



# 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 2023



# **Festlegung der Korrekturfunktionen für die Parameter $PM_{2,5}$ und $PM_{10}$ für das Jahr 2023**

Bearbeitung:

Stephan Georg Wilke

## **IMPRESSUM**

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

Abteilung 6: Umweltlabor

© 2024

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen für die Festlegung der Korrekturfunktionen</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Vergleichsmessungen in 2023</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Verfahren zur Bestimmung von Messunsicherheit und Bias durch Vergleichsmessung</b>	<b>9</b>
4.1	Messunsicherheit	9
4.2	Systematische Abweichung (Bias)	9
<b>5</b>	<b>Ergebnisse der Vergleichsmessungen</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Beurteilung der Resultate aus den Vergleichsmessungen</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Korrektur von Messdaten aus 2022</b>	<b>12</b>
7.1	Messstationen mit Vergleichsmessung	12
7.2	Messstationen ohne Vergleichsmessung	13
7.3	Auswirkungen der Messdatenkorrekturen	15
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>17</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>18</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>19</b>
10.1	Darstellung der betrachteten Datenkollektive	19
10.2	Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM <sub>2,5</sub> -Bestimmung	23
10.3	Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM <sub>10</sub> -Bestimmung	24

## ABKÜRZUNGEN

VM:	Vergleichsmessstation
ZIMEN:	Zentrales Immissionsmessnetz
LfU:	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
RM:	Referenzmethode/ Referenzmessverfahren
CM:	Kandidatenmethode/ Äquivalenzmessverfahren (hier SHARP5030 bzw. APDA372)
PM <sub>x</sub> :	Zusammenfassend für PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub>
GDE:	„Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“ [1]
iLab:	Immissionslabor des Landesamtes für Umwelt 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<sub>2,5</sub>- und PM<sub>10</sub>-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 Referenzprobenahmeverfahren parallel eingesetzt. Aus diesen Vergleichsmessungen werden stationsspezifisch Messunsicherheiten und systematische Abweichungen (Bias) für die kontinuierlichen Messverfahren 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<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> 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 für SHARP5030 [2], [3] und [4] für APDA372.
- Im Rahmen des Referenzmessverfahrens werden Staubsammler mit anschließender gravimetrischer Staubmassenbestimmung verwendet. Zur Differenzierung zwischen den PM<sub>2,5</sub>- und PM<sub>10</sub>-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 PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>), der DIN EN 16450 sowie in dem „Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“ [1] 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 2023

Für das Jahr 2023 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<sub>x</sub>-Low-Volume-Sampler“ und arbeitet nach der Standardreferenzmethode (Gravimetrie) für PM<sub>x</sub>-Messungen. Bei der Durchführung dieser gravimetrischen PM<sub>x</sub>-Messungen kamen Quarzfaserfilter zum Einsatz, die jeweils vor und nach der Probenahme 48 Stunden äquiliibriert wurden. Der gesamte Prozess des Erzielens von gravimetrischen Messwerten für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> wird gemäß DIN EN 12341 durchgeführt. In Tabelle 1 sind alle Messstationen, an denen in 2023 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	Typ Automatisches Messgerät	Frequenz Gravimetrie
<b>PM<sub>10</sub></b>	MZ-Zitadelle	DERP009	städt. Hintergrund	APDA372	täglich
	MZ-Parcusstraße	DERP010	Verkehr	SHARP5030	jeden zweiten Tag
	WO-Hagenstraße	DERP023	Verkehr	SHARP5030	jeden zweiten Tag
	LU-Heinigstraße	DERP041	Verkehr	APDA372	täglich
	KO-Hohenfelder Straße	DERP045	Verkehr	SHARP5030	täglich
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	MZ-Zitadelle	DERP009	städt. Hintergrund	APDA372	täglich
	Pfälzerwald-Hortenkopf	DERP017	Hintergrund	APDA372	jeden zweiten Tag
	TR-Ostallee	DERP020	Verkehr	APDA372	jeden zweiten Tag

Tabelle 1: Zusammenstellung Vergleichsmessstationen

# 4 VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG VON MESSUNSIKERHEIT UND BIAS DURCH VERGLEICHSMESSUNG

## 4.1 Messunsicherheit

Die Bestimmung der relativen erweiterten Messunsicherheit  $W_{CM}$  für automatische PM<sub>x</sub>-Verfahren wurde gemäß dem „Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“ (GDE) [1] 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 2023 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 ( $iLab: u_{RM} = 0,55 \mu g/m^3$ ) wird aus dem Datenkollektiv der jeweiligen Vergleichsmessung gemäß Gleichung (9.5) bis (9.9) GDE die erweiterte relative Messunsicherheit  $W_{CM}$  für das automatische Verfahren der jeweiligen Messstation berechnet. Diese Rechenoperationen wurden mit einem speziell dafür entwickelten Excel-Tool [5] durchgeführt.

## 4.2 Systematische Abweichung (Bias)

Es wurden je für RM und CM an jeder VM die Jahresmittelwerte (JMW) für 2023 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<sub>x</sub>-Messverfahren (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 Stationen dargestellt. Zusätzlich ist der mit dem angeführten Gerätetyp ermittelte Jahresmittelwert zusammen mit der Anzahl  $n$  an Wertepaaren pro Vergleich angegeben. Die zeitliche Abdeckung aller Datenkollektive erstreckt sich stets über das ganze Jahr 2023. 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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$u_B(y)$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>1</sup>	$W_{CM}$ [%] <sup>2</sup>	Datenkorrektur notwendig
APDA	Pfälzerwald-Hortenkopf	PM <sub>2,5</sub>	160	6,29	<b>1,10</b>	<b>27,7</b>	ja
APDA	MZ-Zitadelle	PM <sub>2,5</sub>	316	8,10	-0,11	18,8	nein
APDA	TR-Ostallee	PM <sub>2,5</sub>	68	6,99 <sup>3</sup>	0,47	23,5	nein
SHARP	KO-Hohenfelder Str.	PM <sub>10</sub>	308	15,11	<b>0,74</b>	22,1	ja
APDA	LU-Heinigstr.	PM <sub>10</sub>	322	17,00	<b>-0,58</b>	14,0	ja
SHARP	MZ-Parcusstr.	PM <sub>10</sub>	147	17,48	<b>1,34</b>	<b>38,7</b>	ja
APDA	MZ-Zitadelle	PM <sub>10</sub>	326	12,34	<b>-1,73</b>	<b>25,4</b>	ja
SHARP	WO-Hagenstraße	PM <sub>10</sub>	170	17,23	<b>1,54</b>	<b>49,1</b>	ja

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

<sup>1</sup> Datenkollektive, die betragsweise 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.

