



LUFTQUALITÄTSÜBER- WACHUNG RHEINLAND- PFALZ

Festlegung der Korrekturfunktionen für die Parameter $PM_{2,5}$ und PM_{10} –

Vergleichsmessungen zwischen automatischen Messsystemen und dem

Referenzverfahren im Jahr 2022



Festlegung der Korrekturfunktionen für die Parameter $PM_{2,5}$ und PM_{10} für das Jahr 2022

Bearbeitung:

Stephan Georg Wilke

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 7
55116 Mainz

Abteilung 6: Umweltlabor

© 2023

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	6
2	Grundlagen für die Festlegung der Korrekturfunktionen	7
3	Vergleichsmessungen in 2022	8
4	Verfahren zur Bestimmung von Messunsicherheit und Bias durch Vergleichsmessung	9
4.1	Messunsicherheit	9
4.2	Systematische Abweichung (Bias)	9
5	Ergebnisse der Vergleichsmessungen	10
6	Beurteilung der Resultate aus den Vergleichsmessungen	11
7	Korrektur von Messdaten aus 2022	12
7.1	Messstationen mit Vergleichsmessung	12
7.2	Messstationen ohne Vergleichsmessung	13
7.3	Auswirkungen der Messdatenkorrekturen	15
8	Zusammenfassung	17
9	Literaturverzeichnis	18
10	Anhang	19
10.1	Darstellung der betrachteten Datenkollektive	19
10.2	Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM _{2,5} -Bestimmung	24
10.3	Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM ₁₀ -Bestimmung	25

ABKÜRZUNGEN

VM:	Vergleichsmessstation
ZIMEN:	Zentrales Immissionsmessnetz
LfU:	Landesamt für Umwelt des Landes Rheinland-Pfalz
RM:	Referenzmethode/ Referenzmessverfahren
CM:	Kandidatenmethode/ Äquivalenzmessverfahren (hier SHARP5030 bzw. APDA372)
PM _x :	Zusammenfassend für PM10 und PM2,5
GDE:	„Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“ [1]
iLab:	Immissionslabor des Landesamtes für Umwelt des Landes Rheinland-Pfalz
JMW:	Jahresmittelwert

1 EINLEITUNG

Im Rahmen der Luftqualitätsüberwachung in Rheinland-Pfalz werden im Zentralen Immissionsmessnetz des Landes Rheinland-Pfalz (ZIMEN) zur Bestimmung der PM_{2,5}- und PM₁₀-Belastung der Luft flächendeckend kontinuierliche automatische Messverfahren eingesetzt, um nach Vorgabe der 39. BImSchV eine zeitnahe Berichterstattung zu ermöglichen. Diese Messverfahren ermöglichen eine sofortige Meldung bzw. Kommunikation von ortsbezogenen Messergebnissen. Bei derartigen Äquivalenzverfahren (CM) können Abweichungen zum gravimetrischen Referenzverfahren (RM) auftreten, weshalb eine nachträgliche Kalibrierung von Tagesmittelwerten mit Bezug auf das RM notwendig werden kann. Daher werden an ausgewählten Messstationen (Vergleichsmessstationen (VM)) kontinuierliche Äquivalenz- und Referenzprobenahmegeräte parallel betrieben. Aus diesen Vergleichsmessungen werden Messunsicherheiten und systematische Abweichungen (Bias) für die kontinuierlichen Messgeräte und ggf. Korrekturfunktionen berechnet, mit denen – sofern notwendig - Messdaten nachträglich korrigiert werden. Das angewandte Prozedere zur Beurteilung von Vergleichsmessungen, Anwendung von Korrekturfunktionen und deren Projektion auf Messstationen ohne Parallelmessung ist in diesem Bericht beschrieben.

2 GRUNDLAGEN FÜR DIE FESTLEGUNG DER KORREKTURFUNKTIONEN

Die Äquivalenzprüfung bzw. die Festlegung der Korrekturfunktionen erfolgte auf Basis folgender normativer Grundlagen:

- Das Immissionslabor (iLab) des Landesamtes für Umwelt in Rheinland-Pfalz (LfU) nimmt regelmäßig an bundesweiten Ringversuchen teil, welche durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) angeboten und geleitet werden. Das iLab hat zuletzt im Jahr 2020 erfolgreich an einem solchen Ringversuch über die Parameter PM_{2,5} und PM₁₀ teilgenommen (Zertifikate siehe Anhang 10.2 und 10.3).
- Die Äquivalenz der im ZIMEN eingesetzten automatischen Messverfahren ist für beide im Einsatz befindlichen Messgerätetypen (SHARP5030 und APDA372) u.a. durch das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim bzw. durch den TÜV Rheinland™ nachgewiesen worden. Siehe dazu Quellen [2], [3] für SHARP5030 und [4], [5] und [6] für APDA372.
- Im Rahmen des Referenzmessverfahrens werden Staubsammler mit anschließender gravimetrischer Staubmassenbestimmung verwendet. Zur Differenzierung zwischen den PM_{2,5}- und PM₁₀-Fraktionen werden bei der Probenahme unterschiedliche fraktionierende Vorabscheider eingesetzt.
- Es werden mit dem gravimetrischen Referenzverfahren ausschließlich Tagesmittelwerte (Probenahmedauer 24 Stunden) erzeugt. Somit müssen zum Vergleich mit dem Referenzverfahren kontinuierlich erfasste Messwerte (HMW – Halbstundenmittelwerte) der automatischen Verfahren über 24 Stunden eines Tages gemittelt werden.
- Anforderungen zum Nachweis der Äquivalenz sind in DIN EN 12341 (für PM₁₀ und PM_{2,5}), der DIN EN 16450 sowie in dem „Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“ festgelegt.
- Die Berechnung der systematischen Abweichung (Bias) in Bezug auf das Referenzverfahren durch Vergleichsmessung ist in der DIN EN ISO 20988 Anhang B.7 beschrieben.

3 VERGLEICHSMESSUNGEN IN 2022

Für das Jahr 2022 wurden Messergebnisse von Geräten der Typen SHARP5030 (Thermo Fisher Scientific) und APDA372 (Horiba/Palاس) einerseits mit den entsprechenden Messergebnissen von parallel dazu betriebenen Referenzsammlern des Typs SEQ 47/50 (Leckel) verglichen. Letztgenanntes Gerät ist ein „PM_x-Low-Volume-Sampler“ und arbeitet nach der Standardreferenzmethode (Gravimetrie) für PM_x-Messungen. Bei der Durchführung dieser gravimetrischen PM_x-Messungen kamen Quarzfaserfilter zum Einsatz, die jeweils vor und nach der Probenahme 48 Stunden äquilibriert wurden. Der gesamte Prozess des Erzielens von gravimetrischen Messwerten für PM₁₀ und PM_{2,5} wird gemäß DIN EN 12341 durchgeführt. In Tabelle 1 sind alle Messstationen, an denen in 2022 Vergleichsmessungen durchgeführt wurden, sortiert nach Messparameter, zusammen mit der jeweiligen Stationskategorie und der Frequenz der Probenahmen für die Gravimetrie dargestellt.

Parameter	Messstation	EU-Code	Kategorie	Automatisches Messgerät	Frequenz Gravimetrie
PM₁₀	Mainz Zitadelle	DERP009	städt. Hintergrund	SHARP5030, APDA372	täglich
	Mainz Parcussstraße	DERP010	Verkehr	SHARP5030	jeden zweiten Tag
	Worms Hagenstraße	DERP023	Verkehr	SHARP5030	jeden zweiten Tag
	Ludwigshafen Heinigstraße	DERP041	Verkehr	APDA372	täglich
	Koblenz Hohenfelder Straße	DERP045	Verkehr	SHARP5030	täglich
PM_{2,5}	Mainz Zitadelle	DERP009	städt. Hintergrund	SHARP5030, APDA372	täglich
	Pfälzerwald-Hortenkopf	DERP017	Hintergrund	SHARP5030, APDA372	jeden zweiten Tag

Tabelle 1: Zusammenstellung Vergleichsmessstationen

4 VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG VON MESSUNGSICHERHEIT UND BIAS DURCH VERGLEICHSMESSUNG

4.1 Messunsicherheit

Die Bestimmung der relativen erweiterten Messunsicherheit W_{CM} für automatische PM_x-Geräte wurde gemäß dem „Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“ [1] (GDE) durchgeführt. An dieser Stelle wird das angewandte Verfahren nur grob umrissen. Für eine detaillierte mathematische Beschreibung der Rechenschritte wird auf den GDE (s.o.) verwiesen.

