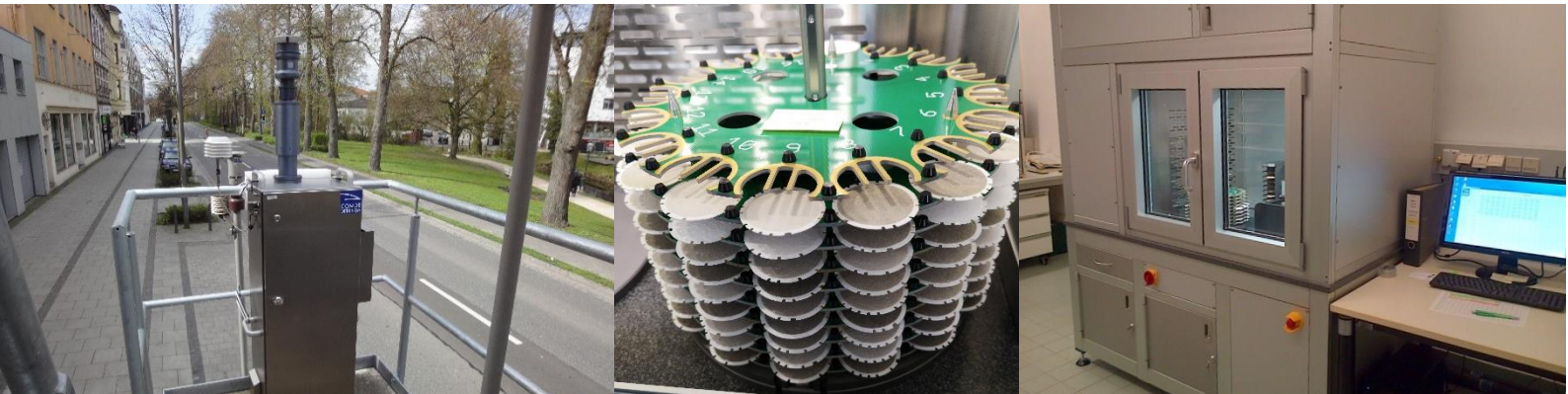




**Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim**



Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen

PM_{2,5}-/ PM₁₀-Vergleichsmessungen zwischen automatischen Messungen und Referenzmess- verfahren im Jahr 2021

Festlegung der Korrekturfunktionen 2021

**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. 42-22-002

Stand: 14.03.2022

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 2021 und der vorläufigen Korrekturfunktionen für 2022 für PM_{2,5} und PM₁₀

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Grundlagen für die Festlegung der Korrekturfunktionen	3
3	Vergleichsmessungen in 2021	3
4	Ergebnisse und Festlegung der Korrekturfunktionen	4
4.1	Korrekturfunktion für die PM _{2,5} -Messung mittels FIDAS 200E	4
4.1.1	Korrekturfunktion für die PM _{2,5} -Messung mittels FIDAS 200E (allgemein, außer OGCC)	4
4.1.2	Korrekturfunktion für die PM _{2,5} -Messung mittels FIDAS 200E (standortspezifisch für OGCC)	4
4.2	Korrekturfunktion für die PM ₁₀ -Messung mittels SHARP 5030 (allgemein)	4
4.3	Korrekturfunktion für die PM ₁₀ -Messung mittels FIDAS 200E (nicht für die EU-Berichterstattung)	4
4.3.1	Korrekturfunktion für die PM ₁₀ -Messung mittels FIDAS 200E (Verkehrsmessstationen)	4
4.3.2	Korrekturfunktion für die PM ₁₀ -Messung mittels FIDAS 200E (Hintergrundstationen außer OGCC)	5
4.3.3	Korrekturfunktion für die PM ₁₀ -Messung mittels FIDAS 200E (standortspezifisch für OGCC)	5
Anhang A	– Ergebnisse der PM _{2,5} -Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, allgemein, außer OGCC)	6
Anhang B	– Ergebnisse der PM _{2,5} -Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, standortspezifisch für OGCC)	7
Anhang C	– Ergebnisse der PM ₁₀ -Vergleichsmessungen (LVS vs. SHARP 5030, allgemein)	8
Anhang D	– Ergebnisse der PM ₁₀ -Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, Verkehrsmessstationen)	9
Anhang E	– Ergebnisse der PM ₁₀ -Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, Hintergrundstationen außer OGCC)	10
Anhang F	– Ergebnisse der PM ₁₀ -Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, standortspezifisch für OGCC)	11



