

Tracking von (Sub-)Mikroplastik Innovative Analysetools für die toxikologische und prozesstechnische Bewertung

Dr. Oliver Knoop, Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes
Technische Universität München


Sub μ Track

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Plastik
in der **Umwelt**

Quellen • Senken • Lösungsansätze

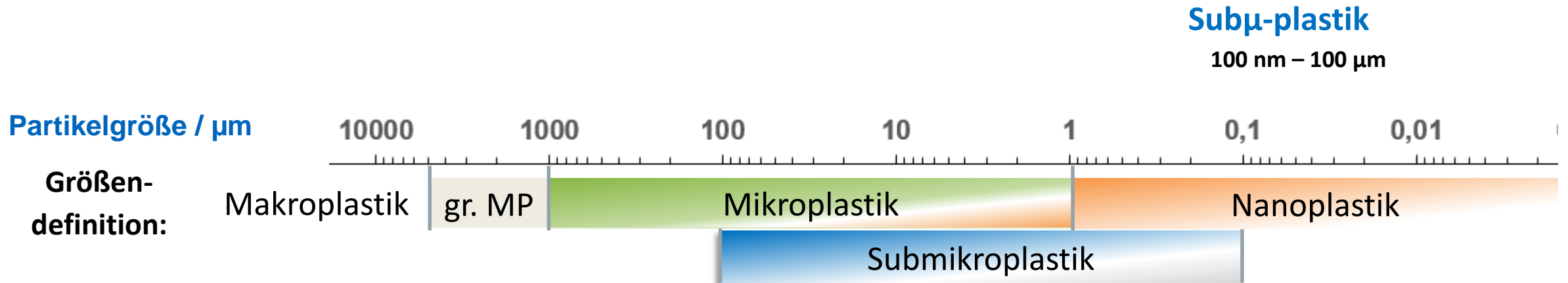
FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