Gemäß GDE wurden für jede Vergleichsmessung die Tagesmittelwerte für 2022 der RM gegen die der CM aufgetragen. Somit wurde ein Datenkollektiv erhalten mit n Wertepaaren. Anhand dieser Auftragsungen wurde auf Ausreißer geprüft und diese - sofern sicher durch Einflüsse bedingt, die nicht von den Messeinrichtungen ausgehen - aus dem Datenkollektiv entfernt.

Danach wurde mit der Zuordnung der Werte $y_i(RM) \rightarrow y_i(CM)$ eine Orthogonalregression durchgeführt. Daraus wird eine Steigung b und ein Achsenabschnitt a erhalten. Über a , b und der „between-sampler uncertainty“ der RM (iLab: $u_{RM} = 0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wird aus dem Datenkollektiv der jeweiligen Vergleichsmessung gemäß Gleichung (9.5) bis (9.9) GDE die erweiterte relative Messunsicherheit W_{CM} für das jeweilige Kandidaten-Gerät berechnet. Diese Rechenoperationen wurden mit einem speziell dafür entwickelten Excel-Tool [7] durchgeführt.

4.2 Systematische Abweichung (Bias)

Es wurden je für RM und CM an jeder VM die Jahresmittelwerte (JMW) für 2022 gebildet. Aus diesen JMW wurde der DIN EN ISO 20988:2007 Anh. B.7 entsprechend die systematische Abweichung (Bias) $u_B(y)$ der kontinuierlichen PM_x-Messgeräte (CM) relativ zur parallelen gravimetrischen Messung (RM) nach Gl. 1 ermittelt.

$$u_B(y) = JMW_{CM} - JMW_{RM}$$

Gl. 1

5 ERGEBNISSE DER VERGLEICHSMESSUNGEN

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Vergleichsmessungen für die einzelnen Geräte dargestellt. Zusätzlich ist der mit dem angeführten Gerät ermittelte Jahresmittelwert zusammen mit der Anzahl *n* an Wertepaaren pro Vergleich angegeben. Die zeitliche Abdeckung aller Datenkollektive erstreckt sich stets über das ganze Jahr 2022. Die deutlichen Unterschiede bei der Größe (*n*) der Datenkollektive rührt daher, dass nicht an jeder VM täglich eine RM-Probenahme für die Gravimetrie durchgeführt wird. Siehe auch Tabelle 1.

Gerät	Messort	Parameter	n	Jahresmittelwert [µg/m ³]	u _B (y) [µg/m ³ **)	W _{CM} [%] *)	Datenkorrektur notwendig
APDA	MZ-Zitadelle	PM _{2,5}	332	10,3	0,4	13,2	Nein
SHARP	MZ-Zitadelle	PM _{2,5}	322	9,8	-0,1	16,0	Nein
SHARP	Hortenkopf	PM _{2,5}	166	5,8	-0,1	14,1	Nein
APDA	Hortenkopf	PM _{2,5}	167	7,4	1,5	50,9	Ja
APDA	MZ-Zitadelle	PM ₁₀	333	15,8	-1,1	10,1	Ja
SHARP	MZ-Zitadelle	PM ₁₀	333	16,8	-0,1	11,6	Nein
APDA	LU-Heinigstraße	PM ₁₀	322	17,6	-2,7	14,6	Ja
SHARP	KO-Hohenfelder Straße	PM ₁₀	315	16,8	0,0	19,5	Nein
SHARP	MZ-Parcusstraße	PM ₁₀	176	18,4	-0,2	25,5	Ja
SHARP	WO-Hagenstraße	PM ₁₀	179	20,2	2,1	35,9	Ja

Tabelle 2: Ergebnisse der Messunsicherheits- und Biasberechnung aus Vergleichsmessungen für 2022

- *) : Datenkollektive, die eine Relative Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM} > 25\%$ (39. BImSchV Anlage1) aufweisen müssen korrigiert werden.
- **) : Datenkollektive, die eine systematische Abweichung $u_B(y)$ (Bias) gegenüber der $RM > 0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entspricht der einfachen Standardunsicherheit u_{RM} des Referenzverfahrens im LfU) haben, werden korrigiert.

6 BEURTEILUNG DER RESULTATE AUS DEN VERGLEICHSMESSUNGEN

Wie in Tabelle 2 verdeutlicht müssen für insgesamt 5 Messgeräte die Messdatenreihen für das Jahr 2022 korrigiert werden. Dabei lassen sich 3 Fälle unterscheiden:

Fall 1) Messunsicherheit W_{CM} und Bias sind zu hoch.

Das betrifft:

- APDA Hortenkopf (PM_{2,5})
- SHARP Worms Hagenstraße (PM₁₀)

Maßnahme: Korrektur über Parameter (Steigung und Achsenabschnitt) der Orthogonalregression.

Fall 2) Messunsicherheit W_{CM} zu hoch, Bias in Ordnung.

Das betrifft:

- SHARP Mainz Parcusstraße (PM₁₀)

Maßnahme: Korrektur über Parameter (Steigung und Achsenabschnitt) der Orthogonalregression.

Fall 3) Messunsicherheit W_{CM} in Ordnung, Bias zu hoch.

Das betrifft:

- APDA Ludwigshafen Heinigstraße (PM₁₀)
- APDA Mainz Zitadelle (PM₁₀)

Maßnahme: Korrektur durch Subtraktion des Bias.

Alle anderen Vergleiche ergeben ein W_{CM} kleiner 25% und einen Bias kleiner/gleich $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Somit ergibt sich aus diesen Vergleichen nach der 39. BImSchV kein weiterer Handlungsbedarf.

7 KORREKTUR VON MESSDATEN AUS 2022

7.1 Messstationen mit Vergleichsmessung

Bei der hier angewandten Korrektur von Messdaten für die Fälle 1 und 2 (s.o.) handelt es sich um eine sog. nachträgliche Datenkalibrierung. Dabei werden die CM-Messwerte y_i entweder nur durch Division durch die Regressionssteigung b (Gl. 2) oder – sofern notwendig – vorher noch durch Subtraktion des Achsenabschnitts a (Gl. 3) in korrigierte CM-Werte $y_{i,\text{kor}}$ umgerechnet.

$$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i}{b}$$

Gl. 2

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

Gl. 3

Bei Datenkollektiven, für die der Fall 3 (s.o.) gilt, werden die CM-Werte y_i lediglich durch Subtraktion des Bias $u_B(y)$ (siehe 4.2) korrigiert.

$$y_{i,\text{kor}} = y_i - u_B(y)$$

Gl. 4

In Tabelle 3 sind den Datenkollektiven ihre jeweiligen expliziten Korrekturgleichungen zugeordnet.

Datenkollektiv	Korrekturgleichung
Hortenkopf; PM2.5; APDA	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i}{1,246}$
LU-Heinigstr.; PM10; APDA	$y_{i,\text{kor}} = y_i + 2,7$
MZ-Parcusstraße PM10 SHARP	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i + 3,3}{1,176}$
MZ-Zitadelle; PM10; APDA	$y_{i,\text{kor}} = y_i + 1,1$
WO-Hagenstraße; PM10; SHARP	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i + 1,1}{1,181}$

Tabelle 3: Korrekturgleichungen für VM

Die nach den in Tabelle 3 dargestellten Gleichungen korrigierten CM-Werte werden erneut gegen die zugehörigen RM-Werte aufgetragen und so W_{CM} und der Bias neu berechnet. Dieses neue Ergebnis für W_{CM} inkludiert auch die Unsicherheit der Ergebnisse für die Regressionsparameter a und b im ersten Schritt. In Tabelle 4 sind die auf diese Weise korrigierten Ergebnisse für W_{CM} und Bias aufgelistet.

Datenkollektiv	Rohdaten		Nach Korrektur	
	W _{CM} [%]	Bias [µg/m ³]	W _{CM} [%]	Bias [µg/m ³]
Hortenkopf PM2.5 APDA 2022	50,9	1,5	12,5	0,0
LU-Heinigstr. PM10 APDA 2022	14,6	-2,7	9,7	0,0
MZ-Parcusstraße PM10 SHARP 2022	25,5	-0,2	13,1	-0,1
MZ-Zitadelle PM10 APDA 2022	10,1	-1,1	12,8	0,0
WO-Hagenstraße PM10 SHARP 2022	35,9	2,1	16,0	-0,1

Tabelle 4: Nachträgliche Datenkalibrierung von Messdaten für 2022

Wie zu erwarten war liegen für die korrigierten Datenkollektive die Relativen Erweiterten Messunsicherheiten niedriger als 25% und die systematischen Abweichungen sind aufgehoben.

