



PM₁₀-ÄQUIVALENZNACHWEIS

für die automatischen Geräte
des Typs Grimm-EDM180
des Berliner Luftgütemessnetzes
für das Jahr 2023

Senatsverwaltung
für Mobilität, Verkehr,
Klimaschutz und Umwelt

BERLIN



Impressum

Herausgeber:

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt
Berliner Luftgütemessnetz
Brückenstraße 6
10179 Berlin
Tel.: 030-9025-0

Bearbeitung:

Sean Carlos Conrad, Sebastian Clemen, Dr. Katja Grunow, Dr. Heike Kaupp

Stand:

Juni 2024

Bezug des Berichts bei:

Sean Carlos Conrad
Tel.: 030-9025-2355
E-Mail: carlos.conrad@senmvku.berlin.de

Titelbild:

Automatisches PM-Messgerät EDM180 der Firma Grimm in Betrieb, Quelle: Berliner Luftgütemessnetz

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Kurzzusammenfassung	4
1 Vergleichsgeräte und Orte im Jahr 2023	5
2 Bedingung an die Datensätze für die Überprüfung der Vergleichbarkeit der automatischen Messgeräte zur Referenzmethode (DIN EN 16450 7.5.8.2)	5
3 Ergebnisse	6
Anlage	8
Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis.....	9
Referenzen.....	9

Kurzzusammenfassung

Im Jahr 2023 wurden an fünf Berliner Standorten PM₁₀-Parallelmessungen der Automaten EDM180 der Firma Grimm zur gravimetrischen Referenz durchgeführt. Die geforderte erweiterte Messunsicherheit kleiner oder gleich 25 % am Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ der automatischen Geräte zur Referenz wird nach Anwendung von Korrekturfunktionen an allen Vergleichsorten eingehalten.

Die Korrektur für die EDM180 pro Belastungsregime wurde gegenüber dem Vorjahr verändert. Die Regime städtisches Randgebiet und städtisches Wohngebiet wurden getrennt, so dass das städtische Randgebiet mit einer eigenen Funktion korrigiert wird:

- Städtisches Randgebiet: $0,72 \cdot \text{EDM180} + 2,52$
- Städtisches Wohngebiet und: $0,83 \cdot \text{EDM180} + 2,60$
- Straßen: $0,92 \cdot \text{EDM180} + 3,40$

Die erweiterte relative Messunsicherheit beträgt im Jahr 2023 - unter Verwendung einer Messunsicherheit des Referenzverfahrens von 0,7 µg/m³ - für alle Orte gemeinsam 9,1 %; für einzelne Orte zwischen 8,1 % und 22,0 %. Sie liegt damit unter 25 %. Die Auswertung aller Jahre (von 2010 bis 2023) mit den entsprechenden Korrekturfunktionen ergibt für alle Orte gemeinsam 10,8 %; für einzelne Orte zwischen 9,2 % und 12,8 % und liegt damit deutlich unter 25 %.

In Anlage 6 Absatz A 4 der 39. BImSchV wird in Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa die Referenzmethode für die Beurteilung der PM₁₀-Konzentration nach DIN EN 12341:2014-08 festgelegt. Hier wird auch auf das Verfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von automatischen Messverfahren zur Referenzmethode verwiesen. Die automatischen Messgeräte zur PM-Bestimmung werden gemäß DIN EN 16450:2017-07 betrieben.

1 VERGLEICHSGERÄTE UND ORTE IM JAHR 2023

- Im Berliner Luftgütemessnetz wird die PM₁₀-Konzentration an 5 Stationen mit dem gravimetrischen Referenzverfahren gemäß 39. BImSchV erhoben. Dabei werden SEQ-Geräte der Firma Leckel (SEQ47/50 Geräte mit PM₁₀-Kopf) eingesetzt.
- An allen 5 Stationen werden auch automatische PM₁₀-Geräte betrieben, so dass als Vergleichsorte für das Jahr 2023 folgende Stationen zur Verfügung stehen:
 - an Straßen: DEBE061 (MC117) und DEBE065 (MC174),
 - im innerstädtischen Hintergrund DEBE034 (MC042) und DEBE068 (MC171) sowie
 - am Stadtrand DEBE051 (MC077).
- Als automatische Messgeräte kommen ausschließlich EDM180 der Firma Grimm mit Software aus dem Eignungstest zum Einsatz.
- Nach DIN EN 16450:2017-07 Absatz 8.6.2 ist bis zur max. zulässigen erweiterten Messunsicherheit von 25 % eine Mindestanzahl von 5 Vergleichsorten festgelegt (siehe Tabelle 1). Diese Mindestanzahl wird erfüllt.

