



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Mikroplastik in Binnengewässern

Martin Löder



„Mikroplastik in Gewässern – Handlungsbedarf in Niedersachsen“ - 25.06.2015



Tierökologie I - Mikroplastik:

- **Von Methodenentwicklung bis zu biologischen Effekten**
- **2 Postdocs, 4 Doktoranden, mehrere Bachelor- Studenten**
- **Orientierende Untersuchungen zu Mikroplastik in Binnengewässern in BY, NRW, BW, RP, H**



- **Vorkommen von Mikroplastik**
- **Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik**
- **Analytischer Nachweis von Mikroplastik**

Müllstrudel in den Weltmeeren



Makro-/Mesoplastik

Makro-/ Mesoplastik = Folgen sichtbar = gut untersucht

Plastikmaterial > 5 mm



- Physikalische Beeinträchtigung durch Verschlucken, Verfangen etc.
- Klare Umweltrisiken und- folgen

Mikroplastik

Plastikmaterial < 5 mm



Großes Mikroplastik:

- Manuell sortierbar
- Einzelanalyse möglich

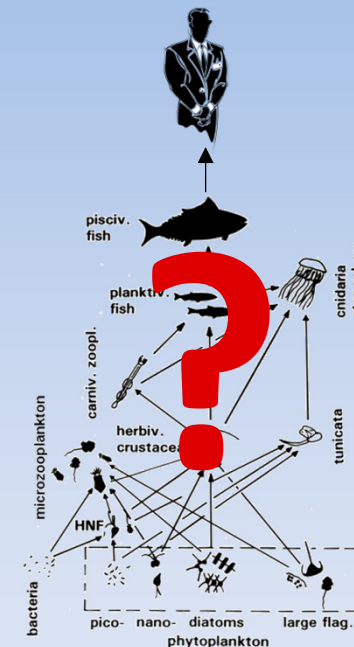
Kleines Mikroplastik:

- Nicht manuell sortierbar
- Konzentration auf Filtern nötig

Mikroplastik

Mikroplastik = Folgen „unsichtbar“ = weniger untersucht

Plastikmaterial < 5 mm

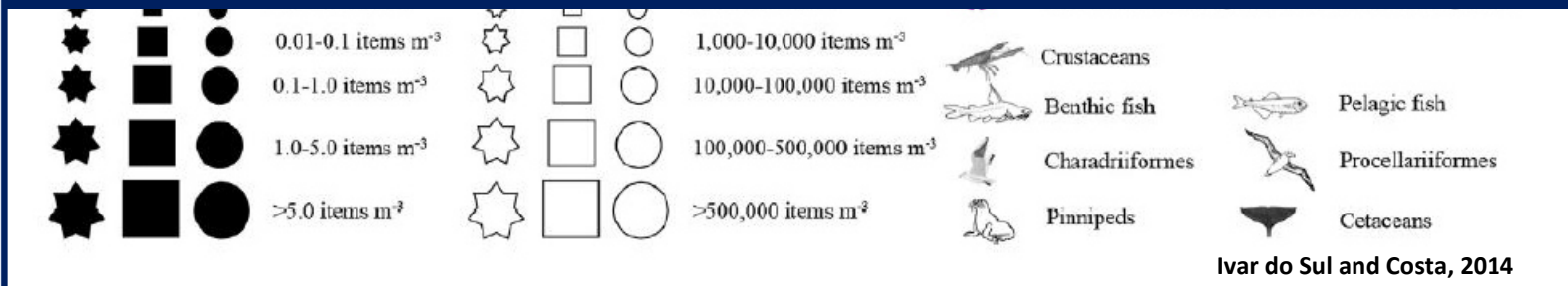


- Hohes Potential ins Nahrungsnetz zu gelangen
- Potentielle Umweltrisiken bekannt aber tatsächliche Auswirkungen weitgehend unbekannt



Mikroplastik in marinen Systemen:

- Von der Arktis bis in die Tropen
 - Von der Wasseroberfläche bis in die Tiefsee
- Große Heterogenität in Bezug auf die Konzentration
- Wasser: 0,01 - >5 Partikel pro m³
- Sediment: 1000 - >500.000 Partikel pro m³



Vorkommen von Mikroplastik

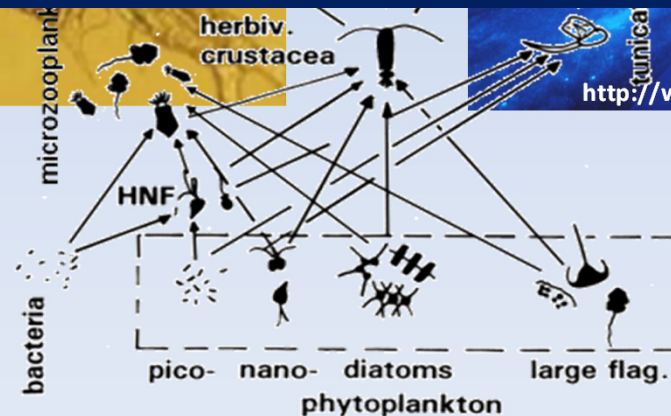


pisciv.
fish

Mikroplastik in marinen Biota:

- Das komplette marine Nahrungsnetz ist betroffen
- Viele Studien zu Auswirkungen auf Biota

Cole et al. 2013



<http://www.photolib.noaa.gov/htmls/sanc0602.htm>

Vorkommen von Mikroplastik



Fluss Citarum (Jakarta, Indonesien)

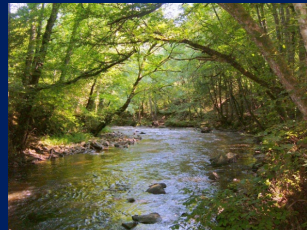
**Ein Großteil dieses Mülls
gelangt über die Flüsse ins
Meer – 50-80% landbasiert.**



Quelle: <http://dornob.com>

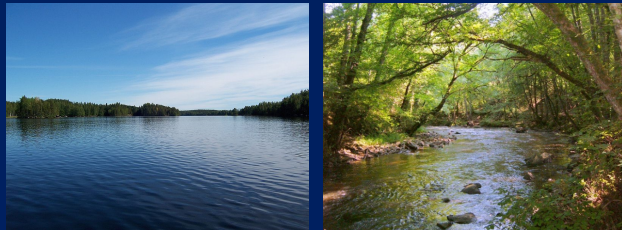
Mikroplastik in Binnengewässern???





Mikroplastik in Binnengewässern – Potentielle Quellen

- Abwasser – Kläranlagen ? (kaum Studien weltweit!)
- Regenentlastung ?
- Straßenabwässer ?
- Eintrag aus der Fläche ?
- Eintrag aus der Landwirtschaft ?
- Windverdriftung ?
- ...



Mikroplastik in Binnengewässern - weltweit

Nur 1 Studie in Deutschland...

