

Äquivalenzbericht 2022

Kurzfassung

Durch fortlaufende Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren wurde die Äquivalenz der im Luftqualitätsmessnetz des Landes Nordrhein-Westfalen (LUQS) eingesetzten automatischen Messsysteme zur Messung der Feinstaub-Fraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} für das Jahr 2022 dokumentiert. Eine Übersicht der Kalibrierfaktoren für die einzelnen Messgeräte ist in Tabelle 1 dargestellt. Eine Veränderung des Faktors gegenüber dem Vorjahr war für Fidas 200 E Messgeräte im Bereich von PM₁₀ notwendig.

Tabelle 1: Übersicht der im LUQS-Messnetz für das Jahr 2022 ermittelten Äquivalenzfaktoren (Faktoren des Vorjahres in Klammern)

Parameter	Messtechnik	Faktor
PM ₁₀	APDA 371	1,05 (1,05)
	Fidas 200 E	0,95 (1,00)
PM _{2,5}	APDA 371	1,10 (1,10)
	Fidas 200 E	0,92 (0,92)

Allgemeines

Im Messnetz des Landes Nordrhein-Westfalen, welches vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW betrieben wird, werden zur Bestimmung der Feinstaubkonzentration (PM₁₀, PM_{2,5}) sowohl diskontinuierliche als auch kontinuierliche Messverfahren eingesetzt. Hier geht es um den Nachweis der Gleichwertigkeit der automatischen Messeinrichtungen mit dem Referenzverfahren (Richtlinie 2008/50/EG, Anhang VI Abschnitt B).

Aufgabenstellung

Die generelle Gleichwertigkeit der verwendeten Geräte wurde durch die Eignungsprüfung bestätigt. Die Eignungsprüfung fand u. a. an Messstationen in Nordrhein-Westfalen statt, die verschiedene Stationstypen und damit verschiedene Belastungssituationen umfassten. Die Bedingungen der Eignungsprüfung sind damit vergleichbar mit den Bedingungen an den Messstationen des Messnetzes. Die Vergleichsmessungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass eine Unterscheidung verschiedener Stationstypen (Verkehr, Stadt, Hintergrund) für die Bestimmung des Kalibrierfaktors zur Erfüllung der Qualitätskriterien nicht notwendig ist. In den vergangenen Jahren wurde daher ein gemeinsamer Faktor für alle Stationstypen (Verkehr, Stadt, Hintergrund) verwendet. Dieser Ansatz wird auch für 2022 wieder verfolgt, so dass für jeden Gerätetyp ein konstanter Faktor für alle Stationstypen bestimmt werden soll.

Im Nachfolgenden sind für 2022 die Ergebnisse für die fortlaufende Überprüfung nach dem Äquivalenzleitfaden („Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“) und Kapitel 8 „Feldbetrieb und laufende Qualitätslenkung“ der DIN EN 16450:2017-07 dargestellt.

Automatische Messsysteme (AMS)

Im Messnetz des Landes NRW wurden im Jahr 2022 vier verschiedene automatische Messeinrichtungen verwendet:

- Das Gerät APDA-371 mit PM_{2,5}-Vorabscheider der Firma Horiba Europe GmbH (baugleich BAM-1020 der Firma MetOne), im Folgenden APDA 371 genannt, mit Eignungsprüfung TÜV-Rheinland; Bericht: 936/21221789/B
- Das Gerät APDA-371 mit PM₁₀-Vorabscheider der Firma Horiba Europe GmbH (baugleich BAM-1020 der Firma MetOne), im Folgenden APDA 371 genannt, mit Eignungsprüfung TÜV-Rheinland; Bericht: 936/21221789/A
- Das Gerät Fidas 200 E für Messungen von PM₁₀ und PM_{2,5} der Firma der Firma Palas GmbH (baugleich APDA-372 E der Firma Horiba), im Folgenden Fidas 200 E genannt, mit Eignungsprüfung TÜV-Rheinland; Bericht: 936/21227195/C

Referenzmessverfahren

Das von der EU festgelegte Referenzverfahren zur Messung von PM₁₀ ist das gravimetrische Verfahren nach der Europannorm EN 12341. Das Messprinzip besteht darin, Außenluft über 24 Stunden durch einen vorgewogenen und konditionierten Filter zu leiten, das anschließend im Labor ausgewogen wird. Zwischen Probenahme im Feld und anschließender Messung im Labor vergehen in der Regel mehrere Wochen, da bis zu 15 bestaubte Filter im Gerät gesammelt werden können (die Stationen werden aus Kostengründen zweimal pro Monat zum Filterwechsel angefahren) und da die Wägeprozedur (vor allem durch die in der EN vorgeschriebene Konditionierung der Filter auf eine vorgegebene Temperatur und Luftfeuchte) mehrere Tage dauert. Das Referenzverfahren ist deshalb nicht geeignet für eine tägliche aktuelle Information der Bevölkerung.

Grundsätzliche Vorgehensweise

Im LUQS-Messnetz wurden im Jahr 2022 insgesamt an 54 Stationen PM₁₀ Messungen und an 39 Stationen PM_{2,5} Messungen durchgeführt. Für die Bestimmung der Faktoren und den Nachweis der Äquivalenz für das Jahr 2022 wurden an den Stationen mit Parallelmessungen von AMS und Referenzverfahren Vergleichspaare auf Basis der Tagesmittelwerte bestimmt.