Tabelle 1: Anzahl der notwendigen Vergleichsmessungen in Abhängigkeit der erweiterten Unsicherheit

Erweiterte Unsicherheit in %	≤ 10	10-15	15-20	20-25
Anzahl Vergleichsmessungen	2	3	4	5

- Die SEQ-Geräte werden im klimatisierten Messcontainer mit folgenden Spezifikationen betrieben: Motherboard Software 3.0.0, Motherboard Hardware 1.0.0, Kommunikationsmodul Software 5.0.0 oder 5.0.1, Kommunikationsmodul Hardware 2.0.0.
- Beim gravimetrischen Verfahren werden Quarzfaserfilter vom Typ MN QF-10 eingesetzt, welche vorbehandelt wurden (glühen, befeuchten, equilibrieren).
- Die gravimetrische Probenahme erfolgt an allen Stationen täglich.
- Die Wartung und Kalibrierung der kontinuierlichen Messgeräte und der Partikelsammler erfolgte im Routinebetrieb.
- Die Verfügbarkeit ist bei den SEQ und den EDM180 an allen Orten deutlich größer als 90 %.

2 BEDINGUNG AN DIE DATENSÄTZE FÜR DIE ÜBERPRÜFUNG DER VERGLEICHBARKEIT DER AUTOMATISCHEN MESSGERÄTE ZUR REFERENZMETHODE (DIN EN 16450-7 7.5.8.2)

1. Die Referenzmethode muss eine Unsicherheit $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ haben (DIN EN 16450:2017-7; 7.5.8.3).
2. Die Kandidatenmethode (EDM180) muss eine Unsicherheit $\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ haben (DIN EN 16450:2017-07; 7.5.8.4).
3. Ausreißer dürfen mit bis zu 2,5 % entfernt werden - diese müssen begründet und dokumentiert werden. Danach muss jeder Datensatz noch mehr als 40 verwendete Datenpaare enthalten (DIN EN 16450:2017-07; 7.5.8.2).
4. Mindestens 20 % der Daten müssen größer oder gleich der oberen Beurteilungsschwelle (70 % des Jahresgrenzwertes = $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sein, wenn das nicht erreicht wird, müssen mindestens 32 Datensätze mit Werten oberhalb oder gleich der oberen Beurteilungsschwelle für den Vergleich vorhanden sein (DIN EN 16450:2017-07; 7.5.8.2).
5. Die erweiterte kombinierte Messunsicherheit der Kandidaten muss bei PM₁₀ am Tagesgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq 25 \%$ sein:
 - für alle Ergebnisse zusammen,
 - für alle Datensätze $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie
 - für Datensätze für jeden einzelnen Standort. (DIN EN 16450:2017-07; 7.5.8.5).

Der Nachweis für EDM180 wird durch die Anwendung der orthogonalen Regression mittels Excel-Sheet [Equivalence Tool V3.1] durchgeführt.

3 ERGEBNISSE

1. Die zufällige Unsicherheit der Referenzmethode wurde im Jahr 2023 durch Parallelmessungen SEQ zu SEQ an zwei Messstationen (MC174 und MC042) jeden 2. Tag über das gesamte Jahr ermittelt. Bei den SEQ 47/50 Geräten der Firma Leckel wurde eine Unsicherheit von $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2023 bestimmt und verwendet.
2. Die zufällige Unsicherheit der Kandidatenmethode wurde für das Jahr 2023 durch Parallelmessungen mit GRIMM EDM180 am MC174 ermittelt und für den Gesamtdatensatz mit $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für den Datensatz $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt.
3. Außer an den Tagen Silvester und Neujahr, die prinzipiell als Ausreißer behandelt werden, wurden im Datensatz keine weiteren Ausreißer identifiziert. Pro Messstation wurden im Datensatz 2023 somit maximal 0,6 % Ausreißer festgestellt und von den weiteren Untersuchungen ausgeschlossen (siehe Tabelle 2). Es liegen an allen Stationen mehr als 40 Datensätze für den Vergleich vor.
4. Es liegen weniger als 20 % der SEQ-Daten oberhalb der oberen Beurteilungsschwelle. Für den Gesamtdatensatz aller Messcontainer und einen innerstädtischen Messcontainer einzeln wurde die Mindestanzahl von 32 Wertepaaren oberhalb der oberen Beurteilungsschwelle erreicht. An den Stationen MC077, MC042, MC117, MC171 wurde auf Grund der abnehmenden Partikelbelastung die Mindestanzahl in 2023 nicht mehr erreicht (siehe Tabelle 2). Diesem Mangel kann nur über eine Anpassung der Norm und/oder der gesetzlichen Grundlagen an die bundesweit gesunkene Partikelbelastung Rechnung getragen werden. Eine Verlängerung der Beprobungszeit oder eine Erhöhung des Volumenstroms ist gemäß DIN EN 12341:2014-08 nicht zulässig.
5. Die erweiterte Messunsicherheit der automatischen Geräte zur Referenz wird ohne Korrekturfunktion nicht eingehalten. Vermutlich verursacht durch eine geänderte Partikelzusammensetzung, konnten in 2023 das städt. Randgebiet und das städt. Wohngebiet nicht mehr gemeinsam mit einer einzigen Funktion korrigiert werden. Die Korrektur für die EDM180 pro Belastungsregime war erforderlich mit folgenden Funktionen:
 - Städtisches Randgebiet: $0,72 \cdot \text{EDM180} + 2,52$
 - Städtisches Wohngebiet: $0,83 \cdot \text{EDM180} + 2,60$
 - Straßen: $0,92 \cdot \text{EDM180} + 3,40$