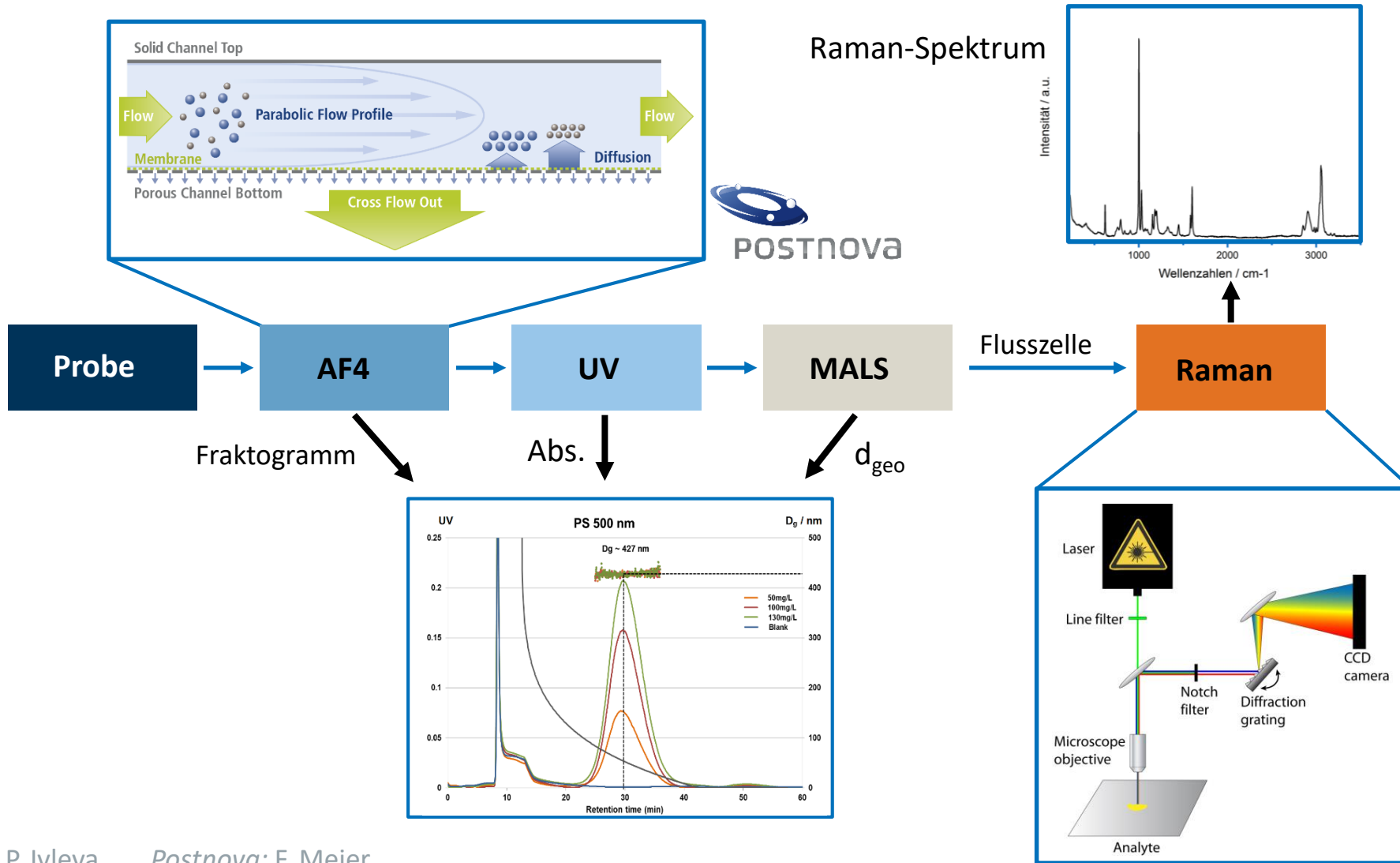


Subµ-Plastikpartikel im Vergleich zu Mikroplastikpartikeln

- Besitzen **höhere Zellgängigkeit**
- Haben eine **größere relative Oberfläche**
 - ⇒ **höheres Adsorptionspotential** von Schadstoffen
- Kommen eventuell in sehr großer Anzahl vor
 - ⇒ **Hypothese: Subµ-Partikel haben höhere (öko-)toxikologische Relevanz**

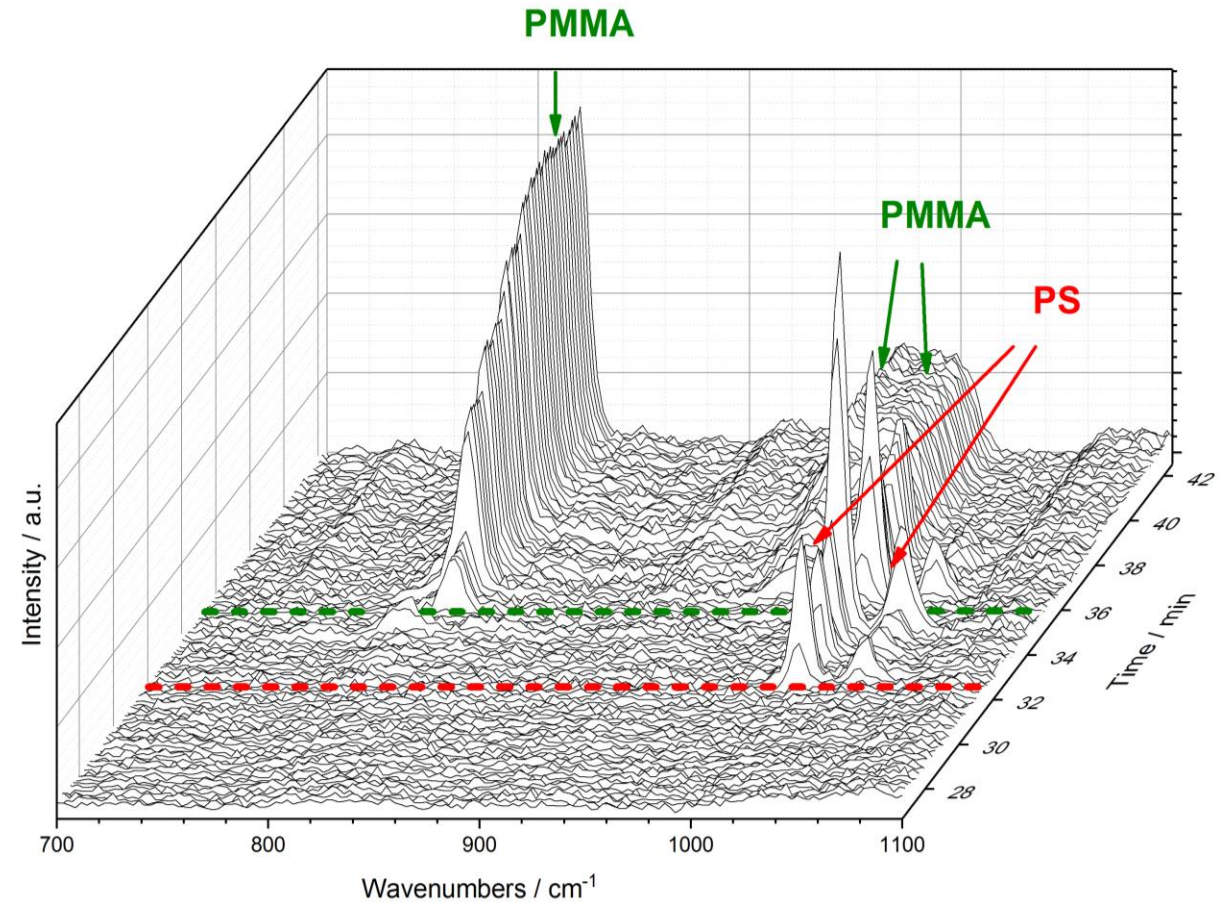
- Entwicklung von Analysemethoden für Submikropartikel (100 nm – 100 µm)
 - » Rasterelektronenmikroskopie, Fourier-Transformation Infrarot Spektroskopie (FTIR)
 - » Raman-Mikrospektroskopie (RM)
 - » Asymmetrical Flow Field- Flow Fraction (AF4) mit Multiangle Laser Light Scattering (MALS) und Raman-Kopplung
 - » TD/Pyrolyse-GC-MS (Ad-/Desorption von org. Spurenstoffen)
- Risikoabschätzung
 - » Bewertung der Auswirkungen von Submikropartikeln (mit und ohne adsorbierten Chemikalien) auf
 - » aquatische Umwelt (*in vivo*)
 - » die menschliche Gesundheit (*in vitro*)
 - » Prozesstechnische Bewertung von Submikropartikeln in Kläranlagen und Umweltproben
- Strategien zur Problembewältigung: Grundlage für Rechtssetzung, Normung und freiwillige Maßnahmen