<sup>2</sup> Datenkollektive, die eine Relative Erweiterte Messunsicherheit  $W_{CM} > 25\%$  (39. BImSchV Anlage 1) aufweisen müssen korrigiert werden.

<sup>3</sup> Die PM<sub>2,5</sub>-Messungen an der Station Trier-Ostallee starteten erst am 10.08.2023. Daher ist hier der Jahresmittelwert nur zur Orientierung angegeben.

## 6 BEURTEILUNG DER RESULTATE AUS DEN VERGLEICHSMESSUNGEN

Wie in Tabelle 2 verdeutlicht müssen für insgesamt 6 Messstationen die Messdatenreihen für das Jahr 2023 korrigiert werden. Dabei lassen sich 3 Fälle unterscheiden:

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

Das betrifft:

- APDA Hortenkopf (PM<sub>2,5</sub>)
- SHARP MZ-Parcusstr. (PM<sub>10</sub>)
- APDA MZ-Zitadelle (PM<sub>10</sub>)
- SHARP WO-Hagenstraße (PM<sub>10</sub>)

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

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

Das betrifft für 2023 keine der VM.

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

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

Das betrifft:

- SHARP KO-Hohenfelder Str. (PM<sub>10</sub>)
- APDA LU-Heinigstraße (PM<sub>10</sub>)

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
APDA Hortenkopf (PM <sub>2,5</sub> )	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i - 0,6}{1,100}$
SHARP MZ-Parcusstr. (PM <sub>10</sub> )	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i + 2,7}{1,234}$
APDA MZ-Zitadelle (PM <sub>10</sub> )	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i + 0,1}{0,883}$
SHARP WO-Hagenstr. (PM <sub>10</sub> )	$y_{i,\text{kor}} = \frac{y_i + 2,5}{1,289}$
SHARP KO-Hohenfelder Str. (PM <sub>10</sub> )	$y_{i,\text{kor}} = y_i - 0,6$
APDA LU-Heinigstr. (PM <sub>10</sub> )	$y_{i,\text{kor}} = y_i + 0,6$

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  $W_{\text{CM}}$  und der Bias neu berechnet. Dieses neue Ergebnis für  $W_{\text{CM}}$  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  $W_{\text{CM}}$  und Bias aufgelistet.

Datenkollektiv	Rohdaten		Nach Korrektur	
	W <sub>CM</sub> [%]	Bias [µg/m <sup>3</sup> ]	W <sub>CM</sub> [%]	Bias [µg/m <sup>3</sup> ]
APDA Hortenkopf (PM <sub>2,5</sub> )	<b>27,7</b>	<b>1,10</b>	14,7	-0,06
SHARP MZ-Par- cusstr. (PM <sub>10</sub> )	<b>38,7</b>	<b>1,34</b>	14,4	0,23
APDA MZ-Zitadelle (PM <sub>10</sub> )	<b>25,4</b>	<b>-1,73</b>	10,4	0,04
SHARP WO Ha- genstr. (PM <sub>10</sub> )	<b>49,1</b>	<b>1,54</b>	9,9	-0,38
SHARP KO-Ho- henfelder Str. (PM <sub>10</sub> )	22,1	<b>0,74</b>	20,2	0,13
APDA LU-Hei- nigstr. (PM <sub>10</sub> )	14,0	<b>-0,58</b>	15,3	0,00

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 liegen nun innerhalb der Toleranz.

## 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 2023 nur an 6 von 26 Messstationen Vergleichsmessungen für PM<sub>x</sub> 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 Datenkollektive, die nachträglich korrigiert werden müssen liegen beim Parameter PM<sub>10</sub> vor und gehören zu Messstationen, in denen SHARP5030-Geräte eingesetzt werden (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) SHARP5030-Geräte in einer Messstation *i* befinden sich in einem vergleichbaren Belastungsniveau wie VM mit baugleichen Geräten, wenn deren Jahresmittelwert  $JMW_i$  nach Gl. 5 innerhalb des folgenden Toleranzintervalls liegt:

$$JMW_i \in [JMW_{VM} \mp u_{RM}^1] \text{ dies entspricht:}$$

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

Gl. 5

- 3) Korrekturfunktionen für Messungen mit SHARP-Geräten in VM können auf andere Messstationen mit baugleichen Geräten 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 <sub>10</sub> [ $\mu g/m^3$ ]	17,48	17,23
Toleranzintervall [ $\mu g/m^3$ ]	[16,93 ; 18,03]	[16,68 ; 17,78]

Tabelle 5: PM<sub>10</sub>-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 eine weitere Messreihe für 2023 korrigiert werden müsste, weil deren Jahresmittelwert innerhalb der Toleranzintervalle aus Tabelle 5 liegt. In Tabelle 6 ist dieses Datenkollektiv zusammen mit der darauf anzuwendenden Korrekturgleichung dargestellt.

<sup>1</sup>  $u_{RM}$  entspricht der einfachen Unsicherheit der Referenzmethode im LfU.

Datenkollektiv	Jahresmittelwert PM10 [µg/m <sup>3</sup> ] (unkorrigiert)	Korrekturgleichung	Übertragen von
SHARP LU-Mundenheim (PM10)	17,36	$y_{i, \text{kor}} = \frac{y_i + 2,7}{1,234}$	MZ-Parcusstr.