Das verbessert die Vergleichbarkeit und ermöglicht den Nachweis der Gleichwertigkeit im Jahr 2023.

Es wurde für alle Ergebnisse zusammen, für jeden Messort einzeln und für alle Daten $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Äquivalenztest durchgeführt und die erweiterte Unsicherheit von $\leq 25 \%$ am Grenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten.

- Der Vergleich der Tagesmittelwerte aller Vergleichsorte (MC174, MC042, MC117, MC077 und MC171) zwischen SEQ (Referenzmethode RM) und Automaten (Kandidatmethode CM) ist in Abbildung 1 dargestellt. Die zulässige erweiterte Unsicherheit von $\leq 25 \%$ ist deutlich eingehalten.
- Pro Messort beträgt die erweiterte Messunsicherheit zwischen 8,1 % und 22,0 %. (siehe Anlage).

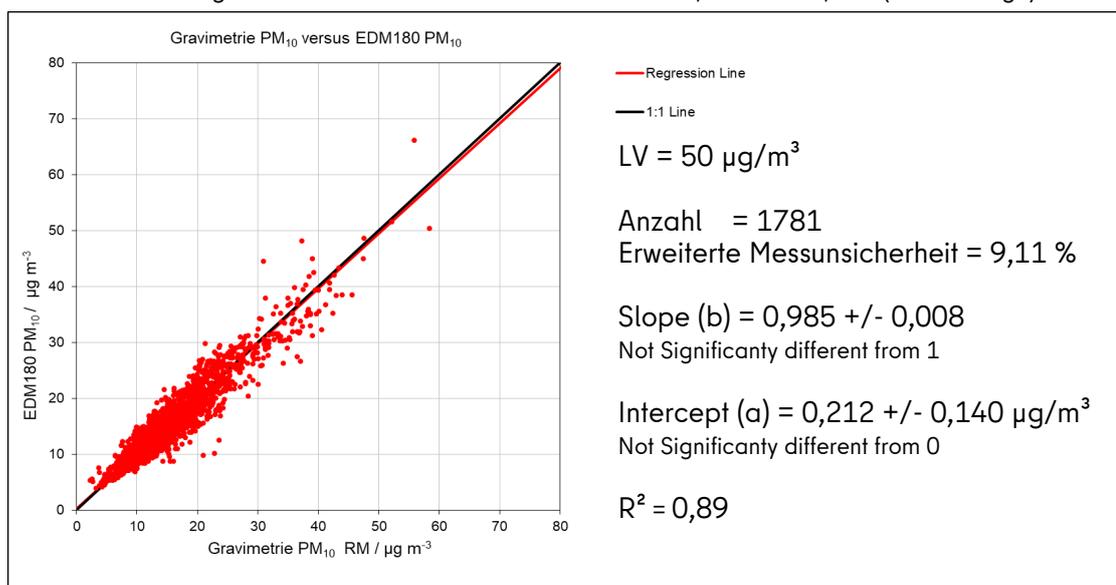


Abbildung 1: Vergleich Automat EDM180 (CM) zu SEQ (RM) an fünf Berliner Standorten für alle Messwerte [berechnet mit Equivalence Tool V3.1]

- Auch für die Daten $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird die erweiterte Messunsicherheit mit 19,9 % eingehalten (Abb. 2):

