <sub>2,5</sub> : 74 | PM <sub>2,5</sub> : 90  | PM <sub>2,5</sub> : 93    | PM <sub>2,5</sub> : 55 |
| Charakterisierung                   | Verkehr                | Städtischer Hintergrund | Industrieller Hintergrund | Ländlicher Hintergrund |
| Einstufung der Immissionsbelastung  | niedrig bis mittel     | niedrig bis mittel      | niedrig bis mittel        | mittel bis hoch        |

Die folgenden Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse des durchgeführten Äquivalenztests:

Tabelle 2: Ergebnisse des Äquivalenztests (Rohdaten)

| Vergleichskampagnen |                   | Steigung | Achsabschnitt | Alle Datensätze<br>W <sub>CM</sub> <25 %<br>Rohdaten | Kalibrierung<br>ja/nein | Alle Datensätze<br>W <sub>CM</sub> <25 %<br>kal. Daten |
|---------------------|-------------------|----------|---------------|--|-------------------------|--|
| 4                   | PM <sub>2,5</sub> | 0,920    | 1,472         | 10,34 %  | ja*                     | 9,29 %   |

\* Kalibrierung auf Grund von Signifikanz der Steigung und des Achsabschnitts

Tabelle 3: Ergebnisse des Äquivalenztests (Rohdaten) unter Berücksichtigung des zukünftigen Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881

| Vergleichskampagnen |                   | Steigung | Achsabschnitt | Alle Datensätze<br>W <sub>CM</sub> <25 %<br>Rohdaten | Kalibrierung<br>ja/nein | Alle Datensätze<br>W <sub>CM</sub> <25 %<br>kal. Daten |
|---------------------|-------------------|----------|---------------|--|-------------------------|--|
| 4                   | PM <sub>2,5</sub> | 0,920    | 1,472         | 10,79 %  | ja*                     | 11,08 %  |

\* Kalibrierung auf Grund von Signifikanz der Steigung und des Achsabschnitts



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>

**Geprüftes Gerät:** 5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider

**Hersteller:** Thermo Fisher Scientific  
27 Forge Parkway  
Franklin, MA 02038  
USA

**Prüfzeitraum:** 02/2023 bis 03/2025

**Berichtsdatum:** 19. September 2025

**Berichtsnummer:** EuL/21255708/A

**Bearbeiter:** Karsten Pletscher

**Fachlich  
Verantwortlicher:** Guido Baum

**Berichtsumfang:**

|          |          |     |        |
|----------|----------|-----|--------|
| Bericht: |          | 171 | Seiten |
| Anhang   | ab Seite | 173 |        |
| Handbuch | ab Seite | 205 |        |
| Handbuch | mit      | 247 | Seiten |
| Gesamt   |          | 452 | Seiten |

**Leerseite**

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| KURZFASSUNG .....   | 3  |
| 1. ALLGEMEINES.....   | 13 |
| 1.1 Bekanntgebavorschlag.....   | 13 |
| 1.2 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse .....   | 15 |
| 2. AUFGABENSTELLUNG .....   | 27 |
| 2.1 Art der Prüfung.....  | 27 |
| 2.2 Zielsetzung .....   | 27 |
| 3. BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG.....  | 28 |
| 3.1 Messprinzip.....  | 28 |
| 3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung .....  | 29 |
| 3.3 Information zum generellen Design der Prüfung / Set-Up der Prüflinge.....                       | 42 |
| 4. PRÜFPROGRAMM.....  | 46 |
| 4.1 Allgemeines .....   | 46 |
| 4.2 Laborprüfung .....  | 48 |
| 4.3 Feldtest.....   | 49 |
| 5. REFERENZMESSVERFAHREN.....   | 60 |
| 6. PRÜFERGEBNISSE (VDI 4202 BLATT 3 FEBRUAR 2019) .....   | 61 |
| 6.1 6.1 Allgemeines .....   | 61 |
| 6.1 6.2 Mehrkomponentenmessgeräte.....  | 62 |
| 6.1 6.3 Allgemeine Anforderungen .....  | 63 |
| 6.1 6.3.1 Messwertanzeige .....   | 63 |
| 6.1 6.3.2 Wartungsfreundlichkeit.....   | 65 |
| 6.1 6.3.3 Funktionskontrolle .....  | 66 |
| 6.1 6.3.4 Rüst- und Einlaufzeiten .....   | 67 |
| 6.1 6.3.5 Bauart .....  | 69 |
| 6.1 6.3.6 Unbefugtes Verstellen .....   | 71 |
| 6.1 6.3.7 Messsignalausgang.....  | 72 |
| 6.1 6.3.8 Digitale Schnittstelle.....   | 73 |
| 6.1 6.3.9 Datenübertragungsprotokoll .....  | 74 |
| 6.1 6.3.10 Messbereich.....   | 76 |
| 6.1 6.3.11 Negative Messsignale .....   | 77 |
| 6.1 6.3.12 Stromausfall.....  | 78 |
| 6.1 6.3.13 Gerätefunktionen.....  | 79 |
| 6.1 6.3.14 Umschaltung.....   | 80 |
| 6.1 6.3.15 Gerätesoftware.....  | 81 |
| 6.1 6.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung.....                              | 82 |
| 6.1 6.4.1 Allgemeines .....   | 82 |
| 6.1 6.4.2 Prüfbedingungen.....  | 83 |
| 6.1 6.4.3 Nullniveau und Nachweisgrenze .....   | 85 |
| 6.1 6.4.4 Genauigkeit des Volumenstroms.....  | 86 |
| 6.1 6.4.5 Konstanz des Probenvolumenstroms .....  | 87 |
| 6.1 6.4.6 Dichtheit des Probenahmesystems .....   | 88 |
| 6.1 6.4.7 Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungs-<br>temperatur ..... | 89 |
| 6.1 6.4.8 Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung .....                                | 90 |
| 6.1 6.4.9 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration.....                          | 91 |
| 6.1 6.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung.....                               | 92 |
| 6.1 6.5.1 Allgemeines .....   | 92 |
| 6.1 6.5.2 Versuchsbedingungen.....  | 93 |
| 6.1 6.5.3 Nullpunktprüfungen .....  | 95 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 6.1 | 6.5.4 Aufzeichnung der Betriebsparameter .....   | 96  |
| 6.1 | 6.5.5 Tagesmittelwerte .....   | 97  |
| 6.1 | 6.5.6 Verfügbarkeit .....  | 98  |
| 6.1 | 6.5.7 Kontrollintervall .....  | 99  |
| 6.1 | 6.5.8 Datenauswertung .....  | 100 |
| 7.  | PRÜFERGEBNISSE (DIN EN 16450 Juni 2017) .....  | 101 |
| 7.1 | 1 Messbereiche .....   | 101 |
| 7.1 | 2 Negative Signale .....   | 102 |
| 7.1 | 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3) .....  | 103 |
| 7.1 | 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) .....  | 105 |
| 7.1 | 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5) .....   | 107 |
| 7.1 | 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6) .....  | 110 |
| 7.1 | 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.) .....                                      | 112 |
| 7.1 | 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungs-<br>temperatur (7.4.7) .....       | 114 |
| 7.1 | 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) .....   | 116 |
| 7.1 | 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung .....   | 118 |
| 7.1 | 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) .....                                   | 119 |
| 7.1 | 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3) .....  | 121 |
| 7.1 | 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4) .....  | 123 |
| 7.1 | 14 Tagesmittelwerte (7.5.5) .....  | 125 |
| 7.1 | 15 Verfügbarkeit (7.5.6) .....   | 126 |
| 7.1 | Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8) .....   | 128 |
| 7.1 | 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4) .....   | 129 |
| 7.1 | 17 Erweiterte Messunsicherheit (7.5.8.5 – 7.5.8.8) .....   | 138 |
| 7.1 | 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) .....   | 151 |
| 7.1 | 18 Wartungsintervall (7.5.7) .....   | 156 |
| 7.1 | 20 Prüfungen der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte .....                                     | 158 |
| 8.  | ÄQUIVALENZPRÜFUNG UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES GRENZWERTES<br>GEMÄß ANHANG I DER RICHTLINIE (EU) 2024/2881 ..... | 159 |
| 8.1 | 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8) .....                                | 159 |
| 8.1 | 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) .....   | 165 |
| 9.  | EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ .....   | 170 |
| 10. | LITERATURVERZEICHNIS .....   | 171 |
| 11. | ANHANG .....   | 172 |



## Tabellenverzeichnis

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Tabelle 1:  | Beschreibung der Messstellen.....   | 4   |
| Tabelle 2:  | Ergebnisse des Äquivalenztests (Rohdaten).....  | 5   |
| Tabelle 3:  | Ergebnisse des Äquivalenztests (Rohdaten) unter Berücksichtigung des zukünftigen Tagesgrenzwertes für PM <sub>2,5</sub> von 25 µg/m <sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881 ..... | 5   |
| Tabelle 3:  | Gerätetechnische Daten 5014iQ (Herstellerangaben).....  | 40  |
| Tabelle 4:  | Unterschiede 5014iQ vs. 5030iQ, Hardware .....  | 43  |
| Tabelle 5:  | Vergleich 5014iQ (RM) vs. 5030iQ (CM), PM <sub>2,5</sub> .....  | 44  |
| Tabelle 6:  | Feldteststandorte .....   | 50  |
| Tabelle 7:  | Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten als Tagesmittelwerte.....  | 58  |
| Tabelle 8:  | Entferntes Wertepaar Referenz PM <sub>2,5</sub> nach Grubbs .....   | 59  |
| Tabelle 9:  | Eingesetzte Filtermaterialien.....  | 59  |
| Tabelle 10: | Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung 5014iQ .....   | 69  |
| Tabelle 11: | Nullniveau und Nachweisgrenze PM <sub>2,5</sub> .....   | 104 |
| Tabelle 12: | Genauigkeit des Volumenstroms bei +5 °C und +40 °C .....  | 106 |
| Tabelle 13: | Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel) .....   | 108 |
| Tabelle 14: | Ergebnisse Dichtigkeitsprüfungen 5014iQ .....   | 111 |
| Tabelle 15: | Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM <sub>2,5</sub> .....   | 113 |
| Tabelle 16: | Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur .....  | 115 |
| Tabelle 17: | Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung .....  | 117 |
| Tabelle 18: | Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, PM <sub>2,5</sub> .....  | 120 |
| Tabelle 19: | Nullpunktprüfungen, PM <sub>2,5</sub> .....   | 122 |
| Tabelle 20: | Ermittlung der Verfügbarkeit .....  | 127 |
| Tabelle 21: | Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ .....   | 130 |
| Tabelle 22: | Übersicht Äquivalenzprüfung, PM <sub>2,5</sub> .....  | 141 |
| Tabelle 23: | Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs,RM}$ ; PM <sub>2,5</sub> .....   | 144 |
| Tabelle 24: | Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Achsabschnitt und Steigung, PM <sub>2,5</sub> .....   | 154 |
| Tabelle 26: | Übersicht Äquivalenzprüfung, PM <sub>2,5</sub> , Grenzwert 25 µg/m <sup>3</sup> .....   | 162 |
| Tabelle 27: | Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Steigung und Achsabschnitt, PM <sub>2,5</sub> , Grenzwert 25 µg/m <sup>3</sup> .....  | 168 |

## Abbildungsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 1: Darstellung 5014iQ (Gesamtsystem).....  | 29  |
| Abbildung 2: (europäischer) PM <sub>2,5</sub> -Probenahmekopf für 5014iQ.....  | 30  |
| Abbildung 3: Beheiztes Probenahmerohr.....   | 31  |
| Abbildung 4: Messgerät 5014iQ.....   | 32  |
| Abbildung 5: Hardwarekomponenten 5014iQ.....   | 33  |
| Abbildung 6: Messgerät 5014iQ mit Probenahmerohr.....  | 34  |
| Abbildung 7: Messgerät 5014iQ in Messstation – hier als Version 5030iQ mit zusätzlichem<br>Nephelometerbauteil (siehe auch Kapitel 3.3)..... | 35  |
| Abbildung 8: Vakuumpumpe (Typ: GAST).....  | 35  |
| Abbildung 9: Hauptfenster der Benutzeranzeige.....   | 36  |
| Abbildung 10: Flussdiagramm – Hauptmenü.....   | 37  |
| Abbildung 11: Nullfilter zur Erzeugung von schwebstaubfreier Luft.....   | 38  |
| Abbildung 12: Foliensatz mit Folienhalter und Prüffolien.....  | 39  |
| Abbildung 13: Adapter zur Dichtigkeitsprüfung.....   | 39  |
| Abbildung 14: Vergleich 5014iQ (RM) vs. 5030iQ (CM), PM <sub>2,5</sub> .....   | 44  |
| Abbildung 15: Verlauf der PM <sub>2,5</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim.....  | 51  |
| Abbildung 16: Verlauf der PM <sub>10</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim.....   | 51  |
| Abbildung 17: Verlauf der PM <sub>2,5</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln.....  | 52  |
| Abbildung 18: Verlauf der PM <sub>10</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln.....   | 52  |
| Abbildung 19: Verlauf der PM <sub>2,5</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort Hambach.....   | 53  |
| Abbildung 20: Verlauf der PM <sub>10</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort Hambach.....  | 53  |
| Abbildung 21: Verlauf der PM <sub>2,5</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra.....   | 54  |
| Abbildung 22: Verlauf der PM <sub>10</sub> -Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra.....  | 54  |
| Abbildung 23: Feldteststandort Bornheim.....   | 55  |
| Abbildung 24: Feldteststandort Köln.....   | 55  |
| Abbildung 25: Feldteststandort Hambach.....  | 56  |
| Abbildung 26: Feldteststandort JRC Ispra.....  | 56  |
| Abbildung 27: Messwertanzeige 5014iQ.....  | 64  |
| Abbildung 28: Anzeige der Softwareversion.....   | 81  |
| Abbildung 29: Durchfluss am Testgerät CM20451001.....  | 109 |
| Abbildung 30: Durchfluss am Testgerät CM20451005.....  | 109 |
| Abbildung 31: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte, PM <sub>2,5</sub> .....  | 131 |
| Abbildung 32: Ergebnis der Parallelmessungen, Bornheim, PM <sub>2,5</sub> .....  | 132 |
| Abbildung 33: Ergebnis der Parallelmessungen, Köln, PM <sub>2,5</sub> .....  | 133 |
| Abbildung 34: Ergebnis der Parallelmessungen, Hambach, PM <sub>2,5</sub> .....   | 134 |
| Abbildung 35: Ergebnis der Parallelmessungen, JRC Ispra, PM <sub>2,5</sub> .....   | 135 |
| Abbildung 36: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM <sub>2,5</sub> .....                      | 136 |
| Abbildung 37: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM <sub>2,5</sub> .....                         | 137 |
| Abbildung 38: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, alle Standorte, PM <sub>2,5</sub> .....   | 145 |
| Abbildung 39: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, alle Standorte, PM <sub>2,5</sub> .....   | 145 |
| Abbildung 40: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Bornheim, PM <sub>2,5</sub> .....   | 146 |
| Abbildung 41: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Bornheim, PM <sub>2,5</sub> .....   | 146 |
| Abbildung 42: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Köln, PM <sub>2,5</sub> .....   | 147 |
| Abbildung 43: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Köln, PM <sub>2,5</sub> .....   | 147 |
| Abbildung 44: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Hambach, PM <sub>2,5</sub> .....  | 148 |
| Abbildung 45: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Hambach, PM <sub>2,5</sub> .....  | 148 |
| Abbildung 46: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, JRC Ispra, PM <sub>2,5</sub> .....  | 149 |
| Abbildung 47: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, JRC Ispra, PM <sub>2,5</sub> .....  | 149 |
| Abbildung 48: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Alle Standorte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM <sub>2,5</sub> .....               | 150 |
| Abbildung 49: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Alle Standorte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM <sub>2,5</sub> .....               | 150 |

Abbildung 50: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 – Seite 1 .....203  
Abbildung 51: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 – Seite 2 .....204

**Leerseite**

## 1. Allgemeines

### 1.1 Bekanntgabevorschlag

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

**Messeinrichtung:**

5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider für Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>

**Hersteller:**

Thermo Fisher Scientific, Franklin, USA

**Eignung:**

Zur kontinuierlichen Immissionsmessung der PM<sub>2,5</sub>-Fraktion im Schwebstaub im stationären Einsatz

**Messbereiche in der Eignungsprüfung:**

| Komponente        | Zertifizierungsbereich | Einheit           |
|-------------------|------------------------|-------------------|
| PM <sub>2,5</sub> | 0 – 1.000              | µg/m <sup>3</sup> |

**Softwareversion:**

1.0.11.34542

**Einschränkungen:**

keine

**Hinweise:**

1. Die Messeinrichtung erfüllt auch die Anforderungen an die Äquivalenzprüfung unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881.
2. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter [www.gal1.de](http://www.gal1.de) einsehbar.

**Prüfbericht:**

TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH, Köln  
Bericht-Nr. EuL/21255708/A vom 19. September 2025

**Leerseite**

## 1.2 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

### Ergebniszusammenstellung Prüfung gemäß Richtlinie VDI 4202 Blatt 3

| Mindestanforderung                  | Anforderung  | Prüfergebnis  | eingehalten      | Seite |
|-------------------------------------|--|---|------------------|-------|
| <b>6. Leistungskriterien</b>        |  |   |                  |       |
| 6.1 Allgemeines                     | Herstellerangaben in der Bedienungsanleitung der AMS dürfen keinesfalls besser sein als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.                    | Die Bedienungsanleitung der Messeinrichtung (Stand: Juni 2025) ist vollständig und korrekt. Die Herstellerangaben sind nicht besser als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.   | ja               | 61    |
| 6.2 Mehrkomponentenmessgeräte       | Mehrkomponentenmessgeräte müssen die Leistungskriterien für jede einzelne Messkomponente unabhängig von den anderen Messkomponenten einhalten. | Die vorliegende Messeinrichtung misst nur die Fraktion PM <sub>2,5</sub> und stellt somit kein Mehrkomponentenmessgerät dar.  | Nicht zutreffend | 62    |
| <b>6.3 Allgemeine Anforderungen</b> |  |   |                  |       |
| 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               | 63    |
| 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.  | ja               | 65    |
| 6.3.3 Funktionskontrolle            | Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten.     | Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden oder aktivierbar. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnungsmeldungen angezeigt.<br><br>Eine externe Überprüfung des Nullpunktes ist mit Hilfe des Nullfilters jederzeit möglich. Eine externe Überprüfung der radiometrischen Messung ist mit Hilfe des Foliensatz „Massentransferstandards“ ebenfalls jederzeit möglich. | ja               | 66    |
| 6.3.4 Rüst- und Einlaufzeiten       | Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.   | Die Rüstzeit beträgt ca. 3 h, die notwendigen Arbeiten sind im Benutzerhandbuch beschrieben. Die Einlaufzeit, bis nach dem Einschalten valide Messwerte vorliegen, beträgt ca. 3 h (nach vollständiger Akklimatisierung der Messeinrichtung an die Umgebung und inkl. der Überprüfung und Justierung der relevanten Sensoren).  | ja               | 67    |
| 6.3.5 Bauart                        | Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.   | Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.  | ja               | 69    |

| Mindestanforderung               | Anforderung   | Prüfergebnis  | eingehalten | Seite |
|----------------------------------|---|---|-------------|-------|
| 6.3.6 Unbefugtes Verstellen      | Die Messeinrichtung muss eine Sicherung dagegen enthalten.  | Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Die Messeinrichtung ist darüber hinaus in einem Messcontainer zu verschließen.   | ja          | 71    |
| 6.3.7 Messsignalausgang          | Muss digital und/oder analog angeboten werden.  | Die Messwerte werden standardmäßig nur digital ausgegeben. Die Messeinrichtung verfügt über entsprechende USB und Ethernetanschlüsse. Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die (optionale) Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen sowie über die Ausgabe der Messsignale / Kommunikation via serieller Schnittstelle RS 232/RS 485. | ja          | 72    |
| 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.<br>Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schützen, muss das System in einem verschlossenen Messcontainer betrieben werden.  | ja          | 73    |
| 6.3.9 Datenübertragungsprotokoll | Muss über mindestens ein Datenübertragungsprotokoll verfügen.   | Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über die digitalen Übertragungsprotokolle Modbus, Streaming, Bayern-Hessen und VNC. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt.   | ja          | 74    |
| 6.3.10 Messbereich               | 0 µg/m <sup>3</sup> bis 1000 µg/m <sup>3</sup> als 24-Stunden-Mittelwert<br>0 µg/m <sup>3</sup> bis 10000 µg/m <sup>3</sup> 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          | 76    |
| 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          | 77    |

| Mindestanforderung   | Anforderung   | Prüfergebnis   | eingehalten | Seite |
|--|---|--|-------------|-------|
| 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          | 78    |
| 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          | 79    |
| 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 (sofern keine praktischen Handgriffe vor Ort benötigt werden) überwacht werden.   | ja          | 80    |
| 6.3.15 Gerätesoftware  | Die Version der Gerätesoftware muss von der AMS angezeigt werden.   | Die aktuelle Softwareversion kann jederzeit im Menü unter „Home Screen>Settings>Health Check“ eingesehen werden. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.   | ja          | 81    |
| <b>6.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung</b> |   |  |             |       |
| 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          | 82    |
| 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          | 83    |
| 6.4.3 Nullniveau und Nachweisgrenze                                  | Nullniveau: $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$<br>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          | 85    |
| 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          | 86    |

| Mindestanforderung   | Anforderung   | Prüfergebnis   | eingehalten | Seite |
|--|---|--|-------------|-------|
| 6.4.5 Konstanz des Probenvolumenstroms   | $\leq 2,0 \%$ des gemittelten Proben-<br>durchflusses<br>$\leq 5 \%$ des momentanen Proben-<br>durchflusses         | 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          | 87    |
| 6.4.6 Dichtheit des Probenahmesystems  | $\leq 2,0 \%$ 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          | 88    |
| 6.4.7 Abhängigkeit des Nullpunkts und des Referenzpunkts von der Umgebungstemperatur | $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Nullpunkt)<br>$\leq 5 \%$ vom Wert bei der Nenn-<br>prüfspannung (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 Umgebungstemperatur (7.4.7) verwiesen. | ja          | 89    |
| 6.4.8 Abhängigkeit des Referenzpunkts von der Netzspannung                           | $\leq 5 \%$ 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          | 90    |

| Mindestanforderung  | Anforderung  | Prüfergebnis   | eingehalten | Seite |
|---|--|--|-------------|-------|
| 6.4.9 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration   | ≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup> 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          | 91    |
| <b>6.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung</b> |  |  |             |       |
| 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          | 92    |
| 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          | 93    |
| 6.5.3 Nullpunktprüfungen  | Absoluter Wert ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>   | 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          | 95    |
| 6.5.4 Aufzeichnung der Betriebsparameter                            | Messeinrichtungen müssen in der Lage sein, Daten von Betriebszuständen zur telemetrischen Übermittlung – zumindest – der folgenden Parameter bereitzustellen:<br>Volumenstrom<br>Druckabfall über dem Probenahmefilter (falls zutreffend)<br>Probenahmedauer<br>Probenvolumen (falls zutreffend)<br>Massenkonzentration der betroffenen Staubfraktion(en)<br>Außenlufttemperatur<br>Außenluftdruck<br>Lufttemperatur in der Messeinheit<br>Temperatur des Probeeinlasses, wenn ein beheizter Probeneinlass 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          | 96    |

| Mindestanforderung      | Anforderung   | Prüfergebnis  | eingehalten | Seite |
|-------------------------|---|---|-------------|-------|
| 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          | 97    |
| 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          | 98    |
| 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          | 99    |
| 6.5.8 Datenauswertung   | <p>Unsicherheit zwischen den AMS <math>\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></p> <p><math>\leq 25 \%</math> bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert</p> <p>(Falls erforderlich nach der Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen)</p> | 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. | ja          | 100   |

## Ergebniszusammenstellung Prüfung gemäß Richtlinie DIN EN 16450

| Mindestanforderung  | Anforderung  | Prüfergebnis   | eingehalten | Seite |
|---|--|--|-------------|-------|
| 1 Messbereiche  | 0 µg/m <sup>3</sup> bis 1000 µg/m <sup>3</sup> als 24-Stunden-Mittelwert<br>0 µg/m <sup>3</sup> bis 10000 µg/m <sup>3</sup> als 1-Stunden-Mittelwert, falls zutreffend | Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m <sup>3</sup> eingestellt.  | ja          | 101   |
| 2 Negative Signale  | Dürfen nicht unterdrückt werden.   | Negative Messsignale können von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge ausgegeben werden.   | ja          | 102   |
| 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3)   | Nullniveau: ≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup><br>Nachweisgrenze: ≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup>   | Das Nullniveau beträgt für PM <sub>2,5</sub> maximal 0,59 µg/m <sup>3</sup> und die Nachweisgrenze beträgt 1,68 µg/m <sup>3</sup> .  | ja          | 103   |
| 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 16,67 l/min lag bei maximal - 1,61 % .   | ja          | 105   |
| 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5)  | ≤ 2,0 % des gemittelten Proben-durchflusses<br>≤ 5 % des momentanen Proben-durchflusses  | Alle ermittelten Momentanwerte weichen weniger als 5 %, alle gemittelten Werte weniger als 1,00 % vom Sollwert ab.   | ja          | 107   |
| 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 1,26 % ermittelt. | ja          | 110   |
| 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.)                           | ≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup>  | Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich beträgt +5 °C bis +40 °C. Die maximale Abweichung zu dem mittleren Messwert bei T <sub>S,n</sub> betrug für PM <sub>2,5</sub> -1,6 µg/m <sup>3</sup> .                                 | ja          | 112   |
| 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 - 1,9 %.  | ja          | 114   |

| 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 0,3 %, bezogen auf den Mittelwert bei 230 V, festgestellt werden.  | ja          | 116   |
| 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. Die ersten mindestens 2 h an Messwerten nach Wiederkehr der Stromversorgung sollten allerdings verworfen werden, da sich die Messeinrichtung nach dem Wiedereinschalten zuerst in einer Äquilibrierphase befindet, bis sich der BETA-Detektor an die Umgebungsverhältnisse angepasst hat. | ja          | 118   |
| 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) | ≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup> in Nullluft   | Es wurde eine maximale Differenz von -1,6 µg/m <sup>3</sup> zwischen den Messwerten bei 40 % und bei 90 % relativer Feuchte festgestellt.  | ja          | 119   |
| 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3)  | Absoluter Wert ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>  | Der maximal ermittelte absolute Messwert am Nullpunkt lag bei 2,4 µg/m <sup>3</sup> .  | ja          | 121   |
| 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4)                          | Messeinrichtungen müssen in der Lage sein, Daten von Betriebszuständen zur telemetrischen Übermittlung – zumindest – der folgenden Parameter bereitzustellen:<br>Volumenstrom<br>Druckabfall über dem Probenahmefilter (falls zutreffend)<br>Probenahmedauer<br>Probenvolumen (falls zutreffend)<br>Massenkonzentration der betroffenen Staubfraktion(en)<br>Außenlufttemperatur<br>Außenluftdruck<br>Lufttemperatur in der Messeinheit<br>Temperatur des Probeneinlasses, wenn ein beheizter Probeneinlass eingesetzt wird | Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege. Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.   | ja          | 123   |

| Mindestanforderung   | Anforderung   | Prüfergebnis  | eingehalten | Seite |
|--|---|---|-------------|-------|
| 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. Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist leicht möglich.  | ja          | 125   |
| 15 Verfügbarkeit (7.5.6)                                       | Mindestens 90 %   | Die Verfügbarkeit betrug für Gerät CM20451001 99,1 % und für Gerät CM20451005 100 %.  | ja          | 126   |
| 16 Unsicherheit zwischen den AMS (7.5.8.4)                     | ≤ 2,5 µg/m <sup>3</sup>   | Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen abs liegt mit maximal 0,87 µg/m <sup>3</sup> unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m <sup>3</sup> .  | ja          | 129   |
| 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<br>(Falls erforderlich nach der Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen) | Die ermittelten Unsicherheiten WAMS liegen für alle betrachteten Datensätze für die Komponente PM <sub>2,5</sub> bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der zulässigen erweiterten relativen Unsicherheit Wd <sub>qo</sub> von 25 % für Feinstaub. Da jedoch 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 ebenfalls unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit Wd <sub>qo</sub> von 25 %. | ja          | 138   |
| 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) | Nach der Kalibrierung:<br>≤ 25 % bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert.   | Durch Anwendung der Korrekturfaktoren/-termen, erfüllen die Prüflinge weiterhin die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze.   |             | 151   |
| 18 Wartungsintervall (7.5.7)                                   | Mindestens 14 d   | Das Wartungsintervall wird unter Berücksichtigung der örtlichen Schwebstaubkonzentrationen durch das Reinigungsintervall für den Probenahmekopf bestimmt. Im Rahmen der Eignungsprüfung betrug es 4 Wochen.   | ja          | 156   |



| <b>Mindestanforderung</b>  | <b>Anforderung</b>   | <b>Prüfergebnis</b>   | <b>eingehalten</b> | <b>Seite</b> |
|--|--|---|--------------------|--------------|
| 19 Automatische Überprüfung (7.5.4)                                  | Muss bei der AMS möglich sein  | Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warn- und Fehlermeldungen angezeigt. Dabei ist eine vollständige Fernüberwachung und Fernsteuerung der Messeinrichtung möglich. | ja                 | 157          |
| 20 Prüfungen der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte | Müssen bei der Prüfung der AMS innerhalb der folgenden Kriterien liegen<br>± 2 °C<br>± 1 kPa<br>± 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                 | 158          |

### Ergebniszusammenstellung Äquivalenzprüfung unter Berücksichtigung des Grenzwertes gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881

| Mindestanforderung  | Anforderung   | Prüfergebnis   | eingehalten | Seite |
|---|---|--|-------------|-------|
| 8.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8) | ≤ 25 % bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert<br>(Falls erforderlich nach der Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen) | Die ermittelten Unsicherheiten $W_{CM}$ liegen auch unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM <sub>2,5</sub> von 25 µg/m <sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881 ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit $W_{dqo}$ von 25 % für Feinstaub. Auf Grund der Signifikanz der Steigung und des Achsabschnitts ist jedoch die Anwendung von Korrekturfaktoren ist gemäß Punkt 8.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) entsprechend vorzunehmen. | ja          | 159   |
| 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)                | Nach der Kalibrierung:<br>≤ 25 % bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert.   | Durch Anwendung der Korrekturfaktoren/-termen, erfüllen die Prüflinge weiterhin die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze auch unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM <sub>2,5</sub> von 25 µg/m <sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881).   |             | 165   |

**Leerseite**

## **2. Aufgabenstellung**

### **2.1 Art der Prüfung**

Im Auftrag der Thermo Fisher Scientific wurde von der TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung 5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider für die Komponente Schwebstaub PM<sub>2,5</sub> vorgenommen.

### **2.2 Zielsetzung**

Die Messeinrichtung soll den Gehalt an Schwebstaub PM<sub>2,5</sub> in der Umgebungsluft bestimmen.

Die Messeinrichtung bestimmt die Schwebstaubkonzentration mittels Radiometrie.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- Europäische Norm EN 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>); 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 PM<sub>10</sub>- oder PM<sub>2,5</sub>-Massenkonzentration des Schwebstaubes“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung von Januar 2010

Zusätzlich zu der eigentlichen Beurteilung der Messeinrichtung im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen gemäß den oben aufgeführten Richtlinien, erfolgt eine Auswertung der Äquivalenzprüfung unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881. Die Ergebnisse sind in Kapitel 8 Äquivalenzprüfung unter Berücksichtigung des Grenzwertes gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881 dargestellt.



### 3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

#### 3.1 Messprinzip

Bei der Messeinrichtung 5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider handelt es sich um ein Messgerät für Schwebstaub in der Umgebungsluft. Sie basiert auf dem Messprinzip der Beta-Abschwächung.

Das Prinzip der radiometrischen Massenbestimmung basiert auf dem physikalischen Gesetz der Abschwächung von Betastrahlen beim Durchgang durch eine dünne Schicht an Material.

Es gilt die folgende Beziehung:

$$C_{\beta} = \frac{A}{\mu_m Q t} \left( \ln \left[ \frac{f_o}{f_f} \right] \right)$$

Hierin sind:

|             |   |       |   |
|-------------|---|-------|---|
| $C_{\beta}$ | Partikel-Massenkonzentration  | A     | Sammelfläche für Partikel (Filterfleck) |
| $\mu_m$     | Massenabschwächungskoeffizient (abhängig von der Energie des Betastrahlers) |       |   |
| Q           | Probenahme-Durchflussrate   | t     | Probenahmezeit                          |
| $f_o$       | Beta-Zählrate am Anfang (Tara)  | $f_f$ | Beta-Zählrate am Ende                   |

Die radiometrische Massenbestimmung wird im Werk mit Hilfe von Null- und Referenzfolien kalibriert. Mit Hilfe des Foliensatz „Massentransferstandard“ (=Referenzfoliensatz) kann im Rahmen von Qualitätssicherung die radiometrische Messung jederzeit überprüft und ggf. kalibriert werden.

### 3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung besteht aus dem PM<sub>2,5</sub>-Probenahmekopf, dem beheizten Probenahme-  
rohr, dem (optionalen) Verlängerungsrohr, dem Umgebungsluftsensor (inkl. Strahlungsschutz-  
schild), der Vakuumpumpe, der Zentraleinheit 5014iQ inkl. Glasfaserfilterband, den jeweils zu-  
gehörigen Anschlussleitungen und –kabeln sowie Adaptern, der Dachdurchführung inkl.  
Flansch sowie dem Handbuch in deutscher Sprache.

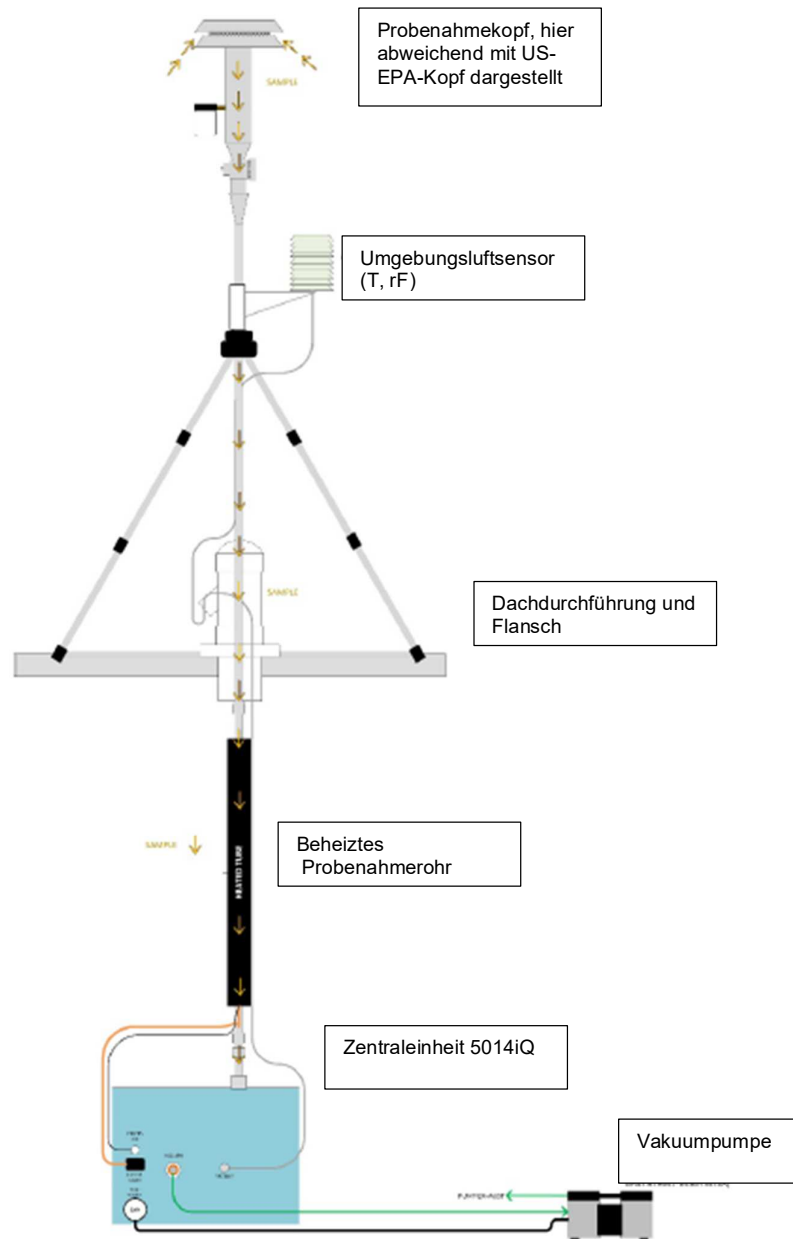


Abbildung 1: Darstellung 5014iQ (Gesamtsystem)

Als Probenahmekopf wird ein PM<sub>2,5</sub> Probeneinlass (Hersteller: Digital, Typ: DPM2.5/01/00/16), der als Vorabscheider für den aus der Außenluft angesaugten Schwebstaub fungiert, eingesetzt. Dabei werden die Geräte mit einem konstanten, geregelten Volumenstrom von 16,67 l/min = 1,0 m<sup>3</sup>/h betrieben. Alternativ ist auch ein Einsatz von PM<sub>10</sub> sowie PM<sub>1</sub> Probeneinlässen möglich.

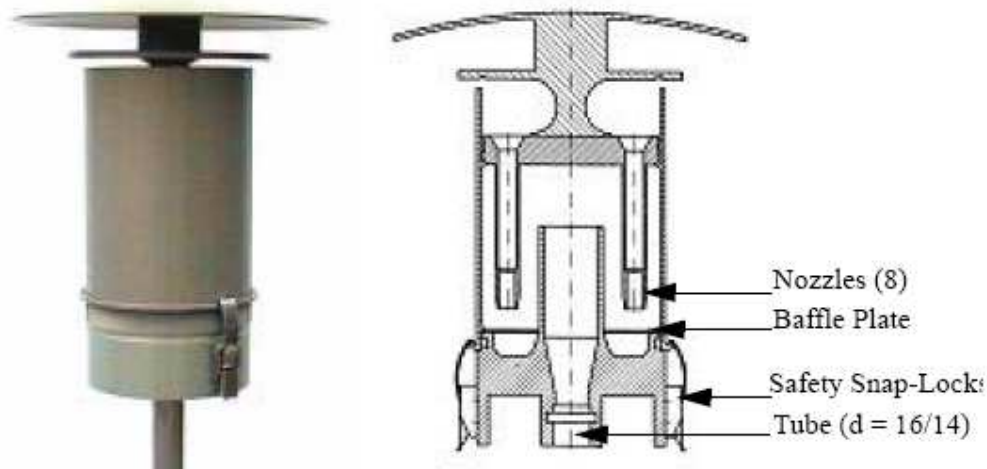


Abbildung 2: (europäischer) PM<sub>2,5</sub>-Probenahmekopf für 5014iQ

Die Partikelprobe passiert mit einer Durchflussrate von 1 m<sup>3</sup>/h (=16,67 l/min) den PM<sub>2,5</sub>-Probenahmekopf und gelangt über das beheizte Probenahmerohr zum eigentlichen Messgerät 5014iQ.

Das beheizte Probenahmerohr (ca. 0,9 m Länge) und das (optionale) Verlängerungsrohr (ca. 1,8 m Länge) bilden die Verbindung zwischen dem Probenahmekopf und dem eigentlichen Messgerät. Die Regelung der Probenahmeheizung erfolgt im Rahmen der Eignungsprüfung dynamisch mit einem Schwellwert von 35% rF (Setting RH). Liegt die rel. Feuchte der Probeluft unterhalb des Schwellwerts erfolgt keine Beheizung der Probe, liegt die rel. Feuchte oberhalb des Schwellwerts erfolgt eine dynamische Beheizung, so dass der Schwellwert wieder erreicht wird. Die Heizbedingungen (Schwellwert relative Feuchte rF oder Temperatur) können je nach Messnetzanforderung konfiguriert werden.



Abbildung 3: Beheiztes Probenahmerohr

Unterhalb des beheizten Rohres befindet sich direkt das Gehäuse des Messgeräts 5014iQ – der Feinstaub gelangt vom Probenahmerohr in das radiale Rohr oberhalb der radiometrischen Baugruppe.

Dort erfolgt das Abscheiden der Partikel auf dem Glasfaserfilterband der radiometrischen Messung. Auf dem Filterband werden die Partikel bis zu einem Schwellwert angesammelt (während der Prüfung: Vorspulen des Filterbands nach 24 h oder bei Masse >1500 µg auf Filterband bzw. wenn die aktuelle Durchflussrate um mehr als 2,5 % von der nominalen Durchflussrate abweicht).

Das Filterband befindet sich zwischen dem Szintillations-Photomultiplier (Detektor) und dem <sup>14</sup>C-Betastrahler. Der Beta-Strahl geht von unten nach oben durch das Filterband und der sich akkumulierenden Staubschicht. Die Intensität des Beta-Strahls wird durch die zunehmende Massenbelastung abgeschwächt, was wiederum zu einer verminderten Beta-Intensität führt, die vom Detektor gemessen wird. Die Masse auf dem Filterband wird aus der kontinuierlich integrierten Zählrate errechnet. Die ermittelte Zählrate wird kontinuierlich hinsichtlich der Änderung der Luftdichte korrigiert.

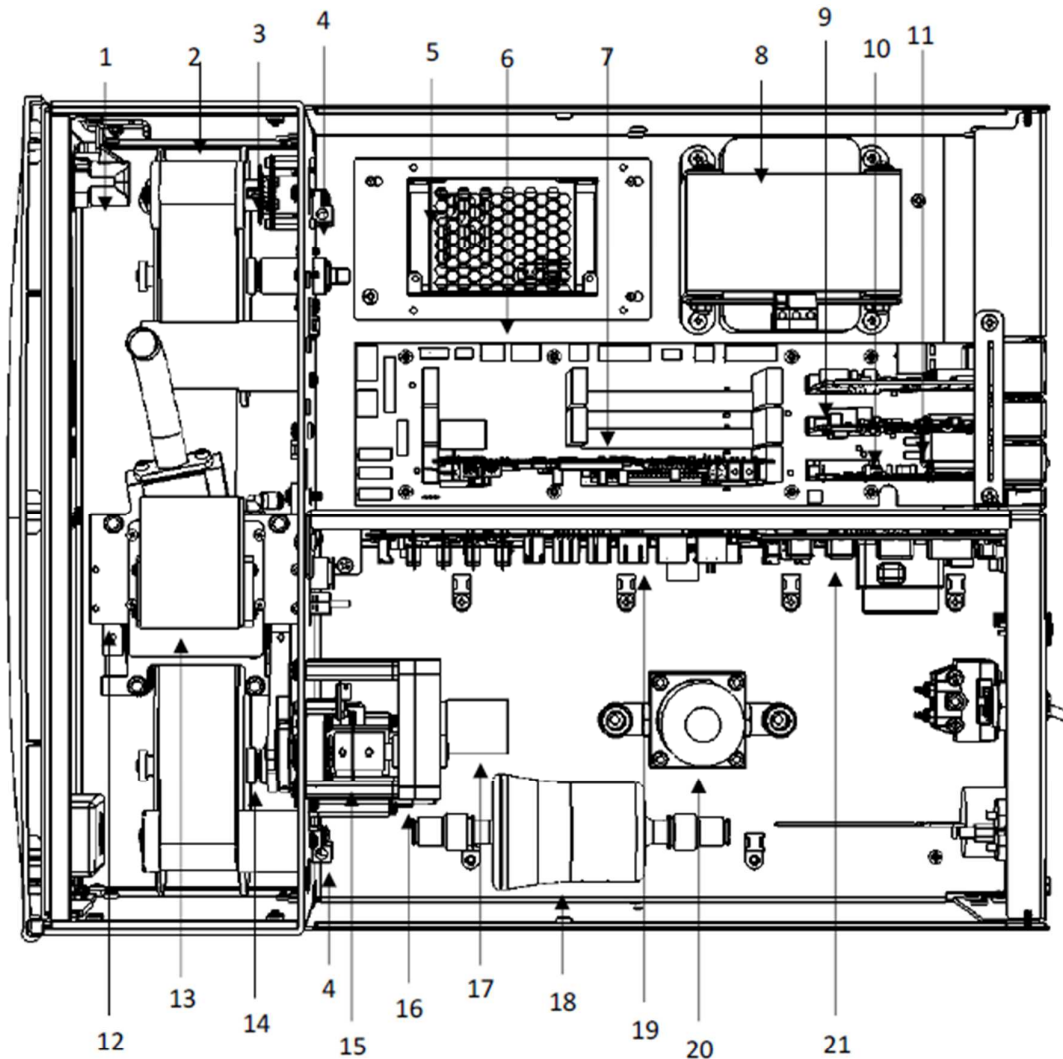
Die radiometrische Massenbestimmung wird darüber hinaus durch die gleichzeitige Erfassung und Berücksichtigung der natürlichen α-Aktivität von Aerosolen optimiert. Diese zusätzliche α-Zählrate dient zur Messung der Anwesenheit von Radon, welche zu unerwünschten Interferenzen in der radiometrischen Massenbestimmung der Partikel führt und entsprechend kompensiert wird.