Für die Größenfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} wurden die Vergleichspaare der Tagesmittelwerte von AMS und Referenzverfahren für die drei vorangegangenen Jahre (2020-2022) zusammengestellt.

Anforderungen an Parallelmessungen

Die Gleichwertigkeit gegenüber dem Referenzverfahren soll durch die Einhaltung des Kriteriums der erweiterten Messunsicherheit W_{AMS} bei geeigneten Kalibrierfunktionen nachgewiesen werden. Dazu werden Datenpaare von kontinuierlichen und Referenzverfahren herangezogen. Diese sollen das ganze Jahr abdecken, und mindestens 80 Vergleichspaare beinhalten.

Die Anzahl der für die fortlaufende Äquivalenzüberprüfung geforderten Vergleichsstationen ergibt sich aus der erweiterten Messunsicherheit, und der Anzahl der automatischen Mess-Systeme (AMS) im Messnetz.

Tabelle 2: Anzahl der notwendigen Messstationen für den Vergleich mit dem Referenzverfahren (DIN EN 16450)

$W_{AMS}, \%$	≤ 10	$> 10 \text{ bis } \leq 15$	$> 15 \text{ bis } \leq 20$	$> 20 \text{ bis } \leq 25$
Anteil der Stationen (≥ 2)*	10 %	10 %	15 %	20 %
Anzahl der Stationen*	2	3	4	5

*Von beiden Werten (als Anteil oder absolute Anzahl) gilt der Kleinere. Die Mindestanzahl ist zwei.

In den vergangenen 3 Jahren lag die im Messnetz ermittelte erweiterte Messunsicherheit für $PM_{2,5}$ zwischen 10 und 15 %. Bei den PM_{10} -Messungen lag die Unsicherheit ≤ 10 %. Die daraus abzuleitende Anzahl der erforderlichen Parallelmessungen und die im Jahr 2022 verfügbaren Parallelmessungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Übersicht der Messungen mit Referenzverfahren und AMS im Jahr 2022

	AMS gesamt	$W_{AMS}, \%$	Parallelmessungen Ist	Soll	Vorgabe erfüllt
PM_{10}	54	-	17	-	-
PM_{10} APDA 371	31	≤ 10	8	2	Ja
PM_{10} Fidas 200 E	25	≤ 10	9	2	Ja
$PM_{2,5}$	39	-	10	-	-
$PM_{2,5}$ APDA 371	12	$> 10 \text{ bis } \leq 15$	3	2	Ja
$PM_{2,5}$ Fidas 200 E	25	$> 10 \text{ bis } \leq 15$	7	2	Ja

Eignung der Daten

Aus dem gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % oder mindestens 32 Werte, die mit dem Referenzverfahren bestimmt wurden, über der oberen Beurteilungsschwelle gemäß Richtlinie 2008/50/EG liegen. Dieser Schwellenwert ist $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} und $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $PM_{2,5}$.

Es dürfen bis zu 2,5 % der Wertepaare als Ausreißer markiert und von der Äquivalenzbestimmung ausgeschlossen werden, solange die Anzahl der validen Wertepaare je Vergleich ≥ 40 ist. Die Einhaltung dieses Kriteriums wurde überwacht.

Äquivalenztest

Die Gleichwertigkeit gegenüber dem Referenzverfahren soll durch die Einhaltung des Kriteriums der erweiterten Messunsicherheit bei geeigneten Kalibrierfunktionen nachgewiesen werden. Der Äquivalenztest basiert auf der Annahme, dass der Zusammenhang zwischen den Messwerten von AMS und Referenzverfahren durch eine lineare Funktion beschrieben werden kann. Die Beziehung zwischen Ergebnissen von Referenzverfahren und AMS wird durch eine orthogonale Regression ermittelt, um eine symmetrische Behandlung beider Messwerte zu gewährleisten.

Die jeweiligen Parameter wurden ausgewertet für:

- Das gesamte Datenkollektiv
- Jede Station individuell
- Sowie für den Bereich der höheren Konzentrationen ($PM_{10} \geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2.5} \geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Diese Prozedur wird für jeden Gerätetyp durchgeführt. Die Analysen-Resultate finden sich in Tabelle 4 bis Tabelle 8. Eine Veränderung der Faktoren gegenüber dem Vorjahr war für $PM_{2.5}$ nicht erforderlich. Im Falle von PM_{10} war eine Veränderung des Faktors gegenüber dem Vorjahr nur für Fidas 200 E Messgeräte notwendig.

Das Berechnungsdatenblatt

Der Äquivalenztest erfolgte mit Hilfe des RIVM-Datenblatts (Version 3.0) für die verschiedenen Geräte. Sofern ein Vorjahresfaktor vorhanden war, wurde der Test mit diesem durchgeführt. Wenn noch kein Faktor bestimmt wurde, wurde ein Faktor von 1,00 verwendet.

Für die Auswertung wurden die Standard-Parameter (RM uncertainty = 0,67 und confidence intervall = 0,99) beibehalten. Die Tests wurden mit dem gesamten Datenkollektiv sowie nach einer Ausreißerbereinigung durchgeführt. Die Beseitigung der Ausreißer führt in der Regel zu einer kleineren erweiterten Messunsicherheit. Die Ausreißer wurden mit Hilfe der Ausreißererkenung des Datenblatts identifiziert.