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 PM<sub>10</sub> haben. Im Falle von PM<sub>10</sub> liegt dieser Tagesgrenzwert gemäß der 39. BImSchV bei 50 µg/m<sup>3</sup>. Für PM<sub>2,5</sub> wird dort kein Tagesgrenzwert ausgewiesen, daher wird hier (Fall Hortenkopf) auf den künstlichen Ersatzgrenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> zurückgegriffen (gemäß DIN EN 12341 Kap. 9.3.4; 2022). Somit wären in Diagramm 1 für die Messstation Hortenkopf keine Grenzwertüberschreitungen im Sinne der 39. BImSchV gemeint.

Insgesamt zeigt Diagramm 1, dass sich durch die vorgenommenen Datenkorrekturen die Zahl der Tage mit Grenzwertüberschreitung in 3 von 7 Fällen nicht verändert. Im Falle der Messstation MZ-Zitadelle wird nach der Datenkorrektur für PM<sub>10</sub> ein Überschreitungstag mehr gefunden. Dies ist plausibel, da hier relativ zum Referenzverfahren im Durchschnitt ein Minderbefund vorlag (vgl. Tabelle 2). An den Messstationen MZ-Parcusstraße, WO-Hagenstraße und LU-Mundenheim bewirkt die Datenkorrektur eine Verringerung der Überschreitungstage von bis zu 4 Tagen. Auch dieser Effekt ist plausibel, da bei MZ-Parcusstraße und WO-Hagenstraße jeweils im Durchschnitt ein Überbefund relativ zum Referenzverfahren vorgelegen hat und die Messreihe (s.o.) für LU-Mundenheim wurde mit der Korrekturgleichung für MZ-Parcusstraße korrigiert.

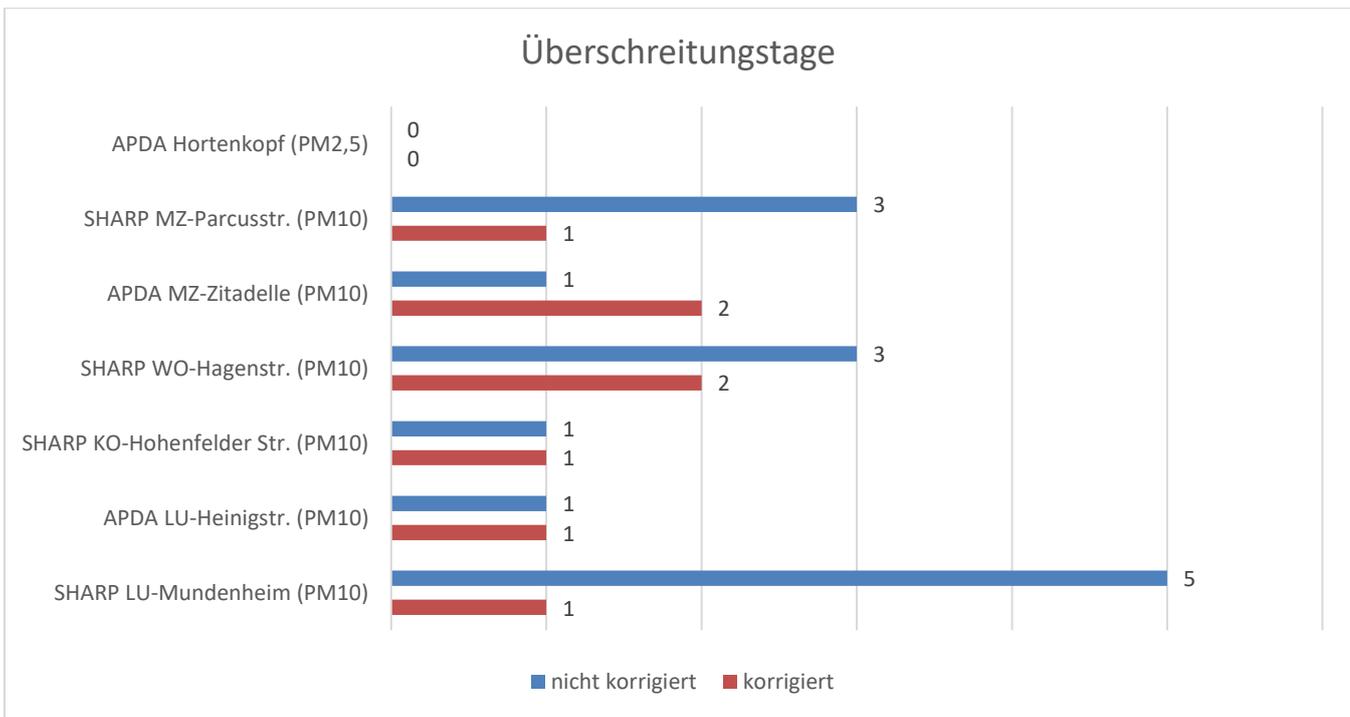


Diagramm 1: Auswirkung der Datenkorrekturen auf die Zahl der Tage mit Tagesgrenzwertüberschreitung im Jahr 2023

Durch die vorgenommenen Datenkorrekturen ergeben sich in Bezug auf die Jahresmittelwerte Veränderungen von bis zu  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Fall WO-Hagenstraße). Dies entspricht der Größenordnung der mitunter gefundenen systematischen Abweichungen (siehe Tabelle 2).