7.2 Messstationen ohne Vergleichsmessung

Die auf die beschriebene Weise erzielte Qualitätskontrolle und –sicherung für die Vergleichsmessstationen soll nun auf die Messstationen des gesamten ZIMEN Rheinland-Pfalz angewendet werden. Da im Jahr 2022 nur an 6 von 26 Messstationen Vergleichsmessungen für PM_x durchgeführt wurden, werden an dieser Stelle vereinfachende Annahmen getroffen. Geräte des Typs APDA372 werden hier nicht betrachtet, da über die Vergleichsmessstationen hinaus keine dieser Geräte im Messnetz eingesetzt werden.

Alle anderen automatischen kontinuierlichen PM_x-Messgeräte, deren Datenkollektive nachträglich korrigiert werden müssen, sind SHARP5030-Geräte bei PM₁₀-Messungen (siehe Tabelle 2), nämlich die Stationen MZ-Parcusstraße und WO-Hagenstraße.

An dieser Stelle werden nun folgende Annahmen getroffen:

- 1) SHARP5030-Geräte verhalten sich bei vergleichbarem Belastungsniveau in Bezug auf Messunsicherheit und Bias gleich.
- 2) Ein SHARP5030-Gerät *i* befindet sich in einem vergleichbaren Belastungsniveau wie ein baugleiches Gerät einer VM, wenn dessen Jahresmittelwert JMW_i nach Gl. 5 innerhalb des folgenden Toleranzintervalls liegt:

$$JMW_i \in [JMW_{VM} \mp u_{RM}] \text{ dies entspricht:}$$

$$\left(JMW_{VM} - 0,55 \frac{\mu g}{m^3} \right) \leq JMW_i \leq \left(JMW_{VM} + 0,55 \frac{\mu g}{m^3} \right).$$

Gl. 5

- 3) Korrekturfunktionen für SHARP-Geräte in VM können auf andere baugleiche Geräte übertragen werden, wenn diese einem (nach Ann. 2)) vergleichbaren Belastungsniveau ausgesetzt sind.

In Tabelle 5 sind die JMW_{VM} zusammen mit den nach Annahme 2) und Gl. 5 berechneten Toleranzintervallen für die beiden korrigierten SHARP-Datensätze aus VM dargestellt:

VM	MZ-Parcusstraße	WO-Hagenstraße
Jahresmittelwert PM ₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18,4	20,2
Toleranzintervall [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[17,9 ; 19,0]	[19,7 ; 20,8]

Tabelle 5: PM₁₀-Jahresmittelwerte 2021 mit SHARP-Geräten von Vergleichsmessungen mit Korrekturbedarf

Wendet man die Annahmen 1) bis 3) auf alle im Messnetz eingesetzten SHARP5030-Geräte ohne parallele Referenzmessung an, dann ergibt sich, dass zwei weitere Messreihen für 2022 korrigiert werden müssten, weil deren Jahresmittelwerte innerhalb der Toleranzintervalle aus Tabelle 5 liegen. In Tabelle 6 sind diese Datenkollektive zusammen mit den auf sie anzuwendenden Korrekturgleichungen dargestellt.

Datenkollektiv	Jahresmittelwert PM10 [µg/m ³] (unkorrigiert)	Korrekturgleichung	Übertragen von
LU-Mundenheim PM10 SHARP	19,7	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i + 1,1}{1,181}$	WO-Hagenstraße
Neuwied-Herрманstr. PM10 SHARP	18,6	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i + 3,3}{1,176}$	MZ-Parcusstraße

Tabelle 6: Korrekturgleichungen für Messtationen ohne Vergleich mit Referenz

7.3 Auswirkungen der Messdatenkorrekturen

Die gemäß den vorangehenden Ausführungen vollzogenen Datenkorrekturen können Auswirkungen auf die Anzahl der Tage mit Tagesgrenzwertüberschreitung für PM₁₀ haben. Im Falle von PM₁₀ liegt dieser Tagesgrenzwert gemäß der 39. BImSchV bei 50 µg/m³. Für PM_{2,5} wird dort kein Tagesgrenzwert ausgewiesen, daher wird hier (Fall Hortenkopf) auf den künstlichen Ersatzgrenzwert von 30 µg/m³ zurückgegriffen (gemäß DIN EN 12341 Kap. 9.3.4; 2022). Somit stellt der in Diagramm 1 angezeigte Überschreitungstag für die Messstation Hortenkopf keine Grenzwertüberschreitung im Sinne der 39. BImSchV dar.

Insgesamt zeigt Diagramm 1, dass sich durch die vorgenommenen Datenkorrekturen die Zahl der Tage mit Grenzwertüberschreitung (inkl. Hortenkopf s.o.) an den meisten Messstationen um 1-2 Tage verändert. Eine Ausnahme bildet dabei die Hagenstraße in Worms. Dort verringert sich durch die Datenkorrektur die Zahl der Überschreitungstage um 6 Tage auf insgesamt 0 Überschreitungstage. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dort alle Überschreitungen vor Datenkorrektur sehr nahe am Grenzwert liegen.

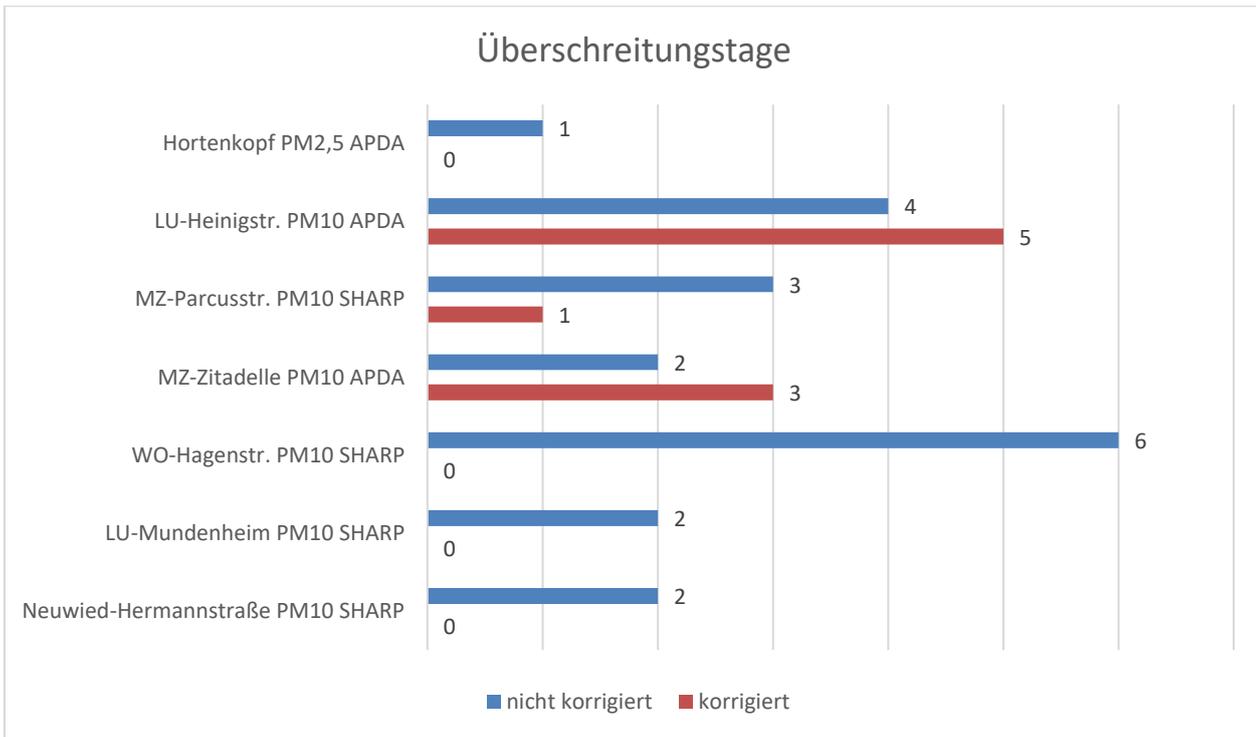


Diagramm 1: Auswirkung der Datenkorrekturen auf die Zahl der Tage mit Tagesgrenzwertüberschreitung im Jahr 2022

Durch die vorgenommenen Datenkorrekturen ergeben sich in Bezug auf die Jahresmittelwerte Veränderungen von bis zu 2,7 µg/m³ (Fall LU-Heinigstraße). Dies entspricht der Größenordnung der mitunter gefundenen systematischen Abweichungen (siehe Kap. 5).

