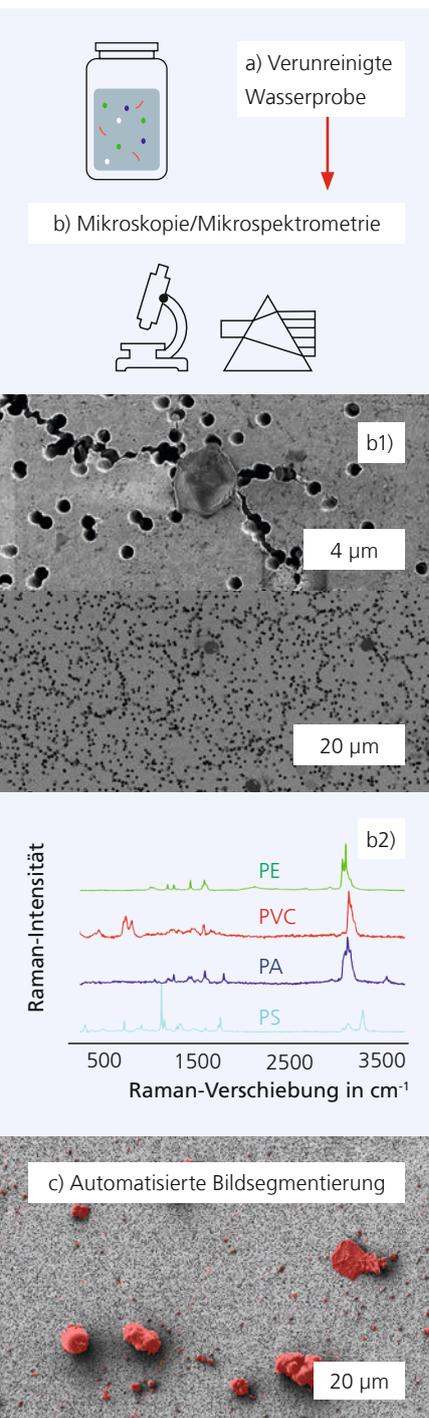


Hochaufgelöste mikro- und spektroskopische Methoden für die Wasseranalyse

Dr. George Sarau, Dr. Sabrina Pechmann, Prof. Silke Christiansen



Mit Mikroplastik verunreinigtes Wasser ist zur weltweiten Gesundheitsgefährdung geworden. Makroskopische Plastikteile verwittern in der Umwelt zu Mikro- und Nano-Partikeln (MNPs), die über Pflanzen und Tiere in unsere Nahrungskette gelangen. Um das Ausmaß dieser Gefährdung zu überwachen, braucht es standardisierte, hochauflösende, reproduzierbare, artefaktfreie und idealerweise automatisierte mikroskopische und spektroskopische Methoden (Bild a, b) inklusive entsprechender Probenpräparation.

Am Fraunhofer IKTS sind diese Methoden multimodal und skalenübergreifend etabliert. In einer internationalen »Round-Robin-Studie« mit 22 Laboratorien unter Leitung des Southern California Water Research Project (SCCWRP) hat das IKTS seine Methodik erfolgreich validiert [1]. Wesentlich dafür ist die automatisierte Auswertung der Plastik-MNPs, z. B. in Bildern der Rasterelektronenmikroskopie mit Hilfe des Trainings eines U-Nets zur automatisierten Partikelerkennung [2,3] (Bild c). Ob es sich dabei um Plastik-MNPs oder andere Arten von Partikeln (anorganisch, organisch) handelt, muss durch zusätzliches molekulares »Fingerprinting«, z. B. mit Raman-Spektroskopie oder Infrarotspektroskopie (FTIR) abgesichert werden. So können auch diverse Polymertypen (PE, PS, PA, PVC, PET u. a.) unterschieden werden. Mit Hilfe der nanoGPS-Technologie [4] kann hochauflösende Mikroskopie (Bild b1) und Spektrometrie (Bild b2) mit einer lateralen Auflösung von ~10 µm (FTIR) bzw. ~1 µm (Raman) an identischen Partikeln durchgeführt werden. Der am Fraunhofer IKTS etablierte analytische Workflow umfasst eine Vorschrift zur Wasserfiltration in Laminar-Flowboxen mit Sieben mit Maschenweiten von Makro bis Nano. Anschließend folgt die Lichtmikroskopie für die schnelle Aufnahme ganzer Filter und die automatisierte Zählung und Klassifizierung der bis zu ~1 µm großen Partikel sowie die Datenkorrelation mit sub-1µm-Auflösung.

Der spektrale Abgleich mit standardisierten Referenzbibliotheken (kommerziell/Open Source) ermöglicht die zuverlässige Zuordnung gemessener Partikel.

Empfehlungen für Analysen

Mittels optischer Spektroskopie (Infrarotspektroskopie FTIR) und Raman-Spektroskopie (Bild b1) können Partikel bis ~1 µm bei Messzeiten von < 3 min pro Partikel automatisiert aufgenommen werden. Workflows zur Analyse von Plastik-MNPs sind auch in komplexen Matrices wie Geweben am IKTS etabliert.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Standardisiertes Wassermonitoring und hochauflösende mikroskopische und spektroskopische Charakterisierung von Plastik-MNP-Rückständen
- Entwicklung kundenspezifischer präparativer und analytischer Workflows zur Plastik-MNP-Diagnostik in Wasserproben und komplexen Matrices, wie z. B. Geweben
- Automatisierte Segmentierung von Plastik-MNPs mit Hilfe des maschinellen Lernens

Literatur

- [1] H. De Frond, G. Sarau, ..., S. Christiansen, Chemosphere, 137300 (2022).
- [2] Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In: Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28.
- [3] L. Mill, ..., S. Christiansen, Small methods 5, 2100223 (2021).
- [4] G. Sarau, ... S. Christiansen, Appl. Spectrosc. 000370282091625 (2020).

Workflow zur Wasseranalyse von der Probenentnahme (a) über das Filtern (b1) und die mikroskopische (b1) und spektroskopische Analyse (b2) inklusive der automatisierten Bilderkennung mit Methoden des maschinellen Lernens (c).