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

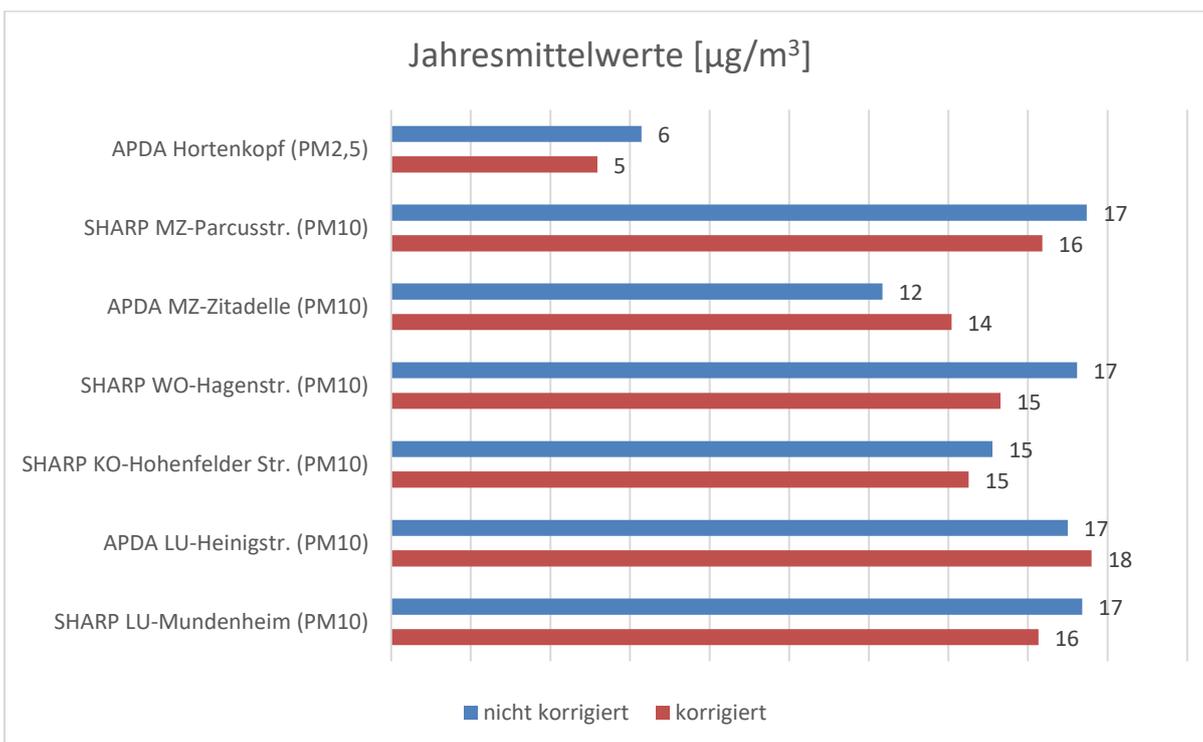


Diagramm 2: Auswirkung der Datenkorrekturen auf Jahresmittelwerte für das Jahr 2023

## 8 ZUSAMMENFASSUNG

Die PM<sub>x</sub>-Vergleichsmessungen 2023 im ZIMEN Rheinland-Pfalz haben ergeben, dass bei vier von acht Vergleichen mit der Referenzmethode das Datenqualitätsziel der Relativen Erweiterten Messunsicherheit von maximal 25% nicht erreicht wurde. Diese