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 Messverfahren ist im Rahmen der STIMES-Vergleichsmessungen im Jahr 2003 für PM₁₀, in den Jahren 2008/2009 für PM_{2,5} sowie im Jahr 2020 für PM_{2,5} und PM₁₀ nachgewiesen worden.
- Die Äquivalenz automatischer Messverfahren ist im Rahmen der STIMES-Vergleichsmessungen in den Jahren 2008/2009 für PM_{2,5} und 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 2021

PM₁₀-Vergleichsmessungen wurden im Jahr 2021 grundsätzlich an neun Messstationen durchgeführt (5 Verkehrsmessstationen, 2 Industriemessstationen, 2 Hintergrundmessstationen), PM_{2,5}-Vergleichsmessungen an vier Messstationen (1 Verkehrsmessstation, 1 Industriemessstation, 2 Hintergrundmessstation).

Aufgrund der Corona-Pandemie erfolgte die gravimetrische Feinstaubbestimmung 2021 mit zweitägigem Probenahmezyklus, um die Anzahl der Probenahmefahrten zu reduzieren.

Die FIDAS-Geräte erfassen neben der PM_{2,5}-Fraktion auch die PM₁₀-Konzentration, jedoch werden für das Jahr 2021 nur deren PM_{2,5}-Daten zur Beurteilung herangezogen. Maßgeblich für die Beurteilung der PM₁₀-Konzentration im Sinne der Messverpflichtungen waren weiterhin die eingesetzten SHARP-Geräte.

Im unmittelbaren Umfeld der Messstation OGCC wurde 2021 eine ehemals mit Rasen begrünte Fläche in einen provisorischen Parkplatz umgestaltet. Hierzu wurde ein Mineralstoffgemisch auf der Fläche aufgebracht, welches durch an- und abfahrende Fahrzeuge erkennbar aufgewirbelt wurde. Auf die sich dadurch ergebende (nicht für andere Standorte repräsentative) Staubzusammensetzung zeigt insbesondere das FIDAS-Gerät ansonsten unübliche Abweichungen zum Referenzmessgerät. Aus diesem Grund wurden die Vergleichsdaten der Station OGCC nicht zur Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM_{2,5}- und



PM₁₀-Messungen der FIDAS-Geräte verwendet. Für die Station OGCC wurden daher für das Jahr 2021 standortspezifische Korrekturfunktionen angewendet.

Das PM_{2,5} Referenzgerät an der Station HRVS wurde erst im April 2021 in Betrieb genommen. Damit es im Vergleichsdatensatz nicht zu einer Unterrepräsentanz der Monate Jan.- Mär. kommt, wurde der Vergleichsdatensatz dieser Messstation nicht zur Bestimmung der Korrekturfunktion für die FIDAS-Geräte für die PM_{2,5}-Fraktion verwendet.

4 Ergebnisse und Festlegung der Korrekturfunktionen

Zusammenfassend lassen sich folgende Punkte festhalten:

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

4.1.1 Korrekturfunktion für die PM_{2,5}-Messung mittels FIDAS 200E (allgemein, außer OGCC)

- Die Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM_{2,5}-Messung mittels FIDAS-Geräte basiert auf Vergleichsmessungen an vier LÜN-Standorten (s. Anhang A).
- Die Rohwerte halten das Qualitätsziel mit 21,4 % zwar bereits ein, jedoch können durch Anwendung einer Korrekturfunktion die systematische Abweichung der FIDAS-Geräte vom Referenzmessverfahren am Grenzwert von 2,65 µg/m³ auf -0,06 µg/m³ und damit die Messunsicherheit deutlich verbessert werden.
- Für die PM_{2,5}-Rohwerte des FIDAS 200E wurde folgende allgemeine Korrekturfunktion ermittelt:

$$\text{FIDAS-PM}_{2,5} \text{ endgültig } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,9456 * \text{PM}_{2,5} \text{ roh } (\mu\text{g}/\text{m}^3) - 0,8768 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

- Nach Anwendung der Korrekturfunktion ergab sich für PM_{2,5}-Tagesmittelwerte eine **erweiterte Messunsicherheit** am Wert von 30 µg/m³ **von 11,3 %**.