In Diagramm 2 sind für das jeweilige Datenkollektiv die Jahresmittelwerte auf Basis von korrigierten und nicht korrigierten Tagesmittelwerten dargestellt.

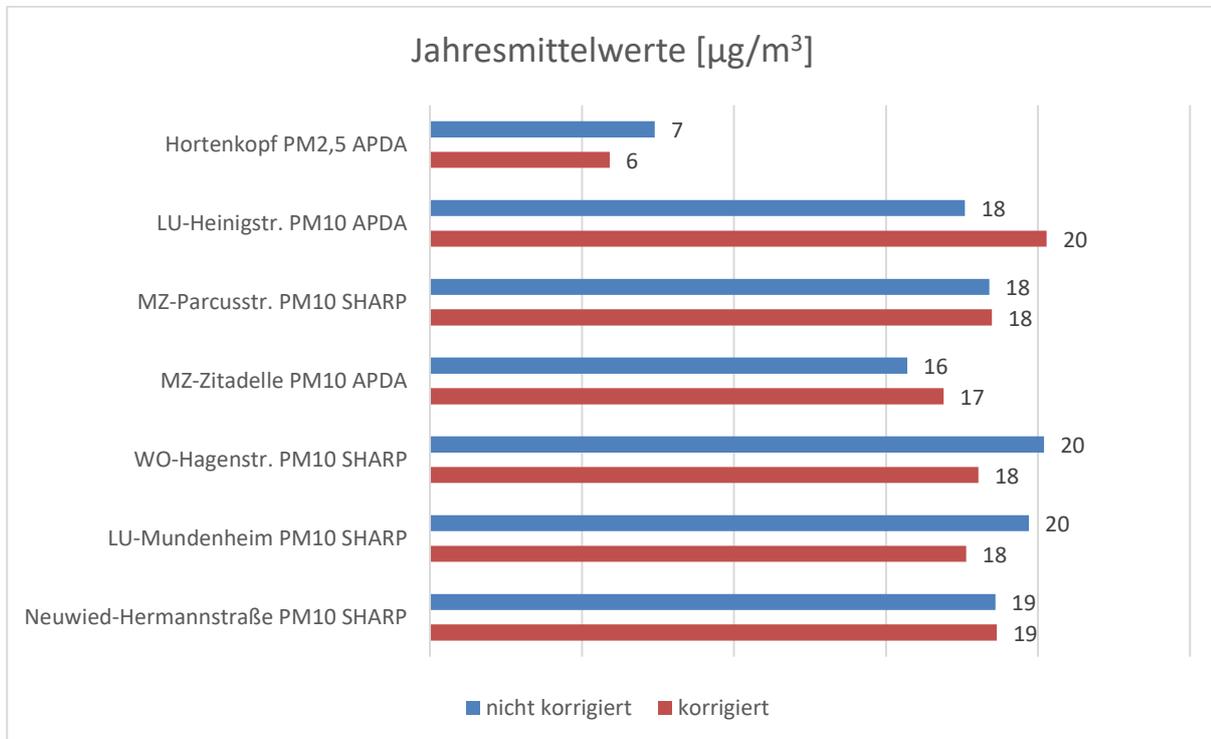


Diagramm 2: Auswirkung der Datenkorrekturen auf Jahresmittelwerte für das Jahr 2022

8 ZUSAMMENFASSUNG

Die PM_x-Vergleichsmessungen 2022 im ZIMEN Rheinland-Pfalz haben ergeben, dass bei drei von zehn Vergleichen mit der Referenzmethode das Datenqualitätsziel der Relativen Erweiterten Messunsicherheit von maximal 25% nicht erreicht wurde. Diese Datenkollektive für 2022 werden nachträglich mit einer individuellen Korrekturgleichung korrigiert, deren Parameter über Orthogonalregression der Vergleichsmesswerte generiert wurden (siehe 7.1). Zusätzlich dazu werden 2 Datenkollektive des Jahres 2022 korrigiert, deren Rohdaten zuvor eine Relative Erweiterte Messunsicherheit kleiner 25% ergeben haben, jedoch eine relevante systematische Abweichung aufzeigten.

Über eine reproduzierbare Einstufung in vergleichbare Belastungsniveaus (siehe 7.2) werden (für VM erstellte) Korrekturfunktionen auf Messwerte des Jahres 2022 auch auf 2 Messstationen ohne Vergleichsmessung angewandt.

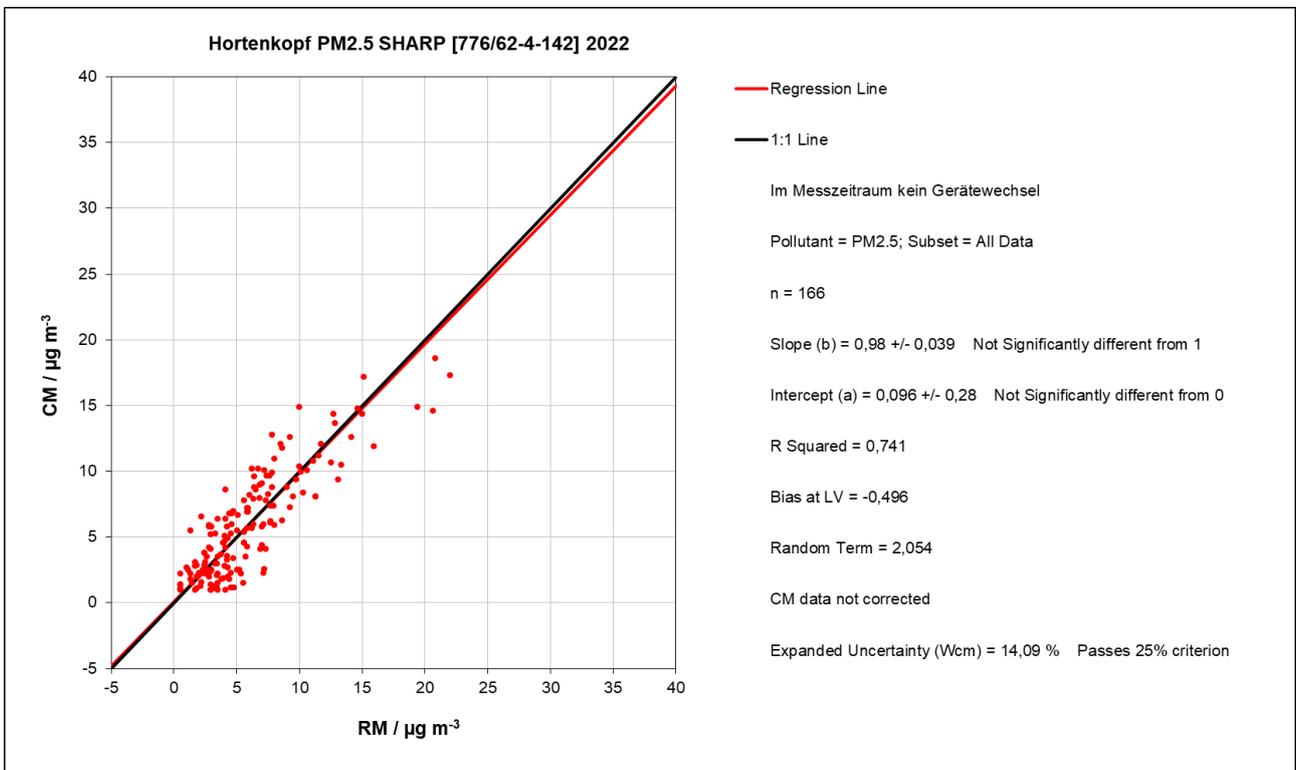
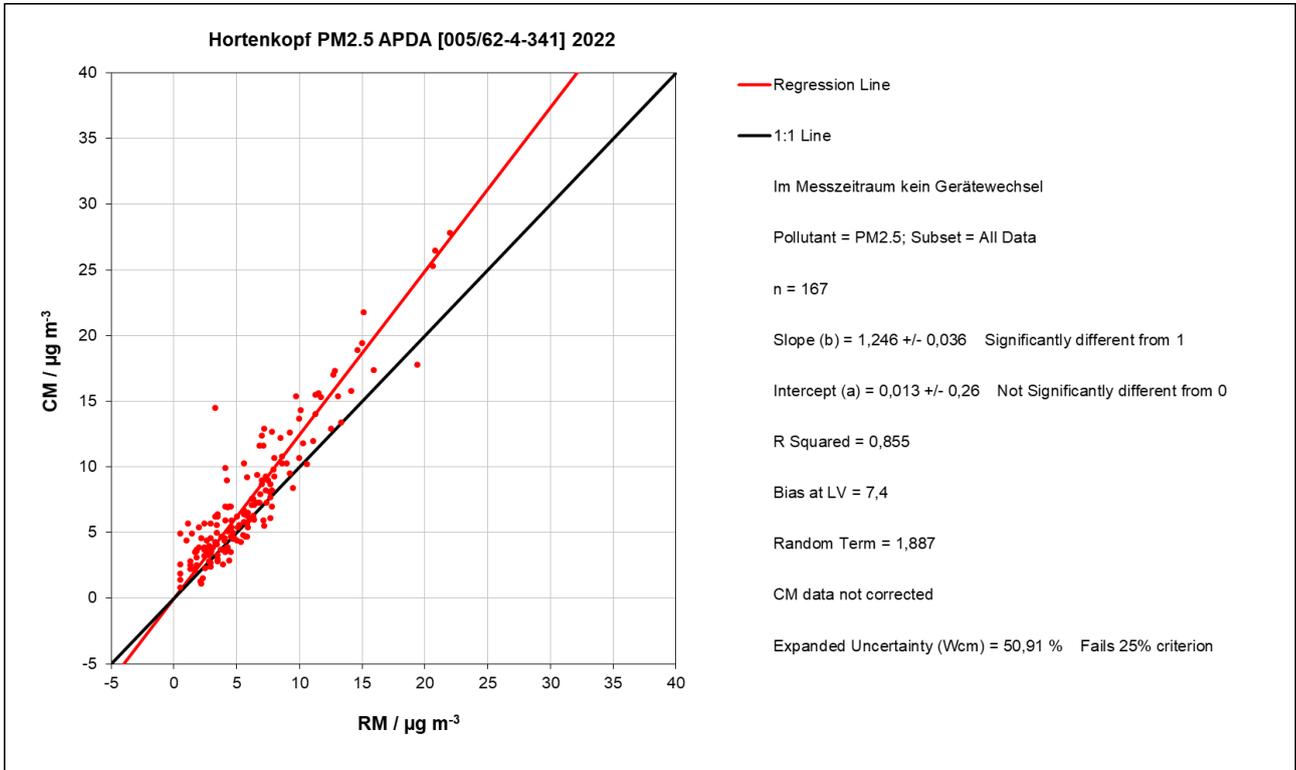
Nach Anwendung der Korrekturfunktionen auf die hier aufgeführten Messdatenkollektive aus Vergleichsmessstationen, erfüllen diese jeweils das Datenqualitätsziel.

