SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Äquivalenznachweis 2024

Feinstaubmessungen im Land Sachsen-Anhalt

Diese Schrift wird vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt kostenlos herausgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Der Nachdruck bedarf der Genehmigung. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf sie nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Impressum

Herausgeber
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
Reideburger Str. 47 • 06116 Halle (Saale)
Tel.: 0345 5704-0
Fax: 0345 5704-190
E-Mail: poststelle@lau.mwu.sachsen-anhalt.de
www.lau.sachsen-anhalt.de

Erarbeitung
Abteilung 3: Immissionsschutz, Klima, Nachhaltigkeit
Dezernat 32: Lufthygienisches Überwachungssystem Sachsen-Anhalt (LÜSA)

Autoren
Katharina Roloff

Redaktion/Schriftleitung
Katharina Roloff

Umschlaggestaltung unter Verwendung des Fotos von Katharina Roloff

1. Auflage: Mai 2026

Inhalt

1 Hintergrund 4

2 Methodik 5

3 Ergebnisse im Berichtsjahr 2024 6

3.1 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Sharp 5030 in der Fraktion PM_{10} 6

3.2 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Grimm EDM 180 in der Fraktion PM_{10} 11

3.3 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp FIDAS 200E in der Fraktion PM_{10} 13

3.4 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Sharp 5030 in der Fraktion $PM_{2,5}$ 15

3.5 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Grimm EDM 180 in der Fraktion $PM_{2,5}$ 18

3.6 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp FIDAS 200E in der Fraktion $PM_{2,5}$ 20

4 Stationsübersicht 22

5 Literaturverzeichnis 23

1 Hintergrund

Im Lufthygienischen Überwachungssystem Sachsen-Anhalt (LÜSA) kommen verschiedene Messgeräte zur Bestimmung der Feinstaubkonzentration in den Fraktionen PM_{10} und $PM_{2,5}$ zum Einsatz. Gemäß EU-Richtlinie 2008/50/EG über saubere Luft und Luftqualität können andere Messmethoden als die ausgewiesenen Referenzverfahren angewendet werden, sofern ein Nachweis erbracht wird, dass damit gleichwertige Ergebnisse erzielt werden. Eine Korrektur der Messergebnisse ist dabei nicht ausgeschlossen. Für die Nachweisführung und eine eventuell durchzuführende Korrektur müssen Vergleichsmessungen zwischen Referenzverfahren und Alternativmethode durchgeführt werden.

Das für PM_{10} und $PM_{2,5}$ in der DIN EN 12341:2023 (VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft, 2023) beschriebene Referenzverfahren für die Probenahme und Messung der Feinstaubkonzentration ist die gravimetrische Messung. Dabei wird Außenluft 24 Stunden lang über einen vorgewogenen Filter geleitet, welcher den Feinstaub abscheidet und anschließend in einem geeigneten Labor ausgewogen werden muss. Das Messgerät kann bis zu 15 bestaubte Filter sammeln, sodass die einzelnen Messstationen im Normalfall nur zwei Mal monatlich zum Filterwechsel angefahren werden müssen. Hinzu kommt die Dauer der Laborauswertung, sodass das Referenzverfahren für die zeitnahe Information der Öffentlichkeit, z.B. über eine Überschreitung des PM_{10}-Tagesgrenzwerts, nicht geeignet ist. Daher setzte das LÜSA im Jahr 2024 die in Tabelle 1 aufgeführten automatischen Messsysteme ein. Alle Messgerätetypen sind eignungsgeprüft (TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, 2006), (Umweltbundesamt Österreich, 2010), (TÜV Rheinland Energy GmbH, 2016) und basieren auf optischen Messverfahren, welche beim Sharp mit einer radiometrischen Messung kombiniert werden. Im LÜSA wird seit 2023 die alte Messgerätegeneration des Sharp 5030 nach und nach durch neue Feinstaubanalysatoren vom Typ FIDAS 200E ersetzt.

Tabelle 1: Im Jahr 2024 eingesetzte automatische Messsysteme zur Bestimmung der Feinstaubkonzentrationen in den Fraktionen PM_{10} und $PM_{2,5}$.

Partikelfraktion	Gerätetyp	Anzahl
PM_{10}	Sharp 5030	7
PM_{10}	Grimm EDM 180	2
PM_{10}	FIDAS 200E	12
$PM_{2,5}$	Sharp 5030	5
$PM_{2,5}$	Grimm EDM 180	2
$PM_{2,5}$	FIDAS 200E	12

Für die als Referenzverfahren geltenden gravimetrischen Messungen setzte das LÜSA im Jahr 2024 die in Tabelle 2 aufgeführten Geräte ein. Dabei sind für die Partikelfraktion PM_{10} sieben permanent stationäre Vergleichsmessungen durchgeführt worden, vor allem an Hotspots. Für die Fraktion $PM_{2,5}$ gab es fünf permanente Vergleichsmessungen. Die restlichen Geräte wurden für temporäre Messungen zu Vergleichszwecken eingesetzt.

Tabelle 2: Im Jahr 2024 eingesetzte gravimetrische Messsysteme zur Bestimmung der Feinstaubkonzentrationen in den Fraktionen PM_{10} und $PM_{2,5}$.

Partikelfraktion	Gerätetyp	Messung	Anzahl
PM_{10}	LVS SEQ47/50	Permanent stationär	7
$PM_{2,5}$	LVS SEQ47/50	Permanent stationär	5
PM_{10}/$PM_{2,5}$	LVS SEQ47/50	temporär	6

2 Methodik

An den für Vergleichsmessungen ausgestatteten Messstationen wurden die mit dem Referenzverfahren und der Alternativmethode ermittelten Feinstaubkonzentrationen in den Fraktionen PM_{10} und $PM_{2,5}$ zum Tagesmittelwert aggregiert. Die daraus entstehenden Wertepaare werden dann auf Korrelation untersucht. Dabei wurden nicht nur die Messdaten des Berichtsjahres 2024 betrachtet, sondern auch in der Vergangenheit aufgenommene Daten seit 2020. Im Datensatz des Referenzverfahrens müssen mindestens 20 % der Daten bzw. mindestens 32 Werte über der oberen Beurteilungsschwelle liegen (für $PM_{10} > 28$ µg/m³, für $PM_{2,5} > 17$ µg/m³). Für beide Fraktionen lagen mehr als 32 Werte vor. Zudem können gemäß der geltenden Norm (VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft, 2017) bis zu 2,5 % der Daten als Ausreißer markiert und aus dem Datensatz entfernt werden. Dieses Kriterium wurde mit 0,5 % für PM_{10} bzw. 0,6 % für $PM_{2,5}$ ebenfalls sicher eingehalten.

Gemäß DIN EN 16450 ist die Äquivalenz zwischen Referenzverfahren und Alternativmethode nachzuweisen, indem zwischen den Wertepaaren mittels orthogonaler Regression ein linearer Zusammenhang nachgewiesen wird. Der in diesem Zuge ermittelte Korrekturfaktor bzw. die Korrekturfunktion wird dann nachträglich auf den Gesamtdatensatz angewendet. Der Äquivalenztest wird für folgende Datensätze, unterteilt nach Gerätetyp und Feinstaubgrößenfraktion, durchgeführt:

a) Gesamtdatensatz
b) jede ausgerüstete Messstation einzeln
c) Episoden mit erhöhten Feinstaubkonzentrationen ($PM_{10} \geq 30$ µg/m³, $PM_{2,5} \geq 18$ µg/m³)

Für die Durchführung des Äquivalenznachweises wurde vom Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) das so genannte Equivalence Tool entwickelt (Ruben Beijk, 2018) und den Messnetzen zur Verfügung gestellt. Im Landesamt für Umweltschutz wurde dieses Tool als Grundlage zur Erstellung eines eigenen Tools PM_Kalk genutzt, das sich ausschließlich in der Definition der Ausreißer[1] unterscheidet. Die Äquivalenz der Ergebnisse wurde durch einen entsprechenden Bericht nachgewiesen (Garche, 2019).