Datenkollektive für 2023 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 2023 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 2023 auch auf eine Messstation ohne Vergleichsmessung (LU-Mundenheim) angewandt.

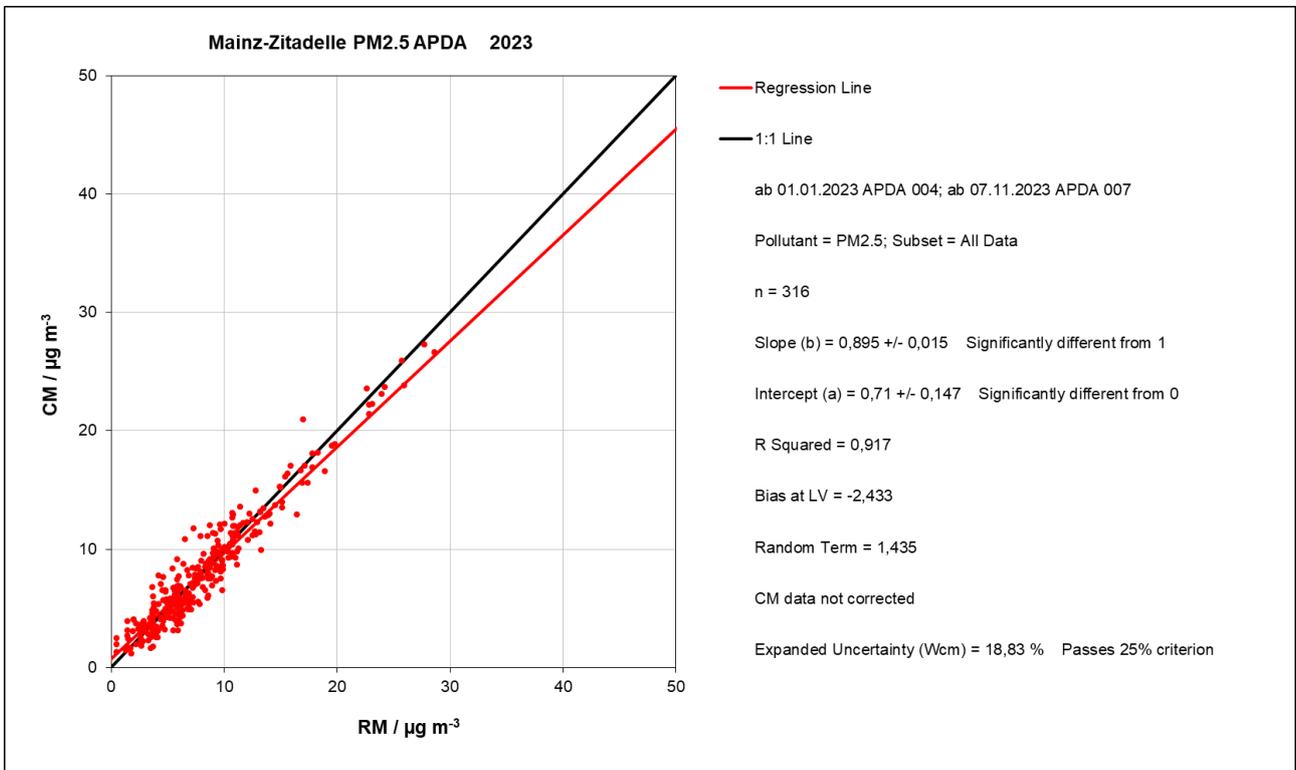
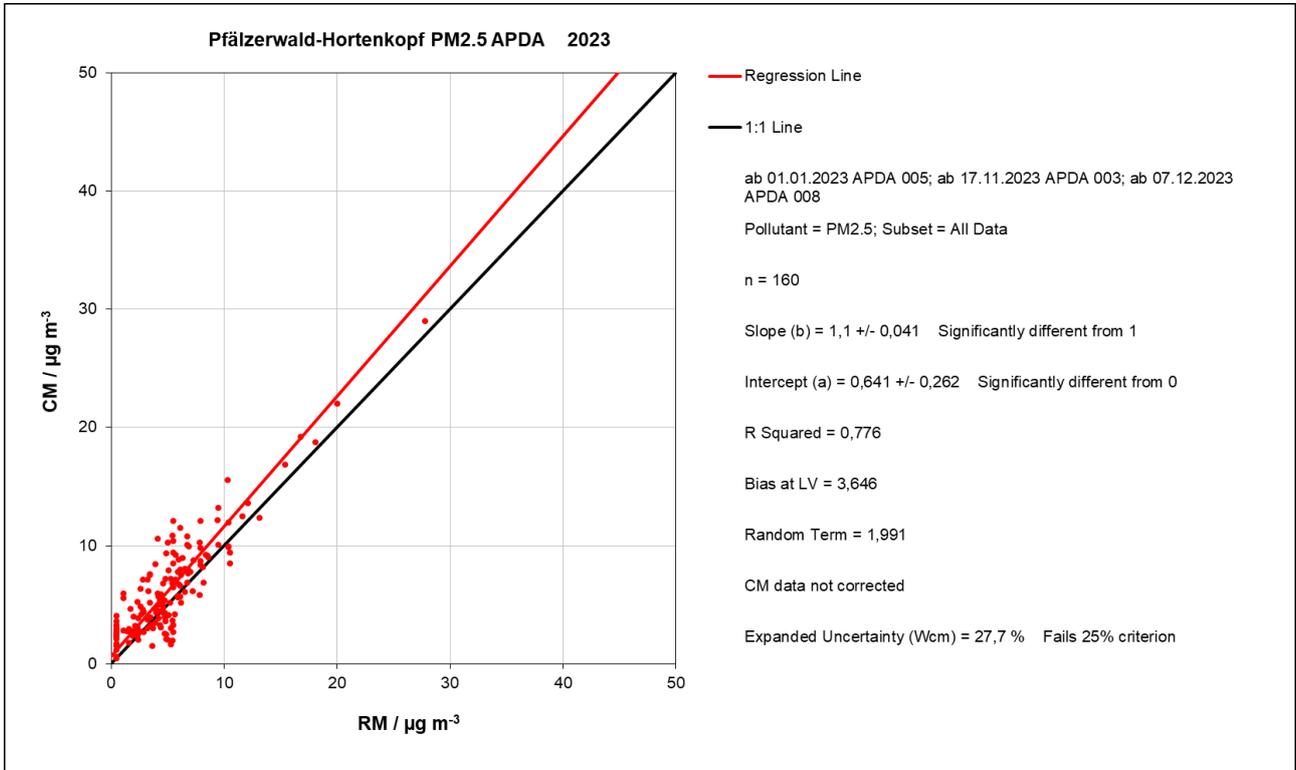
Nach Anwendung der Korrekturfunktionen auf die hier aufgeführten Messdatenkollektive aus Vergleichsmessstationen, erfüllen diese jeweils das Datenqualitätsziel.