Um den Probenahmedurchfluss auf seinem Sollwert konstant zu halten, erfolgt eine kontinuierliche Messung des Durchflusses sowie die Regelung über ein Proportionalventil.

Die Ausgabe der PM-Konzentrationen erfolgt am Display auf der Vorderseite der Messeinrichtung als PM (= radiometrische Messwerte). Die Messwerte können als Daten über vielfältige Ausgabewege (analog, digital, Ethernet) zur Verfügung gestellt werden.



Abbildung 4: Messgerät 5014iQ



1. Verriegelung; 2. Filterband-Zufuhrspulen; 3. Zählrad-Photo-Interrupt-Platine; 4. Heizblock; 5. Stromversorgung; 6. CP-Rückwandplatine; 7. Systemsteuerplatine ; 8. Transformator (optional); 9. Digitale E/A-Platine (optional); 10. Analoge E/A-Platine (optional); 11. Kommunikations-E/A-Platine RS232/RS485 (optional); 12. Hauptmesskopf; 13. Detektor; 14. Spindelbandrad; 15. Nocken-Foto-Interruptplatine; 16. Bandmotor; 17. Nockenmotor; 18. Inline-Filter; 19. DC-Platine; 20. Proportionalventil mit Anschluss; 21. HP-Platine

Abbildung 5: Hardwarekomponenten 5014iQ



Abbildung 6: Messgerät 5014iQ mit Probenahmerohr



Abbildung 7: Messgerät 5014iQ in Messstation – hier als Version 5030iQ mit zusätzlichem Nephelometerbauteil (siehe auch Kapitel 3.3)



Abbildung 8: Vakuumpumpe (Typ: GAST)

Die Bedienung der Messeinrichtung erfolgt auf der Frontseite der Messeinrichtung über Touch-Screen-Display. Der Benutzer kann Messdaten und Geräteinformationen abrufen, Parameter ändern sowie Tests zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung durchführen.

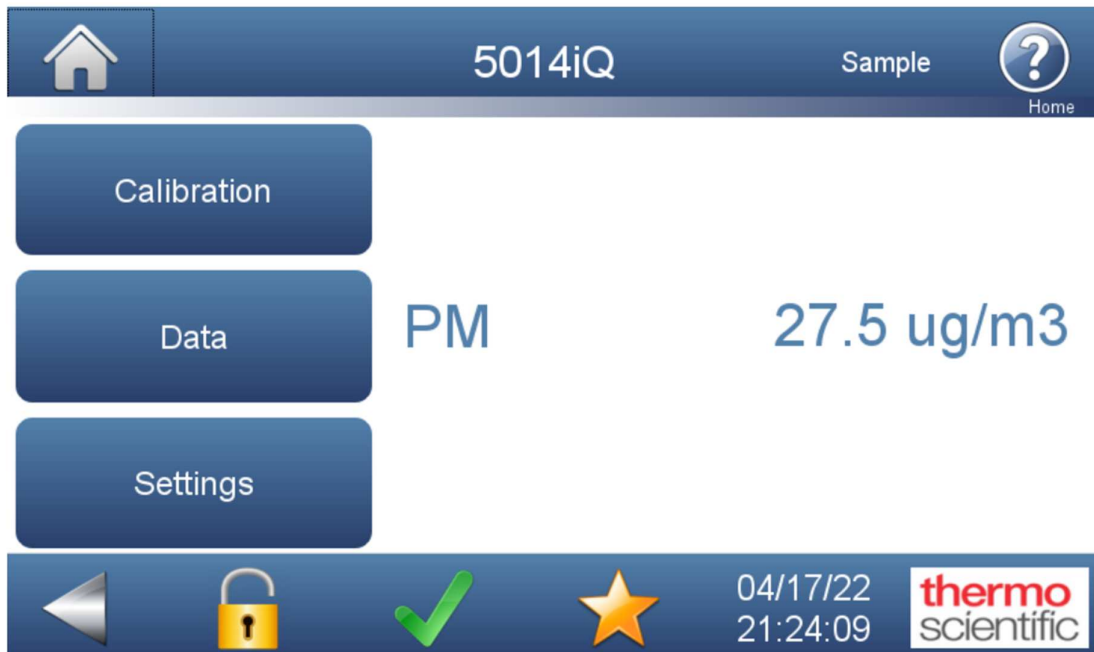


Abbildung 9: Hauptfenster der Benutzeranzeige

Auf der obersten Ebene liegt das Hauptfenster der Benutzeranzeige. Hier werden neben der aktuellen PM-Konzentration u.a. noch Datum und Uhrzeit sowie der Gerätestatus (hier Sample = Probenahme) angezeigt. Über den Button „Calibration“ kann das System justiert werden bzw. Kalibrierparameter eingesehen werden. Über den Button „Data“ können Messdaten angezeigt und visualisiert werden. Über den Button „Settings“ kann in detaillierter Art und Weise der Gerätestatus, Fehlermeldungen, Wartungshistorie eingesehen werden sowie die Geräteparameter eingestellt werden.

Das Hauptmenü zur Bedienung der Messeinrichtung erreicht man über den Home-Button (Display links oben). Durch Drücken des Pfeil-nach-links-Buttons (Display links unten) erreicht man zudem immer das jeweilige vorige Untermenü.

Abbildung 10 gibt einen Gesamtüberblick über die menügeführte Firmware.

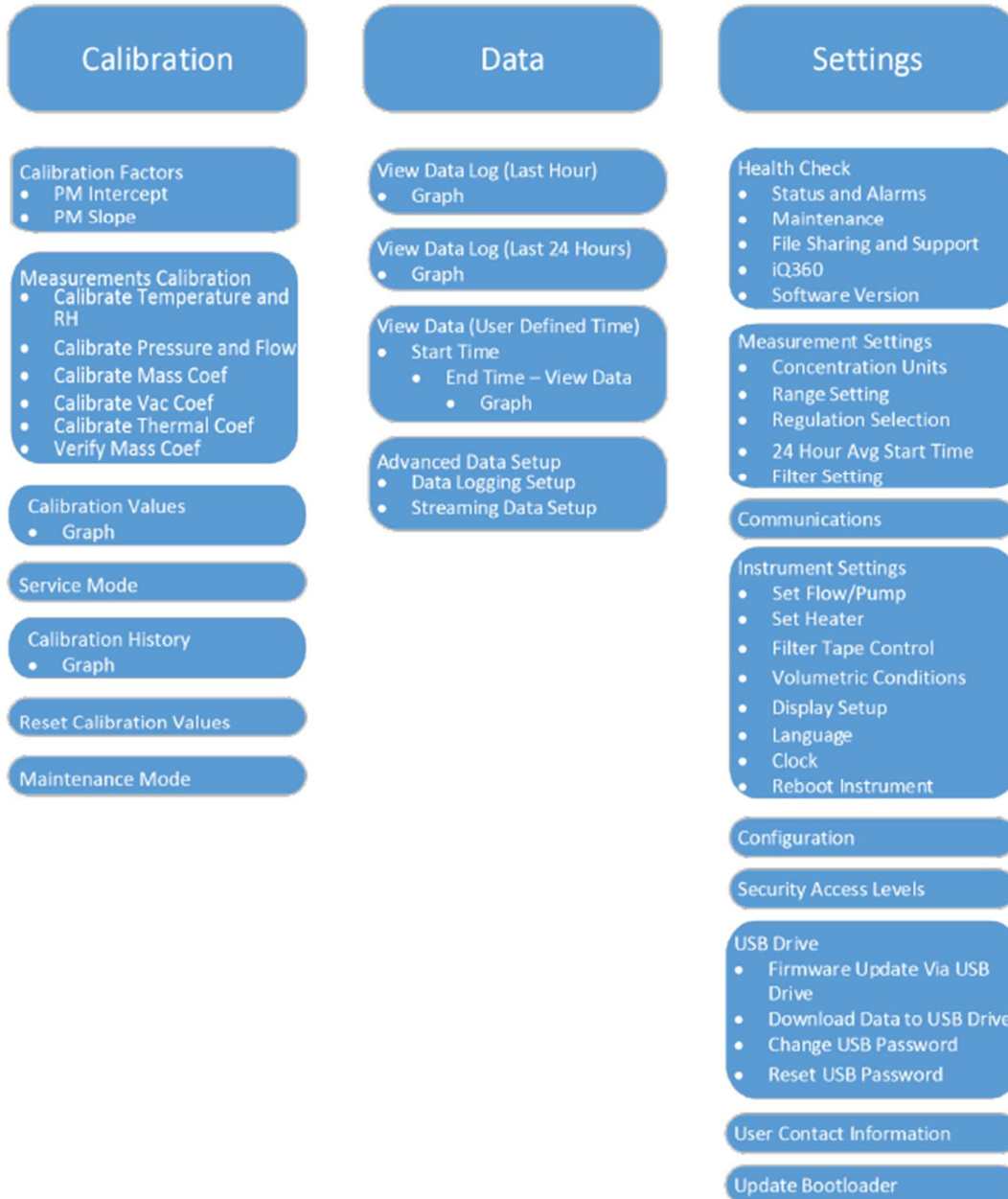


Abbildung 10: Flussdiagramm – Hauptmenü

Neben der direkten Kommunikation via Display besteht weiterhin die Möglichkeit die Messeinrichtung, das Gerät komplett über Ethernet (Terminal-Software: ePort) zu steuern oder parametrieren – sowohl direkt über PC oder indirekt über Modem bzw. Netzwerk. Das Gerät lässt sich über diesen Weg bedienen als ob man direkt vor dem Gerät steht.

Im Rahmen der Eignungsprüfung erfolgte der Zugriff der Messeinrichtungen insbesondere zum Download der intern gespeicherten Messdaten via Ethernet und der Terminal-Software ePort bzw. über direkten Download auf USB-Stick. Art und Umfang der intern gespeicherten Messdaten (Speicherintervall, aufzuzeichnende Parameter) können im Menü „Data/Advanced/Data Logging Setup“ konfiguriert werden.

Optional können zudem Communication (RS-232, RS-485), Analog I/O- und Digital I/O-Boards verbaut werden.

Die Messeinrichtung unterstützt Bayern-Hessen, Modbus, Streaming und VNC Protokolle.

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

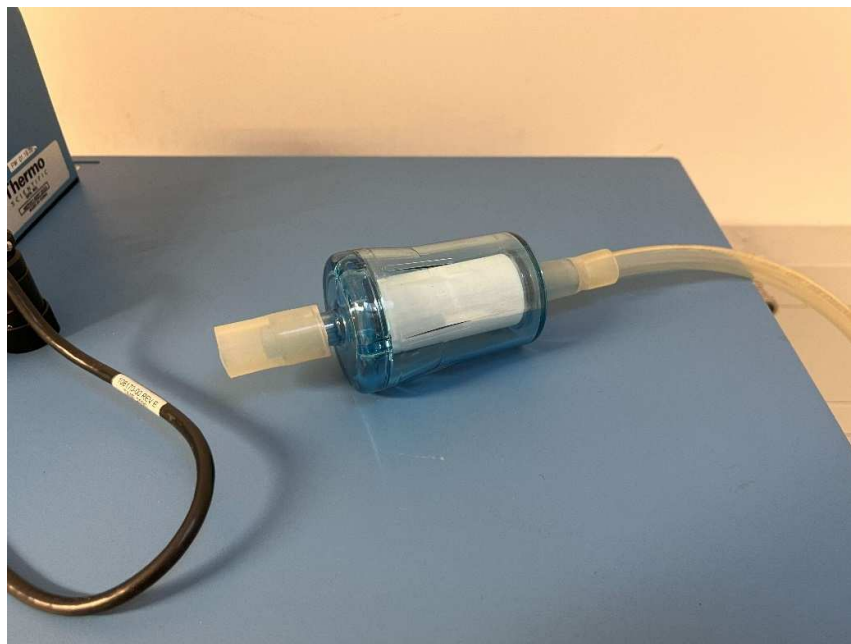


Abbildung 11: Nullfilter zur Erzeugung von schwebstaubfreier Luft

Zur Überprüfung und ggf. Justierung/Kalibrierung der radiometrischen Messung stellt der Gerätehersteller einen Foliensatz mit Massentransferstandards zur Verfügung. Der Foliensatz besteht aus einer Nullfolie und 2 Messbereichsfolien. Die Nullfolie hat ungefähr die gleiche Masse wie ein sauberer Filterfleck und die Messbereichsfolie repräsentiert eine kalibrierte Massezunahme auf der Nullfolie. Aus diesem Grund werden die Folien als Foliensatz geliefert und dürfen nicht mit anderen Sätzen vertauscht werden.



Abbildung 12: Foliensatz mit Folienhalter und Prüffolien

Zur Dichtigkeitsprüfung der Messeinrichtung wird ein spezieller Adapter auf den Geräteinlass gesteckt und zusätzlich vor diesen Adapter ein externes Gerät zur Durchflussmessung installiert. Der Dichtigkeitsprüfadapter sorgt für den geregelten Aufbau eines hohen Vakuums im System ohne die Gefahr einer Beschädigung der Messeinrichtung durch zu großes Vakuum. Durch Vergleich der mit externem Gerät zur Durchflussmessung am Inlet gemessenen Durchflussrate ohne Adapter (Normalbetrieb, im niedrigen Vakuum) und der mit externem Gerät zur Durchflussmessung am Inlet gemessenen Durchflussrate mit Adapter (im hohen Vakuum) kann die Dichtheit der Messeinrichtung beurteilt werden. Beträgt die Differenz beider Durchflussraten gemäß Herstellerangabe mehr als 420 ml/min (= ca. 2,5 % der nominalen Durchflussrate), muss das System auf Undichtigkeiten geprüft werden.

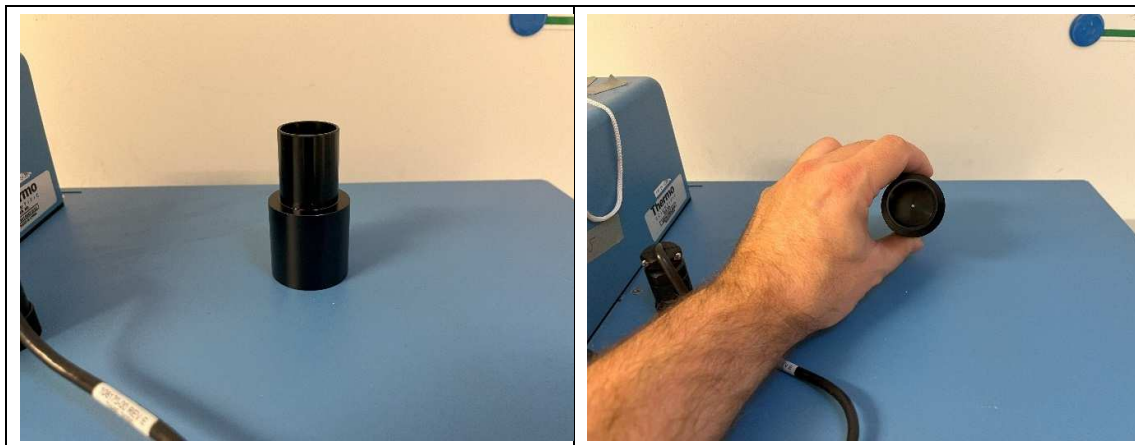


Abbildung 13: Adapter zur Dichtigkeitsprüfung

Tabelle 4 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes 5014iQ

Tabelle 4: Gerätetechnische Daten 5014iQ (Herstellerangaben)

| <b>Abmessungen / Gewicht</b>  | <b>5014iQ</b>  |
|---|--|
| Messgerät   | 42,5 (B) cm (H) x 53,8 cm (T) x 31,0 cm (H);<br>18,6 kg  |
| Probenahmerohr  | ca. 0,9 m (3 Fuß) langes, isoliertes Heizrohr<br>+ ca. 1,8 m (6 Fuß) langes Verlängerungsrohr  |
| Probenahmekopf  | je nach Hersteller, in Eignungsprüfung<br>Digitel DPM2.5/01/00/16  |
| <b>Energieversorgung</b>  | 100-240 V, 50-60 Hz  |
| <b>Leistungsaufnahme</b>  | Maximal 500 W  |
| <b>Aufstellungsbedingungen</b>  |  |
| Temperatur  | +5 bis +40 °C  |
| Feuchte   | <95 %, nicht kondensierend   |
| <b>Probenflussrate</b>  | 16,67 l/min = 1 m <sup>3</sup> /h  |
| <b>Probenahmerohr</b>   | Dynamisch beheizt mit aktiver Regelung<br>(Regelgröße Probenluftfeuchte oder<br>Probenlufttemperatur), in Eignungsprüfung 35 %<br>rel. Feuchte eingestellt |
| <b>Radiometrie Strahler</b>   | <sup>14</sup> C, <3,7 MBq (< 100 µCi)  |
| <b>Detektor</b>   | Szintillator + Photodetektor (PMT)   |
| <b>Zeitliche Auflösung Bestimmung<br/>mittlere Massenkonzentration (Real-<br/>Time)</b> | Minimal 1 min  |
| <b>Zeitliche Auflösung Datenausgabe</b>   | 1 s  |
| <b>Datenfilter</b>  | Dynamisch oder statisch<br>Integrationszeit<br><br>in Eignungsprüfung:<br>Setting „TUV“: Statisch, 20 min Integrationszeit                                 |
| <b>Filterband</b>   | Glasfaser<br>Breite: 40 mm, Länge: 42 m<br>Kapazität: ca. 1500 Filterwechsel   |
| <b>Parameter Filterwechsel</b>  |  |
| Filterwechselzeit<br>(Filter Change Interval)   | 0 h – 100 h    24 h in Eignungsprüfung   |
| Filterwechsel Staubmasse (Mass limit)   | 0 – 9999 µg    1500 µg in Eignungsprüfung  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Speicherkapazität Daten (intern)</b> | 16G Speicherkapazität, >1 Jahr bei 1-min Aufzeichnungintervall   |
| <b>Geräteeingänge und -ausgänge</b>     | Ausgänge:<br>TCP/IP, 3 x USB<br>Optional Analog (V oder mA) oder Dgital (RS232, RS485)<br>Eingänge (Optional):<br>16 Digitaleingänge, 4 Analogeingänge |
| <b>Protokolle</b>                       | Kommunikation mit PC via Ethernet und ePort-Software<br>MODBUS, Bayern-Hessen, VNC, Data Streミング   |
| <b>Statussignale / Fehlermeldungen</b>  | vorhanden, Übersicht siehe Kapitel 6 des Bedienungshandbuch  |

### **3.3 Information zum generellen Design der Prüfung / Set-Up der Prüflinge**

Die radiometrische Messeinrichtung der Firma Thermo Fisher Scientific ist grundsätzlich in 2 Versionen verfügbar:

- 5014iQ     Messeinrichtung mit radiometrischem Messteil (=BETA)
- 5030iQ     Messeinrichtung mit radiometrischem Messteil + Nephelometer-Messteil zur Bildung eines Hybrid-Messwertes (=SHARP)

Die beiden Messeinrichtungen 5014iQ und 5030iQ sind bezüglich Aufbau und Funktionsweise des kompletten Probenahmesystems sowie des radiometrischen Messteils vollkommen identisch. Es werden sowohl für die Probenahme als auch zur Bestimmung der Feinstaubkonzentration mittels radiometrischem Messprinzip exakt die gleichen Hardwarekomponenten, die gleichen Geräteparameter wie auch die gleichen Auswertalgorithmen herangezogen. 5030iQ unterscheidet sich von 5014iQ hardwareseitig im zusätzlichen integrierten Nephelometerbauteil (installiert zwischen beheiztem Probenahmerohr und Eingang in die Messeinrichtung) und softwareseitig in der Einbindung und Auswertung des Nephelometersignals und der Bildung des Hybridmesswertes (Nephelometer + Radiometrie).

Die nachfolgende Tabelle 5 gibt einen Überblick über die hardwareseitigen Unterschiede zwischen beiden Systemen.

Tabelle 5: Unterschiede 5014iQ vs. 5030iQ, Hardware

| Komponente                  | 5014iQ<br>Beta | 5030iQ<br>SHARP | Beschreibung  |
|-----------------------------|----------------|-----------------|---|
| T-Stück am Inlet            | X              | ✓               | Im 5030iQ wird ein T-Stück eingesetzt um das Einbringen von gefilterter Luft am Inlet zur Nullung der SHARP Optik (Nephelometer) zu ermöglichen. 5014iQ hat kein T-Stück am Inlet.  |
| Nephelometer                | X              | ✓               | Das 5030iQ beinhaltet ein externes Nephelometerbauteil. Der Durchfluss durch das Bauteil ist laminar und der Partikeldurchgang ist sehr hoch.   |
| Pumpenvakuum<br>T-Stück     | X              | ✓               | Das 5030iQ verwendet ein T-Stück mit einer 0.040" Düse, offen zur Atmosphäre. Das T-Stück befindet sich hinter dem Durchflussregler und vor dem Pumpeneingang. Dieser Aufbau erzeugt einen Zusatzstrom an Luft, so dass der Durchsatz am Pumpenausgang größer ist als am Geräteinlet. Diese Zusatzluft wird verwendet um am Inlet einen Durchfluss > 16,67 l/min an Nullluft zu erzeugen, wenn das 3-Wege-Ventil am Pumpenausgang aktiv ist. 5014iQ hat kein solches T-Stück. |
| Pumpenausgang<br>Nullventil | X              | ✓               | Der Pumpenausgang beim 5030iQ wird durch ein HEPA-Filter sowie durch ein 3-Wege-Ventil zur Atmosphäre geführt. Das Ventil wird genutzt, um schwebstaubfreie Luft zum T-Stück am Inlet zu führen zur Nullung der SHARP Optik (Nephelometer). Die Pumpe beim 5014iQ führt die Luft direkt in die Atmosphäre ab.   |
| Inline HEPA Filter          | X              | ✓               | Zwei inline HEPA Filter werden im 5030iQ eingesetzt. Das Erste zum Reinigen des Pumpenauslass zum Verhindern der Verschmutzung des 3-Wegeventils. Das Zweite wird zum Bereitstellen von schwebstaubfreier Luft hinter dem aktivierten 3-Wegeventil für die Nullung des Nephelometers. 5014iQ nutzt keine HEPA Filter.   |
| Probenkonditionierung       | ✓              | ✓               | 5030iQ und 5014iQ nutzen beide exakt die gleiche Probenahme-konditionierung und damit die gleichen Parameter zur Steuerung der Probenahmeheizung.   |
| PM Daten                    | ✓              | ✓               | Die radiometrischen Messdaten von 5030iQ und 5014iQ sind identisch. Es gibt keinerlei Unterschiede in der Datenerfassung und -auswertung.   |

Ein Umbau des 5014iQ zu einem 5030iQ (und umgekehrt) ist leicht möglich und im Handbuch der Messeinrichtung 5014iQ (Kapitel 10) ausführlich beschrieben. Die implementierte Gerätesoftware erlaubt sowohl den Betrieb als 5014iQ als auch als 5030iQ. Die Umschaltung zwischen beiden Modi erfolgt im Menü Settings/Configuration/Nephelometer.

Ein Einfluss der zusätzlichen Hardwarekomponenten des 5030iQ im Vergleich zum 5014iQ auf die radiometrische Messwertermittlung im System ist nicht zu erwarten, so dass die radiometrischen Messwerte des 5030iQ als gleichwertig zu den radiometrischen Messwerten des 5014iQ anzusehen sind.

Vor diesem Hintergrund war es im Rahmen der vorliegenden Prüfung vorgesehen, die Eignungsprüfung mit zwei Prüflingen vom Typ 5030iQ durchzuführen und für die Zulassung der Messeinrichtung 5014iQ für PM<sub>2,5</sub> die radiometrischen Messwerte der Messeinrichtung 5030iQ zu verwenden.

Um potenzielle Einflüsse des Nephelometer-Bauteils (z.B. durch Verluste an Partikeln) auf die radiometrische Messung zu bewerten, erfolgte vorab über ca. 6 Wochen ein Vergleich von 2 x 5030iQ (mit Nephelometerbauteil) mit 2 x 5014iQ (ohne Nephelometer). Dabei wurden folgende Parameter ermittelt:

Tabelle 6: Vergleich 5014iQ (RM) vs. 5030iQ (CM), PM<sub>2,5</sub>

| Parameter Referenz RM vs. Prüfling CM |  |
|---------------------------------------|--|
| Messgröße und Datensatz               | Messgröße = PM <sub>2,5</sub> ; Datensatz: Alle Vergleiche                                     |
| Status Messdaten                      | Rohdaten   |
| Anzahl Wertepaare                     | n = 48   |
| Steigung b                            | Steigung (b) = 1,014 +/- 0,026 Nicht signifikant unterschiedlich von 1                         |
| Achsabschnitt a                       | Achsabschnitt (a) = -0,051 +/- 0,205 µg/m <sup>3</sup> Nicht signifikant unterschiedlich von 0 |
| R <sup>2</sup>                        | R <sup>2</sup> = 0,969   |
| Erweiterte Unsicherheit               | Erweiterte Unsicherheit (Wcm) = 3,05 % ≤ 25% Anforderung                                       |

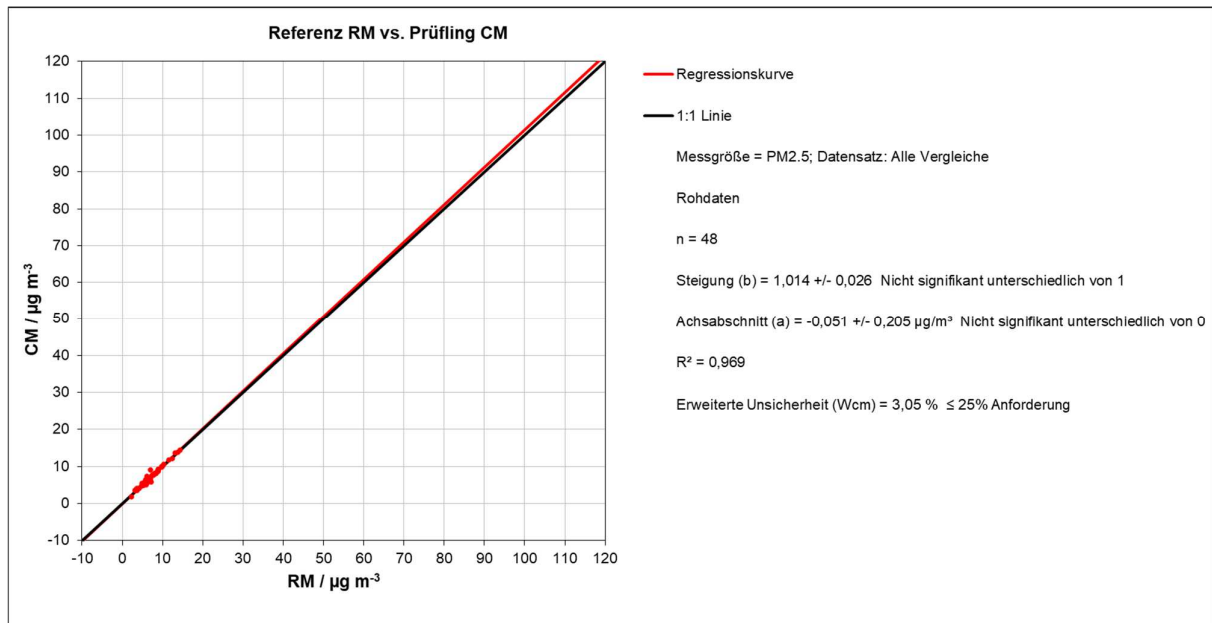


Abbildung 14: Vergleich 5014iQ (RM) vs. 5030iQ (CM), PM<sub>2,5</sub>

Es konnte kein signifikanter Unterschied durch den Betrieb mit/ohne Nephelometerbauteil festgestellt werden und es kann bestätigt werden, dass die radiometrischen Messwerte des 5030iQ als gleichwertig zu den radiometrischen Messwerten des 5014iQ anzusehen sind.

Aus diesem Grund erfolgte die Eignungsprüfung der Messeinrichtung 5014iQ auf Basis von Prüfungen der Messeinrichtung 5030iQ unter Verwendung der ausgegebenen radiometrischen Messwerte.

Eine explizite Zulassung der Messeinrichtung 5030iQ ist nicht Bestandteil des vorliegenden Berichts.

## 4. Prüfprogramm

### 4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an 2 identischen Geräten mit den Seriennummern:

Gerät 1: CM20451001

Gerät 2: CM20451005

Zum Start der Eignungsprüfung war folgende Softwareversion auf der Messeinrichtung installiert:

1.0.9.34511

Im Nachgang des Labortests erfolgten folgende Änderungen der Software:

- Korrektur eines Datenstreamproblems
- Funktionserweiterung Normdruck- und Normtemp. Veränderbar im ACT Modus
- Hinzufügen der Heizleistung im Modbus und Bayern-Hessen-Protokoll.
- Hinzufügen der momentanen und der gemittelten Normkonzentration im Bayern-Hessen-Protokoll.
- Hinzufügen des Parameters "Nephelometer Scat" in die Neph Statusanzeige und die Datenaufzeichnung (nur für 5030iQ, nicht relevant für 5014iQ).
- Für Datenabfrage CCEP (China) werden gemittelte Werte für "baro/flow/temp/RH" bereitgestellt.
- Heizregelung optimiert, die die Heizleistung für die Bedingungen erhöht, bei denen die Temperatur des Aufstellungsorts nahe der Umgebungstemperatur liegt. Vor dem Update konnte es unter sommerlichen Bedingungen (insbesondere bei hoher Luftfeuchte) vorkommen, dass der Heizung nicht genügend Leistung zugewiesen wurde und es zu Kondensationseffekten am Filterband kommen konnte.

Die Softwareversion lautet nun: 1.0.10.34573

Die Softwareversion wurde mit Start des Feldtests im November 2023 auf die aktuelle Version upgedatet und blieb im weiteren Verlauf der Prüfung unverändert.

Die Änderungen dienen der Funktionserweiterung und der Fehlerbehebung. Die Optimierung der Heizregelung wurde intensiv über den kompletten Feldtest geprüft. Es konnte kein negativer Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Messeinrichtung ermittelt werden. Ein Einfluss auf die bislang erzielten Ergebnisse der Eignungsprüfung im Labor ist nicht zu erwarten.

Nach Beendigung der Prüfungen erfolgten weitere Änderungen der Software:

Version: 1.0.11.34539

- Ergänzung der Option, den Abstand zwischen den Beprobungspunkten auf dem Filterband zu verdoppeln (Kundenwunsch aus Kanada)
- Fehlerbehebung Register für analoge und digitale Ausgänge
- Ergänzung der Punkte „Faults“ und „Uptime“ in den Service-Log.
- Entfernen der Punkte „PM Inst“ und „NEPH Inst SNMP“ aus dem User Log.

Version: 1.0.11.34542

- Fehlerbehebung im Bereich „Data Download“ über Ethernet (iQ Security Protocols)

Die Änderungen haben keine Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit der Messeinrichtung. Die Bekanntgabe der Messeinrichtung wird daher mit Softwareversion 1.0.11.34542 empfohlen.



## **4.2 Laborprüfung**

Die Eignungsprüfung erfolgte an 2 identischen Geräten mit den Seriennummern:

Gerät 1: CM20451001

Gerät 2: CM20451005

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
- Referenzfoliensätze zur Überprüfung der Empfindlichkeit

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte geräteintern. Die gespeicherten Rohdatensätze wurden über das Terminalprogramm ePort ausgelesen und in Excel ausgewertet.

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: CM20451001

Gerät 2: CM20451005

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
- Wetterstation zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- bis 12.12.2023: 2 Referenzmessgeräte LVS3 (für PM<sub>2,5</sub>) und zusätzlich 2 Referenzmessgeräte LVS3 (für PM<sub>10</sub>) gemäß Punkt 5,
- ab 13.12.2023: 2 Referenzmessgeräte SEQ47/50 (für PM<sub>2,5</sub>) und zusätzlich 2 Referenzmessgeräte SEQ47/50 (für PM<sub>10</sub>) gemäß Punkt 5,
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Nullfilter zur externen Nullpunktsüberprüfung
- Adapter zur Dichtigkeitsprüfung
- Referenzfoliensätze zur Überprüfung der Empfindlichkeit (nur informativ)

Im Feldtest liefen zeitgleich zwei Systeme 5014iQ für PM<sub>2,5</sub> und vier Referenzgeräte (2 für PM<sub>2,5</sub> und 2 für PM<sub>10</sub>). 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 meteorologischen Sensoren, die Dichtheit, die Stabilität der radiometrischen Messung mit Referenzfolien (nur informativ) sowie der Nullpunkt geprüft.

### Messtandorte und Messgerätestandorte

Die Prüflinge und die Referenzgeräte waren innerhalb des Messcontainers installiert. Lediglich am Standort Bornheim wurden vom 11.11.2023 bis 12.12.2023 anstelle der Filterwechsler vom Typ SEQ47/50 noch Einzelfiltergeräte vom Typ LVS3 eingesetzt, die direkt auf dem Containerdach installiert waren.

Der Feldtest wurde an folgenden Messtandorten durchgeführt:

Tabelle 7: Feldteststandorte

| Nr. | Messtandort                 | Zeitraum        | Charakterisierung       |
|-----|-----------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1   | Bornheim<br>(Autobahn A555) | 11/2023-01/2024 | Verkehrseinfluss        |
| 2   | Köln<br>(TÜV Parkplatz)     | 02/2024-05/2024 | Städtischer Hintergrund |
| 3   | Hambach<br>(Umfeld Tagebau) | 06/2024-09/2024 | Industriell geprägt     |
| 4   | JRC Ispra                   | 01/2025-03/2025 | Ländlich                |

Abbildung 15 bis Abbildung 22 zeigen den Verlauf der PM-Konzentrationen an den Feldteststandorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

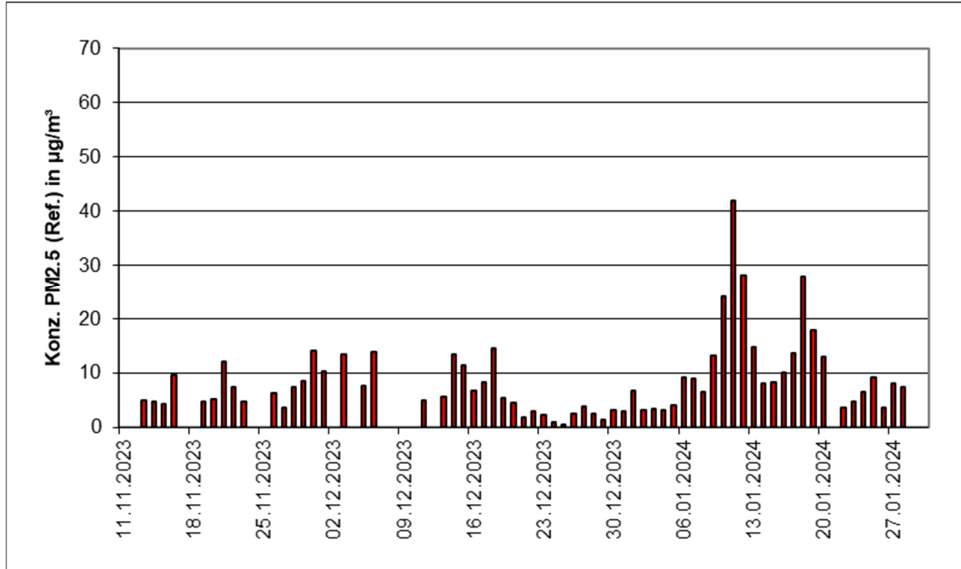


Abbildung 15: Verlauf der PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim

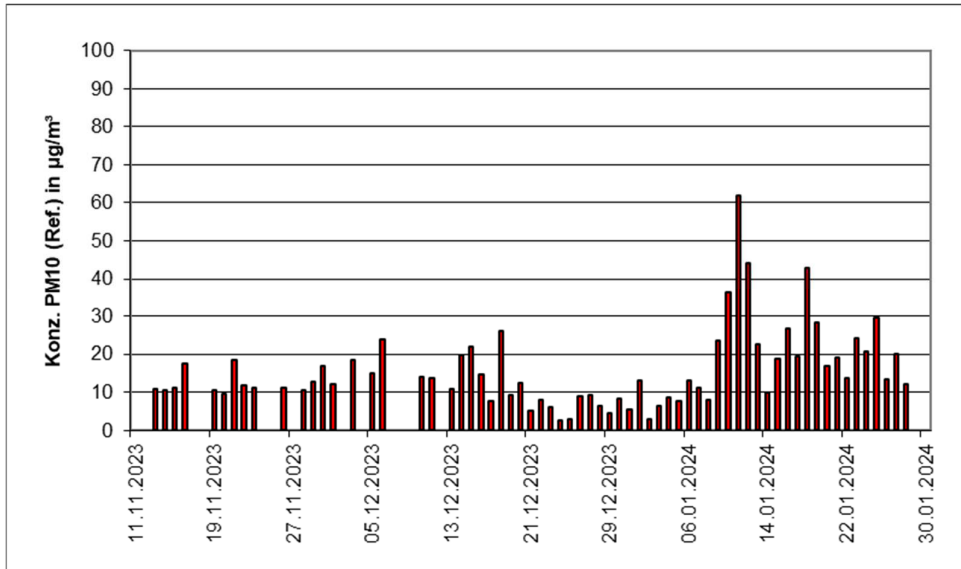


Abbildung 16: Verlauf der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort Bornheim

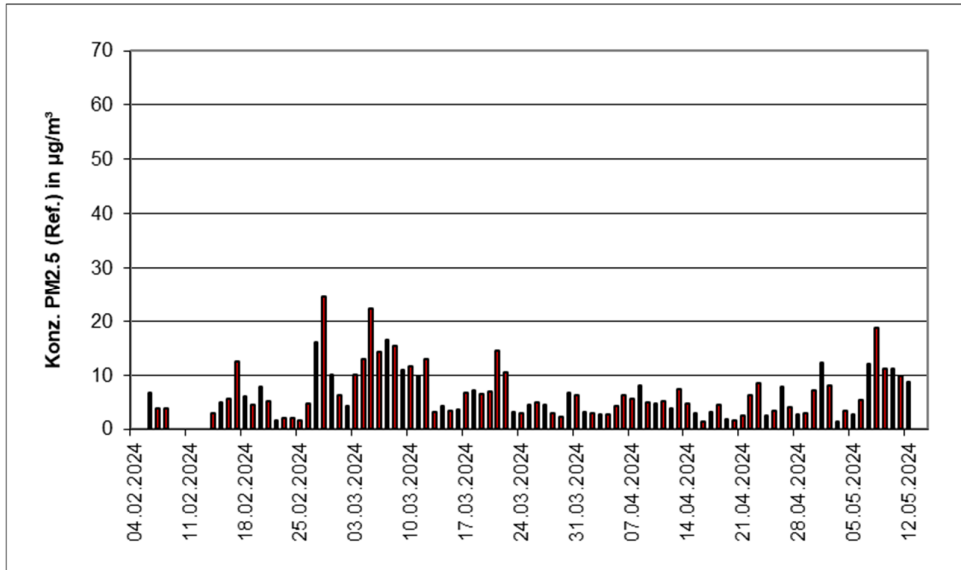


Abbildung 17: Verlauf der PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln

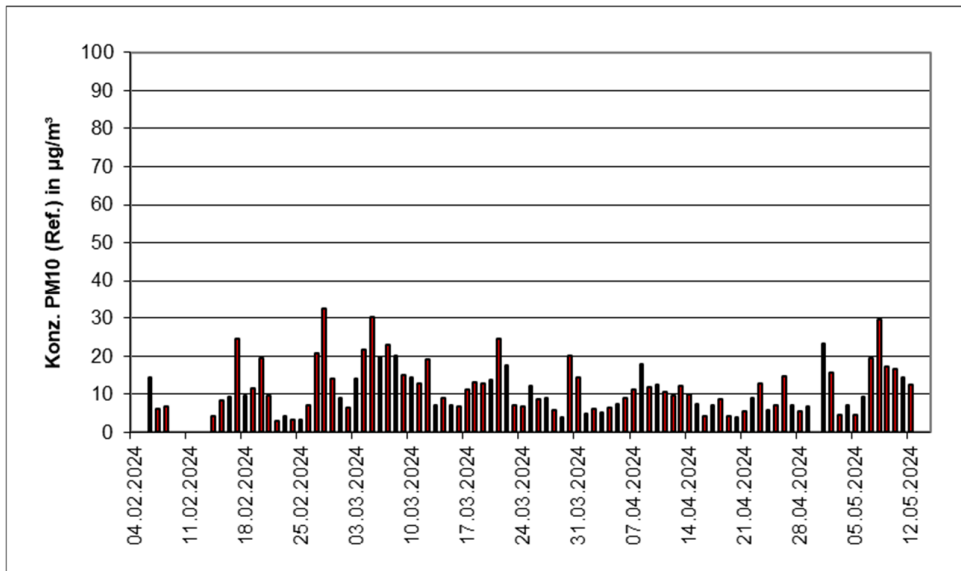


Abbildung 18: Verlauf der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort Köln

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 53 von 452

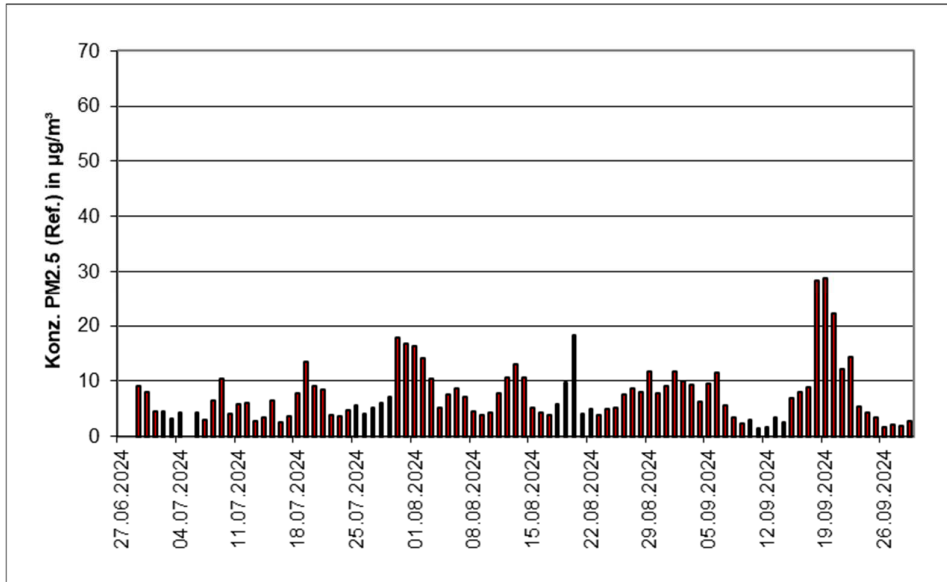


Abbildung 19: Verlauf der PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort Hambach

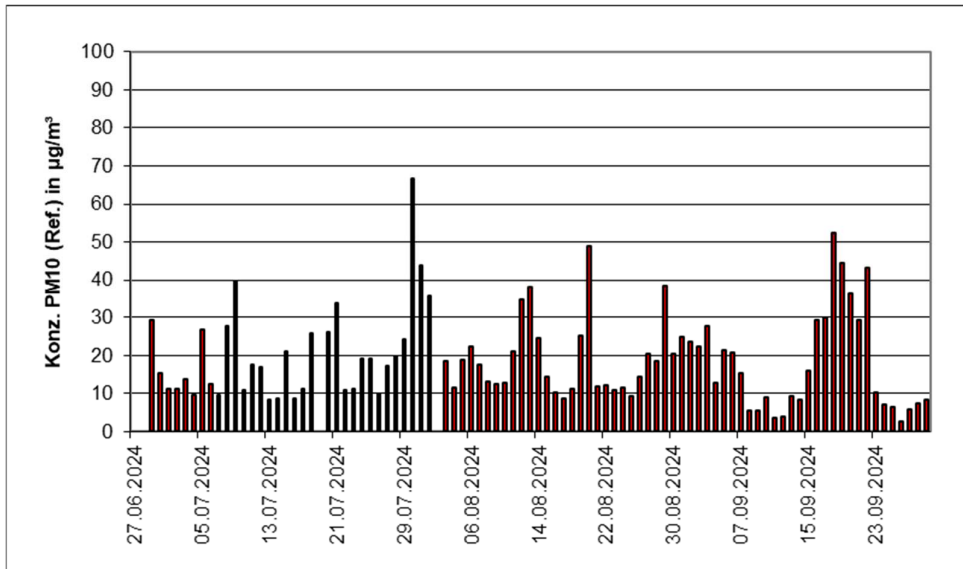


Abbildung 20: Verlauf der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort Hambach

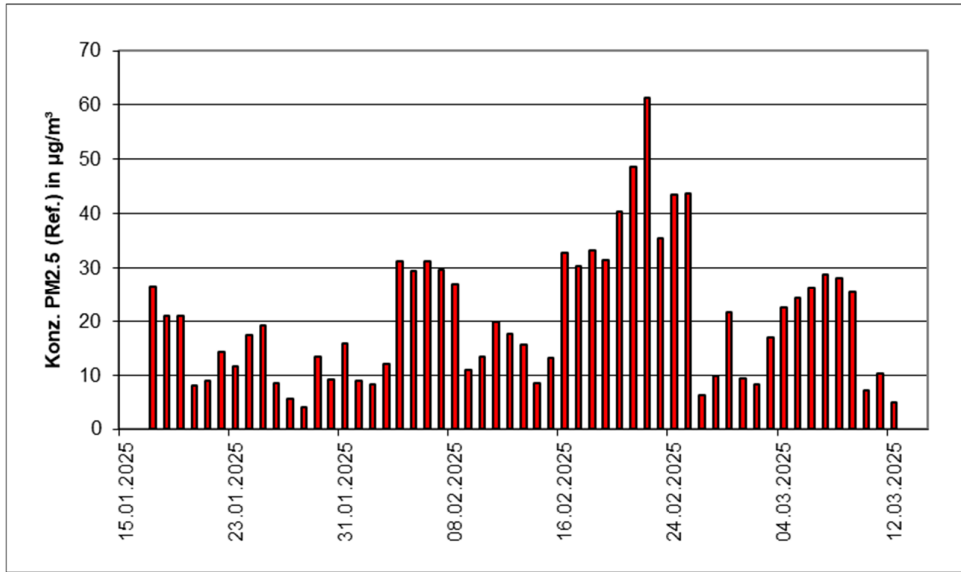


Abbildung 21: Verlauf der PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra

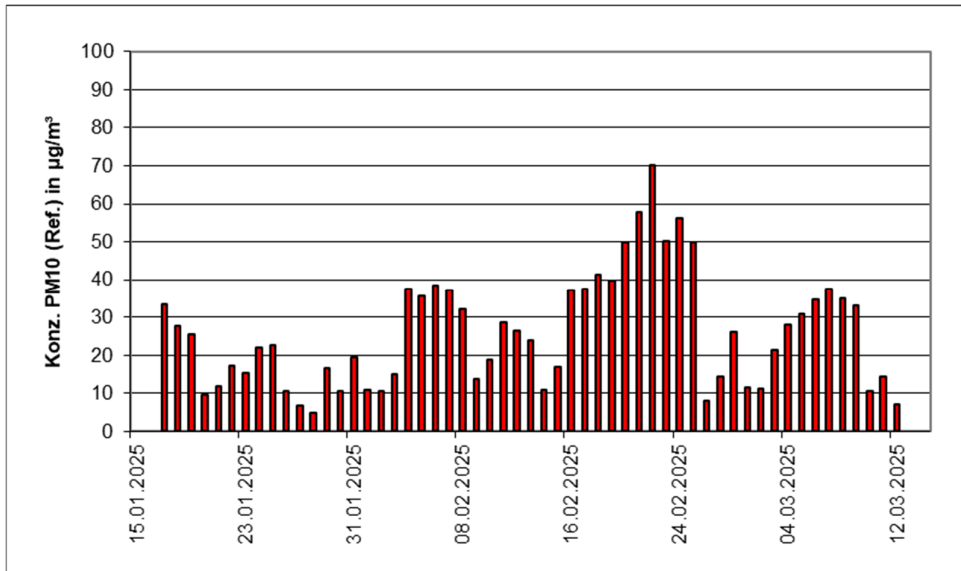


Abbildung 22: Verlauf der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen (Referenz) am Standort JRC Ispra

Die folgenden Abbildungen zeigen die verschiedenen Feldteststandorte:



Abbildung 23: Feldteststandort Bornheim



Abbildung 24: Feldteststandort Köln



Abbildung 25: Feldteststandort Hambach



Abbildung 26: Feldteststandort JRC Ispra

Neben den Messgeräten zur Bestimmung der Schwebstaubimmissionen war eine Erfassungsanlage für meteorologische Kenndaten am Container angebracht. Es erfolgte eine kontinuierliche Erfassung von Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie Niederschlagsmenge. Es wurden 1-min-Mittelwerte gespeichert.