[1] Im Equivalence Tool der Europäischen Kommission wird ein 95 % Vertrauensbereich berechnet und alle Wertepaare, die sich außerhalb des Bereiches befinden, als Ausreißer gewertet. Im Programm PM_Kalk des LÜSA wird zur Ausreißerermittlung der Grubbs-Test mit einer 99 % Wahrscheinlichkeit verwendet. Im Gegensatz zu (European Commission, 2008), in dem die Anwendung des Grubbs-Test auf dem 99 % Niveau empfohlen wurde, enthält die DIN EN 16450 keinen Hinweis mehr, nach welchem Verfahren die Ausreißer zu ermitteln sind. In der Regel werden mit dem Grubbs-Test wesentlich weniger Daten als Ausreißer gekennzeichnet, weshalb dieser bevorzugt wird.

3 Ergebnisse im Berichtsjahr 2024

3.1 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Sharp 5030 in der Fraktion PM_{10}

Im Jahr 2024 wurde die Erneuerung der Gerätegeneration automatischer Partikelmessgeräte von Sharp 5030 auf FIDAS 200E weiter vorangetrieben. Dabei wurden 2023 angeschaffte Geräte neu in Betrieb genommen. An einigen Stationen wurden Sharp 5030- und FIDAS 200E-Geräte parallel betrieben, um das Verhalten der neuen Geräte besser überwachen und im Falle eines Ausfalls schneller reagieren zu können, ohne große Datenlücken zu riskieren. Um sowohl für die Sharp 5030- als auch FIDAS 200E-Geräte genügend Daten für die Vergleichsmessungen zu generieren, wurden die zur Verfügung stehenden Referenzgeräte an den temporären Standorten halbjährlich für eine PM_{10}- und halbjährlich für eine $PM_{2,5}$-Messung eingesetzt.

2024 wurden an sieben Messstellen Parallelmessungen zwischen gravimetrischem Referenzverfahren und dem automatischen Messsystem Sharp 5030 für die Komponente PM_{10} durchgeführt. Bei drei dieser Messstellen handelt es sich um Dauermessstellen, an denen bereits seit Jahren Vergleichsmessungen laufen. An vier Messstellen wurden im Jahr 2024 temporäre Vergleichsmessungen durchgeführt (Dessau-Roßlau, Unterharz/Friedrichsbrunn, Wernigerode/Bahnhof und Wittenberg/Bahnstraße).

Zur Auswertung wurden, entsprechend DIN EN 16450, sowohl die Vergleichsmessungen des Jahres 2024 als auch die Vergleichsmessungen der vorangegangenen Jahre seit 2020 verwendet. Vor der Auswertung wurde der Gesamtdatensatz mittels Grubbs-Tests (mit P = 99 %) auf Ausreißer getestet. Als Ausreißer identifizierte Datensätze wurden nicht in die Auswertung einbezogen, auch wenn die Ursache für Ausreißer nicht in jedem Fall geklärt werden konnte. In Tabelle 3 sind die zur Auswertung verwendeten Messreihen zusammengefasst.

Tabelle 3: Zur Auswertung verwendete PM_{10}-Messreihen des Gerätetyps Sharp 5030.

Station	Zeitraum	Anzahl Wertepaare zur Berechnung
BUCO	01.01.2019 – 31.12.2024	1.801
DOBO	01.01.2019 – 31.12.2024	1.511
GRNN	28.09.2020 – 21.06.2021 05.07.2023 – 06.10.2023	226
HENN	11.01.2022 – 19.12.2022	172
HERP	01.01.2020 – 31.12.2023	1.399
HTCC	14.01.2020 – 27.12.2020	173
HZUN	03.01.2024 – 17.06.2024	163
LASO	19.01.2022 – 17.12.2022	165
M002	01.01.2019 – 19.03.2023	1.168
M003	21.07.2021 – 06.12.2021 07.01.2023 – 20.07.2023	198
M102	01.01.2019 – 31.12.2023	1.795
ROVN	13.01.2022 – 19.12.2022 16.06.2024 – 29.12.2024	366
SLWW	01.01.2020 – 14.09.2020	251
WENN	19.06.2024 – 17.12.2024	182
WGCC	05.01.2024 – 17.06.2024	163
ZUWA	13.01.2021 – 29.12.2021 11.01.2023 – 03.09.2023	303
Gesamt		**10.036**

Bereits die Rohdaten halten die Anforderung an die Messunsicherheit, welche kleiner als 25 % sein soll, mit einem Wert von 10,8 % sicher ein.

Eine Kalibrierung mit der Funktion $y = 1{,}020x + 0{,}454$ würde eine Verbesserung der Messunsicherheit auf 9,4 % erzielen, ist aber nicht notwendig, da laut DIN EN 16450 Anhang C eine Kalibrierung nicht erforderlich ist, wenn

- der Wert der Steigung $0{,}980 \leq b \leq 1{,}020$ und / oder
- der Wert des Achsenabschnitts $-1{,}0\ \mu g/m^3 \leq a \leq 1{,}0\ \mu g/m^3$ ist.

Beide Bedingungen treffen hier zu, wie auch die Abbildung 1 zeigt.

Vergleichsmessungen von automatischen Partikelmessgeräten für PM10 mit dem gravimetrischen Referenzverfahren

Zeitraum:	01.01.2020 bis 31.12.2024	**Messort(e):**	Alle		
Gerätetyp:	SHARP 5030	**Referenzsammler:**	SEQ 47/50		
Grenzwert:	50	**obere BS:**	28	(für Jahresgrenzwert)	
Anzahl DS:	10036	**Anzahl DS>oBS:**	772	**entspricht**	7,7%
Ausreißer:	26	**→ N=**	10010	**alle Daten -Ausreißer**	

	Referenz	*Kandidat*
Mittelwert	15,5	14,8
Anzahl >LV	43	36

orthogonale Regression y=a+bx

r²	Anstieg	Absolutglied
0,9210	**0,9804**	**-0,4452**
u	0,0028	0,0490
signifikant	**Ja**	**Ja**
Kal. notw.?	**Nein**	**Nein**

Unsicherheitsberechnung:

RSS:	57495,9		
u(random):	2,301		
u(syst.):	-1,427	***u(komb):***	2,708
u(Ref)*:	0,948		
u(add):	0,000	***U(erw):***	**10,8%**

orthogonale Regression y=bx

r²	Anstieg
0,9806	**0,9583**
u	0,0013
signifikant	**Ja**
Kal. notw.?	**Ja**

nach Kalibrierung mit: y(cal)=1,020y(i) + 0,454

RSS:	59872,4		
u(random):	2,357	***u(komb):***	2,362
u(syst.):	0,029		
u(cal):	0,146	***U(erw):***	**9,4%**

	Referenz	*Kandidat*
Mittelwert	15,5	15,5
Anzahl >LV	43	41

*) bereits in u(random) eingerechnet.

Abbildung 1: Äquivalenznachweis für den Gesamtdatensatz der Sharp 5030 Messgeräte in der Fraktion PM_{10}. Screenshot aus PM_Kalk.

Zusätzlich ist zu prüfen, ob auch an den Einzelmessstellen die Anforderung an die Messunsicherheit ohne Kalibrierung eingehalten ist. Diese Berechnung wird nur für die Vergleichsmessungen des Jahres 2024 durchgeführt, da für vorangehende Messungen die Prüfung bereits in den Vorjahren erfolgte. Auch hier werden die Datensätze der Einzelstationen mit dem Grubbs-Test auf Ausreißer geprüft. Erkannte Ausreißer werden nicht in die Berechnung einbezogen, auch wenn nicht in jedem Fall die Ursache für den Ausreißer geklärt werden konnte.