Online-Kopplung von Raman-Mikrospektroskopie und Feldflussfraktionierung (Multi-Detektor-Analytik)



Kopplung von Raman-Mikrospektroskopie und Feldflussfraktionierung

- » Online FFF- μ Raman-Kopplung durch eine Flusszelle
- » Hier: Trennung von
 - Polystyrol **350 nm** (25 mg/L)
 - Polymethylmethacrylat **500 nm** (100 mg/L)
- » Multidetektor-Analytik
 - » Aufkonzentrierung von (Plastik)Partikeln notwendig für Analyse von Realproben



- » Fluoreszenz-Mikroskopie
 - » Nano-Tracking-Analyzer (50 nm – 1 µm)
 - » Raman-Mikrospektroskopie (> 1 µm)
 - » FPA-µ-FTIR (> 10 µm)
 - » TED-GC-MS
 - » TD/Pyr-GC-MS
 - » Kaskadenfiltration mit 100 µm, 50 µm & 10 µm Filtern
 - » Probenaufbereitung mittels Fenton-Aufschluss
- Fluoreszierende Partikel
- Spektroskopische Detektion
- Thermoanalytische Detektion
- Aufbereitung

» Aquatische Ökotoxikologie

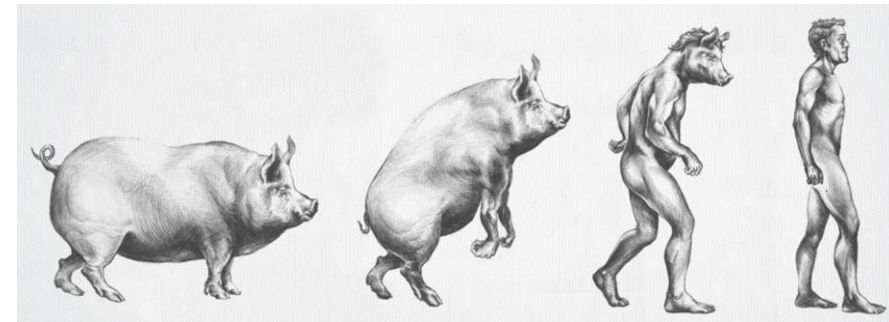
Schredder & Filtrierer



» Menschliche und tierische

Gesundheit

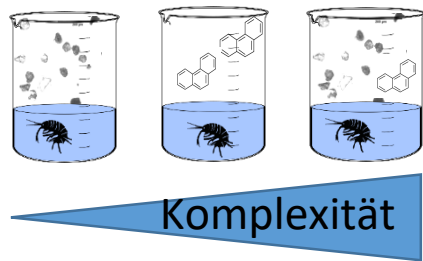
Schweine-Darmzellen-Modell
(*in-vitro*)



Quelle: <http://bilder.4ever.eu/witzig/zeichentrick/evolution-218984>

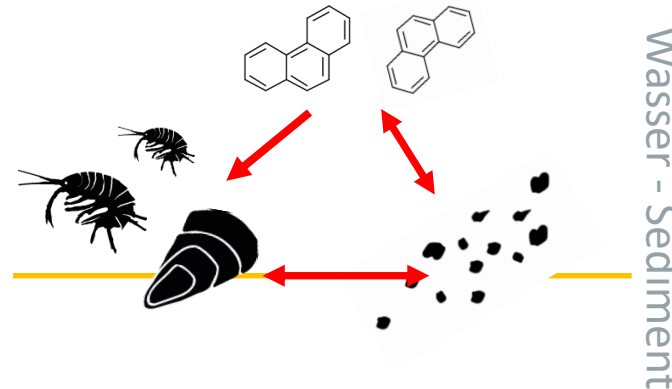


Expositionsszenario



- Mikro- und Nanopartikel,
- Polystyrol, PMMA, PLA, 10 – 65 μm , 1 μm , 500 nm, 100 nm und 30 nm
- Referenzpartikel (Silica)
- Hydrophobe Spurenstoffe
- Exposition Wasser vs. Futter