In den vergangenen Jahren konnten die Kalibration mit Hilfe von Faktoren ohne Achsenabschnitt durchgeführt werden. Die Achsenabschnitte werden jedoch bei der Äquivalenzbewertung nicht vollständig außer Acht gelassen. Sie liefern wertvolle Hinweise, ob Probleme mit der Messtechnik vorliegen. Achsenabschnitte, die im Bereich von $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen, werden als unauffällig erachtet, bis $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als akzeptabel. Zwischen ± 3 und $\pm 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werden die Stationen, an denen dieser Wert auftritt, besonderen Überprüfungen unterzogen. Werte oberhalb von $\pm 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sprechen für ein Problem mit der Messtechnik. Hier wird das Messgerät getauscht. Im Extremfall kann dies auch den Ersatz einer kompletten Messtechnik zur Folge haben. So wurden im Messjahr 2013 alle TEOM-FDMS-Geräte durch andere Messtechniken ersetzt.¹

Aus diesem Grund wurde der gesamte Datensatz ohne das Zwingen der Gerade durch den Ursprung getestet. Der Achsenabschnitt wurde, wie zuvor beschrieben, betrachtet. Sofern die Abweichung des Achsenabschnitts die genannten Grenzen übersteigt, wird eine Kalibrierung mit Achsenabschnitt durchgeführt.

¹ Dieses Vorgehen entspricht nicht der DIN EN 16450:2017-07. Es wird aber als gerechtfertigt angesehen, um eine mögliche Kalibrierung zu vereinfachen. Erfahrungswerte haben gezeigt, dass die Kalibration mit Hilfe von Faktoren ohne Achsenabschnitt zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt.

Überprüfung der Leistungskriterien

Wenn die Steigung b für den gesamten Datensatz sich signifikant von 1 unterscheidet und ihr Wert nicht $0,980 \leq b \leq 1,020$ ist, ist eine Kalibrierung erforderlich. Besteht allerdings kaum Optimierungspotential, d.h. der Äquivalenztests liefert für die erweiterte Messunsicherheit vor Kalibrierung und nach Kalibrierung kaum unterschiedliche Werte, wird die Durchführung einer Kalibrierung überdacht. Ein gewisser Spielraum erscheint sinnvoll, um den Faktor nicht jedes Jahr geringfügig ändern zu müssen. Der Kontinuität des Faktors soll hierdurch Rechnung getragen werden. Es wird angestrebt den Faktor erst bei Veränderungen von 0,05 zu ändern. Es liegt allerdings im Ermessen des Bearbeiters von dieser Konvention abzuweichen.

Die erweiterte relative Messunsicherheit der Ergebnisse wird für den gesamten Datensatz und für alle Teildatensätze (Einzelstationen, Wertepaare $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bestimmt. Wenn die erweiterte relative Messunsicherheit $> 25 \%$ ist, muss zwingend eine Kalibrierung durchgeführt werden, d.h. ein neuer Faktor ist zu bestimmen.

Bestimmung eines neuen Faktors

Werden die Leistungskriterien für den Vorjahresfaktor bzw. ohne Faktor nicht erfüllt, muss ein neuer Kalibrierfaktor bestimmt werden, für den dann der Äquivalenz-Test erneut durchgeführt wird. Dafür gibt es verschiedene Methoden:

- Robuste Methode: Mittelwert des Quotienten der Mittelwerte von CM und RM für die einzelnen Stationen
- Mittelwert der Faktoren der einzelnen Stationen, die mit dem Datenblatt ermittelt werden
- Faktor des Gesamtdatensatzes (korrigiert um Ausreißer, ohne Faktor), der mit dem RIVM-Datenblatt ermittelt wird

Die dritte Methode entspricht dem Äquivalenzleitfaden und der DIN EN 16450:2017-07. Der neue Kalibrierfaktor wird also aus dem Gesamtdatensatz ohne Faktor mithilfe des Datenblatts ermittelt, wobei die Gerade nicht durch Null gezwungen wird. Um nicht jedes Jahr geringfügige Änderungen machen zu müssen, soll der Faktor nach Möglichkeit auf 0,05er Schritte gerundet werden. Es liegt allerdings im Ermessen des Bearbeiters von dieser Konvention abzuweichen. Im Hinblick auf die Bedeutung des Faktors für die PM_{10} -Überschreitungstage und den Jahresgrenzwert nach EU-Luftqualitätsrichtlinien, wird der Faktor im Zweifelsfall eher konservativ angesetzt. Die Kalibrierung wird auf den gesamten Datensatz angewandt und dann der Äquivalenztest erneut durchgeführt.

Prüfergebnisse

PM_{10}

APDA 371

Bei den APDA 371 Geräten lag der Faktor im Vorjahr bei 1,05. Mit dem Vorjahresfaktor wird für den Gesamtdatensatz und einzelne Subsets das Kriterium der erweiterten Messunsicherheit eingehalten.

Die Achsenabschnitte sind überwiegend unauffällig ($< \pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Bei den Stationen BORG, BOTT, DDCS und WALS sowie den Wertepaaren $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt der Achsenabschnitt im akzeptablen Bereich ($< \pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Steigung und der Achsenabschnitt des Gesamtdatensatzes erfüllen die festgelegten Kriterien, weshalb eine Kalibrierung nicht erforderlich ist. Für das Messgerät dieser Bauart ist zunächst keine weitere Anpassung des Faktors erforderlich, sodass er unverändert bei 1,05 bleibt.

