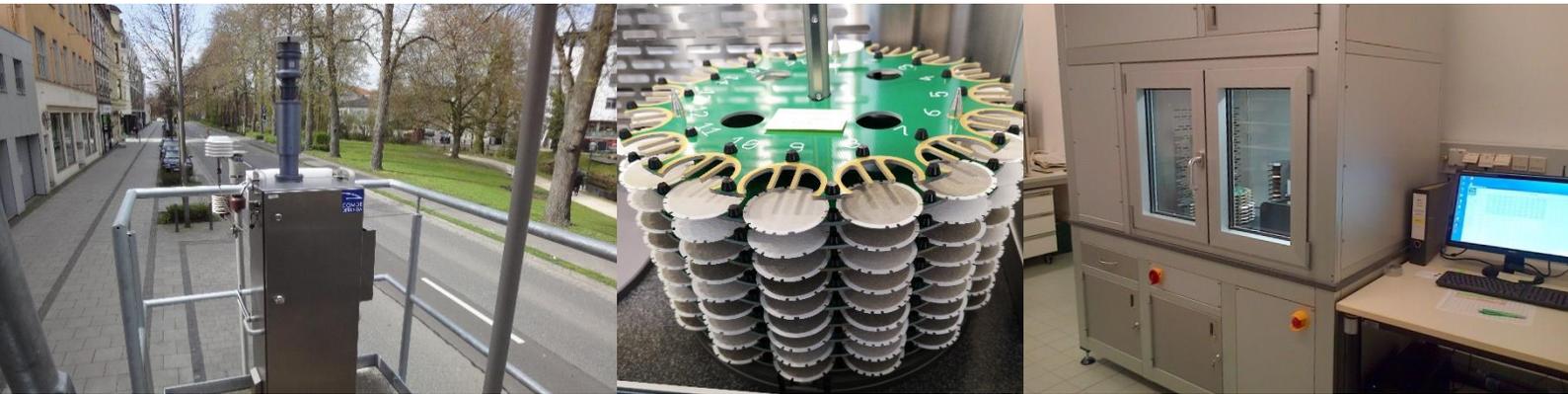




Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim



Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen

**PM_{2,5}-/ PM₁₀-Vergleichsmessungen
zwischen automatischen
Messungen und Referenzmess-
verfahren im Jahr 2023**

Festlegung der Korrekturfunktionen 2023

**Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung,
Lärm, Gefahrstoffe und Störfallvorsorge
– ZUS LLGS**



Niedersachsen

Titelbilder: Low-Volume-Sampler (links), Staubfilterproben auf Wägemagazin (mittig), Wägeautomat für Staubfilterproben (rechts),

Bericht Nr. 42-24-002

Stand: 13.03.2024

Durchführung:



Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm,
Gefahrstoffe und Störfallvorsorge – ZUS LLGS
Dezernat 42 und Dezernat 43
Goslarsche Straße 3, 31134 Hildesheim





Festlegung der Korrekturfunktionen für das Kalenderjahr 2023 und der vorläufigen Korrekturfunktionen für 2024 für PM_{2,5} und PM₁₀

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Grundlagen für die Festlegung der Korrekturfunktionen	3
3	Vergleichsmessungen in 2023	3
4	Ergebnisse und Festlegung der Korrekturfunktionen	3
4.1	Korrekturfunktion für die PM _{2,5} -Messung mittels FIDAS 200E.....	3
4.2	Korrekturfunktion für die PM ₁₀ -Messung mittels FIDAS 200E	4
4.3	Korrekturfunktion für die PM ₁₀ -Messung mittels SHARP 5030.....	4
Anhang A – Ergebnisse der PM_{2,5}-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E)		5
Anhang B – Ergebnisse der PM₁₀-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E)		6



1 Einleitung

Im Messnetz des LÜN werden neben gravimetrischen Referenzmessverfahren aus Kostengründen und zur aktuellen Information der Öffentlichkeit flächendeckend automatische, kontinuierlich messende Messgeräte für die Feinstaubmessung eingesetzt. Bei diesen Geräten können ohne Kalibrierung Abweichungen vom Referenzmessverfahren auftreten.