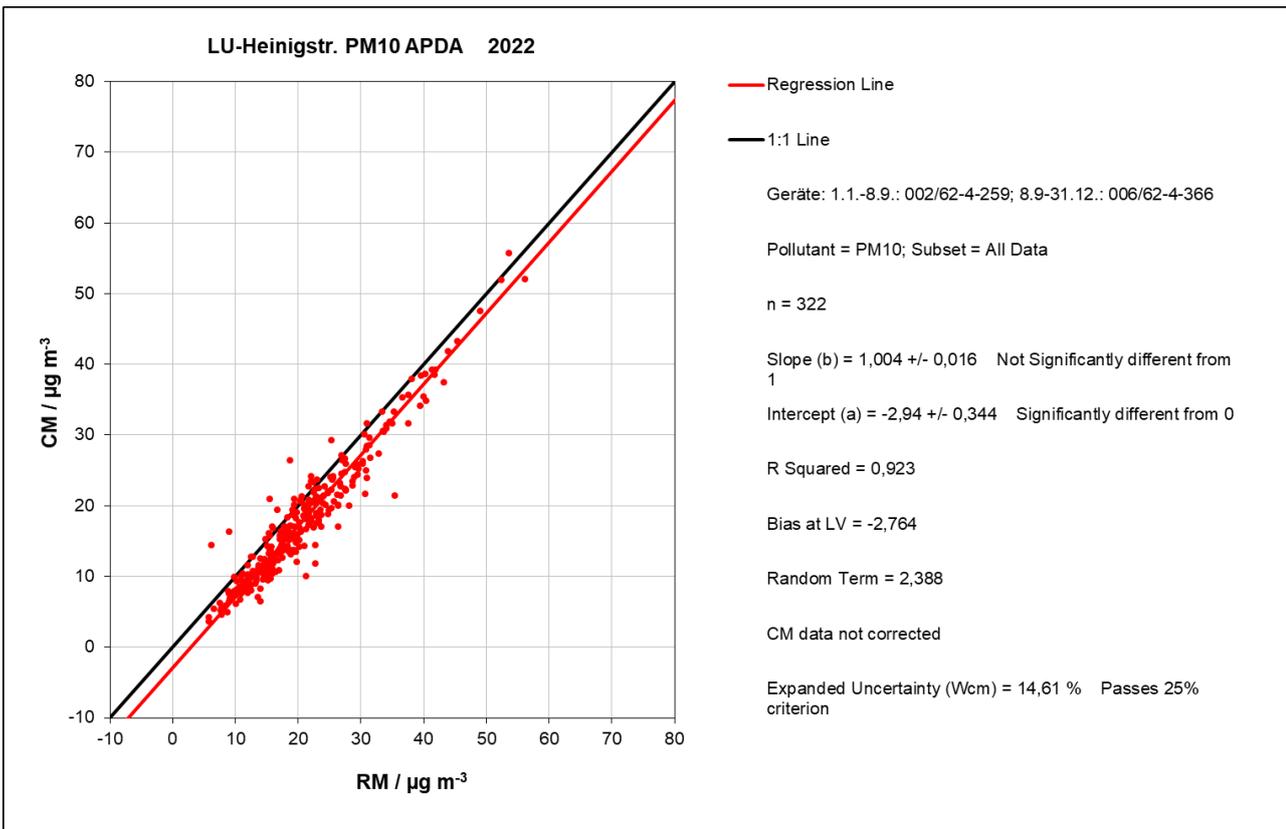
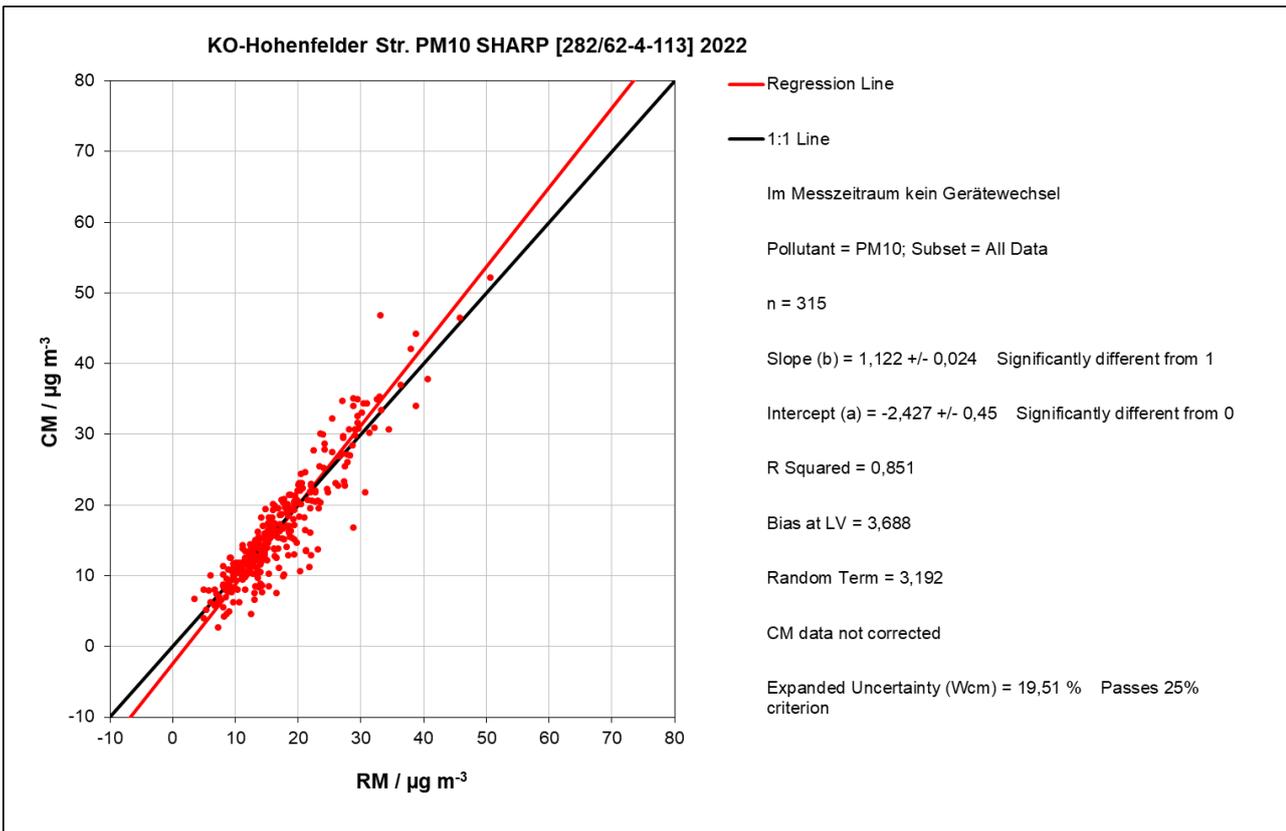
9 LITERATURVERZEICHNIS