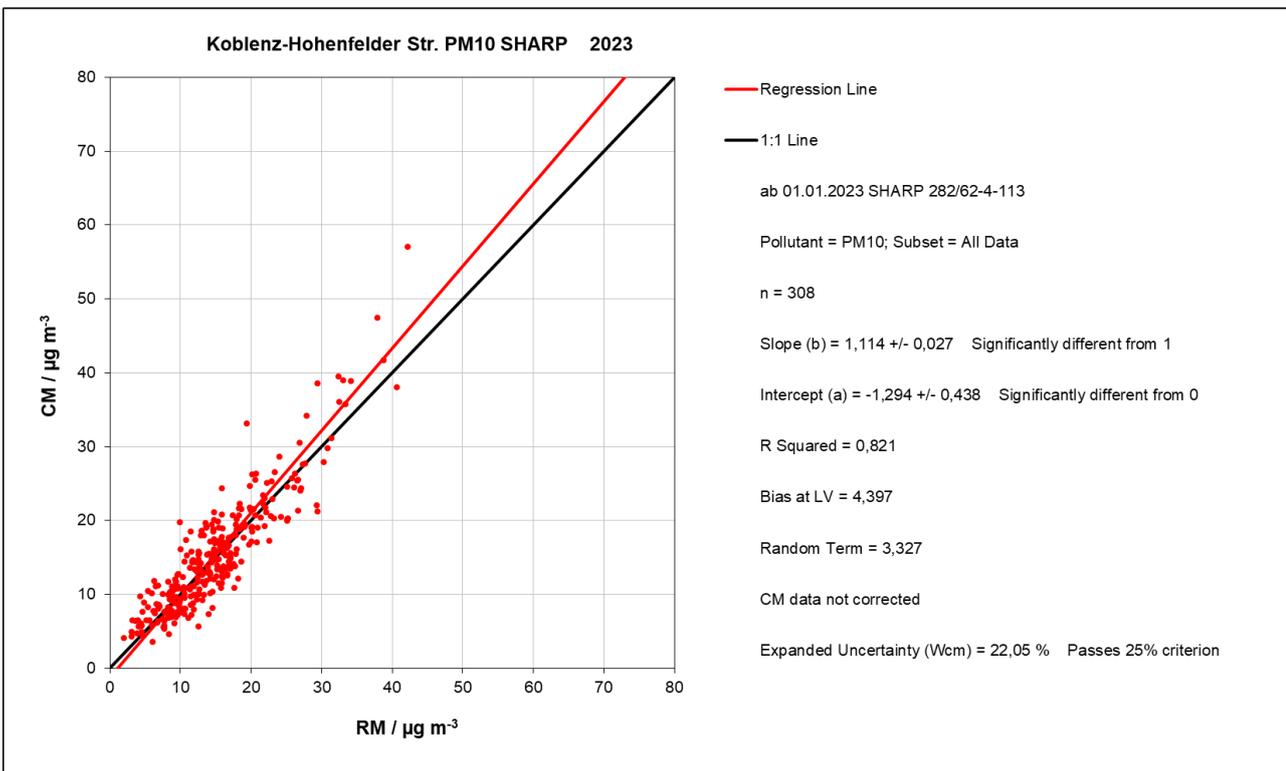
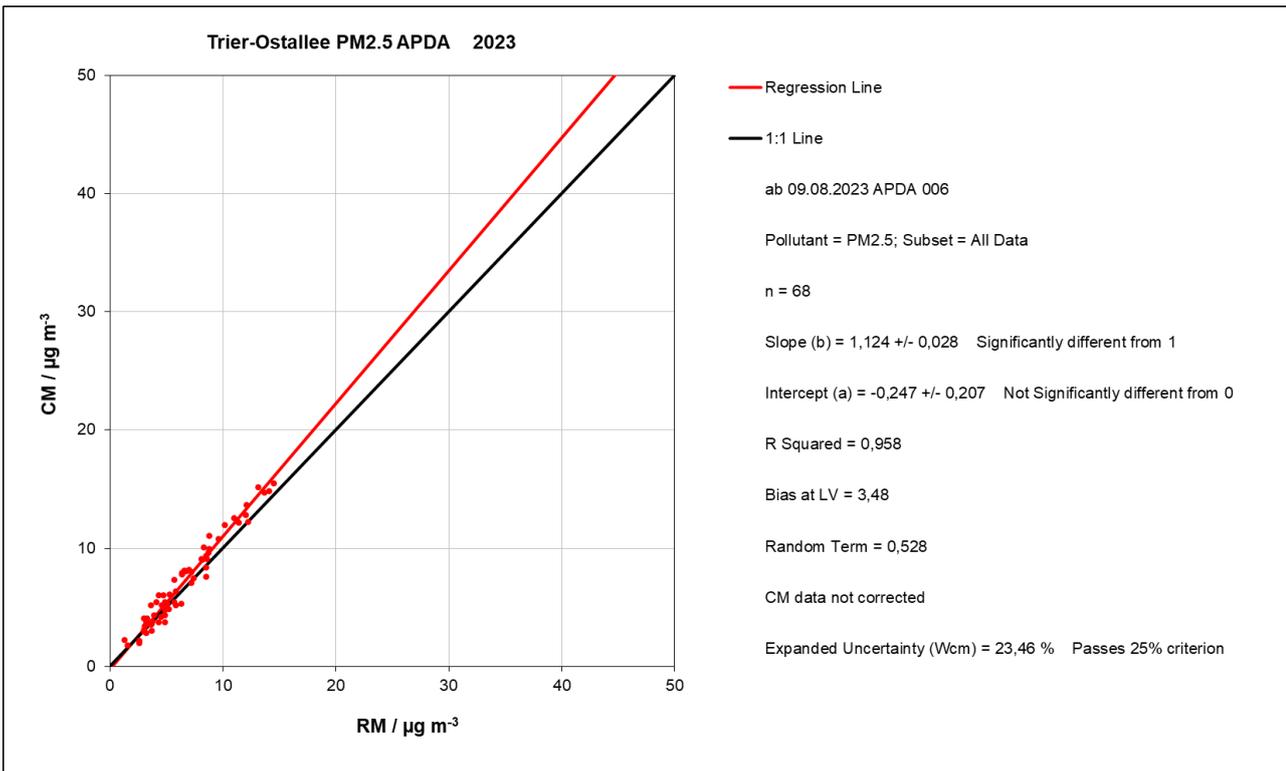
## 9 LITERATURVERZEICHNIS