Die an den einzelnen Messstellen im Jahr 2024 ermittelten Messunsicherheiten für die Sharp 5030 Geräte zur PM_{10}-Messung sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

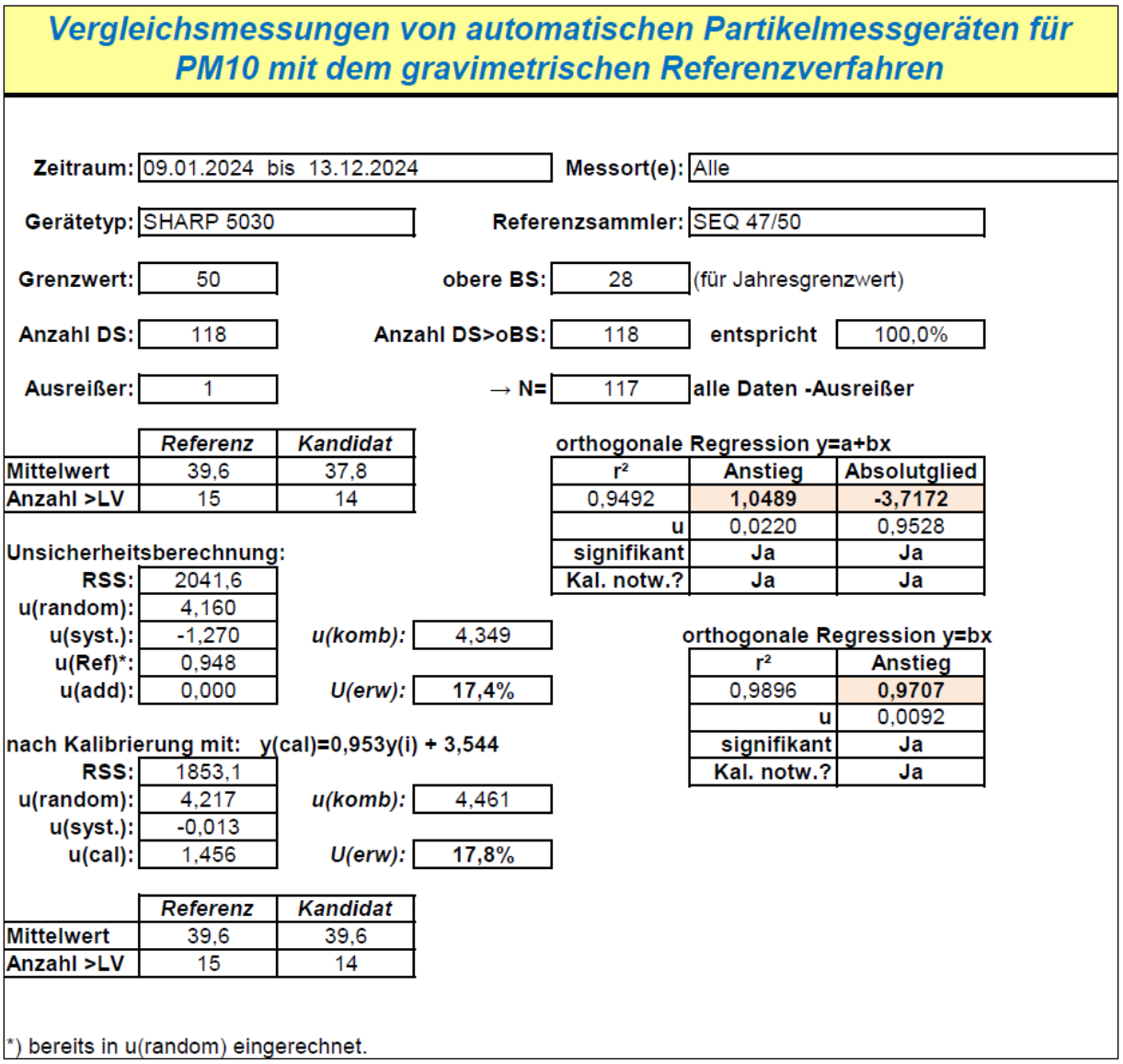
Tabelle 4: Messunsicherheiten der unkorrigierten PM_{10}-Messreihen 2024, aufgenommen mit den Sharp 5030 Geräten.

Station	Anzahl Wertepaare	Messunsicherheit
BUCO	365	6,6 %
DOBO	111	8,3 %
HZUN	163	16,5 %
M102	358	12,4 %
ROVN	195	8,9 %
WENN	182	8,1 %
WGCC	163	12,3 %

Zusammenfassend wurde an allen Stationen die Anforderung an die Messunsicherheit ohne Kalibrierung eingehalten. Entsprechend muss keine Korrektur der Messdaten aus den automatischen Messungen mit dem Gerätetyp Sharp 5030 vorgenommen werden.

In den vergangenen Jahren zeigten die Auswertungen der Vergleichsmessungen zwischen Referenzverfahren und Alternativmethode, dass eine gesonderte Berechnung für die einzelnen Stationsumgebungen (Verkehr, städtischer Hintergrund, ländlicher Hintergrund) nicht notwendig ist, da die für die automatischen Messgeräte ermittelten Kalibrierfaktoren bzw. -funktionen unabhängig vom Stationstyp waren. Daher wird hierauf im Berichtsjahr 2024 verzichtet.

Zuletzt wurden die Episoden mit erhöhten Feinstaubkonzentrationen auf Äquivalenz untersucht ($PM_{10} \geq 30$ µg/m³, gemessen mit Referenzverfahren). Für das Jahr 2024 lagen 118 Wertepaare vor. Davon wurde ein Ausreißer durch den Grubbs-Test ermittelt. Als erweiterte Messunsicherheit ergibt sich ein Wert von 17,4 %, sodass keine Kalibrierung notwendig ist (siehe auch Abbildung 2). In diesem Fall würde eine Kalibrierung sogar zu einer Verschlechterung der Messunsicherheit führen und ist daher gemäß DIN EN 16450 nicht notwendig.



Vergleichsmessungen von automatischen Partikelmessgeräten für PM10 mit dem gravimetrischen Referenzverfahren

Zeitraum:	09.01.2024 bis 13.12.2024	**Messort(e):**	Alle
Gerätetyp:	SHARP 5030	**Referenzsammler:**	SEQ 47/50
Grenzwert:	50	**obere BS:**	28 (für Jahresgrenzwert)
Anzahl DS:	118	**Anzahl DS>oBS:**	118 **entspricht** 100,0%
Ausreißer:	1	**→ N=**	117 **alle Daten -Ausreißer**

	Referenz	*Kandidat*
Mittelwert	39,6	37,8
Anzahl >LV	15	14

orthogonale Regression y=a+bx

r^2	Anstieg	Absolutglied
0,9492	**1,0489**	**-3,7172**
u	0,0220	0,9528
signifikant	**Ja**	**Ja**
Kal. notw.?	**Ja**	**Ja**

Unsicherheitsberechnung:

RSS:	2041,6		
u(random):	4,160		
u(syst.):	-1,270	***u(komb):***	4,349
u(Ref)*:	0,948		
u(add):	0,000	***U(erw):***	**17,4%**

orthogonale Regression y=bx

r^2	Anstieg
0,9896	**0,9707**
u	0,0092
signifikant	**Ja**
Kal. notw.?	**Ja**

nach Kalibrierung mit: y(cal)=0,953y(i) + 3,544

RSS:	1853,1		
u(random):	4,217	***u(komb):***	4,461
u(syst.):	-0,013		
u(cal):	1,456	***U(erw):***	**17,8%**

	Referenz	*Kandidat*
Mittelwert	39,6	39,6
Anzahl >LV	15	14

*) bereits in u(random) eingerechnet.