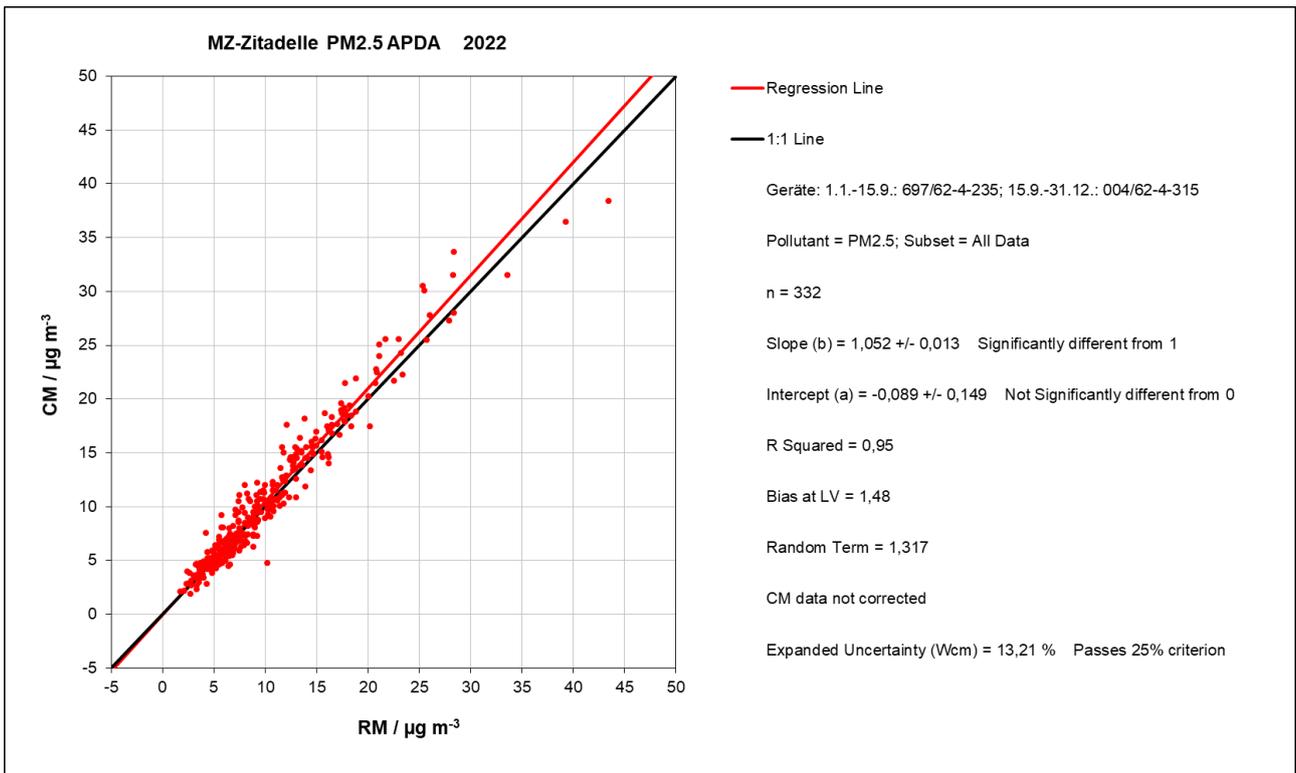
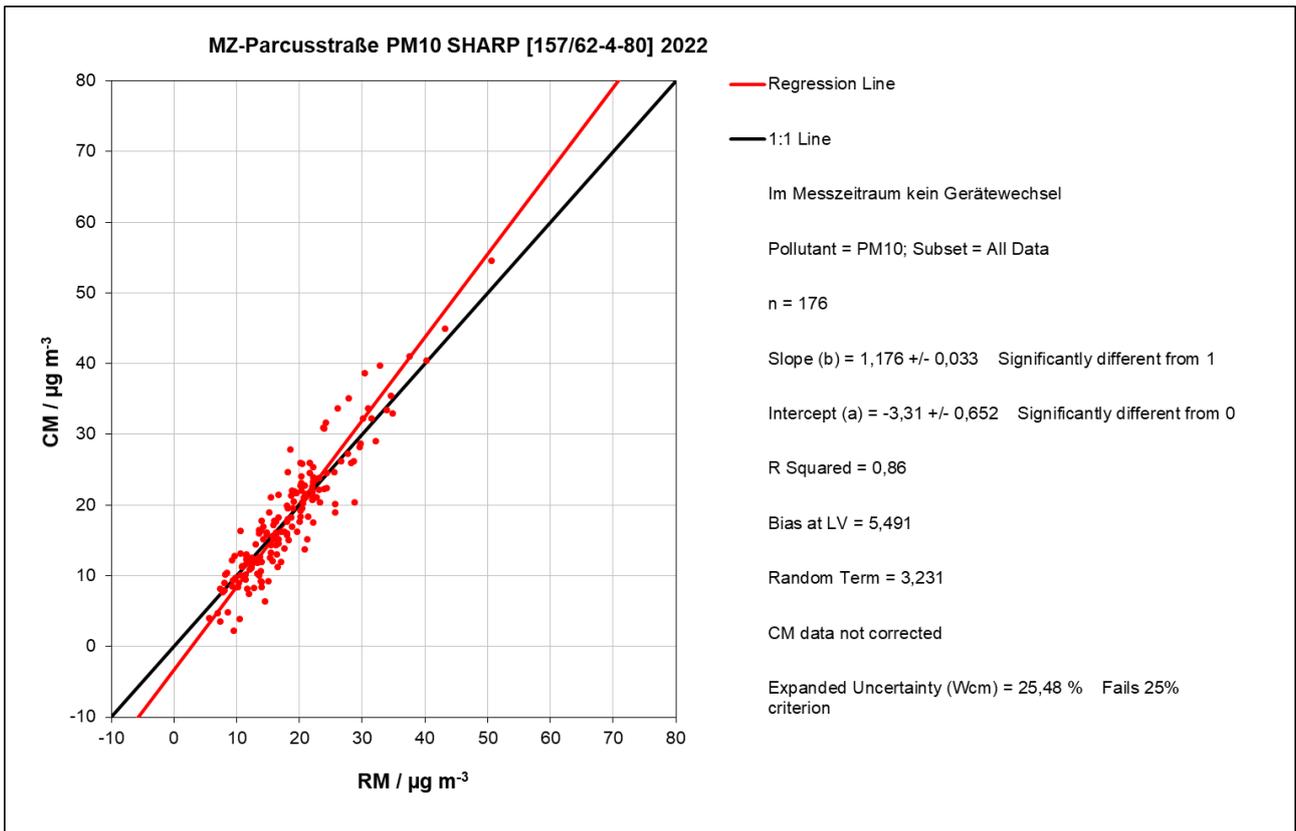
- [1] Europäische Union, „Test Programme 3 - Methods for Particulate Matter,“ in *Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods*, Brüssel, 2010, pp. 55-66.
- [2] Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Nachweis der Äquivalenz für automatische PM10-Messungen mit dem Staubmessgerät (SHARP 5030), Hildesheim, 2014.
- [3] Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Nachweis der Äquivalenz für automatische PM2,5-Messungen mit Nephelometern (SHARP 5030), Hildesheim, 2010.
- [4] TÜV Rheinland, Zertifikatsnr.: 0000043107, Köln, 2015.
- [5] TÜV Rheinland, Zertifikatsnr.: 0000043107_01, Köln, 2016.
- [6] TÜV Rheinland, Zertifikatsnr.: 0000043107_02, Köln, 2019.
- [7] D. Harrison, *david.harrison@bureauveritas.com*, Bureau Veritas UK, 2020.