Verfügbarkeit/Partitionierung



- Ingestion – Exkretion konstant
- Keine messbare Biokonzentration
- Modulation der Spurenstoffverfügbarkeit durch natürliche und Plastik(nano)partikel

Effekte

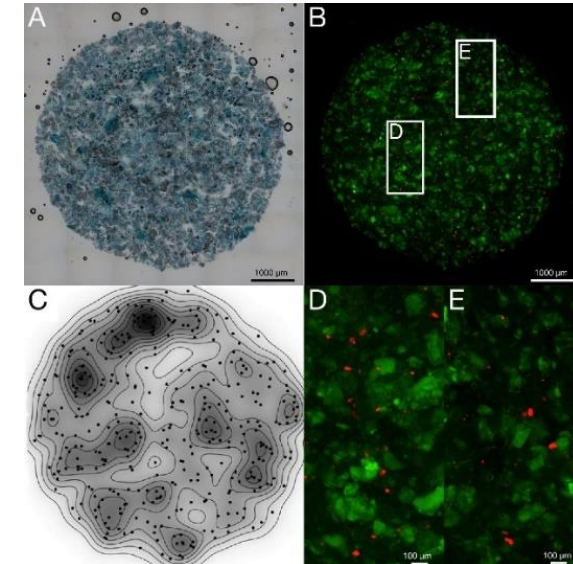
- Mortalität
- Aktivität (Mobilität, Filtration)
- Fraßraten
- Molekulare Stressmarker
- Energiestoffwechsel
- Darm-Mikrobiom

- » Keine Wirkung durch Sub μ -Partikel auf Mortalität, Verhalten oder Energiereserven
- » Reduktion der Toxizität von hydrophoben Spurenstoffen durch bevorzugte Adsorption an Plastikoberfläche
 - » vergleichbar mit natürlichem Partikel
- » Entwicklungsbedarf neuer Standardassays für Partikelexposition
- » Bezug möglicher Effekte auf die innere (reale) Exposition statt der Konzentration im Wasser notwendig