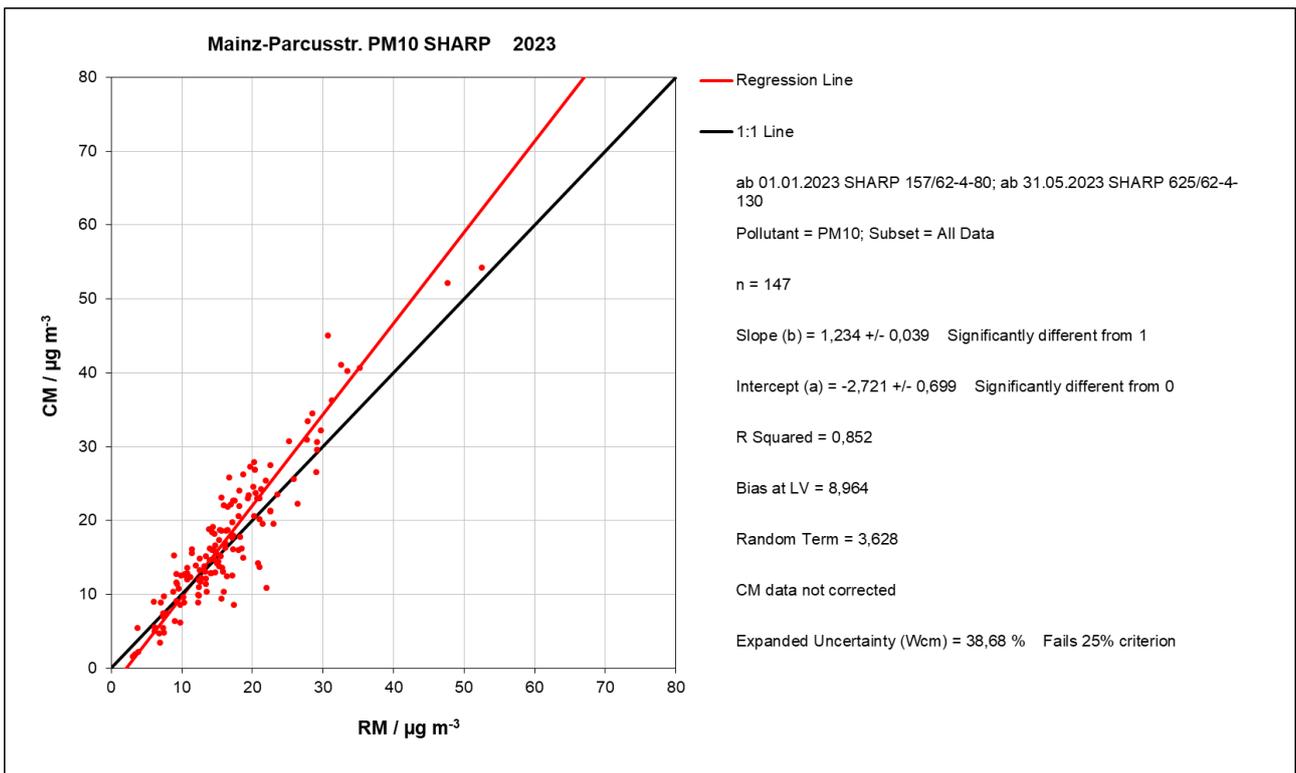
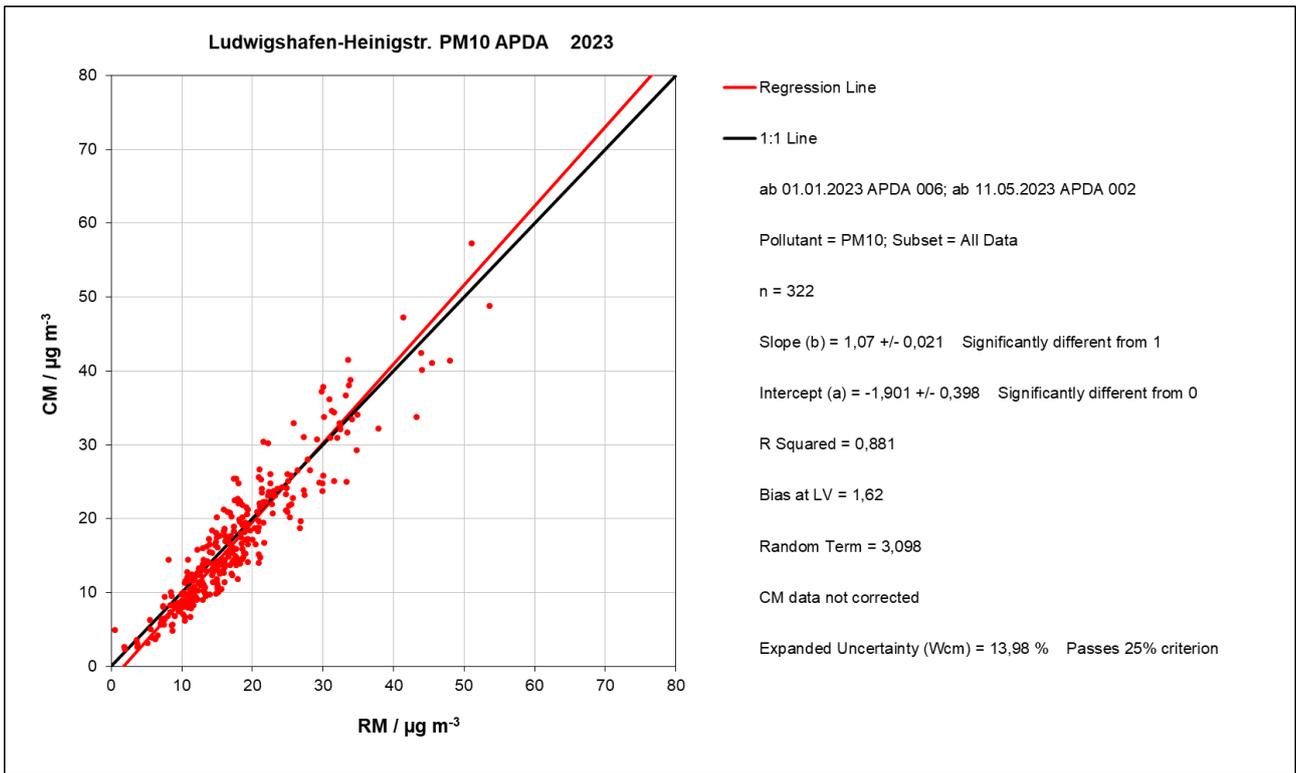
- [1] JCGM, Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, Bd. JCGM 100:2008, F-92312 Sèvres Cedex: JCGM, 2008.
- [2] Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Nachweis der Äquivalenz für automatische PM<sub>2,5</sub>-Messungen mit Nephelometern (SHARP 5030), Hildesheim, 2010.
- [3] Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Nachweis der Äquivalenz für automatische PM<sub>10</sub>-Messungen mit dem Staubmessgerät (SHARP 5030), Hildesheim, 2014.
- [4] TÜV Rheinland, Zertifikatsnr.: 0000043107\_03, Köln, 2024.
- [5] D. Harrison,  *david.harrison@bureauveritas.com*, Bureau Veritas UK, 2020.

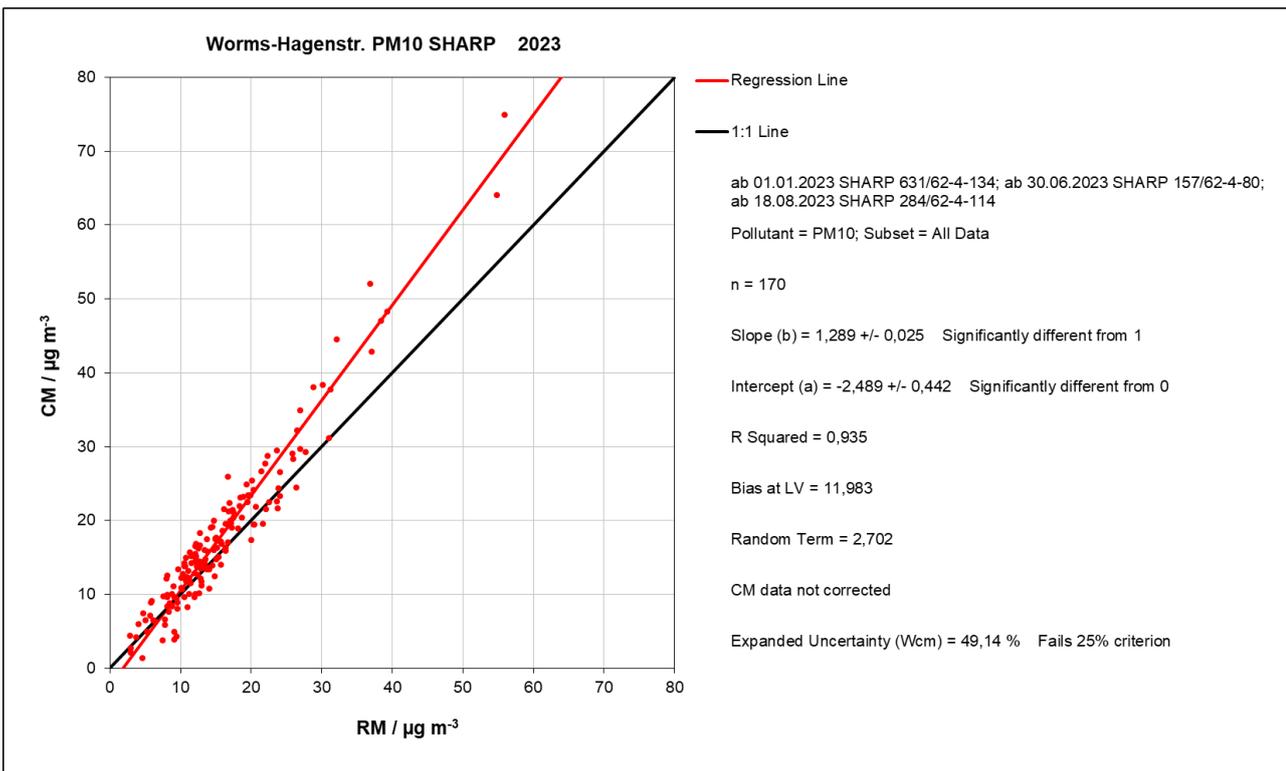
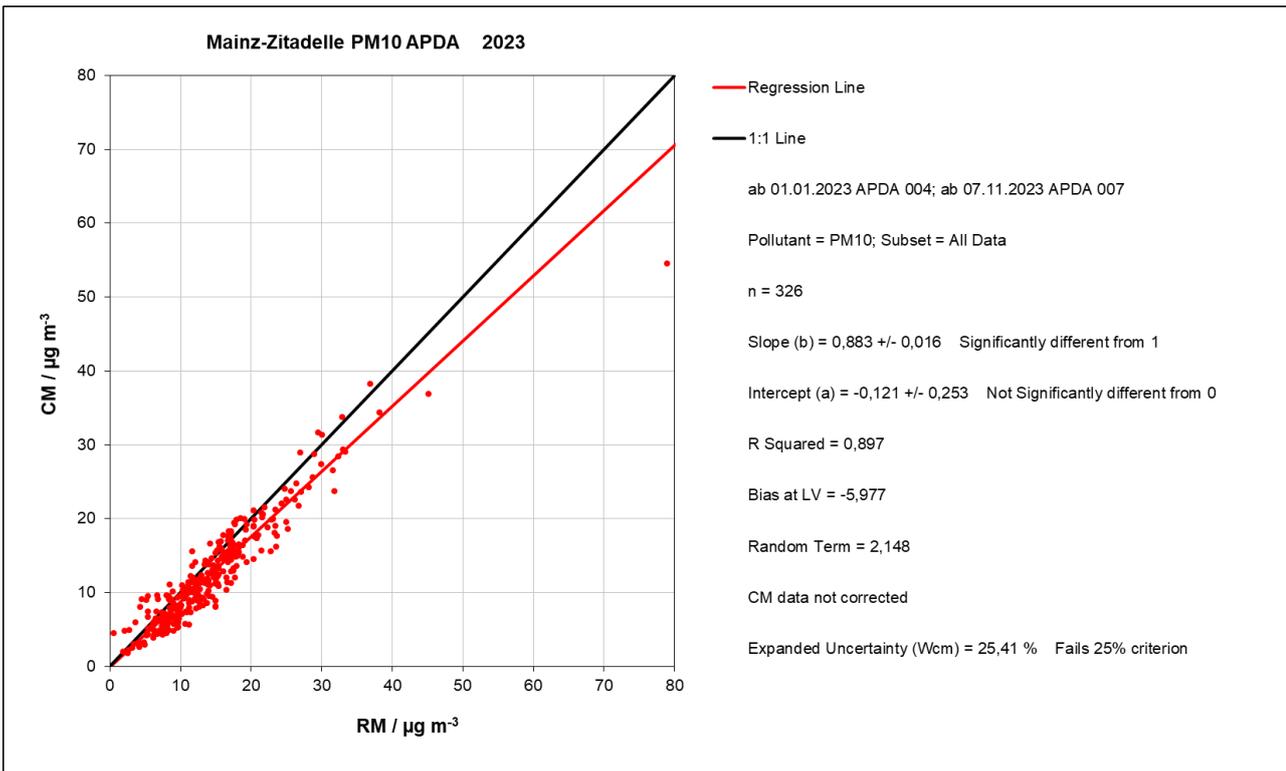
# 10 ANHANG

## 10.1 Darstellung der betrachteten Datenkollektive









## 10.2 Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM<sub>2,5</sub>-Bestimmung

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	
<h1>Zertifikat</h1>	
Das Prüflabor:	
<b>Landesamt für Umwelt</b> PM <sub>2,5</sub>	
hat mit der Teilnehmernummer: LC0044 am Ringversuch:	
<b>PM-Feldringversuch 2020</b>	
erfolgreich teilgenommen	
Folgende Parameter wurden im Ringversuch gemessen:	
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub>	
Mindestens 80% der folgenden Parameter mussten erfolgreich bestimmt werden:	
PM <sub>2,5</sub>	
Folgende Parameter hat das Labor gemessen:	
PM <sub>2,5</sub>	
Folgende Parameter hat das Labor erfolgreich bestimmt:	
PM <sub>2,5</sub>	
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

**10.3 Zertifikat Gravimetrie-Ringversuch für PM<sub>10</sub>-Bestimmung**Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen

# Zertifikat

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 43LANUV NRW  
Wallneyer Str. 6  
45133 Essen**LANUV**  
Kompetenz für ein  
lebenswertes Land**geRLAP**  
German Reference Laboratory  
for Air Pollution