Wasserkörper und geographische Lage

Los Angeles River, San Gabriel River, Coyote Creek, Nord Amerika

Lake Huron, Nord Amerika

Lakes Superior, Huron und Erie, Nord Amerika

Lakes Erie und St. Clair, Nord Amerika

North Shore Channel of Chicago, Nord Amerika

St. Lawrence River, Nord Amerika

Genfer See, Schweiz/Frankreich

Gardasee, Italien

Hovsgol-See, Mongolei

Donau, Österreich

Tamar, England

Elbe, Mosel, Neckar, Rhein, Deutschland

Autoren

Moore et al., 2011

Zbyszewski and Corcoran, 2011

Eriksen et al., 2013

Zbyszewski et al., 2014

Hoellein et al., 2014

Castañeda et al., 2014

Faure et al., 2012

Imhof et al., 2013

Free et al., 2014

Lechner et al., 2014

Sadri and Thompson, 2014

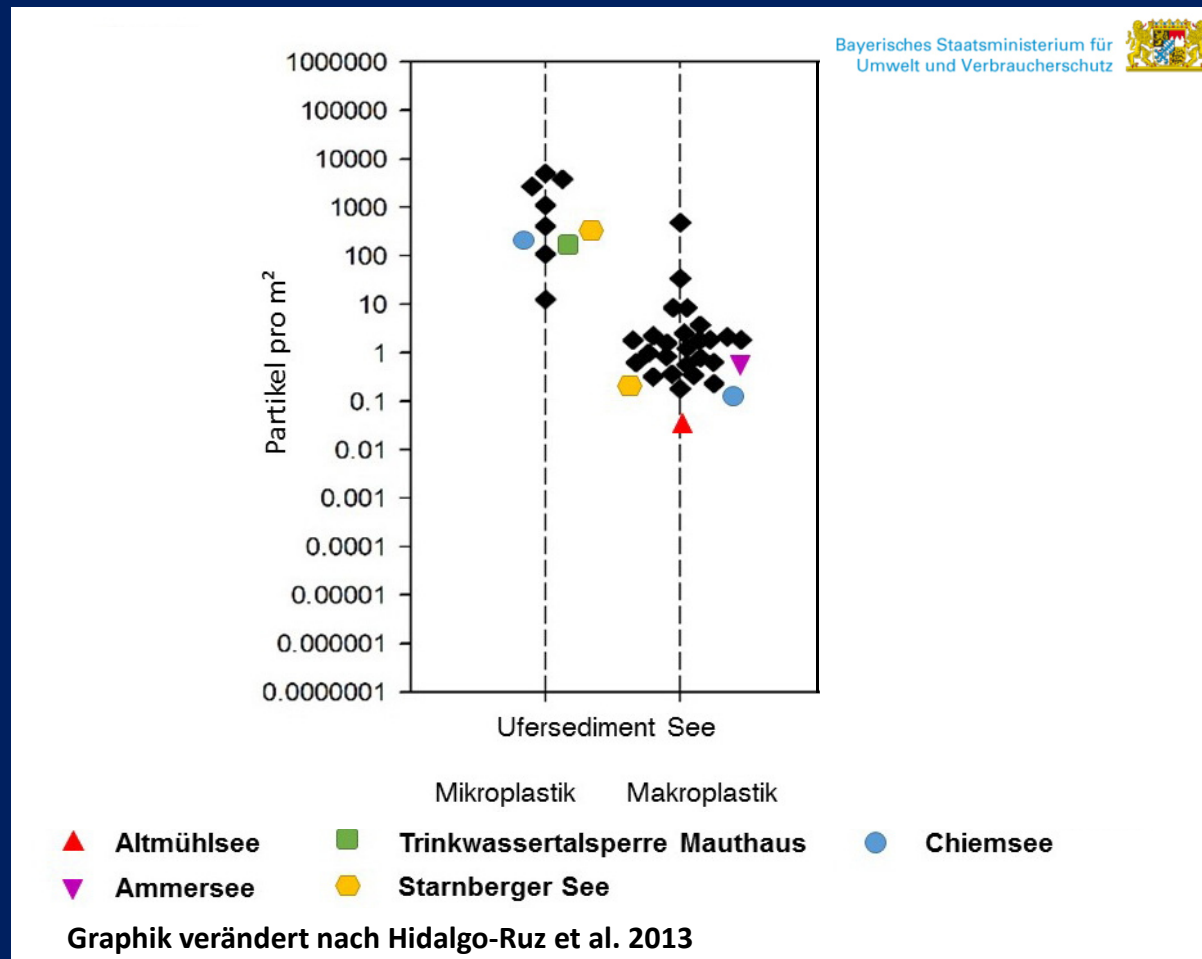
Wagner et al., 2014

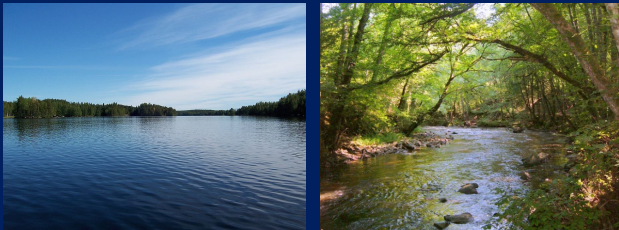


Mikroplastik in Europäischen Binnengewässern

Genfer See:	Maximum 9 Partikel pro Probe (Sediment), 48 146 Partikel pro km ² (Wasser)
Gardsee:	108 ± 55 – 1108 ± 983 Partikel pro m ² (Sediment)
Donau:	316,8 ± 4664,6 Partikel pro 1000 m ³ (Wasser)
Tamar:	0,028 Partikel pro m ³ (Wasser)
Elbe, Mosel, Neckar, Rhein:	34 - 64 Partikel pro kg TM (Sediment)

Erste Ergebnisse aus Bayerischen Gewässern...





Mikroplastik in Süßwasserbiota

Nur wenige Studien weltweit

Untersuchungsobjekt	Autor	Art der Studie	Aufnahme
Fisch	Possatto et al., 2011	Feld	JA
