

Anforderungen an Feinstaubmessungen (PM10, PM2.5) mit automatischen Monitoren

Ersetzt die Empfehlung vom 24.06.2013

In vielen Messnetzen wird zur Messung von PM10 und PM2.5 nicht nur das manuelle gravimetrische Referenzverfahren gemäss EN 12341 (2014) eingesetzt, sondern es kommen auch automatische Monitore mit unterschiedlichen Messprinzipien zum Einsatz. Dies ist grundsätzlich zulässig, wenn sichergestellt wird, dass solche Messungen äquivalente Resultate liefern. Die Sicherstellung der Äquivalenz von kontinuierlichen PM10 und PM2.5-Messungen ist anspruchsvoll, die Anforderungen sowie der Ablauf von Äquivalenztests sind in GDE (2010) beschrieben. Auch bei Feinstaubmonitoren mit bestandenem Äquivalenztest können im routinemässigen Messnetzbetrieb im Laufe der Zeit grosse Abweichungen vom gravimetrischen Referenzverfahren auftreten. Leider existieren für Feinstaubmessungen keine zertifizierten Referenzmaterialien, die eine periodische Kalibrierung, und damit Entdeckung solcher Abweichungen in den Messstationen erlauben würden. Die bei gasförmigen Schadstoffen üblichen Kalibrierungen müssen deshalb bei automatischen Feinstaubmonitoren durch periodische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren ersetzt werden.

Im Jahr 2013 ist die Technische Spezifikation CEN/TS 16450 "Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM10; PM2.5)" erschienen. Diese legt die Mindestanforderungen und Prüfverfahren für automatische Feinstaubmonitore fest (Typenprüfung) und umfasst in Anlehnung an GDE (2010) die Ermittlung der Äquivalenz mit dem Referenzverfahren sowie die Mindestanforderungen an die laufende Qualitätssicherung von in Messstationen eingesetzten automatischen Monitoren, einschliesslich Verfahren für Wartung, Kalibrierung und Kontrollprüfungen. Die Technische Spezifikation CEN/TS 16450 (2013) soll in eine Europäische Norm umgewandelt werden. Zurzeit liegt ein entsprechender Normentwurf vor (prEN 16450, 2016). Es ist vorgesehen, dass dieser Normentwurf noch in diesem Jahr in die formelle Abstimmung gelangt.

Der in prEN 16450 (2016) geforderte Umfang an laufender Qualitätssicherung von eingesetzten Monitoren (d.h. Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren) hängt von der Grösse des Messnetzes und der Messunsicherheit des eingesetzten Feinstaubmonitors ab (die Messunsicherheit des Feinstaubmonitors muss im Rahmen des Äquivalenztests ermittelt werden).

- Die Anzahl an Stationen (Mindestanforderung) ist in der untenstehenden Tabelle aufgeführt, diese wurde dem Normentwurf entnommen.

Messunsicherheit der Tageswerte in %	≤10	>10 bis ≤15	>15 bis ≤20	>20 bis ≤25
% von Stationen an denen Vergleichsmessungen durchgeführt werden ^a	10	10	15	20
Anzahl Stationen an denen Vergleichsmessungen durchgeführt werden ^a	2	3	4	5
^a Zutreffend ist die kleinere resultierende Anzahl von Stationen. Für jeden Feinstaubmonitortyp müssen an mindestens zwei Stationen Vergleichsmessungen durchgeführt werden				

- Die Vergleichsmessungen müssen an jeder Station während eines Jahres durchgeführt werden. Während dieses Jahres müssen mindestens 80 gültige Datenpaare erhoben werden, dies ist z.B. durch Messungen mit der Referenzmethode an jedem vierten Tag möglich.
- Die für die Vergleichsmessungen ausgewählten Stationen sollten jährlich gewechselt werden, damit die Abdeckung der Vergleichsmessungen erhöht wird.