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

- Höhe Containerdach: 2,5 m
- Höhe der Probenahme für Testgeräte
  - ca. 3,8 m über Grund /
  - ca. 1,8 m über Containerdach
- Referenzgeräte
  - ca. 3,5 m über Grund /
  - ca. 1,0 m über Containerdach

Die nachfolgende Tabelle 8 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 8: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten als Tagesmittelwerte

|   | Bornheim               | Köln                   | Hambach                | JRC Ispra              |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Anzahl Wertepaare</b><br>(2 Referenz vs. 2 x Prüfling) | PM <sub>2,5</sub> : 61 | PM <sub>2,5</sub> : 90 | PM <sub>2,5</sub> : 91 | PM <sub>2,5</sub> : 55 |
| <b>Anteil PM<sub>2,5</sub> an PM<sub>10</sub> [%]</b>     |                        |                        |                        |                        |
| Bereich   | 13,6 – 105,9*          | 33,0 – 81,1            | 23,7 – 64,6            | 65,8 – 87,9            |
| Mittelwert  | 52,9                   | 55,2                   | 38,9                   | 78,6                   |
| <b>Lufttemperatur [°C]</b>                                |                        |                        |                        |                        |
| Bereich   | -4,8 – 12,9            | 5,5 – 22,0             | 9,8 – 25,8             | -1,3 – 9,2             |
| Mittelwert  | 5,6                    | 11,2                   | 18,7                   | 5,1                    |
| <b>Luftdruck [hPa]</b>                                    |                        |                        |                        |                        |
| Bereich   | 986 - 1035             | 982 - 1026             | 980 - 1016             | 975 - 1011             |
| Mittelwert  | 1009                   | 1006                   | 1001                   | 997                    |
| <b>Rel. Luftfeuchte [%]</b>                               |                        |                        |                        |                        |
| Bereich   | 63,3 – 93,1            | 55,2 – 93,5            | 62,9 - 92,7            | 57,7 – 97,4            |
| Mittelwert  | 81,6                   | 74,9                   | 75,8                   | 85,5                   |
| <b>Windgeschwindigkeit** [m/s]</b>                        |                        |                        |                        |                        |
| Bereich   | 0,0 – 3,4              | 0,0 – 2,3              | 0,3 – 4,2              | 0,0 – 1,3              |
| Mittelwert  | 1,2                    | 0,6                    | 1,4                    | 0,2                    |
| <b>Niederschlag** [mm]</b>                                |                        |                        |                        |                        |
| Bereich   | 0,0 - 26,5             | 0,0 – 35,1             | 0,0 – 27,7             | 0,0 – 31,0             |
| Mittelwert  | 2,4                    | 3,7                    | 2,1                    | 3,7                    |

\* Messwerte 02.01.2024, rechnerisch PM<sub>2,5</sub> mit 3,2 µg/m<sup>3</sup> im Mittel größer als PM<sub>10</sub> mit 3,0 µg/m<sup>3</sup> im Mittel

\*\*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 bis zum 12.12.2023 für die Einzelfiltergeräte vom Typ LVS3 eine Probenahmezeit von 24 h (von 6:00 – 6:00 mit manuellem Wechsel zwischen 5:30 und 6:00) eingestellt.

Am 12.12.2023 wurden die Einzelfiltergeräte vom Typ LVS3 durch Filterwechsler vom Typ SEQ47/50 ersetzt.

Ab dem 13.12.2023 wurde für die Filterwechsler vom Typ SEQ47/50 eine Probenahmezeit von 24 h (von 00:00 – 00:00) eingestellt.

## 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 9: Entferntes Wertepaar Referenz PM<sub>2,5</sub> nach Grubbs

| Standort | Datum      | Referenz 1 [µg/m <sup>3</sup> ] | Referenz 2 [µg/m <sup>3</sup> ] |
|----------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Bornheim | 21.01.2024 | 10,5                            | 15,4                            |
| Hambach  | 05.07.2024 | 5,3                             | 11,6                            |

## Filterhandlung - Massenbestimmung

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

Tabelle 10: 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. bis 12.12.2023 als Referenzgerät PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>:

Einzelfiltergerät LVS3

Hersteller: Sven Leckel Ingenieurbüro GmbH, Berlin

PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>-Probenahmekopf

2. ab 13.12.2023 als Referenzgerät PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>:

Standard Referenz Probenahmegeräte mit automatischem Filterwechsel SEQ47/50-RV

Hersteller: Sven Leckel Ingenieurbüro GmbH, Berlin

PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>-Probenahmekopf

Während der Prüfung wurden parallel zwei Referenzgeräte für PM<sub>2,5</sub> und zusätzlich zwei für PM<sub>10</sub> mit einem geregelten Durchsatz von 2,3 m<sup>3</sup>/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.

Beim LVS3 wurden die Filter manuell im Zeitraum von ca. 30 min vor dem Ende der jeweiligen 24-stündigen Probenahme gewechselt und im klimatisierten Container zwischengelagert.

Die Schwebstaubkonzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Betriebs-m<sup>3</sup> dividiert wurde.

## 6. Prüfergebnisse (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: Juni 2025) ist vollständig und korrekt. Die Herstellerangaben sind nicht besser als die Ergebnisse der Eignungsprüfung.

### 6.5 Bewertung

Die Bedienungsanleitung der Messeinrichtung (Stand: Juni 2025) 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 5014iQ ist ein automatisches Messgerät auf Basis der Radiometrie. Die jeweilig zu messende Staubfraktion wird durch den eingesetzten Probenahmekopf bestimmt. Die vorliegende Messeinrichtung misst entsprechend nur die Fraktion PM<sub>2,5</sub>.

## **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtung 5014iQ ist ein automatisches Messgerät auf Basis der Radiometrie. Die jeweilig zu messende Staubfraktion wird durch den eingesetzten Probenahmekopf bestimmt. Die vorliegende Messeinrichtung misst entsprechend nur die Fraktion PM<sub>2,5</sub>.

## **6.5 Bewertung**

Die vorliegende Messeinrichtung misst nur die Fraktion PM<sub>2,5</sub> und stellt somit kein Mehrkomponentenmessgerät dar.

Mindestanforderung erfüllt? Nicht zutreffend

## **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.

Auf der obersten Ebene liegt das Hauptfenster der Benutzeranzeige. Hier werden neben der aktuellen PM-Konzentration u.a. noch Datum und Uhrzeit sowie der Gerätestatus (hier Sample = Probenahme) angezeigt. Über den Button „Calibration“ kann das System justiert werden bzw. Kalibrierparameter eingesehen werden. Über den Button „Data“ können Messdaten angezeigt und visualisiert werden. Über den Button „Settings“ kann in detaillierter Art und Weise der Gerätestatus, Fehlermeldungen, Wartungshistorie eingesehen werden sowie die Geräteparameter eingestellt werden.

Das Hauptmenü zur Bedienung der Messeinrichtung erreicht man über den Home-Button (Display links oben). Durch Drücken des Pfeil-nach-links-Buttons (Display links unten) erreicht man zudem immer das jeweilige vorige Untermenü.

### **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 27 zeigt die Messwertanzeige des 5014iQ.

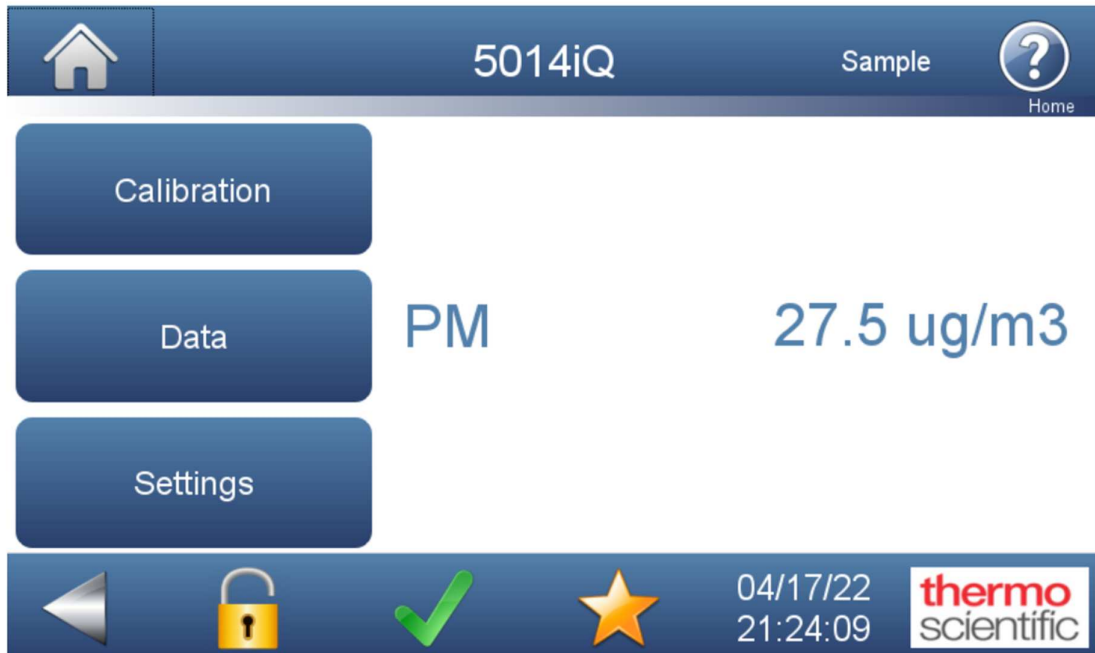


Abbildung 27: Messwertanzeige 5014iQ

## 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

1. Überprüfung des Gerätestatus  
Der Gerätestatus kann durch Kontrolle der Messeinrichtung selbst oder auch on-line überwacht und kontrolliert werden.
2. Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind (in der Eignungsprüfung ca. alle 4 Wochen).
3. Kontrolle des Filterbandvorrates – ein Filterband reicht dabei für ca. 1500 Filterbandwechsel pro Rolle (bei einer Zykluszeit von 24 h entspricht dies ca. 1500 Tage) Über die Funktion des „Filter Tape Counter“ kann die aktuelle Anzahl der Filterbandwechsel überwacht werden und es können Alarmwerte konfiguriert werden, die den Bediener an einen anstehenden Wechsel der Filterbandrolle erinnern.
4. Eine Überprüfung der Sensoren für Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck soll gemäß den Angaben des Herstellers bzw. im Einklang mit der Richtlinie DIN EN 16450 [4] alle 3 Monate erfolgen.
5. Eine Überprüfung der Durchflussrate soll gemäß den Angaben des Herstellers bzw. im Einklang mit der Richtlinie DIN EN 16450 [4] alle 3 Monate erfolgen.
6. Eine Überprüfung der Dichtigkeit soll gemäß Richtlinie DIN EN 16450 [4] mindestens jährlich erfolgen.
7. Alle 12 bis 18 Monate (bzw. je nach Einsatzdauer) ist eine Wartung der Vakuumpumpe durchzuführen. Darüber hinaus wird eine Überprüfung und ggfs. Neukalibrierung der radiometrischen Messung mit Hilfe des Foliensatzes einmal im Jahr empfohlen.
8. Während einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Probenahmerohres zu achten.

Zur Durchführung der Wartungsarbeiten sind die Anweisungen im Handbuch (Kapitel 4 und 5) zu beachten. Alle Arbeiten lassen sich grundsätzlich mit üblichen Werkzeugen durchführen.

## 6.5 Bewertung

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

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, Nullfilter, Referenzfoliensatz

### 6.3 Durchführung der Prüfung

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnungsmeldungen angezeigt. Für die korrekte Performance wichtiger Kenngrößen (z.B. Durchflüsse, Pumpenvakuum) können zudem entweder am Gerät selbst eingesehen werden und/oder bei der Datenaufzeichnung kontinuierlich mitgeloggt werden.

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

Im Rahmen der Feldprüfung wurde jeweils zu Beginn und zum Ende einer Vergleichskampagne eine Bestimmung des Nullpunktes mit Hilfe des Nullfilters durchgeführt.

Zur externen Überprüfung der Stabilität der Beta-Messung wird der Foliensatz „Massentransferstandards“ benötigt. Der Foliensatz besteht aus einer Nullfolie und 2 Messbereichsfolien. Die Nullfolie hat ungefähr die gleiche Masse wie ein sauberer Filterfleck und die Messbereichsfolie repräsentiert eine kalibrierte Massezunahme auf der Nullfolie. Aus diesem Grund werden die Folien als Foliensatz geliefert und dürfen nicht mit anderen Sätzen vertauscht werden. Mit Hilfe des Foliensatzes können nur Massen bestimmt werden.

Im Rahmen der Feldprüfung wurde ebenfalls jeweils zu Beginn und zum Ende einer Vergleichskampagne eine Überprüfung des Massenkoeffizienten anhand einer der beiden Messbereichsfolien durchgeführt.

### 6.4 Auswertung

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

Eine externe Überprüfung des Nullpunktes ist mit Hilfe des Nullfilters jederzeit möglich. Eine externe Überprüfung der radiometrischen Messung ist mit Hilfe des Foliensatz „Massentransferstandards“ ebenfalls jederzeit möglich.

### 6.5 Bewertung

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

Eine externe Überprüfung des Nullpunktes ist mit Hilfe des Nullfilters jederzeit möglich. Eine externe Überprüfung der radiometrischen Messung ist mit Hilfe des Foliensatz „Massentransferstandards“ ebenfalls jederzeit möglich.

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

Das Messsystem muss witterungsunabhängig installiert werden, z. B. in einem klimatisierten Messcontainer. Zudem erfordert die Durchführung des Ansaugrohres durch das Dach umfangreichere bauliche Maßnahmen am Messort. Ein ortsveränderlicher Einsatz wird daher nur zusammen mit der zugehörigen Peripherie angenommen.

Folgende Schritte zum Aufbau der Messeinrichtung sind grundsätzlich erforderlich:

- Auspacken und Aufstellung der Messeinrichtung (in Rack oder auf Tisch)
- Installation Probenahmerohre, beheiztes Probenahmerohr + Verlängerungsrohr und PM<sub>2,5</sub>-Probenahmekopf
- Anschluss der Pumpe
- Umgebungstemperatursensor montieren (in die Nähe des Probenahmekopfes)
- Anschluss aller Verbindungs-, Steuerungsleitungen
- Anschluss der Energieversorgung
- optional Anschluss von peripheren Erfassungs- und Steuerungssystemen (Datalogger, PC mit ePort) an die entsprechenden Schnittstellen
- Einschalten der Messeinrichtung
- Filterband einlegen

Die Durchführung dieser Arbeiten und damit die Rüstzeit wird im Handbuch mit 3 h angegeben, kann bei entsprechender Routine aber bedeutend kürzer ausfallen.

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

Nach dem Einschalten des Systems befindet sich die Messeinrichtung in einer Warm-Up-Phase bis sich der BETA-Detektor an die Umgebungsverhältnisse angepasst hat. Diese Phase sollte (wenn das Gerät nicht schon an die Aufstellungsbedingungen konditioniert ist) mindestens 12 h betragen. Sollte das Gerät schon an die Aufstellungsbedingungen konditioniert sein, so beträgt die Warm-Up-Phase ca. 2 Stunden.



Nach dieser Äquilibrierphase sind folgende Schritte zur erstmaligen Inbetriebnahme vorzunehmen:

- Überprüfung der Geräteeinstellung bzgl. Durchflussregelung, Heizungssteuerung, Filterbandparameter, Messwernerfassung sowie Datum und Zeit
- Überprüfung / ggfs. Justierung der Temperatursensoren (Umgebungstemperatur, Durchflusstemperatur)
- Überprüfung / ggfs. Justierung der Messung für den Umgebungsluftdruck
- Durchführung einer Dichtigkeitsprüfung
- Überprüfung / ggfs. Justierung der Durchflussrate
- Ggfs. Überprüfung der radiometrischen Massenbestimmung – Kalibrierung mit Massenfolie

Zeitbedarf: ca. 1 Stunde

Im Falle einer Wiederinbetriebnahme nach kürzerer Stillstandsphase z.B. nach Stromausfall, können die genannten Schritte bis auf die Überprüfung der Geräteparametrierung, die Plausibilitätsüberprüfung der Sensorwerte sowie die Überprüfung von etwaigen Status-/Fehlermeldungen unterbleiben.

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

## 6.5 Bewertung

Die Rüstzeit beträgt ca. 3 h, die notwendigen Arbeiten sind im Benutzerhandbuch beschrieben. Die Einlaufzeit, bis nach dem Einschalten valide Messwerte vorliegen, beträgt ca. 3 h (nach vollständiger Akklimatisierung der Messeinrichtung an die Umgebung und inkl. der Überprüfung und Justierung der relevanten Sensoren).

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 5014iQ muss in horizontaler Einbaulage (z.B. auf einem Tisch oder in einem Rack) witterungsunabhängig installiert werden.

Die Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung stimmen mit den Angaben aus dem Benutzerhandbuch überein und stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 11: Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung 5014iQ

| Abmessungen / Gewicht | 5014iQ  |
|-----------------------|---|
| Messgerät             | 42,5 cm (B) x 53,8 cm (T) x 31,0 cm (H);<br>18,6 kg |
| Pumpe                 | 17 cm (B) x 29 cm (T) x 20 cm (H);<br>9,5 kg        |
| Probenahmerohr        | Länge: 3 Fuß (ca. 90 cm)<br>1,8 kg                  |

Der Energiebedarf der Messeinrichtung mit der eingesetzten Pumpe wird vom Hersteller mit maximal ca. 500 W angegeben. In einem 24-stündigen Test wurde der Gesamtenergiebedarf der Messeinrichtung ermittelt. Zu keinem Zeitpunkt wurde bei dieser Untersuchung der angegebene Wert überschritten.



Um Kondensationseffekte auf dem Weg des Aerosols zum Filterband zu vermeiden, wird die 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 (rF 35 %).

### **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 der Messeinrichtung erfolgt auf der Frontseite der Messeinrichtung über ein Touchscreen-Display.

Eine Veränderung von Parametern oder die Justierung von Sensoren ist nur über mehrere Tastenfolgen möglich.

Die Messeinrichtung verfügt zudem über die Möglichkeit des Passwortschutzes. Bei aktiviertem Schutz („View Only Access, Symbol: Vorhängeschloss) können über die Benutzeroberfläche an der Gerätefrontseite Daten, Geräteparameter und Einstellungen eingesehen werden, aber nicht verändert werden.

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

### **6.4 Auswertung**

Unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern kann durch den Passwortschutz verhindert werden. Auch ohne Passwortschutz kann eine Veränderung von Parametern oder die Justierung von Sensoren nur über mehrere Tastenfolgen erfolgen. Ferner ergibt sich ein zusätzlicher Schutz vor unbefugtem Eingriff durch die Installation in einem verschlossenen Messcontainer.

### **6.5 Bewertung**

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

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 mit Software ePort

### **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Messwerte werden standardmäßig nur digital ausgegeben (Ethernet, USB).

Die Prüfung erfolgte unter Verwendung eines PC mit Software „ePort“ (via Ethernet).

Die Messeinrichtung wurde über Ethernet an einen PC angeschlossen und die Daten auf einen PC downloaded.

Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die (optionale) Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen sowie über die Ausgabe der Messsignale / Kommunikation via serieller Schnittstelle RS 232/RS 485.

### **6.4 Auswertung**

Die Messwerte werden standardmäßig nur digital ausgegeben. Die Messeinrichtung verfügt über entsprechende USB und Ethernetschnittstellen. Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die (optionale) Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen sowie über die Ausgabe der Messsignale / Kommunikation via serieller Schnittstelle RS 232/RS 485.

### **6.5 Bewertung**

Die Messwerte werden standardmäßig nur digital ausgegeben. Die Messeinrichtung verfügt über entsprechende USB und Ethernetschnittstellen. Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die (optionale) Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen sowie über die Ausgabe der Messsignale / Kommunikation via serieller Schnittstelle RS 232/RS 485.

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:

Standard: USB, Ethernet

Optional: RS 232/RS 485

## 6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt über folgende digitale Übertragungswege:

Standard: USB, Ethernet.

Optional: RS 232/RS 485

Die digitalen Ausgangssignale wurden beispielhaft mit Hilfe eines an die Messgeräte ange-  
bundenen PCs mit dem Terminalprogramm ePort überprüft.

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

Es werden die digitalen Übertragungsprotokolle Modbus, Streaming, Bayern-Hessen und VNC  
(nur Ethernet) über serielle Anbindung oder Ethernet unterstützt.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden die Daten stets via Ethernet (Terminalprogramm  
ePort) ausgelesen bzw. via USB-Schnittstelle direkt auf einen USB-Stick gespeichert.

Die Übertragung auf einen externen Rechner via Ethernet unter Verwendung des Bayern-Hes-  
sen-Protokoll wurde beispielhaft geprüft und ist funktionsfähig.

## 6.5 Bewertung

Die digitale Messwertübertragung funktioniert korrekt.

Um die Messeinrichtung während des Messbetriebs sicher vor unbefugtem Zugriff zu schüt-  
zen, 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:*

- *Messgeräteerkennung*
- *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 Modbus, Streaming, Bayern-Hessen und VNC (nur Ethernet) über serielle Anbindung oder Ethernet unterstützt.

## 6.4 Auswertung

Es werden die digitalen Übertragungsprotokolle Modbus, Streaming, Bayern-Hessen und VNC (nur Ethernet) über serielle Anbindung oder Ethernet unterstützt..

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 Modbus, Streaming, Bayern-Hessen und VNC. 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/m<sup>3</sup> als ein 24-h-Mittelwert*
- *bis 10000 µg/m<sup>3</sup> 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

Neben der direkten Kommunikation via Display besteht die Möglichkeit die Messeinrichtung, das Gerät komplett über Ethernet (Terminal-Software: ePort) zu überwachen, zu steuern oder zu parametrieren – sowohl direkt über PC oder indirekt über Modem bzw. Netzwerk. Das Gerät lässt sich über diesen Weg bedienen als ob man direkt vor dem Gerät steht.

Es werden zudem die digitalen Übertragungsprotokolle Modbus, Streaming, Bayern-Hessen und VNC (nur Ethernet) über serielle Anbindung oder Ethernet unterstützt.

## 6.4 Auswertung

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

## 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.

Einige Funktionen wie z.B. die Durchführung eines Referenzfolientests zur Überprüfung des Massenkoeffizienten der radiometrischen Messung können nur am Gerät direkt durchgeführt 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 (sofern keine praktischen Handgriffe vor Ort benötigt werden) 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 „Home Screen>Settings>Health Check“ eingesehen werden.

## 6.5 Bewertung

Die aktuelle Softwareversion kann jederzeit im Menü unter „Home Screen>Settings>Health Check“ eingesehen werden. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

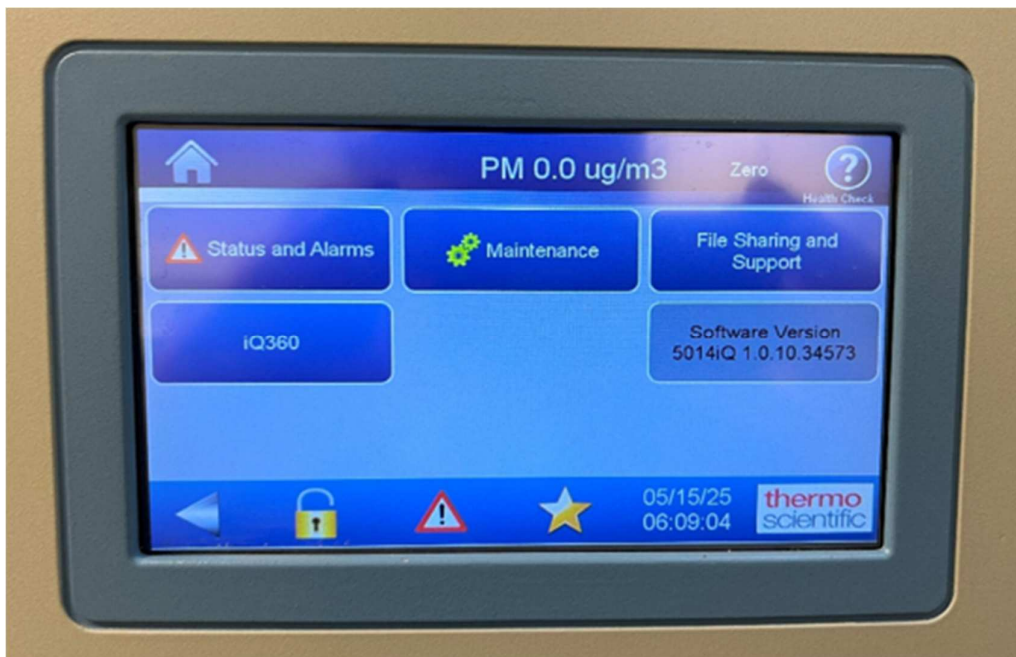


Abbildung 28: Anzeige der Softwareversion (Version 1.0.10.34573)



## **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 PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> 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/m<sup>3</sup> 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 Nullfilter am Geräteeinlass (Eingang Probenrohr) betrieben.

Zur Bestimmung der Leistungskenngrößen am Referenzpunkt wird ein Referenzfoliensatz verwendet.

Relevante Sensoren für Temperatur, Druck und rel. Feuchte können überprüft und gegebenenfalls justiert werden.

Die Messeinrichtung gibt das Ausgangssignal als Mittelwert (gleitend) ohne Glättungsfilter (Static Filtering) aus. Die Integrationszeit ist im Rahmen der Prüfung auf ein Intervall von 20 min 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 Umgebungs-temperatur (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 Umgebungs-temperatur (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 Umgebungs-temperatur (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 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 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 PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> 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 Nullfilter am Geräteeinlass (Eingang Probenrohr) zu Beginn und zum Ende jeder Vergleichskampagne über mindestens 24 h betrieben.

Eine Überprüfung des Referenzpunkts unter Feldbedingungen ist grundsätzlich gemäß DIN EN 16450 [4] nicht vorgesehen. Im Rahmen der Überprüfungen der Messeinrichtungen zu Beginn und zum Ende jeder Vergleichskampagne erfolgte jedoch der Vollständigkeit halber auch eine Überprüfung des Massenkoeffizienten mittels Referenzfoliensatz.

## **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/m<sup>3</sup> bis 1000 µg/m<sup>3</sup> als 24-h-Mittelwert*

*0 µg/m<sup>3</sup> bis 10000 µg/m<sup>3</sup> als 1-h-Mittelwert, falls zutreffend*

### 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 ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m<sup>3</sup> eingestellt.  
Es können bei Bedarf aber auch Messbereiche bis zu 0 – 10.000 µg/m<sup>3</sup> eingestellt werden.

### 7.5 Bewertung

Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m<sup>3</sup> eingestellt.

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.

### **7.5 Bewertung**

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

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 beträgt für PM<sub>2,5</sub> maximal  $0,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und die Nachweisgrenze beträgt  $1,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 12: Nullniveau und Nachweisgrenze PM<sub>2,5</sub>

|   |                   | Gerät CM20451001 | Gerät CM20451005 |
|---|-------------------|------------------|------------------|
| Anzahl der Werte n                                |                   | 15               | 15               |
| Mittelwert der Leerwerte (Nullniveau) $\bar{x}_0$ | µg/m <sup>3</sup> | 0,59             | 0,51             |
| Standardabweichung der Werte $s_{x_0}$            | µg/m <sup>3</sup> | 0,51             | 0,40             |
| Nachweisgrenze x                                  | µg/m <sup>3</sup> | <b>1,68</b>      | <b>1,33</b>      |

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 5014iQ arbeitet mit einer konstanten Durchflussrate von 16,67 l/min.

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.

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 16,67 l/min lag bei maximal -1,61 % .

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Durchflussmessungen bei den zulässigen Umgebungstemperaturen sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Genauigkeit des Volumenstroms bei +5 °C und +40 °C

|                         |       | Gerät CM20451001 | Gerät CM20451005 |
|-------------------------|-------|------------------|------------------|
| Sollwert Durchflussrate | l/min | 16,67            | 16,67            |
| Mittelwert bei 5°C      | l/min | 16,45            | 16,40            |
| Abw. vom Sollwert       | %     | -1,35            | -1,61            |
| Mittelwert bei 40°C     | l/min | 16,87            | 16,78            |
| Abw. vom Sollwert       | %     | 1,17             | 0,66             |

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 Probendurchflusses)*

### 7.2 Gerätetechnische Ausstattung

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

### 7.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung 5014iQ arbeitet mit einer konstanten Durchflussrate von 16,67 l/min.

Im Rahmen der Feldprüfungen wurde der Probenahmevolumenstrom vor und nach jedem Feldteststandort mit Hilfe eines Massendurchflussmessers auf Korrektheit überprüft. Eine Nachjustierung der Durchflussrate war nur einmal notwendig (für CM202451005 zu Beginn Standort Hambach), ansonsten erfolgten keine Justierungen.

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 16,67 l/min beträgt maximal 0,77 % 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 14 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss aufgeführt. Abbildung 29 bis Abbildung 30 zeigen eine grafische Darstellung der Durchflussmessungen an den beiden Testgeräten.

|                    |       | Gerät CM20451001 | Gerät CM20451005 |
|--------------------|-------|------------------|------------------|
| Mittelwert         | l/min | 16,58            | 16,80            |
| Abw. vom Sollwert  | %     | -0,52            | 0,77             |
| Standardabweichung | l/min | 0,13             | 0,08             |
| Minimalwert        | l/min | 16,14            | 16,55            |
| Maximalwert        | l/min | 16,97            | 17,00            |

Tabelle 14: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel)

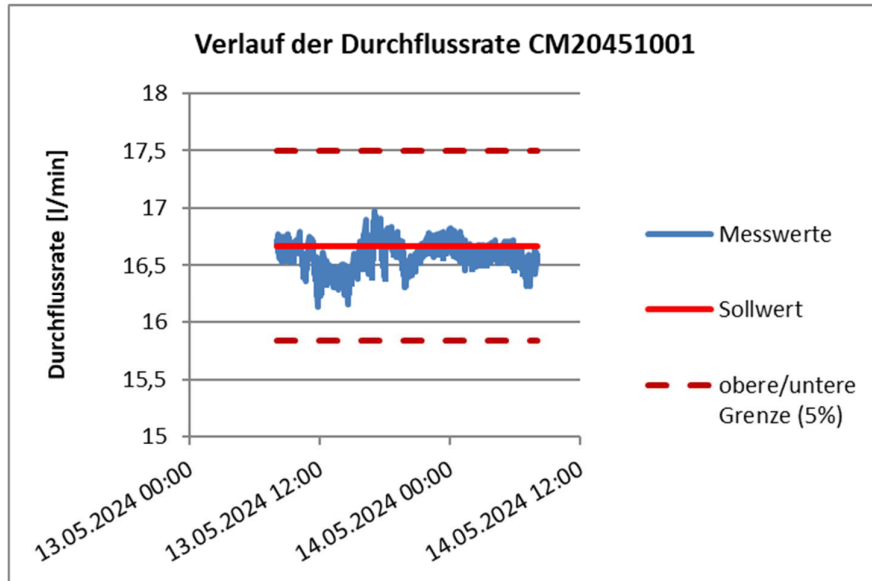


Abbildung 29: Durchfluss am Testgerät CM20451001

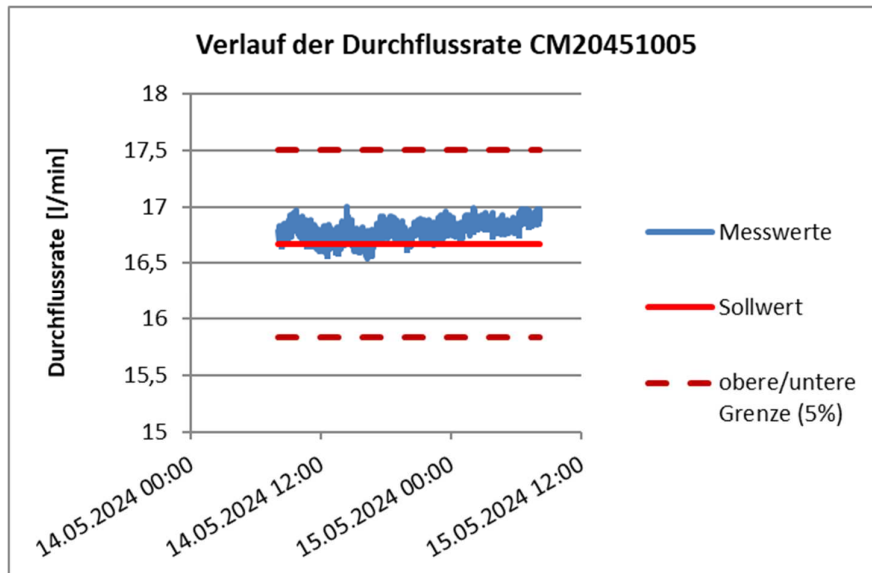


Abbildung 30: Durchfluss am Testgerät CM20451005



### 7.1 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6)

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

### 7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Durchflussmesser, Adapter für Dichtheitsprüfung

### 7.3 Durchführung der Prüfung

Die Dichtheit (Leckrate) des gesamten Volumenstromweges der AMS (Probeneinlass, Probenahmerohr, Messeinrichtung) ist nach der Spezifikation des Herstellers zu prüfen. Eine in die AMS integrierte Dichtheitsprüfung kann verwendet werden, vorausgesetzt, eine derartige Prüfung ist für eine angemessene Beurteilung der Dichtheit 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 5014iQ existiert ein festgelegtes Verfahren um die Dichtheit zu überprüfen (Kapitel 5 des Handbuchs). Hierzu wird der Messbetrieb unterbrochen und das Gerät in Service-Mode geschaltet.

Im ersten Schritt installiert man einen externen Durchflussmesser am Inlet und nimmt die Durchflussrate vom Gerät selbst als auch von der externen Messung sowie den angezeigten Unterdruck (VAC in mmHg) auf. Bei signifikanten Abweichungen zwischen den Durchflussraten, wird die Durchflussrate am Gerät durch Abgleich auf die Durchflussrate des externen Durchflussmessers justiert. Danach wird der Dichtheitsprüfadapter direkt auf den Einlass gesteckt und vor den Adapter wird erneut das externe Durchflussmessgerät angeschlossen. Der Durchflussadapter sorgt geräteseitig durch die Querschnittsverkleinerung der Ansaugöffnung für ein deutlich erhöhtes Vakuum. Man vergleicht in diesem Zustand nun die extern gemessene Durchflussrate mit Adapter mit der mit der extern gemessenen Durchflussrate ohne Adapter. Idealerweise (d.h. bei absoluter Dichtheit) unterscheiden sich die beiden aufgenommenen Durchflussraten nicht. Laut Hersteller ist eine maximale Differenz von 0,42 l/min (= 2,5 % der Durchflussrate) zulässig, bei größeren Abweichungen ist das System auf Leckagen zu untersuchen, insbesondere in dem man die zahlreichen Anschlussstücke oberhalb des radiometrischen Messkopfes überprüft. Kann die Ursache nicht gefunden werden, so ist der Hersteller zu kontaktieren.

Die Dichtheitsprüfung darf ausdrücklich nur unter Verwendung des Dichtheitsprüfadapters und der beschriebenen Prozedur durchgeführt werden, da es ansonsten zu Schäden am Gerät kommen kann.

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 15: Ergebnisse Dichtigkeitsprüfungen 5014iQ

|           | Undichtigkeit in % vom Probenvolumenstrom |          |            |          |
|-----------|---|----------|------------|----------|
|           | CM20451001                                |          | CM20451005 |          |
|           | Zu Beginn                                 | Zum Ende | Zu Beginn  | Zum Ende |
| Bornheim  | 0,72                                      | 1,02     | 0,18       | 1,26     |
| Köln      | 1,08                                      | 0,60     | 0,84       | 0,60     |
| Hambach   | 0,84                                      | 0,66     | 0,90       | 0,84     |
| JRC Ispra | 1,26                                      | 0,66     | 0,96       | 0,42     |

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 1,26 % 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<sub>S,n</sub> betrug für PM<sub>2,5</sub> -1,6 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 16: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, PM<sub>2,5</sub>

| Temperatur          | CM20451001        |   | CM20451005        |   |
|---------------------|-------------------|---|-------------------|---|
|                     | Messwert          | Abweichung zu<br>mittlerem Messwert<br>bei 20°C | Messwert          | Abweichung zu<br>mittlerem Messwert<br>bei 20°C |
| °C                  | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup>                               | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup>                               |
| 20                  | 1,5               | -0,1  | 0,7               | -0,3  |
| 5                   | 1,2               | -0,5  | 0,4               | -0,7  |
| 20                  | 2,2               | 0,5   | 0,8               | -0,2  |
| 40                  | 0,1               | -1,6  | 0,1               | -1,0  |
| 20                  | 1,2               | -0,4  | 1,7               | 0,6   |
| Mittelwert bei 20°C | 1,6               | -   | 1,1               | -   |

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, Referenzfoliensatz.

### 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.

Für die Untersuchungen wurde zur Überprüfung der Stabilität der Empfindlichkeit der Massenkoeffizient mit Hilfe einer Referenzfolie überprüft.

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

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

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 -1,9 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 17: Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur

| Temperatur<br>°C    | CM20451001       |  | CM20451005       |  |
|---------------------|------------------|--|------------------|--|
|                     | Messwert<br>[µg] | Abweichung zu<br>mittlerem Messwert<br>bei 20°C<br>% | Messwert<br>[µg] | Abweichung zu<br>mittlerem Messwert<br>bei 20°C<br>% |
| 20                  | 1284,1           | 0,7  | 1260,2           | 0,1  |
| 5                   | 1263,6           | -0,9   | 1249,3           | -0,8   |
| 20                  | 1257,2           | -1,4   | 1253,1           | -0,5   |
| 40                  | 1259,0           | -1,3   | 1235,7           | -1,9   |
| 20                  | 1284,4           | 0,7  | 1264,5           | 0,4  |
| Mittelwert bei 20°C | 1275,2           | -  | 1259,3           | -  |

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, Referenzfoliensatz.

### 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.

Für die Untersuchungen wurde zur Überprüfung der Stabilität der Empfindlichkeit der Massenkoeffizient mit Hilfe einer Referenzfolie überprüft.

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

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Messwertes für den Massenkoeffizienten für jede Netzspannungstufe bezogen auf den Ausgangspunkt bei 230 V.