Abbildung 2: Äquivalenznachweis für Episoden mit erhöhter Feinstaubkonzentration (PM_{10} ≥ 30 µg/m³). Screenshot aus PM_Kalk.

3.2 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Grimm EDM 180 in der Fraktion PM_{10}

Streulichtphotometer vom Typ EDM 180 zur Messung der Partikelmassenkonzentration von Feinstaub PM_{10} und $PM_{2,5}$ kommen in den Stationen Halle/Paracelsusstraße (M501) und Magdeburg/Guericke-Straße (M205) zum Einsatz. Die Geräte werden einmal jährlich durch den Hersteller (Grimm Aerosol Technik GmbH) gewartet und kalibriert. Die Ermittlung von Messunsicherheiten und notwendigen Korrekturfunktionen wird daher gerätespezifisch und bezogen auf die Einsatzzeiten zwischen zwei Kalibrierungen durchgeführt. Die Datensätze werden vor der Berechnung mittels Grubbs-Tests (P = 99 %) auf Ausreißer geprüft. Ermittelte Ausreißer werden vor der Berechnung aus dem Datenkollektiv entfernt, auch wenn die Ursache des Ausreißers nicht in jedem Fall geklärt werden konnte. Tabelle 5 zeigt die für die verschiedenen Einsatzzeiten und Geräte ermittelten Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren an der Station M205.

Tabelle 5: Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren an der Station M205 im Jahr 2024 für die Fraktion PM_{10} und den Gerätetyp Grimm EDM 180.

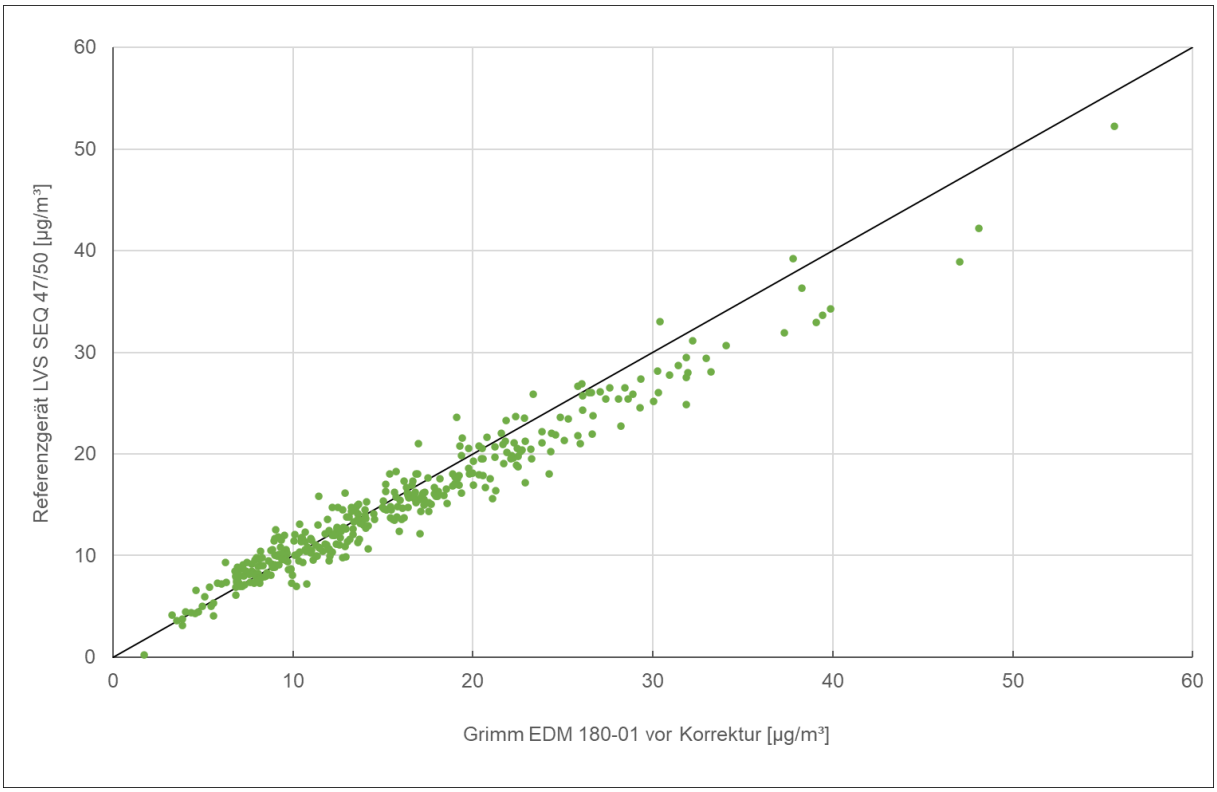
Zeitraum	Gerät	Anzahl Wertepaare (Ausreißer)	Messunsicherheit Rohdaten	Korrekturfunktion	Messunsicherheit korrigierte Daten
04.09.2023 – 18.09.2024	EDM180-01	372 (5)	25,4%	y = 0,937x	6,7 %
19.09.2024 – 21.11.2024	EDM180-03	64 (0)	29,0%	y = 0,938x	14,3 %
22.11.2024 – 27.03.2025	EDM180-01	138 (0)	24,0%	y = 0,916x	11,4 %

Für den Zeitraum vom 04.09.2023 bis zum 18.09.2024 ist ein Korrekturfaktor von 0,937 anzuwenden. In diesem Zeitraum ist das laut DIN EN16450 gesetzte Kriterium, mindestens 20 % des Datensatzes müssen Konzentrationen größer als 28 µg/m³ (obere Beurteilungsschwelle) aufweisen, mit 5,9 % nicht erfüllt. Die Norm gibt für Standorte mit vergleichsweise niedrigen Konzentrationen als Alternative eine Anzahl von mindestens 32 Datenpunkten pro Vergleichsmessung vor. Dieses Kriterium wird an der Station M205 mit 22 Datenpunkten auch nicht eingehalten.

Für den Zeitraum vom 19.09.2024 bis 21.11.2024 war das Gerät EDM180-03 an der Station M205 eingesetzt. Mit diesem Gerät gab es bereits im Vorjahr an der Station M501 für die $PM_{2,5}$-Messung Auffälligkeiten, die allerdings vom Hersteller nicht erklärt und nicht behoben werden konnten. Hierzu sei auf den Vorjahresbericht verwiesen. Diese Auffälligkeiten zeigten sich erneut bei der $PM_{2,5}$-Messung in M205, sodass das Gerät bereits nach 64 Tagen wieder ausgetauscht werden musste. Da sich die Auffälligkeiten in den PM_{10}-Messungen nicht zeigten, kann zumindest diese Vergleichsmessung ausgewertet werden. Für den genannten Zeitraum ist ein Faktor von 0,938 anzuwenden.

Im November 2024 wurde nochmals das Gerät EDM180-01 in der Station M205 eingesetzt, nachdem es zuvor durch den Hersteller gewartet und kalibriert worden war. Da im März 2025 das Grimm Gerät in der Station M205 gegen ein FIDAS Gerät ausgetauscht wurde, soll der letzte Messzeitraum gleich zusammenhängend ausgewertet werden. Für den Zeitraum vom

22.11.2024 bis 27.03.2025 ist ein Faktor von 0,916 anzuwenden. In diesem Zeitraum ist das laut DIN EN16450 gesetzte Kriterium, mindestens 20 % des Datensatzes müssen Konzentrationen größer als 28 µg/m³ (obere Beurteilungsschwelle) aufweisen, mit 20,3 % erfüllt.