4.1.2 Korrekturfunktion für die PM_{2,5}-Messung mittels FIDAS 200E (standortspezifisch für OGCC)

- Die Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM_{2,5}-Messung mittels FIDAS-Geräte basiert auf Vergleichsmessungen an der Messstation OGCC (s. Anhang B).
- Für die PM_{2,5}-Rohwerte des FIDAS 200E wurde folgende standortspezifische Korrekturfunktion ermittelt:

$$\text{FIDAS-PM}_{2,5} \text{ OGCC, endgültig } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 1,1210 * \text{PM}_{2,5} \text{ OGCC, roh } (\mu\text{g}/\text{m}^3) - 1,7357 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

- Nach Anwendung der Korrekturfunktion ergab sich für PM_{2,5}-Tagesmittelwerte eine **erweiterte Messunsicherheit** am Wert von 30 µg/m³ **von 15,2 %**.

4.2 Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels SHARP 5030 (allgemein)

- Die Rohwerte halten das Datenqualitätsziel hinsichtlich der Messunsicherheit von 25 % mit **10,2 %** ein. Da auch die systematische Abweichung der SHARP-Geräte vom Referenzmessverfahren am Grenzwert mit -0,75 µg/m³ in 2021 zu vernachlässigen ist, kann auf eine Korrektur der PM₁₀-Daten der SHARP-Geräte verzichtet werden. (s. Anhang C).

4.3 Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS 200E (nicht für die EU-Berichterstattung)

Die PM₁₀-Vergleichsmessungen zeigen, dass in 2021 eine Differenzierung hinsichtlich der Stationskategorien „Verkehrsmessstation“ und „andere Messstation“ erforderlich ist, da die Anwendung einer allgemeinen, vom Stationstyp unabhängigen Funktion nicht überall zur Einhaltung des Datenqualitätsziels für die erweiterte Messunsicherheit führt. Wie in Kap. 3 bereits ausgeführt, erhält die Station OGCC zudem eine standortspezifische Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS 200E.

4.3.1 Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS 200E (Verkehrsmessstationen)

- Die Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS-Geräte basiert auf Vergleichsmessungen an fünf LÜN-Standorten (s. Anhang D).

- Die Rohwerte halten das Datenqualitätsziel hinsichtlich der Messunsicherheit von 25 % mit 11,0 % zwar ein, jedoch zeigt die Auswertung eine systematische Abweichung der FIDAS-Geräte am Grenzwert von 1,58 µg/m³, die sich nach Anwendung einer Korrekturfunktion auf -0,07 µg/m³ reduzieren lässt.
- Für die PM₁₀-Rohwerte des FIDAS 200E wurde folgende allgemeine Korrekturfunktion ermittelt:

$$\text{FIDAS-PM10}_{\text{Verkehr, endgültig}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,9438 * \text{PM10}_{\text{Verkehr, roh}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) + 1,3173 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

- Nach Anwendung der Korrekturfunktion ergab sich für PM₁₀-Tagesmittelwerte eine **erweiterte Messunsicherheit** am Wert von 50 µg/m³ **von 8,5 %**.

4.3.2 Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS 200E (Hintergrundstationen außer OGCC)

- Die Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS-Geräte basiert auf Vergleichsmessungen an drei LÜN-Standorten (s. Anhang E).
- Die Rohwerte halten das Qualitätsziel mit 22,4 % zwar ein, jedoch zeigt die Auswertung eine systematische Abweichung der FIDAS-Geräte am Grenzwert von 5,19 µg/m³. Durch Anwendung einer Korrekturfunktion reduziert sich die systematische Abweichung am Grenzwert auf -0,17 µg/m³.
- Für die PM₁₀-Rohwerte des FIDAS 200E wurde folgende allgemeine Korrekturfunktion ermittelt:

$$\text{FIDAS-PM10}_{\text{andere, endgültig}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,9011 * \text{PM10}_{\text{andere, roh}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) + 0,2691 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

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

4.3.3 Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS 200E (standortspezifisch für OGCC)

- Die Bestimmung der Korrekturfunktion für die PM₁₀-Messung mittels FIDAS-Geräte basiert auf Vergleichsmessungen an der Messstation OGCC (s. Anhang B).
- Für die PM₁₀-Rohwerte des FIDAS 200E wurde folgende standortspezifische Korrekturfunktion ermittelt:

$$\text{FIDAS-PM10}_{\text{OGCC, endgültig}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,7562 * \text{PM10}_{\text{OGCC, roh}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) + 1,4062 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

- Nach Anwendung der Korrekturfunktion ergab sich für PM₁₀-Tagesmittelwerte eine **erweiterte Messunsicherheit** am Wert von 50 µg/m³ **von 5,9 %**.

Die einzelnen Kenngrößen der Vergleichsmessungen sind den Anhängen A bis F zu entnehmen.

Anhang A – Ergebnisse der PM_{2,5}-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, allgemein, außer OGCC)PM_{2,5}-Vergleichsmessungen (ohne HRVS und OGCC) mit dem DERENDA PNS 18/24 T3,1 zur Kalibrierung der Ergebnisse der FIDAS 200-Monitore im LÜN - Kalenderjahr 2021

Rohdaten 2021	HRSW	HRVS	OGCC	OKCC	OKVT	SROO	Gesamt-daten
	zweitgl.	zweitgl.	zweitgl.	zweitgl.	zweitgl.	zweitgl.	
	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	
1	Anzahl Datensätze insgesamt:	178		181	167	180	706
2	Datenverfügbarkeit (%):	97,8%		99,5%	91,8%	98,9%	97,0%
3	Orthogonale Regression (Steigung):	0,9457		0,9695	0,9371	0,8944	0,9456
4	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt):	-0,8594		-1,4241	-0,3120	-0,5613	-0,8768
5	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,93		0,90	0,86	0,92	0,90

Daten 2020 zum Vergleich	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Ortho Reg.
	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	
6	Orthogonale Regression (Steigung):	0,8707		0,8818	0,8927	0,8466	0,8837
7	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt):	-0,1827		-0,5258	0,6962	0,2961	-0,0670
8	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,95		0,93	0,88	0,92	0,92

Datenvergleich 2021	HRSW	HRVS	OGCC	OKCC	OKVT	SROO	Gesamt
	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	Derenda	
9	Jahresmittelwert PM _{2,5} (Gravimetrie) (µg/m ³):	8,3		8,3	10,9	7,9	8,8
10	Jahresmittelwert PM _{2,5} (FIDAS-Rohdaten) (µg/m ³):	9,7		10,0	11,9	9,5	10,2
11	Jahresmittelwert FIDAS (XPM _{2,5}) berechnet s. o.:	8,3		8,6	10,4	8,1	8,8
12	Abweichung JMW bei FIDAS-Rohdaten (%):	16,9%		20,5%	9,2%	20,3%	---
13	Abweichung JMW bei kalibrierten Daten (%):	0,0%		3,6%	-4,6%	2,5%	---

(r=0,9456x - 0,8768) 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 (%):	20,2		19,6	22,1	29,6	21,4
15	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (XPM _{2,5}) berechnet (%):	9,4		10,8	14,9	13,3	11,3

(r=0,9456x - 0,8768) orthogonal s. o.)