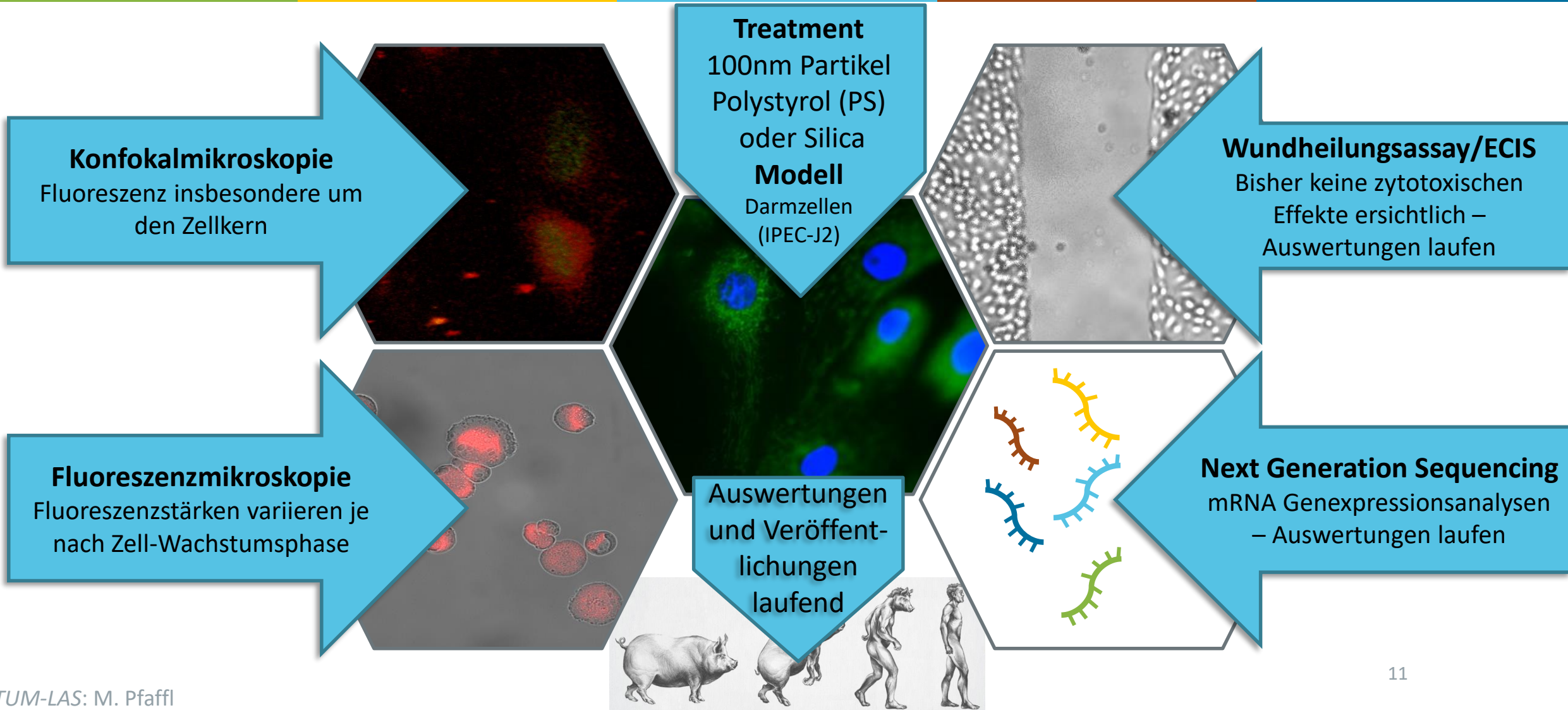


Kontrollierte Partikelaufnahme über das Futter bei Gammarus

Götz et al. (2021)



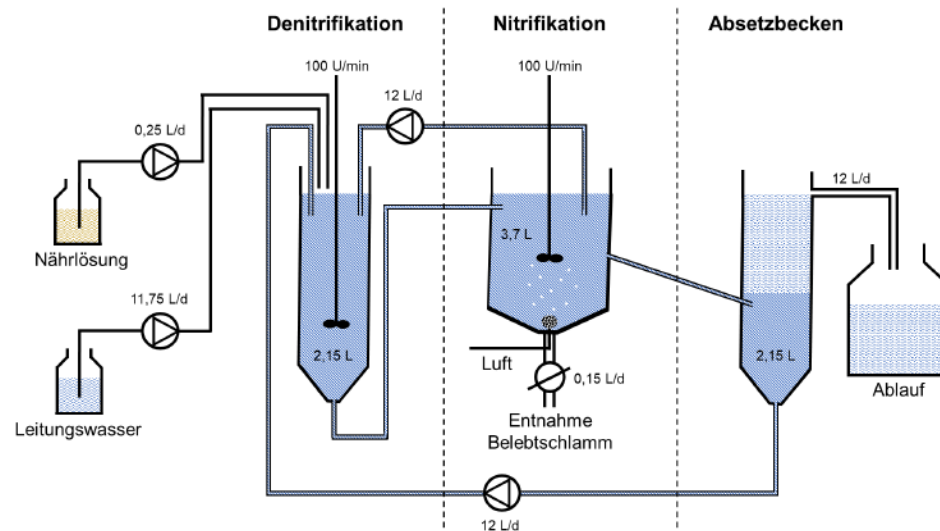
Darmzellen als Modell für die menschliche und tierische Gesundheit



Risikoabschätzung II

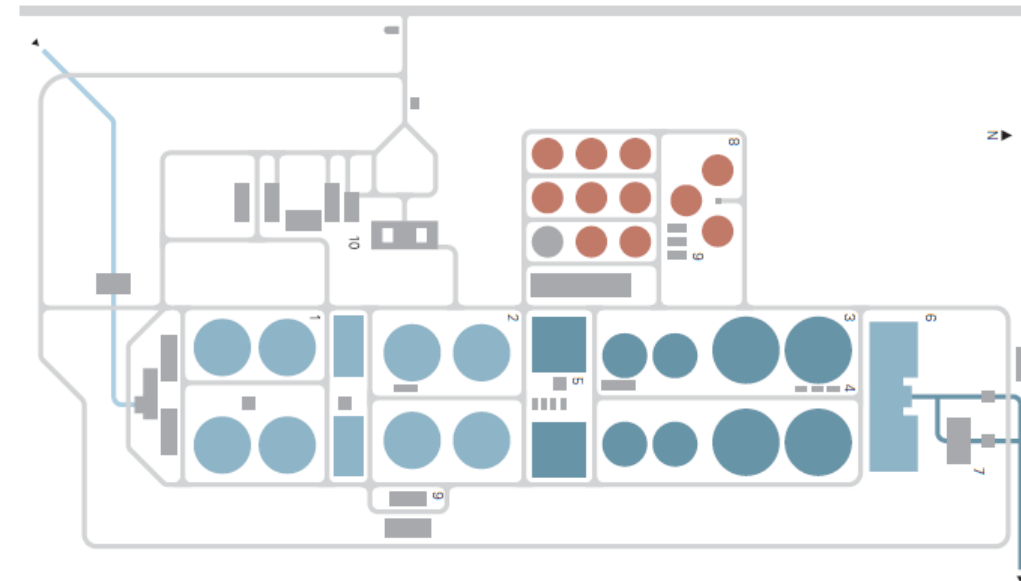
Verhalten von MP in Kläranlagen und Emission