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 0,3 %, 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 | CM20451001 |  | CM20451005 |  |
|--------------|------------|--|------------|--|
|              | Messwert   | Abweichung zu<br>mittlerem Messwert<br>bei 230 V | Messwert   | Abweichung zu<br>mittlerem Messwert<br>bei 230 V |
| V            | [µg]       | %  | [µg]       | %  |
| 230          | 1262,8     | 0,2  | 1252,2     | 0,1  |
| 195          | 1258,8     | -0,1   | 1249,1     | -0,1   |
| 230          | 1257,4     | -0,2   | 1249,7     | -0,1   |
| 253          | 1263,3     | 0,3  | 1251,1     | 0,1  |
| 230          | 1260,1     | 0,0  | 1249,2     | -0,1   |

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. Die ersten mindestens 2 h an Messwerten nach Wiederkehr der Stromversorgung sollten allerdings verworfen werden, da sich die Messeinrichtung nach dem Wiedereinschalten zuerst in einer Äquilibrierphase befindet, bis sich der BETA-Detektor an die Umgebungsverhältnisse angepasst hat.

### **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. Die ersten mindestens 2 h an Messwerten nach Wiederkehr der Stromversorgung sollten allerdings verworfen werden, da sich die Messeinrichtung nach dem Wiedereinschalten zuerst in einer Äquilibrierphase befindet, bis sich der BETA-Detektor an die Umgebungsverhältnisse angepasst hat.

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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> zwischen den Werten im Bereich von 40 % bis 90 % relative Feuchte.

### 7.5 Bewertung

Es wurde eine maximale Differenz von -1,6 µg/m<sup>3</sup> 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<sub>2,5</sub>

| rel. Luftfeuchte    | CM20451001        |                             | CM20451005        |                             |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
|                     | Messwert          | Abweichung zu Vorgängerwert | Messwert          | Abweichung zu Vorgängerwert |
| %                   | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup>           | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup>           |
| 40                  | 2,7               | -                           | 1,5               | -                           |
| 90                  | 1,1               | -1,6                        | 0,1               | -1,4                        |
| 40                  | 2,0               | 0,9                         | 1,4               | 1,3                         |
| Maximale Abweichung | -1,6              |                             | -1,4              |                             |

## **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 Probenahmeeinlasses 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**

Die Prüfungen wurden zu Beginn und am Ende bei jeder der vier Vergleichskampagnen vorgenommen. Die Prüfung zum Ende der dritten Vergleichskampagne am Standort Hambach erfolgte erst ca. 2 Monate nach Ende der Vergleichsmessungen.

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  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja



### 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 20: Nullpunktprüfungen, PM<sub>2,5</sub>

| Datum      | CM20451001        |   | Datum      | CM20451005        |   |
|------------|-------------------|---|------------|-------------------|---|
|            | Messwert          | Messwert (absolut)<br>≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup> |            | Messwert          | Messwert (absolut)<br>≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup> |
|            | µg/m <sup>3</sup> |   |            | µg/m <sup>3</sup> |   |
| 11.11.2023 | 0,3               | ok  | 11.11.2023 | 0,9               | ok  |
| 30.01.2024 | 0,9               | ok  | 30.01.2024 | 0,4               | ok  |
| 04.02.2024 | 0,7               | ok  | 04.02.2024 | 0,2               | ok  |
| 14.05.2024 | 1,2               | ok  | 14.05.2024 | 0,5               | ok  |
| 27.06.2024 | 1,8               | ok  | 27.06.2024 | 0,2               | ok  |
| 04.12.2024 | 0,5               | ok  | 04.12.2024 | -0,1              | ok  |
| 15.01.2025 | 1,0               | ok  | 15.01.2025 | 2,4               | ok  |
| 14.03.2025 | 0,5               | ok  | 14.03.2025 | 0,3               | 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 mit Terminalsoftware ePort 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. Bayern-Hessen-Protokoll). Über einen PC mit Terminalsoftware ePort kann das Gerät aus der Ferne bedient werden als würde man davor stehen. Im Menü „Home Screen>Settings>Health Check>Status and Alarms“ lässt sich für eine Vielzahl der überwachten Parameter der Status sowie etwaig vorliegende Alarmlmeldungen einsehen. Alarmschwellen können vom Benutzer individuell festgelegt werden

Die vom Gerät zu speichernden oder zu streamenden Parameter können vom Benutzer individuell festgelegt werden.

Die Übermittlung von Betriebszuständen sowie der relevanten Parameter wie z.B.:

- Außenlufttemperatur, -druck, -feuchte
- Temperatur / rel. Feuchte im Bereich des Filters (Probenahmeposition)
- Pumpenvakuum
- Durchflussrate
- Massenkonzentration
- Temperatur Probenahmeheizung

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 legt die Messwerte im geräteinternen Speicher in einem vom Nutzer wählbaren Intervall zwischen 1 min und 60 min ab (Konfiguration in der Eignungsprüfung war 1 min). Diese können z.B. über die Software ePort ausgelesen werden und mit einer Tabellenkalkulation beliebig weiterverarbeitet werden. Des Weiteren stehen über die verschiedenen Ausgabeprotokolle die Messwerte in hoher zeitauflösung zur Verfügung.

Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist leicht möglich

### **7.5 Bewertung**

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

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

Hier nicht erforderlich



### 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 vier 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. 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

- $t_{\text{valid}}$  die Zeitspanne, in der valide Daten erfasst wurden;
- $t_{\text{cal,maint}}$  die für planmäßige Kalibrierungen und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit;
- $t_{\text{field}}$  die Gesamtdauer der Feldprüfung.

### 7.4 Auswertung

Tabelle 21 zeigt eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest über einen Zeitraum von insgesamt 337 Messtagen betrieben. Dieser Zeitraum beinhaltet 13 Tage mit Nullfilterbetrieb (bzw. durch Wechsel zwischen Nullfilter und Probenahmekopf beeinflusste Tage).

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

CM20451001 & CM20451005: 5 Tage Stromausfall komplett am Standort Köln

CM20451001: 4 Tage durch Vertauschen des Probenahmekopfes (PM<sub>10</sub> statt PM<sub>2,5</sub>) am Standort Bornheim

Während bei Gerät CM20451005 während der Prüfung keine Gerätestörungen verzeichnet wurden, gab es bei Gerät CM20451001 an insgesamt 3 Tagen Ausfälle (16.04.2024, 17.04.2024 und 19.07.2024). Die Ausfälle wurden jeweils verursacht durch einen sehr hohen Peak im radiometrischen Signal mit unbekannter Ursache (April 2024) sowie durch einen Instrument-Reset mit unbekannter Ursache (Juli 2024).

## 7.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für Gerät CM20451001 99,1 % und für Gerät CM20451005 100 %.  
Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 21: Ermittlung der Verfügbarkeit

|   |   | Gerät 1 (SN<br>CM20451001) | Gerät 2 (SN<br>CM20451005) |
|---|---|----------------------------|----------------------------|
| Gesamtzeit  | d | 337                        | 337                        |
| Extern bedingte Ausfälle                                    | d | 9                          | 5                          |
| Einsatzzeit<br>( $t_{\text{field}}$ )                       | d | 328                        | 332                        |
| Ausfallzeit   | d | 3                          | 0                          |
| Wartungszeit inkl. Nullfilter<br>( $t_{\text{cal,maint}}$ ) | d | 13                         | 13                         |
| Tatsächliche Betriebszeit<br>( $t_{\text{valid}}$ )         | d | 312                        | 319                        |
| Verfügbarkeit   | % | 99,1                       | 100                        |



## 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/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> und 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>. Sofern aufgrund niedriger Konzentrationen das Kriterium von 20 % der Ergebnisse größer als 28 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> bzw. größer als 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> 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/m<sup>3</sup> für alle Daten sowie für einen Datensatz mit Daten größer/gleich 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> und 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>.
3. Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten muss kleiner sein als 2,0 µg/m<sup>3</sup>.
4. Die erweiterte Unsicherheit ( $W_{CM}$ ) wird berechnet bei 50 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> und bei 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> für jeden einzelnen Prüfling gegen den Mittelwert der Referenzmethode. Für jeden der folgenden Fälle muss die erweiterte Unsicherheit kleiner 25 % sein:
  - Gesamtdatensatz;
  - Datensatz mit PM-Konzentrationen größer/gleich 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> oder größer/gleich 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>, vorausgesetzt der Datensatz enthält 40 oder mehr gültige Datenpaare;
  - Datensätze für jeden einzelnen Standort.
5. Voraussetzung für die Akzeptanz des Komplettdatensatzes ist, dass die Steigung  $b$  insignifikant verschieden ist von 1:  $|b - 1| \leq 2 \cdot u(b)$  und der Achsabschnitt  $a$  insignifikant verschieden ist von 0:  $|a| \leq 2 \cdot u(a)$ . Wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt werden, dann können die Prüflinge mit den Werten des Gesamtdatensatzes für die Steigung und/oder für den Achsabschnitt kalibriert werden.

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Erfüllung der 5 Kriterien geprüft:

Unter Punkt 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<sub>2,5</sub> bzw. größer als  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>10</sub>. 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 42 Messwerte über  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>2,5</sub>. 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<sub>2,5</sub> (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>10</sub> (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

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  $0,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  unterhalb des geforderten Wertes von  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja

### 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 22: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs,AMS}$ .

| Standort  | Anzahl Werte                  | Unsicherheit $u_{bs,AMS}$ |
|---|-------------------------------|---------------------------|
|   |                               | $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |
|   |                               | <b>PM<sub>2,5</sub></b>   |
| <b>Alle Standorte</b>   | <b>312 (PM<sub>2,5</sub>)</b> | <b>0,59</b>               |
| Klassierung über Referenzwerte  |                               |                           |
| <b>Werte <math>\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> (PM<sub>2,5</sub>)</b> | <b>38 (PM<sub>2,5</sub>)</b>  | <b>0,87</b>               |

Hinweis: In den nachfolgenden Diagrammen entspricht CM1 dem Gerät CM20451001 und CM2 dem Gerät CM20451005.

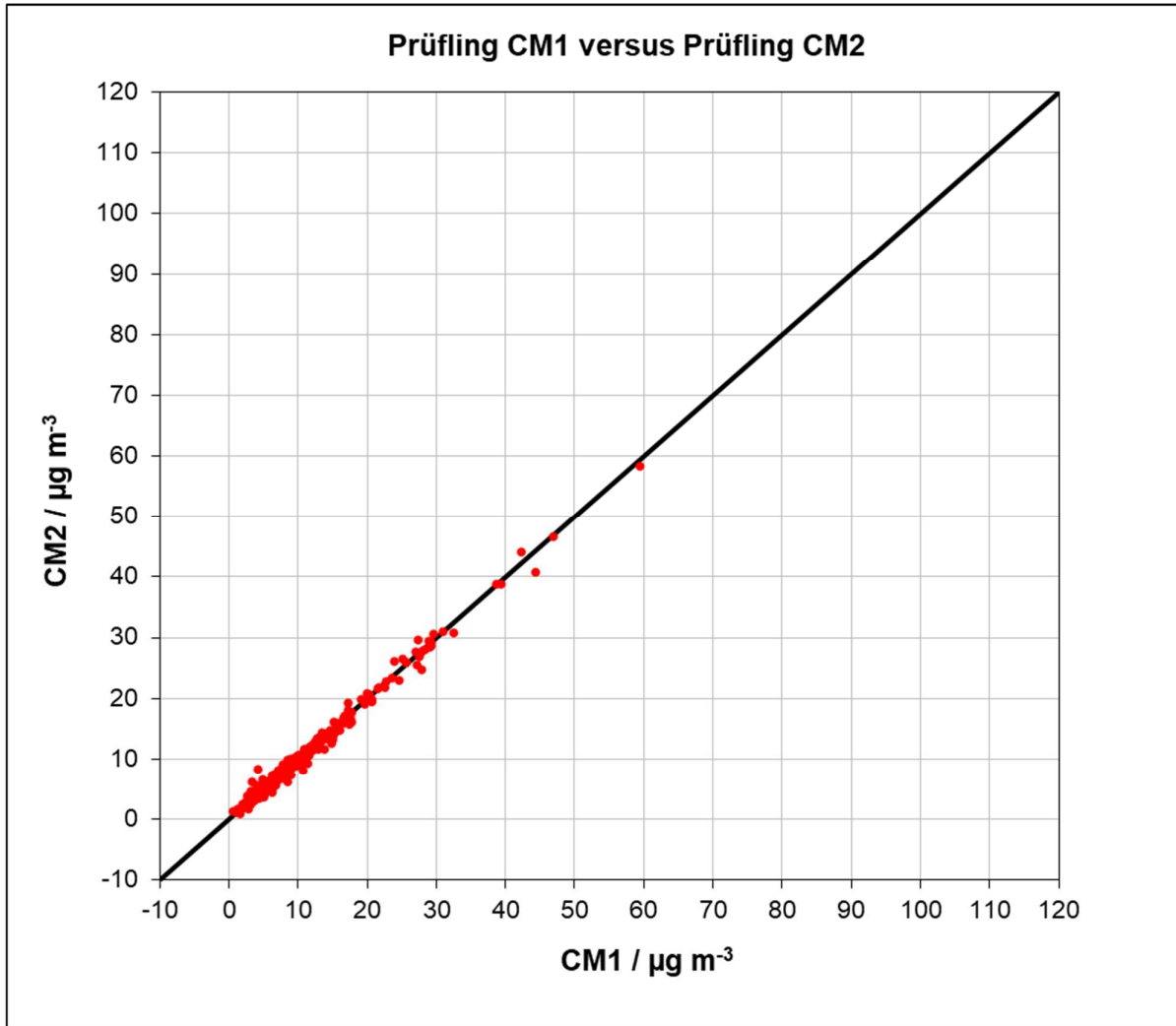


Abbildung 31: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte, PM<sub>2,5</sub>

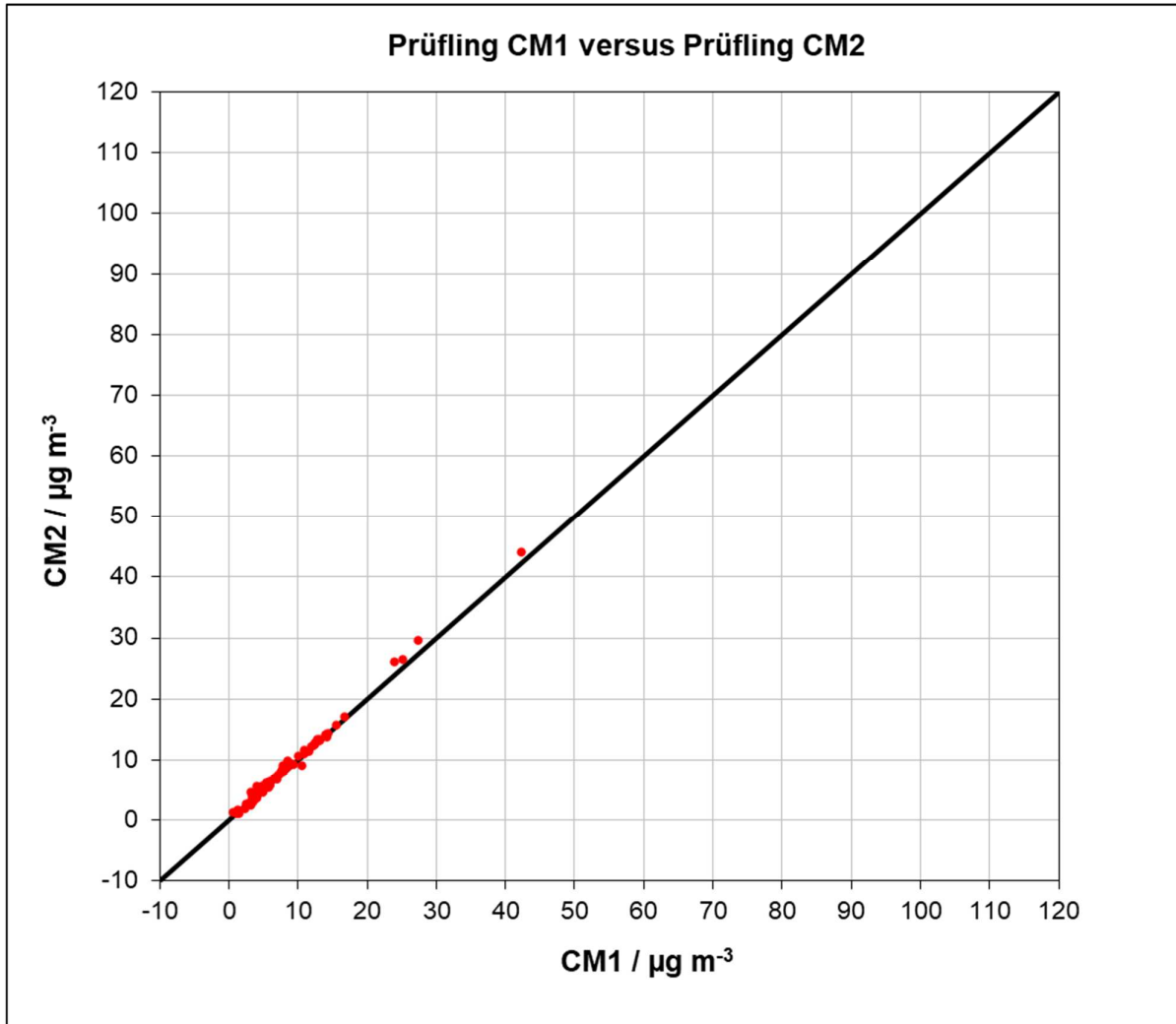


Abbildung 32: Ergebnis der Parallelmessungen, Bornheim, PM<sub>2,5</sub>

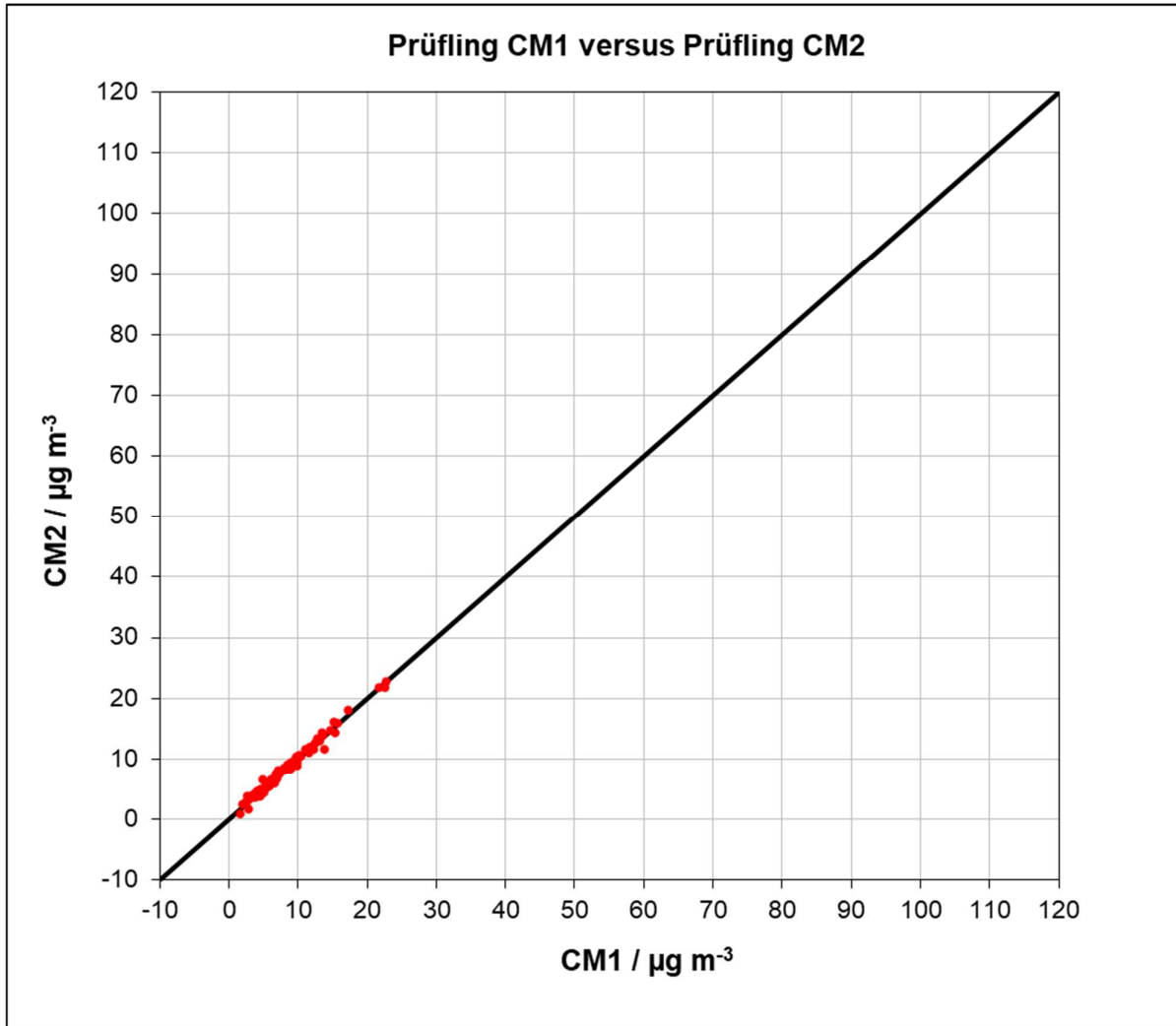


Abbildung 33: Ergebnis der Parallelmessungen, Köln, PM<sub>2,5</sub>

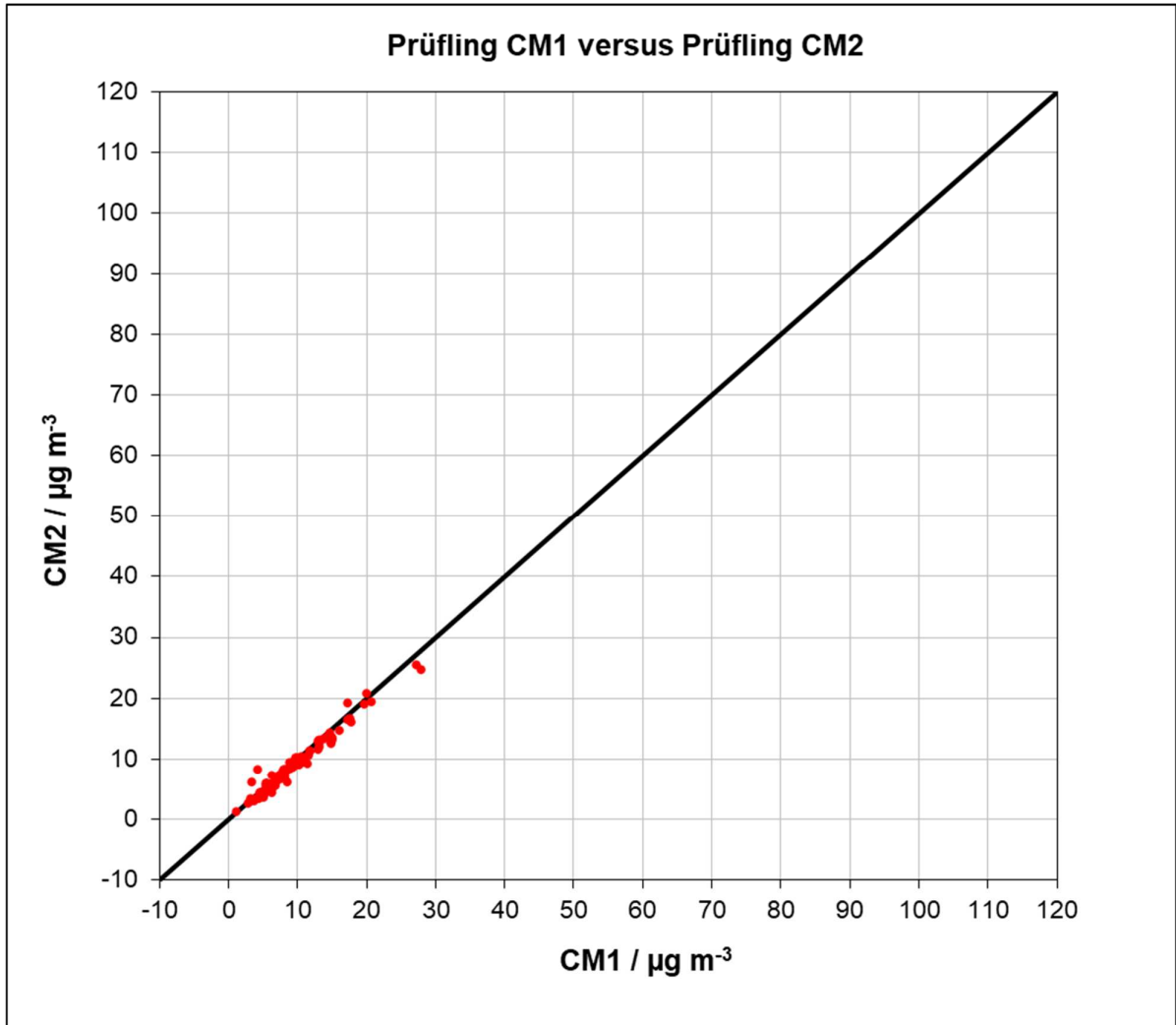


Abbildung 34: Ergebnis der Parallelmessungen, Hambach, PM<sub>2,5</sub>

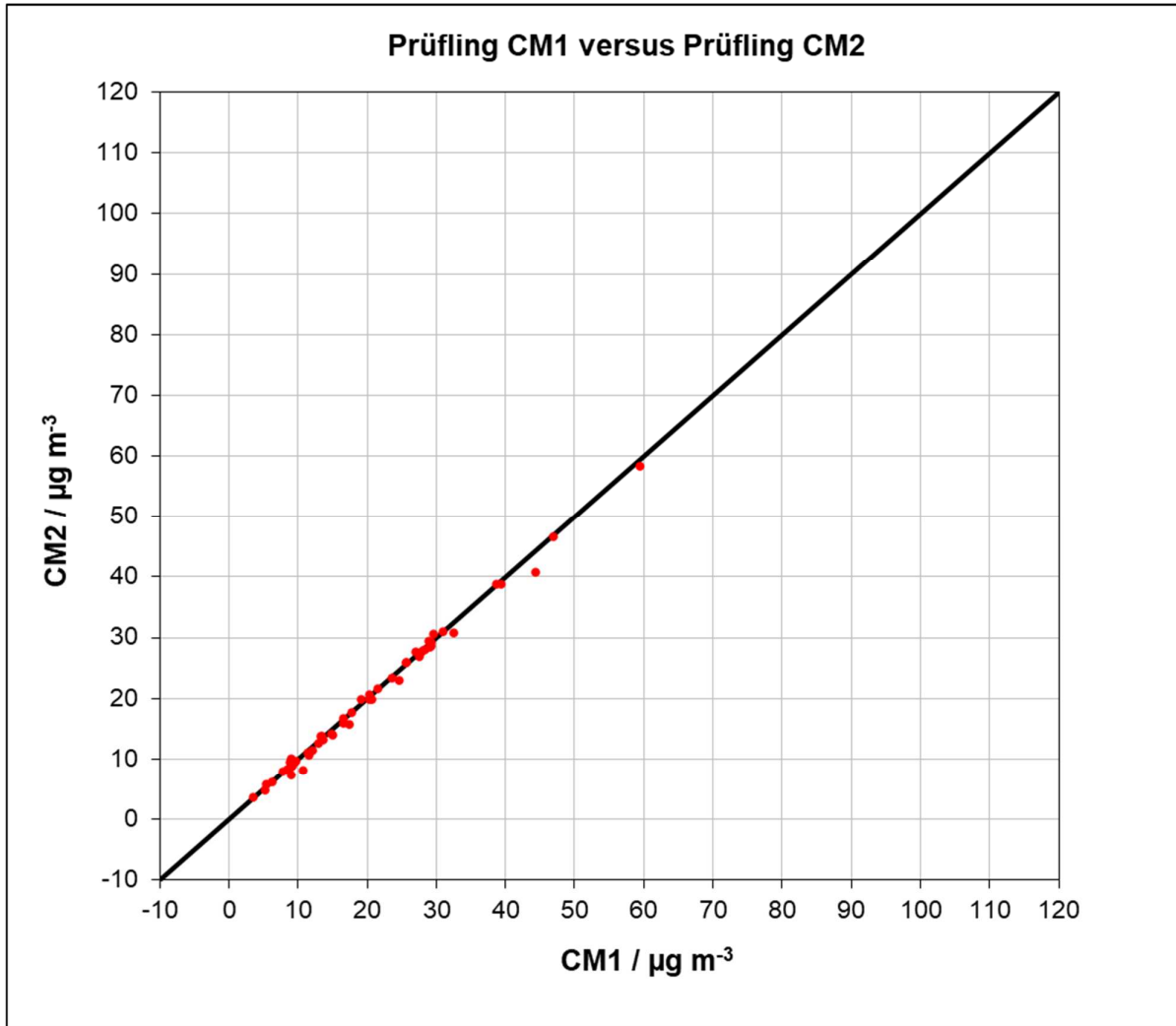


Abbildung 35: Ergebnis der Parallelmessungen, JRC Ispra, PM<sub>2,5</sub>

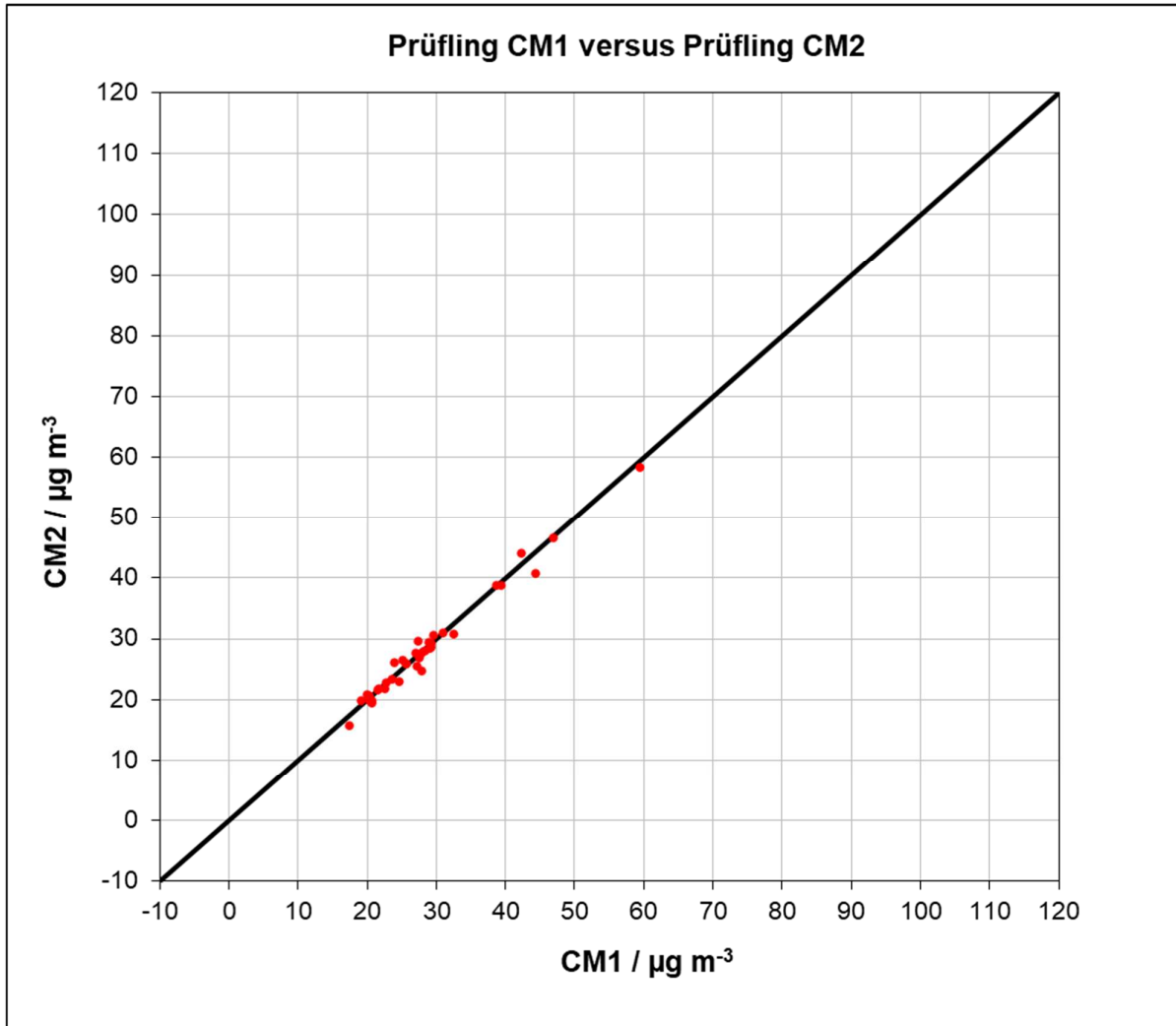


Abbildung 36: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte  $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM<sub>2,5</sub>

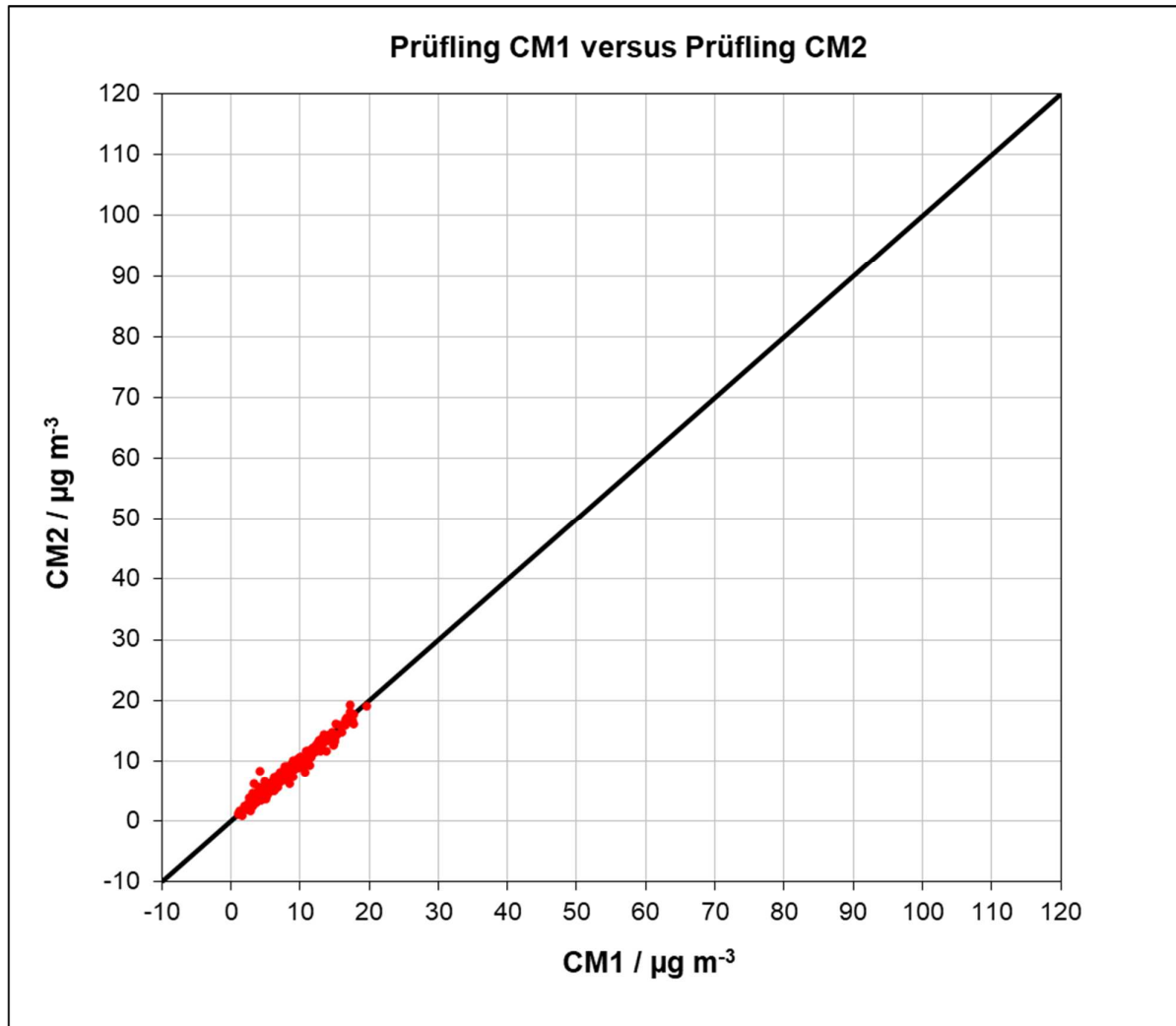


Abbildung 37: Ergebnis der Parallelmessungen, alle Standorte <18 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>2,5</sub>



### 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<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> bzw. größer als 28 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub>. 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 42 Messwerte über 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>. 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> bzw. 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> berücksichtigt, vorausgesetzt, der Teilsatz enthält mindestens 40 valide Datenpaare.

Hinweis: Der Teildatensatz für PM<sub>2,5</sub> enthält nur 38 valide Datenpaare statt der erforderlichen 40 validen Datenpaare. Die Auswertung für den Datensatz größer als oder gleich 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> 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 PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) bzw. Ersatz-Tagesgrenzwert für PM<sub>2,5</sub> (30 µg/m<sup>3</sup>)

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/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> bzw. größer als oder gleich 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> berücksichtigt, vorausgesetzt, der Teilsatz enthält mindestens 40 valide Datenpaare.

Hinweis: Der Teildatensatz für PM<sub>2,5</sub> enthält nur 38 valide Datenpaare statt der erforderlichen 40 validen Datenpaare. Die Auswertung für den Datensatz größer als oder gleich 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> 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<sub>2,5</sub> sowie auf einem Level von  $L = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>10</sub> 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 PM<sub>2,5</sub> bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der zulässigen erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{dqo}$  von 25 % für Feinstaub. Da jedoch 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 ebenfalls unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{dqo}$  von 25 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Nachfolgende Tabelle 23 zeigt 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 23: Übersicht Äquivalenzprüfung, PM<sub>2,5</sub>

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 |          |                       |                         |                   |
|---|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Prüfung   | 5014iQ   | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |                   |
| Status Messwerte  | Rohdaten | Grenzwert             | 30                      | µg/m <sup>3</sup> |
|   |          | erlaubte Unsicherheit | 25                      | %                 |
| <b>Alle Vergleiche</b>  |          |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,66     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,59     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>  |          |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 297      |                       |                         |                   |
| Steigung b  | 0,920    |                       | signifikant             |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,009    |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a   | 1,472    |                       | signifikant             |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,114    |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 10,34    |                       |                         | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>                                |          |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,99     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,87     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>  |          |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 38       |                       |                         |                   |
| Steigung b  | 0,946    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,028    |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a   | 0,359    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,872    |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 12,54    |                       |                         | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>                             |          |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,60     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,55     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>  |          |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 259      |                       |                         |                   |
| Steigung b  | 0,970    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,020    |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a   | 1,171    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,160    |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 8,40     |                       |                         | %                 |

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 |                   |                       |                         |                   |
|---|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Prüfung   | 5014iQ            | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |                   |
| Status Messwerte  | Rohdaten          | Grenzwert             | 30                      | µg/m <sup>3</sup> |
|   |                   | erlaubte Unsicherheit | 25                      | %                 |
| <b>Bornheim</b>   |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,76              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,49              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
|   | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 61                |                       | 65                      |                   |
| Steigung b  | 0,951             |                       | 0,999                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,018             |                       | 0,020                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 0,345             |                       | 0,304                   |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,199             |                       | 0,218                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 9,45              | %                     | 6,89                    | %                 |
| <b>Köln</b>   |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,69              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,40              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
|   | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 90                |                       | 92                      |                   |
| Steigung b  | 0,968             |                       | 0,964                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,027             |                       | 0,029                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 1,128             |                       | 1,206                   |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,224             |                       | 0,234                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 7,57              | %                     | 8,13                    | %                 |
| <b>Hambach</b>  |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,47              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,77              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
|   | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 91                |                       | 92                      |                   |
| Steigung b  | 0,985             |                       | 0,959                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,026             |                       | 0,029                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 2,091             |                       | 1,870                   |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,239             |                       | 0,266                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 13,90             | %                     | 10,48                   | %                 |
| <b>Ispra</b>  |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,77              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,63              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
|   | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 55                |                       | 55                      |                   |
| Steigung b  | 0,941             |                       | 0,929                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,012             |                       | 0,013                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 0,538             |                       | 0,429                   |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,292             |                       | 0,305                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 10,52             | %                     | 13,24                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>                                |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,99              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,87              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
|   | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 38                |                       | 38                      |                   |
| Steigung b  | 0,955             |                       | 0,942                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,026             |                       | 0,034                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 0,237             |                       | 0,348                   |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,806             |                       | 1,05                    |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 11,31             | %                     | 14,89                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>                             |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,60              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,55              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
|   | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 259               |                       | 266                     |                   |
| Steigung b  | 0,986             |                       | 0,978                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,022             |                       | 0,020                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 1,113             |                       | 1,085                   |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,174             |                       | 0,164                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 10,11             | %                     | 9,03                    | %                 |
| <b>Alle Vergleiche</b>  |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,66              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,59              |                       | µg/m <sup>3</sup>       |                   |
|   | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 297               |                       | 304                     |                   |
| Steigung b  | 0,926             | signifikant           | 0,918                   | signifikant       |
| Unsicherheit von b  | 0,009             |                       | 0,009                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 1,474             | signifikant           | 1,446                   | signifikant       |
| Unsicherheit von a  | 0,121             |                       | 0,121                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 10,16             | %                     | 11,17                   | %                 |

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/m<sup>3</sup> (PM<sub>2,5</sub>).
- Kriterium 2: Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen ist kleiner als 2,5 µg/m<sup>3</sup>.
- Kriterium 3: Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten ist kleiner als 2,0 µg/m<sup>3</sup>.
- Kriterium 4: Für PM<sub>2,5</sub> liegen alle erweiterten Unsicherheiten unter 25 %.
- Kriterium 5: Für PM<sub>2,5</sub> sind bei beiden Prüflingen 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 0,920 (PM<sub>2,5</sub>) und einen Achsabschnitt von 1,472 (PM<sub>2,5</sub>) bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 10,34 % (PM<sub>2,5</sub>).

Es ergibt sich, dass der Achsabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden ist. Es erfolgt daher unter Kapitel 7.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Korrekturfaktoren/-termen auf die Datensätze.



### 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 24 zeigt einen Überblick über die Unsicherheiten zwischen den Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$  aus den Felduntersuchungen.

Tabelle 24: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$ ; PM<sub>2,5</sub>

| Referenz-Geräte | Standort       | Anzahl Werte* | Unsicherheit $u_{bs, RM}$ |
|-----------------|----------------|---------------|---------------------------|
| Nr.             |                |               | $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |
| 1 / 2           | Bornheim       | 61            | 0,76                      |
| 1 / 2           | Köln           | 90            | 0,69                      |
| 1 / 2           | Hambach        | 91            | 0,47                      |
| 1 / 2           | JRC Ispra      | 55            | 0,77                      |
| 1 / 2           | Alle Standorte | 297           | 0,66                      |

\*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  $< 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

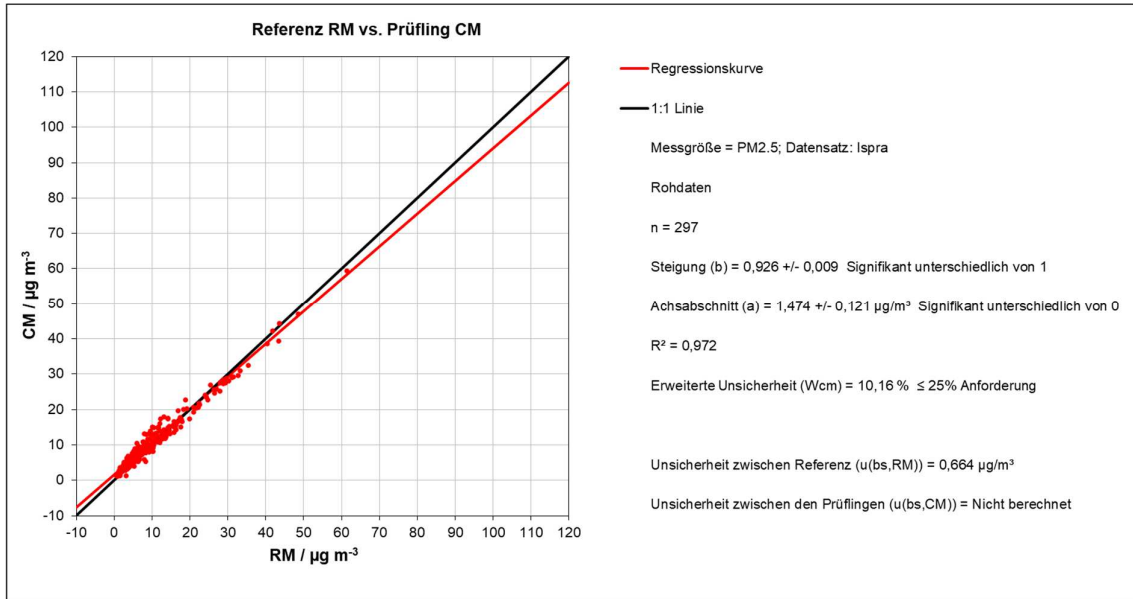


Abbildung 38: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, alle Standorte, PM<sub>2,5</sub>

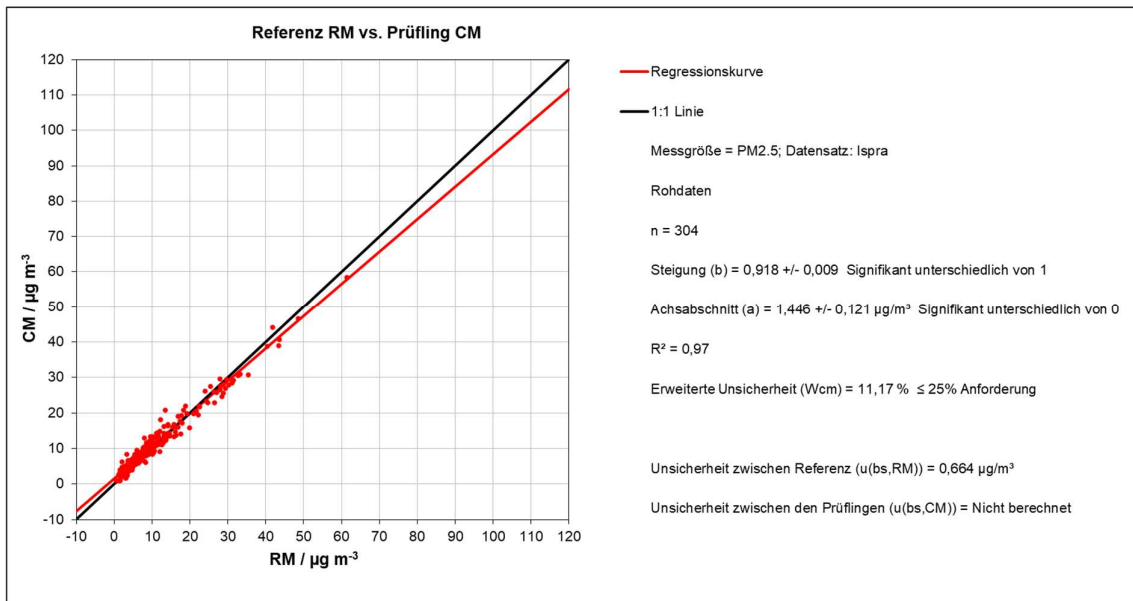


Abbildung 39: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, alle Standorte, PM<sub>2,5</sub>

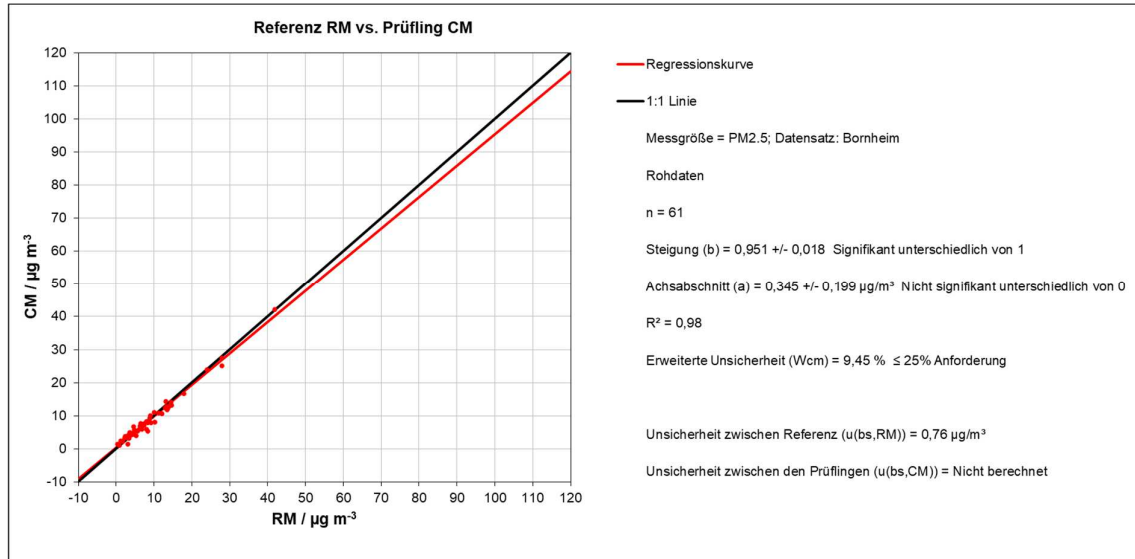


Abbildung 40: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Bornheim, PM<sub>2,5</sub>

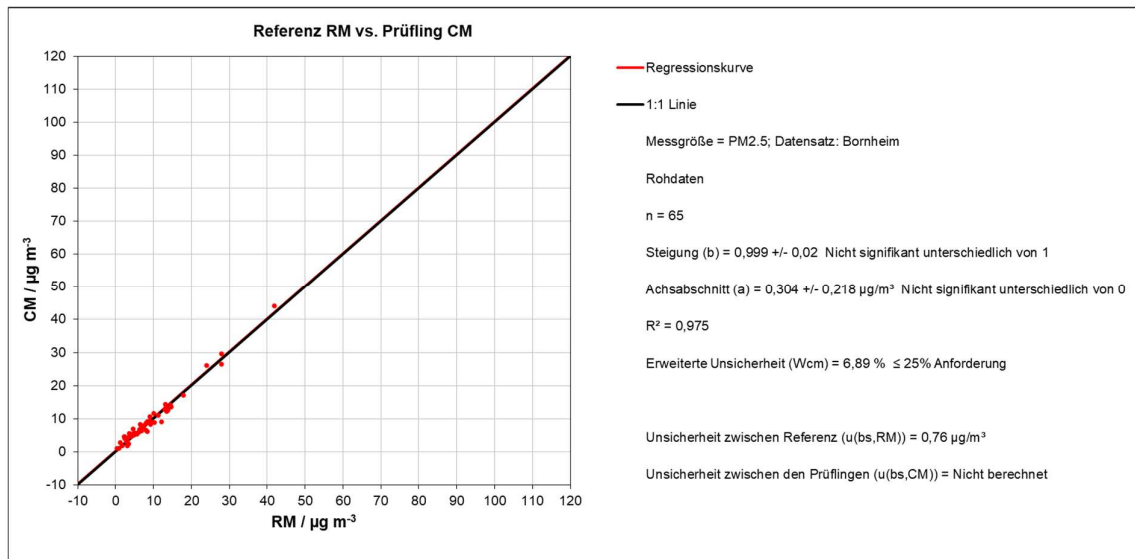


Abbildung 41: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Bornheim, PM<sub>2,5</sub>

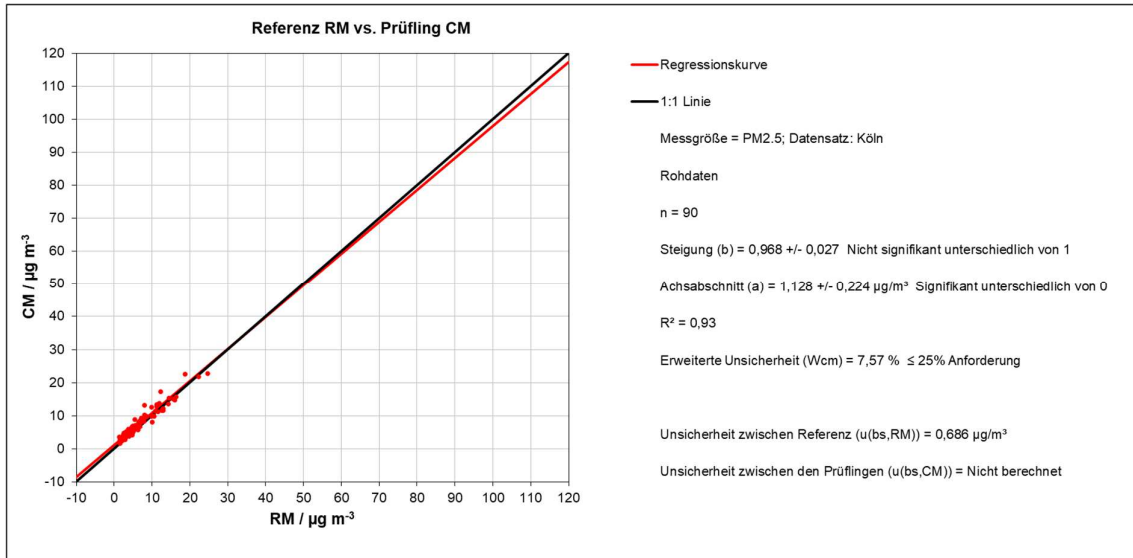


Abbildung 42: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Köln, PM<sub>2,5</sub>

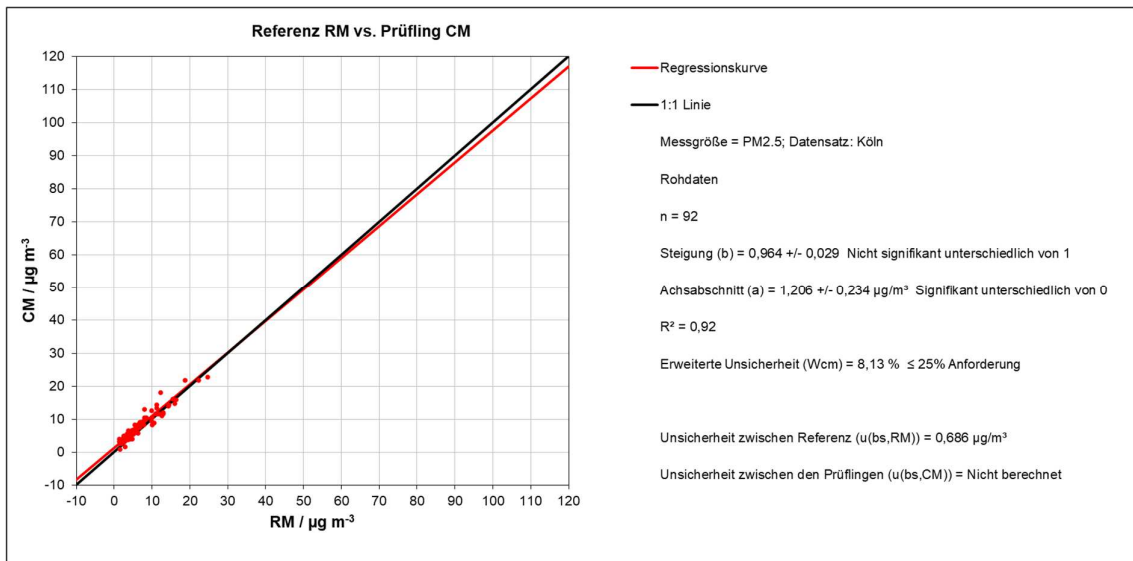


Abbildung 43: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Köln, PM<sub>2,5</sub>

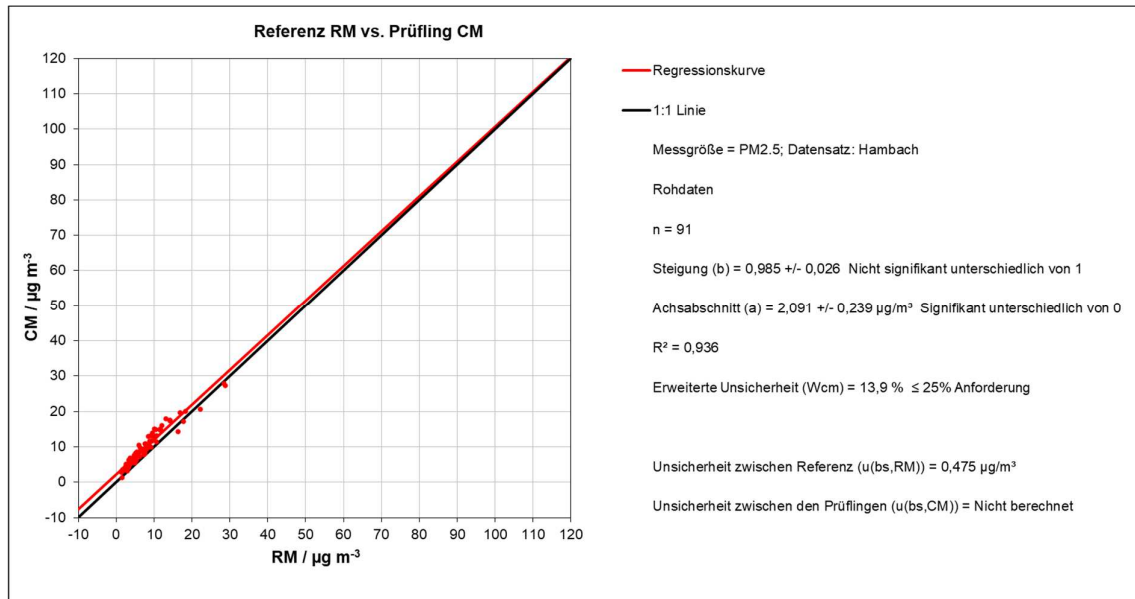


Abbildung 44: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Hambach, PM<sub>2,5</sub>

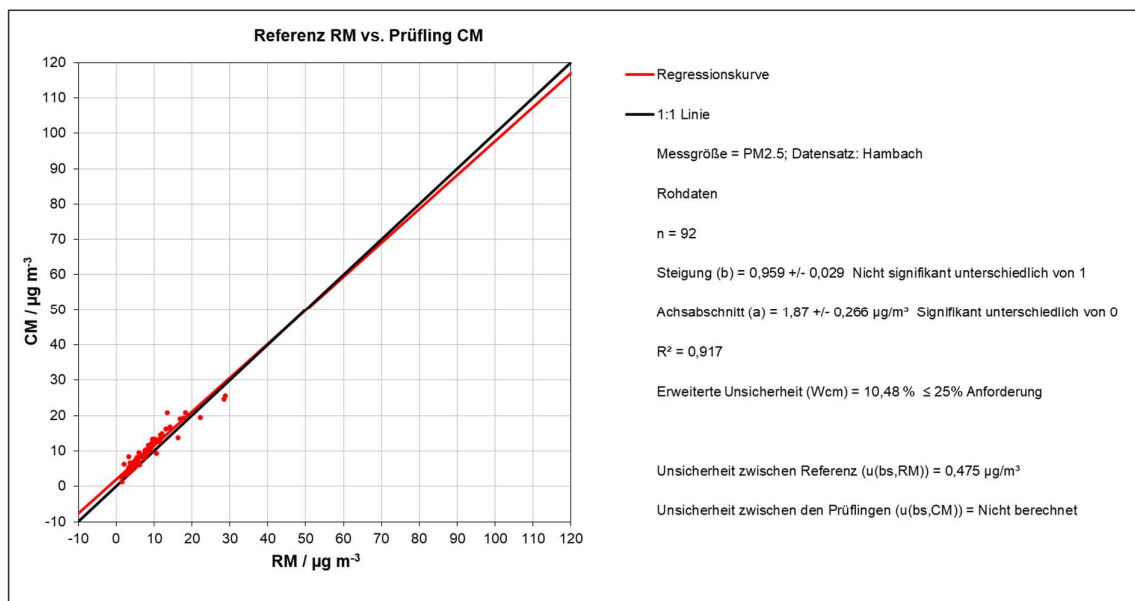


Abbildung 45: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Hambach, PM<sub>2,5</sub>

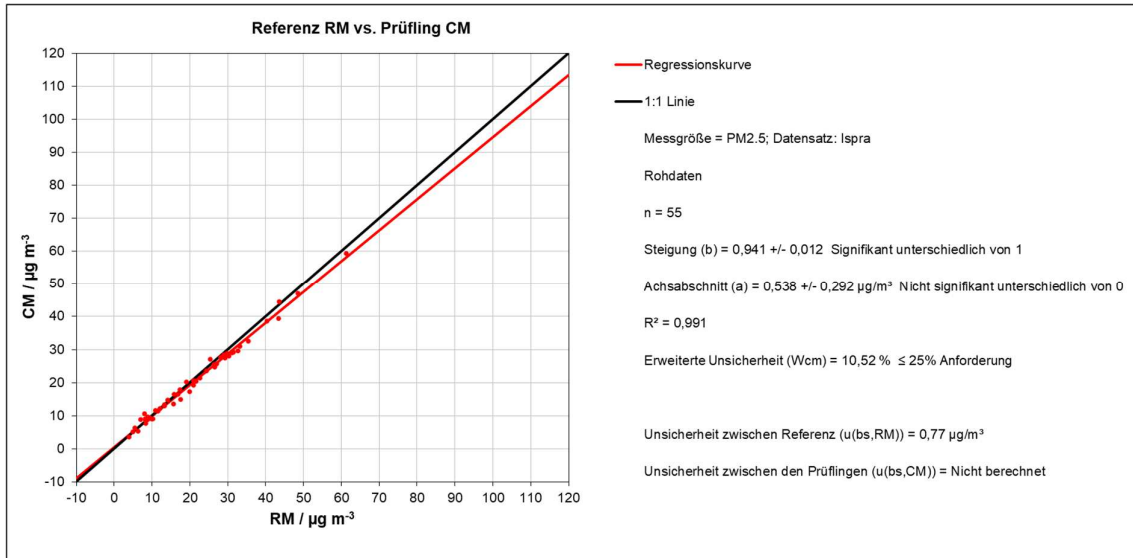


Abbildung 46: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, JRC Ispra, PM<sub>2,5</sub>

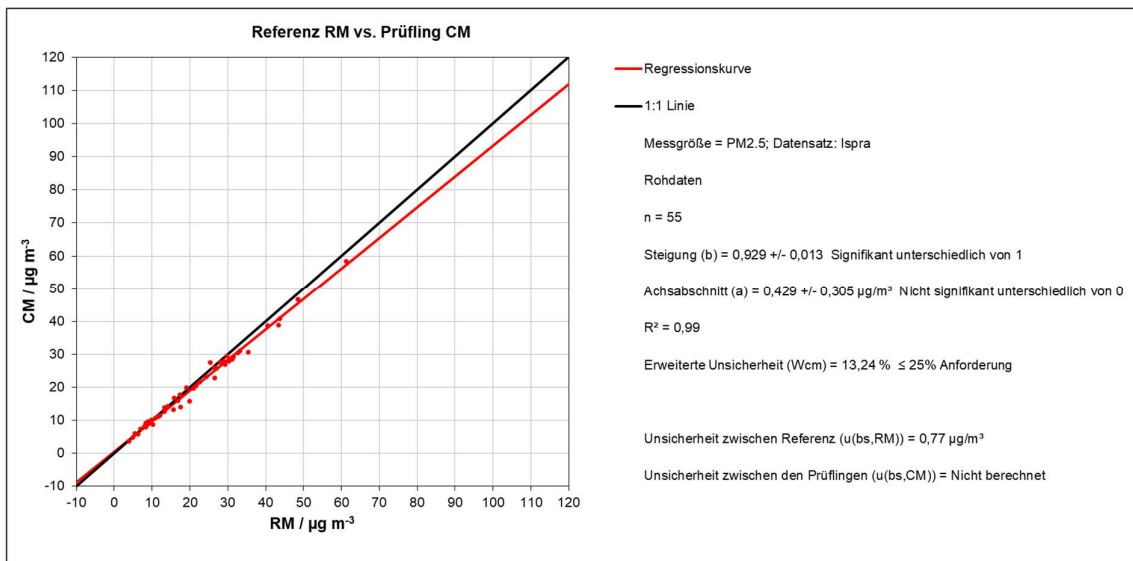


Abbildung 47: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, JRC Ispra, PM<sub>2,5</sub>

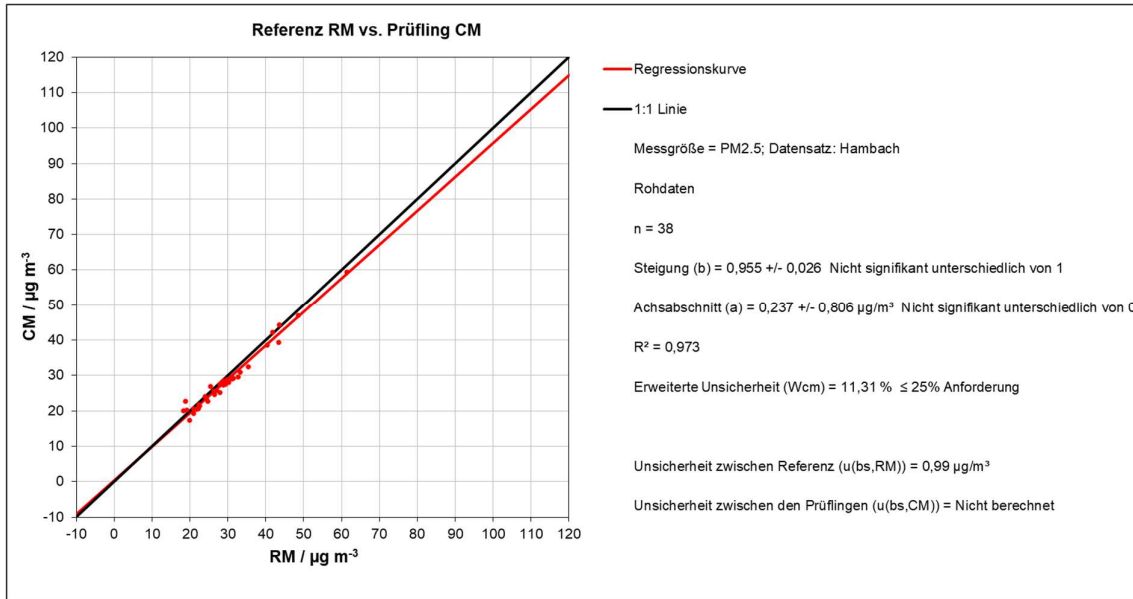


Abbildung 48: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451001, Alle Standorte ≥18 µg/m³, PM<sub>2,5</sub>

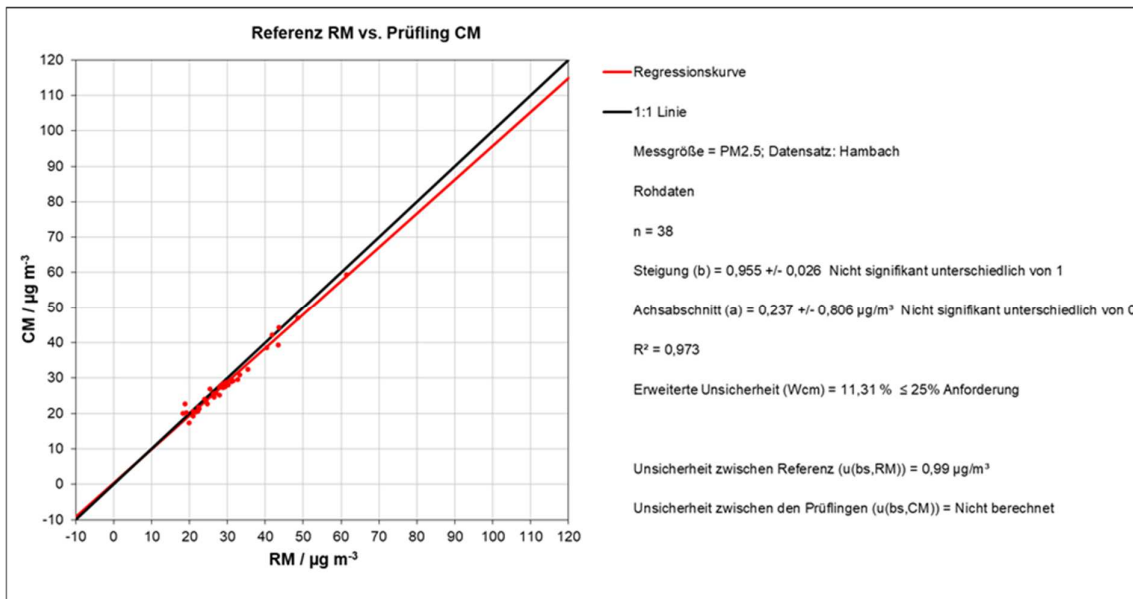


Abbildung 49: Referenz vs. Testgerät, SN CM20451005, Alle Standorte ≥18 µg/m³, PM<sub>2,5</sub>

## 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  $W_{AMS} > W_{dqo}$  (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  $W_{AMS} \leq W_{dqo}$  ist, genutzt werden, um die Genauigkeit der Prüflinge zu verbessern.

Es können drei verschiedene Fälle auftreten:

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

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

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

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

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

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 weiterhin die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Die Auswertung des Gesamtdatensatzes ergibt, dass der Achsabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden sind.

Es wurde eine Achsabschnitts- und Steigungskorrektur des gesamten Datensatzes durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

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

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<sub>2,5</sub> im Bereich 20 % bis 25 % liegt.

Die entsprechende Umsetzung der oben genannten Anforderung zur regelmäßigen Überprüfung in den Messnetzen liegt in der Verantwortung des Messnetzbetreibers oder der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates. Allerdings empfiehlt der TÜV Rheinland, dass die erweiterte Unsicherheit des Gesamtdatensatzes des Datensatzes hierzu herangezogen wird, in diesem Fall 10,34 % (PM<sub>2,5</sub>) (unkorrigierter Datensatz) respektive 9,29 % (PM<sub>2,5</sub>) (Datensatz nach Steigung- und Achsabschnittskorrektur), was eine jährliche Überprüfung an 3 (PM<sub>2,5</sub>) Messorten (unkorrigiert) bzw. 2 (PM<sub>2,5</sub>) Messorten (korrigiert) erfordern würde.

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse der Auswertungen der Äquivalenzprüfung nach Anwendung der Korrekturfaktoren auf den Gesamtdatensatz.

Tabelle 25: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Achsabschnitt und Steigung, PM<sub>2,5</sub>

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 |                               |                       |                         |
|---|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Prüfung   | 5014iQ                        | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |
| Status Messwerte  | Korrektur Steigung und Offset | Grenzwert             | 30 µg/m <sup>3</sup>    |
|   |                               | erlaubte Unsicherheit | 25 %                    |
| <b>Alle Vergleiche</b>  |                               |                       |                         |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,66                          |                       | µg/m <sup>3</sup>       |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,64                          |                       | µg/m <sup>3</sup>       |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>  |                               |                       |                         |
| Anzahl Wertepaare   | 297                           |                       |                         |
| Steigung b  | 1,001                         |                       | nicht signifikant       |
| Unsicherheit von b  | 0,009                         |                       |                         |
| Achsabschnitt a   | -0,011                        |                       | nicht signifikant       |
| Unsicherheit von a  | 0,124                         |                       |                         |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 9,29                          |                       | %                       |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>                                |                               |                       |                         |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,99                          |                       | µg/m <sup>3</sup>       |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,94                          |                       | µg/m <sup>3</sup>       |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>  |                               |                       |                         |
| Anzahl Wertepaare   | 38                            |                       |                         |
| Steigung b  | 1,030                         |                       |                         |
| Unsicherheit von b  | 0,031                         |                       |                         |
| Achsabschnitt a   | -1,251                        |                       |                         |
| Unsicherheit von a  | 0,948                         |                       |                         |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 10,79                         |                       | %                       |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>                             |                               |                       |                         |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,60                          |                       | µg/m <sup>3</sup>       |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,59                          |                       | µg/m <sup>3</sup>       |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>  |                               |                       |                         |
| Anzahl Wertepaare   | 259                           |                       |                         |
| Steigung b  | 1,059                         |                       |                         |
| Unsicherheit von b  | 0,022                         |                       |                         |
| Achsabschnitt a   | -0,363                        |                       |                         |
| Unsicherheit von a  | 0,174                         |                       |                         |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 13,20                         |                       | %                       |

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 155 von 452

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 |                               |                       |                         |                   |
|---|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Prüfung   | 5014iQ                        | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |                   |
| Status Messwerte  | Korrektur Steigung und Offset | Grenzwert             | 30                      | µg/m <sup>3</sup> |
|   |                               | erlaubte Unsicherheit | 25                      | %                 |
| <b>Bornheim</b>   |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,76                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,54                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CM20451001</b>             |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 61                            |                       | 65                      |                   |
| Steigung b  | 1,034                         |                       | 1,087                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,019                         |                       | 0,021                   |                   |
| Achsabschnitt a   | -1,233                        |                       | -1,279                  |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,216                         |                       | 0,237                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 6,75                          | %                     | 11,67                   | %                 |
| <b>Köln</b>   |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,69                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,43                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CM20451001</b>             |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 90                            |                       | 92                      |                   |
| Steigung b  | 1,056                         |                       | 1,052                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,030                         |                       | 0,031                   |                   |
| Achsabschnitt a   | -0,396                        |                       | -0,313                  |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,244                         |                       | 0,255                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 11,98                         | %                     | 12,32                   | %                 |
| <b>Hambach</b>  |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,47                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,84                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CM20451001</b>             |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 91                            |                       | 92                      |                   |
| Steigung b  | 1,074                         |                       | 1,047                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,029                         |                       | 0,032                   |                   |
| Achsabschnitt a   | 0,651                         |                       | 0,404                   |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,259                         |                       | 0,289                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 21,37                         | %                     | 16,03                   | %                 |
| <b>Ispra</b>  |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,77                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,69                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CM20451001</b>             |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 55                            |                       | 55                      |                   |
| Steigung b  | 1,023                         |                       | 1,010                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,013                         |                       | 0,014                   |                   |
| Achsabschnitt a   | -1,023                        |                       | -1,142                  |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,318                         |                       | 0,332                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 7,81                          | %                     | 9,63                    | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>                                |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,99                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,94                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CM20451001</b>             |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 38                            |                       | 38                      |                   |
| Steigung b  | 1,039                         |                       | 1,027                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,028                         |                       | 0,037                   |                   |
| Achsabschnitt a   | -1,377                        |                       | -1,283                  |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,877                         |                       | 1,14                    |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 9,71                          | %                     | 13,44                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>                             |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,60                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,59                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CM20451001</b>             |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 259                           |                       | 266                     |                   |
| Steigung b  | 1,077                         |                       | 1,068                   |                   |
| Unsicherheit von b  | 0,023                         |                       | 0,022                   |                   |
| Achsabschnitt a   | -0,433                        |                       | -0,459                  |                   |
| Unsicherheit von a  | 0,189                         |                       | 0,179                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 16,15                         | %                     | 14,30                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche</b>  |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz  | 0,66                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen  | 0,64                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CM20451001</b>             |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare   | 297                           |                       | 304                     |                   |
| Steigung b  | 1,008                         | nicht signifikant     | 0,999                   | nicht signifikant |
| Unsicherheit von b  | 0,010                         |                       | 0,010                   |                   |
| Achsabschnitt a   | -0,009                        | nicht signifikant     | -0,041                  | nicht signifikant |
| Unsicherheit von a  | 0,132                         |                       | 0,131                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>                                 | 10,01                         | %                     | 9,98                    | %                 |



### **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**

Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt (siehe hierzu auch Kapitel 6.1 6.3.2 Wartungsfreundlichkeit). Das kürzeste Wartungsintervall ergibt sich unter Berücksichtigung der örtlichen Schwebstaubkonzentrationen durch das Reinigungsintervall für den Probenahmekopf (in der Eignungsprüfung: 4 Wochen).

### **7.5 Bewertung**

Das Wartungsintervall wird unter Berücksichtigung der örtlichen Schwebstaubkonzentrationen durch das Reinigungsintervall für den Probenahmekopf bestimmt. Im Rahmen der Eignungsprüfung betrug es 4 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

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

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Kapitel 5 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 (siehe Kapitel 6 des Handbuchs). Dabei ist eine vollständige Fernüberwachung und Fernsteuerung der Messeinrichtung möglich.

## **7.4 Auswertung**

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warn- und Fehlermeldungen angezeigt. Dabei ist eine vollständige Fernüberwachung und Fernsteuerung der Messeinrichtung möglich.

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

Zur externen Überprüfung und ggf. Justierung/Kalibrierung der radiometrischen Messung stellt der Gerätehersteller einen Foliensatz mit Massentransferstandards zur Verfügung.

## **7.5 Bewertung**

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warn- und Fehlermeldungen angezeigt. Dabei ist eine vollständige Fernüberwachung und Fernsteuerung der Messeinrichtung möglich.

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:*

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

$p \pm 1 \text{ kPa}$

$rF \pm 5 \text{ } \%$

## 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 Messeinrichtungen vom Typ 5014iQ verwenden u.a. zur Durchflussregelung meteorologische Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur und des Luftdrucks. Des Weiteren wird die rel. Feuchte in der Außenluft sowie die Temperatur und rel. Luftfeuchte im Bereich des Flowsensors im Bereich des Filters gemessen.

Die Genauigkeit der Sensoren werden vom Hersteller mit  $\pm 0,625 \text{ } ^\circ\text{K}$  (Lufttemperatur),  $\pm 3,5 \text{ } \%$  (rel. Luftfeuchte) und  $\pm 1 \text{ kPa}$  (Luftdruck) angegeben.

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. Äquivalenzprüfung unter Berücksichtigung des Grenzwertes gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881

### 8.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8)

*Die erweiterte Messunsicherheit muss  $\leq 25\%$  bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert sein – falls erforderlich nach der Kalibrierung*

### 8.2 Gerätetechnische Ausstattung

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

### 8.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> bzw. größer als 28 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub>. 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 42 Messwerte über 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

#### Hinweis:

Die Prüfung erfolgte unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881.

### 8.4 Auswertung

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.3]

Der Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge wird die Überprüfung der Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten  $u_{ref}$  vorangestellt.

Die Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$  wird analog der Unsicherheit zwischen den Prüflingen bestimmt und muss  $\leq 2,0$  µg/m<sup>3</sup> sein.

Die Ergebnisse der Auswertung sind unter Punkt 6.6 zu diesem Prüfpunkt dargestellt.

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.5 & 7.5.8.6]

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



Die Regression wird berechnet für:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam
- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- Für einen reduzierten Datensatz, der nur Staubkonzentrationen größer als oder gleich 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> bzw. 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> berücksichtigt, vorausgesetzt, der Teilsatz enthält mindestens 40 valide Datenpaare.

Hinweis: Der Teildatensatz für PM<sub>2,5</sub> enthält nur 38 valide Datenpaare statt der erforderlichen 40 validen Datenpaare. Die Auswertung für den Datensatz größer als oder gleich 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> 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.

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/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> bzw. größer als oder gleich 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> berücksichtigt, vorausgesetzt, der Teilsatz enthält mindestens 40 valide Datenpaare.

Voraussetzung für die Akzeptanz des Gesamtdatensatzes ist gemäß Leitfaden:

- Die Steigung b ist insignifikant verschieden von 1:  $|b-1| \leq 2 \cdot u(b)$

Und

- Der Achsabschnitt a ist insignifikant verschieden von 0:  $|a| \leq 2 \cdot u(a)$

Wobei  $u(b)$  und  $u(a)$  die Standardunsicherheiten der Steigung und des Achsabschnitts beschreiben, berechnet als Wurzel der Varianz. Wenn diese Vorbedingungen nicht erfüllt sind, dann können die Prüflinge gemäß Punkt 9.7 des Leitfadens kalibriert werden (siehe auch 8.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)). Die Kalibrierung darf nur für den Gesamtdatensatz durchgeführt werden.

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.7] Für alle Datensätze wird die kombinierte Unsicherheit der Prüflinge  $w_{c,CM}$  durch Kombination der Beiträge aus 9.5.3.1 und 9.5.3.2 gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$w_{AMS}^2 = \frac{u_{yi=L}^2}{L^2}$$

Für jeden Datensatz wird die Unsicherheit  $w_{AMS}$  auf einem Level von  $L = 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>2,5</sub> berechnet.

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

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

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

[Punkt 9.6]

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

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

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

## 8.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten  $W_{CM}$  liegen auch unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881 ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{dqo}$  von 25 % für Feinstaub. Auf Grund der Signifikanz der Steigung und des Achsabschnitts ist jedoch die Anwendung von Korrekturfaktoren ist gemäß Punkt 8.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) entsprechend vorzunehmen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Auf Grund der Signifikanz des Achsabschnitts für den Gesamtdatensatz erfolgt eine Anwendung von Korrekturfaktoren gemäß Kapitel 8.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8).

## 8.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nachfolgende Tabelle 26 zeigt einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für den Prüfling 5014iQ für PM<sub>2,5</sub> unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881. Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit roter Farbe hinterlegt.

Tabelle 26: Übersicht Äquivalenzprüfung, PM<sub>2,5</sub>, Grenzwert 25 µg/m<sup>3</sup>

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 unter Berücksichtigung des zukünftigen Grenzwertes für PM <sub>2,5</sub> von 25 µg/m <sup>3</sup> (Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881) |          |                       |                         |                   |
|--|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Prüfling   | 5014iQ   | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |                   |
| Status Messwerte   | Rohdaten | Grenzwert             | 25                      | µg/m <sup>3</sup> |
|  |          | erlaubte Unsicherheit | 25                      | %                 |
| <b>Alle Vergleiche</b>   |          |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,66     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,59     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| CM20451001 & CM20451005  |          |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 297      |                       |                         |                   |
| Steigung b   | 0,920    |                       | signifikant             |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,009    |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a  | 1,472    |                       | signifikant             |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,114    |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 10,79    |                       |                         | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>   |          |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,99     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,87     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| CM20451001 & CM20451005  |          |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 38       |                       |                         |                   |
| Steigung b   | 0,946    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,028    |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a  | 0,359    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,872    |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 13,71    |                       |                         | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>  |          |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,60     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,55     |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| CM20451001 & CM20451005  |          |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 259      |                       |                         |                   |
| Steigung b   | 0,970    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,020    |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a  | 1,171    |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,160    |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 10,40    |                       |                         | %                 |

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 163 von 452

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 unter Berücksichtigung des zukünftigen Grenzwertes für PM <sub>2,5</sub> von 25 µg/m <sup>3</sup> (Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881) |                   |                       |                         |                   |
|--|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Prüfung  | 5014iQ            | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |                   |
| Status Messwerte   | Rohdaten          | Grenzwert             | 25                      | µg/m <sup>3</sup> |
|  |                   | erlaubte Unsicherheit | 25                      | %                 |
| <b>Bornheim</b>  |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,76              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,49              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 61                |                       | 65                      |                   |
| Steigung b   | 0,951             |                       | 0,999                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,018             |                       | 0,020                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 0,345             |                       | 0,304                   |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,199             |                       | 0,218                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 9,83              | %                     | 8,28                    | %                 |
| <b>Köln</b>  |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,69              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,40              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 90                |                       | 92                      |                   |
| Steigung b   | 0,968             |                       | 0,964                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,027             |                       | 0,029                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 1,128             |                       | 1,206                   |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,224             |                       | 0,234                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 9,36              | %                     | 10,01                   | %                 |
| <b>Hambach</b>   |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,47              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,77              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 91                |                       | 92                      |                   |
| Steigung b   | 0,985             |                       | 0,959                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,026             |                       | 0,029                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 2,091             |                       | 1,870                   |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,239             |                       | 0,266                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 17,15             | %                     | 13,33                   | %                 |
| <b>Ispra</b>   |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,77              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,63              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 55                |                       | 55                      |                   |
| Steigung b   | 0,941             |                       | 0,929                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,012             |                       | 0,013                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 0,538             |                       | 0,429                   |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,292             |                       | 0,305                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 10,86             | %                     | 13,55                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>   |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,99              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,87              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 38                |                       | 38                      |                   |
| Steigung b   | 0,955             |                       | 0,942                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,026             |                       | 0,034                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 0,237             |                       | 0,348                   |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,806             |                       | 1,05                    |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 12,44             | %                     | 16,55                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>  |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,60              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,55              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 259               |                       | 266                     |                   |
| Steigung b   | 0,986             |                       | 0,978                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,022             |                       | 0,020                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 1,113             |                       | 1,085                   |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,174             |                       | 0,164                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 12,40             | %                     | 11,14                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche</b>   |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,66              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,59              |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b> |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 297               |                       | 304                     |                   |
| Steigung b   | 0,926             | signifikant           | 0,918                   | signifikant       |
| Unsicherheit von b   | 0,009             |                       | 0,009                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 1,474             | signifikant           | 1,446                   | signifikant       |
| Unsicherheit von a   | 0,121             |                       | 0,121                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 11,05             | %                     | 11,73                   | %                 |



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/m<sup>3</sup> (PM<sub>2,5</sub>).
  - Kriterium 2: Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen ist kleiner als 2,5 µg/m<sup>3</sup>.
  - Kriterium 3: Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten ist kleiner als 2,0 µg/m<sup>3</sup>.
  - Kriterium 4: Für PM<sub>2,5</sub> liegen alle erweiterten Unsicherheiten unter 25 %.
  - Kriterium 5: Für PM<sub>2,5</sub> sind bei beiden Prüflingen 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 0,920 (PM<sub>2,5</sub>) und einen Achsabschnitt von 1,472 (PM<sub>2,5</sub>) bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 10,79 % (PM<sub>2,5</sub>).

Es ergibt sich, dass der Achsabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden ist. Es erfolgt daher unter Kapitel 8.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Korrekturfaktoren/-termen auf die Datensätze.

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

### 8.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)

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

### 8.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

### 8.3 Durchführung der Prüfung

Siehe Punkt 8.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8)

#### Hinweis:

Die Prüfung erfolgte unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881.

### 8.4 Auswertung

Tritt bei der Auswertung der Rohwerte gemäß 8.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8) der Fall  $W_{AMS} > W_{dqo}$  auf, d.h. Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet, dann ist es zulässig, einen Korrekturfaktor oder -term anzuwenden, der aus der Regressionsgleichung für den gesamten Datensatz resultiert. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen für alle Datensätze oder Teildatensätze erfüllen. Darüber hinaus kann eine Korrektur auch für den Fall, dass  $W_{AMS} \leq W_{dqo}$  ist, genutzt werden, um die Genauigkeit der Prüflinge zu verbessern.

Es können drei verschiedene Fälle auftreten:

- a) Steigung b nicht signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| \leq 2u(b)$ ,  
Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden:  $|a| > 2u(a)$
- b) Steigung b signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| > 2u(b)$ ,  
Achsenabschnitt a nicht signifikant von 0 verschieden:  $|a| \leq 2u(a)$
- c) Steigung b signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| > 2u(b)$   
Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden:  $|a| > 2u(a)$

zu a)

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

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



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

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

und

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

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

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [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 Achsenabschnittes  $a$  können als Korrekturterme verwendet werden, um alle Eingangswerte  $y_i$  gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

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

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

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

und

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

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

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [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:

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

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

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

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

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

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

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

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

## 8.5 Bewertung

Durch Anwendung der Korrekturfaktoren/-termen, erfüllen die Prüflinge weiterhin die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze auch unter Berücksichtigung des zukünftigen (bis zum 1. Januar 2030 zu erreichenden) Tagesgrenzwertes für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881).

Mindestanforderung erfüllt? ja

Die Auswertung des Gesamtdatensatzes ergibt, dass der Achsabschnitt signifikant von 0 und die Steigung signifikant von 1 verschieden sind.

Es wurde eine Achsabschnitts- und Steigungskorrektur des gesamten Datensatzes durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

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

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<sub>2,5</sub> im Bereich 20 % bis 25 % liegt.

Die entsprechende Umsetzung der oben genannten Anforderung zur regelmäßigen Überprüfung in den Messnetzen liegt in der Verantwortung des Messnetzbetreibers oder der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates. Allerdings empfiehlt der TÜV Rheinland, dass die erweiterte Unsicherheit des Gesamtdatensatzes des Datensatzes hierzu herangezogen wird, in diesem Fall 10,79 % (PM<sub>2,5</sub>) (unkorrigierter Datensatz) respektive 11,08 % (PM<sub>2,5</sub>) (Datensatz nach Steigung- und Achsabschnittskorrektur), was eine jährliche Überprüfung an 3 (PM<sub>2,5</sub>) Messorten (unkorrigiert und korrigiert) erfordern würde.

## 8.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse der Auswertungen der Äquivalenzprüfung nach Anwendung der Korrekturfaktoren auf den Gesamtdatensatz.

Tabelle 27: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, nach Korrektur Steigung und Achsabschnitt, PM<sub>2,5</sub>, Grenzwert 25 µg/m<sup>3</sup>

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 unter Berücksichtigung des zukünftigen Grenzwertes für PM <sub>2,5</sub> von 25 µg/m <sup>3</sup> (Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881) |                               |                       |                         |                   |
|--|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Prüfung  | 5014iQ                        | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |                   |
| Status Messwerte   | Korrektur Steigung und Offset | Grenzwert             | 25                      | µg/m <sup>3</sup> |
|  |                               | erlaubte Unsicherheit | 25                      | %                 |
| <b>Alle Vergleiche</b>   |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,66                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,64                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>   |                               |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 297                           |                       |                         |                   |
| Steigung b   | 1,001                         |                       |                         | nicht signifikant |
| Unsicherheit von b   | 0,009                         |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a  | -0,011                        |                       |                         | nicht signifikant |
| Unsicherheit von a   | 0,124                         |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 11,08                         |                       |                         | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>   |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,99                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,94                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>   |                               |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 38                            |                       |                         |                   |
| Steigung b   | 1,030                         |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,031                         |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a  | -1,251                        |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,948                         |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 13,21                         |                       |                         | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>  |                               |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,60                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,59                          |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>CM20451001 &amp; CM20451005</b>   |                               |                       |                         |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 259                           |                       |                         |                   |
| Steigung b   | 1,059                         |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,022                         |                       |                         |                   |
| Achsabschnitt a  | -0,363                        |                       |                         |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,174                         |                       |                         |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 14,20                         |                       |                         | %                 |

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 169 von 452

| Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß<br>Richtlinie DIN EN 16450:2017 unter Berücksichtigung des zukünftigen Grenzwertes für PM <sub>2,5</sub> von 25 µg/m <sup>3</sup> (Anhang I der Richtlinie (EU) 2024/2881) |                               |                   |                       |                         |                   |
|--|-------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Prüfung  | 5014iQ                        |                   | SN                    | CM20451001 & CM20451005 |                   |
| Status Messwerte   | Korrektur Steigung und Offset |                   | Grenzwert             | 25                      | µg/m <sup>3</sup> |
|  |                               |                   | erlaubte Unsicherheit | 25                      | %                 |
| <b>Bornheim</b>  |                               |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,76                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,54                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b>             |                   |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 61                            |                   |                       | 65                      |                   |
| Steigung b   | 1,034                         |                   |                       | 1,087                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,019                         |                   |                       | 0,021                   |                   |
| Achsabschnitt a  | -1,233                        |                   |                       | -1,279                  |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,216                         |                   |                       | 0,237                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 8,41                          | %                 |                       | 11,55                   | %                 |
| <b>Köln</b>  |                               |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,69                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,43                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b>             |                   |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 90                            |                   |                       | 92                      |                   |
| Steigung b   | 1,056                         |                   |                       | 1,052                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,030                         |                   |                       | 0,031                   |                   |
| Achsabschnitt a  | -0,396                        |                   |                       | -0,313                  |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,244                         |                   |                       | 0,255                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 12,86                         | %                 |                       | 13,42                   | %                 |
| <b>Hambach</b>   |                               |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,47                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,84                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b>             |                   |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 91                            |                   |                       | 92                      |                   |
| Steigung b   | 1,074                         |                   |                       | 1,047                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,029                         |                   |                       | 0,032                   |                   |
| Achsabschnitt a  | 0,651                         |                   |                       | 0,404                   |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,259                         |                   |                       | 0,289                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 23,00                         | %                 |                       | 17,84                   | %                 |
| <b>Ispra</b>   |                               |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,77                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,69                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b>             |                   |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 55                            |                   |                       | 55                      |                   |
| Steigung b   | 1,023                         |                   |                       | 1,010                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,013                         |                   |                       | 0,014                   |                   |
| Achsabschnitt a  | -1,023                        |                   |                       | -1,142                  |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,318                         |                   |                       | 0,332                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 9,61                          | %                 |                       | 11,74                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>   |                               |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,99                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,94                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b>             |                   |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 38                            |                   |                       | 38                      |                   |
| Steigung b   | 1,039                         |                   |                       | 1,027                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,028                         |                   |                       | 0,037                   |                   |
| Achsabschnitt a  | -1,377                        |                   |                       | -1,283                  |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,877                         |                   |                       | 1,14                    |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 11,92                         | %                 |                       | 16,37                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>  |                               |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,60                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,59                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b>             |                   |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 259                           |                   |                       | 266                     |                   |
| Steigung b   | 1,077                         |                   |                       | 1,068                   |                   |
| Unsicherheit von b   | 0,023                         |                   |                       | 0,022                   |                   |
| Achsabschnitt a  | -0,433                        |                   |                       | -0,459                  |                   |
| Unsicherheit von a   | 0,189                         |                   |                       | 0,179                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 17,03                         | %                 |                       | 15,22                   | %                 |
| <b>Alle Vergleiche</b>   |                               |                   |                       |                         |                   |
| Unsicherheit zwischen Referenz   | 0,66                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
| Unsicherheit zwischen Prüflingen   | 0,64                          |                   |                       |                         | µg/m <sup>3</sup> |
|  | <b>CM20451001</b>             |                   |                       | <b>CM20451005</b>       |                   |
| Anzahl Wertepaare  | 297                           |                   |                       | 304                     |                   |
| Steigung b   | 1,008                         | nicht signifikant |                       | 0,999                   | nicht signifikant |
| Unsicherheit von b   | 0,010                         |                   |                       | 0,010                   |                   |
| Achsabschnitt a  | -0,009                        | nicht signifikant |                       | -0,041                  | nicht signifikant |
| Unsicherheit von a   | 0,132                         |                   |                       | 0,131                   |                   |
| Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>  | 11,92                         | %                 |                       | 11,93                   | %                 |



## 9. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

### 9.1 Arbeiten im Wartungsintervall

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

Alle 4 Wochen (Intervall abhängig von festgelegtem Reinigungsintervall)

- Reinigung des Probenahmekopfes
- Kontrolle des Filterbandvorrats

Alle 3 Monate:

- Verifizierung der Messeinrichtung gemäß DIN EN 16450 [4] (Durchflussrate, Überprüfung der Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitssensoren)

Alle 12 Monate:

- Eine Überprüfung der Dichtigkeit soll gemäß Richtlinie DIN EN 16450 [4] mindestens jährlich erfolgen.
- Alle 12 bis 18 Monate (bzw. je nach Einsatzdauer) ist eine Wartung der Vakuumpumpe durchzuführen.
- Darüber hinaus wird eine Überprüfung und ggfs. Neukalibrierung der radiometrischen Messung mit Hilfe des Foliensatzes einmal im Jahr empfohlen.
- Während einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Probenahmerohres zu achten.

Weitere Einzelheiten können den Kapiteln 4 und 5 des Benutzerhandbuchs entnommen werden.

Immissionsschutz / Luftreinhaltung

---

Dipl.-Ing. Guido Baum

---

Dipl.-Ing. Karsten Pletscher

Köln, 19. September 2025  
EuL/21255708/A

## 10. 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 PM2,5-Massenkonzentration des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 12341:2014
- [4] Europäische Norm EN 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM10; PM2,5); Deutsche Fassung EN 16450 vom Juli 2017
- [5] Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung vom Januar 2010
- [6] Betriebshandbuch 5014iQ, Stand Juni 2025
- [7] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa
- [8] Richtlinie (EU) 2024/2881 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2024 über Luftqualität und saubere Luft für Europa

## **11. 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

| <b>Hersteller</b> Thermo Fisher Scientific |                                    |                                 |                                    |                                 |
|--|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Gerätetyp</b> 5014iQ                    |                                    | <b>Standards</b> NP Nullfilter  |                                    |                                 |
| <b>Serien-Nr.</b> CM20451001 / CM20451005  |                                    |                                 |                                    |                                 |
| Nr.  | Datum                              | Messwerte [µg/m³]<br>CM20451001 | Datum                              | Messwerte [µg/m³]<br>CM20451005 |
| 1  | 14.03.2023                         | 1,9                             | 14.03.2023                         | 1,3                             |
| 2  | 15.03.2023                         | 0,9                             | 15.03.2023                         | 1,0                             |
| 3  | 16.03.2023                         | 0,9                             | 16.03.2023                         | 0,4                             |
| 4  | 17.03.2023                         | 0,4                             | 17.03.2023                         | 0,5                             |
| 5  | 18.03.2023                         | 0,4                             | 18.03.2023                         | 0,5                             |
| 6  | 19.03.2023                         | 0,9                             | 19.03.2023                         | 0,4                             |
| 7  | 20.03.2023                         | 0,7                             | 20.03.2023                         | 0,3                             |
| 8  | 21.03.2023                         | -0,4                            | 21.03.2023                         | 0,0                             |
| 9  | 22.03.2023                         | 0,6                             | 22.03.2023                         | -0,1                            |
| 10   | 23.03.2023                         | 0,4                             | 23.03.2023                         | 0,4                             |
| 11   | 24.03.2023                         | 0,4                             | 24.03.2023                         | 0,7                             |
| 12   | 25.03.2023                         | 0,5                             | 25.03.2023                         | 0,5                             |
| 13   | 26.03.2023                         | 0,4                             | 26.03.2023                         | 0,6                             |
| 14   | 27.03.2023                         | 0,8                             | 27.03.2023                         | 1,2                             |
| 15   | 28.03.2023                         | 0,1                             | 28.03.2023                         | 0,0                             |
|  | Anzahl Werte                       | 15                              | Anzahl Werte                       | 15                              |
|  | Mittelwert (Nullniveau)            | 0,59                            | Mittelwert (Nullniveau)            | 0,51                            |
|  | Standardabweichung s <sub>x0</sub> | 0,51                            | Standardabweichung s <sub>x0</sub> | 0,40                            |
|  | Nachweisgrenze X                   | <b>1,68</b>                     | Nachweisgrenze X                   | <b>1,33</b>                     |

$$s_{x_0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

**Anlage 2**

**Genauigkeit des Volumenstroms**

**Blatt 1 von 1**

|                   |                          |                   |                  |                  |                   |                  |                                   |       |
|-------------------|--------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------------------------|-------|
| <b>Hersteller</b> | Thermo Fisher Scientific |                   |                  |                  |                   |                  | <b>Solldurchflussrate [l/min]</b> | 16,67 |
| <b>Gerätetyp</b>  | 5014iQ                   |                   |                  |                  |                   |                  |                                   |       |
| <b>Serien-Nr.</b> | CM20451001 / CM20451005  |                   |                  |                  |                   |                  |                                   |       |
| Temperatur 1      | 5°C                      | CM20451001        |                  |                  | CM20451005        |                  |                                   |       |
|                   |                          | Nr.               | Datum/Uhrzeit    | Messwert [l/pm]  | Nr.               | Datum/Uhrzeit    | Messwert [l/pm]                   |       |
|                   |                          | 1                 | 06.03.2023 05:27 | 16,39            | 1                 | 06.03.2023 05:29 | 16,42                             |       |
|                   |                          | 2                 | 06.03.2023 05:35 | 16,41            | 2                 | 06.03.2023 05:37 | 16,41                             |       |
|                   |                          | 3                 | 06.03.2023 05:43 | 16,47            | 3                 | 06.03.2023 05:45 | 16,44                             |       |
|                   |                          | 4                 | 06.03.2023 05:51 | 16,40            | 4                 | 06.03.2023 05:53 | 16,40                             |       |
|                   |                          | 5                 | 06.03.2023 05:59 | 16,46            | 5                 | 06.03.2023 06:01 | 16,42                             |       |
|                   |                          | 6                 | 06.03.2023 06:07 | 16,45            | 6                 | 06.03.2023 06:09 | 16,36                             |       |
|                   |                          | 7                 | 06.03.2023 06:15 | 16,49            | 7                 | 06.03.2023 06:17 | 16,39                             |       |
|                   |                          | 8                 | 06.03.2023 06:23 | 16,43            | 8                 | 06.03.2023 06:25 | 16,42                             |       |
|                   |                          | 9                 | 06.03.2023 06:31 | 16,47            | 9                 | 06.03.2023 06:33 | 16,40                             |       |
| 10                | 06.03.2023 06:39         | 16,45             | 10               | 06.03.2023 06:41 | 16,38             |                  |                                   |       |
|                   |                          | <b>Mittelwert</b> | <b>16,45</b>     |                  | <b>Mittelwert</b> | <b>16,40</b>     |                                   |       |
| Temperatur 2      | 40°C                     | CM20451001        |                  |                  | CM20451005        |                  |                                   |       |
|                   |                          | Nr.               | Datum/Uhrzeit    | Messwert [l/pm]  | Nr.               | Datum/Uhrzeit    | Messwert [l/pm]                   |       |
|                   |                          | 1                 | 06.03.2023 12:00 | 16,84            | 1                 | 06.03.2023 12:02 | 16,75                             |       |
|                   |                          | 2                 | 06.03.2023 12:08 | 16,88            | 2                 | 06.03.2023 12:10 | 16,82                             |       |
|                   |                          | 3                 | 06.03.2023 12:16 | 16,83            | 3                 | 06.03.2023 12:18 | 16,80                             |       |
|                   |                          | 4                 | 06.03.2023 12:24 | 16,88            | 4                 | 06.03.2023 12:26 | 16,84                             |       |
|                   |                          | 5                 | 06.03.2023 12:32 | 16,87            | 5                 | 06.03.2023 12:34 | 16,76                             |       |
|                   |                          | 6                 | 06.03.2023 12:40 | 16,86            | 6                 | 06.03.2023 12:42 | 16,74                             |       |
|                   |                          | 7                 | 06.03.2023 12:48 | 16,85            | 7                 | 06.03.2023 12:50 | 16,76                             |       |
|                   |                          | 8                 | 06.03.2023 12:56 | 16,89            | 8                 | 06.03.2023 12:58 | 16,77                             |       |
|                   |                          | 9                 | 06.03.2023 13:04 | 16,90            | 9                 | 06.03.2023 13:06 | 16,78                             |       |
| 10                | 06.03.2023 13:12         | 16,87             | 10               | 06.03.2023 13:14 | 16,81             |                  |                                   |       |
|                   |                          | <b>Mittelwert</b> | <b>16,87</b>     |                  | <b>Mittelwert</b> | <b>16,78</b>     |                                   |       |

Anlage 3

Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt

Blatt 1 von 2

|  |     |                    |                     |                     |                     |                                       |                                |
|--|-----|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Hersteller</b> Thermo Fisher Scientific |     |                    |                     |                     |                     |                                       |                                |
| <b>Gerätetyp</b> 5014iQ                    |     |                    |                     |                     |                     |                                       |                                |
| <b>Serien-Nr.</b> CM20451001 / CM20451005  |     |                    |                     |                     |                     |                                       |                                |
|  |     |                    | Messung 1           | Messung 2           | Messung 3           |                                       |                                |
| CM20451001                                 | Nr. | Temperatur<br>[°C] | Messwert<br>[µg/m³] | Messwert<br>[µg/m³] | Messwert<br>[µg/m³] | Mittelwert aus 3 Messungen<br>[µg/m³] | Mittelwert bei 20°C<br>[µg/m³] |
| NP   | 1   | 20                 | 2,1                 | 1,5                 | 0,9                 | 1,5                                   | 1,6                            |
|  | 2   | 5                  | 0,0                 | 1,6                 | 1,9                 | 1,2                                   |                                |
|  | 3   | 20                 | 2,4                 | 2,4                 | 1,7                 | 2,2                                   |                                |
|  | 4   | 40                 | 3,1                 | 1,2                 | -4,1                | 0,1                                   |                                |
|  | 5   | 20                 | 1,3                 | 1,7                 | 0,7                 | 1,2                                   |                                |
| CM20451005                                 | Nr. | Temperatur<br>[°C] | Messwert<br>[µg/m³] | Messwert<br>[µg/m³] | Messwert<br>[µg/m³] | Mittelwert aus 3 Messungen<br>[µg/m³] | Mittelwert bei 20°C<br>[µg/m³] |
| NP   | 1   | 20                 | 1,0                 | 1,5                 | -0,2                | 0,7                                   | 1,1                            |
|  | 2   | 5                  | -0,5                | 0,8                 | 1,0                 | 0,4                                   |                                |
|  | 3   | 20                 | 1,0                 | 1,4                 | 0,2                 | 0,8                                   |                                |
|  | 4   | 40                 | 0,6                 | -1,5                | 1,1                 | 0,1                                   |                                |
|  | 5   | 20                 | 1,0                 | 1,5                 | 2,5                 | 1,7                                   |                                |

**Anlage 3**

**Umgebungstemperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)**

**Blatt 2 von 2**

|                   |     |                          |                  |   |                  |                                    |                             |
|-------------------|-----|--------------------------|------------------|---|------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Hersteller</b> |     | Thermo Fisher Scientific |                  | <b>Verwendeter Prüfstandard</b> Referenzfolie |                  |                                    |                             |
| <b>Gerätetyp</b>  |     | 5014iQ                   |                  |   |                  |                                    |                             |
| <b>Serien-Nr.</b> |     | CM20451001 / CM20451005  |                  |   |                  |                                    |                             |
|                   |     |                          | Messung 1        | Messung 2                                     | Messung 3        |                                    |                             |
| CM20451001        | Nr. | Temperatur<br>[°C]       | Messwert<br>[µg] | Messwert<br>[µg]                              | Messwert<br>[µg] | Mittelwert aus 3 Messungen<br>[µg] | Mittelwert bei 20°C<br>[µg] |
| RP                | 1   | 20                       | 1292,5           | 1284,7  | 1275,1           | 1284,1                             | 1275,2                      |
|                   | 2   | 5                        | 1274,4           | 1264,3  | 1252,2           | 1263,6                             |                             |
|                   | 3   | 20                       | 1250,3           | 1268,6  | 1252,8           | 1257,2                             |                             |
|                   | 4   | 40                       | 1259,6           | 1260,4  | 1256,9           | 1259,0                             |                             |
|                   | 5   | 20                       | 1276,3           | 1291,7  | 1285,2           | 1284,4                             |                             |
| CM20451005        | Nr. | Temperatur<br>[°C]       | Messwert<br>[µg] | Messwert<br>[µg]                              | Messwert<br>[µg] | Mittelwert aus 3 Messungen<br>[µg] | Mittelwert bei 20°C<br>[µg] |
| RP                | 1   | 20                       | 1258,5           | 1262,5  | 1259,5           | 1260,2                             | 1259,3                      |
|                   | 2   | 5                        | 1244,0           | 1253,3  | 1250,5           | 1249,3                             |                             |
|                   | 3   | 20                       | 1251,1           | 1255,9  | 1252,4           | 1253,1                             |                             |
|                   | 4   | 40                       | 1232,3           | 1233,9  | 1240,9           | 1235,7                             |                             |
|                   | 5   | 20                       | 1253,4           | 1265,8  | 1274,3           | 1264,5                             |                             |

**Anlage 4 Netzspannungsabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)**

**Blatt 1 von 1**

|                   |     |                          |               |   |               |                                 |  |
|-------------------|-----|--------------------------|---------------|---|---------------|---------------------------------|--|
| <b>Hersteller</b> |     | Thermo Fisher Scientific |               | <b>Verwendeter Prüfstandard</b> Referenzfolie |               |                                 |  |
| <b>Gerätetyp</b>  |     | 5014iQ                   |               |   |               |                                 |  |
| <b>Serien-Nr.</b> |     | CM20451001 / CM20451005  |               |   |               |                                 |  |
|                   |     |                          | Messung 1     | Messung 2                                     | Messung 3     |                                 |  |
| CM20451001        | Nr. | Netzspannung [V]         | Messwert [µg] | Messwert [µg]                                 | Messwert [µg] | Mittelwert aus 3 Messungen [µg] |  |
| RP                | 1   | 230                      | 1259,6        | 1257,8  | 1270,9        | 1262,8                          |  |
|                   | 2   | 195                      | 1263,4        | 1259,4  | 1253,5        | 1258,8                          |  |
|                   | 3   | 230                      | 1252,6        | 1259,4  | 1260,2        | 1257,4                          |  |
|                   | 4   | 253                      | 1258,2        | 1267,4  | 1264,2        | 1263,3                          |  |
|                   | 5   | 230                      | 1258,6        | 1266,6  | 1255,2        | 1260,1                          |  |
| CM20451005        | Nr. | Netzspannung [V]         | Messwert [µg] | Messwert [µg]                                 | Messwert [µg] | Mittelwert aus 3 Messungen [µg] |  |
| RP                | 1   | 230                      | 1253,7        | 1254,9  | 1248,1        | 1252,2                          |  |
|                   | 2   | 195                      | 1251,6        | 1245,2  | 1250,4        | 1249,1                          |  |
|                   | 3   | 230                      | 1243,5        | 1254,2  | 1251,5        | 1249,7                          |  |
|                   | 4   | 253                      | 1258,1        | 1253,4  | 1241,7        | 1251,1                          |  |
|                   | 5   | 230                      | 1246,7        | 1250,9  | 1249,9        | 1249,2                          |  |

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 1 von 12**

| Hersteller |            | Thermo Fisher Scientific                            |   |  |  |   |   |   | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub>       |          | Standort |
|------------|------------|---|---|--|--|---|---|---|-------------------------------------|----------|----------|
| Gerätetyp  |            | 5014iQ  |   |  |  |   |   |   | Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |          |          |
| Serien-Nr. |            | CM20451001 / CM20451005                             |   |  |  |   |   |   |                                     |          |          |
| Nr.        | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung                           | Standort |          |
| 1          | 11.11.2023 |   |   |  |  |   |   |   | Nullfilter                          | Bornheim |          |
| 2          | 12.11.2023 |   |   |  |  |   | 0,6   | 1,2   | Nullfilter → Probenahmekopf         |          |          |
| 3          | 13.11.2023 | 5,0   | 4,9   | 11,3   | 10,5   | 45,3  |   | 5,2   | CM20451001                          |          |          |
| 4          | 14.11.2023 | 4,3   | 5,1   | 11,0   | 10,1   | 44,6  |   | 5,4   | falscher                            |          |          |
| 5          | 15.11.2023 | 4,3   | 4,4   | 11,5   | 10,9   | 38,8  |   | 5,3   | Probenahme-                         |          |          |
| 6          | 16.11.2023 | 9,0   | 10,1  | 18,2   | 17,2   | 53,9  |   | 9,0   | kopf                                |          |          |
| 7          | 17.11.2023 |   |   |  |  |   | 14,2  | 13,9  |                                     |          |          |
| 8          | 18.11.2023 |   |   |  |  |   | 4,0   | 3,6   |                                     |          |          |
| 9          | 19.11.2023 | 4,4   | 4,8   | 11,6   | 9,8  | 42,9  | 4,8   | 5,0   |                                     |          |          |
| 10         | 20.11.2023 | 4,6   | 5,4   | 9,8  | 9,4  | 52,2  | 5,4   | 5,6   |                                     |          |          |
| 11         | 21.11.2023 | 12,3  | 11,8  | 19,0   | 17,9   | 65,1  | 10,6  | 9,1   |                                     |          |          |
| 12         | 22.11.2023 | 7,0   | 7,5   | 12,8   | 11,1   | 60,8  | 7,2   | 7,5   |                                     |          |          |
| 13         | 23.11.2023 | 4,4   | 5,0   | 11,4   | 10,9   | 42,2  | 5,8   | 5,4   |                                     |          |          |
| 14         | 24.11.2023 |   |   |  |  |   | 3,0   | 2,9   |                                     |          |          |
| 15         | 25.11.2023 |   |   |  |  |   | 5,5   | 5,8   |                                     |          |          |
| 16         | 26.11.2023 | 5,6   | 6,9   | 11,6   | 10,9   | 55,3  | 5,9   | 5,9   |                                     |          |          |
| 17         | 27.11.2023 | 3,2   | 3,7   | 5,2  |  |   | 4,1   | 4,4   |                                     |          |          |
| 18         | 28.11.2023 | 7,1   | 7,7   | 10,5   | 10,5   | 70,2  | 7,3   | 7,5   | RM2 PM10 - kein Filter eingelegt    |          |          |
| 19         | 29.11.2023 | 8,1   | 8,7   | 13,4   | 12,1   | 65,9  | 8,1   | 9,0   |                                     |          |          |
| 20         | 30.11.2023 | 14,0  | 13,9  | 17,4   | 16,7   | 82,1  | 13,1  | 13,3  |                                     |          |          |
| 21         | 01.12.2023 | 9,9   | 10,6  | 12,3   | 12,2   | 83,6  | 8,1   | 9,0   |                                     |          |          |
| 22         | 02.12.2023 |   |   |  |  |   | 15,5  | 15,7  |                                     |          |          |
| 23         | 03.12.2023 | 13,4  | 13,4  | 18,4   | 18,4   | 72,9  | 11,9  | 12,2  |                                     |          |          |
| 24         | 04.12.2023 |   |   |  |  |   | 8,9   | 9,4   |                                     |          |          |
| 25         | 05.12.2023 | 6,8   | 8,3   | 15,3   | 14,5   | 50,7  | 7,8   | 8,0   |                                     |          |          |
| 26         | 06.12.2023 | 13,3  | 14,1  | 24,6   | 23,4   | 57,3  | 12,5  | 12,6  |                                     |          |          |
| 27         | 07.12.2023 |   |   |  |  |   | 8,5   | 9,8   |                                     |          |          |
| 28         | 08.12.2023 |   |   |  |  |   | 8,5   | 8,8   |                                     |          |          |
| 29         | 09.12.2023 |   |   |  |  |   | 4,2   | 4,2   |                                     |          |          |
| 30         | 10.12.2023 |   |   | 14,7   | 13,3   |   | 5,9   | 5,7   |                                     |          |          |

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 179 von 452

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 2 von 12

| Hersteller |            | Thermo Fisher Scientific                            |   |  |   |   |   | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub>                           |                     |          |  |
|------------|------------|---|---|--|---|---|---|---|---------------------|----------|--|
| Gerätetyp  |            | 5014iQ  |   |  |   |   |   | Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B.                     |                     |          |  |
| Serien-Nr. |            | CM20451001 / CM20451005                             |   |  |   |   |   |   |                     |          |  |
| Nr.        | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2.<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung           | Standort |  |
| 31         | 11.12.2023 | 4,9   | 5,0   | 14,4   | 13,3  | 35,9  | 5,6   | 5,8   | Wechsel LVS auf SEQ | Bornheim |  |
| 32         | 12.12.2023 |   |   |  |   |   | 4,4   | 5,1   |                     |          |  |
| 33         | 13.12.2023 | 5,5   | 5,7   | 11,1   | 10,4  | 51,8  | 5,4   | 5,4   |                     |          |  |
| 34         | 14.12.2023 | 13,1  | 13,6  | 20,2   | 19,2  | 67,9  | 12,7  | 13,3  |                     |          |  |
| 35         | 15.12.2023 | 10,9  | 11,6  | 23,1   | 21,1  | 51,0  | 10,9  | 11,1  |                     |          |  |
| 36         | 16.12.2023 | 6,3   | 7,1   | 15,3   | 13,9  | 45,9  | 6,8   | 7,1   |                     |          |  |
| 37         | 17.12.2023 | 10,4  | 6,2   | 8,2  | 7,5   | 105,7   | 5,4   | 6,1   |                     |          |  |
| 38         | 18.12.2023 | 13,1  | 16,0  | 26,8   | 25,2  | 55,9  | 14,1  | 14,2  |                     |          |  |
| 39         | 19.12.2023 | 4,8   | 5,7   | 9,5  | 9,1   | 56,9  | 4,0   | 5,6   |                     |          |  |
| 40         | 20.12.2023 | 4,2   | 4,6   | 12,7   | 12,1  | 35,4  | 4,4   | 4,9   |                     |          |  |
| 41         | 21.12.2023 | 1,8   | 1,8   | 6,1  | 4,1   | 35,2  | 2,3   | 1,9   |                     |          |  |
| 42         | 22.12.2023 | 2,5   | 3,3   | 8,6  | 7,2   | 36,6  | 3,4   | 4,0   |                     |          |  |
| 43         | 23.12.2023 | 1,9   | 2,4   | 6,9  | 5,4   | 35,1  | 3,1   | 4,7   |                     |          |  |
| 44         | 24.12.2023 | 0,8   | 0,8   | 3,3  | 1,8   | 31,7  | 1,1   | 1,0   |                     |          |  |
| 45         | 25.12.2023 | 0,7   | 0,1   | 3,4  | 2,4   | 13,6  | 1,4   | 1,0   |                     |          |  |
| 46         | 26.12.2023 | 2,4   | 2,6   | 9,8  | 8,3   | 27,4  | 3,7   | 4,0   |                     |          |  |
| 47         | 27.12.2023 | 3,6   | 4,0   | 9,7  | 8,7   | 41,3  | 4,9   | 4,6   |                     |          |  |
| 48         | 28.12.2023 | 1,9   | 3,0   | 7,3  | 5,9   | 37,2  | 3,8   | 4,5   |                     |          |  |
| 49         | 29.12.2023 | 1,0   | 1,5   | 5,0  | 4,4   | 27,2  | 2,4   | 2,7   |                     |          |  |
| 50         | 30.12.2023 | 2,4   | 3,8   | 8,4  | 8,1   | 37,4  | 3,4   | 3,5   |                     |          |  |
| 51         | 31.12.2023 | 2,6   | 3,1   | 5,5  | 5,3   | 53,0  | 3,6   | 3,1   |                     |          |  |
| 52         | 01.01.2024 | 6,5   | 7,1   | 13,3   | 12,9  | 51,8  | 5,9   | 6,3   |                     |          |  |
| 53         | 02.01.2024 | 2,0   | 4,3   | 3,1  | 2,8   | 105,9   | 1,4   | 1,7   |                     |          |  |
| 54         | 03.01.2024 | 3,2   | 3,7   | 6,5  | 6,4   | 53,3  | 3,2   | 2,4   |                     |          |  |
| 55         | 04.01.2024 | 3,4   | 2,7   | 8,8  | 8,6   | 35,4  | 3,9   | 3,9   |                     |          |  |
| 56         | 05.01.2024 | 3,7   | 4,4   | 8,0  | 7,4   | 52,1  | 4,1   | 4,5   |                     |          |  |
| 57         | 06.01.2024 | 8,8   | 9,6   | 13,2   | 13,0  | 70,5  | 8,0   | 8,3   |                     |          |  |
| 58         | 07.01.2024 | 8,5   | 9,4   | 11,6   | 10,6  | 80,3  | 9,3   | 9,4   |                     |          |  |
| 59         | 08.01.2024 | 5,8   | 7,0   | 8,0  | 8,0   | 80,0  | 6,9   | 6,7   |                     |          |  |
| 60         | 09.01.2024 | 12,5  | 13,6  | 23,8   | 23,3  | 55,5  | 14,3  | 14,3  |                     |          |  |

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 3 von 12**

| <b>Hersteller</b> Thermo Fisher Scientific<br><b>Gerätetyp</b> 5014iQ<br><b>Serien-Nr.</b> CM20451001 / CM20451005 |            |   |   |  |  |   |   |   |           | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub><br>Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B.   |  |
|--|------------|---|---|--|--|---|---|---|-----------|--|--|
| Nr.  | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung | Standort   |  |
| 61   | 10.01.2024 | 23,4  | 24,7  | 36,6   | 35,6   | 66,5  | 24,0  | 26,1  | Bornheim  |  |  |
| 62   | 11.01.2024 | 40,7  | 43,0  | 62,6   | 61,4   | 67,5  | 42,2  | 44,1  |           |  |  |
| 63   | 12.01.2024 | 27,1  | 28,8  | 45,1   | 43,5   | 63,2  | 27,4  | 29,7  |           |  |  |
| 64   | 13.01.2024 | 14,6  | 14,8  | 23,0   | 22,4   | 64,7  | 13,2  | 13,5  |           |  |  |
| 65   | 14.01.2024 | 7,4   | 8,7   | 10,0   | 9,9  | 80,8  | 6,0   | 6,4   |           |  |  |
| 66   | 15.01.2024 | 7,6   | 9,1   | 19,6   | 18,3   | 44,1  | 7,8   | 9,1   |           |  |  |
| 67   | 16.01.2024 | 10,3  | 9,9   | 27,7   | 25,9   | 37,8  | 11,0  | 11,6  |           |  |  |
| 68   | 17.01.2024 | 13,3  | 14,1  | 20,3   | 18,7   | 70,1  | 12,2  | 12,4  |           |  |  |
| 69   | 18.01.2024 | 27,3  | 28,5  | 43,6   | 42,2   | 65,1  | 25,1  | 26,5  |           |  |  |
| 70   | 19.01.2024 | 17,5  | 18,3  | 29,0   | 27,5   | 63,5  | 16,6  | 17,2  |           |  |  |
| 71   | 20.01.2024 | 12,2  | 13,6  | 17,3   | 16,5   | 76,3  | 12,4  | 12,8  |           |  |  |
| 72   | 21.01.2024 |   |   | 19,4   | 18,6   |   | 11,6  | 11,5  |           |  |  |
| 73   | 22.01.2024 | 3,5   | 3,6   | 13,9   | 13,3   | 26,3  | 4,8   | 5,5   |           |  |  |
| 74   | 23.01.2024 | 4,2   | 5,0   | 24,8   | 23,5   | 19,0  | 6,7   | 6,9   |           |  |  |
| 75   | 24.01.2024 | 6,1   | 7,1   | 21,0   | 20,6   | 31,6  | 7,7   | 8,3   |           |  |  |
| 76   | 25.01.2024 | 8,8   | 9,4   | 29,4   | 29,8   | 30,8  | 10,1  | 10,6  |           |  |  |
| 77   | 26.01.2024 | 3,5   | 3,5   | 13,3   | 13,7   | 26,2  | 4,9   | 4,5   |           |  |  |
| 78   | 27.01.2024 | 7,9   | 8,3   | 19,8   | 20,3   | 40,3  | 8,3   | 8,7   |           |  |  |
| 79   | 28.01.2024 | 7,3   | 7,3   | 11,6   | 12,4   | 61,1  | 7,5   | 7,9   |           |  |  |
| 80   | 29.01.2024 |   |   |  |  |   |   |   |           |  |  |
| 81   | 30.01.2024 |   |   |  |  |   |   |   |           |  |  |
| 82   | 04.02.2024 |   |   |  |  |   |   |   | Köln      | Ausreisser PM <sub>2,5</sub><br><br>Probenahmekopf → Nullfilter<br>Nullfilter<br>Nullfilter → Probenahmekopf<br><br>Stromausfall Messstation<br>Stromausfall Messstation<br>Stromausfall Messstation<br>Stromausfall Messstation |  |
| 83   | 05.02.2024 |   |   |  |  |   |   |   |           |  |  |
| 84   | 06.02.2024 | 6,7   | 6,7   | 14,2   | 14,3   | 47,3  | 7,0   | 7,5   |           |  |  |
| 85   | 07.02.2024 | 3,5   | 4,2   | 5,6  | 6,6  | 63,3  | 4,4   | 3,7   |           |  |  |
| 86   | 08.02.2024 | 3,7   | 4,0   | 6,2  | 7,1  | 58,4  | 3,8   | 4,2   |           |  |  |
| 87   | 09.02.2024 |   |   |  |  |   |   |   |           |  |  |
| 88   | 10.02.2024 |   |   |  |  |   |   |   |           |  |  |
| 89   | 11.02.2024 |   |   |  |  |   |   |   |           |  |  |
| 90   | 12.02.2024 |   |   |  |  |   |   |   |           |  |  |

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 4 von 12

| Hersteller Thermo Fisher Scientific |            |   |   |  |  |   |   |   |                          | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub>       |
|-------------------------------------|------------|---|---|--|--|---|---|---|--------------------------|-------------------------------------|
| Gerätetyp 5014iQ                    |            |   |   |  |  |   |   |   |                          | Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |
| Serien-Nr. CM20451001 / CM20451005  |            |   |   |  |  |   |   |   |                          |                                     |
| Nr.                                 | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung                | Standort                            |
| 91                                  | 13.02.2024 |   |   |  |  |   |   |   | Stromausfall Messstation | Köln                                |
| 92                                  | 14.02.2024 | 2,8   | 3,2   | 4,0  | 4,6  | 68,7  | 2,9   | 1,6   |                          |                                     |
| 93                                  | 15.02.2024 | 4,8   | 4,8   | 8,3  | 8,4  | 58,1  | 4,2   | 4,0   |                          |                                     |
| 94                                  | 16.02.2024 | 5,7   | 5,4   | 9,5  | 9,3  | 59,4  | 7,2   | 7,3   |                          |                                     |
| 95                                  | 17.02.2024 | 12,1  | 13,0  | 24,7   | 24,2   | 51,3  | 11,6  | 11,0  |                          |                                     |
| 96                                  | 18.02.2024 | 6,2   | 5,9   | 9,9  | 9,5  | 62,6  | 6,8   | 6,5   |                          |                                     |
| 97                                  | 19.02.2024 | 4,6   | 4,3   | 11,5   | 11,7   | 38,1  | 5,7   | 5,3   |                          |                                     |
| 98                                  | 20.02.2024 | 8,0   | 7,8   | 19,8   | 19,4   | 40,4  | 8,3   | 8,3   |                          |                                     |
| 99                                  | 21.02.2024 | 5,2   | 5,1   | 9,7  | 9,8  | 52,7  | 5,4   | 5,6   |                          |                                     |
| 100                                 | 22.02.2024 | 1,0   | 1,9   | 2,8  | 3,0  | 51,3  | 1,6   | 0,9   |                          |                                     |
| 101                                 | 23.02.2024 | 2,0   | 2,1   | 4,3  | 4,3  | 48,3  | 2,4   | 2,8   |                          |                                     |
| 102                                 | 24.02.2024 | 2,2   | 1,7   | 2,9  | 3,7  | 58,8  | 2,5   | 2,5   |                          |                                     |
| 103                                 | 25.02.2024 | 1,8   | 1,3   | 3,1  | 3,5  | 47,7  | 2,1   | 2,5   |                          |                                     |
| 104                                 | 26.02.2024 | 4,7   | 4,8   | 7,4  | 6,9  | 67,0  | 6,3   | 5,9   |                          |                                     |
| 105                                 | 27.02.2024 | 15,4  | 16,8  | 21,2   | 20,4   | 77,3  | 14,8  | 14,7  |                          |                                     |
| 106                                 | 28.02.2024 | 23,7  | 25,6  | 32,4   | 32,2   | 76,3  | 22,7  | 22,8  |                          |                                     |
| 107                                 | 29.02.2024 | 9,0   | 11,2  | 14,1   | 14,2   | 70,9  | 8,1   | 8,3   |                          |                                     |
| 108                                 | 01.03.2024 | 5,4   | 7,0   | 8,9  | 9,2  | 68,5  | 6,7   | 5,9   |                          |                                     |
| 109                                 | 02.03.2024 | 4,3   | 4,3   | 6,6  | 6,6  | 64,4  | 4,1   | 4,0   |                          |                                     |
| 110                                 | 03.03.2024 | 9,4   | 10,7  | 14,4   | 14,0   | 70,9  | 10,1  | 10,6  |                          |                                     |
| 111                                 | 04.03.2024 | 12,4  | 13,4  | 21,4   | 21,9   | 59,8  | 11,7  | 12,0  |                          |                                     |
| 112                                 | 05.03.2024 | 22,1  | 22,5  | 30,1   | 30,6   | 73,6  | 21,8  | 21,8  |                          |                                     |
| 113                                 | 06.03.2024 | 13,2  | 15,4  | 19,5   | 19,9   | 72,7  | 13,6  | 14,0  |                          |                                     |
| 114                                 | 07.03.2024 | 15,9  | 17,0  | 23,1   | 22,7   | 71,7  | 15,7  | 16,0  |                          |                                     |
| 115                                 | 08.03.2024 | 14,4  | 16,6  | 20,0   | 20,1   | 77,2  | 15,2  | 16,1  |                          |                                     |
| 116                                 | 09.03.2024 | 10,1  | 11,9  | 14,9   | 15,1   | 73,3  | 11,3  | 11,7  |                          |                                     |
| 117                                 | 10.03.2024 | 12,4  | 10,9  | 14,2   | 14,5   | 81,1  | 11,1  | 11,6  |                          |                                     |
| 118                                 | 11.03.2024 | 8,9   | 10,8  | 13,2   | 12,4   | 77,0  | 9,8   | 9,5   |                          |                                     |
| 119                                 | 12.03.2024 | 11,4  | 14,4  | 19,3   | 19,0   | 67,4  | 12,3  | 11,7  |                          |                                     |
| 120                                 | 13.03.2024 | 3,4   | 2,9   | 7,2  | 6,8  | 44,8  | 4,3   | 4,1   |                          |                                     |

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 5 von 12**

| Hersteller Thermo Fisher Scientific |            |   |   |  |  |   |   |   |           | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub>       |
|-------------------------------------|------------|---|---|--|--|---|---|---|-----------|-------------------------------------|
| Gerätetyp 5014iQ                    |            |   |   |  |  |   |   |   |           | Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |
| Serien-Nr. CM20451001 / CM20451005  |            |   |   |  |  |   |   |   |           |                                     |
| Nr.                                 | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung | Standort                            |
| 121                                 | 14.03.2024 | 4,1   | 4,3   | 9,2  | 8,9  | 46,2  | 5,5   | 5,6   |           | Köln                                |
| 122                                 | 15.03.2024 | 3,2   | 3,5   | 7,4  | 7,1  | 45,6  | 5,2   | 4,9   |           |                                     |
| 123                                 | 16.03.2024 | 3,6   | 3,4   | 6,6  | 6,9  | 51,7  | 4,6   | 4,2   |           |                                     |
| 124                                 | 17.03.2024 | 6,5   | 7,0   | 10,5   | 11,7   | 60,8  | 6,7   | 7,5   |           |                                     |
| 125                                 | 18.03.2024 | 7,3   | 7,3   | 12,8   | 13,2   | 55,8  | 8,9   | 8,5   |           |                                     |
| 126                                 | 19.03.2024 | 6,8   | 6,1   | 12,6   | 13,2   | 49,8  | 8,0   | 8,6   |           |                                     |
| 127                                 | 20.03.2024 | 7,3   | 6,7   | 13,7   | 14,1   | 50,7  | 7,9   | 8,0   |           |                                     |
| 128                                 | 21.03.2024 | 14,6  | 14,5  | 24,4   | 24,6   | 59,4  | 15,3  | 14,3  |           |                                     |
| 129                                 | 22.03.2024 | 10,2  | 10,8  | 17,0   | 18,0   | 60,3  | 9,9   | 8,9   |           |                                     |
| 130                                 | 23.03.2024 | 3,2   | 3,2   | 6,7  | 7,3  | 45,5  | 4,4   | 3,9   |           |                                     |
| 131                                 | 24.03.2024 | 3,2   | 2,7   | 6,9  | 6,9  | 42,8  | 4,0   | 4,1   |           |                                     |
| 132                                 | 25.03.2024 | 5,1   | 4,1   | 12,6   | 11,6   | 38,1  | 4,7   | 4,4   |           |                                     |
| 133                                 | 26.03.2024 | 5,1   | 4,7   | 8,6  | 9,0  | 55,7  | 4,9   | 6,5   |           |                                     |
| 134                                 | 27.03.2024 | 4,7   | 4,3   | 9,7  | 8,5  | 49,6  | 5,5   | 6,0   |           |                                     |
| 135                                 | 28.03.2024 | 3,1   | 2,7   | 6,3  | 5,4  | 49,7  | 3,5   | 3,7   |           |                                     |
| 136                                 | 29.03.2024 | 2,1   | 2,2   | 4,3  | 3,9  | 53,4  | 2,7   | 3,8   |           |                                     |
| 137                                 | 30.03.2024 | 7,1   | 6,5   | 20,2   | 20,2   | 33,8  | 8,5   | 9,0   |           |                                     |
| 138                                 | 31.03.2024 | 6,5   | 6,2   | 13,8   | 14,9   | 44,3  | 7,2   | 7,6   |           |                                     |
| 139                                 | 01.04.2024 | 3,3   | 2,9   | 4,4  | 5,2  | 64,2  | 3,9   | 3,5   |           |                                     |
| 140                                 | 02.04.2024 | 3,0   | 3,0   | 5,3  | 6,8  | 49,6  | 3,6   | 3,8   |           |                                     |
| 141                                 | 03.04.2024 | 2,5   | 3,1   | 4,9  | 5,5  | 53,6  | 2,8   | 3,2   |           |                                     |
| 142                                 | 04.04.2024 | 2,5   | 2,8   | 6,5  | 6,7  | 40,1  | 3,1   | 3,6   |           |                                     |
| 143                                 | 05.04.2024 | 4,2   | 4,4   | 7,0  | 7,7  | 58,7  | 4,8   | 4,6   |           |                                     |
| 144                                 | 06.04.2024 | 5,9   | 6,6   | 9,5  | 8,4  | 70,1  | 5,7   | 5,8   |           |                                     |
| 145                                 | 07.04.2024 | 5,4   | 5,9   | 10,8   | 11,5   | 50,7  | 6,5   | 6,3   |           |                                     |
| 146                                 | 08.04.2024 | 7,8   | 8,1   | 17,8   | 17,7   | 44,8  | 10,3  | 10,5  |           |                                     |
| 147                                 | 09.04.2024 | 4,7   | 5,1   | 11,4   | 12,4   | 41,3  | 6,9   | 6,8   |           |                                     |
| 148                                 | 10.04.2024 | 4,8   | 4,5   | 12,5   | 12,8   | 36,6  | 6,4   | 6,2   |           |                                     |
| 149                                 | 11.04.2024 | 5,1   | 5,2   | 10,7   | 10,7   | 48,6  | 5,9   | 5,5   |           |                                     |
| 150                                 | 12.04.2024 | 2,5   | 4,9   | 10,1   | 9,5  | 38,0  | 6,0   | 6,5   |           |                                     |