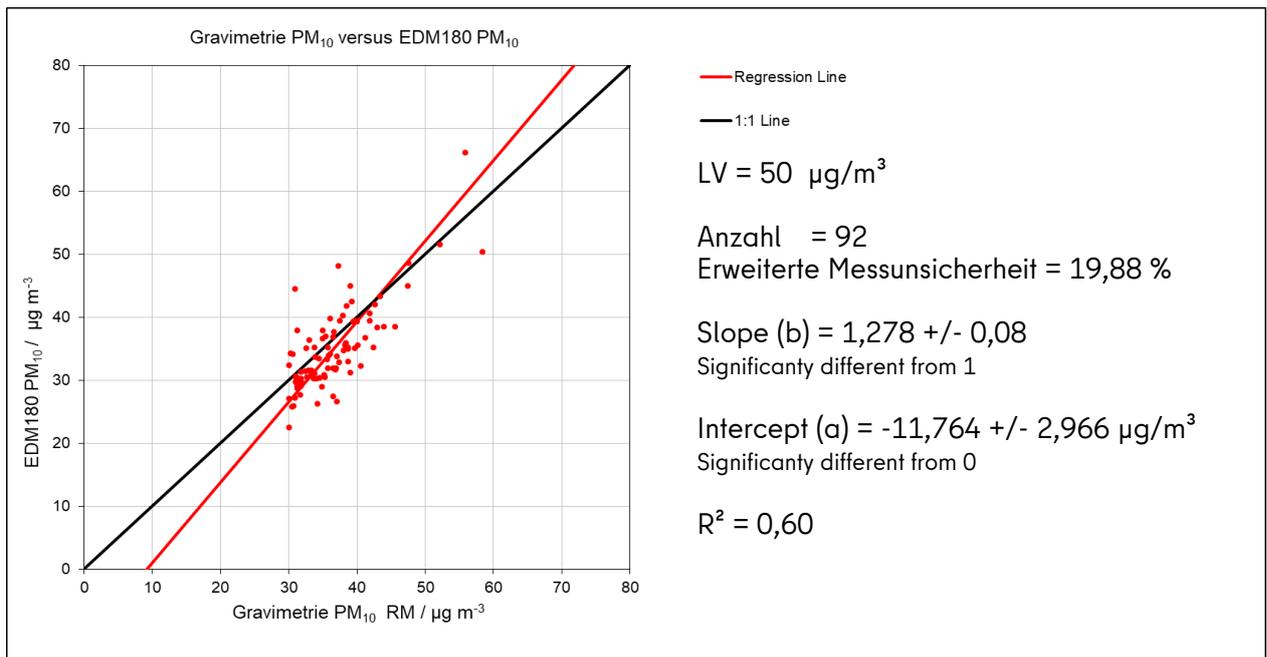


Abbildung 2: Vergleich Automat EDM180 (CM) zu SEQ (RM) an fünf Berliner Standorten für Messwerte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [berechnet mit Equivalence Tool V3.1]

Die detaillierten Ergebnisse aus dem Equivalence Tool V3.1 sind der Anlage Tabelle 2 zu entnehmen.

Damit ist die Gleichwertigkeit der PM₁₀-Werte der automatischen Geräte zur Referenz für das Jahr 2023 nachgewiesen.

Anlage

Die folgenden Kennwerte wurden erstellt unter Verwendung der Auswertetools: Equivalence Tool V3.1:

Tabelle 2: Kennwerte des Jahres 2023 der Parallelmessungen von Grimm-EDM180-Geräten (Kandidatenmethode) zu SEQ-Innengeräten 47/50 (Referenzmethode)