Daher kann es notwendig sein, die kontinuierlich erhobenen Daten durch Korrekturfunktionen auf das Referenzverfahren zu beziehen. Aus diesem Grund werden an ausgewählten Messstationen automatische Messgeräte und Referenzmessgeräte parallel betrieben. Zur Angleichung der Daten an das Referenzmessverfahren wird wie folgt vorgegangen. In einem ersten Schritt werden aktuell auflaufende Daten der automatischen Messgeräte mit der Korrekturfunktion des vorangegangenen Jahres vorläufig korrigiert. In einem zweiten Schritt werden die Feinstaubwerte nach Ablauf eines Kalenderjahres auf Basis der zum jeweiligen Kalenderjahr ermittelten Korrekturfunktion neu bewertet. Endgültig validierte Feinstaubwerte liegen somit immer erst zu Beginn des folgenden Kalenderjahres vor.

2 Grundlagen für die Festlegung der Korrekturfunktionen

Folgende Aspekte wurden bei der Festlegung der Korrekturfunktionen berücksichtigt:

- Die Äquivalenz gravimetrischer und automatischer Messverfahren ist im Rahmen der STIMES-Vergleichsmessungen im Jahr 2020 für PM_{2,5} und PM₁₀ nachgewiesen worden.
- Als Referenzmessverfahren kommen Staubsammler mit gravimetrischer Staubmassenbestimmung zum Einsatz. Zur Unterscheidung von PM₁₀ und PM_{2,5} werden bei der Probenahme fraktionierende Vorabscheider verwendet.
- Auf der Basis von Vergleichsmessungen werden jeweils 24-stündige Probenahmen zwischen Referenzmess- und automatischen Messverfahren über den Zeitraum eines Kalenderjahres ausgewertet.
- Zum Nachweis der Äquivalenz automatischer Messverfahren muss ein funktionaler Zusammenhang zum Referenzmessverfahren gegeben sein. In diesem Fall dürfen, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen, Messwerte entsprechend korrigiert werden.
- Anforderungen zum Nachweis der Äquivalenz sind in DIN EN 12341 (für PM₁₀ und PM_{2,5}), der DIN EN 16450 sowie in dem Report „Demonstration of equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ festgelegt.

3 Vergleichsmessungen in 2023

PM₁₀-Vergleichsmessungen wurden im Jahr 2023 grundsätzlich an neun Messstationen durchgeführt (5 Verkehrsmessstationen, 2 Industriemessstationen, 2 Hintergrundmessstationen), PM_{2,5}-Vergleichsmessungen an sechs Messstationen (2 Verkehrsmessstationen, 1 Industriemessstation, 3 Hintergrundmessstationen).

Die Feinstaubsammlung mit den Referenzgeräten erfolgte täglich bzw. 2-täglich.

Die FIDAS-Geräte erfassen neben der PM_{2,5}-Fraktion auch die PM₁₀-Konzentration. Erstmals werden für das Jahr 2023 auch deren PM₁₀-Daten zur Beurteilung herangezogen. Somit basiert die Beurteilung der PM₁₀-Belastung im Jahr 2023 auf Messungen mit den Gerätetypen SHARP 5030 und FIDAS 200E sowie auf dem gravimetrischen Referenzmessverfahren.

Für die Beurteilung der PM_{2,5}-Konzentration kamen jedoch nur FIDAS 200E-Geräte zum Einsatz.

4 Ergebnisse und Festlegung der Korrekturfunktionen

Zusammenfassend lassen sich folgende Punkte festhalten:

4.1 Korrekturfunktion für die PM_{2,5}-Messung mittels FIDAS 200E

- Die Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM_{2,5}-Messung mittels FIDAS-Geräte basiert auf Vergleichsmessungen an sechs LÜN-Standorten (s. Anhang A).