» Prozessuntersuchungen an Modellkläranlagen



Quelle: LfU, Marco Kunaschk

» Emission aus 3 kommunalen Kläranlagen

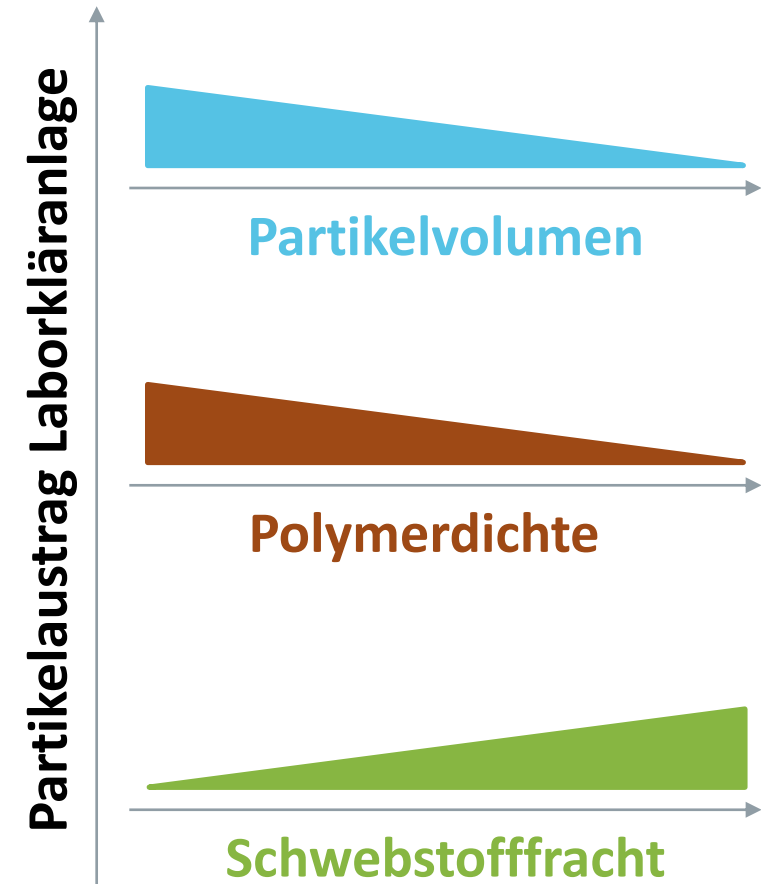
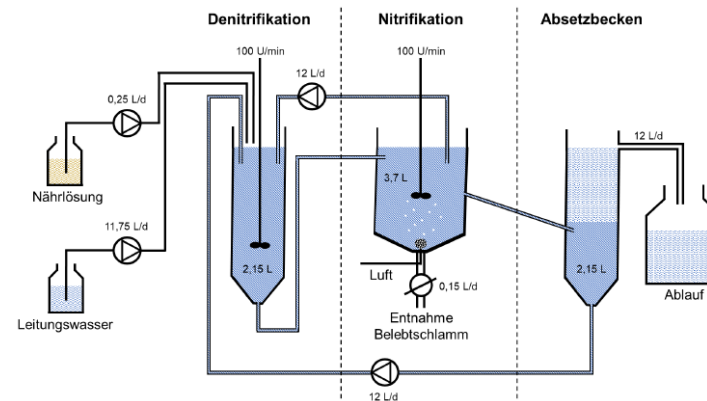


Quelle: Münchner Stadtentwässerung, Klärwerk Gut Marienhof

- » Vergleich von Modellpartikeln nach Größe (PS: 0,5...220 µm*) und Polymerart (PE*, PS*, PMMA*, PET, PVC)
- » Rückhalt im Schlamm
- » Rückhalt abhängig von 3 Parametern:

- Partikelvolumen
- Polymerdichte
- Schwebstofffracht

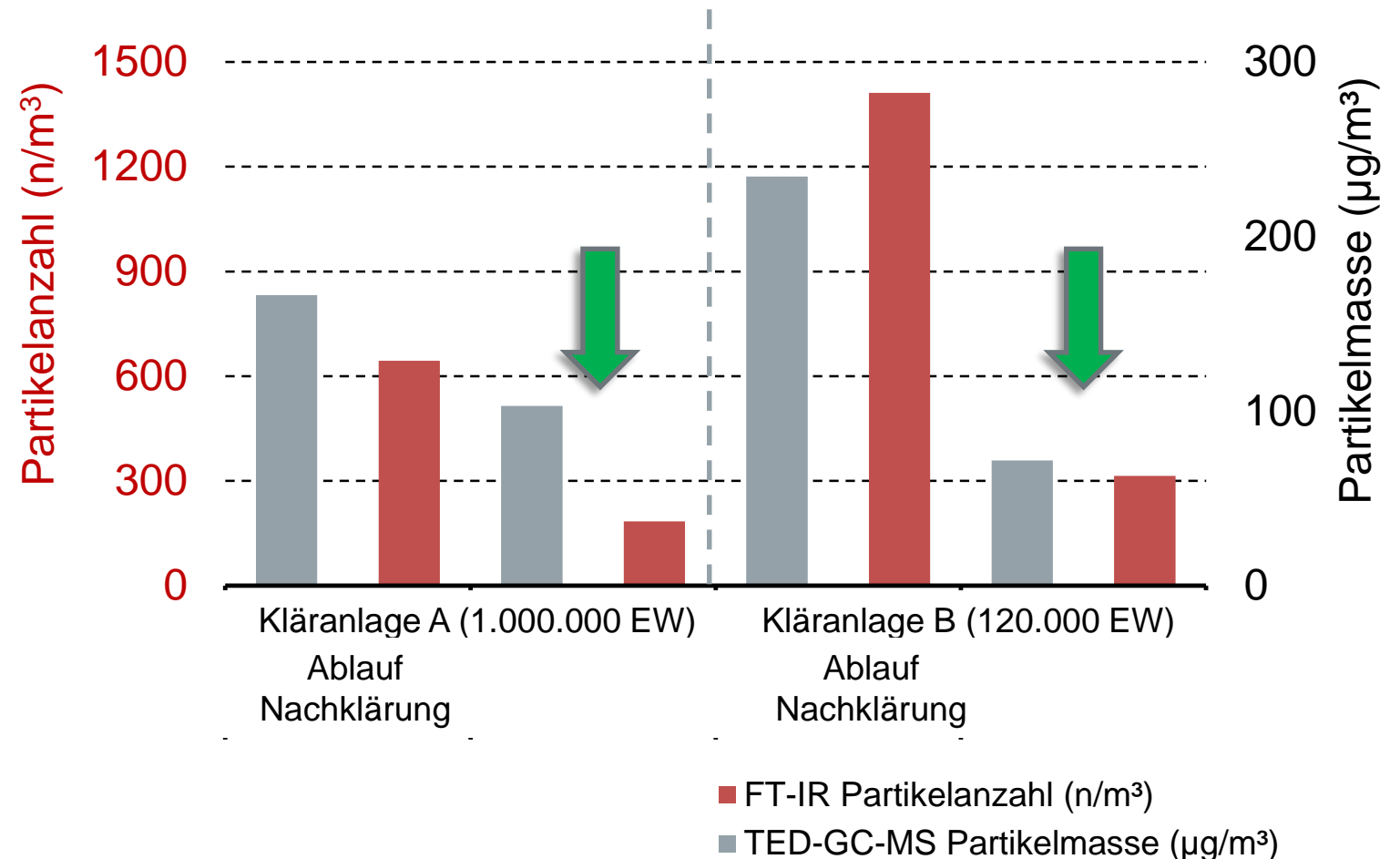
*bereitgestellt durch:



Mikroplastik im Ablauf von kommunalen Kläranlagen

- » Ablauf Nachklärung
- » Zusätzlich: Rückhalt durch anschl. Sandfiltration

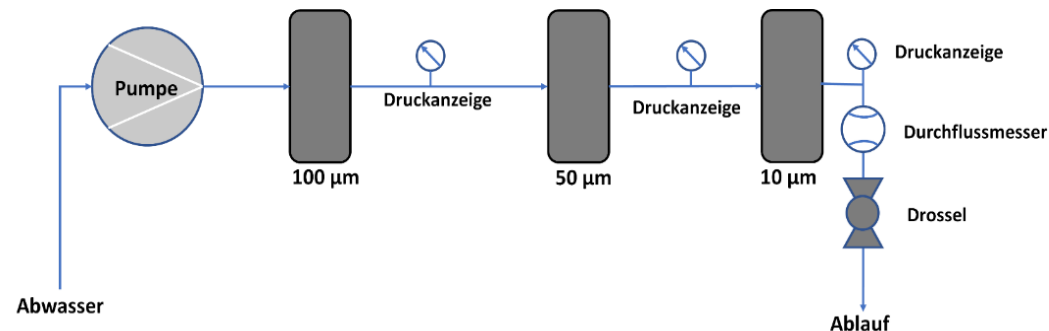
- » Polymermasse (TED-GC-MS)
- » Partikelanzahl (μ -FTIR)
 - » je Summe für PE, PS, PP und PET
 - » nach Kaskadenfiltration der 100 μm & 50 μm Filter



Bestimmung von Submikroplastik mittels Kaskadenfiltration + TED-GC-MS

» Kaskadenfiltration

- » Fraktionierte Filtration
- » Große Volumina möglich



Die Daten können derzeit leider nicht veröffentlicht werden, da sich die Publikation derzeit im Review-Prozess befindet.
Funck et al. (*in review*)

» Filtrierte Volumina:

- » 100 µm: 2,6- 4,0 m³
- » 50 µm: 2,6 – 4,0 m³
- » 10 µm: 0.2 m³

Kläranlage A (1.000.000 EW, $Q_{\text{abfluss}} = 1.63 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$,)
Source: Funck et al. (*in review*)

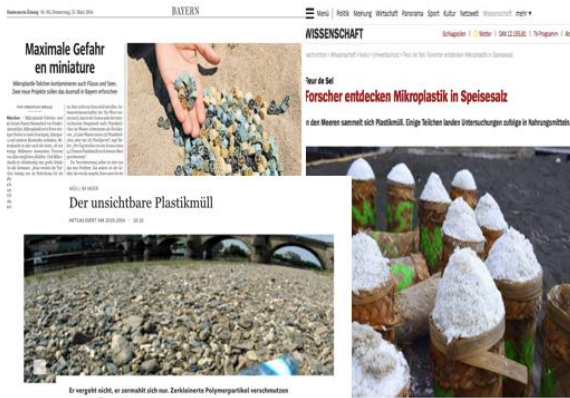
» Soziale Dimensionen



» Politische Dimensionen



„Plastics – Publics – Politics“



Exemplarische Medienartikel aus der Analyse: Süddeutsche Zeitung 13.März 2014; FAZ 20.05.2004; Spiegel online 19.01.2018

Mikroplastik ist seit 2004 als Thema präsent. Es gibt einen kontinuierlichen Anstieg von Artikeln, besonders ab 2012/13.

» Analyse der medialen Berichterstattung von Mikroplastik

2004 – 2010
neutral

2010 – 2015
MP = Risiko

2015 – heute
MP = Risiko / kein Risiko

- » Risiko-Vermittlung: Schwächung des Vertrauens in Forschungsergebnisse
- » Verantwortung: hauptsächlich bei Bürger*innen als Konsument*innen für die Vermeidung von (Mikro)Plastik
- » Politik wird teilweise und Industrie kaum adressiert
- » Problem kann durch individuelles Handeln nicht bewältigt werden

» Analyse von zivilgesellschaftlichen Initiativen

- » Verantwortung hauptsächlich bei Bürger*innen als Konsument*innen
 - » Starke Gender-Dimension: Bewegung von Frauen getragen und Frauen werden verstärkt angesprochen
- Aber:** Nicht alle können sich ein plastikfreies Leben leisten!
→ negative Auswirkungen auf soziale Kohäsion und Partizipation möglich



» Rechtliche Rahmenbedingungen & Normung

- » Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen
- » Identifikation relevanter **Regulierungsmöglichkeiten**

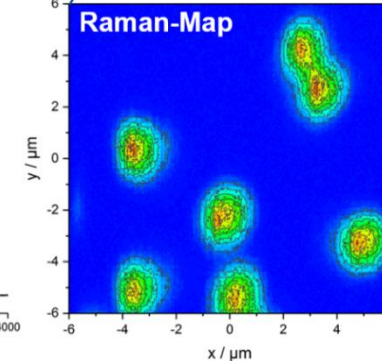
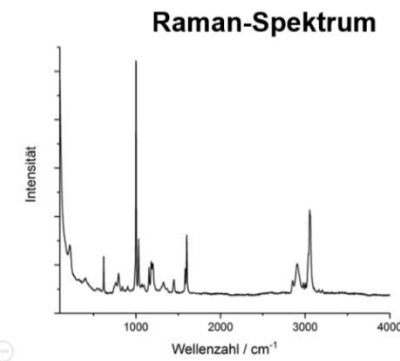
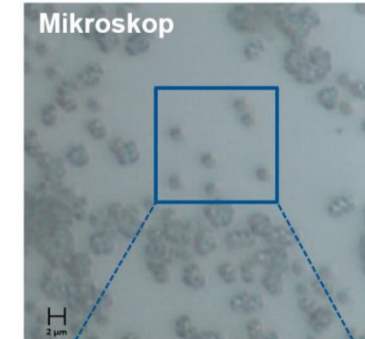
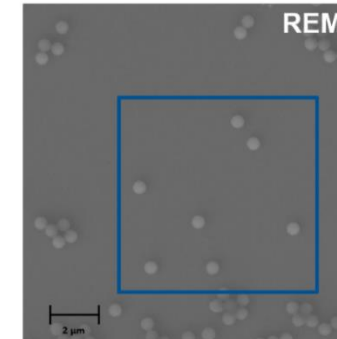
- » Kommunikation und Koordination innerhalb unterschiedlicher Normungsgremien



- » Vernetzung und Abstimmung mit anderen Ressortforschungseinrichtungen sowie hausinternen Facheinheiten



Vielen Dank!



Dr. Oliver Knoop
Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes
submuetrack.sww.bgu@tum.de
www.wasser.tum.de/submuetrack

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Plastik
in der Umwelt

Quellen • Senken • Lösungsansätze

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit