LAND BRANDENBURG

Landesamt für Umwelt

Verfahrensbeschreibung

zum Vergleich der Messergebnisse von Partikelmonitoren und des gravimetrischen Referenzmessverfahrens bei der Bestimmung der $PM_{2,5}$-Massenkonzentration des Schwebstaubes

Teil 1: Berechnung des konstanten Bezugs zum Referenzverfahren (Ermittlung standortspezifische Korrektur)

Teil 2: Nachweis über Gleichwertigkeit der Messergebnisse und Einhaltung der Datenqualitätsanforderungen

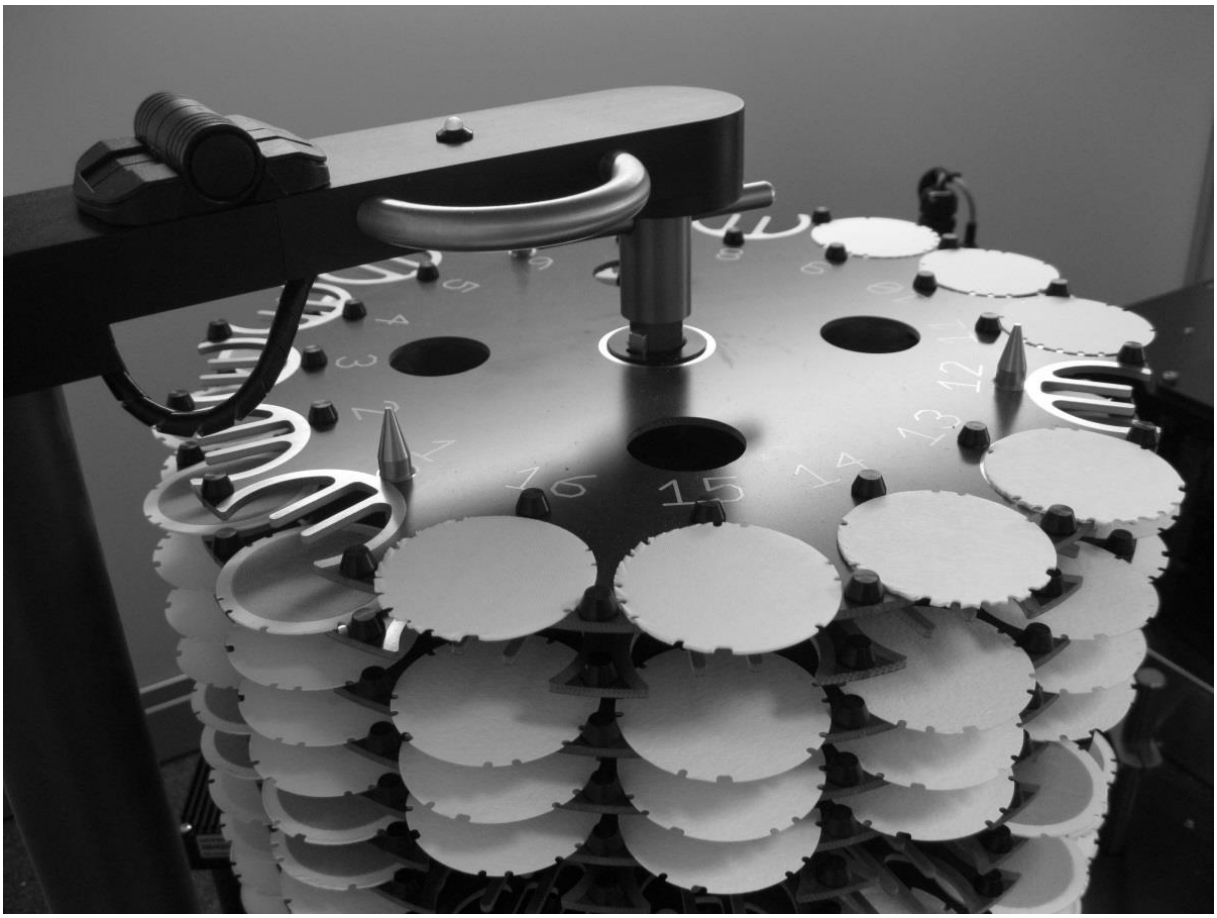


Foto: © LfU / T 14, H. Brauer

1. Berechnung des konstanten Bezugs zum Referenzverfahren[1] (standortspezifische Korrekturfaktoren)

Entsprechend der Beschlusslage in der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) erfolgt im Luftgütemessnetz Brandenburg zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit kontinuierlicher automatischer Staubmessungen mit dem Referenzverfahren die Ermittlung und Anwendung sogenannter „standortspezifischer Korrekturfaktoren". Dies sind in Brandenburg Korrekturfaktoren für die Stationstypen „ländlicher Hintergrund", „städtischer Hintergrund" und „Verkehr".

Das Verfahren orientiert sich an den Anforderungen, die im „Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods" (GDE) an Feldtests gestellt werden. Dazu gehört die Beschreibung der Rahmenbedingungen der Vergleichsmessungen, bevor die eigentlichen Testresultate dargestellt und ausgewertet werden.

2. Rahmenbedingungen

Vergleichsmessungen bezüglich $PM_{2,5}$ fanden in 2020 an den Stationen Spreewald; Cottbus; Elsterwerda; Nauen; Potsdam, Groß Glienicke; Potsdam-Zentrum; Cottbus, Bahnhofstr. und Potsdam, Zeppelinstr. statt. Der Testzeitraum umfasste das gesamte Kalenderjahr, nicht inbegriffen sind Zeiten regelmäßig erforderlicher Gerätewartungen.

Die räumliche Lage und Basisinformationen aller Brandenburger Messstellen können jederzeit öffentlich unter https://luftdaten.brandenburg.de abgerufen werden, Tabelle 1 gibt eine Kurzcharakterisierung zu den letzten Vergleichsstandorten bei $PM_{2,5}$. Umfangreiche Strukturinformationen zu den entsprechenden Gemeinden sind im Statistischen Jahrbuch Brandenburg zusammengefasst. Die Statistiken können indirekt ebenfalls Aufschluss über potenzielle Emissionsquellen von Luftschadstoffen (zum Beispiel Themengebiete Bautätigkeit, Land- und Forstwirtschaft, produzierendes Gewerbe oder Verkehr) geben. Ebenso kann die Menge möglicherweise Betroffener (Kapitel Gebiet und Bevölkerung) abgeschätzt werden.

Nicht unwesentlich vor allem in Bezug auf die Konzentration von Schwebstaub in der Luft sind auch die Witterungsverhältnisse. Die allgemeinen meteorologischen Bedingungen im Land Brandenburg werden regelmäßig im zweiten Kapitel des Jahresberichtes zur Luftqualität dargestellt und möglicherweise aufgetretene Besonderheiten des vergangenen Messjahres erläutert. Die ortsspezifischen Umgebungsbedingungen während der Probenahme werden von den Filtersammler-Wechslern für die Qualitätssicherung standardmäßig protokolliert. Sie sind in zusammengefasster Form aus Abbildung 1 und Abbildung 2 zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht zur Lage der Vergleichsstationen

	Spreewald	**Cottbus**	**Elster-werda**	**Nauen**	**Potsdam, Groß Glienicke**	**Potdam-Zentrum**	**Cottbus, Bahn-hofstr.**	**Potsdam, Zeppe-linstr.**
Umge-bungstyp	ländlicher Hinter-grund	städtischer Hinter-grund	städtischer Hinter-grund	städtischer Hinter-grund	städtischer Hinter-grund	städtischer Hinter-grund	Verkehr	Verkehr
Gemeinde	Alt Zauche-Wußwerk	Cottbus	Elster-werda	Nauen	Potsdam	Potsdam	Cottbus	Potsdam
Höhe über Null	52 m	75 m	89 m	31 m	39 m	31 m	75 m	31 m
ETRS89 Rechtswert	3435120	3454053	3397660	3356803	3372591	3368014	3453617	3366490
ETRS89 Hochwert	5750069	5733092	5702314	5830833	5816546	5807450	5734180	5806676

[1] Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08

Abbildung 1: Umgebungstemperaturen an den Messorten mit $PM_{2,5}$-Parallelmessung (Messjahr 2020, Datenbasis: Tagesmittelwerte, Boxplot: Minimum – 25-%-Quartil – Median – 75-%-Quartil – Maximum)