Tabelle 4: PM_{10} Äquivalenzauswertung für die mit APDA 371 ausgerüsteten Stationen unter Verwendung des Vorjahresfaktors von 1,05.²

APDA 371 mit Faktor 1,05	Dataset	Anzahl	Ausreißer	Orthogonal Regression				Limit Value of $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
				N	R ²	Slope (b) +/- u_b	Intercept (a) +/- u_a	W _{CM} / %	% > $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Individual Datasets	BIEL	257	1	256	0,957	0,959 +/- 0,013	1,003 +/- 0,196	6,47	4,7
	BORG	224	19	205	0,913	0,995 +/- 0,021	2,456 +/- 0,359	13,10	5,4
	BOTT	1067	11	1056	0,953	0,959 +/- 0,006	2,450 +/- 0,119	6,40	8,6
	BUCH	181	8	173	0,972	0,934 +/- 0,012	0,088 +/- 0,202	13,39	6,4
	CHOR	536	10	526	0,944	0,970 +/- 0,010	1,992 +/- 0,164	6,91	5,3
	DDCS	122	11	111	0,936	1,027 +/- 0,025	-2,466 +/- 0,540	8,99	11,7
	DMD2	537	14	523	0,902	1,099 +/- 0,015	-0,600 +/- 0,262	20,32	6,9
	DUB2	361	3	358	0,963	1,002 +/- 0,010	0,412 +/- 0,241	6,77	19,8
	SOES	361	5	356	0,951	0,896 +/- 0,011	0,393 +/- 0,158	19,88	5,1
	VDUI	1070	18	1052	0,946	1,056 +/- 0,008	0,209 +/- 0,156	14,53	13,0
	VWEL	540	3	537	0,923	0,964 +/- 0,012	1,639 +/- 0,221	7,36	6,7
WALS	541	3	538	0,951	0,938 +/- 0,009	2,804 +/- 0,171	6,60	11,2	
Combined Datasets	$\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	448	51	397	0,889	1,076 +/- 0,018	-2,390 +/- 0,694	12,87	100,0
	All Data	5797	106 (1,83 %)	5691	0,933	1,003 +/- 0,003	1,001 +/- 0,065	9,51	9,2

2

BIEL: APDA 371 von 09.09.2020 bis 16.02.2022
 BORG: APDA 371 von 01.09.2020 bis 08.12.2021
 BUCH: keine Vergleichsmessung mehr seit 2021
 DDCS: APDA 371 von 15.03.2021 bis 20.07.2021
 DUB2: APDA 371 seit 16.12.2021
 SOES: APDA 371 seit 09.12.2021

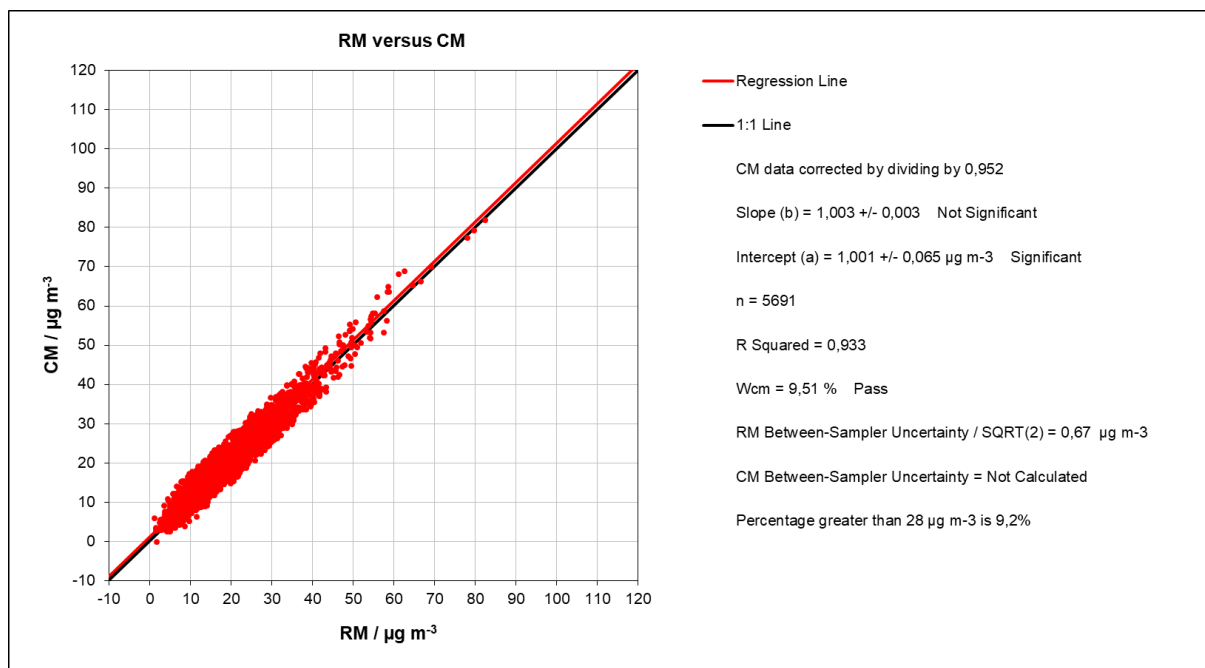


Abbildung 1: Orthogonale Regression APDA 371 PM10, gesamtes Datenkollektiv (bereinigt um Ausreißer) korrigiert um Faktor 1,05.