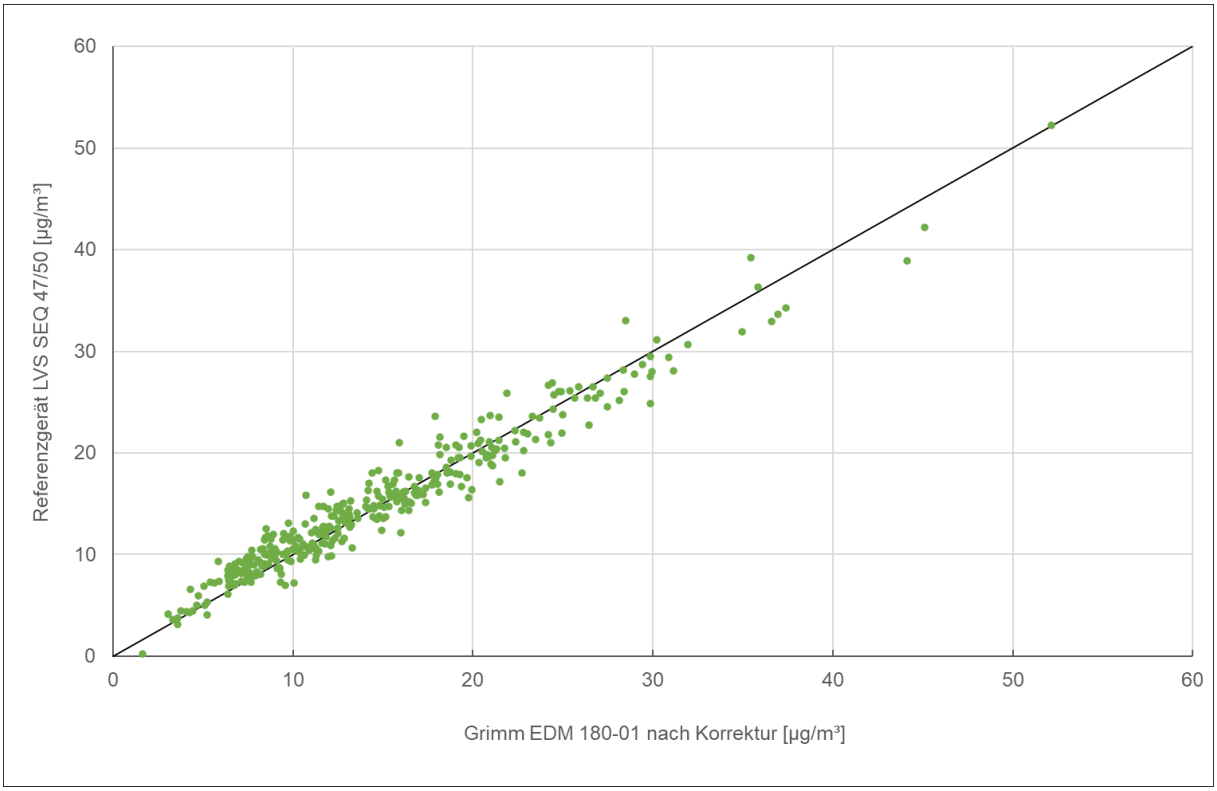


Abbildung 3: Vergleich der Wertepaare zwischen Referenzverfahren (LVS SEQ47/50) und automatischer Messung (Grimm EDM180-01) am Standort Magdeburg/Guericke-Straße.

In Abbildung 3 zeigt die obere Grafik exemplarisch die Wertepaare vor der Korrektur der automatisch erhobenen Messdaten, die untere Abbildung die Wertepaare nach Anwendung des Korrekturfaktors 0,937 auf die automatisch erhobenen Messdaten für den Zeitraum 04.09.2023 bis 18.09.2024.

Tabelle 6 zeigt die für die verschiedenen Einsatzzeiten und Geräte ermittelten Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren an der Station M501.

Tabelle 6: Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren an der Station M501 im Jahr 2024 für die Fraktion PM_{10} und den Gerätetyp Grimm EDM 180.

Zeitraum	Gerät	Anzahl Wertepaare (Ausreißer)	Messunsicherheit Rohdaten	Korrekturfunktion	Messunsicherheit korrigierte Daten
16.10.2023 – 06.05.2024	EDM180-03	202 (1)	17,0 %	y = 0,979x	14,1 %
07.05.2024 – 16.01.2025	EDM180-02	268 (7)	25,1 %	y = 0,981x	13,0 %

Für den Zeitraum vom 16.10.2023 bis 06.05.2024 ist ein Korrekturfaktor von 0,979 anzuwenden. In diesem Zeitraum ist das laut DIN EN16450 gesetzte Kriterium, mindestens 20 % des Datensatzes müssen Konzentrationen größer als 28 µg/m³ (obere Beurteilungsschwelle) aufweisen, mit 17,3 % nicht erfüllt. Die Norm gibt für Standorte mit vergleichsweise niedrigen Konzentrationen als Alternative eine Anzahl von mindestens 32 Datenpunkten pro Vergleichsmessung vor. Dieses Kriterium wird an der Station M501 mit 35 Datenpunkten eingehalten.

Da im Januar 2025 das Grimm Gerät in der Station M501 gegen ein FIDAS Gerät ausgetauscht wurde, soll der letzte Messzeitraum gleich zusammenhängend ausgewertet werden. Für den Zeitraum vom 07.05.2024 bis 16.01.2025 ist ein Faktor von 0,981 anzuwenden. In diesem Zeitraum ist das laut DIN EN16450 gesetzte Kriterium, mindestens 20 % des Datensatzes müssen Konzentrationen größer als 28 µg/m³ (obere Beurteilungsschwelle) aufweisen, mit 13,1 % nicht erfüllt. Die Norm gibt für Standorte mit vergleichsweise niedrigen Konzentrationen als Alternative eine Anzahl von mindestens 32 Datenpunkten pro Vergleichsmessung vor. Dieses Kriterium wird an der Station M501 mit 35 Datenpunkten eingehalten.

3.3 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp FIDAS 200E in der Fraktion PM_{10}

2024 wurden an sieben Messstellen Parallelmessungen zwischen gravimetrischem Referenzverfahren und dem automatischen Messsystem FIDAS 200E für die Komponente PM_{10} durchgeführt. Dabei geht die Messung an der Station Burg in das vierte Jahr. Die anderen Stationen wurden aufgrund der Erneuerung der Gerätegeneration automatischer Partikelmessgeräte von Sharp 5030 auf FIDAS 200E nach und nach neu ausgerüstet. Um so viele Erfahrungen wie möglich mit den neuen Geräten zu sammeln, wurde an möglichst vielen der neu ausgerüsteten Station auch ein Referenzmessgerät aufgestellt. An drei Stationen (ROVN, WENN, WGCC) wurde die Vergleichsmessung nach ungefähr einem halben Jahr auf $PM_{2,5}$ umgestellt.

Die unterschiedlichen Einsatzzeiten der Messgeräte an den einzelnen Messstationen sind in Tabelle 7 gezeigt. Da es im LÜSA bisher keine weitreichenden Erfahrungen zur Auswertung

von Vergleichsmessungen mit FIDAS 200E Geräten gab, wurden zwei verschiedene Auswertemethoden getestet.

Im ersten Schritt wurde die Vergleichsmessung an den einzelnen Standorten ausgewertet. Durch die langjährige Erfahrung mit den Grimm EDM 180 Geräten war bekannt, dass die Auswertung nicht nur einen standortspezifischen, sondern auch einen gerätespezifischen Faktor ergeben kann. Daher sollte untersucht werden, ob dieses Phänomen auch bei den FIDAS 200E Geräten auftritt. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 7 einzusehen. Es ist kein systematisches Verhalten der Geräte je nach Stationsart zu erkennen. Vielmehr gestalten sich die Faktoren variabel je nach lokalen Quellen in der Nähe der einzelnen Messstationen, auch im Vergleich zum Vorjahr. Daher ist eine Ableitung eines Korrekturfaktors für Stationen ohne Vergleichsmessung anhand stationsscharfer Korrekturfaktoren nicht ratsam.

Tabelle 7: Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren der FIDAS 200E-Geräte je Einsatzzeitraum im Jahr 2024 für die Komponente PM_{10}.