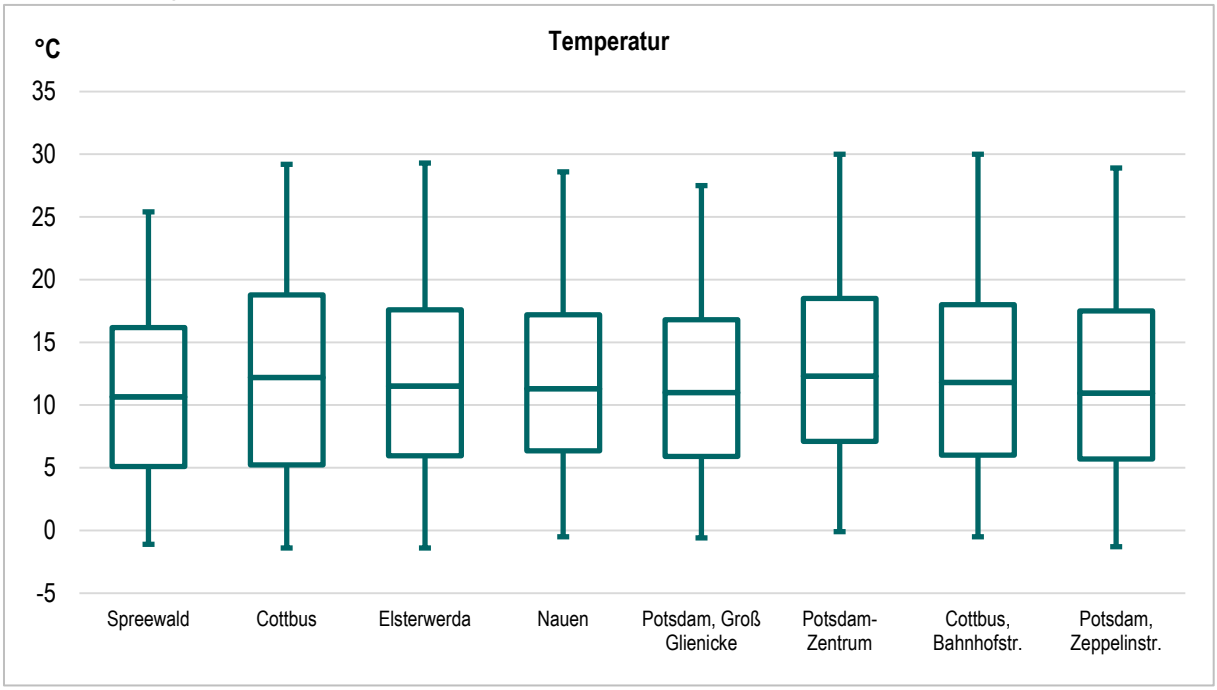
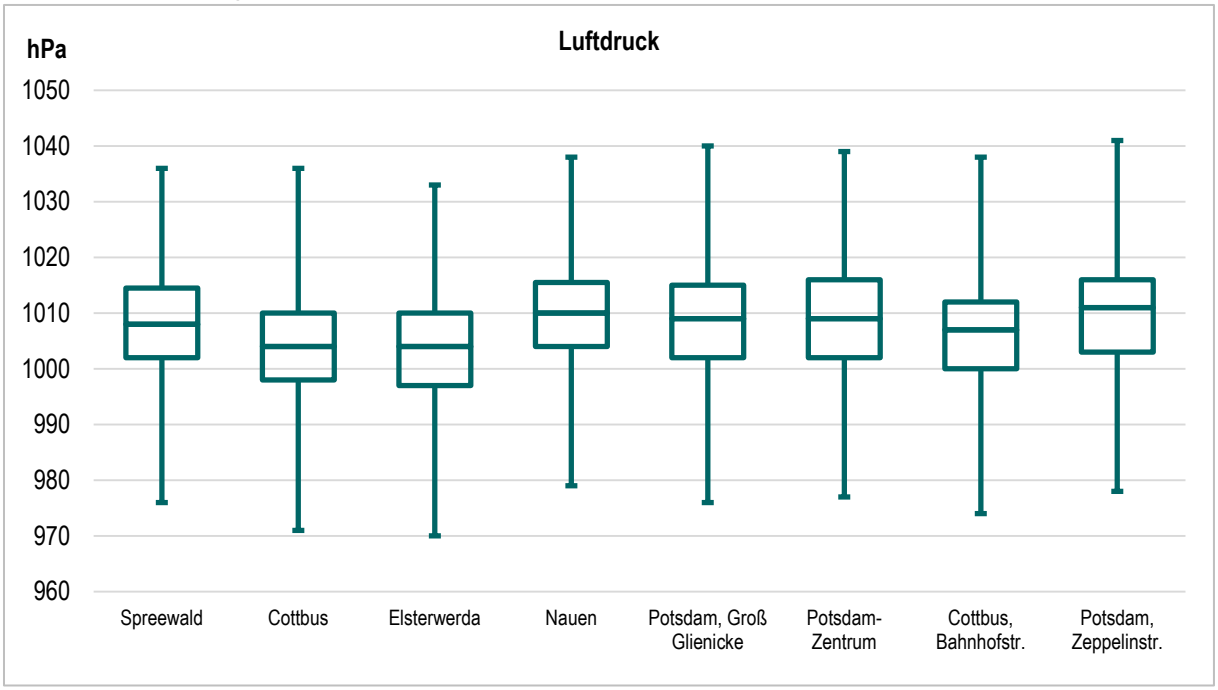


Abbildung 2: Bedingungen des Umgebungsluftdrucks an den Messorten mit $PM_{2,5}$-Parallelmessung (Messjahr 2020, Datenbasis: Tagesmittelwerte, Boxplot: Minimum – 25-%-Quartil – Median – 75-%-Quartil – Maximum)



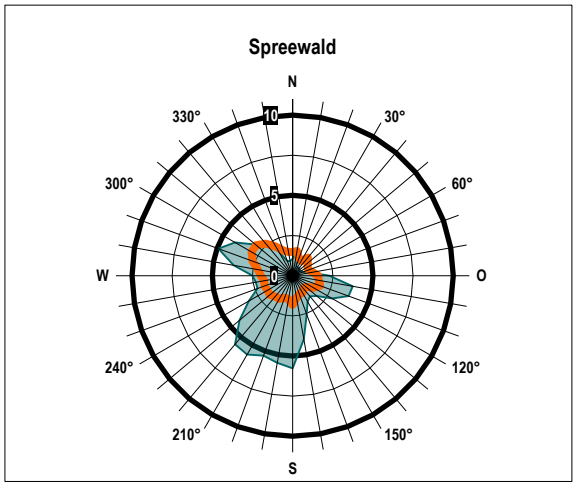
Die Windverhältnisse des Messjahres werden in der nachfolgenden Abbildung 3 exemplarisch dargestellt. Den Sektorwindrosen ist die relative Verteilung der herrschenden Windrichtung sowie die jeweils zugehörige mittlere Windgeschwindigkeit an den Messstandorten mit entsprechender meteorologischer Ausstattung zu entnehmen. Tabellarisch sind zudem die richtungsunabhängigen Mittel- und Maximalwerte beigefügt. Ländliche Stationen, zum Beispiel Lütte (Belzig) oder Spreewald, repräsentieren eher größere Gebiete, die städtischen Windmessungen spiegeln hingegen eher die jeweiligen lokalen Verhältnisse wider.

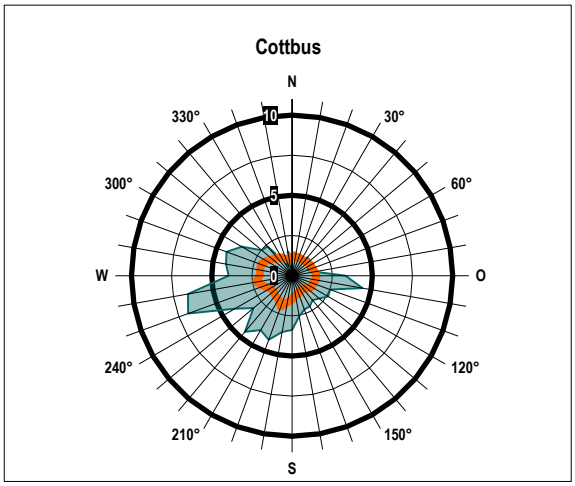
Abbildung 3:Windverhältnisse im Land Brandenburg im Kalenderjahr 2020 an ausgewählten Messstellen

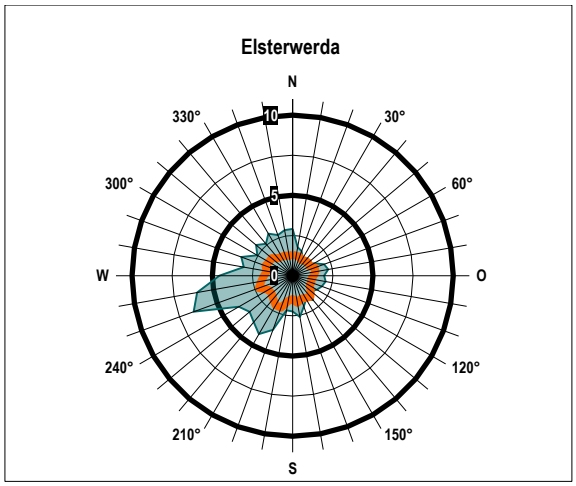
Windrichtungsverteilung [%]
Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]