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, OKCC, OKVT, SROO
Messzeitraum:	01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse:	PM _{2,5} - Roh (ohne OGCC, HRVS)
Grenzwert:	30 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b):	0,9456 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0124 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	-0,8768 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,1283 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9007

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen:	1,79 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	2,65 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	3,20 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	10,68 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	21,4 % (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, OKCC, OKVT, SROO
Messzeitraum:	01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse:	PM _{2,5} - kal. Ges. (ohne OGCC, HRVS)
Grenzwert:	30 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b):	1,0029 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0117 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	-0,0257 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,1213 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9010

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen:	1,69 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	-0,06 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	1,69 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	5,64 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	11,3 % (K = 2)



Anhang B – Ergebnisse der PM_{2,5}-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, standort-spezifisch für OGCC)

Äquivalenz -Test

Referenzmessverfahren (Reference) (RM):	Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM:	0,3 µg/m ³
Testmessverfahren (Candidate) (CM):	FIDAS
Messobjekt:	PM _{2,5}
Messort(e):	OGCC
Messzeitraum:	01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse:	PM _{2,5} - Rohdaten
Grenzwert:	30 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b):	1,1210 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0326 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	-1,7357 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,2595 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,7847

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen:	1,99 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	-1,69 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	2,61 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	8,71 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	17,4 % (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):	OGCC
Messzeitraum:	01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse:	PM _{2,5} - Stationskalibrierung
Grenzwert:	30 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b):	0,9862 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0366 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	0,0879 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,2909 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,7818

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen:	2,26 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	0,33 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	2,28 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	7,60 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	15,2 % (K = 2)

Anhang C – Ergebnisse der PM₁₀-Vergleichsmessungen (LVS vs. SHARP 5030, allgemein)PM₁₀-Vergleichsmessungen mit dem DERENDA PNS 18/24 T3,1
zur Kalibrierung der Ergebnisse der SHARP 5030-Monitore im LÜN - Kalenderjahr 2021

	Rohdaten 2021	BLWW	GNVS	HIVU	HRVS	OGCC	OKVT	OLVT	SROO	WNCC	Gesamt- daten
		zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	zweitgl. Derenda	
1	Anzahl Datensätze insgesamt:	171	176	181	181	170	179	176	168	171	1573
2	Datenverfügbarkeit (%):	94%	97%	99%	99%	93%	98%	97%	92%	94%	96%
3	Orthogonale Regression (Steigung (b)):	1,0326	1,0816	1,0166	0,9944	1,1145	1,0608	0,9160	0,9935	0,9088	1,0356
4	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	-0,9191	-1,7237	-0,1790	-0,1757	-2,2005	-1,0433	0,7559	-0,3656	-0,3634	-1,0059
5	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,83	0,92	0,93	0,90	0,93	0,90	0,85	0,91	0,88	0,90

Daten 2020 zum Vergleich											Ortho Reg.
6	Orthogonale Regression (Steigung (b)):	0,8794	0,9234	0,9229	0,8788	0,9698	0,9682	0,8791	0,9864	0,9794	0,9303
7	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	0,6849	0,2948	1,1008	2,2623	-0,63	1,0367	1,3436	0,071	-0,8565	0,6073
8	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,88	0,92	0,92	0,96	0,90	0,88	0,92	0,87	0,82	0,92

Datenvergleich 2021											Gesamt
9	Jahresmittelwert PM ₁₀ (Gravimetrie) (µg/m ³):	14,0	17,3	15,3	17,5	10,8	18,9	15,2	13,1	11,0	14,8
10	Jahresmittelwerte PM ₁₀ (SHARP 5030-Rohdaten) (µg/m ³):	14,4	17,6	15,2	17,8	11,6	18,8	15,7	13,6	12,5	15,3
11	Jahresmittelwert SHARP 5030 (XPM ₁₀) berechnet s. o.:	14,0	17,2	14,8	17,4	11,0	18,5	15,3	13,1	11,9	14,8
12	Abweichung JMW bei SHARP 5030-Rohdaten (%):	2,9%	1,7%	-0,7%	1,7%	7,4%	-0,5%	3,3%	3,8%	13,6%	- - -
13	Abweichung JMW bei kalibrierten Daten (%) s. o.:	0,0%	-0,6%	-3,3%	-0,6%	1,9%	-2,1%	0,7%	0,0%	8,2%	- - -

(f=1,0356; 1,0059) orthogonal s. o.

Bewertung 2021

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 SHARP 5030 (PM ₁₀) Rohdaten(%) :	11,1	12,7	8,0	10,8	15,0	13,8	18,7	8,5	23,3	10,2
15	erw. Unsicherheit SHARP 5030 (XPM ₁₀) berechnet (%) :	11,2	11,2	8,0	12,2	12,9	12,8	22,4	10,4	27,4	10,1

(f=1,0356; 1,0059) orthogonal s. o.

Äquivalenz -Test

Referenzmessverfahren (Reference) (RM): Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM: 0,7 µg/m³
Testmessverfahren (Candidate) (CM): Sharp
Messobjekt: PM₁₀
Messort(e): Alle PM₁₀
Messzeitraum: 01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse: PM₁₀ - Rohdaten
Grenzwert: 50 µg/m³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit: 25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b): 1,0356 µg/m³
Standardunsicherheit der Steigung: 0,0075 µg/m³
Achsenabschnitt (a): -1,0059 µg/m³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts: 0,1284 µg/m³
Bestimmtheitsmaß (r²): 0,9024

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen: 2,44 µg/m³
Systematische Abweichung am Grenzwert: -0,75 µg/m³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten: 2,55 µg/m³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert: 5,10 %
Erweiterte relative Messunsicherheit: 10,2 % (K = 2)

Anhang D – Ergebnisse der PM₁₀-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, Verkehrsmessstationen)PM₁₀-Vergleichsmessungen (Verkehr) mit dem DERENDA PNS 18/24 T3,1
zur Kalibrierung der Ergebnisse der FIDAS 200-Monitore im LÜN - Kalenderjahr 2021

Rohdaten 2021		GNVS zweitgl. Derenda	HIVU zweitgl. Derenda	HRVS zweitgl. Derenda	OKVT zweitgl. Derenda	OLVT zweitgl. Derenda	Verkehr
1	Anzahl Datensätze insgesamt:	181	182	182	178	176	899
2	Datenverfügbarkeit (%):	99%	100%	100%	98%	97%	99%
3	Orthogonale Regression (Steigung (b)):	0,9267	0,9388	0,9717	0,9232	0,9667	Ortho Reg. 0,9438
4	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	1,3085	1,3064	1,1455	1,8478	0,9011	1,3173
5	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,95	0,94	0,91	0,93	0,89	0,93

Daten 2020 zum Vergleich							Ortho Reg.
6	Orthogonale Regression (Steigung (b)):	1,0049	1,0278	0,9756	1,0035	1,0218	1,0104
7	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	0,6817	0,63	2,1356	1,9222	0,9281	1,1922
8	Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,91	0,90	0,87	0,88	0,91	0,89

Datenvergleich 2021		GNVS	HIVU	HRVS	OKVT	OLVT	Gesamt
9	Jahresmittelwert PM ₁₀ (Gravimetrie) (µg/m ³):	17,0	15,3	17,6	18,5	15,1	16,7
10	Jahresmittelwerte PM ₁₀ (FIDAS 200-Rohdaten) (µg/m ³):	17,0	14,9	17,0	18,1	14,7	16,3
11	Jahresmittelwert FIDAS 200 (XPM10) berechnet s. o.:	17,3	15,4	17,3	18,4	15,2	16,7
12	Abweichung JMW bei FIDAS 200-Rohdaten (%):	0,0%	-2,6%	-3,4%	-2,2%	-2,6%	---
13	Abweichung JMW bei kalibrierten Daten (%) s. o.:	1,8%	0,7%	-1,7%	-0,5%	0,7%	---

(f=0,9438+1,3173) orthogonal s. o.

Bewertung 2021

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 (PM ₁₀) Rohdaten (%):		12,7	10,5	10,4		13,4	9,4		11,0
15	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (XPM10) berechnet (%):		8,0	7,0	11,0		9,9	9,0		8,5

(f=0,9438+1,3173) orthogonal s. o.

Äquivalenz -Test

Referenzmessverfahren (Reference) (RM): Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM: 0,7 µg/m³
Testmessverfahren (Candidate) (CM): FIDAS
Messobjekt: PM10
Messort(e): PM10 (FIDAS) - VERKEHR
Messzeitraum: 01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse: PM10 - Rohdaten
Grenzwert: 50 µg/m³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit: 25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b): 0,9438 µg/m³
Standardunsicherheit der Steigung: 0,0093 µg/m³
Achsenabschnitt (a): 1,3173 µg/m³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts: 0,1742 µg/m³
Bestimmtheitsmaß (r²): 0,9290

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen: 2,26 µg/m³
Systematische Abweichung am Grenzwert: 1,58 µg/m³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten: 2,76 µg/m³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert: 5,52 %
Erweiterte relative Messunsicherheit: 11,0 % (K = 2)

Äquivalenz -Test

Referenzmessverfahren (Reference) (RM): Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM: 0,7 µg/m³
Testmessverfahren (Candidate) (CM): FIDAS
Messobjekt: PM10
Messort(e): PM10 (FIDAS) - VERKEHR
Messzeitraum: 01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse: PM10 - kalibriert, Verkehr
Grenzwert: 50 µg/m³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit: 25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b): 1,0021 µg/m³
Standardunsicherheit der Steigung: 0,0088 µg/m³
Achsenabschnitt (a): -0,0355 µg/m³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts: 0,1644 µg/m³
Bestimmtheitsmaß (r²): 0,9291

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen: 2,12 µg/m³
Systematische Abweichung am Grenzwert: -0,07 µg/m³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten: 2,12 µg/m³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert: 4,24 %
Erweiterte relative Messunsicherheit: 8,5 % (K = 2)

Anhang E – Ergebnisse der PM₁₀-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, Hintergrundstationen außer OGCC)

PM₁₀-Vergleichsmessungen (Hintergrund ohne OGCC) mit dem DERENDA PNS 18/24 T3,1
zur Kalibrierung der Ergebnisse der FIDAS 200-Monitore im LÜN - Kalenderjahr 2021

		BLWW						SROO	WNCC	Hintergrun d
		zweitgl.						zweitgl.	zweitgl.	
Rohdaten 2021		Derenda						Derenda	Derenda	
1	Anzahl Datensätze insgesamt:	170						169	168	507
2	Datenverfügbarkeit (%):	93%						93%	92%	93%
3	Orthogonale Regression (Steigung (b)):	0,9768						0,8355	0,8891	Ortho Reg. 0,9011
4	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	-0,5494						1,2348	0,0645	0,2691
5	Bestimmtheitsmaß (r²):	0,89						0,93	0,93	0,91
Daten 2020 zum Vergleich										
6	Orthogonale Regression (Steigung (b)):	0,8461						0,8601	0,8923	Ortho Reg. 0,8620
7	Orthogonale Regression (Achsenabschnitt (a)):	0,6182						1,2119	0,3075	0,7409
8	Bestimmtheitsmaß (r²):	0,93						0,92	0,89	0,92
Datenvergleich 2021										
		BLWW						SROO	WNCC	Gesamt
9	Jahresmittelwert PM ₁₀ (Gravimetrie) (µg/m³) :	14,0						13,1	10,9	12,7
10	Jahresmittelwerte PM ₁₀ (FIDAS 200-Rohdaten) (µg/m³):	14,9						14,2	12,2	13,8
11	Jahresmittelwert FIDAS 200 (XPM10) berechnet s. o. :	13,7						13,0	11,3	12,7
12	Abweichung JMW bei FIDAS 200-Rohdaten (%) :	6,4%						8,4%	11,9%	- - -
13	Abweichung JMW bei kalibrierten Daten (%) s. o. :	-2,1%						-0,8%	3,7%	- - -
(f=0,9011x+0,2691) orthogonales s. o.										

(f=0,9011x+0,2691) orthogonal s. o.

Bewertung 2021

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

	BLWW				SROO		WNCC		Hintergrund
									gesamt
14	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (PM10) Rohdaten(%):	11,3				34,6	25,4		22,4
15	erw. Unsicherheit FIDAS 200 (XPM10) berechnet (%):	15,4				13,3	6,1		7,4

(f=0,9011x+0,2691) 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):	PM10 (FIDAS) - HINTERGRUND
Messzeitraum:	01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse:	PM10 - Rohdaten ohne OGCC
Grenzwert:	50 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b):	0,9011 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0142 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	0,2691 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,2040 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9145

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen:	2,08 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	5,19 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	5,59 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	11,18 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	22,4 % (K = 2)

Äquivalenz -Test

Referenzmessverfahren (Reference) (RM):	Gravimetrie
Standardmessunsicherheit des RM:	0,7 µg/m ³
Testmessverfahren (Candidate) (CM):	FIDAS
Messobjekt:	PM10
Messort(e):	PM10 (FIDAS) - HINTERGRUND
Messzeitraum:	01.01.21 bis 31.12.21
Messergebnisse:	PM10 - kalib. Hintergrund ohne OGCC
Grenzwert:	50 µg/m ³
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit:	25 %

Orthogonale Regressionsanalyse

Steigungsmaß (b):	1,0046 µg/m ³
Standardunsicherheit der Steigung:	0,0128 µg/m ³
Achsenabschnitt (a):	-0,0586 µg/m ³
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts:	0,1838 µg/m ³
Bestimmtheitsmaß (r ²):	0,9149

Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode

Zufällige Abweichungen:	1,85 µg/m ³
Systematische Abweichung am Grenzwert:	-0,17 µg/m ³
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten:	1,85 µg/m ³
Standardmessunsicherheit am Grenzwert:	3,71 %
Erweiterte relative Messunsicherheit:	7,4 % (K = 2)



Anhang F – Ergebnisse der PM₁₀-Vergleichsmessungen (LVS vs. FIDAS 200E, standort-spezifisch für OGCC)

Äquivalenz -Test				Äquivalenz -Test			
Referenzmessverfahren (Reference) (RM): Gravimetrie				Referenzmessverfahren (Reference) (RM): Gravimetrie			
Standardmessunsicherheit des RM: 0,7 µg/m ³				Standardmessunsicherheit des RM: 0,7 µg/m ³			
Testmessverfahren (Candidate) (CM): FIDAS				Testmessverfahren (Candidate) (CM): FIDAS			
Messobjekt: PM10				Messobjekt: PM10			
Messort(e): OGCC				Messort(e): OGCC			
Messzeitraum: 01.01.21 bis 31.12.21				Messzeitraum: 01.01.21 bis 31.12.21			
Messergebnisse: PM10 - Rohdaten				Messergebnisse: PM10 - Stationskalibrierung			
Grenzwert: 50 µg/m ³				Grenzwert: 50 µg/m ³			
Datenqualitätsziel der Messunsicherheit: 25 %				Datenqualitätsziel der Messunsicherheit: 25 %			
Orthogonale Regressionsanalyse				Orthogonale Regressionsanalyse			
Steigungsmaß (b): 0,7562 µg/m ³				Steigungsmaß (b): 1,0049 µg/m ³			
Standardunsicherheit der Steigung: 0,0187 µg/m ³				Standardunsicherheit der Steigung: 0,0141 µg/m ³			
Achsenabschnitt (a): 1,4062 µg/m ³				Achsenabschnitt (a): -0,0515 µg/m ³			
Standardunsicherheit des Achsenabschnitts: 0,2540 µg/m ³				Standardunsicherheit des Achsenabschnitts: 0,1921 µg/m ³			
Bestimmtheitsmaß (r ²): 0,9646				Bestimmtheitsmaß (r ²): 0,9648			
Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode				Äquivalenz Ergebnisse für die Kandidatmethode			
Zufällige Abweichungen: 2,03 µg/m ³				Zufällige Abweichungen: 1,47 µg/m ³			
Systematische Abweichung am Grenzwert: 14,26 µg/m ³				Systematische Abweichung am Grenzwert: -0,19 µg/m ³			
Kombinierte Abweichungsunsicherheiten: 14,40 µg/m ³				Kombinierte Abweichungsunsicherheiten: 1,48 µg/m ³			
Standardmessunsicherheit am Grenzwert: 28,81 %				Standardmessunsicherheit am Grenzwert: 2,97 %			
Erweiterte relative Messunsicherheit: 57,6 % (K = 2)				Erweiterte relative Messunsicherheit: 5,9 % (K = 2)			