Station	Zeitraum und Gerät	Anzahl Wertepaare (Ausreißer)	Messunsicherheit Rohdaten	Korrekturfunktion	Messunsicherheit korrigierte Daten
BUCO	01.01.2024 – 31.12.2024	365 (4)	30,7 %	y = 0,899x	6,6 %
DOBO	15.01.2024 – 31.12.2024	346 (5)	26,8 %	y = 0,914x	5,8 %
HERP	01.01.2024 – 31.12.2024	358 (6)	10,2 %	y = 0,992x	7,4 %
M002	01.01.2024 – 31.12.2024	363 (6)	25,8 %	y = 0,946x	8,5 %
ROVN	18.06.2024 – 29.12.2024	193 (0)	8,0 %	y = 1,007x	7,4 %
WENN	19.06.2024 – 17.12.2024	182 (5)	5,8 %	y = 1,070x	5,9 %
WGCC	05.01.2024 – 17.06.2024	159 (4)	14,2 %	y = 0,970x	7,7 %

Daher wurden in einem zweiten Schritt Kollektive der Messstationen je nach Stationsart gebildet. Diese Vorgehensweise ist auch aus Messnetzen der anderen Bundesländer bekannt. Innerhalb dieser Kollektive wurde ein Korrekturfaktor ermittelt, welcher dann auch auf Stationen ohne Vergleichsmessung desselben Kollektivs angewendet werden kann. Die Ergebnisse dieser Vorgehensweise sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Korrekturfaktoren der FIDAS 200E-Geräte je Stationsart im Jahr 2024 für die Komponente PM_{10}.

Kollektiv	Errechnet aus den Vergleichsmessungen der Stationen	Faktor PM_{10}	Faktor ist anzuwenden auf die Messstationen
Verkehr	ROVN, HERP, M002	y = 0,972x	ROVN HERP M002 M003
Städtischer Hintergrund	BUCO, WENN, WGCC	y = 0,943x	BECO BUCO GRNN HTCC WENN WGCC
Ländlicher Hintergrund	DOBO	y = 0,914x	DOBO ZUWA

Die hier gezeigten Korrekturfaktoren je Stationsart wurden also auf die in Spalte 4 aufgelisteten Messstationen angewendet.

3.4 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Sharp 5030 in der Fraktion $PM_{2,5}$

2024 wurden an fünf Messstellen Parallelmessungen von Partikeln $PM_{2,5}$ zwischen gravimetrischem Referenzverfahren und dem automatischen Messsystem Sharp 5030 für die Komponente $PM_{2,5}$ durchgeführt. Dabei handelte es sich um zwei permanente Vergleichsmessungen an den Stationen HENN und MGWW sowie drei temporäre Vergleichsmessungen an den Stationen BUCO, HERP und HZUN. Die anderen für $PM_{2,5}$ vorgesehenen LVS Geräte wurden für Vergleichsmessungen mit dem EDM 180 bzw. FIDAS 200E eingesetzt.

Zur Auswertung wurden, entsprechend DIN EN 16450, sowohl die Vergleichsmessungen des Jahres 2024 als auch die Vergleichsmessungen der vorangegangenen fünf Jahre verwendet. Vor der Auswertung wurden die Datensätze mittels Grubbs-Tests (mit P = 99 %) auf Ausreißer getestet. Als Ausreißer identifizierte Datensätze wurden nicht in die Auswertung einbezogen, auch wenn die Ursache für Ausreißer nicht in jedem Fall geklärt werden konnte. In Tabelle 9 sind die zur Auswertung verwendeten $PM_{2,5}$-Messreihen zusammengefasst.

Tabelle 9: Zur Auswertung verwendete $PM_{2,5}$-Messreihen des Gerätetyps Sharp 5030.

Station	Zeitraum	Anzahl Wertepaare zur Berechnung
BUCO	13.01.2021 – 11.12.2021 29.06.2024 – 31.12.2024	347
DOBO	01.01.2022 – 21.12.2022	172
HENN	02.01.2020 – 30.12.2024	853
HERP	10.01.2024 – 10.04.2024	89
HZUN	01.07.2021 – 14.12.2021 18.06.2024 – 31.12.2024	349
MGWW	02.01.2020 – 30.12.2024	892
WSVW	19.03.2021 – 23.06.2021	92
Gesamt		**2.794**

Das Ergebnis der Auswertung über die in Tabelle 9 aufgeführten Messreihen ist in Abbildung 4 dargestellt. Bereits die Rohdaten halten die Anforderung an die Messunsicherheit von < 25 % mit einem Wert von 11,2 % sicher ein. Eine Kalibrierung mit der Funktion $y = 1{,}016x - 0{,}377$ würde keine Verbesserung der Messunsicherheit erzielen (11,5 %) und ist zusätzlich nicht notwendig, da laut DIN EN 16450 Anhang C eine Kalibrierung nicht erforderlich ist, wenn

- der Wert der Steigung $0{,}980 \leq b \leq 1{,}020$ und /oder
- der Wert des Achsenabschnitts $-1{,}0\ \mu g/m^3 \leq a \leq 1{,}0\ \mu g/m^3$ ist.

Beide Bedingungen treffen hier zu.

Vergleichsmessungen von automatischen Partikelmessgeräten für PM2.5 mit dem gravimetrischen Referenzverfahren

Zeitraum:	02.01.2020 bis 31.12.2024	**Messort(e):**	alle		
Gerätetyp:	SHARP 5030	**Referenzsammler:**	SEQ 47/50		
Grenzwert:	30	**obere BS:**	18	(für Jahresgrenzwert)	
Anzahl DS:	2794	**Anzahl DS>oBS:**	231	**entspricht**	8,3%
Ausreißer:	10	**→ N=**	2784	**alle Daten -Ausreißer**	

	Referenz	*Kandidat*
Mittelwert	8,5	8,8
Anzahl >LV	29	21

orthogonale Regression y=a+bx

r²	Anstieg	Absolutglied
0,9039	**0,9846**	**0,3712**
u	0,0058	0,0599
signifikant	**Ja**	**Ja**
Kal. notw.?	**Nein**	**Nein**

Unsicherheitsberechnung:

RSS:	9093,6		
u(random):	1,679		
u(syst.):	-0,092	***u(komb):***	1,682
u(Ref)*:	0,948		
u(add):	0,000	***U(erw):***	**11,2%**

orthogonale Regression y=bx

r²	Anstieg
0,9693	**1,0148**
u	0,0034
signifikant	**Ja**
Kal. notw.?	**Nein**

nach Kalibrierung mit: y(cal)=1,016y(i) + -0,377

RSS:	9388,7		
u(random):	1,720	***u(komb):***	1,730
u(syst.):	0,017		
u(cal):	0,184	***U(erw):***	**11,5%**

	Referenz	*Kandidat*
Mittelwert	8,5	8,5
Anzahl >LV	29	22

*) bereits in u(random) eingerechnet.

Abbildung 4: Äquivalenznachweis für den Gesamtdatensatz der Sharp 5030 Messgeräte in der Fraktion $PM_{2,5}$-Screenshot aus PM_Kalk.

Zusätzlich ist zu prüfen, ob auch an den Einzelmessstellen die Anforderung an die Messunsicherheit ohne Kalibrierung eingehalten ist. Diese Berechnung wird nur für die Vergleichsmessungen des Jahres 2024 durchgeführt, da für vorangehende Messungen die Prüfung bereits in den Vorjahren erfolgt ist. Die an den einzelnen Messstellen im Jahr 2024 ermittelten Messunsicherheiten für die Sharp 5030 Geräte zur $PM_{2,5}$-Messung sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Messunsicherheiten der unkorrigierten $PM_{2,5}$-Messreihen 2024, aufgenommen mit den Sharp 5030 Geräten.