- Die Rohwerte halten das Qualitätsziel mit 23,9 % zwar bereits ein, jedoch kann durch Anwendung einer Korrekturfunktion die systematische Abweichung der FIDAS-Geräte vom Referenzmessverfahren am Grenzwert von 3,25 µg/m³ auf -0,11 µg/m³ deutlich verbessert werden.
- Für die PM_{2,5}-Rohwerte des FIDAS 200E wurde folgende allgemeine Korrekturfunktion ermittelt:

$$\text{FIDAS-PM}_{2,5} \text{ endgültig } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,9003 * \text{PM}_{2,5\text{roh}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) + 0,0654 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

- Nach Anwendung der Korrekturfunktion ergab sich für PM_{2,5}-Tagesmittelwerte eine erweiterte Messunsicherheit am Wert von 30 µg/m³ von 8,9 %.

4.2 Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS 200E

- Die Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS-Geräte basiert auf Vergleichsmessungen an neun LÜN-Standorten (s. Anhang B).
- Die Rohwerte halten das Datenqualitätsziel hinsichtlich der Messunsicherheit von 25 % mit 9,3 % zwar ein, jedoch zeigt die Auswertung eine systematische Abweichung der FIDAS-Geräte am Grenzwert von 1,25 µg/m³, die sich nach Anwendung einer Korrekturfunktion auf -0,08 µg/m³ reduzieren lässt.
- Für die PM₁₀-Rohwerte des FIDAS 200E wurde folgende allgemeine Korrekturfunktion ermittelt:

$$\text{FIDAS-PM}_{10} \text{ endgültig } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,9536 * \text{PM}_{10\text{roh}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) + 1,1268 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

- Nach Anwendung der Korrekturfunktion ergab sich für PM₁₀-Tagesmittelwerte eine erweiterte Messunsicherheit am Wert von 50 µg/m³ von 7,4 %.

4.3 Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels SHARP 5030

- Aufgrund fehlender Kapazitäten wurden im Jahr 2023 keine Vergleichsmessungen zwischen dem Gerätetyp SHARP 5030 und dem Referenzmessverfahren mehr durchgeführt. Aus diesem Grund wurden die Vergleichsergebnisse aus dem Vorjahr auf das Jahr 2023 übertragen, d.h., es wird weiterhin auf eine Korrektur der PM₁₀-Daten der SHARP-Geräte verzichtet.



Anhang A – Ergebnisse der PM_{2,5}-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E)

	HRSW	HRVS	OGCC	OKCC	OKVT	SROO	Gesamt- daten	
	täglich	täglich	zweitgl.	täglich	zweitgl.	zweitgl.		
Rohdaten 2023	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda		
1	Anzahl Datensätze insgesamt:	359	268	170	360	176	175	1508
2	Datenverfügbarkeit (%):	98,4%	98,5%	92,9%	98,6%	96,2%	95,6%	96,7%
3	Orthogonale Regression (Steigung):	0,8763	0,9025	0,9026	0,9660	0,8219	0,8440	0,9003
4	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt):	0,0828	0,7120	-0,2049	-0,6658	0,6489	0,6465	0,0654
5	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,92	0,89	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91

Daten 2022 zum Vergleich	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Ortho Reg.	
6	Orthogonale Regression (Steigung):	0,9496	0,9152	0,8823	0,9940	0,8878	0,9368	
7	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt):	-0,2308	0,5627	0,0981	-1,2114	0,3233	0,0296	-0,2115
8	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,92	0,9359	0,90	0,93	0,88	0,93	0,92