Im NABEL werden an allen Stationen parallel zu den automatischen Monitoren Vergleichsmessungen von PM10 mit dem gravimetrischen Referenzverfahren durchgeführt. Anhand dieser Vergleichsmessungen können wichtige Erkenntnisse über das Verhalten von automatischen Feinstaubmonitoren gewonnen und Empfehlungen für deren Einsatz im Messnetzbetrieb abgeleitet werden. Die wichtigsten *Schlussfolgerungen aus den NABEL-Messungen* sind:

- In Übereinstimmung mit prEN16450 (2016) bzw. CEN/TS16450 (2013) sind **periodische Vergleichsmessungen von Feinstaubmonitoren mit dem gravimetrischen Referenzverfahren notwendig** um sicherzustellen, dass die Unsicherheiten der automatischen Feinstaubmessungen über einen längeren Zeitraum innerhalb der geforderten Grenzen bleiben.
- Basierend auf den Vergleichsmessungen von automatischen Feinstaubmonitoren und gravimetrischem Referenzverfahren sollten die PM10- bzw. PM2.5-Messwerte mit automatischen Feinstaubmonitoren **korrigiert werden**, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.
- Die Korrektur der Messwerte von automatischen Feinstaubmonitoren basierend auf einmaligen, zeitlich befristeten Vergleichsmessungen mit dem gravimetrischen Referenzverfahren ist **nicht ausreichend**.
- Mit einer geeigneten Funktion korrigierte Messwerte von automatischen Feinstaubmonitoren können im 24h-Mittel grössere Abweichungen vom gravimetrischen Referenzverfahren aufweisen (ca. $\pm 5\mu\text{g}/\text{m}^3$; gilt für PM10 und PM2.5). Diese Abweichungen sind durch die variierende chemische Zusammensetzung des Feinstaubes und den unterschiedlichen Messprinzipien erklärbar. Auf den Jahresmittelwert haben diese Abweichungen typischerweise keinen grossen Einfluss. Die Unsicherheit der mit automatischen Feinstaubmonitoren gemessenen Jahresmittelwerte ist normalerweise klein (z.B. $\pm 0.3\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Manche automatische Feinstaubmonitore messen sowohl PM10 als auch PM2.5 (z.B. optische Partikelzähler, OPC). Im NABEL werden OPC vom Typ Fidas 200 der Firma Palas eingesetzt. Unsere Erfahrungen mit diesem Gerätetyp zeigen, dass an den NABEL-Stationen der PM2.5-Jahresmittelwert mit guter Genauigkeit anhand der PM10 Korrekturfunktion bestimmt werden kann. Ausser am städtischen Verkehrsstandort Bern-Bollwerk sind die mittleren jährlichen PM2.5/PM10 Verhältnisse stabil. Dadurch führt die Anwendung von *korrekten Korrekturfunktionen* für PM10 auf das mit einem Fidas 200 gemessene PM2.5 zu ziemlich genauen Jahresmittelwerten für PM2.5 (die resultierende Unsicherheit liegt im Bereich von $0.4\text{--}0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, bei Bern-Bollwerk ca. $1.8\mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Anwendung dieser Strategie kann ohne regelmässige Vergleichsmessungen von PM2.5 mit der gravimetrischen Methode jedoch **nicht** empfohlen werden, da die Übertragbarkeit auf andere Standorte unsicher ist. Zudem wird durch regelmässige Vergleichsmes-

sungen mit gravimetrisch gemessenem PM2.5 sichergestellt, dass allfällige Änderungen des PM2.5/PM10 Verhältnisses erkannt und berücksichtigt werden können.

Ein Überblick über Resultate von Vergleichsmessungen von PM10 und PM2.5 mit einem automatischen Feinstaubmonitor (Fidas 200) und dem gravimetrischen Referenzverfahren im NABEL gibt eine Präsentation, welche unter <http://www.empa.ch/web/s503/weitere-dokumente> verfügbar ist. Die prEN 16450 (2016) ist im Moment noch nicht bei der Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV) erhältlich. Verfügbar ist dagegen weiterhin die Technische Spezifikation CEN/TS16450 (2013), welche sich nur unwesentlich vom neuen Normentwurf unterscheidet (in Deutsch, Französisch und Englisch erhältlich).

Referenzen

EN 12341 (2014) Außenluft - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM10- oder PM2,5-Massenkonzentration des Schwebstaubes. CEN, Europäisches Komitee für Normung.

GDE (2010) Guidance to the Demonstration of Equivalence of Ambient Air monitoring Methods, version January 2010. Verfügbar unter <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/assessment.htm>.

CEN/TS16450 (2013) Außenluft — Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM10; PM2,5). CEN, Europäisches Komitee für Normung. Kann bei shop.snv.ch erworben werden.

prEN16450 (2016) Außenluft — Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM10; PM2,5). CEN, Europäisches Komitee für Normung.

Dübendorf, 24.08.2016.

Christoph Hüglin in Zusammenarbeit mit der NABEL-Leitung

Kontakt: Christoph Hüglin
Empa, Abt. für Luftfremdstoffe und Umwelttechnik
8600 Dübendorf
christoph.hueglin@empa.ch