Messtation	MC042	MC174	MC077	MC171	MC117	alle Vergleichs-MC
EDM180 Korrektur-Funktion	0,83*EDM180 +2,6	0,92*EDM180 +3,4	0,72*EDM180 +2,52	0,83*EDM180 +2,6	0,92*EDM180 +3,4	Grimm mit jeweiliger Funktion
Mittelwerte und Anzahl aus EU-Sheet:						
Jahresmittelwert EDM180 in µg/m ³	15,1	19,1	13,3	17,0	16,7	16,2
Jahresmittelwert SEQ in µg/m ³	16,6	19,4	13,5	16,4	16,0	16,4
Differenz EDM180-SEQ in µg/m ³	-1,5	-0,5	-0,4	0,4	0,7	-0,2
Anzahl Werte ohne Ausreißer	361	351	356	356	357	1781
Regressions-Kennwerte ²⁾						
relative beidseitige Messunsicherheit ¹⁾ in % am Grenzwert von 50,0 µg/m ³	22,0	10,5	9,0	14,3	8,1	9,1
²⁾ CM = b * RM + a Steigung b	0,89	0,97	0,98	1,07	0,99	0,99
Achsenabschnitt a	0,5	0,47	0,16	-0,41	1,01	0,212
Regressionskoeffizient R ²	0,92	0,90	0,85	0,91	0,91	0,89
Anzahl der Proben > 50,0 µg/m ³ bei gleichzeitiger Verfügbarkeit der Daten beider Verfahren						
Tagesmittelwerte EDM180 > 50,0 µg/m ³	0	2	0	1	0	3
Tagesmittelwerte SEQ > 50,0 µg/m ³	0	2	0	1	0	3
Anzahl Daten über oberer Beurteilungsschwelle (oBs) und Ausreißer						
20 % der Daten SEQ (Anzahl)	72	70	71	71	71	355
20 % der Daten SEQ ≥ oBs? ³⁾	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Anzahl Datensätze ≥ oBs	22	43	8	22	18	113
Mindestanzahl 32 ≥ oBs erreicht? ³⁾	nein	ja	nein	nein	nein	ja
Eliminierte Ausreißer in % (max. 2,5 % Ausreißer)	0,6 (2)	0,6 (2)	0,6 (2)	0,6 (2)	0,6 (2)	0,6 (10)

¹⁾ Gemessene Messunsicherheit zwischen den SEQ-Innengeräten: 0,8 µg/m³

²⁾ RM = Referenzmethode (engl. reference method), hier: SEQ-Messungen; CM = Kandidatenmethode (engl. candidate method), hier EDM180-Messungen.
Bis 2021 war hier die Umkehrfunktion dargestellt. Nun entsprechen Steigung und Achsenabschnitt denen des Equivalence Tool V3.1.

³⁾ Es müssen mindestens 20 % der Daten oberhalb der oberen Beurteilungsschwelle (oBs= 70% vom PM₁₀ Jahresgrenzwert 40 µg/m³ = 28 µg/m³) liegen. Wenn dies nicht erreicht wird, müssen mindestens 32 Datensätze vorhanden sein, um die Prüfung auf Äquivalenz durchführen zu können.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vergleich Automat (CM) zu SEQ (RM) an fünf Berliner Standorten für alle Messwerte [berechnet mit Equivalence Tool V3.1]	6
Abbildung 2:	Vergleich Automat (CM) zu SEQ (RM) an fünf Berliner Standorten für Messwerte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [berechnet mit Equivalence Tool V3.1]	7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anzahl der notwendigen Vergleichsmessungen in Abhängigkeit der erweiterten Unsicherheit	5
Tabelle 2:	Kennwerte des Jahres 2023 der Parallelmessungen von Grimm-EDM180-Geräten (Kandidatenmethode) zu SEQ-Innengeräten 47/50 (Referenzmethode)	8

Referenzen

39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV), https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/ (Stand 08.07.2022)
- DIN EN 12341:2014-8: Außenluft - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM_{10} - oder $\text{PM}_{2,5}$ -Massenkonzentration des Schwebstaubes; Deutsche Fassung EN 12341:2014-8
- DIN EN 16450:2017-07: Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM_{10} ; $\text{PM}_{2,5}$); Deutsche Fassung EN 16450:2017-07. Beuth-Verlag. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-16450/261291177> (Stand 08.07.2022)
- EQUIVALENCE TOOL V3.1 020720 (2).XLSX (Version 1.0): Excel-Datei zum Nachweis der Äquivalenz eines Kandidatenverfahrens mit einem Referenzverfahren gemäß 39.BImSchV. Erstellt von David HARRISON Version 1.0 vom 31.05.2022, 11:11; <https://circabc.europa.eu/ui/group/cd69a4b9-1a68-4d6c-9c48-77c0399f225d/library/ece2498e-2ca5-4817-8bfa-30521190f166> (Stand 08.07.2022)
- GDE 2010: GUIDE TO THE DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR MONITORING METHODS; Deutscher Titel: „Leitfaden zur Demonstration der Gleichwertigkeit der Methoden zur Überwachung der Umgebungsluft“, Europäische Kommission, Januar 2010 <https://circabc.europa.eu/ui/group/cd69a4b9-1a68-4d6c-9c48-77c0399f225d/library/ece2498e-2ca5-4817-8bfa-30521190f166> (Stand 08.07.2022)



Öffentlichkeitsarbeit
Am Köllnischen Park 3
10179 Berlin

www.berlin.de/sen/mvku
twitter.com/senmvkuberlin
[instagram.com/senmvkuberlin](https://www.instagram.com/senmvkuberlin)

Berlin, 06/2024