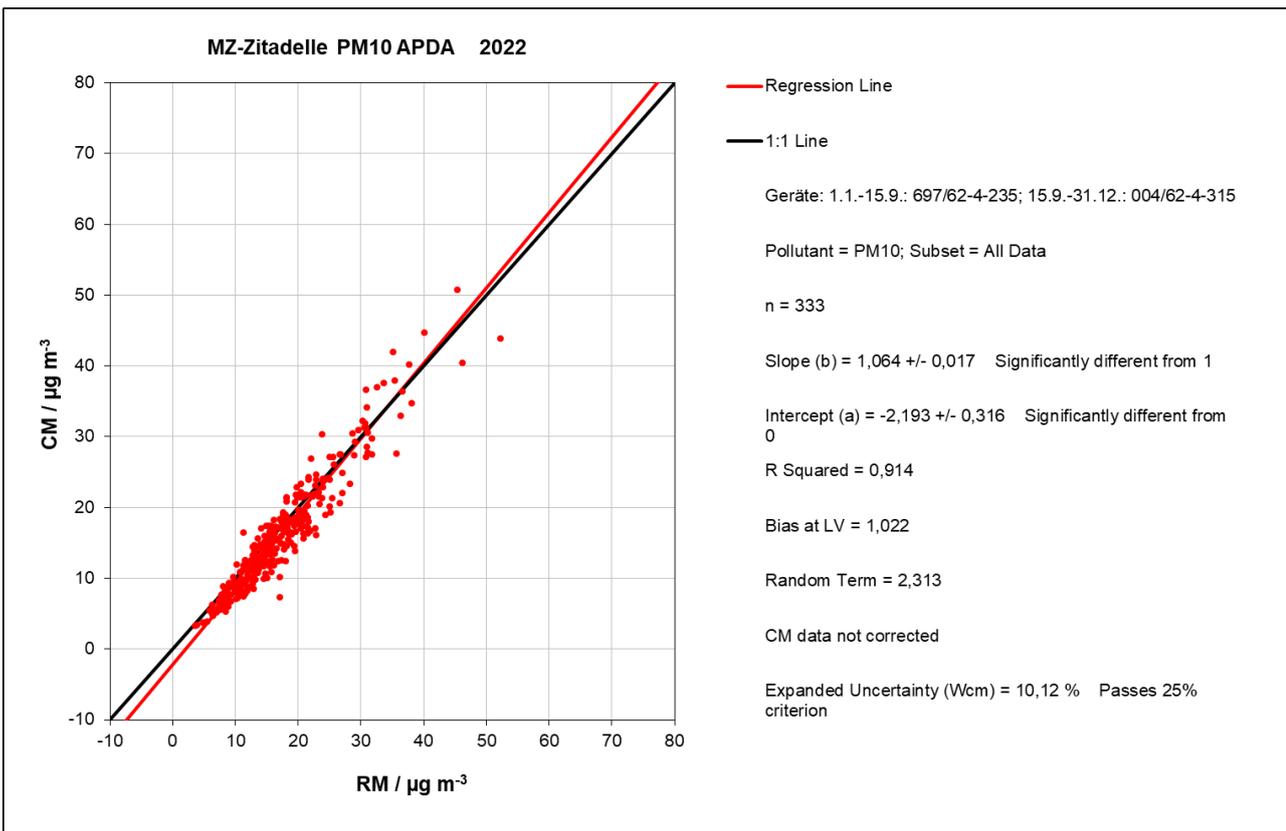
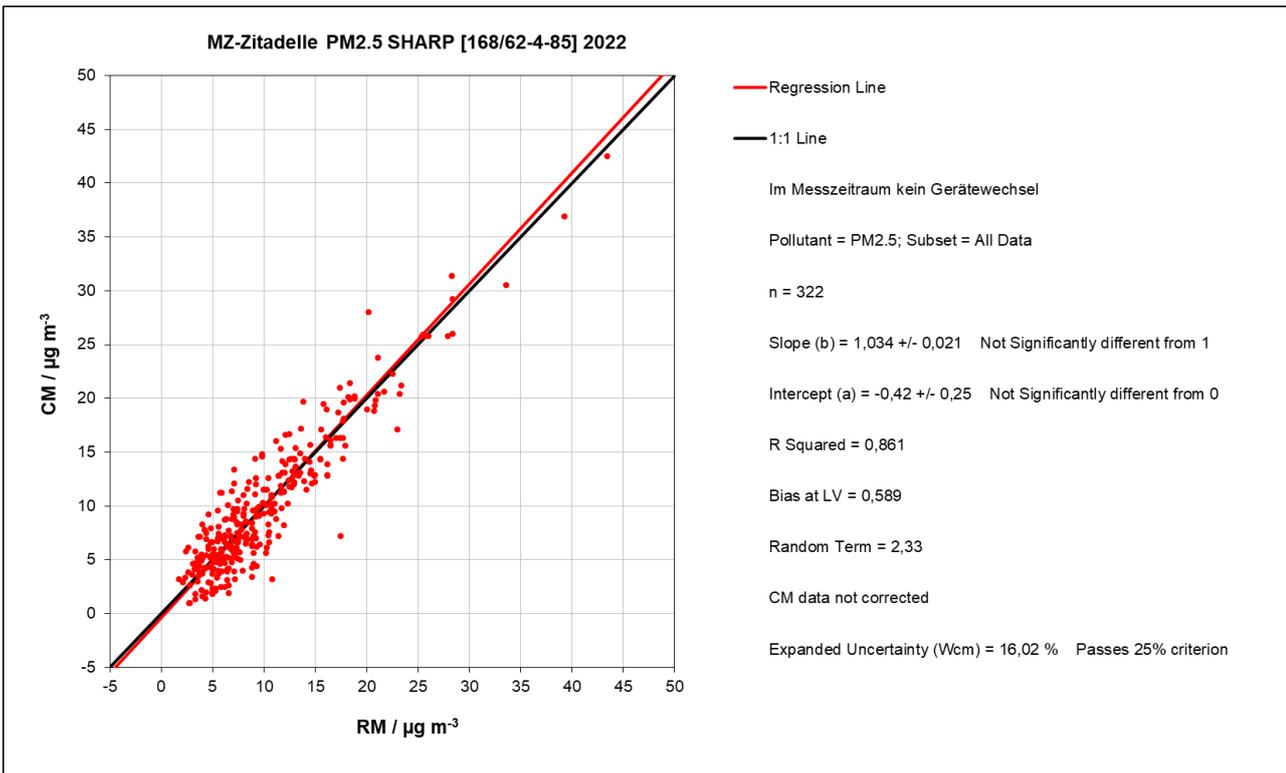
10 ANHANG

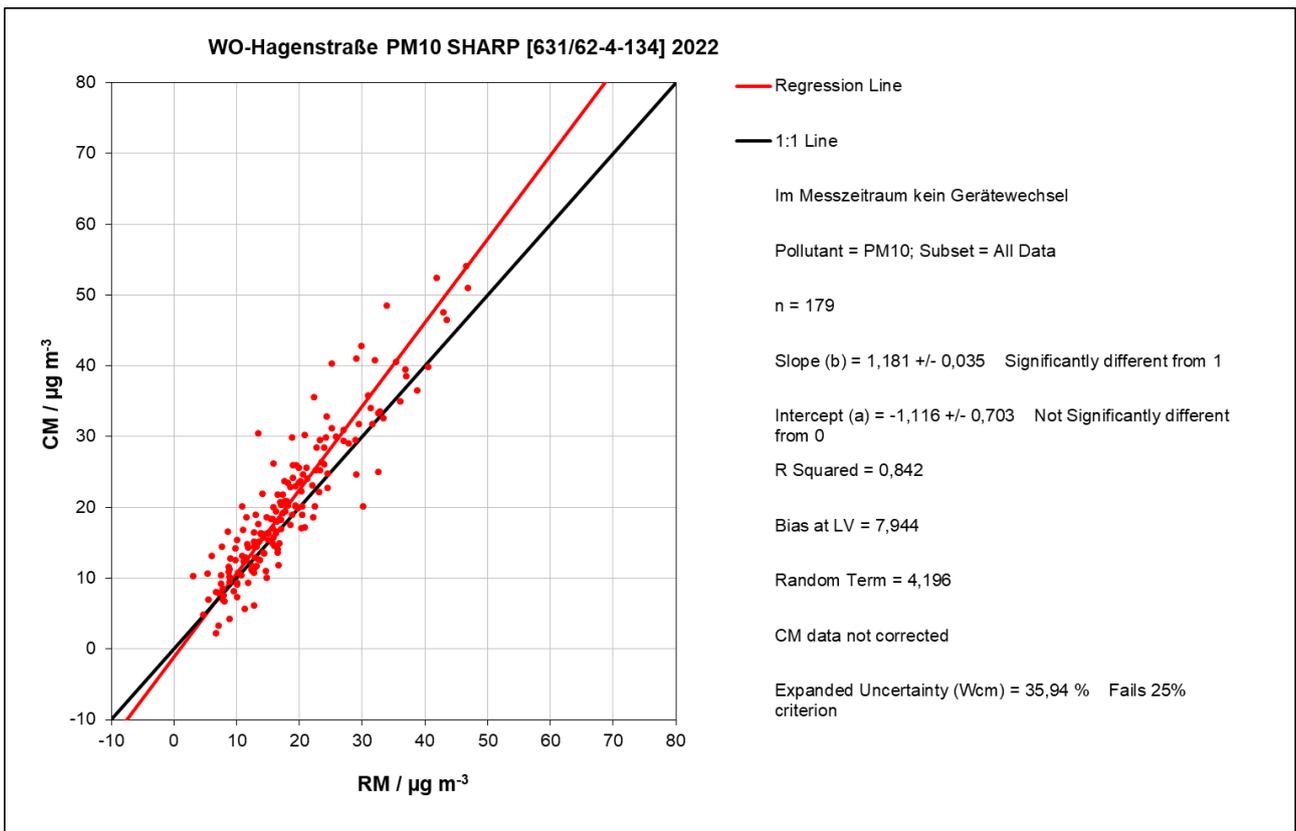
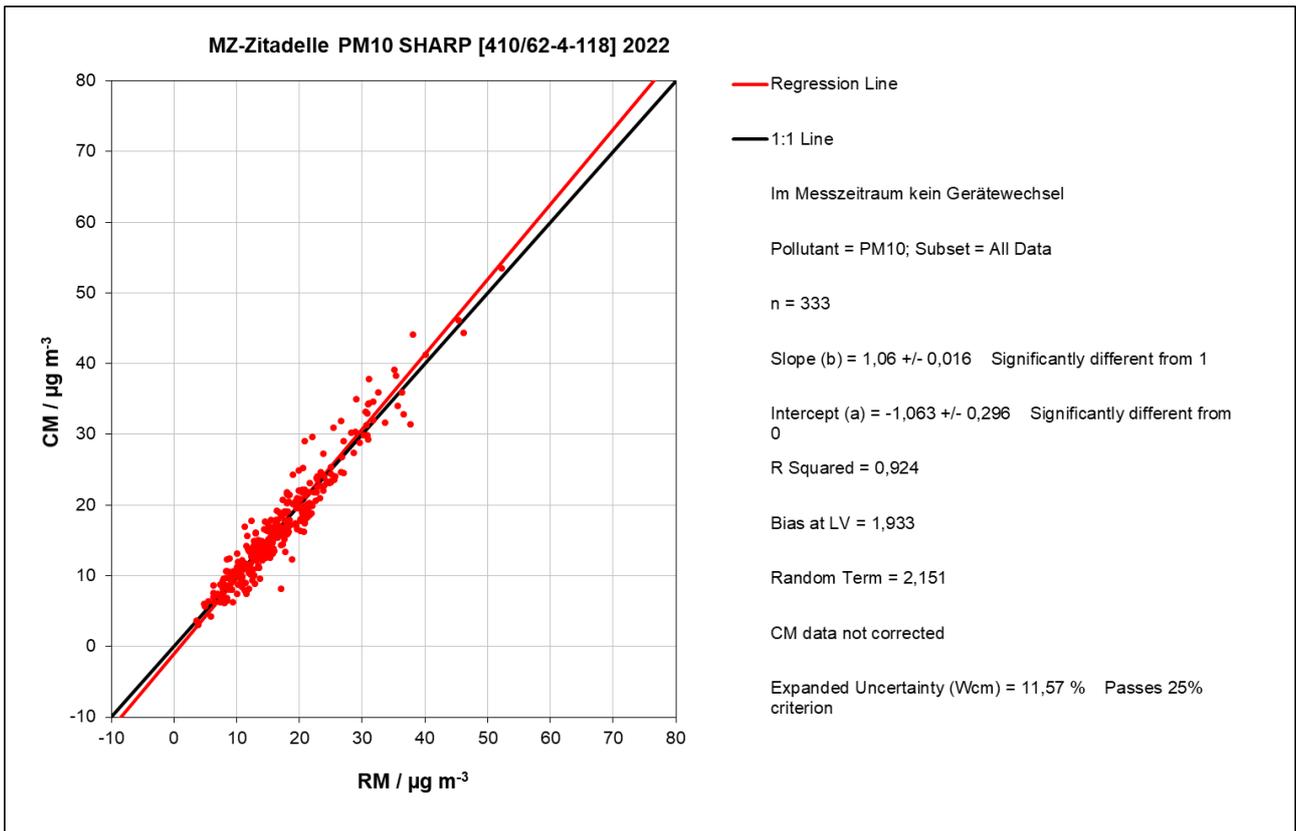
10.1 Darstellung der betrachteten Datenkollektive











10.2 Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM_{2,5}-BestimmungLandesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen

Zertifikat

Das Prüflabor:

Landesamt für UmweltPM_{2,5}

hat mit der Teilnehmernummer: LC0044

am Ringversuch:

PM-Feldringversuch 2020

erfolgreich teilgenommen

Folgende Parameter wurden im Ringversuch gemessen:

PM₁₀, PM_{2,5}

Mindestens 80% der folgenden Parameter mussten erfolgreich bestimmt werden:

PM_{2,5}

Folgende Parameter hat das Labor gemessen:

PM_{2,5}

Folgende Parameter hat das Labor erfolgreich bestimmt:

PM_{2,5}

Durch den Einsatz zertifizierter Referenzmaterialien und rückführbarer Prüfmittel bei der Kalibrierung ist der Referenzwert auf international anerkannte Normale rückführbar.

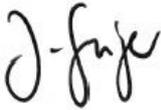
Bericht:

LANUV-Fachbericht: PM-Feldringversuch 2020

Die Einzelergebnisse sind aus der Anlage zu diesem Zertifikat ersichtlich.

Dr. Jutta Geiger
Ringversuchsleiterin/Fachbereichsleitung 43LANUV NRW
Wallneyer Str. 6
45133 Essen**LANUV**
Kompetenz für ein
lebenswertes Land**geRLAP**
German Reference Laboratory
for Air Pollution

10.3 Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM₁₀-Bestimmung

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	
<h1>Zertifikat</h1>	
Das Prüflabor:	
Landesamt für Umwelt	
PM10	
hat mit der Teilnehmernummer: LC0007	
am Ringversuch:	
PM-Feldringversuch 2020	
erfolgreich teilgenommen	
Folgende Parameter wurden im Ringversuch gemessen:	
PM10, PM2,5	
Mindestens 80% der folgenden Parameter mussten erfolgreich bestimmt werden:	
PM10	
Folgende Parameter hat das Labor gemessen:	
PM10	
Folgende Parameter hat das Labor erfolgreich bestimmt:	
PM10	
Durch den Einsatz zertifizierter Referenzmaterialien und rückführbarer Prüfmittel bei der Kalibrierung ist der Referenzwert auf international anerkannte Normale rückführbar.	
Bericht: LANUV-Fachbericht: PM-Feldringversuch 2020	
Die Einzelergebnisse sind aus der Anlage zu diesem Zertifikat ersichtlich.	
	
Dr. Jutta Geiger Ringversuchsleiterin/Fachbereichsleitung 43	
LANUV NRW Wallneyer Str. 6 45133 Essen	
 Kompetenz für ein lebenswertes Land	 German Reference Laboratory for Air Pollution