

Nachweis von Mikro- und Nanokunststoffen in Pflanzen mit kohärenter Raman-Spektroskopie

Dr. George Sarau, Dr. Mustafa Kocademir, M.Sc. Rajkumar Reddy Kolan, Prof. Silke Christiansen

Die Anreicherung von Mikro- und Nanoplastik (MNPs) in essbaren Pflanzen stellt eine Gefahr für die Lebensmittelsicherheit und die menschliche Gesundheit dar. Darüber hinaus können MNPs dazu beitragen, Schadstoffe aus dem Boden, wie Pestizide und endokrin wirksame Chemikalien, aufzunehmen, wodurch ihre Toxizität noch verstärkt wird.

Für die Detektion von MNPs in biologischen Matrizen mit starker Autofluoreszenz hat sich die kohärente Raman-Streuungsmikroskopie (CRS) unter Verwendung eines abstimmbaren Nahinfrarotlasers (NIR) zur Anregung als labelfreie molekulare Fingerabdruckmethode etabliert. Abb. 1 zeigt den Aufbau für CRS-Messungen (Leica Stellaris 8) an Mikrotomschnitten (~40 µm dick) von Weizenwurzeln, die während ihres Wachstums Polystyrolpartikeln (PS) ausgesetzt waren. Dieses Instrument unterstützt sowohl Vorwärts- (Transmission) als auch Epi- (Reflexion) Detektionskonfigurationen und ermöglicht die Erfassung von Signalen der stimulierten Raman-Streuung (SRS) und der kohärenten Anti-Stokes-Raman-Streuung (CARS). Abb. 3 zeigt typische SRS-Spektren von Pflanzengewebe und eingebetteten PS-Partikeln.

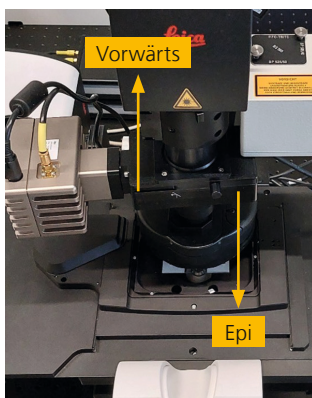


Abb. 1: CRS-Instrument mit zwei Detektionsgeometrien (Vorwärts und Epi) für die MNP-Detektion.

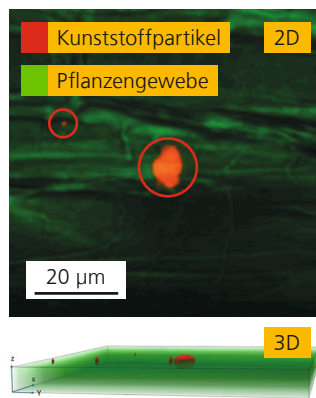


Abb. 2: Oben: SRS/CARS-Kompositbild in 2D. Unten: SRS/CARS-Kompositbild in 3D. PS-MNPs sind rot dargestellt.

Nach der Identifizierung eines PS-spezifischen Schwingungsmodus werden großflächige SRS-Scans durchgeführt, um die von den Weizenwurzeln aufgenommenen PS-Partikel zu lokalisieren und zu zählen. Anschließend werden CARS-Scans durchgeführt, die einen Kontrast zum Pflanzengewebe liefern, während sie für die PS-Detektion nicht resonant sind.

Abb. 2 zeigt 2D- (oben) und 3D- (unten) Kompositbilder, für die SRS- und CARS-Kanäle kombiniert wurden. In der 2D-Überlagerung sind ein mikrometergroßes und ein nanometergroßes PS-Partikel (durch Kreise gekennzeichnet) auf der Zellstruktur der Wurzel sichtbar. In der 3D-Rekonstruktion werden aufeinanderfolgende optische Schnitte zusammengeführt, um die räumliche Verteilung der PS-Partikel innerhalb der Wurzel zu visualisieren. So können der Aufnahmeweg in Pflanzen bewertet und statistisch relevantere Daten gewonnen werden.

Die Arbeiten zeigen, dass das Fraunhofer IKTS in Forchheim eine umfangreiche Probenvorbereitung mit fortschrittlichen Analysetechniken und Deep-Learning-basierter Segmentierung kombiniert, um Partikel in verschiedenen Matrizen zu erkennen und zu charakterisieren. Das ermöglicht eine präzise und vollautomatische Datenanalyse.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Probenvorbereitung, multimodale Analytik, automatisierte Partikelsegmentierung und korrelative Datenanalyse
- Markierungsfreie kohärente Raman-Streuungsmikroskopie
- Hochauflösende 2D/3D-Bildgebungs-Workflows

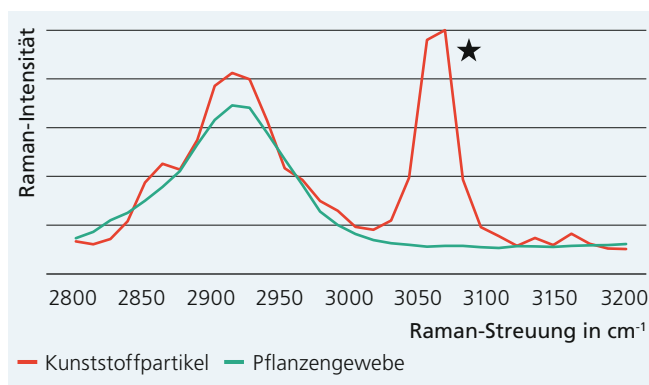


Abb. 3: Chemische Identifizierung von PS-Partikeln in Pflanzengewebe durch SRS auf der Grundlage eines charakteristischen Raman-Peaks von PS (mit einem Stern markiert).

Gefördert durch
DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