Datenvergleich 2023	HRSW	HRVS	OGCC	OKCC	OKVT	SROO	Gesamt	
9	Jahresmittelwert PM _{2,5} (Gravimetrie) (µg/m ³):	7,1	9,0	5,2	7,6	9,3	6,8	7,6
10	Jahresmittelwert PM _{2,5} (FIDAS-Rohdaten) (µg/m ³):	8,0	9,2	6,0	8,5	10,5	7,2	8,3
11	Jahresmittelwert FIDAS (XPM _{2,5}) berechnet s. o.:	7,3	8,3	5,5	7,7	9,5	6,6	7,6
12	Abweichung JMW bei FIDAS-Rohdaten (%):	12,7%	2,2%	15,4%	11,8%	12,9%	5,9%	---
13	Abweichung JMW bei kalibrierten Daten (%):	2,8%	-7,8%	5,8	1,3%	2,2%	-2,9%	---

(f=0,9003x + 0,0654) orthogonal s. o.)

Bewertung

Messunsicherheit - Tagesmittelwertbezug 30 µg/m³ (0,3 µg/m³ Standardmessunsicherheit des Referenzmessverfahrens)

	HRSW	HRVS	OGCC	OKCC	OKVT	SROO	Gesamt	
	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda		
14	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (PM _{2,5}) Rohdaten(%):	28,9	20,2	24,0	15,0	39,7	32,9	23,9
15	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (XPM _{2,5}) berechnet (%):	9,1	12,0	5,9	12,8	17,4	11,1	8,9

(f=0,9003x + 0,0654) orthogonal s. o.)

Bewertung 2022 zum Vergleich

16	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (PM _{2,5}) Rohdaten(%):	16,7	18,3	28,0	14,3	28,7	28,6	19,3
17	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (XPM _{2,5}) berechnet (%):	11,1	10,5	13,7	11,6	17,6	14,1	11,3

(f=0,9368x - 0,2115) orthogonal

Äquivalenz -Test	
Referenzmessverfahren (Reference) (RM):	Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM:	0,3 µg/m ³
Testmessverfahren (Candidate) (CM):	FIDAS
Messobjekt:	PM _{2,5}
Messort(e):	HRSW, HRVS, OGCC, OKCC, OKVT, SROO
Messzeitraum:	01.01.23 bis 31.12.23
Messergebnisse:	PM _{2,5} - Rohdaten
Grenzwert:	30 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %
Orthogonale Regressionsanalyse	
Steigungsmaß (b):	0,9003 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0085 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	0,0654 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,0747 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9096
Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode	
Zufällige Abweichungen:	1,50 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	3,25 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	3,58 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	11,93 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	23,9 % (K = 2)

Äquivalenz -Test	
Referenzmessverfahren (Reference) (RM):	Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM:	0,3 µg/m ³
Testmessverfahren (Candidate) (CM):	FIDAS
Messobjekt:	PM _{2,5}
Messort(e):	HRSW, HRVS, OGCC, OKCC, OKVT, SROO
Messzeitraum:	01.01.23 bis 31.12.23
Messergebnisse:	PM _{2,5} - kalibriert Gesamtfunktion
Grenzwert:	30 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %
Orthogonale Regressionsanalyse	
Steigungsmaß (b):	1,0049 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0076 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	-0,0373 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,0673 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9101
Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode	
Zufällige Abweichungen:	1,34 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	-0,11 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	1,34 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	4,47 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	8,9 % (K = 2)



Anhang B – Ergebnisse der PM₁₀-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E)

	BLWW zweitgl.	GNVS tgl.	HIVU tgl.	HRVS tgl.	OGCC tgl.	OKVT tgl.	OLVT tgl.	SROO zweitgl.	WNCC zweitgl.	Gesamt- daten
Rohdaten 2023	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	
1 Anzahl Datensätze insgesamt:	182	360	362	359	356	364	349	182	181	2695
2 Datenverfügbarkeit (%):	99%	99%	99%	98%	98%	100%	96%	99%	99%	99%
3 Orthogonale Regression (Steigung (b)):	0,9333	0,9126	0,8880	1,0213	0,9223	0,9166	0,9183	0,9060	0,9165	Ortho Reg. 0,9536
4 Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	0,2260	1,7048	1,8320	1,8460	0,6753	2,3922	1,5090	1,2188	0,6917	1,1268
5 Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,91	0,95	0,95	0,91	0,95	0,89	0,90	0,93	0,91	0,91