Fidas 200 E

Bei den Fidas 200 E Geräten lag der Faktor im Vorjahr bei 1,00. Mit dem Vorjahresfaktor wurde das Kriterium der erweiterten Messunsicherheit lediglich für die Station BIEL nicht eingehalten. Außerdem erfüllt die Steigung des Gesamtdatensatzes nicht die geforderten Kriterien. Aus diesem Grund muss ein neuer Faktor bestimmt werden. Da es sich bei dem Vorjahresfaktor um 1,00 handelt, kann der neue Faktor direkt aus der Regressionsgleichung bestimmt werden. Es ergibt sich ein Faktor von 0,95.

Unter Verwendung eines Faktors von 0,95 wird das Kriterium der erweiterten Messunsicherheit für alle Datensätze eingehalten. Die Achsenabschnitte sind überwiegend unauffällig ($< \pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Bei den Stationen DDCS und VACW liegt der Achsenabschnitt im akzeptablen Bereich ($< \pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Lediglich die Konzentrationen $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zeigen einen erhöhten Achsenabschnitt. Allerdings wird die erweiterte Messunsicherheit eingehalten und auch die graphische Darstellung zeigt keine Auffälligkeiten für die höchsten Konzentrationen. Die Steigung und der Achsenabschnitt des Gesamtdatensatzes erfüllen die vorgeschriebenen Kriterien. Abbildung 2 zeigt die Resultate bereinigt um 111 Ausreißer. Dies entspricht einem Anteil von 1,97 %.

Tabelle 5: PM₁₀ Äquivalenzauswertung für die mit Fidas 200 E ausgerüsteten Stationen ohne Verwendung eines Faktors.³

Fidas 200 E ohne Faktor	Dataset	Anzahl	Ausreißer	Orthogonal Regression				Limit Value of 50 µg/m ³	
				N	R ²	Slope (b) +/- ub	Intercept (a) +/- ua	WCM / %	% > 28 µg/m ³
Individual Datasets	BIEL	153	1	152	0,961	1,146 +/- 0,018	-0,897 +/- 0,297	26,26	4,6
	BORG	182	2	180	0,959	1,104 +/- 0,017	-0,656 +/- 0,286	19,35	7,8
	DDCS	523	11	512	0,940	1,099 +/- 0,012	-2,954 +/- 0,257	11,42	14,3
	DMD2	544	5	539	0,958	1,099 +/- 0,010	-0,411 +/- 0,174	19,43	7,6
	EIFE	529	4	525	0,918	1,074 +/- 0,013	0,357 +/- 0,136	17,46	1,1
	NIZI	537	28	509	0,951	1,069 +/- 0,011	-0,598 +/- 0,209	14,83	14,3
	STYR	1059	24	1035	0,946	1,099 +/- 0,008	-0,407 +/- 0,133	19,63	5,9
	VACW	1034	18	1016	0,941	1,067 +/- 0,008	-2,304 +/- 0,157	8,88	9,5
	VKTU	1073	18	1055	0,944	1,053 +/- 0,008	-1,664 +/- 0,135	7,72	5,7
Combined Datasets	≥ 30 µg/m ³	406	57	349	0,806	1,225 +/- 0,028	-7,006 +/- 1,057	22,10	100,0
	All Data	5634	111 (1,97 %)	5523	0,935	1,056 +/- 0,004	-0,804 +/- 0,065	11,67	7,8

Tabelle 6: PM₁₀ Äquivalenzauswertung für die mit Fidas 200 E ausgerüsteten Stationen mit Verwendung eines Faktors von 0,95.

Fidas 200 E mit Faktor 0,95	Dataset	Anzahl	Ausreißer	Orthogonal Regression				Limit Value of µg/m ³	
				N	R ²	Slope (b) +/- ub	Intercept (a) +/- ua	WCM / %	% > µg/m ³
Individual Datasets	BIEL	153	1	152	0,961	1,088 +/- 0,018	-0,836 +/- 0,282	15,18	4,6
	BORG	182	2	180	0,959	1,048 +/- 0,016	-0,606 +/- 0,272	9,41	7,8
	DDCS	523	11	512	0,940	1,043 +/- 0,011	-2,772 +/- 0,244	8,03	14,3
	DMD2	544	5	539	0,958	1,043 +/- 0,009	-0,372 +/- 0,166	9,67	7,6
	EIFE	529	4	525	0,918	1,018 +/- 0,013	0,358 +/- 0,129	7,84	1,1
	NIZI	537	28	509	0,950	1,009 +/- 0,010	-0,477 +/- 0,199	8,86	14,3
	STYR	1059	24	1035	0,946	1,043 +/- 0,008	-0,364 +/- 0,127	9,85	5,9
	VACW	1034	18	1016	0,941	1,012 +/- 0,008	-2,161 +/- 0,149	9,63	9,5
	VKTU	1073	18	1055	0,944	0,999 +/- 0,007	-1,556 +/- 0,128	8,91	5,7
Combined Datasets	≥ µg/m ³	406	57	349	0,805	1,155 +/- 0,027	-6,372 +/- 1,004	14,46	100,0
	All Data	5634	111 (1,97 %)	5523	0,935	1,000 +/- 0,003	-0,724 +/- 0,061	8,52	7,8

3

BIEL: seit 16.02.2022 Fidas 200 E
 BORG: seit 08.12.2021 Fidas 200 E
 DDCS: seit 20.07.2021 Fidas 200 E
 STYR: seit 21.01.2020 Fidas 200 E
 VACW: seit 07.02.2020 Fidas 200 E

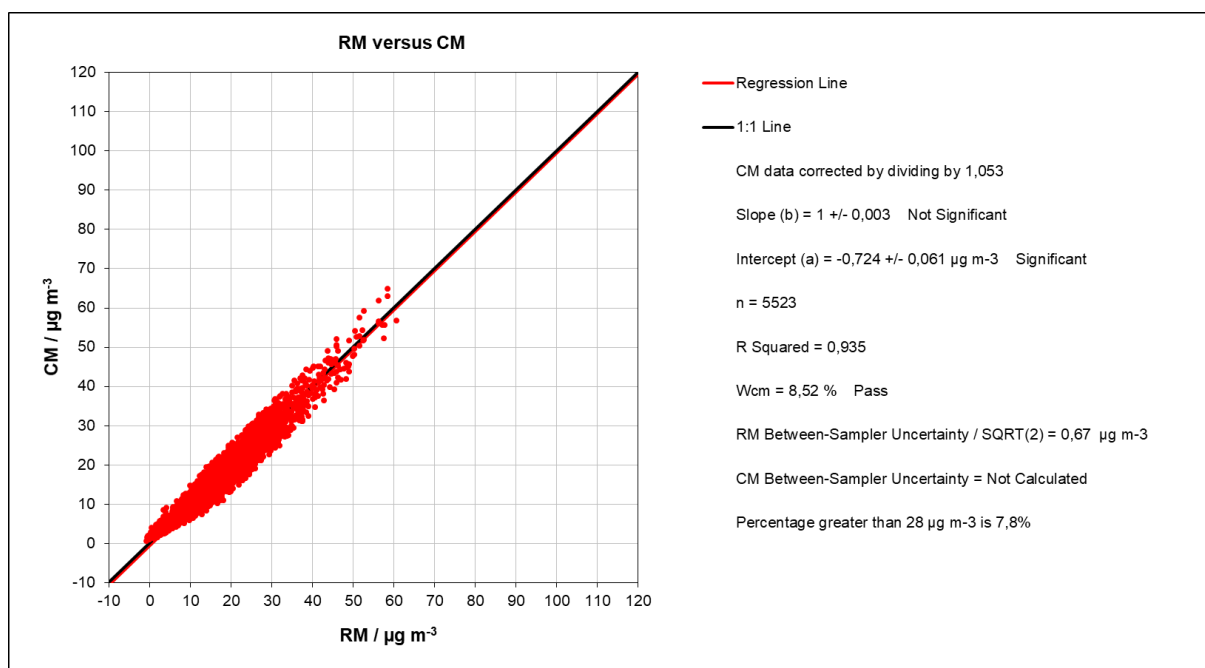


Abbildung 2: Orthogonale Regression Fidas 200 E PM10, gesamtes Datenkollektiv (bereinigt um Ausreißer) korrigiert um Faktor 0,95.

PM_{2,5}

APDA 371

Unter Verwendung des Vorjahresfaktors von 1,10 wurde das Kriterium der erweiterten Messunsicherheit für alle Datensätze eingehalten. Eine Kalibrierung ist nicht notwendig. Wie bereits im Vorjahr ist die erweiterte Messunsicherheit an der Station LOER größer als an den anderen beiden Stationen. Die Tabelle und Abbildung zeigen die Ergebnisse für das gesamte Datenkollektiv bereinigt um 49 Ausreißer. Dies entspricht einem Anteil von 1,78 % und erfüllt somit die im Äquivalenzleitfaden definierten Kriterien. Für alle Stationen war der Achsenabschnitt unauffällig ($< \pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 7: PM_{2,5} Äquivalenzauswertung für die mit APDA 371 ausgerüsteten Stationen unter Verwendung des Vorjahresfaktor von 1,10.⁴

APDA 371 mit Faktor 1,10	Dataset	Anzahl	Ausreißer	Orthogonal Regression				Limit Value of 30 µg/m ³	
				N	R ²	Slope (b) +/- u _b	Intercept (a) +/- u _a	W _{CM} / %	% > 17 µg/m ³
Individual Datasets	ELAN	719	14	705	0,922	0,950 +/- 0,010	1,654 +/- 0,097	8,52	6,5
	EVOG	1061	15	1046	0,949	0,999 +/- 0,007	0,658 +/- 0,093	9,72	15,3
	LOER	980	20	960	0,911	1,089 +/- 0,010	0,615 +/- 0,113	24,39	8,6
Combined Datasets	≥ 18 µg/m ³	274	20	254	0,858	1,028 +/- 0,024	-0,074 +/- 0,596	15,42	100,0
	All Data	2760	49 (1,78 %)	2711	0,928	1,004 +/- 0,005	1,053 +/- 0,060	12,50	10,7