Station	Anzahl Wertepaare	Messunsicherheit
BUCO	182	13,4 %
HENN	181	9,8 %
HERP	89	5,0 %
HZUN	193	23,4 %
MGWW	178	13,4 %

Die Station HERP weist eine geringere Datenbasis auf, da das Referenzgerät vorrangig für eine Vergleichsmessung des ebenfalls an der Station HERP betriebenen FIDAS 200E-Geräts platziert wurde. Das Sharp 5030 Gerät wurde im April aufgrund der Redundanz der Messung aus der Messstation ausgebaut. Nichtsdestotrotz können die erhobenen drei Monate ebenso für eine Vergleichsmessung des Sharp 5030 Geräts herangezogen werden.

Zusammenfassend wurde an allen Stationen die Anforderung an die Messunsicherheit ohne Kalibrierung eingehalten. Entsprechend muss keine Korrektur der Messdaten aus den automatischen Messungen vorgenommen werden.

Für Episoden mit erhöhten Feinstaubkonzentrationen ($PM_{2,5} \geq 18$ µg/m³) konnten im Jahr 2024 60 Wertepaare auf Äquivalenz untersucht werden, wobei kein Ausreißer mittels Grubbs-Tests erkannt wurde. Ohne Korrektur der Automatendaten wurde eine erweiterte Messunsicherheit von 24,4 % erreicht und damit das notwendige Kriterium eingehalten.

3.5 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp Grimm EDM 180 in der Fraktion $PM_{2,5}$

Im Jahr 2024 wurde an zwei Messstationen eine Vergleichsmessung für Partikel $PM_{2,5}$ zwischen gravimetrischem Referenzverfahren und dem automatischen Messsystem (AMS) vom Typ EDM 180 durchgeführt. Dies waren Magdeburg/Guericke-Straße und Halle/Paracelsusstraße.

Die eingesetzten Geräte werden einmal jährlich durch den Hersteller (Grimm Aerosol Technik Pouch GmbH) gewartet und kalibriert. Die Ermittlung der Messunsicherheiten und von notwendigen Korrekturfunktionen wird daher gerätespezifisch und bezogen auf die Einsatzzeiten zwischen zwei Kalibrierungen durchgeführt.

Die Datensätze werden vor der Berechnung mittels Grubbs-Tests (P = 99 %) auf Ausreißer geprüft. Ermittelte Ausreißer werden vor der Berechnung aus dem Datenkollektiv entfernt, auch wenn die Ursache des Ausreißers nicht in jedem Fall geklärt werden konnte. Tabelle 11 zeigt die für die verschiedenen Einsatzzeiten und Geräte ermittelten Messunsicherheiten und Kalibrierfunktionen an der Station M205 für $PM_{2,5}$.

Tabelle 11: Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren an der Station M205 im Jahr 2024 für die Fraktion $PM_{2,5}$ und den Gerätetyp Grimm EDM 180.

Zeitraum	Gerät	Anzahl Wertepaare (Ausreißer)	Messunsicherheit Rohdaten	Korrekturfunktion	Messunsicherheit korrigierte Daten
04.09.2023 – 18.09.2024	EDM180-01	280 (0)	31,1 %	y = 0,866x	10,6 %
19.09.2024 – 21.11.2024	EDM180-03	64 (0)	-	-	-
22.11.2024 – 27.03.2025	EDM180-01	141 (0)	28,2 %	y = 0,874x	12,3 %

Für den Zeitraum vom 04.09.2023 bis zum 18.09.2024 ist ein Korrekturfaktor von 0,866 anzuwenden. In diesem Zeitraum ist das laut DIN EN16450 gesetzte Kriterium, mindestens 20 % des Datensatzes müssen Konzentrationen größer als 18 µg/m³ (obere Beurteilungsschwelle) aufweisen, mit 8,6 % nicht erfüllt. Die Norm gibt für Standorte mit vergleichsweise niedrigen Konzentrationen als Alternative eine Anzahl von mindestens 32 Datenpunkten pro Vergleichsmessung vor. Dieses Kriterium wird an der Station M205 mit 24 Datenpunkten auch nicht eingehalten. Einige Datenpaare entfielen bei der Auswertung, da es einen Defekt am Temperatursensor des Referenzgeräts gab. Eine fehlerhafte Temperaturmessung führt zu einer falschen Berechnung des Volumenstroms am Gerät und damit zu einer Verfälschung der Messwerte.

Für den Zeitraum vom 19.09.2024 bis 21.11.2024 war das Gerät EDM180-03 an der Station M205 eingesetzt. Mit diesem Gerät gab es bereits im Vorjahr an der Station M501 für die $PM_{2,5}$-Messung Auffälligkeiten, die allerdings vom Hersteller nicht erklärt und nicht behoben werden konnten. Hierzu sei auf den Vorjahresbericht verwiesen. Diese Auffälligkeiten zeigten sich erneut bei der $PM_{2,5}$-Messung in M205, sodass das Gerät bereits nach 64 Tagen wieder ausgetauscht werden musste. Die EDM-Daten in diesem Zeitraum mussten unplausibel gemacht werden und stehen daher für die Auswertung der Vergleichsmessung nicht zur Verfügung.

Im November 2024 wurde nochmals das Gerät EDM180-01 in der Station M205 eingesetzt, nachdem es zuvor durch den Hersteller gewartet und kalibriert worden war. Da im März 2025 das Grimm Gerät in der Station M205 gegen ein FIDAS Gerät ausgetauscht wurde, soll der letzte Messzeitraum gleich zusammenhängend ausgewertet werden. Für den Zeitraum vom 22.11.2024 bis 27.03.2025 ist ein Faktor von 0,874 anzuwenden. In diesem Zeitraum ist das laut DIN EN16450 gesetzte Kriterium, mindestens 20 % des Datensatzes müssen Konzentrationen größer als 18 µg/m³ (obere Beurteilungsschwelle) aufweisen, mit 27 % erfüllt.

Tabelle 12 zeigt die für die verschiedenen Einsatzzeiten und Geräte ermittelten Messunsicherheiten und Kalibrierfunktionen an der Station M501 für $PM_{2.5}$.

Tabelle 12: Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren an der Station M501 im Jahr 2024 für die Fraktion $PM_{2,5}$ und den Gerätetyp Grimm EDM 180.

Zeitraum	Gerät	Anzahl Wertepaare (Ausreißer)	Messunsicherheit Rohdaten	Korrekturfunktion	Messunsicherheit korrigierte Daten
16.10.2023 – 06.05.2024	EDM180-03	203 (2)	-	-	-
07.05.2024 – 16.01.2025	EDM180-02	251 (2)	-	-	-

Im Zeitraum vom 16.10.2023 bis 06.05.2024 war das Gerät EDM180-03 an der Station M501 eingesetzt. Mit diesem Gerät gab es bereits seit dem Vorjahr an der Station für die $PM_{2,5}$-Messung Auffälligkeiten, die allerdings vom Hersteller trotz zahlreicher Konsultationen nicht erklärt und nicht behoben werden konnten. Hierzu sei auf den Vorjahresbericht verwiesen. Daher wurde seitens des Messnetzes entschieden, die im Jahr 2023 und 2024 an der Station Halle/Paracelsusstraße erhobenen Automatendaten zu verwerfen. Die bereits übersendeten Daten ans UBA wurden zurückgerufen. Die Messverpflichtung konnte durch die durchgehend laufende Referenzmessung trotzdem erfüllt werden. Eine Korrektur der Automatendaten ist daher nicht erfolgt.

Das Gerät EDM180-03 ist für einen Einsatz im Messnetz aus den erläuterten Gründen nicht mehr vorgesehen. Eine schnelle Ablösung durch die neue Gerätegeneration FIDAS 200E erfolgte im Januar 2025.

Für den kurzen Zeitraum von 16 Tagen im Jahr 2025 wird ein Faktor von 0,761 angewendet, der sich für das Gerät EDM180-02 am Standort M501 ergeben hat.

3.6 Äquivalenznachweis für den Gerätetyp FIDAS 200E in der Fraktion $PM_{2,5}$

Die FIDAS 200E Geräte messen zusätzlich die Feinstaubfraktionen PM_4, $PM_{2,5}$ und PM_1. Nur für $PM_{2,5}$ werden Vergleichsmessungen mit dem Referenzgerät LVS SEQ47/50 durchgeführt. Die anderen beiden Fraktionen werden nicht zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen.

Aufgrund der begrenzten Anzahl der Referenzgeräte (auch für die Sharp 5030 und Grimm EDM 180 Geräte mussten Vergleichsmessungen durchgeführt werden) wurden in der Fraktion $PM_{2,5}$ fast alle Vergleichsmessungen zwischen Referenzgerät und FIDAS 200E halbjährlich durchgeführt und das Referenzgerät im Anschluss an die nächste Station gebracht. Nur in Magdeburg/Schleinufer wurde ganzjährig gemessen und damit eine langjährige stationäre Vergleichsmessung weiter fortgesetzt. Diese Vorgehensweise birgt den Nachteil, dass nicht alle Jahreszeiten mit der Vergleichsmessung abgedeckt sind. Für den erwarteten Erkenntnisgewinn aus nahezu flächendeckenden Messungen wurde dies aber in Kauf genommen.

Tabelle 13 zeigt die für die verschiedenen Einsatzzeiten und Geräte ermittelten Messunsicherheiten und Kalibrierfunktionen.

Tabelle 13: Messunsicherheiten und Korrekturfaktoren der FIDAS 200E-Geräte im Jahr 2024 für die Komponente $PM_{2,5}$.

Station	Messzeitraum	Anzahl Wertepaare (Ausreißer)	Messunsicherheit Rohdaten	Korrekturfunktion	Messunsicherheit korrigierte Daten
BUCO	29.06.2024 – 31.12.2024	186 (3)	33,4 %	y = 0,856 x	7,3 %
DOBO	09.07.2024 – 31.12.2024	175 (4)	24,6 %	y = 0,907 x	8,0 %
HERP	10.01.2024 – 23.06.2024	163 (2)	11,7 %	y = 1,039 x	8,1 %
M003	01.01.2024 – 31.12.2024	366 (3)	17,7 %	y = 0,950 x	7,6 %
ROVN	17.01.2024 – 17.06.2024	152 (1)	19,8 %	y = 0,916 x	7,4 %
WENN	04.01.2024 – 18.06.2024	140 (0)	18,3 %	y = 1,096 x	6,6 %
WGCC	18.06.2024 – 17.12.2024	182 (6)	18,9 %	y = 0,930 x	7,5 %
ZUWA	01.01.2024 – 24.06.2024	167 (3)	31,6 %	y = 0,842 x	8,9 %

Analog zur Vorgehensweise bei PM_{10} werden auch in der Fraktion $PM_{2,5}$ Kollektive der Messstationen je nach Stationsart gebildet und für diese ein Korrekturfaktor berechnet. Dieser Faktor kann dann auch auf Messstationen desselben Kollektivs ohne Vergleichsmessung angewendet werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Korrekturfaktoren der FIDAS 200E-Geräte je Stationsart im Jahr 2024 für die Komponente $PM_{2,5}$.

Kollektiv	Errechnet aus den Vergleichsmessungen der Stationen	Faktor PM_{10}	Faktor ist anzuwenden auf die Messstationen
Verkehr	ROVN, HERP, M003	y = 0,962x	ROVN HERP M002 M003
Städtischer Hintergrund	BUCO, WENN, WGCC	y = 0,937x	BECO BUCO GRNN HTCC WENN WGCC
Ländlicher Hintergrund	DOBO, ZUWA	y = 0,883x	DOBO ZUWA

Die hier gezeigten Korrekturfaktoren wurden also auf die in Spalte 4 aufgelisteten Messstationen angewendet.

4 Stationsübersicht

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die im Bericht erwähnten LÜSA Messstationen, an denen das Referenzmessverfahren und/oder ein automatisches Messsystem eingesetzt wurde und deren Messreihe(n) in diesem Bericht zur Führung des Äquivalenznachweises genutzt wurde(n).

Tabelle 15: Messstationen des LÜSA mit Referenzmessverfahren und/oder automatischem Messsystem. Die Koordinaten sind im Gauß-Krüger-System (Bessel, Zone 3) angegeben.

Stationsname	Stationskürzel	Stationstyp	Rechtswert	Hochwert
Aschersleben	M102	Verkehr	4462098	5736285
Bernburg	BECO	Stadtgebiet	4482101	5741072
Bitterfeld/Wolfen	GRNN	Industrie	4521068	5724131
Burg	BUCO	Stadtgebiet	4490874	5792768
Dessau-Roßlau	ROVN	Verkehr	4516540	5750216
Domäne Bobbe	DOBO	Hintergrund	4492622	5744802
Goldene Aue (Roßla)	ROSS	Hintergrund	4436931	5702773
Halberstadt/Paulsplan	HTCC	Stadtgebiet	4435226	5751857
Halle/Nord	HENN	Stadtgebiet	4498652	5706842
Halle/Riebeckplatz	HERP	Verkehr	4498984	5704573
Halle/Paracelsusstraße	M501	Verkehr	4498809	5706685
Leuna	LASO	Industrie	4502347	5687395
Magdeburg/Guericke-Straße	M205	Verkehr	4474902	5777622
Magdeburg/Schleinufer	M003	Verkehr	4474947	5776400
Magdeburg/West	MGWW	Stadtgebiet	4473499	5777202
Stendal/Stadtsee	SLWW	Stadtgebiet	4489962	5829902
Unterharz/Friedrichsbrunn	HZUN	Hintergrund	4433916	5725774
Weißenfels/Am Krug	WSVW	Verkehr	4497378	5673589
Wernigerode/Bahnhof	WENN	Stadtgebiet	4416721	5745720
Wittenberg/Bahnstraße	WGCC	Stadtgebiet	4545816	5748738
Wittenberg/Dessauer Straße	M002	Verkehr	4541315	5748323
Zartau	ZUWA	Hintergrund	4444019	5829221
Zeitz	ZZCC	Stadtgebiet	4510015	5657721

5 Literaturverzeichnis

European Commission. (2008). *Demonstration of the equivalence of ambient air analytical method.* Proceedings of the workshop on demonstration of equivalence 2-4 May 2007 in Ispra (Italy).

Garche, D. W. (2019). *Softwarevalidierung und Bewertung: Auswertung der Vergleichsmessungen Automat-Referenzverfahren für PM10 und PM2,5 mit der Software PM_Kalk.* Magdeburg: Landesamt für Umweltschutz.

Ruben Beijk, T. H. (2018). *Orthogonal regression and equivalence test utility.* RIVM (Dutch Institute for Public Health and the Environment).

TÜV Rheinland Energy GmbH. (2016). *Bericht über die Ergänzungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung FIDAS 200S bzw. FIDAS 200 der Firma PALAS GmbH für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5.* Köln.

TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH. (2006). *Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Modell 5030 SHARP MONITOR mit PM10 Vorabscheider der Firma Thermo Fisher Scientific für die Komponente Schwebstaub PM10.* TÜV-Bericht: 936/21203481/A, Köln.

Umweltbundesamt Österreich. (2010). *Equivalence test of optical PM monitors by order of the company GRIMM at 4 measurement locations in Austria.* Wien.

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft. (2017). *Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM10; PM2,5).* Deutsche Fassung EN 16450:2017.

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft. (2023). *Außenluft - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM10- oder PM2,5-Massenkonzentration des Schwebstaubes.* Deutsche Fassung EN 12341:2014.