Daten 2022 zum Vergleich	Ortho Reg.									
6 Orthogonale Regression (Steigung (b)):	0,8923	0,9438	0,9247	0,8639	0,8672	0,9124	0,9104	0,8896	0,9579	0,9246
7 Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	0,767	1,5576	1,597	2,9575	1,016	1,8604	1,9193	1,4176	0,0925	1,2909
8 Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,95	0,95	0,96	0,89	0,95	0,92	0,95	0,93	0,96	0,94

Datenvergleich 2023	BLWW	GNVS	HIVU	HRVS	OGCC	OKVT	OLVT	SROO	WNCC	Gesamt
9 Jahresmittelwert PM ₁₀ (Gravimetrie) (µg/m ³):	12,9	14,8	13,9	15,6	9,3	16,6	15,2	11,8	10,8	13,9
10 Jahresmittelwerte PM10 (FIDAS 200-Rohdaten) (µg/m ³):	13,6	14,3	13,6	13,5	9,3	15,5	14,9	11,7	11,0	13,4
11 Jahresmittelwert FIDAS 200 (XPM10) berechnet s. o.:	14,1	14,8	14,1	14,0	10,0	15,9	15,4	12,3	11,7	13,9
12 Abweichung JMW bei FIDAS 200-Rohdaten (%):	5,4%	-3,4%	-2,2%	-13,5%	0,0%	-6,6%	-2,0%	-0,8%	1,9%	---
13 Abweichung JMW bei kalibrierten Daten (%) s. o.:	9,3%	0,0%	1,4%	-10,3%	7,5%	-4,2%	1,3%	4,2%	8,3%	---

(F=0,9536*1,1268) orthogonal s. o.

Bewertung 2023

Messunsicherheit - Tagesmittelwertbezug 50 µg/m³ (0,0 µg/m³ Standardmessunsicherheit des Referenzmessverfahrens)

	BLWW	GNVS	HIVU	HRVS	OGCC	OKVT	OLVT	SROO	WNCC	Gesamt
14 erw. Unsicherheit FIDAS 200 (PM10) Rohdaten(%):	15,2	13,2	17,9	13,8	14,5	12,4	13,8	16,4	16,4	9,3
15 erw. Unsicherheit FIDAS 200 (XPM10) berechnet (%):	10,2	8,5	12,5	17,5	9,1	9,5	9,5	11,0	11,0	7,4

(F=0,9536*1,1268) orthogonal s. o.

Äquivalenz -Test	
Referenzmessverfahren (Reference) (RM):	Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM:	0,7 µg/m ³
Testmessverfahren (Candidate) (CM):	FIDAS
Messobjekt:	PM10
Messort(e):	Alle PM10
Messzeitraum:	01.01.23 bis 31.12.23
Messergebnisse:	PM10 - Rohdaten
Grenzwert:	50 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %
Orthogonale Regressionsanalyse	
Steigungsmaß (b):	0,9536 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0059 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	1,1268 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,0901 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9127
Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode	
Zufällige Abweichungen:	1,95 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	1,25 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	2,32 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	4,64 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	9,3 % (K = 2)

Äquivalenz -Test	
Referenzmessverfahren (Reference) (RM):	Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM:	0,7 µg/m ³
Testmessverfahren (Candidate) (CM):	FIDAS
Messobjekt:	PM10
Messort(e):	Alle PM10
Messzeitraum:	01.01.23 bis 31.12.23
Messergebnisse:	PM10 - kalibriert, gem. Funktion
Grenzwert:	50 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %
Orthogonale Regressionsanalyse	
Steigungsmaß (b):	1,0022 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0056 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	-0,0298 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,0859 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9128
Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode	
Zufällige Abweichungen:	1,85 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	-0,08 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	1,85 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	3,70 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	7,4 % (K = 2)