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 6 von 12

| Hersteller Thermo Fisher Scientific |            |   |   |  |  |   |   |   |                              | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub>       |
|-------------------------------------|------------|---|---|--|--|---|---|---|------------------------------|-------------------------------------|
| Gerätetyp 5014iQ                    |            |   |   |  |  |   |   |   |                              | Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |
| Serien-Nr. CM20451001 / CM20451005  |            |   |   |  |  |   |   |   |                              |                                     |
| Nr.                                 | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung                    | Standort                            |
| 151                                 | 13.04.2024 | 7,8   | 7,1   | 12,6   | 12,0   | 60,5  | 8,9   | 9,0   |                              | Köln                                |
| 152                                 | 14.04.2024 | 4,9   | 4,7   | 10,0   | 10,2   | 47,5  | 6,7   | 6,3   |                              |                                     |
| 153                                 | 15.04.2024 | 3,1   | 2,9   | 7,5  | 7,1  | 40,5  | 5,0   | 4,3   |                              |                                     |
| 154                                 | 16.04.2024 | 1,8   | 1,2   | 4,1  | 4,2  | 35,2  |   | 3,2   | Ausfall CM20451001           |                                     |
| 155                                 | 17.04.2024 | 3,1   | 3,3   | 6,8  | 7,5  | 45,3  |   | 5,0   | Ausfall CM20451001           |                                     |
| 156                                 | 18.04.2024 | 4,1   | 5,1   | 8,5  | 9,0  | 52,5  | 6,2   | 6,5   |                              |                                     |
| 157                                 | 19.04.2024 | 1,6   | 2,1   | 3,9  | 4,5  | 43,7  | 3,1   | 3,6   |                              |                                     |
| 158                                 | 20.04.2024 | 1,7   | 1,5   | 3,4  | 4,6  | 39,9  | 2,8   | 3,2   |                              |                                     |
| 159                                 | 21.04.2024 | 2,2   | 2,5   | 5,0  | 5,9  | 43,9  | 4,2   | 4,0   |                              |                                     |
| 160                                 | 22.04.2024 | 5,7   | 6,8   | 9,1  | 9,1  | 68,1  | 7,1   | 8,1   |                              |                                     |
| 161                                 | 23.04.2024 | 7,8   | 9,4   | 12,5   | 13,3   | 66,5  | 9,8   | 10,2  |                              |                                     |
| 162                                 | 24.04.2024 | 2,5   | 2,7   | 5,8  | 6,0  | 44,2  | 4,0   | 4,5   |                              |                                     |
| 163                                 | 25.04.2024 | 3,2   | 3,7   | 6,6  | 7,9  | 47,9  | 4,5   | 3,8   |                              |                                     |
| 164                                 | 26.04.2024 | 7,1   | 8,4   | 14,7   | 14,9   | 52,6  | 9,1   | 9,5   |                              |                                     |
| 165                                 | 27.04.2024 | 4,0   | 4,2   | 7,0  | 7,2  | 57,9  | 5,4   | 5,3   |                              |                                     |
| 166                                 | 28.04.2024 | 2,3   | 2,9   | 5,6  | 5,4  | 47,4  | 4,7   | 5,0   |                              |                                     |
| 167                                 | 29.04.2024 | 2,7   | 3,1   | 6,5  | 7,0  | 42,4  | 3,5   | 4,0   |                              |                                     |
| 168                                 | 30.04.2024 | 7,4   | 6,8   |  | 16,9   |   | 9,2   | 9,0   | RM1 PM10 - Filter beschädigt |                                     |
| 169                                 | 01.05.2024 | 12,4  | 12,1  | 22,6   | 23,6   | 53,0  | 17,3  | 18,1  |                              |                                     |
| 170                                 | 02.05.2024 | 8,5   | 7,6   | 15,5   | 15,7   | 51,6  | 13,1  | 12,9  |                              |                                     |
| 171                                 | 03.05.2024 | 1,5   | 1,4   | 4,7  | 4,2  | 33,0  | 3,6   | 4,0   |                              |                                     |
| 172                                 | 04.05.2024 | 3,7   | 3,2   | 7,2  | 6,8  | 49,6  | 5,4   | 5,5   |                              |                                     |
| 173                                 | 05.05.2024 | 2,8   | 2,4   | 4,9  | 4,0  | 58,4  | 4,4   | 4,8   |                              |                                     |
| 174                                 | 06.05.2024 | 5,1   | 5,8   | 9,1  | 9,6  | 58,3  | 8,9   | 8,4   |                              |                                     |
| 175                                 | 07.05.2024 | 10,5  | 13,4  | 19,6   | 19,1   | 61,8  | 13,8  | 11,6  |                              |                                     |
| 176                                 | 08.05.2024 | 17,5  | 20,1  | 29,1   | 29,8   | 63,9  | 22,6  | 21,9  |                              |                                     |
| 177                                 | 09.05.2024 | 10,6  | 11,8  | 16,9   | 17,9   | 64,5  | 12,8  | 13,4  |                              |                                     |
| 178                                 | 10.05.2024 | 11,3  | 11,1  | 16,4   | 16,6   | 67,9  | 13,4  | 14,4  |                              |                                     |
| 179                                 | 11.05.2024 | 9,8   | 9,9   | 14,6   | 14,4   | 67,8  | 12,5  | 12,5  |                              |                                     |
| 180                                 | 12.05.2024 | 8,6   | 8,6   | 12,4   | 12,7   | 68,6  | 9,9   | 10,4  |                              |                                     |

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 7 von 12**

| <b>Hersteller</b> Thermo Fisher Scientific<br><b>Gerätetyp</b> 5014iQ<br><b>Serien-Nr.</b> CM20451001 / CM20451005 |            |   |   |  |  |   |   |   |  | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub><br>Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |  |
|--|------------|---|---|--|--|---|---|---|--|--|--|
| Nr.  | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung  | Standort   |  |
| 181  | 13.05.2025 |   |   |  |  |   |   |   | Probenahmekopf → Nullfilter<br>Nullfilter        | Köln   |  |
| 182  | 14.05.2025 |   |   |  |  |   |   |   |  |  |  |
| 183  | 27.06.2024 |   |   |  |  |   |   |   | Nullfilter<br>Nullfilter → Probenahmekopf        | Hambach  |  |
| 184  | 28.06.2024 |   |   |  |  |   | 6,3   | 4,4   |  |  |  |
| 185  | 29.06.2024 | 8,7   | 9,6   | 30,1   | 28,5   | 31,4  | 9,9   | 10,4  | Ausreisser PM <sub>2,5</sub>                     |  |  |
| 186  | 30.06.2024 | 7,7   | 8,4   | 15,4   | 15,1   | 52,7  | 10,2  | 9,1   |  |  |  |
| 187  | 01.07.2024 | 4,1   | 4,7   | 11,7   | 10,7   | 39,5  | 5,5   | 5,9   |  |  |  |
| 188  | 02.07.2024 | 4,2   | 4,9   | 11,4   | 11,4   | 40,2  | 6,1   | 4,9   |  |  |  |
| 189  | 03.07.2024 | 3,1   | 3,5   | 14,2   | 13,4   | 23,9  | 4,2   | 8,4   |  |  |  |
| 190  | 04.07.2024 | 3,6   | 5,2   | 10,0   | 9,3  | 45,5  | 5,5   | 4,9   |  |  |  |
| 191  | 05.07.2024 |   |   | 27,0   | 26,2   |   | 6,8   | 6,7   |  |  |  |
| 192  | 06.07.2024 | 3,8   | 4,8   | 13,4   | 11,6   | 34,7  | 6,3   | 4,9   |  |  |  |
| 193  | 07.07.2024 | 2,5   | 3,4   | 10,5   | 9,1  | 30,0  | 3,2   | 3,4   |  |  |  |
| 194  | 08.07.2024 | 6,7   | 6,5   | 28,4   | 27,0   | 23,7  | 8,9   | 8,8   |  |  |  |
| 195  | 09.07.2024 | 10,6  | 10,4  | 41,3   | 38,4   | 26,4  | 14,8  | 12,9  |  |  |  |
| 196  | 10.07.2024 | 4,0   | 4,1   | 10,9   | 11,0   | 37,1  | 5,5   | 5,4   |  |  |  |
| 197  | 11.07.2024 | 5,9   | 5,6   | 17,7   | 17,3   | 32,8  | 8,2   | 7,4   |  |  |  |
| 198  | 12.07.2024 | 5,6   | 6,7   | 17,4   | 16,8   | 35,8  | 7,3   | 6,6   |  |  |  |
| 199  | 13.07.2024 | 2,7   | 2,8   | 8,4  | 8,7  | 31,8  | 4,5   | 3,8   |  |  |  |
| 200  | 14.07.2024 | 3,8   | 3,0   | 8,9  | 8,7  | 38,4  | 4,5   | 4,4   |  |  |  |
| 201  | 15.07.2024 | 6,2   | 6,6   | 20,5   | 21,4   | 30,5  | 9,6   | 9,0   |  |  |  |
| 202  | 16.07.2024 | 1,9   | 2,9   | 8,4  | 9,1  | 27,9  | 4,4   | 3,5   |  |  |  |
| 203  | 17.07.2024 | 3,2   | 4,1   | 11,3   | 11,0   | 32,8  | 6,9   | 6,6   |  |  |  |
| 204  | 18.07.2024 | 7,4   | 8,0   | 26,3   | 25,5   | 29,6  | 10,8  | 10,2  |  |  |  |
| 205  | 19.07.2024 | 13,4  | 13,6  |  |  |   |   | 20,7  | Ausreisser PM <sub>10</sub> , Ausfall CM20451001 |  |  |
| 206  | 20.07.2024 | 9,0   | 9,2   | 26,6   | 25,7   | 34,9  | 13,2  | 12,0  |  |  |  |
| 207  | 21.07.2024 | 8,4   | 8,5   | 34,6   | 32,7   | 25,1  | 13,0  | 11,6  |  |  |  |
| 208  | 22.07.2024 | 4,1   | 3,6   | 11,8   | 10,3   | 34,5  | 6,2   | 5,8   |  |  |  |
| 209  | 23.07.2024 | 3,9   | 3,5   | 11,8   | 10,5   | 33,2  | 5,8   | 5,3   |  |  |  |
| 210  | 24.07.2024 | 5,0   | 4,4   | 19,6   | 18,5   | 24,6  | 7,6   | 7,0   |  |  |  |

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 8 von 12

| Hersteller Thermo Fisher Scientific |            |   |   |  |  |   |   |   |                 | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub><br>Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |
|-------------------------------------|------------|---|---|--|--|---|---|---|-----------------|--|
| Gerätetyp 5014iQ                    |            |   |   |  |  |   |   |   |                 |  |
| Serien-Nr. CM20451001 / CM20451005  |            |   |   |  |  |   |   |   |                 |  |
| Nr.                                 | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung       | Standort   |
| 211                                 | 25.07.2024 | 5,1   | 6,0   | 19,3   | 18,7   | 29,1  | 8,6   | 8,2   | Ausreisser PM10 | Hambach  |
| 212                                 | 26.07.2024 | 4,0   | 4,0   | 9,9  | 10,2   | 39,8  | 6,7   | 5,6   |                 |  |
| 213                                 | 27.07.2024 | 5,2   | 5,1   | 17,1   | 17,6   | 29,6  | 8,2   | 6,7   |                 |  |
| 214                                 | 28.07.2024 | 5,9   | 6,2   | 19,6   | 19,7   | 30,7  | 10,5  | 9,4   |                 |  |
| 215                                 | 29.07.2024 | 7,0   | 7,3   | 24,6   | 23,8   | 29,6  | 7,9   | 8,0   |                 |  |
| 216                                 | 30.07.2024 | 18,1  | 17,5  | 67,5   | 66,2   | 26,7  | 17,2  | 19,3  |                 |  |
| 217                                 | 31.07.2024 | 17,0  | 16,7  | 44,3   | 43,8   | 38,2  | 19,7  | 19,1  |                 |  |
| 218                                 | 01.08.2024 | 16,1  | 16,7  | 35,3   | 35,9   | 46,1  | 14,3  | 13,7  |                 |  |
| 219                                 | 02.08.2024 | 14,1  | 14,3  |  |  |   | 17,6  | 16,8  |                 |  |
| 220                                 | 03.08.2024 | 10,7  | 10,3  | 18,9   | 18,0   | 56,8  | 13,0  | 12,9  |                 |  |
| 221                                 | 04.08.2024 | 4,7   | 5,6   | 11,6   | 11,7   | 44,4  | 7,3   | 7,3   |                 |  |
| 222                                 | 05.08.2024 | 7,8   | 7,3   | 19,0   | 18,8   | 40,1  | 8,8   | 9,4   |                 |  |
| 223                                 | 06.08.2024 | 9,1   | 8,2   | 22,3   | 22,0   | 38,9  | 10,4  | 10,3  |                 |  |
| 224                                 | 07.08.2024 | 7,3   | 6,9   | 18,0   | 17,2   | 40,2  | 9,4   | 8,8   |                 |  |
| 225                                 | 08.08.2024 | 4,4   | 4,5   | 13,2   | 13,2   | 34,0  | 6,0   | 5,7   |                 |  |
| 226                                 | 09.08.2024 | 3,7   | 4,1   | 12,5   | 12,4   | 31,3  | 5,6   | 5,7   |                 |  |
| 227                                 | 10.08.2024 | 4,5   | 4,3   | 13,2   | 12,7   | 34,0  | 6,4   | 5,8   |                 |  |
| 228                                 | 11.08.2024 | 7,6   | 8,1   | 21,6   | 20,8   | 37,0  | 9,7   | 10,2  |                 |  |
| 229                                 | 12.08.2024 | 10,3  | 11,1  | 34,9   | 34,7   | 30,7  | 13,1  | 13,2  |                 |  |
| 230                                 | 13.08.2024 | 12,7  | 13,4  | 38,5   | 37,8   | 34,2  | 17,8  | 16,2  |                 |  |
| 231                                 | 14.08.2024 | 10,2  | 11,1  | 24,5   | 24,5   | 43,4  | 11,5  | 9,3   |                 |  |
| 232                                 | 15.08.2024 | 4,8   | 5,6   | 14,2   | 14,5   | 36,4  | 6,3   | 7,3   |                 |  |
| 233                                 | 16.08.2024 | 4,4   | 4,2   | 10,0   | 10,3   | 42,0  | 5,8   | 5,7   |                 |  |
| 234                                 | 17.08.2024 | 3,5   | 4,1   | 9,2  | 8,3  | 43,6  | 5,5   | 4,5   |                 |  |
| 235                                 | 18.08.2024 | 5,8   | 5,9   | 11,6   | 11,1   | 51,4  | 8,0   | 8,2   |                 |  |
| 236                                 | 19.08.2024 | 9,8   | 9,6   | 25,7   | 24,8   | 38,4  | 13,0  | 12,7  |                 |  |
| 237                                 | 20.08.2024 | 18,5  | 18,1  | 49,7   | 48,4   | 37,3  | 20,1  | 20,7  |                 |  |
| 238                                 | 21.08.2024 | 4,4   | 3,9   | 12,9   | 11,2   | 34,4  | 6,5   | 5,5   |                 |  |
| 239                                 | 22.08.2024 | 4,7   | 5,2   | 12,6   | 12,0   | 40,3  | 5,5   | 6,0   |                 |  |
| 240                                 | 23.08.2024 | 3,8   | 3,8   | 11,4   | 10,4   | 34,9  | 5,4   | 5,5   |                 |  |

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 9 von 12**

| <b>Hersteller</b> Thermo Fisher Scientific |            |   |   |  |  |   | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub><br>Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |   |           |          |
|--|------------|---|---|--|--|---|--|---|-----------|----------|
| <b>Gerätetyp</b> 5014iQ                    |            |   |   |  |  |   |  |   |           |          |
| <b>Serien-Nr.</b> CM20451001 / CM20451005  |            |   |   |  |  |   |  |   |           |          |
| Nr.  | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ]              | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung | Standort |
| 241  | 24.08.2024 | 5,1   | 4,8   | 12,2   | 10,6   | 43,3  | 6,6  | 6,0   |           | Hambach  |
| 242  | 25.08.2024 | 5,4   | 4,8   | 9,4  | 9,5  | 53,6  | 5,9  | 5,7   |           |          |
| 243  | 26.08.2024 | 8,1   | 7,1   | 14,3   | 14,4   | 52,7  | 8,2  | 8,2   |           |          |
| 244  | 27.08.2024 | 8,8   | 8,6   | 20,1   | 20,5   | 42,9  | 10,6   | 10,4  |           |          |
| 245  | 28.08.2024 | 8,1   | 8,1   | 18,2   | 19,0   | 43,4  | 9,5  | 9,8   |           |          |
| 246  | 29.08.2024 | 11,7  | 11,8  | 39,0   | 38,3   | 30,4  | 14,6   | 14,5  |           |          |
| 247  | 30.08.2024 | 7,4   | 8,1   | 20,6   | 20,3   | 37,8  | 10,8   | 10,3  |           |          |
| 248  | 31.08.2024 | 8,5   | 9,8   | 25,0   | 25,0   | 36,6  | 11,7   | 11,4  |           |          |
| 249  | 01.09.2024 | 10,7  | 12,6  | 23,7   | 23,6   | 49,4  | 15,0   | 13,6  |           |          |
| 250  | 02.09.2024 | 9,4   | 10,7  | 22,3   | 22,2   | 45,3  | 15,1   | 13,3  |           |          |
| 251  | 03.09.2024 | 9,7   | 9,0   | 27,8   | 27,8   | 33,7  | 11,7   | 11,2  |           |          |
| 252  | 04.09.2024 | 6,5   | 6,0   | 13,0   | 12,8   | 48,4  | 8,5  | 6,1   |           |          |
| 253  | 05.09.2024 | 9,3   | 9,7   | 21,8   | 20,9   | 44,6  | 13,9   | 13,4  |           |          |
| 254  | 06.09.2024 | 11,7  | 11,5  | 21,5   | 20,2   | 55,6  | 14,8   | 12,7  |           |          |
| 255  | 07.09.2024 | 5,5   | 5,8   | 15,7   | 14,9   | 37,1  | 7,6  | 7,2   |           |          |
| 256  | 08.09.2024 | 3,1   | 3,6   | 5,5  | 5,3  | 61,8  | 5,3  | 4,2   |           |          |
| 257  | 09.09.2024 | 2,0   | 2,8   | 5,7  | 5,2  | 44,2  | 3,9  | 3,4   |           |          |
| 258  | 10.09.2024 | 3,0   | 3,0   | 9,6  | 8,7  | 32,7  | 4,5  | 4,3   |           |          |
| 259  | 11.09.2024 | 1,1   | 1,7   | 3,8  | 3,3  | 39,8  | 2,8  | 2,7   |           |          |
| 260  | 12.09.2024 | 1,5   | 1,7   | 3,7  | 3,9  | 42,9  | 3,2  | 3,0   |           |          |
| 261  | 13.09.2024 | 3,1   | 3,7   | 9,1  | 9,6  | 36,4  | 6,4  | 5,2   |           |          |
| 262  | 14.09.2024 | 2,2   | 2,9   | 8,3  | 8,6  | 30,1  | 5,1  | 3,6   |           |          |
| 263  | 15.09.2024 | 6,0   | 7,6   | 16,1   | 16,1   | 42,4  | 9,1  | 8,4   |           |          |
| 264  | 16.09.2024 | 7,7   | 8,3   | 29,9   | 28,7   | 27,4  | 9,5  | 9,1   |           |          |
| 265  | 17.09.2024 | 8,5   | 9,3   | 29,8   | 29,8   | 29,9  | 11,6   | 10,7  |           |          |
| 266  | 18.09.2024 | 28,7  | 28,1  | 53,1   | 52,1   | 54,1  | 27,8   | 24,7  |           |          |
| 267  | 19.09.2024 | 29,3  | 28,3  | 44,4   | 44,7   | 64,6  | 27,2   | 25,6  |           |          |
| 268  | 20.09.2024 | 22,2  | 22,3  | 36,1   | 36,4   | 49,9  | 20,6   | 19,5  |           |          |
| 269  | 21.09.2024 | 12,4  | 11,8  | 29,7   | 29,2   | 41,2  | 16,0   | 14,8  |           |          |
| 270  | 22.09.2024 | 14,9  | 13,6  | 43,4   | 43,2   | 32,9  | 17,3   | 16,5  |           |          |

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 187 von 452

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 10 von 12

| Hersteller Thermo Fisher Scientific |            |   |   |  |  |   |   |   |                             | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub>       |
|-------------------------------------|------------|---|---|--|--|---|---|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| Gerätetyp 5014iQ                    |            |   |   |  |  |   |   |   |                             | Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |
| Serien-Nr. CM20451001 / CM20451005  |            |   |   |  |  |   |   |   |                             |                                     |
| Nr.                                 | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung                   | Standort                            |
| 271                                 | 23.09.2024 | 5,4   | 5,4   | 10,4   | 10,0   | 52,7  | 7,9   | 6,9   |                             | Hambach                             |
| 272                                 | 24.09.2024 | 3,7   | 4,7   | 7,4  | 6,9  | 59,4  | 5,6   | 5,1   |                             |                                     |
| 273                                 | 25.09.2024 | 3,1   | 3,8   | 6,9  | 6,2  | 52,5  | 4,8   | 4,4   |                             |                                     |
| 274                                 | 26.09.2024 | 1,4   | 1,9   | 2,8  | 2,5  | 61,6  | 1,2   | 1,3   |                             |                                     |
| 275                                 | 27.09.2024 | 1,8   | 2,2   | 5,7  | 6,2  | 33,8  | 3,4   | 6,2   |                             |                                     |
| 276                                 | 28.09.2024 | 1,8   | 1,8   | 7,5  | 7,3  | 24,1  | 3,6   | 3,1   |                             |                                     |
| 277                                 | 29.09.2024 | 3,0   | 2,7   | 8,5  | 8,4  | 33,5  | 4,3   | 3,4   |                             |                                     |
| 278                                 | 04.12.2024 |   |   |  |  |   |   |   | Nullpunkt                   |                                     |
| 279                                 | 15.01.2025 |   |   |  |  |   |   |   | Nullfilter                  |                                     |
| 280                                 | 16.01.2025 |   |   |  |  |   |   |   | Nullfilter → Probenahmekopf |                                     |
| 281                                 | 17.01.2025 | 26,4  | 26,7  | 33,1   | 33,6   | 79,7  | 24,7  | 22,9  |                             |                                     |
| 282                                 | 18.01.2025 | 21,9  | 19,9  | 28,0   | 27,6   | 75,2  | 19,2  | 19,9  |                             |                                     |
| 283                                 | 19.01.2025 | 21,2  | 20,6  | 25,8   | 25,1   | 82,2  | 20,7  | 19,7  |                             |                                     |
| 284                                 | 20.01.2025 | 8,1   | 8,0   | 10,0   | 9,4  | 82,7  | 10,7  | 8,1   |                             |                                     |
| 285                                 | 21.01.2025 | 9,3   | 8,5   | 12,0   | 11,8   | 74,8  | 9,8   | 9,6   |                             |                                     |
| 286                                 | 22.01.2025 | 15,0  | 13,4  | 17,7   | 17,1   | 81,5  | 14,8  | 14,2  |                             |                                     |
| 287                                 | 23.01.2025 | 12,2  | 11,1  | 15,2   | 15,6   | 75,3  | 11,5  | 11,0  |                             |                                     |
| 288                                 | 24.01.2025 | 17,7  | 17,0  | 22,3   | 21,8   | 78,6  | 17,8  | 17,7  |                             |                                     |
| 289                                 | 25.01.2025 | 20,0  | 18,3  | 22,7   | 22,7   | 84,4  | 20,3  | 19,8  |                             |                                     |
| 290                                 | 26.01.2025 | 8,6   | 8,2   | 10,6   | 10,4   | 79,8  | 8,5   | 8,3   |                             |                                     |
| 291                                 | 27.01.2025 | 5,6   | 5,4   | 6,6  | 6,8  | 82,5  | 6,2   | 6,1   |                             |                                     |
| 292                                 | 28.01.2025 | 4,3   | 3,6   | 4,6  | 5,0  | 82,1  | 3,5   | 3,7   |                             |                                     |
| 293                                 | 29.01.2025 | 13,8  | 13,0  | 16,7   | 16,6   | 80,4  | 13,3  | 13,8  |                             |                                     |
| 294                                 | 30.01.2025 | 9,0   | 9,2   | 10,7   | 10,8   | 84,8  | 9,2   | 8,8   |                             |                                     |
| 295                                 | 31.01.2025 | 16,4  | 15,2  | 19,6   | 19,5   | 80,8  | 16,5  | 16,8  |                             |                                     |
| 296                                 | 01.02.2025 | 9,1   | 8,8   | 10,7   | 11,1   | 82,2  | 8,8   | 9,5   |                             |                                     |
| 297                                 | 02.02.2025 | 8,3   | 8,4   | 10,2   | 10,9   | 79,1  | 7,7   | 8,0   |                             |                                     |
| 298                                 | 03.02.2025 | 12,1  | 12,2  | 15,2   | 15,0   | 80,6  | 12,2  | 11,4  |                             |                                     |
| 299                                 | 04.02.2025 | 31,8  | 30,4  | 37,2   | 38,0   | 82,7  | 29,0  | 28,5  |                             |                                     |
| 300                                 | 05.02.2025 | 29,6  | 29,1  | 35,4   | 35,7   | 82,5  | 27,5  | 26,9  |                             |                                     |

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 11 von 12**

| Hersteller Thermo Fisher Scientific |            |   |   |  |  |   |   |   |           | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub>       |
|-------------------------------------|------------|---|---|--|--|---|---|---|-----------|-------------------------------------|
| Gerätetyp 5014iQ                    |            |   |   |  |  |   |   |   |           | Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |
| Serien-Nr. CM20451001 / CM20451005  |            |   |   |  |  |   |   |   |           |                                     |
| Nr.                                 | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung | Standort                            |
| 301                                 | 06.02.2025 | 31,4  | 30,8  | 38,4   | 38,8   | 80,7  | 29,3  | 28,7  |           | Ispra                               |
| 302                                 | 07.02.2025 | 31,2  | 28,4  | 37,2   | 37,5   | 79,8  | 28,9  | 29,5  |           |                                     |
| 303                                 | 08.02.2025 | 28,3  | 25,8  | 31,9   | 32,3   | 84,2  | 25,7  | 25,8  |           |                                     |
| 304                                 | 09.02.2025 | 11,2  | 10,5  | 13,9   | 13,9   | 77,9  | 11,5  | 10,6  |           |                                     |
| 305                                 | 10.02.2025 | 13,8  | 12,8  | 19,2   | 18,7   | 70,4  | 13,0  | 12,6  |           |                                     |
| 306                                 | 11.02.2025 | 20,7  | 19,3  | 29,0   | 28,6   | 69,3  | 17,4  | 15,8  |           |                                     |
| 307                                 | 12.02.2025 | 17,7  | 17,4  | 26,4   | 26,6   | 66,3  | 15,0  | 14,0  |           |                                     |
| 308                                 | 13.02.2025 | 16,3  | 15,2  | 24,2   | 23,6   | 65,8  | 13,6  | 13,3  |           |                                     |
| 309                                 | 14.02.2025 | 8,0   | 8,8   | 11,0   | 10,8   | 77,2  | 8,6   | 8,1   |           |                                     |
| 310                                 | 15.02.2025 | 13,9  | 12,6  | 17,2   | 16,4   | 79,0  | 13,4  | 13,7  |           |                                     |
| 311                                 | 16.02.2025 | 33,3  | 32,1  | 37,5   | 37,0   | 87,9  | 29,6  | 30,5  |           |                                     |
| 312                                 | 17.02.2025 | 31,0  | 29,6  | 37,7   | 37,4   | 80,8  | 28,1  | 27,9  |           |                                     |
| 313                                 | 18.02.2025 | 34,0  | 32,3  | 41,0   | 41,6   | 80,4  | 30,9  | 31,0  |           |                                     |
| 314                                 | 19.02.2025 | 32,0  | 30,9  | 39,7   | 39,7   | 79,1  | 29,2  | 29,3  |           |                                     |
| 315                                 | 20.02.2025 | 41,4  | 39,5  | 49,8   | 49,9   | 81,1  | 38,6  | 38,7  |           |                                     |
| 316                                 | 21.02.2025 | 49,0  | 48,1  | 57,7   | 57,6   | 84,2  | 47,0  | 46,6  |           |                                     |
| 317                                 | 22.02.2025 | 62,5  | 60,2  | 70,2   | 70,2   | 87,4  | 59,4  | 58,4  |           |                                     |
| 318                                 | 23.02.2025 | 35,2  | 35,5  | 50,4   | 50,0   | 70,5  | 32,5  | 30,7  |           |                                     |
| 319                                 | 24.02.2025 | 43,6  | 43,4  | 56,4   | 56,3   | 77,1  | 39,3  | 38,9  |           |                                     |
| 320                                 | 25.02.2025 | 44,8  | 42,6  | 50,3   | 49,8   | 87,2  | 44,4  | 40,8  |           |                                     |
| 321                                 | 26.02.2025 | 6,3   | 6,4   | 8,4  | 7,8  | 78,2  | 5,4   | 5,9   |           |                                     |
| 322                                 | 27.02.2025 | 10,0  | 9,9   | 14,8   | 14,2   | 68,7  | 9,1   | 10,1  |           |                                     |
| 323                                 | 28.02.2025 | 21,6  | 21,7  | 26,5   | 25,6   | 83,1  | 20,4  | 20,5  |           |                                     |
| 324                                 | 01.03.2025 | 9,6   | 9,2   | 12,0   | 11,3   | 80,6  | 9,6   | 9,5   |           |                                     |
| 325                                 | 02.03.2025 | 8,1   | 8,4   | 11,4   | 10,8   | 74,6  | 9,1   | 9,1   |           |                                     |
| 326                                 | 03.03.2025 | 17,2  | 16,7  | 21,6   | 21,0   | 79,4  | 16,5  | 16,0  |           |                                     |
| 327                                 | 04.03.2025 | 22,6  | 22,6  | 28,5   | 27,5   | 80,7  | 21,5  | 21,7  |           |                                     |
| 328                                 | 05.03.2025 | 24,2  | 24,5  | 30,5   | 31,0   | 79,1  | 23,6  | 23,3  |           |                                     |
| 329                                 | 06.03.2025 | 26,2  | 26,6  | 34,1   | 34,9   | 76,4  | 25,6  | 25,9  |           |                                     |
| 330                                 | 07.03.2025 | 28,7  | 29,1  | 37,1   | 37,7   | 77,2  | 28,4  | 28,0  |           |                                     |

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 189 von 452

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 12 von 12**

| <b>Hersteller</b> |            | Thermo Fisher Scientific                            |   |  |   |   |   |   | Schwebstaub PM <sub>2,5</sub><br>Messwerte in µg/m <sup>3</sup> i.B. |          |
|-------------------|------------|---|---|--|---|---|---|---|--|----------|
| <b>Gerätetyp</b>  |            | 5014iQ  |   |  |   |   |   |   |  |          |
| <b>Serien-Nr.</b> |            | CM20451001 / CM20451005                             |   |  |   |   |   |   |  |          |
| Nr.               | Datum      | Ref. 1<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 1<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ref. 2.<br>PM <sub>10</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Ratio<br>PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub><br>[%] | CM20451001<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | CM20451005<br>PM <sub>2,5</sub><br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Bemerkung  | Standort |
| 331               | 08.03.2025 | 27,6  | 28,6  | 34,7   | 35,5  | 80,0  | 27,7  | 27,4  |  | Ispra    |
| 332               | 09.03.2025 | 25,9  | 25,0  | 32,8   | 33,5  | 76,8  | 27,0  | 27,6  |  |          |
| 333               | 10.03.2025 | 7,0   | 7,1   | 10,5   | 10,5  | 67,2  | 8,9   | 7,4   |  |          |
| 334               | 11.03.2025 | 10,5  | 10,1  | 14,1   | 14,4  | 72,1  | 9,1   | 8,7   |  |          |
| 335               | 12.03.2025 | 4,5   | 5,4   | 6,5  | 7,6   | 69,9  | 5,2   | 4,8   |  |          |
| 336               | 13.03.2025 |   |   |  |   |   |   |   | Probenahmekopf → Nullfilter<br>Nullfilter                            |          |
| 337               | 14.03.2025 |   |   |  |   |   |   |   |  |          |

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 1 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1   | 11.11.2023 | Bornheim | 6,6                           | 9,9                         | 1001,2             | 83,7                    | 0,9                           | 164                  | 2,0                         |
| 2   | 12.11.2023 |          | 6,8                           | 10,6                        | 1002,6             | 85,0                    | 0,4                           | 75                   | 5,9                         |
| 3   | 13.11.2023 |          | 11,7                          | 15,9                        | 998,2              | 80,8                    | 1,5                           | 179                  | 0,0                         |
| 4   | 14.11.2023 |          | 11,5                          | 13,7                        | 1001,0             | 80,6                    | 1,7                           | 213                  | 6,8                         |
| 5   | 15.11.2023 |          | 10,0                          | 14,3                        | 1010,9             | 78,5                    | 0,9                           | 184                  | 6,6                         |
| 6   | 16.11.2023 |          | 7,2                           | 8,7                         | 1007,7             | 85,2                    | 0,5                           | 109                  | 0,0                         |
| 7   | 17.11.2023 |          | 4,8                           | 7,5                         | 1016,8             | 93,1                    | 0,2                           | 62                   | 0,0                         |
| 8   | 18.11.2023 |          | 8,3                           | 13,5                        | 1011,1             | 90,1                    | 0,8                           | 107                  | 2,8                         |
| 9   | 19.11.2023 |          | 12,9                          | 15,3                        | 1005,5             | 74,3                    | 1,6                           | 226                  | 6,3                         |
| 10  | 20.11.2023 |          | 10,1                          | 13,8                        | 1004,8             | 83,7                    | 0,7                           | 127                  | 0,5                         |
| 11  | 21.11.2023 |          | 7,9                           | 10,4                        | 1015,0             | 86,8                    | 0,4                           | 84                   | 0,0                         |
| 12  | 22.11.2023 |          | 5,4                           | 8,3                         | 1022,8             | 72,8                    | 0,4                           | 105                  | 0,5                         |
| 13  | 23.11.2023 |          | 10,5                          | 12,2                        | 1012,7             | 81,4                    | 1,8                           | 244                  | 0,0                         |
| 14  | 24.11.2023 |          | 4,9                           | 7,8                         | 1005,3             | 83,2                    | 2,2                           | 284                  | 0,0                         |
| 15  | 25.11.2023 |          | 5,0                           | 6,8                         | 1007,7             | 85,9                    | 1,4                           | 244                  | 8,6                         |
| 16  | 26.11.2023 |          | 5,2                           | 7,6                         | 1008,5             | 85,1                    | 0,5                           | 138                  | 4,6                         |
| 17  | 27.11.2023 |          | 2,9                           | 4,6                         | 991,4              | 91,4                    | 1,0                           | 102                  | 0,7                         |
| 18  | 28.11.2023 |          | 0,7                           | 2,2                         | 1000,7             | 80,9                    | 1,0                           | 126                  | 26,5                        |
| 19  | 29.11.2023 |          | 1,8                           | 4,7                         | 997,8              | 87,4                    | 0,8                           | 140                  | 2,5                         |
| 20  | 30.11.2023 |          | 1,1                           | 3,1                         | 996,6              | 92,7                    | 0,2                           | 51                   | 0,5                         |
| 21  | 01.12.2023 |          | -0,8                          | 0,3                         | 1002,2             | 80,3                    | 0,5                           | 40                   | 0,8                         |
| 22  | 02.12.2023 |          | -0,9                          | 1,4                         | 1011,4             | 78,6                    | 0,5                           | 126                  | 0,0                         |
| 23  | 03.12.2023 |          | 0,2                           | 3,0                         | 1013,9             | 79,2                    | 1,1                           | 112                  | 0,0                         |
| 24  | 04.12.2023 |          | 1,6                           | 4,3                         | 999,5              | 83,4                    | 1,7                           | 112                  | 0,0                         |
| 25  | 05.12.2023 |          | 4,4                           | 7,6                         | 1000,1             | 91,2                    | 0,9                           | 178                  | 5,0                         |
| 26  | 06.12.2023 |          | 3,1                           | 6,5                         | 1011,8             | 88,7                    | 0,7                           | 168                  | 4,9                         |
| 27  | 07.12.2023 |          | 2,1                           | 3,8                         | 1009,7             | 84,0                    | 1,3                           | 109                  | 0,0                         |
| 28  | 08.12.2023 |          | 5,5                           | 7,9                         | 1005,3             | 87,6                    | 0,7                           | 100                  | 0,2                         |
| 29  | 09.12.2023 |          | 8,4                           | 11,6                        | 996,9              | 81,5                    | 1,8                           | 167                  | 3,8                         |
| 30  | 10.12.2023 |          | 10,8                          | 12,5                        | 999,3              | 72,0                    | 2,2                           | 230                  | 7,1                         |

\* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 191 von 452

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 2 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 31  | 11.12.2023 | Bornheim | 9,6                           | 12,1                        | 1000,5             | 79,3                    | 1,4                           | 189                  | 1,6                         |
| 32  | 12.12.2023 |          | 8,7                           | 10,5                        | 996,4              | 86,2                    | 0,8                           | 99                   | 2,0                         |
| 34  | 13.12.2023 |          | 8,4                           | 12,7                        | 994,0              | 83,9                    | 0,5                           | 102                  | 0,0                         |
| 34  | 14.12.2023 |          | 5,9                           | 7,8                         | 1012,2             | 90,9                    | 1,0                           | 223                  | 1,0                         |
| 35  | 15.12.2023 |          | 6,8                           | 9,3                         | 1028,8             | 86,0                    | 0,7                           | 149                  | 0,5                         |
| 36  | 16.12.2023 |          | 8,7                           | 10,9                        | 1034,7             | 75,5                    | 0,9                           | 187                  | 0,0                         |
| 37  | 17.12.2023 |          | 7,2                           | 9,7                         | 1031,7             | 86,9                    | 0,5                           | 86                   | 0,0                         |
| 38  | 18.12.2023 |          | 3,0                           | 6,7                         | 1026,9             | 87,9                    | 0,5                           | 88                   | 0,0                         |
| 39  | 19.12.2023 |          | 6,1                           | 7,8                         | 1015,8             | 85,3                    | 1,2                           | 142                  | 12,7                        |
| 40  | 20.12.2023 |          | 7,4                           | 9,3                         | 1010,0             | 84,1                    | 1,6                           | 252                  | 1,5                         |
| 41  | 21.12.2023 |          | 9,1                           | 12,3                        | 996,5              | 85,8                    | 3,2                           | 265                  | 9,9                         |
| 42  | 22.12.2023 |          | 8,3                           | 10,4                        | 999,0              | 83,8                    | 3,4                           | 289                  | 7,7                         |
| 43  | 23.12.2023 |          | 9,4                           | 10,8                        | 1004,5             | 82,0                    | 2,8                           | 275                  | 4,0                         |
| 44  | 24.12.2023 |          | 11,5                          | 13,8                        | 1002,3             | 80,6                    | 2,2                           | 251                  | 6,1                         |
| 45  | 25.12.2023 |          | 12,4                          | 13,4                        | 1003,7             | 81,6                    | 1,8                           | 237                  | 2,6                         |
| 46  | 26.12.2023 |          | 9,6                           | 12,4                        | 1009,7             | 78,3                    | 1,7                           | 245                  | 0,2                         |
| 47  | 27.12.2023 |          | 7,4                           | 10,8                        | 1011,6             | 81,0                    | 1,1                           | 104                  | 0,0                         |
| 48  | 28.12.2023 |          | 10,5                          | 13,0                        | 1008,4             | 71,2                    | 1,9                           | 188                  | 0,0                         |
| 49  | 29.12.2023 |          | 10,9                          | 13,0                        | 1005,2             | 75,1                    | 2,4                           | 228                  | 5,8                         |
| 50  | 30.12.2023 |          | 9,0                           | 12,1                        | 1007,5             | 77,0                    | 1,1                           | 184                  | 0,0                         |
| 51  | 31.12.2023 |          | 9,3                           | 11,2                        | 996,6              | 74,4                    | 2,4                           | 168                  | 0,0                         |
| 52  | 01.01.2024 |          | 8,4                           | 9,4                         | 1000,4             | 72,5                    | 2,1                           | 209                  | 0,0                         |
| 53  | 02.01.2024 |          | 10,4                          | 12,7                        | 989,3              | 81,3                    | 2,6                           | 197                  | 16,6                        |
| 54  | 03.01.2024 |          | 10,6                          | 12,6                        | 987,8              | 75,8                    | 2,5                           | 236                  | 3,3                         |
| 55  | 04.01.2024 |          | 8,1                           | 10,0                        | 997,4              | 82,7                    | 1,4                           | 206                  | 9,9                         |
| 56  | 05.01.2024 |          | 8,4                           | 10,6                        | 995,2              | 73,4                    | 1,5                           | 169                  | 0,0                         |
| 57  | 06.01.2024 |          | 4,5                           | 7,0                         | 1003,8             | 89,8                    | 1,2                           | 276                  | 1,5                         |
| 58  | 07.01.2024 |          | 1,1                           | 2,4                         | 1015,6             | 83,8                    | 1,3                           | 84                   | 0,0                         |
| 59  | 08.01.2024 |          | -1,6                          | -0,2                        | 1023,6             | 66,9                    | 1,1                           | 50                   | 0,0                         |
| 60  | 09.01.2024 |          | -3,2                          | 2,6                         | 1025,4             | 63,3                    | 0,3                           | 81                   | 0,0                         |

\* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 3 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |  |  |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|--|--|
| 61  | 10.01.2024 | Bornheim | -4,8                          | -0,2                        | 1023,8             | 74,8                    | 0,2                           | 72                   | 0,0                         |  |  |
| 62  | 11.01.2024 |          | -3,8                          | 1,7                         | 1027,3             | 81,2                    | 0,5                           | 168                  | 0,0                         |  |  |
| 63  | 12.01.2024 |          | -0,1                          | 0,8                         | 1027,3             | 90,5                    | 0,4                           | 174                  | 0,5                         |  |  |
| 64  | 13.01.2024 |          | 1,7                           | 2,7                         | 1018,5             | 87,1                    | 0,9                           | 219                  | 0,0                         |  |  |
| 65  | 14.01.2024 |          | 1,6                           | 2,2                         | 1005,7             | 85,2                    | 0,6                           | 175                  | 0,3                         |  |  |
| 66  | 15.01.2024 |          | 1,1                           | 2,5                         | 997,7              | 87,5                    | 1,6                           | 267                  | 2,7                         |  |  |
| 67  | 16.01.2024 |          | 0,1                           | 3,1                         | 1001,9             | 78,0                    | 1,2                           | 192                  | 0,0                         |  |  |
| 68  | 17.01.2024 |          | -2,0                          | -0,2                        | 986,3              | 87,2                    | 0,3                           | 55                   | 0,0                         |  |  |
| 69  | 18.01.2024 |          | -1,2                          | 1,1                         | 993,8              | 89,3                    | 0,0                           | 123                  | 0,3                         |  |  |
| 70  | 19.01.2024 |          | -2,5                          | 3,3                         | 1013,7             | 88,3                    | 0,2                           | 110                  | 0,0                         |  |  |
| 71  | 20.01.2024 |          | -3,8                          | 0,4                         | 1022,1             | 84,5                    | 0,8                           | 93                   | 0,0                         |  |  |
| 72  | 21.01.2024 |          | 1,4                           | 6,6                         | 1015,8             | 75,3                    | 1,3                           | 114                  | 0,3                         |  |  |
| 73  | 22.01.2024 |          | 9,8                           | 12,4                        | 1005,4             | 74,7                    | 2,8                           | 224                  | 0,0                         |  |  |
| 74  | 23.01.2024 |          | 8,4                           | 11,7                        | 1016,1             | 75,6                    | 1,9                           | 221                  | 3,8                         |  |  |
| 75  | 24.01.2024 |          | 12,0                          | 14,8                        | 1015,0             | 71,5                    | 2,8                           | 262                  | 0,0                         |  |  |
| 76  | 25.01.2024 |          | 8,7                           | 11,8                        | 1021,0             | 80,6                    | 0,9                           | 176                  | 0,2                         |  |  |
| 77  | 26.01.2024 |          | 8,8                           | 13,1                        | 1019,2             | 79,9                    | 1,7                           | 207                  | 4,8                         |  |  |
| 78  | 27.01.2024 |          | 3,7                           | 9,2                         | 1028,7             | 78,6                    | 0,3                           | 104                  | 0,0                         |  |  |
| 79  | 28.01.2024 |          | 4,7                           | 10,9                        | 1022,7             | 71,2                    | 0,8                           | 78                   | 0,0                         |  |  |
| 80  | 29.01.2024 |          | 8,1                           | 11,9                        | 1020,4             | 72,2                    | 1,0                           | 95                   | 0,0                         |  |  |
| 81  | 30.01.2024 |          | 8,7                           | 12,8                        | 1021,9             | 79,9                    | 0,6                           | 124                  | 0,0                         |  |  |
| 82  | 04.02.2024 | Köln     | 10,4                          | 11,3                        | 1017,1             | 89,1                    | 2,1                           | 292                  | 3,1                         |  |  |
| 83  | 05.02.2024 |          | 10,7                          | 13,5                        | 1014,5             | 75,9                    | 2,1                           | 284                  | 0,0                         |  |  |
| 84  | 06.02.2024 |          | 11,1                          | 12,4                        | 1006,8             | 73,8                    | 2,3                           | 276                  | 0,0                         |  |  |
| 85  | 07.02.2024 |          | 5,8                           | 12,2                        | 999,3              | 88,5                    | 0,9                           | 149                  | 14,7                        |  |  |
| 86  | 08.02.2024 |          | 6,1                           | 10,8                        | 992,1              | 93,5                    | 0,3                           | 133                  | 12,5                        |  |  |
| 87  | 09.02.2024 |          | 9,3                           | 12,3                        | 1009,4             | 75,8                    | 0,7                           | 230                  | 3,3                         |  |  |
| 88  | 10.02.2024 |          | Keine Wetterdaten vorhanden   |                             |                    |                         |                               |                      |                             |  |  |
| 89  | 11.02.2024 |          |                               |                             |                    |                         |                               |                      |                             |  |  |
| 90  | 12.02.2024 |          |                               |                             |                    |                         |                               |                      |                             |  |  |

\* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 193 von 452

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 4 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 91  | 13.02.2024 | Köln     | Keine Wetterdaten vorhanden   |                             |                    |                         |                               |                      |                             |
| 92  | 14.02.2024 |          |                               |                             |                    |                         |                               |                      |                             |
| 93  | 15.02.2024 |          | 10,6                          | 13,1                        | 1012               | 83,5                    | 0,6                           | 221                  | 5,8                         |
| 94  | 16.02.2024 |          | 12,9                          | 16,0                        | 1010               | 81,5                    | 0,7                           | 124                  | 0,6                         |
| 95  | 17.02.2024 |          | 12,6                          | 14,0                        | 1009               | 81,3                    | 0,7                           | 204                  | 2,2                         |
| 96  | 18.02.2024 |          | 10,3                          | 12,2                        | 1024               | 84,6                    | 0,3                           | 230                  | 0,0                         |
| 97  | 19.02.2024 |          | 8,7                           | 11,0                        | 1021               | 86,5                    | 0,9                           | 188                  | 4,9                         |
| 98  | 20.02.2024 |          | 9,7                           | 12,3                        | 1020               | 84,0                    | 1,3                           | 291                  | 2,2                         |
| 99  | 21.02.2024 |          | 8,5                           | 12,0                        | 1022               | 80,5                    | 0,6                           | 299                  | 0,0                         |
| 100 | 22.02.2024 |          | 9,4                           | 11,5                        | 1010               | 75,4                    | 0,8                           | 241                  | 6,7                         |
| 101 | 23.02.2024 |          | 10,3                          | 14,0                        | 985                | 84,9                    | 1,2                           | 205                  | 14,9                        |
| 102 | 24.02.2024 |          | 6,9                           | 10,8                        | 988                | 73,0                    | 1,2                           | 225                  | 0,3                         |
| 103 | 25.02.2024 |          | 5,9                           | 10,1                        | 994                | 76,8                    | 0,9                           | 199                  | 0,8                         |
| 104 | 26.02.2024 |          | 7,5                           | 11,8                        | 996                | 70,2                    | 1,0                           | 169                  | 0,0                         |
| 105 | 27.02.2024 |          | 6,8                           | 8,0                         | 997                | 84,4                    | 1,0                           | 75                   | 10,1                        |
| 106 | 28.02.2024 |          | 6,9                           | 10,3                        | 1010               | 80,1                    | 0,8                           | 155                  | 0,0                         |
| 107 | 29.02.2024 |          | 5,9                           | 10,4                        | 1015               | 79,2                    | 0,3                           | 177                  | 0,0                         |
| 108 | 01.03.2024 |          | 7,5                           | 12,3                        | 1006               | 67,5                    | 0,8                           | 137                  | 0,0                         |
| 109 | 02.03.2024 |          | 8,6                           | 11,9                        | 998                | 71,8                    | 1,1                           | 177                  | 0,0                         |
| 110 | 03.03.2024 |          | 10,7                          | 15,0                        | 995                | 65,1                    | 1,3                           | 154                  | 0,0                         |
| 111 | 04.03.2024 | 12,3     | 19,3                          | 995                         | 68,6               | 0,7                     | 174                           | 0,0                  |                             |
| 112 | 05.03.2024 | 8,6      | 10,0                          | 1005                        | 81,7               | 0,7                     | 219                           | 0,0                  |                             |
| 113 | 06.03.2024 | 7,0      | 9,1                           | 1009                        | 88,3               | 0,0                     | 85                            | 3,8                  |                             |
| 114 | 07.03.2024 | 8,0      | 13,7                          | 1016                        | 79,9               | 0,3                     | 98                            | 0,0                  |                             |
| 115 | 08.03.2024 | 6,1      | 11,0                          | 1016                        | 72,0               | 0,8                     | 84                            | 0,0                  |                             |
| 116 | 09.03.2024 | 6,7      | 12,6                          | 1006                        | 61,1               | 0,9                     | 93                            | 0,0                  |                             |
| 117 | 10.03.2024 | 10,0     | 16,6                          | 996                         | 57,9               | 0,9                     | 103                           | 0,0                  |                             |
| 118 | 11.03.2024 | 11,8     | 16,5                          | 990                         | 56,7               | 0,5                     | 88                            | 0,0                  |                             |
| 119 | 12.03.2024 | 8,0      | 9,2                           | 997                         | 91,7               | 0,3                     | 249                           | 35,1                 |                             |
| 120 | 13.03.2024 | 8,1      | 10,5                          | 1008                        | 85,4               | 0,6                     | 259                           | 2,0                  |                             |
|     |            | 10,5     | 13,7                          | 1010                        | 87,9               | 0,5                     | 221                           | 8,1                  |                             |

\* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 5 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 121 | 14.03.2024 | Köln     | 12,8                          | 19,3                        | 1007               | 75,9                    | 0,5                           | 140                  | 0,0                         |
| 122 | 15.03.2024 |          | 12,4                          | 17,6                        | 1004               | 80,6                    | 0,5                           | 208                  | 8,7                         |
| 123 | 16.03.2024 |          | 9,0                           | 10,4                        | 1013               | 81,9                    | 0,6                           | 252                  | 3,5                         |
| 124 | 17.03.2024 |          | 9,5                           | 15,6                        | 1015               | 74,9                    | 0,4                           | 94                   | 0,0                         |
| 125 | 18.03.2024 |          | 11,5                          | 16,8                        | 1011               | 82,3                    | 0,4                           | 127                  | 2,1                         |
| 126 | 19.03.2024 |          | 12,1                          | 18,9                        | 1013               | 72,4                    | 0,2                           | 94                   | 0,0                         |
| 127 | 20.03.2024 |          | 13,8                          | 20,8                        | 1013               | 67,0                    | 0,2                           | 117                  | 0,0                         |
| 128 | 21.03.2024 |          | 11,1                          | 13,9                        | 1017               | 78,8                    | 0,6                           | 238                  | 0,0                         |
| 129 | 22.03.2024 |          | 12,0                          | 16,6                        | 1011               | 77,8                    | 0,6                           | 171                  | 2,0                         |
| 130 | 23.03.2024 |          | 6,1                           | 10,2                        | 1004               | 84,1                    | 1,0                           | 257                  | 15,5                        |
| 131 | 24.03.2024 |          | 6,5                           | 10,0                        | 1000               | 80,1                    | 1,9                           | 286                  | 3,8                         |
| 132 | 25.03.2024 |          | 8,3                           | 14,2                        | 1000               | 64,5                    | 0,7                           | 196                  | 0,0                         |
| 134 | 26.03.2024 |          | 10,1                          | 15,8                        | 987                | 59,0                    | 0,8                           | 106                  | 0,0                         |
| 134 | 27.03.2024 |          | 9,5                           | 11,4                        | 982                | 75,2                    | 0,4                           | 171                  | 0,0                         |
| 135 | 28.03.2024 |          | 8,9                           | 13,3                        | 983                | 71,4                    | 0,8                           | 181                  | 1,0                         |
| 136 | 29.03.2024 |          | 11,5                          | 16,1                        | 990                | 72,1                    | 0,8                           | 173                  | 1,3                         |
| 137 | 30.03.2024 |          | 12,1                          | 16,9                        | 991                | 78,5                    | 0,4                           | 145                  | 0,2                         |
| 138 | 31.03.2024 |          | 12,5                          | 19,4                        | 991                | 76,2                    | 0,5                           | 95                   | 0,0                         |
| 139 | 01.04.2024 |          | 10,4                          | 12,8                        | 991                | 82,3                    | 0,3                           | 223                  | 10,2                        |
| 140 | 02.04.2024 |          | 10,3                          | 12,9                        | 1001               | 76,1                    | 0,5                           | 261                  | 3,0                         |
| 141 | 03.04.2024 |          | 11,4                          | 16,4                        | 1001               | 82,9                    | 0,4                           | 182                  | 6,1                         |
| 142 | 04.04.2024 |          | 12,1                          | 16,5                        | 1002               | 79,5                    | 0,6                           | 242                  | 10,2                        |
| 143 | 05.04.2024 |          | 14,8                          | 19,3                        | 1005               | 77,4                    | 0,5                           | 174                  | 0,5                         |
| 144 | 06.04.2024 |          | 19,6                          | 26,3                        | 1006               | 60,2                    | 0,5                           | 116                  | 0,0                         |
| 145 | 07.04.2024 |          | 19,7                          | 23,5                        | 1008               | 55,2                    | 0,4                           | 209                  | 0,0                         |
| 146 | 08.04.2024 |          | 17,5                          | 25,2                        | 1003               | 72,0                    | 0,2                           | 146                  | 0,8                         |
| 147 | 09.04.2024 |          | 14,2                          | 20,1                        | 1005               | 66,0                    | 0,8                           | 249                  | 2,3                         |
| 148 | 10.04.2024 |          | 11,2                          | 17,4                        | 1021               | 65,3                    | 0,5                           | 241                  | 0,0                         |
| 149 | 11.04.2024 |          | 12,1                          | 19,1                        | 1026               | 72,3                    | 0,2                           | 154                  | 0,0                         |
| 150 | 12.04.2024 |          | 15,8                          | 22,1                        | 1025               | 77,2                    | 0,1                           | 261                  | 0,0                         |

\* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 195 von 452

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 6 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 151 | 13.04.2024 | Köln     | 18,6                          | 26,6                        | 1019               | 68,9                    | 0,4                           | 182                  | 0,0                         |
| 152 | 14.04.2024 |          | 15,4                          | 18,5                        | 1015               | 61,2                    | 0,7                           | 234                  | 0,0                         |
| 153 | 15.04.2024 |          | 9,1                           | 14,8                        | 1004               | 78,1                    | 0,9                           | 242                  | 8,6                         |
| 154 | 16.04.2024 |          | 7,0                           | 11,1                        | 999                | 85,3                    | 1,2                           | 271                  | 16,0                        |
| 155 | 17.04.2024 |          | 5,9                           | 9,9                         | 1005               | 86,7                    | 0,5                           | 189                  | 1,5                         |
| 156 | 18.04.2024 |          | 7,9                           | 12,6                        | 1012               | 73,8                    | 0,5                           | 221                  | 0,3                         |
| 157 | 19.04.2024 |          | 7,3                           | 9,9                         | 1005               | 85,2                    | 1,2                           | 259                  | 20,0                        |
| 158 | 20.04.2024 |          | 6,7                           | 11,2                        | 1013               | 84,3                    | 0,8                           | 227                  | 7,9                         |
| 159 | 21.04.2024 |          | 5,7                           | 10,1                        | 1017               | 73,3                    | 0,9                           | 99                   | 1,5                         |
| 160 | 22.04.2024 |          | 5,5                           | 10,5                        | 1018               | 70,1                    | 0,5                           | 84                   | 0,0                         |
| 161 | 23.04.2024 |          | 6,2                           | 12,2                        | 1013               | 63,7                    | 0,4                           | 155                  | 0,0                         |
| 162 | 24.04.2024 |          | 6,3                           | 9,4                         | 1004               | 79,3                    | 1,1                           | 269                  | 5,6                         |
| 163 | 25.04.2024 |          | 7,4                           | 11,6                        | 1001               | 71,0                    | 0,8                           | 275                  | 5,1                         |
| 164 | 26.04.2024 |          | 10,6                          | 14,2                        | 999                | 64,7                    | 0,4                           | 140                  | 0,0                         |
| 165 | 27.04.2024 |          | 13,3                          | 20,1                        | 1000               | 67,6                    | 0,4                           | 99                   | 0,0                         |
| 166 | 28.04.2024 |          | 15,1                          | 18,2                        | 1004               | 61,1                    | 0,7                           | 196                  | 0,0                         |
| 167 | 29.04.2024 |          | 15,1                          | 21,9                        | 1014               | 65,1                    | 0,4                           | 121                  | 0,0                         |
| 168 | 30.04.2024 |          | 19,0                          | 27,7                        | 1010               | 61,7                    | 0,2                           | 121                  | 0,0                         |
| 169 | 01.05.2024 |          | 19,8                          | 28,0                        | 1000               | 68,4                    | 0,3                           | 148                  | 0,0                         |
| 170 | 02.05.2024 |          | 18,4                          | 28,5                        | 993                | 72,3                    | 0,5                           | 155                  | 18,0                        |
| 171 | 03.05.2024 |          | 12,5                          | 17,3                        | 1004               | 81,8                    | 0,6                           | 260                  | 21,8                        |
| 172 | 04.05.2024 |          | 12,3                          | 19,6                        | 1008               | 80,2                    | 0,2                           | 78                   | 12,7                        |
| 173 | 05.05.2024 |          | 13,7                          | 19,4                        | 1003               | 74,7                    | 0,4                           | 205                  | 0,5                         |
| 174 | 06.05.2024 |          | 14,0                          | 16,8                        | 1002               | 86,7                    | 0,1                           | 126                  | 24,6                        |
| 175 | 07.05.2024 |          | 14,2                          | 18,8                        | 1011               | 87,1                    | 0,2                           | 173                  | 7,4                         |
| 176 | 08.05.2024 |          | 14,1                          | 18,8                        | 1014               | 85,5                    | 0,2                           | 201                  | 7,4                         |
| 177 | 09.05.2024 |          | 15,4                          | 19,1                        | 1020               | 69,6                    | 0,3                           | 144                  | 0,0                         |
| 178 | 10.05.2024 |          | 17,5                          | 22,9                        | 1017               | 63,5                    | 0,3                           | 103                  | 0,0                         |
| 179 | 11.05.2024 |          | 18,8                          | 25,5                        | 1015               | 61,3                    | 0,2                           | 94                   | 0,0                         |
| 180 | 12.05.2024 |          | 20,8                          | 27,0                        | 1010               | 56,7                    | 0,4                           | 73                   | 0,0                         |

\* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 7 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 181 | 13.05.2025 | Köln     | 17,1                          | 27,4                        | 1007               | 66,8                    | 0,1                           | 82                   | 0,0                         |
| 182 | 14.05.2025 |          | 22,0                          | 28,8                        | 1000               | 55,7                    | 0,5                           | 93                   | 0,0                         |
| 183 | 27.06.2024 | Hambach  | 24,8                          | 30,3                        | 995                | 64,0                    | 1,7                           | 243                  | 0,0                         |
| 184 | 28.06.2024 |          | 19,3                          | 23,6                        | 1002               | 63,6                    | 2,4                           | 256                  | 0,0                         |
| 185 | 29.06.2024 |          | 19,7                          | 27,7                        | 1000               | 63,4                    | 0,8                           | 115                  | 2,5                         |
| 186 | 30.06.2024 |          | 17,7                          | 22,4                        | 996                | 84,0                    | 1,8                           | 264                  | 27,7                        |
| 187 | 01.07.2024 |          | 16,2                          | 19,4                        | 1002               | 75,9                    | 1,9                           | 270                  | 1,5                         |
| 188 | 02.07.2024 |          | 14,6                          | 16,7                        | 1001               | 85,8                    | 1,5                           | 250                  | 4,6                         |
| 189 | 03.07.2024 |          | 13,4                          | 16,2                        | 998                | 82,9                    | 1,4                           | 250                  | 3,0                         |
| 190 | 04.07.2024 |          | 16,5                          | 20,7                        | 995                | 72,7                    | 2,6                           | 255                  | 1,3                         |
| 191 | 05.07.2024 |          | 15,6                          | 20,2                        | 997                | 74,9                    | 1,7                           | 189                  | 0,0                         |
| 192 | 06.07.2024 |          | 18,3                          | 23,5                        | 991                | 68,0                    | 2,9                           | 217                  | 0,0                         |
| 193 | 07.07.2024 |          | 15,7                          | 21,5                        | 1000               | 63,2                    | 1,8                           | 219                  | 0,0                         |
| 194 | 08.07.2024 |          | 18,3                          | 23,7                        | 1003               | 65,3                    | 0,6                           | 128                  | 0,0                         |
| 195 | 09.07.2024 |          | 23,0                          | 31,5                        | 1000               | 64,6                    | 1,7                           | 125                  | 1,0                         |
| 196 | 10.07.2024 |          | 21,1                          | 26,2                        | 1001               | 78,4                    | 1,3                           | 200                  | 4,3                         |
| 197 | 11.07.2024 |          | 20,3                          | 25,1                        | 1003               | 68,1                    | 1,5                           | 216                  | 0,0                         |
| 198 | 12.07.2024 |          | 15,8                          | 18,9                        | 998                | 85,1                    | 1,5                           | 162                  | 23,1                        |
| 199 | 13.07.2024 |          | 14,7                          | 19,7                        | 1000               | 79,4                    | 2,0                           | 238                  | 0,3                         |
| 200 | 14.07.2024 |          | 17,4                          | 23,8                        | 1000               | 71,8                    | 1,2                           | 186                  | 0,0                         |
| 201 | 15.07.2024 |          | 20,2                          | 28,5                        | 997                | 70,5                    | 0,9                           | 111                  | 4,6                         |
| 202 | 16.07.2024 |          | 18,5                          | 22,4                        | 998                | 78,1                    | 2,6                           | 234                  | 4,5                         |
| 203 | 17.07.2024 |          | 19,3                          | 24,8                        | 1006               | 74,1                    | 1,7                           | 215                  | 0,0                         |
| 204 | 18.07.2024 | 21,2     | 28,2                          | 1008                        | 69,0               | 0,8                     | 93                            | 0,0                  |                             |
| 205 | 19.07.2024 | 22,4     | 29,3                          | 1005                        | 67,5               | 0,5                     | 84                            | 0,0                  |                             |
| 206 | 20.07.2024 | 23,8     | 32,6                          | 996                         | 68,7               | 0,7                     | 109                           | 0,5                  |                             |
| 207 | 21.07.2024 | 22,6     | 26,9                          | 995                         | 77,5               | 1,6                     | 213                           | 3,1                  |                             |
| 208 | 22.07.2024 | 20,4     | 24,2                          | 1003                        | 72,4               | 2,0                     | 266                           | 0,0                  |                             |
| 209 | 23.07.2024 | 20,2     | 24,4                          | 1003                        | 73,6               | 2,7                     | 243                           | 0,0                  |                             |
| 210 | 24.07.2024 | 18,7     | 24,0                          | 1007                        | 72,6               | 1,4                     | 225                           | 0,0                  |                             |

\* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 197 von 452

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 8 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 211 | 25.07.2024 | Hambach  | 19,8                          | 27,1                        | 1001               | 67,1                    | 0,5                           | 156                  | 0,0                         |
| 212 | 26.07.2024 |          | 20,8                          | 24,9                        | 998                | 75,8                    | 1,6                           | 230                  | 7,9                         |
| 213 | 27.07.2024 |          | 18,4                          | 21,4                        | 1000               | 90,7                    | 0,5                           | 155                  | 7,6                         |
| 214 | 28.07.2024 |          | 18,8                          | 24,5                        | 1010               | 72,9                    | 1,2                           | 212                  | 0,0                         |
| 215 | 29.07.2024 |          | 19,9                          | 27,6                        | 1009               | 68,9                    | 1,0                           | 98                   | 0,0                         |
| 216 | 30.07.2024 |          | 23,5                          | 32,0                        | 1003               | 62,9                    | 0,6                           | 92                   | 0,0                         |
| 217 | 31.07.2024 |          | 20,9                          | 24,8                        | 1001               | 83,4                    | 0,5                           | 119                  | 5,1                         |
| 218 | 01.08.2024 |          | 19,3                          | 21,1                        | 998                | 92,7                    | 0,4                           | 108                  | 24,4                        |
| 219 | 02.08.2024 |          | 20,5                          | 26,0                        | 999                | 84,1                    | 0,6                           | 91                   | 0,2                         |
| 220 | 03.08.2024 |          | 20,2                          | 23,8                        | 999                | 81,4                    | 1,8                           | 236                  | 0,0                         |
| 221 | 04.08.2024 |          | 18,9                          | 21,5                        | 1001               | 79,1                    | 1,0                           | 203                  | 2,8                         |
| 222 | 05.08.2024 |          | 20,7                          | 28,2                        | 1001               | 72,0                    | 0,5                           | 149                  | 0,0                         |
| 223 | 06.08.2024 |          | 22,7                          | 30,5                        | 998                | 68,7                    | 0,5                           | 148                  | 0,0                         |
| 224 | 07.08.2024 |          | 19,6                          | 23,1                        | 999                | 80,0                    | 1,4                           | 227                  | 0,0                         |
| 225 | 08.08.2024 |          | 19,6                          | 24,4                        | 1003               | 68,5                    | 1,5                           | 241                  | 0,0                         |
| 226 | 09.08.2024 |          | 22,1                          | 25,0                        | 1002               | 69,6                    | 2,4                           | 225                  | 0,0                         |
| 227 | 10.08.2024 |          | 20,5                          | 26,8                        | 1007               | 68,6                    | 1,7                           | 242                  | 0,0                         |
| 228 | 11.08.2024 |          | 22,6                          | 29,2                        | 1007               | 66,1                    | 0,7                           | 121                  | 0,0                         |
| 229 | 12.08.2024 |          | 25,8                          | 35,3                        | 999                | 66,3                    | 0,9                           | 101                  | 0,0                         |
| 230 | 13.08.2024 |          | 25,4                          | 35,0                        | 996                | 73,3                    | 1,1                           | 112                  | 13,7                        |
| 231 | 14.08.2024 |          | 20,2                          | 23,8                        | 998                | 88,4                    | 1,0                           | 212                  | 15,8                        |
| 232 | 15.08.2024 |          | 21,6                          | 28,1                        | 1003               | 76,1                    | 1,2                           | 234                  | 0,0                         |
| 234 | 16.08.2024 |          | 21,3                          | 25,8                        | 1002               | 76,0                    | 1,3                           | 215                  | 0,0                         |
| 234 | 17.08.2024 |          | 21,0                          | 25,8                        | 999                | 83,5                    | 0,7                           | 182                  | 10,1                        |
| 235 | 18.08.2024 |          | 18,8                          | 22,7                        | 998                | 83,0                    | 0,7                           | 131                  | 7,6                         |
| 236 | 19.08.2024 |          | 18,3                          | 24,1                        | 1004               | 75,8                    | 0,6                           | 150                  | 0,0                         |
| 237 | 20.08.2024 |          | 20,0                          | 27,0                        | 999                | 73,4                    | 1,0                           | 158                  | 0,0                         |
| 238 | 21.08.2024 |          | 17,1                          | 20,5                        | 1003               | 70,6                    | 2,7                           | 251                  | 0,0                         |
| 239 | 22.08.2024 |          | 18,4                          | 25,6                        | 999                | 66,7                    | 1,5                           | 194                  | 0,0                         |
| 240 | 23.08.2024 |          | 20,9                          | 25,6                        | 995                | 69,4                    | 2,4                           | 209                  | 0,3                         |

\* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 9 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 241 | 24.08.2024 | Hambach  | 23,2                          | 31,6                        | 995                | 73,0                    | 2,1                           | 183                  | 5,1                         |
| 242 | 25.08.2024 | Hambach  | 17,0                          | 20,9                        | 1006               | 70,0                    | 2,5                           | 250                  | 0,0                         |
| 243 | 26.08.2024 | Hambach  | 16,8                          | 23,0                        | 1009               | 68,8                    | 0,7                           | 190                  | 0,0                         |
| 244 | 27.08.2024 | Hambach  | 18,8                          | 26,5                        | 1007               | 67,3                    | 0,8                           | 97                   | 0,0                         |
| 245 | 28.08.2024 | Hambach  | 22,1                          | 31,7                        | 1002               | 68,2                    | 1,1                           | 132                  | 0,0                         |
| 246 | 29.08.2024 | Hambach  | 23,5                          | 29,5                        | 1003               | 69,6                    | 1,3                           | 179                  | 0,0                         |
| 247 | 30.08.2024 | Hambach  | 19,3                          | 22,6                        | 1007               | 79,2                    | 1,1                           | 103                  | 0,2                         |
| 248 | 31.08.2024 | Hambach  | 20,4                          | 27,7                        | 1007               | 76,0                    | 1,2                           | 65                   | 0,0                         |
| 249 | 01.09.2024 | Hambach  | 24,5                          | 32,0                        | 1002               | 69,3                    | 1,3                           | 90                   | 0,0                         |
| 250 | 02.09.2024 | Hambach  | 22,4                          | 30,5                        | 999                | 77,1                    | 0,9                           | 160                  | 0,0                         |
| 251 | 03.09.2024 | Hambach  | 21,4                          | 27,9                        | 1001               | 82,9                    | 0,6                           | 164                  | 5,4                         |
| 252 | 04.09.2024 | Hambach  | 18,3                          | 19,6                        | 1002               | 90,4                    | 0,6                           | 129                  | 7,1                         |
| 253 | 05.09.2024 | Hambach  | 21,1                          | 29,4                        | 996                | 85,2                    | 1,1                           | 121                  | 0,0                         |
| 254 | 06.09.2024 | Hambach  | 19,8                          | 23,2                        | 997                | 86,7                    | 1,3                           | 195                  | 0,0                         |
| 255 | 07.09.2024 | Hambach  | 20,4                          | 27,9                        | 998                | 78,3                    | 0,9                           | 96                   | 0,0                         |
| 256 | 08.09.2024 | Hambach  | 19,7                          | 24,1                        | 995                | 72,0                    | 1,5                           | 214                  | 0,0                         |
| 257 | 09.09.2024 | Hambach  | 15,7                          | 18,6                        | 992                | 88,1                    | 1,8                           | 216                  | 0,0                         |
| 258 | 10.09.2024 | Hambach  | 15,0                          | 18,0                        | 997                | 80,1                    | 3,1                           | 244                  | 0,0                         |
| 259 | 11.09.2024 | Hambach  | 11,9                          | 15,2                        | 993                | 82,9                    | 2,9                           | 252                  | 0,0                         |
| 260 | 12.09.2024 | Hambach  | 9,9                           | 14,7                        | 999                | 82,7                    | 1,8                           | 255                  | 0,0                         |
| 261 | 13.09.2024 | Hambach  | 11,0                          | 17,1                        | 1009               | 83,8                    | 1,6                           | 252                  | 0,0                         |
| 262 | 14.09.2024 | Hambach  | 11,0                          | 16,9                        | 1016               | 77,0                    | 1,3                           | 222                  | 0,0                         |
| 263 | 15.09.2024 | Hambach  | 12,4                          | 18,9                        | 1014               | 79,4                    | 1,1                           | 238                  | 0,0                         |
| 264 | 16.09.2024 | Hambach  | 16,3                          | 20,7                        | 1011               | 79,9                    | 1,2                           | 175                  | 0,0                         |
| 265 | 17.09.2024 | Hambach  | 15,7                          | 19,0                        | 1013               | 85,4                    | 1,3                           | 76                   | 0,0                         |
| 266 | 18.09.2024 | Hambach  | 17,1                          | 23,8                        | 1012               | 81,7                    | 1,3                           | 74                   | 0,0                         |
| 267 | 19.09.2024 | Hambach  | 17,3                          | 24,4                        | 1009               | 79,5                    | 1,1                           | 69                   | 0,0                         |
| 268 | 20.09.2024 | Hambach  | 17,7                          | 24,0                        | 1007               | 73,5                    | 1,1                           | 83                   | 0,0                         |
| 269 | 21.09.2024 | Hambach  | 17,1                          | 24,9                        | 1006               | 75,4                    | 0,7                           | 81                   | 0,0                         |
| 270 | 22.09.2024 | Hambach  | 16,9                          | 25,3                        | 1001               | 77,5                    | 0,3                           | 76                   | 0,0                         |

\* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

Seite 199 von 452

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 10 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |  |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| 271 | 23.09.2024 | Hambach  | 16,8                          | 21,7                        | 995                | 78,5                    | 0,9                           | 154                  | 0,0                         |  |
| 272 | 24.09.2024 |          | 15,1                          | 20,6                        | 991                | 82,1                    | 1,8                           | 209                  | 0,0                         |  |
| 273 | 25.09.2024 |          | 14,8                          | 17,4                        | 990                | 87,4                    | 1,1                           | 184                  | 0,0                         |  |
| 274 | 26.09.2024 |          | 15,9                          | 19,8                        | 979                | 85,8                    | 2,3                           | 204                  | 0,0                         |  |
| 275 | 27.09.2024 |          | 13,8                          | 17,1                        | 986                | 74,2                    | 4,2                           | 244                  | 0,0                         |  |
| 276 | 28.09.2024 |          | 10,7                          | 14,7                        | 1005               | 84,0                    | 2,1                           | 282                  | 0,0                         |  |
| 277 | 29.09.2024 |          | 9,8                           | 13,6                        | 1012               | 81,2                    | 1,2                           | 130                  | 0,0                         |  |
| 278 | 04.12.2024 |          | Keine Wetterdaten vorhanden   |                             |                    |                         |                               |                      |                             |  |
| 279 | 15.01.2025 | Ispra    | Keine Wetterdaten vorhanden   |                             |                    |                         |                               |                      |                             |  |
| 280 | 16.01.2025 |          | -0,3                          | 8,9                         | 1008               | 82,7                    | 0,1                           | 203                  | 0,0                         |  |
| 281 | 17.01.2025 |          | -1,3                          | 6,0                         | 1011               | 89,4                    | 0,0                           | 205                  | 0,0                         |  |
| 282 | 18.01.2025 |          | 1,9                           | 10,0                        | 1004               | 82,0                    | 0,1                           | 206                  | 0,3                         |  |
| 283 | 19.01.2025 |          | 3,6                           | 6,6                         | 1000               | 88,9                    | 0,1                           | 217                  | 4,3                         |  |
| 284 | 20.01.2025 |          | 5,4                           | 7,1                         | 998                | 93,7                    | 0,2                           | 232                  | 6,3                         |  |
| 285 | 21.01.2025 |          | 6,5                           | 10,6                        | 994                | 90,6                    | 0,2                           | 233                  | 0,0                         |  |
| 286 | 22.01.2025 |          | 4,7                           | 6,3                         | 993                | 96,1                    | 0,0                           | 225                  | 3,3                         |  |
| 287 | 23.01.2025 |          | 4,9                           | 9,3                         | 989                | 94,5                    | 0,2                           | 228                  | 1,5                         |  |
| 288 | 24.01.2025 |          | 2,7                           | 11,2                        | 994                | 92,1                    | 0,0                           | 212                  | 0,3                         |  |
| 289 | 25.01.2025 |          | 5,2                           | 7,5                         | 996                | 92,5                    | 0,0                           | 227                  | 3,3                         |  |
| 290 | 26.01.2025 |          | 6,4                           | 10,6                        | 990                | 93,0                    | 0,1                           | 224                  | 22,6                        |  |
| 291 | 27.01.2025 |          | 6,0                           | 7,3                         | 988                | 96,0                    | 0,5                           | 247                  | 31,0                        |  |
| 292 | 28.01.2025 |          | 5,7                           | 9,5                         | 977                | 94,1                    | 0,3                           | 225                  | 13,0                        |  |
| 293 | 29.01.2025 |          | 3,6                           | 11,6                        | 989                | 89,8                    | 0,2                           | 209                  | 0,0                         |  |
| 294 | 30.01.2025 |          | 5,6                           | 8,5                         | 996                | 93,2                    | 0,3                           | 236                  | 3,5                         |  |
| 295 | 31.01.2025 |          | 3,7                           | 9,7                         | 1000               | 92,6                    | 0,1                           | 207                  | 4,8                         |  |
| 296 | 01.02.2025 |          | 6,1                           | 6,6                         | 1002               | 95,8                    | 0,4                           | 252                  | 7,7                         |  |
| 297 | 02.02.2025 |          | 5,1                           | 11,7                        | 997                | 92,4                    | 0,2                           | 227                  | 0,5                         |  |
| 298 | 03.02.2025 |          | 3,3                           | 11,9                        | 998                | 87,0                    | 0,2                           | 214                  | 0,0                         |  |
| 299 | 04.02.2025 |          | 1,6                           | 8,0                         | 1003               | 93,5                    | 0,0                           | 216                  | 0,2                         |  |
| 300 | 05.02.2025 |          | 2,4                           | 12,9                        | 1007               | 88,4                    | 0,1                           | 216                  | 0,3                         |  |

\* nur orientierend

Anlage 6

Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

Blatt 11 von 12

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 301 | 06.02.2025 | Ispra    | 2,3                           | 12,4                        | 1007               | 83,2                    | 0,1                           | 212                  | 0,2                         |
| 302 | 07.02.2025 |          | 1,7                           | 7,1                         | 1006               | 85,5                    | 0,1                           | 216                  | 0,0                         |
| 303 | 08.02.2025 |          | 2,7                           | 3,8                         | 1005               | 95,3                    | 0,0                           | 224                  | 12,5                        |
| 304 | 09.02.2025 |          | 5,0                           | 6,8                         | 1003               | 96,4                    | 0,1                           | 238                  | 5,8                         |
| 305 | 10.02.2025 |          | 7,1                           | 11,2                        | 1001               | 95,3                    | 0,1                           | 226                  | 0,5                         |
| 306 | 11.02.2025 |          | 6,8                           | 8,4                         | 999                | 97,4                    | 0,0                           | 226                  | 3,8                         |
| 307 | 12.02.2025 |          | 7,4                           | 9,8                         | 997                | 96,6                    | 0,0                           | 228                  | 0,3                         |
| 308 | 13.02.2025 |          | 6,3                           | 11,7                        | 993                | 93,9                    | 0,0                           | 216                  | 0,2                         |
| 309 | 14.02.2025 |          | 5,7                           | 11,4                        | 988                | 57,7                    | 1,3                           | 182                  | 0,0                         |
| 310 | 15.02.2025 |          | 2,1                           | 11,7                        | 993                | 75,6                    | 0,2                           | 209                  | 0,0                         |
| 311 | 16.02.2025 |          | 3,1                           | 6,4                         | 991                | 83,4                    | 0,1                           | 209                  | 0,0                         |
| 312 | 17.02.2025 |          | 3,7                           | 5,2                         | 994                | 79,8                    | 0,1                           | 209                  | 0,0                         |
| 313 | 18.02.2025 |          | 3,9                           | 6,1                         | 997                | 76,6                    | 0,1                           | 214                  | 0,0                         |
| 314 | 19.02.2025 |          | 3,1                           | 4,8                         | 1004               | 76,6                    | 0,1                           | 207                  | 0,0                         |
| 315 | 20.02.2025 |          | 3,4                           | 10,3                        | 1005               | 79,1                    | 0,2                           | 216                  | 0,0                         |
| 316 | 21.02.2025 |          | 3,8                           | 13,4                        | 1005               | 83,4                    | 0,1                           | 215                  | 0,0                         |
| 317 | 22.02.2025 |          | 6,0                           | 8,3                         | 1003               | 91,8                    | 0,0                           | 218                  | 0,3                         |
| 318 | 23.02.2025 |          | 6,1                           | 15,2                        | 1005               | 87,7                    | 0,1                           | 210                  | 0,0                         |
| 319 | 24.02.2025 |          | 6,8                           | 13,9                        | 1002               | 87,4                    | 0,1                           | 211                  | 0,0                         |
| 320 | 25.02.2025 |          | 7,4                           | 8,4                         | 995                | 96,0                    | 0,1                           | 231                  | 19,0                        |
| 321 | 26.02.2025 |          | 8,8                           | 17,1                        | 989                | 75,7                    | 0,4                           | 231                  | 0,3                         |
| 322 | 27.02.2025 |          | 5,7                           | 15,8                        | 992                | 75,5                    | 0,2                           | 200                  | 0,0                         |
| 323 | 28.02.2025 |          | 5,2                           | 14,7                        | 994                | 79,9                    | 0,2                           | 202                  | 0,0                         |
| 324 | 01.03.2025 |          | 6,3                           | 10,7                        | 999                | 83,4                    | 0,7                           | 232                  | 0,0                         |
| 325 | 02.03.2025 |          | 7,8                           | 14,5                        | 1004               | 73,1                    | 0,3                           | 220                  | 0,0                         |
| 326 | 03.03.2025 |          | 5,4                           | 16,5                        | 1003               | 76,0                    | 0,3                           | 209                  | 0,0                         |
| 327 | 04.03.2025 |          | 5,9                           | 17,4                        | 1001               | 74,5                    | 0,2                           | 211                  | 0,0                         |
| 328 | 05.03.2025 |          | 7,0                           | 18,8                        | 1002               | 70,7                    | 0,3                           | 204                  | 0,0                         |
| 329 | 06.03.2025 |          | 7,1                           | 17,8                        | 1002               | 69,5                    | 0,3                           | 212                  | 0,0                         |
| 330 | 07.03.2025 |          | 7,9                           | 17,5                        | 997                | 68,3                    | 0,3                           | 208                  | 0,0                         |

\* nur orientierend

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung 5014iQ mit  
 PM<sub>2,5</sub>-Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente  
 Schwebstaub PM<sub>2,5</sub>,  
 Berichts-Nr.: EuL/21255708/A

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 12 von 12**

| Nr. | Datum      | Standort | mittl. Lufttemperatur<br>[°C] | max. Lufttemperatur<br>[°C] | Luftdruck<br>[hPa] | Rel. Luftfeuchte<br>[%] | Windgeschwindigkeit*<br>[m/s] | Windrichtung*<br>[°] | Niederschlagsmenge*<br>[mm] |  |
|-----|------------|----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| 331 | 08.03.2025 | Ispra    | 7,9                           | 17,5                        | 997                | 68,3                    | 0,3                           | 208                  | 0,0                         |  |
| 332 | 09.03.2025 |          | 7,3                           | 18,4                        | 992                | 68,8                    | 0,3                           | 212                  | 2,0                         |  |
| 333 | 10.03.2025 |          | 7,8                           | 14,3                        | 987                | 73,0                    | 0,2                           | 213                  | 28,7                        |  |
| 334 | 11.03.2025 |          | 7,3                           | 9,4                         | 983                | 92,9                    | 0,5                           | 233                  | 6,8                         |  |
| 335 | 12.03.2025 |          | 9,2                           | 13,0                        | 981                | 89,9                    | 0,3                           | 234                  | 29,0                        |  |
| 336 | 13.03.2025 |          | 7,7                           | 9,0                         | 975                | 94,7                    | 0,7                           | 248                  | 0,0                         |  |
| 337 | 14.03.2025 |          | Keine Wetterdaten vorhanden   |                             |                    |                         |                               |                      |                             |  |
|     |            |          |                               |                             |                    |                         |                               |                      |                             |  |

\* 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 & Environment GmbH**  
**Am Grauen Stein, 51105 Köln**

die Anforderungen 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 an das Prüflaboratorium ein, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, sofern diese in der Anlage zu dieser Urkunde ausdrücklich bestätigt werden.

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 06.12.2023 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11120-02.  
Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 39 Seiten.

Registrierungsnummer der Teil-Akkreditierungsurkunde: **D-PL-11120-02-01**  
Sie ist Bestandteil der Akkreditierungsurkunde D-PL-11120-02-00.

Berlin, 06.12.2023      Im Auftrag Dr. Haiko Blumenthal  
Fachbereichsleitung

*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](http://www.dakks.de)).*

Siehe Hinweise auf der Rückseite

Abbildung 50: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 – Seite 1

## 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](http://www.european-accreditation.org)

ILAC: [www.ilac.org](http://www.ilac.org)

IAF: [www.iaf.nu](http://www.iaf.nu)

*Diese Akkreditierungsurkunde ist Eigentum der Deutschen Akkreditierungsstelle.*

## **Anhang 4 Benutzerhandbuch**