

Nachweis und Quantifizierung von Spurenelementen in Luftfeinstaubproben mittels Totalreflexions-Röntgenfluoreszenzanalyse (TRFA)

Josef Prost*, Anna Zinkl, Johannes H. Sterba, Peter Wobrauschek, Christina Strelci

Atominstytut, Technische Universität Wien, Stadionallee 2, 1020 Wien, Österreich; * Korrespondenz: josef.prost@ati.ac.at

Feinstaub (PM10) bezeichnet in der Umgebungsluft enthaltene Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 10 μm . [1] Diese Partikel sind klein genug, um in das menschliche Atemsystem einzudringen, wobei akute oder chronische Erkrankungen entstehen können, z.B. Asthma oder Herz-Kreislaufkrankungen. Erhöhte Feinstaubkonzentrationen, v.a. im städtischen Umfeld, können zu erhöhter Sterblichkeit und reduzierter Lebenserwartung führen. [2]

Nicht nur die Gesamtmassenkonzentration des Feinstaubes, sondern auch seine chemische Zusammensetzung ist von essentieller Bedeutung. Neutronenaktivierung ist eine bewährte Technik für die chemische Analyse von staubbeladenen Filtern. [3, 4] In der Luft enthaltene künstliche oder natürliche Radionuklide lassen sich gut mit Low-Level-Gammaspektrometrie nachweisen. [5] Diese Arbeit stellt eine komplementäre röntgenanalytische Methode vor, mit welcher Spurenelemente in Konzentrationen von deutlich unter 1 ng/m^3 nachgewiesen werden können.

Methode

Zur Herstellung der Aerosolproben werden Kaskaden-Impaktoren verwendet. Diese bestehen aus mehreren Stufen, mit welchen größenfraktioniertes Sammeln möglich ist.

Der Dekati-Impaktor trennt auf 3 Stufen Partikel größer als 10 μm , 2,5 bis 10 μm und 1 bis 2,5 μm . Partikel unter 1 μm werden in einem Backup-Filter festgehalten. Der 4-stufige Sioutas-Impaktor erlaubt auch die Analyse von sub- μm -Partikeln. Der kleinste Cut-off-Durchmesser beträgt hier 250 nm.

Als Sammelplatten wurden mit Vaseline beschichtete Quarz- bzw. Siliziumscheiben verwendet, welche nach Hinzugabe eines geeigneten Standards (5 ng Yttrium), direkt analysiert werden können.

Die Totalreflexions-Röntgenfluoreszenzanalyse (TRFA oder engl. TXRF) macht sich die Totalreflexion von Röntgenstrahlung auf ebenen Oberflächen unterhalb eines kritischen Winkels (wenige mrad) zunutze. Dadurch kommt ein gegenüber konventioneller Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) deutlich verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis zustande, weshalb geringste Probenmengen analysiert werden können. Elemente ab Na ($Z=11$) sind mit einer typischen Laboranordnung analysierbar. Verwendet man Vakuumspektrometer mit speziellen Detektoren, können Elemente bis C ($Z=6$) nachgewiesen werden. Typische Nachweisgrenzen für Spurenelemente liegen im Bereich weniger pg. [6]

Resultate

Es wurden Sammlungen sowohl in Innenräumen als auch auf dem Dach des Atominstütuts durchgeführt. Für die Außenmessungen ist eine Sammelzeit von 45 Minuten ausreichend, was eine zeitaufgelöste Analyse der Feinstaubkonzentration möglich macht. Die Sammelzeit der Innenmessungen betrug jeweils 2 Stunden.

Der Dekati-Impaktor analysiert hauptsächlich Grobstaub, welcher durch mechanische Vorgänge in die Atmosphäre gelangt (Aufwirbelung, Abrieb). Diese Fraktion wird von sog. *crustal elements* (K, Ca, Fe) dominiert (siehe Abb. 1). Partikel unter 1 μm (Akkumulationsklasse) sind häufig anthropogen und entstehen v.a. bei Verbrennungsvorgängen (Industrie, Verkehr). [1]

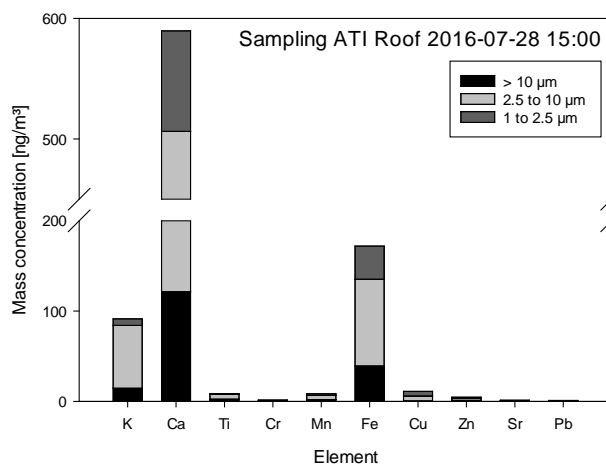


Abbildung 1: Quantitative Analyse einer Sammlung auf dem Dach des Atominstütuts, durchgeführt mit dem Dekati-Impaktor.

- [1] Umweltbundesamt, *Schwebestaub in Österreich*, Wien, 2006.
- [2] Umweltbundesamt, *Abschätzung der Gesundheitswirkungen von Schwebestaub in Österreich*, Wien, 2005.
- [3] W. Maenhaut, J. Cafmeyer, *X-ray Spectrom.*, 27, 1998, 236-246.
- [4] T.V. Khodzher, V.A. Obolkin et al., *Nucl. Instr. Meth. A* 48, 2000, 413-418.
- [5] G. Steinhäuser, S. Merz, D. Hainz, J.H. Sterba, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 2013, 2527-2534.
- [6] P. Wobrauschek, *X-ray Spectrom.* 36, 2007, 289-300.