

AGEUM – Analytiktechnikum bewertet Gesundheitsrisiken von Umweltverschmutzung

Dr. George Sarau, Dr. Arslan Usman, Dr. Mustafa Kocademir, Dr. Hyoungwon Park, Dr. Sabrina Pechmann, Prof. Silke Christiansen

Im Analytiktechnikum für Gesundheits- und Umweltforschung (AGEUM) am Standort Forchheim des Fraunhofer IKTS bieten neuartige, hochmoderne Mikroskopie- und Spektroskopietechniken starke Charakterisierungs- und Datenanalysekapazitäten zur Bewertung potenzieller Gesundheitsrisiken durch Umweltverschmutzung. Umweltfaktoren wie Smog, Mikro-/Nanoplastik, Bremsstaub oder Reifenabrieb (Ultrafeinstaub) zeichnen sich durch eine hohe Partikelheterogenität und eine starke Komplexität ihrer biologischen Wechselwirkungen mit lebenden Organismen aus. Daher wird ein komplementärer, multimodaler und skalenübergreifender Analyseansatz verfolgt. Röntgenfluoreszenz (XRF)-Mikroskopie bietet eine hohe Elementempfindlichkeit bis hinunter zum Kohlenstoff, variable Messpunktgrößen (100 μm für statistisch signifikante großflächige Scans, $\sim 15 \mu\text{m}$ für räumlich detaillierte Elementverteilungen) und einen zusätzlichen Transmissionsdetektor zur Abbildung interner Strukturen. XRF identifiziert und quantifiziert Elemente in Umweltproben, in der Regel Pulver und Luftfilter (Bild 1).

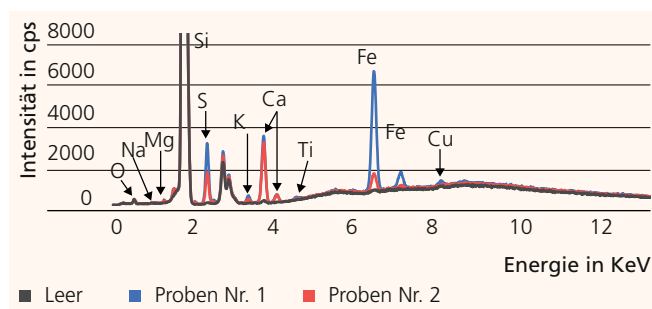


Bild 1: XRF von Quarzfiltern, die städtischer (Probe 1), ländlicher (Probe 2) und keiner Umweltverschmutzung (Leer) ausgesetzt waren, mit mehr Eisen (Fe) und Schwefel (S) in der Stadt aufgrund verstärkter menschlicher Aktivität.

Die integrierte Plattform mit Coherent Raman Scattering (CRS), Second Harmonic Generation (SHG), Fluoreszenz (FL) und Fluoreszenz Lifetime Imaging Mikroskopie (FLIM) bietet einen hohen Durchsatz, eine hohe Auflösung und die nicht-invasive Partikeldetektion in komplexen biologischen Matrizen auf Zell-, Organ gewebe- und Kleintierebene. Mittels CRS, stimulierter

Raman-Streuung (SRS) und kohärenter Anti-Stokes-Raman-Streuung (CARS) können chemisch verschiedene Partikel (Plastik, Kohlenstoff-, Metalloxid-basiert) und biologische Komponenten (Lipide, Proteine, Kollagen) identifiziert werden, ohne die Proben zu beeinträchtigen. Diese hohe Sensitivität kann in Kombination mit maschinellem Lernen dazu verwendet werden, Partikel zu lokalisieren, zu zählen und nach Größe und Form zu klassifizieren – trotz komplexer biologischer Zusammenhänge (Bild 2). CRS kann direkt auf pathologische Proben angewendet werden, um die Anhäufung von Partikeln in Organen und Körperflüssigkeiten mit den klinischen Daten der Patienten zu korrelieren.

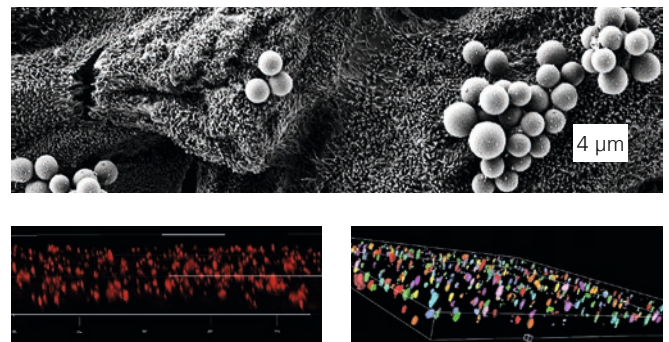


Bild 2 oben: Das REM-Bild zeigt Polystyrol (PS)-Partikel, die auf Calu-3-Lungenzellen liegen. Unten links: 3D-Verteilung der PS-Partikel in und auf den Zellen, gemessen mit SRS. Rechts: Maschinelles Lernen zeigt Anzahl, Größe, Form der Partikel.

Ergänzend können mit der Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR) Schwingungsmodi gemessen werden, die mit Änderungen des Dipolmoments verbunden sind. FTIR ermöglicht so labelfreie, hyperspektrale Infrarot-Bildgebung mit hohem Durchsatz und hoher Empfindlichkeit für die schnelle Charakterisierung und Quantifizierung von Umweltpartikeln in komplexen biologischen Systemen. Insgesamt werden diese drei Instrumente neue Erkenntnisse über die Verteilung und das Eindringen von Partikeln in verschiedene Organismen liefern und so die möglichen Auswirkungen von Umweltverschmutzungen auf die menschliche Gesundheit aufklären.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- S2-Biolabor für die Probenvorbereitung mit Kryo-Workflow
- XRF zur Elementaranalyse
- Integrierte konfokale Mikroskop-Plattform für labelfreie chemische Bildgebung und molekulares Fingerprinting
- FTIR für die hyperspektrale chemische Bildgebung
- Rasterelektronenmikroskop (REM) mit hochauflösendem In-Operando-Nano-CT für 2D- und 3D-Bildgebung