4

LOER: seit 19.03.2020 APDA 371

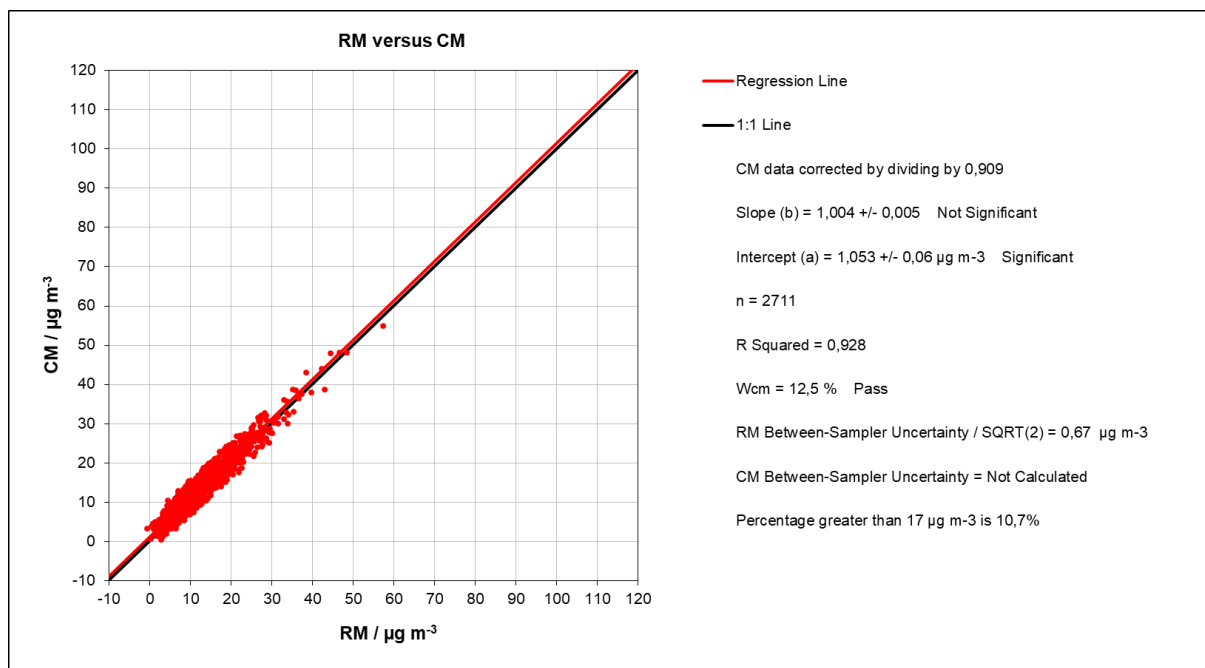


Abbildung 2: Orthogonale Regression APDA 371 PM_{2,5} gesamtes Datenkollektiv (bereinigt um Ausreißer) korrigiert um Faktor 1,10.

Fidas 200 E

Unter Verwendung eines Faktors von 0,92 wird das Kriterium der erweiterten Messunsicherheit für alle Datensätze eingehalten. Gegenüber dem Vorjahr bleibt die erweiterte Messunsicherheit auf ähnlichem Niveau, dies gilt auch für alle Anforderungen an die Steigung und den Achsenabschnitt. Die nachfolgende Tabelle und Abbildung zeigen die Resultate für das gesamte Datenkollektiv bereinigt um 43 Ausreißer. Dies entspricht einem Anteil von 0,87 % und erfüllt somit die festgelegten Kriterien. Für das Messgerät dieser Bauart ist zunächst keine weitere Anpassung des Faktors erforderlich, sodass er unverändert bei 0,92 bleibt.

Tabelle 8: PM_{2,5} Äquivalenzauswertung für die mit Fidas 200 E ausgerüsteten Stationen mit Verwendung eines Faktors von 0,92.⁵

Fidas 200 E mit Faktor 0,92	Dataset	Anzahl	Ausreißer	Orthogonal Regression				Limit Value of 30 µg/m ³	
				N	R ²	Slope (b) +/- u _b	Intercept (a) +/- u _a	W _{CM} / %	% > µg/m ³
Individual Datasets	BIEL	156	1	155	0,945	0,952 +/- 0,018	-0,597 +/- 0,223	16,04	14,2
	DDCS	523	10	513	0,912	1,006 +/- 0,013	-2,040 +/- 0,186	17,13	17,7
	DMD2	1077	6	1071	0,936	0,989 +/- 0,008	-0,627 +/- 0,095	11,48	12,8
	EIFE	528	1	527	0,892	0,966 +/- 0,014	0,209 +/- 0,103	9,54	3,2
	EVOG	1058	16	1042	0,924	0,999 +/- 0,009	-1,257 +/- 0,113	14,08	15,3
	STYR	518	8	510	0,940	1,031 +/- 0,011	-1,053 +/- 0,135	9,01	12,5
	WULA	1056	1	1055	0,917	1,012 +/- 0,009	-0,815 +/- 0,097	9,31	8,1
Combined Datasets	≥ 18 µg/m ³	505	20	485	0,885	0,976 +/- 0,015	-0,686 +/- 0,374	15,64	100,0
	All Data	4916	43 (0,87 %)	4873	0,924	0,981 +/- 0,004	-0,704 +/- 0,047	13,32	11,8

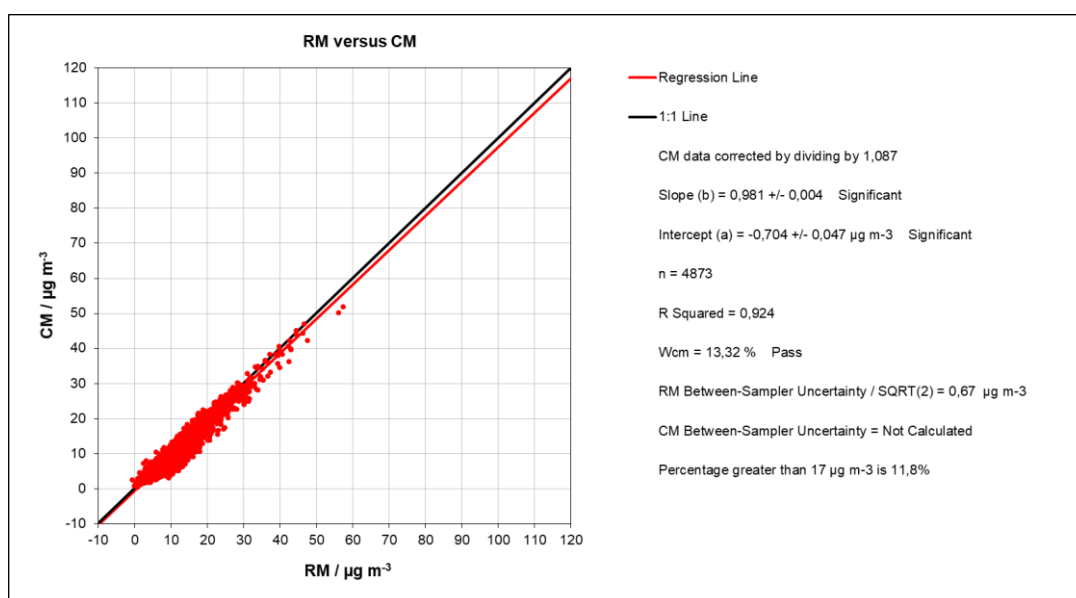


Abbildung 3: Orthogonale Regression Fidas 200 E PM_{2,5} gesamtes Datenkollektiv (bereinigt um Ausreißer) korrigiert um Faktor 0,92.

5

BIEL: seit 16.02.2022 Fidas 200 E
DDCS: seit 20.07.2021 Fidas 200 E

Anhang: Messstellenverzeichnis

Kürzel	Name	Klassifikation	EU-Code	PLZ	Ort	Straße	UTM_E32	UTM_N32
BIEL	Bielefeld-Ost	Hintergrund	DENW067	33607	Bielefeld	Herman-Delius-Straße / Ecke Bleichstraße	469011	5763710
BORG	Borken-Gemen	Hintergrund	DENW081	46325	Borken	Pumpenwerk, Lise-Meitner-Str. 4	353641	5747830
BOTT	Bottrop-Welheim	Industrie	DENW021	46238	Bottrop	Welheimer Straße (an der Schule)	359656	5710256
BUCH	Duisburg-Buchholz	Hintergrund	DENW040	47249	Duisburg	Böhmerstraße (an der Schule)	344341	5695043
CHOR	Köln-Chorweiler	Hintergrund	DENW053	50765	Köln	Fühlinger Weg	351630	5654105
DDCS	Düsseldorf Corneliusstraße	Verkehr	DENW082	40215	Düsseldorf	Corneliusstr. 71	345124	5675867
DMD2	Dortmund-Eving	Hintergrund	DENW008	44145	Dortmund	Burgweg	393014	5710660
DUB2	Duisburg-Bruckhausen	Industrie	DENW338	47169	Duisburg	Kaiser-Wilhelm-Str. / Ecke Kronstraße	342769	5706248
EIFE	Simmerath (Eifel)	Hintergrund	DENW064	52152	Simmerath	An der B399 ca. 6km von Simmerath	307805	5614792
ELAN	Essen-Schuir (LANUV)	Hintergrund	DENW247	45133	Essen	Wallneyer Str. 6 (Gelände des LANUV)	358505	5697033
EVOG	Essen-Vogelheim	Hintergrund	DENW024	45356	Essen	Ecke Hafenstraße/Wildstr.	359851	5706977
LOER	Düsseldorf-Lörick	Hintergrund	DENW071	40547	Düsseldorf	Zum Niederkassler Deich	341743	5679982
NIZI	Niederzier	Industrie	DENW074	52382	Niederzier	Treibbachstr. (am Feuerwehrgerätehaus)	321990	5639919
SOES	Soest-Ost	Hintergrund	DENW068	59494	Soest	Enkesen Weg	440954	5713633
STYR	Mülheim-Styrum	Hintergrund	DENW038	45476	Mülheim	Neustadtstraße (am Sportplatz)	351664	5702415
VACW	Aachen Wilhelmstraße	Verkehr	DENW207	52070	Aachen	Wilhelmstrasse 22/24	295236	5628617
VDUI	Duisburg Kardinal-Galen Straße	Verkehr	DENW112	47051	Duisburg	Kardinal-Gahlen Straße	345137	5700854
VKTU	Köln Turiner Straße	Verkehr	DENW212	50668	Köln	Turiner Straße 19	356533	5645947
VWEL	Wuppertal Gathe	Verkehr	DENW189	42107	Wuppertal	Gathe / Wilhelmstraße	370737	5680445
WALS	Duisburg-Walsum	Industrie	DENW034	47179	Duisburg	Sonnenstraße	343799	5710505
WULA	Wuppertal-Langerfeld	Hintergrund	DENW114	42389	Wuppertal	Am Buchenloh	376676	5682182