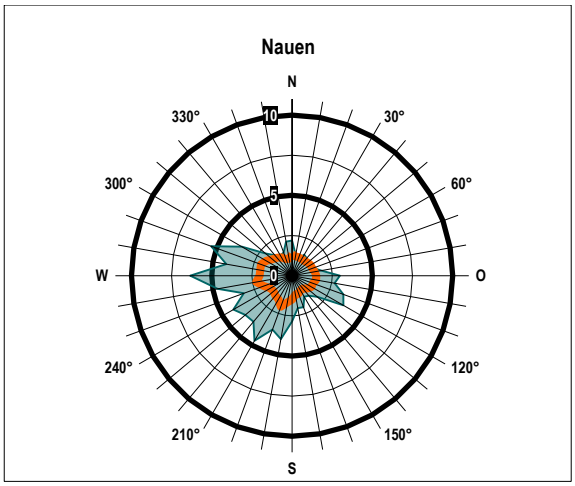
Klassifizierung: 10° - Richtungssektoren
Datenbasis: Halbstundenmittelwerte

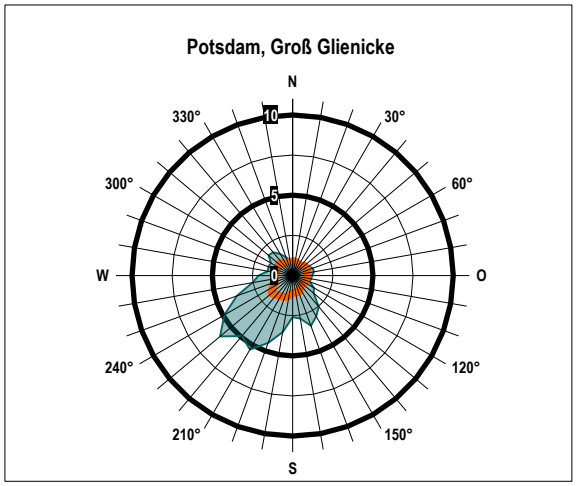
	Geschwindigkeit [m/s]	
	Mittel	**Maximum**
Spreewald	1,75	10,11
Cottbus	1,61	6,34
Elsterwerda	1,60	7,14
Nauen	2,17	8,54
Potsdam, Groß Glienicke	0,98	4,99
Potsdam-Zentrum	1,33	7,09

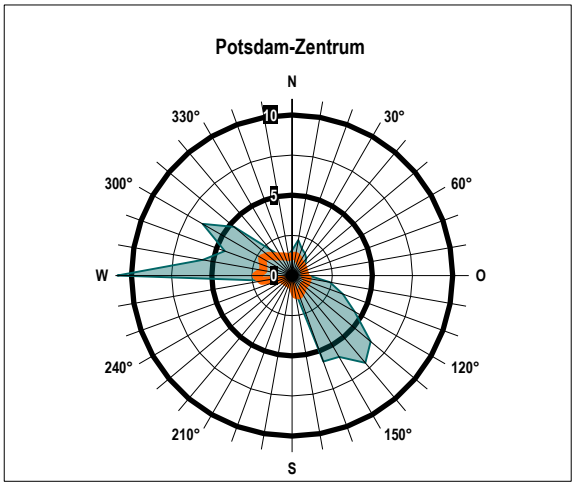












3. Equipment und Qualitätsmanagement

In Tabelle 2 sind die im Rahmen der Referenzmethode (RM) verwendeten Probenahmegeräte gelistet. Es handelt sich ausschließlich um Kleinfiltergeräte mit Low-Volume-Probenahmeverfahren (LVS), die mit einer Durchflussrate des Probengases von 2,3 m³/h arbeiten. Als Kandidatenmethoden (CM) kamen Messautomaten zweier Hersteller zum Einsatz (Tabelle 3).

Routinemäßig erfolgen zahlreiche Maßnahmen zur Sicherung der Datenqualität. Neben der allgemeinen Protokollierung der Messnetzkonfiguration (Rückverfolgbarkeit durch Historie) und gerätetechnischen Wartungsroutine sind spezielle Mechanismen im Rahmen von Datenverarbeitung und –auswertung etabliert. Diese umfassen sowohl automatische statistische Kontrollen (Lebenslauf) als auch manuell durchzuführende Überprüfungen (Tages-, Monats- und Jahreskontrollen; Plausibilitätskontrolle).

Tabelle 2: Verwendete Messgeräte und Konfiguration im Rahmen des Referenzverfahrens (Filtersammler-Wechsler)

Referenzgerät (Link zum Datenblatt)	**Fraktion**	**Standort**	**Filtertyp** (GF10=Glasfaser, QF10=Quarzfaser, R2PJ047=Teflon)
Leckel SEQ47/50-CD	PM_{10}	Blankenfelde-Mahlow	QF10
Derenda PNS 16-3.1	$PM_{2,5}$	Spreewald	GF10
		Cottbus	GF10
		Elsterwerda	GF10
		Nauen	R2PJ047
		Potsdam, Groß Glienicke	GF10
		Potsdam-Zentrum	GF10
		Cottbus, Bahnhofstr.	GF10
		Potsdam, Zeppelinstr.	GF10
	PM_{10}	Hasenholz (Buckow)	GF10
		Lütte (Belzig)	GF10
		Cottbus	QF10
		Dallgow-Döberitz	QF10
		Eisenhüttenstadt	GF10
		Luckenwalde	QF10
		Bernau, Lohmühlenstr.	QF10
		Potsdam, Großbeerenstr.	QF10

Tabelle 3: Verwendete Messgeräte und –konfiguration im Rahmen der Kandidatenmethode (Automaten)

Kandidatengerät (Link zum Datenblatt)	Fraktion	Standort	Aggregation
Grimm EDM 180	PM_{10} und $PM_{2,5}$	Hasenholz (Buckow) Lütte (Belzig) Spreewald Cottbus Dallgow-Döberitz Eisenhüttenstadt Elsterwerda Luckenwalde Nauen Potsdam, Groß Glienicke Potsdam-Zentrum Bernau, Lohmühlenstr. Cottbus, Bahnhofstr. Potsdam, Großbeerenstr. Potsdam, Zeppelinstr.	Erfassung von 3-Minuten-Kurzzeitmittelwerten, diese werden zu Halbstundenmittelwerten verarbeitet in der Datenbank hinterlegt; die Berechnung des Tagesmittelwertes erfolgt entsprechend der einschlägigen Richtlinien bzw. entsprechend Durchführungsbeschluss der Kommission zum Datenaustausch (EoI)[2]
FIDAS 200 E	PM_{10} und $PM_{2,5}$	Eisenhüttenstadt	wie Grimm EDM 180

4. Berechnung

Die Ermittlung der standortspezifischen Korrekturfaktoren erfolgt durch eine Gegenüberstellung der CM- und RM-Tagesmittelwerte mit Hilfe des Werkzeugs Equivalence Tool V3.1 020720 („Test the equivalence“, Herausgeber: Europäische Kommission, 2020). Eingangsdaten sind zunächst die unmodifizierten CM-Werte. Die automatisch identifizierten Ausreißer werden gefiltert, bevor für jede parallel gemessene Jahresreihe eine lineare Regressionsfunktion zu den Werten aus der RM ermittelt wird. Anschließend erfolgt eine Mittelung dieser individuellen Umrechnungsfunktionen für jedes Messumgebungsregime (standortspezifische Korrektur) und je Messgerätetyp. Das Ergebnis wird als Messnetzfaktor bezeichnet.

[2] Durchführungsbeschluss der Kommission vom 12. Dezember 2011 mit Bestimmungen zu den Richtlinien 2004/107/EG und 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf den Austausch von Informationen und die Berichterstattung über die Luftqualität (2011/850/EG)

5. Nachweis über Gleichwertigkeit der Messergebnisse und Einhaltung der Datenqualitätsanforderungen

Jedes der folgenden Datenblätter umfasst neben den Stamminformationen zwei Abbildungen mit allen zur Äquivalenzprüfung erforderlichen statistischen Kenngrößen.

Die obere Abbildung ergibt sich aus der Berechnung der Regression anhand der Rohdaten mit Ausreißern (*CM data not corrected*). Neben der Abbildung werden der Anstieg (*Slope (b)*) der Regressionsgeraden, der y-Achsenabschnitt (*Intercept (a)*) der Regressionsgeraden, die Anzahl (*n*) der für die Regression verwendeten Datenpunkte sowie das Bestimmtheitsmaß (*R Squared*) der Regression angegeben. Die Regression wird für die Bildung der standortspezifischen Korrekturfaktoren verwendet. Letztere können sich zudem je CM-Messgerätetyp unterscheiden.

Die untere Abbildung stellt die Ergebnisse nach vorgenommener Kalibrierung der CM-Daten ohne Ausreißer (*CM data corrected by factor*) dar. Für die Kalibrierung wird der entsprechend hinterlegte Messnetzfaktor verwendet. Neben den bereits genannten statistischen Kenngrößen kann der unteren Abbildung die relative erweiterte Unsicherheit (*Expanded Uncertainty (Wcm)*) der kalibrierten Daten entnommen werden. Ist sie kleiner als 25 % und entspricht damit dem europäischen Datenqualitätsziel, wird dies nebenstehend mit *Passes 25 % criterion* quittiert.

Fazit

Im Messjahr 2020 wurden bei den Parallelmessungen von $PM_{2,5}$ erweiterte relative Messunsicherheiten von 9,0 % bis 16,9 % ermittelt. Diese Ergebnisse liegen deutlich unter 25 % und entsprechen damit dem Datenqualitätsziel der Luftqualitätsrichtlinie[3].

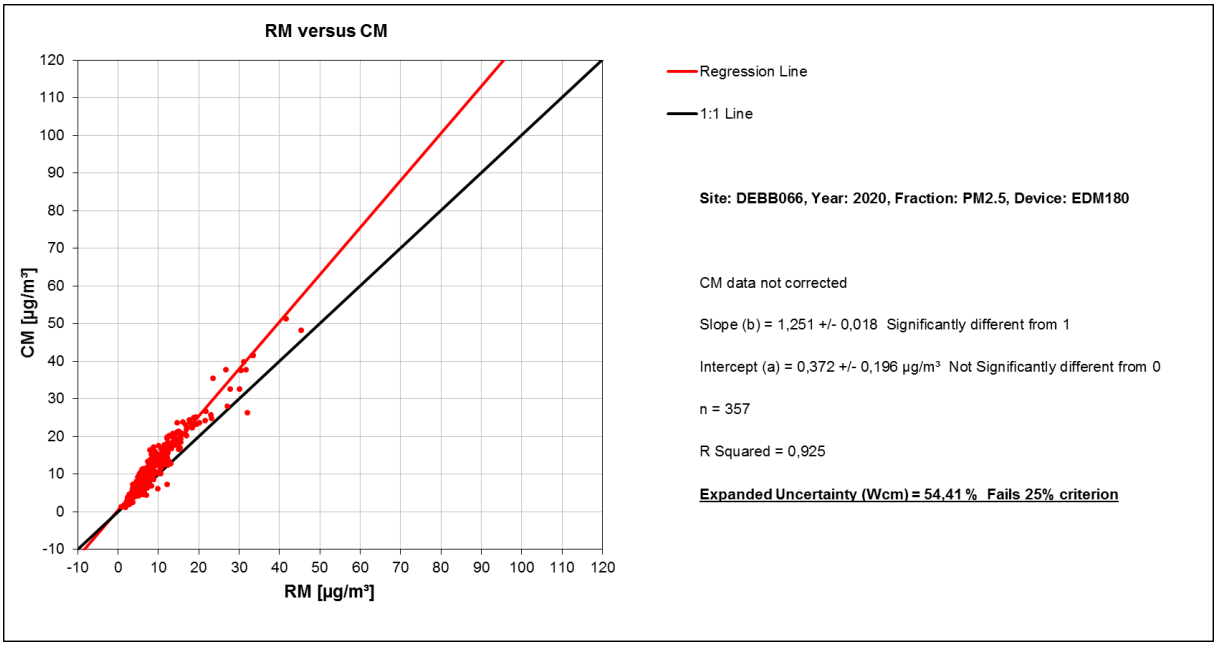
Alle Messwerte der Kandidatenmethoden werden unter Anwendung der ermittelten standortspezifischen Messnetzfaktoren als gleichwertig zu den mit der Referenzmethode erfassten Werten eingeschätzt.

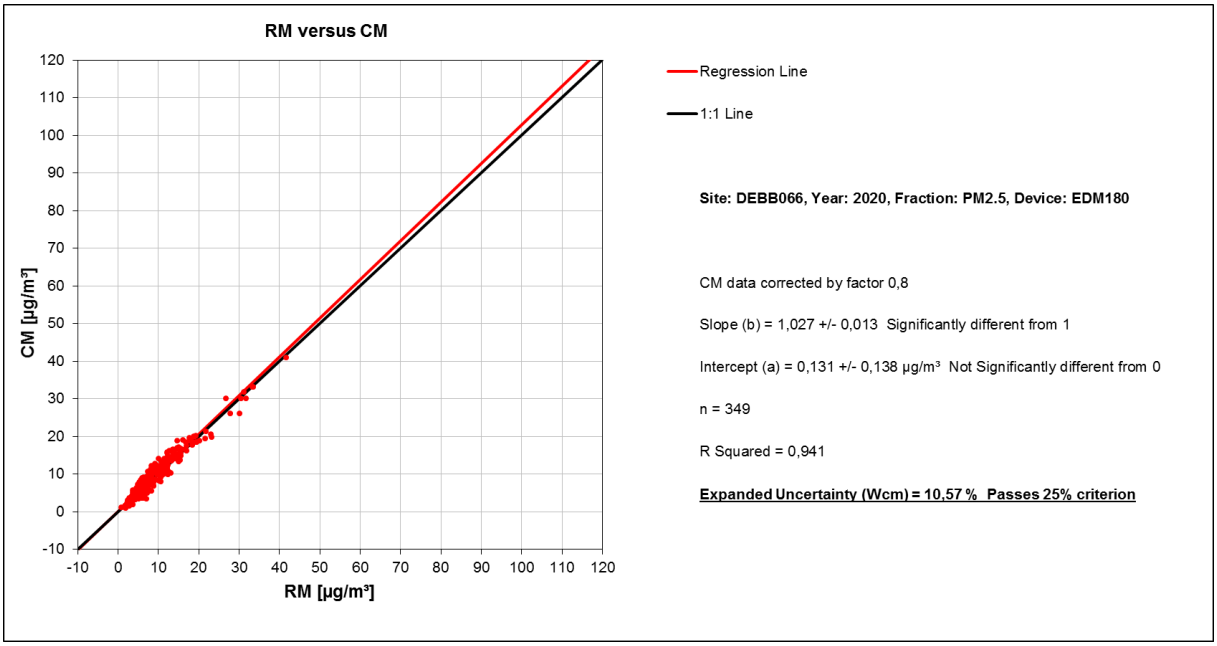
[3] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa.

Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Spreewald (DEBB066)
Regime:	ländlicher Hintergrund
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	10,57 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja

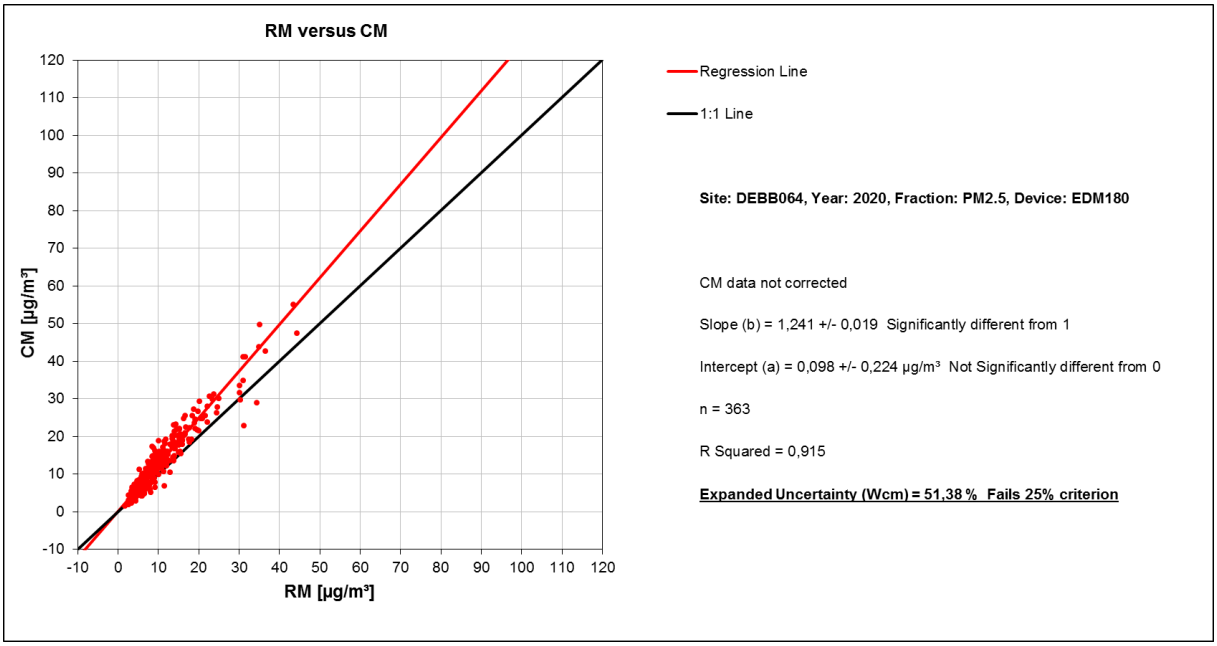


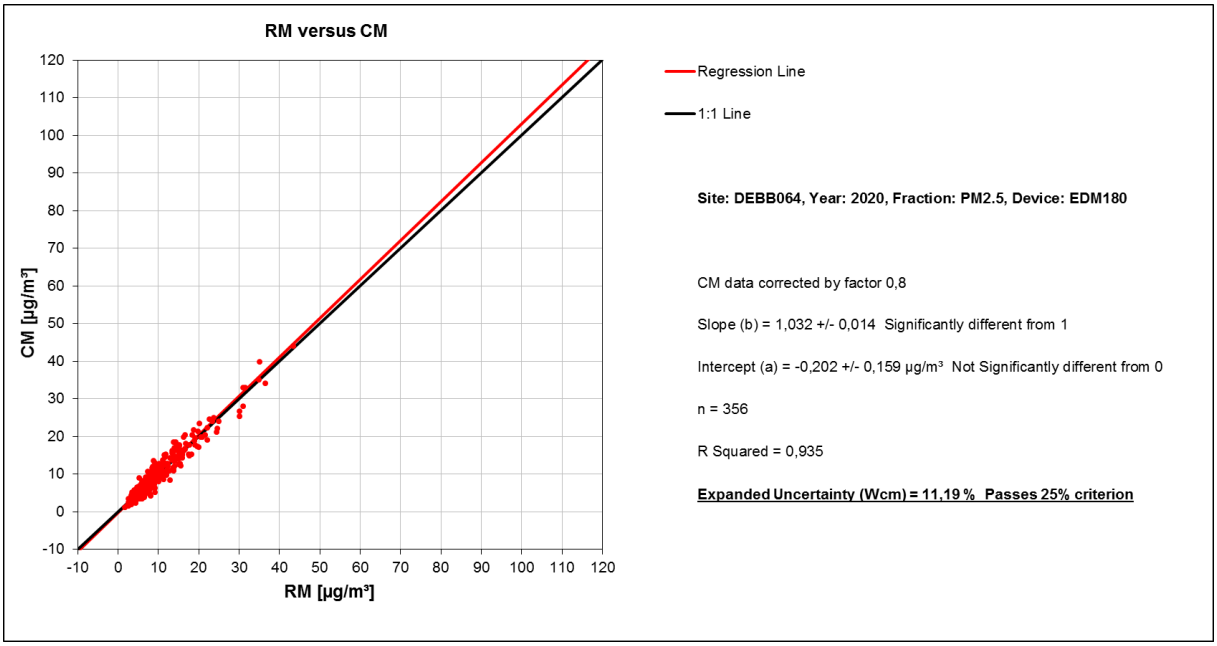


Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Cottbus (DEBB064)
Regime:	städtischer Hintergrund
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	11,19 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja

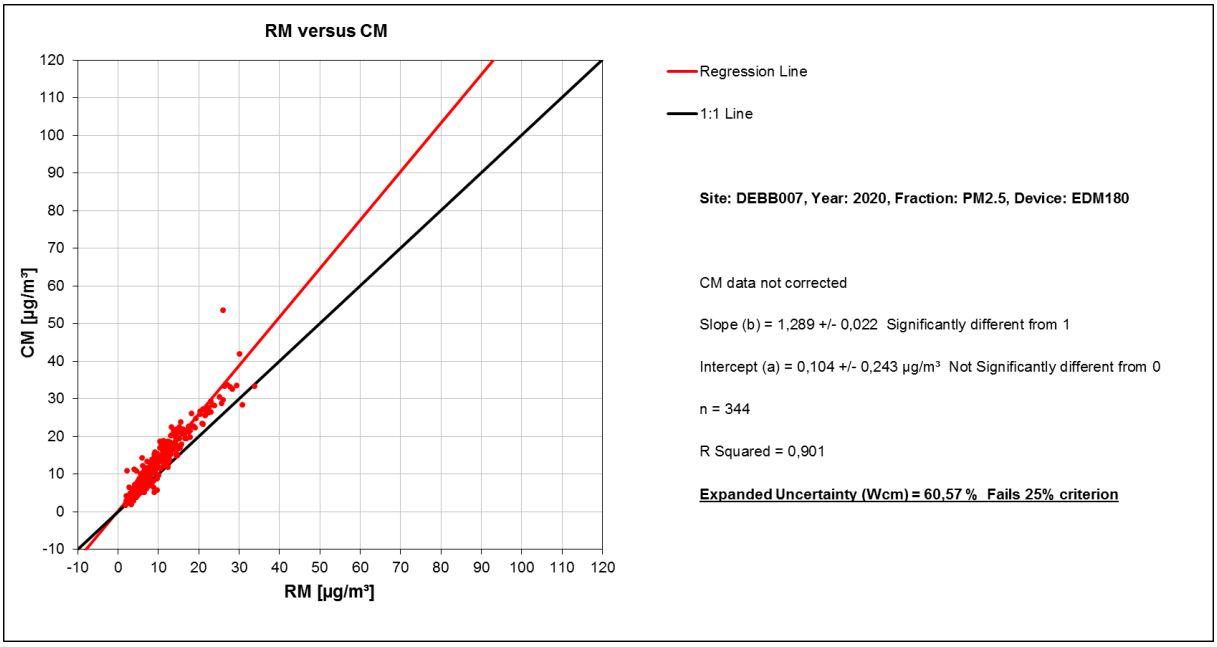


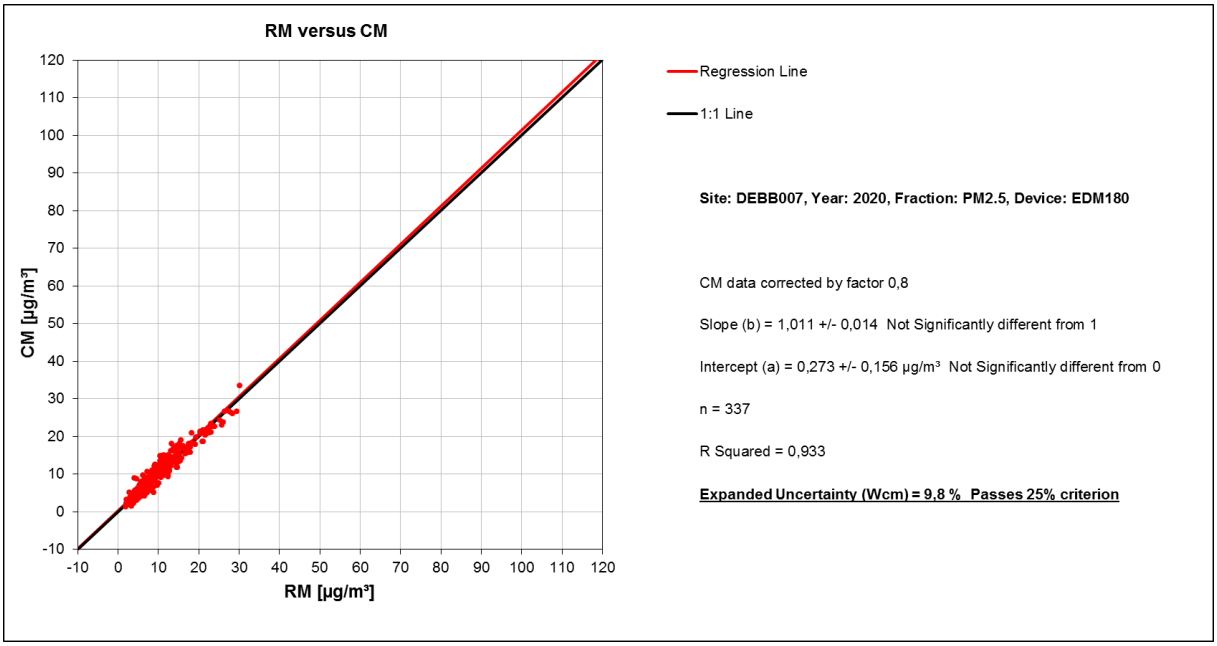


Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Elsterwerda (DEBB007)
Regime:	städtischer Hintergrund
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	9,80 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja

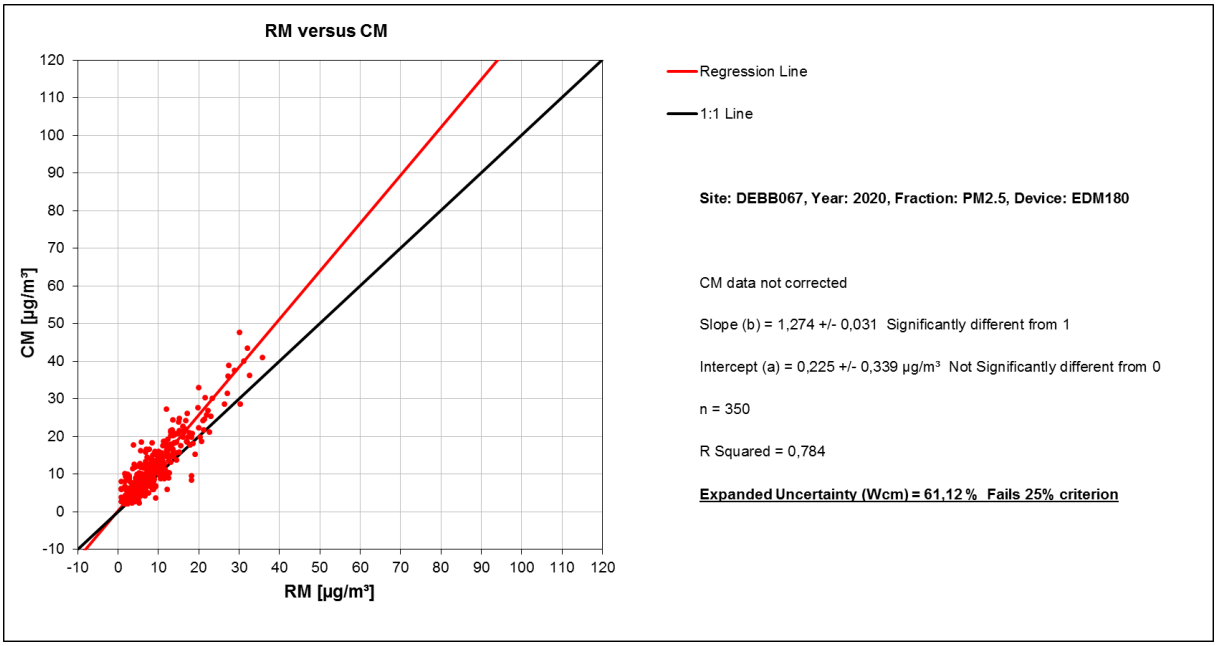


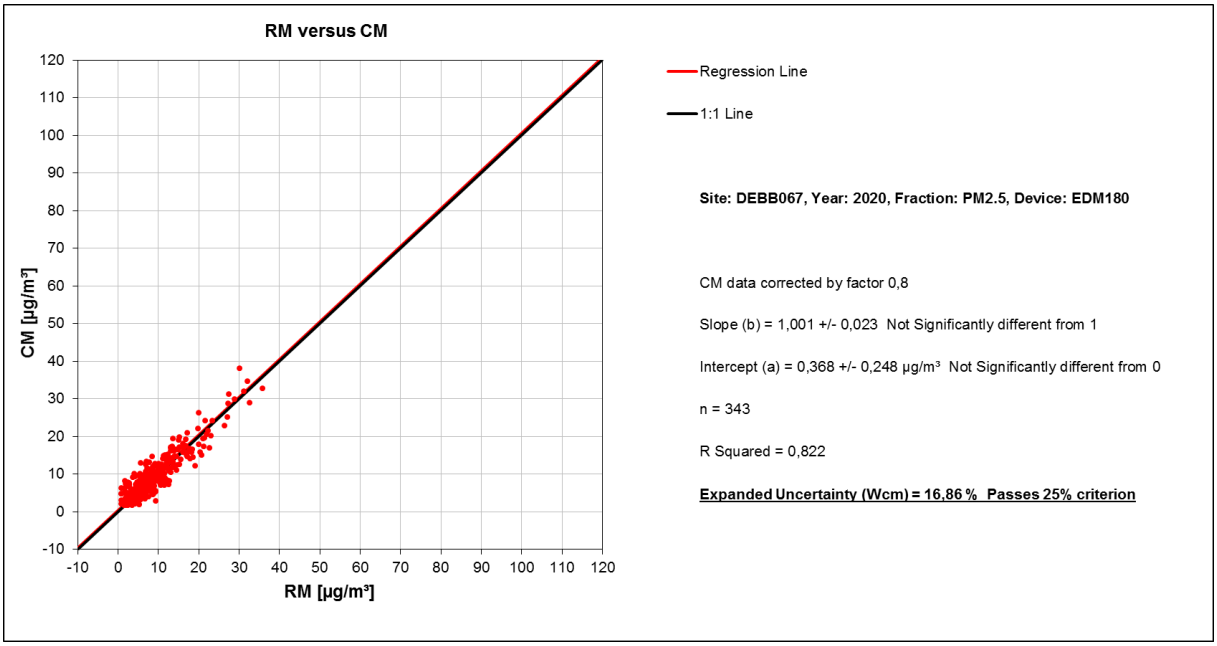


Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Nauen (DEBB067)
Regime:	städtischer Hintergrund
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	16,86 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja

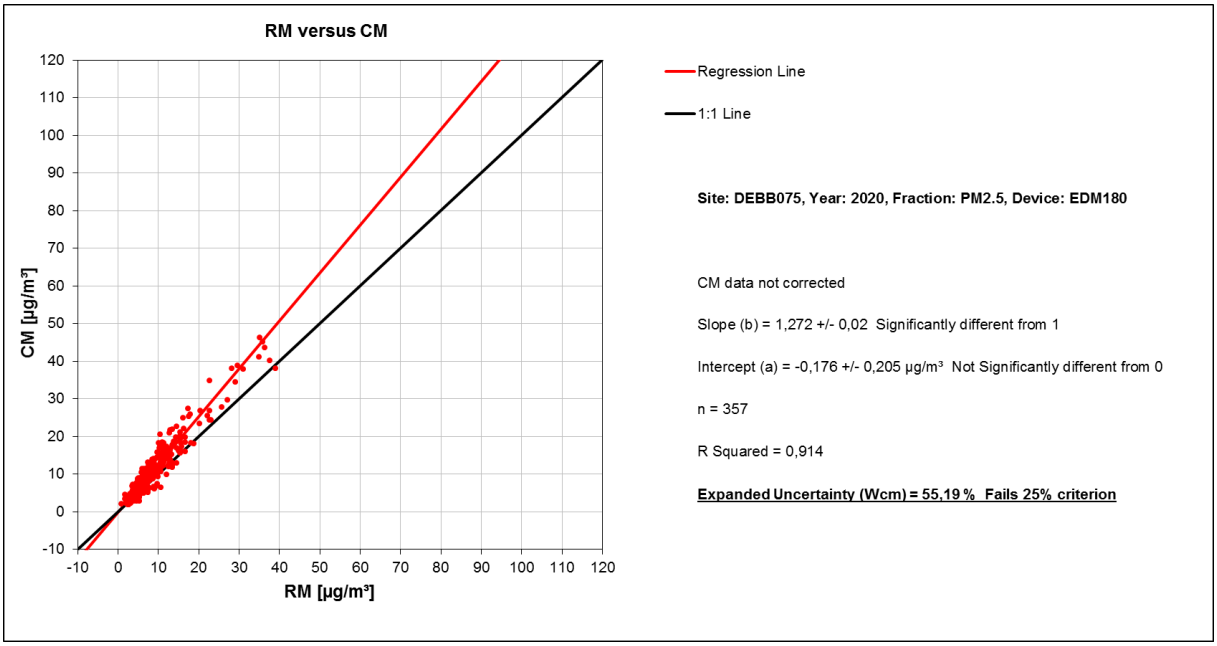


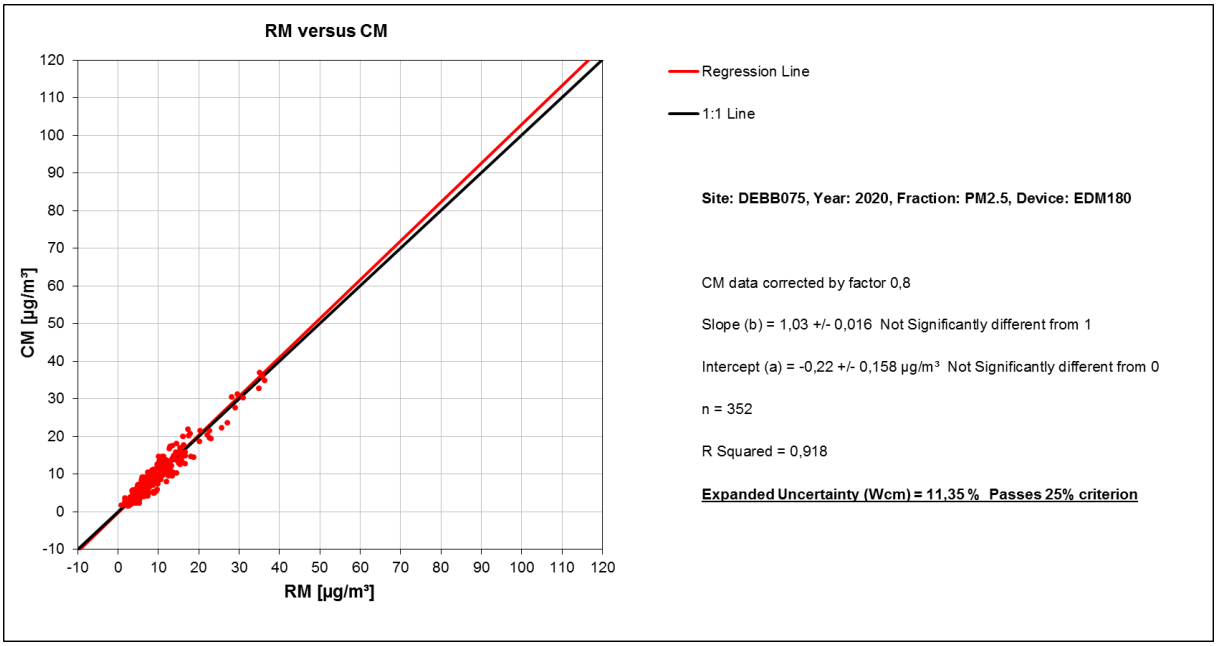


Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Potsdam, Groß-Glienicke (DEBB075)
Regime:	städtischer Hintergrund
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	11,35 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja

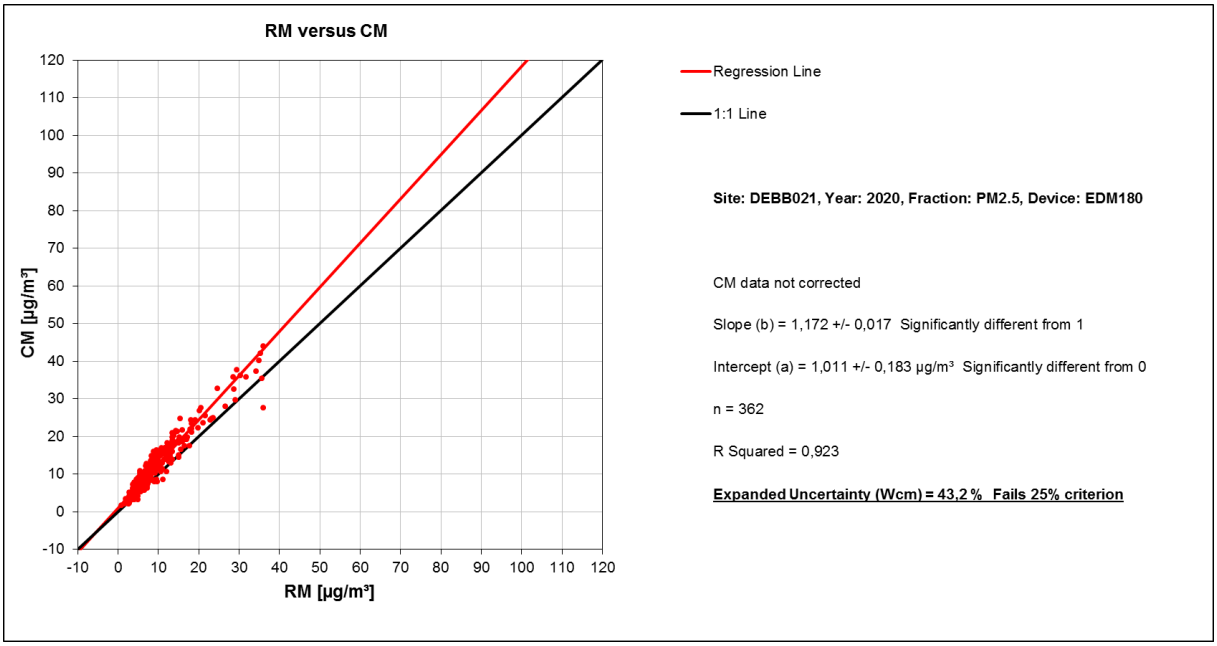


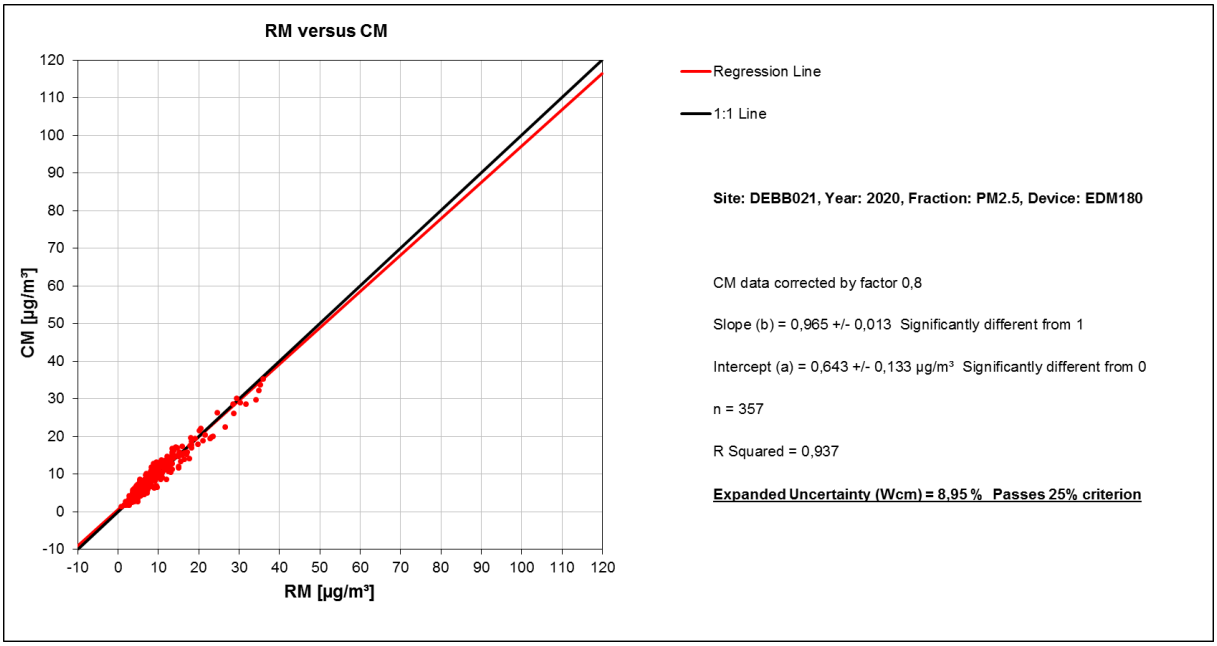


Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Potsdam-Zentrum (DEBB021)
Regime:	städtischer Hintergrund
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	8,95 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja

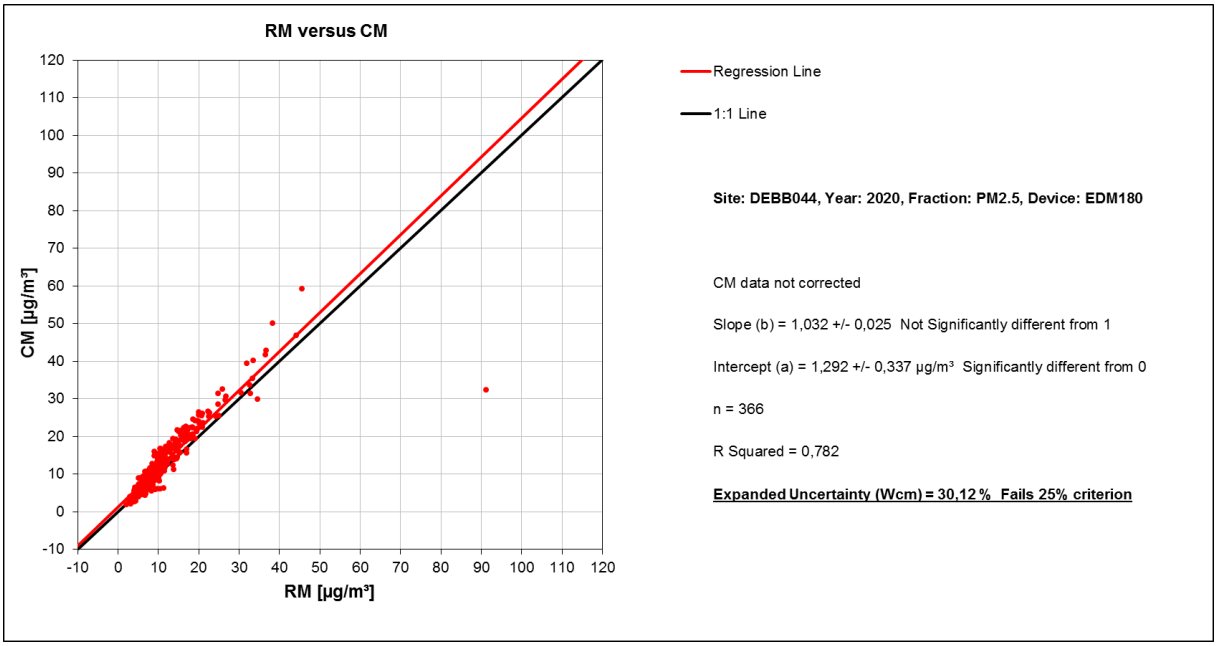


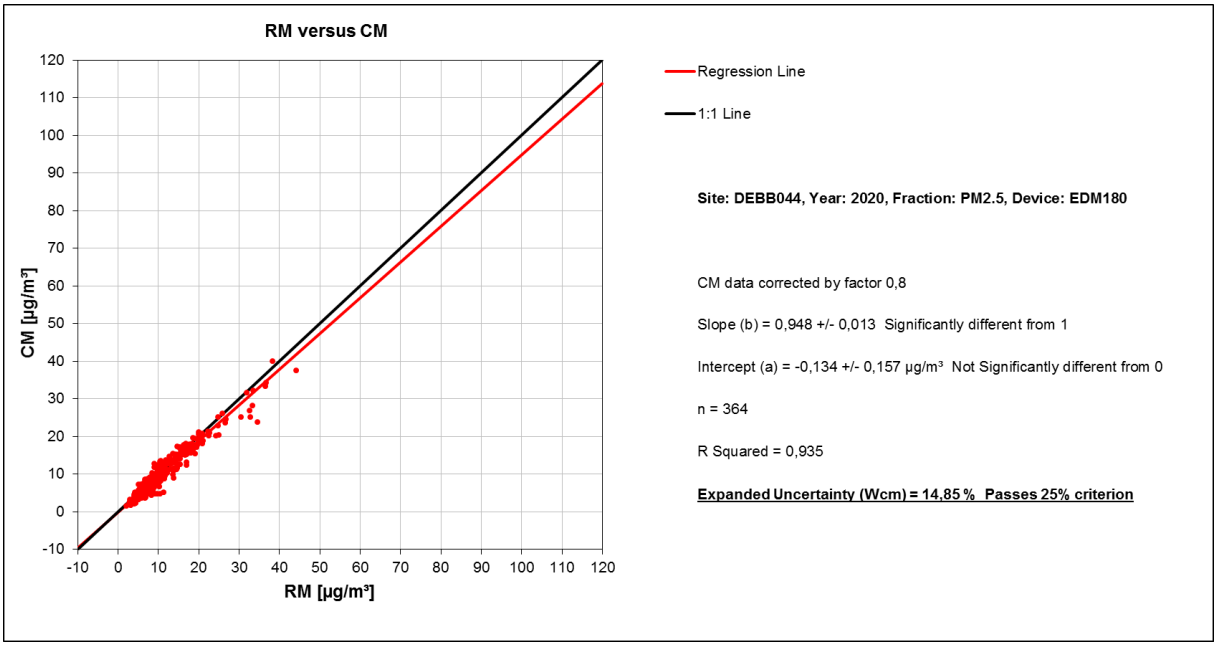


Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Cottbus, Bahnhofstr. (DEBB044)
Regime:	Verkehr
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	14,85 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja

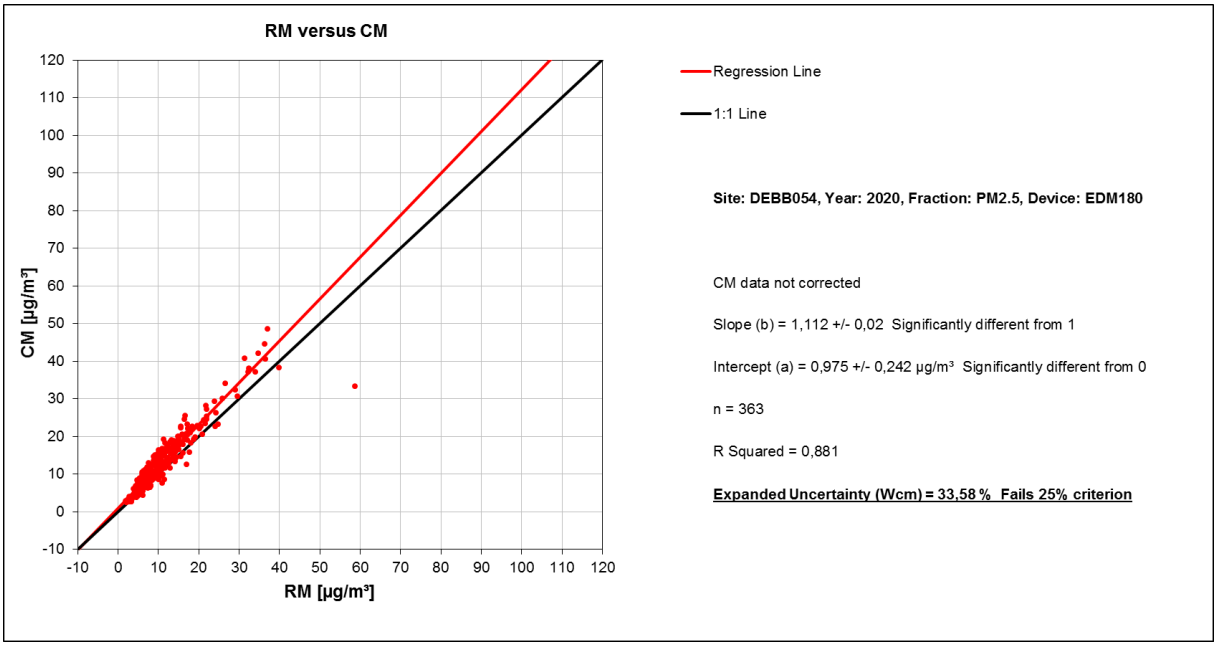


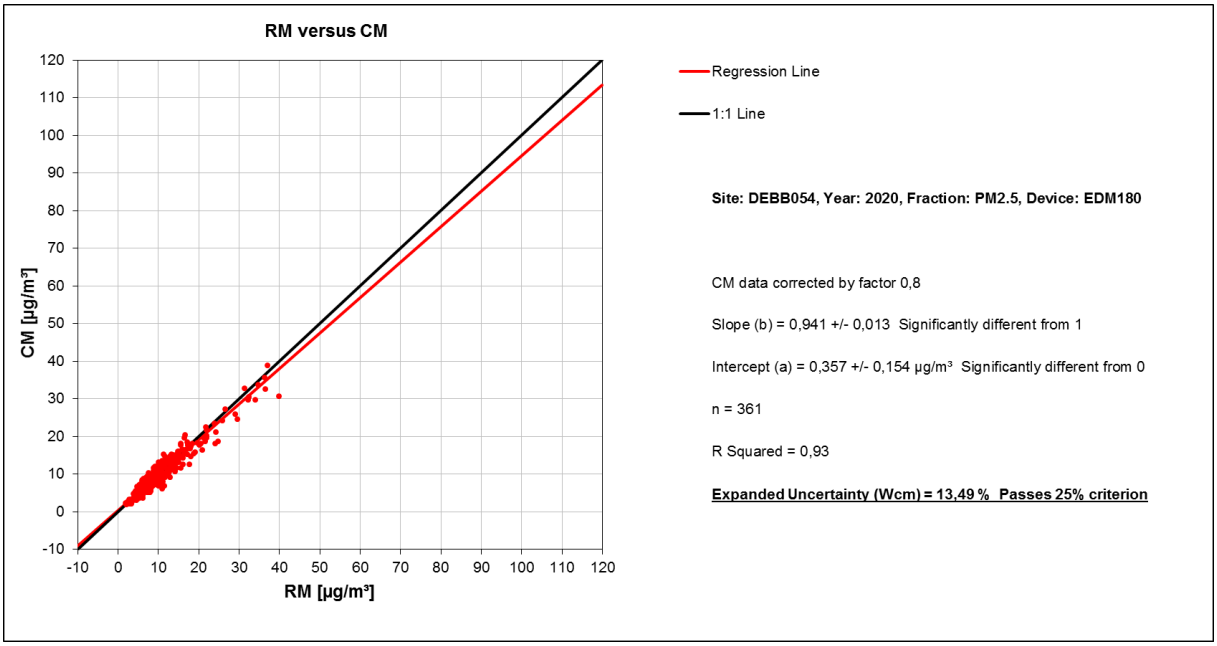


Gleichwertigkeitsnachweis für die Messergebnisse der Partikelmonitore mit dem Referenzverfahren (Gravimetrie nach DIN EN 12341:2014-08)

Fraktion:	$PM_{2,5}$
Gerät:	Grimm EDM180
Station:	Potsdam, Zeppelinstr. (DEBB054)
Regime:	Verkehr
Saison:	ganzjährig 2020

Erweiterte relative Messunsicherheit nach Kalibrierung:	13,49 %
Gleichwertigkeit (25-%-Kriterium) erfüllt:	ja





Stand

15. Juli 2021

Kontakt

Abteilung Technischer Umweltschutz 1
Referat T14 – Luftqualität, Klima, Nachhaltigkeit
Telefon: +49 33201 442-313
E-Mail: mnz-luft@lfu.brandenburg.de

Informationen im Internet:
https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/immissionsschutz/luftqualitaet/luftguetemessung/