

Faktenblatt zur Staubherkunftsbestimmung mittels REM-EDX Einzelpartikelanalyse auf Sigma-2 Proben



Anwendungen

Monitoring und Herkunftsbestimmung der luftgetragenen Grobstaubfraktion PM10-2.5. Die Grössenfraktion ist von Bedeutung, da sowohl Abriebpartikel aus dem Strassen- und Schienenverkehr als auch mineralischer Staub von Bauarbeiten, Kiesgruben oder Steinbrüchen zum grössten Teil in dieser vorkommen.

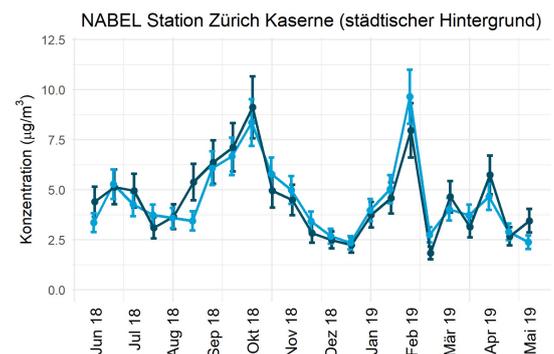
Beschreibung des Messverfahrens

Proben werden mittels eines Passivsammlers ① (Sigma-2 gem. VDI 2119, 2013) auf einer Borooberfläche (vergrössert in ①) gesammelt. Eine statistisch relevante Anzahl Einzelpartikel (> 1000) wird auf dieser Probe mit einem Rasterelektronenmikroskop ② (REM) abgebildet, vermessen und mithilfe eines energiedispersiven Röntgenspektroskopie-Detektors (EDX) auf die elementare Zusammensetzung analysiert. Ausgewertet wird der so entstandene multidimensionale Datensatz anhand eines eigens entwickelten morpho-chemischen Partikelklassifikators ③, der maschinelles Lernen nutzt. Schliesslich lassen sich der zeitliche Verlauf der Staubkonzentration und die Quellenanteile auf diese Art bestimmen ④.

Genauigkeit der Messung?

Die Abweichung des PM10-2.5 Jahresmittelwerts von der REM-EDX Einzelpartikelanalyse beträgt gegenüber der Referenzmethode (Gravimetrie) lediglich 0.90 %. Der Konkordanz-Korrelationskoeffizient r_{ccc} beläuft sich auf 0.90, was auf eine beinahe vollständige Übereinstimmung der Messdaten hindeutet. Ferner liefert die Bland-Altman Statistik einen Bias von + 0.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Einzelpartikelanalyse und die dazugehörigen 95% Konfidenzintervalle liegen bei $\pm 1.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dies bedeutet, dass 95 % zukünftiger Messungen innerhalb dieses Wertebands gegenüber der Gravimetrie zu liegen kommen werden. ^a

^aObige Kenngrössen sind standortbezogen zu verstehen. Für einen städtischen Verkehrsstandort sind grössere Abweichungen zu erwarten.



Vergleich PM10-2.5 Messungen über ein ganzes Jahr (26 Perioden à 16 Tage) an einem städtischen Hintergrundstandort. Die hellblaue Messreihe entspricht der gravimetrischen Bestimmung (PM10-PM2.5) und die dunkelblaue der REM-EDX Einzelpartikelanalyse. Diese ist NaCl-korrigiert und berücksichtigt somit keine dieser Salzpartikel. Datenquelle Gravimetrie: NABEL Messnetz – Projekt: Charakterisierung und Herkunftsbestimmung von Grobstaubpartikeln im PM10, 2018-2019. Letzte Aktualisierung: 10.02.2020.

Was für Partikelklassen?

Der morpho-chemische Partikelklassifikator wurde mit über 100'000 Partikeln aus unterschiedlichsten Standorten trainiert und unterscheidet zwischen den folgenden 5 Klassen. Metallische Partikel, Reifenabriebpartikel, Mineralien, biogen-organische Partikel und Salzpartikel. Diese besitzen weitere Untergruppen, die hauptsächlich auf morphologischen Kriterien beruhen (z.B. metallische Sphären).

Vorteile dieses Messverfahrens?

Die Montage des Sigma-2 ist einfach und die Probennahme erfolgt stromlos, so dass sie auch in abgelegenen und schwerzugänglichen Standorten durchgeführt werden kann. Dank der passiven Probenahme, kann die Expositionsdauer bis zu 4 Wochen betragen, wodurch ein kostengünstiges und quellendifferenziertes Monitoring möglich ist. Da die Partikel einzeln vermessen und in Gruppen eingeteilt werden, kann z.B. ausgesagt werden, ob ein bestimmtes chemisches Element nur durch eine oder mehrere Partikelklassen beigetragen wird. Die gezielte Auswertung der Datensätze mittels Partikelklassifikator ermöglicht zudem gegenüber Bulk-Techniken eine direktere und genauere Herkunftsbestimmung des Luftstaubs. Diese vereinfacht, bei Bedarf, das Treffen gezielter Massnahmen.