Fisch	Dantas et al., 2012	Feld	JA
Fisch	Ramos et al., 2012	Feld	JA
Fisch	Rochman et al., 2013	Labor	JA
Fisch	Oliveira et al., 2013	Labor	kA
Fisch	Sanchez et al., 2014	Feld	JA
Wasserfloh	Rosenkranz et al., 2009	Labor	JA
Wasserfloh, Bachflohkrebs, Ringelwurm, Schnecke, Muschelkrebs	Imhof et al., 2013	Labor	JA
Bakteriengemeinschaft	Hoellein et al., 2014	Feld	kA



Mikroplastik in Süßwasserbiota

Nur 1 Feld-Studie in Europa

Environmental Research

Volume 128, January 2014, Pages 98–100

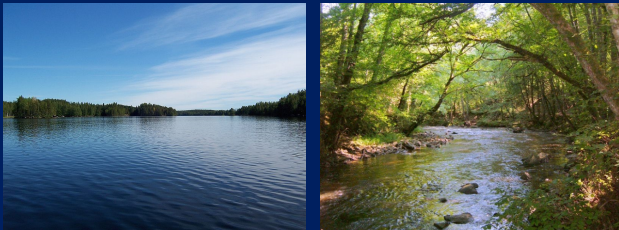
Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: Preliminary study and first evidence

Wilfried Sanchez  , Coline Bender, Jean-Marc Porcher



Quelle: luontoportti.com

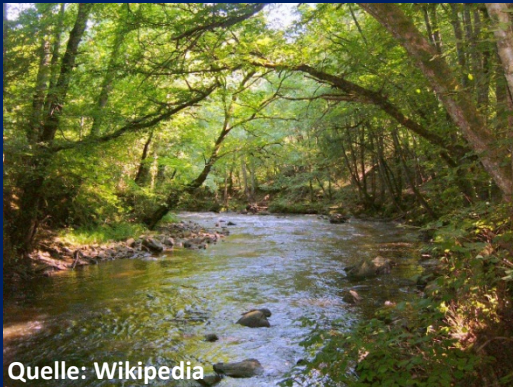
➤ **12% der Fische hatten
Mikroplastik im Verdauungstrakt**



Mikroplastik in Süßwasserbiota

Nur 3 Studien zu Auswirkungen

Untersuchungsobjekt	Autor	Art der Studie	Aufnahme
Fisch	Possatto et al., 2011	Feld	JA
Fisch	Dantas et al., 2012	Feld	JA
Fisch	Ramos et al., 2012	Feld	JA
Fisch	Rochman et al., 2013	Labor	JA
Fisch	Oliveira et al., 2013	Labor	kA
Fisch	Sanchez et al., 2014	Feld	JA
Wasserfloh	Rosenkranz et al., 2009	Labor	JA
Wasserfloh, Bachflohkrebs, Ringelwurm, Schnecke, Muschelkrebs	Imhof et al., 2013	Labor	JA
Bakteriengemeinschaft	Hoellein et al., 2014	Feld	kA



Quelle: Wikipedia

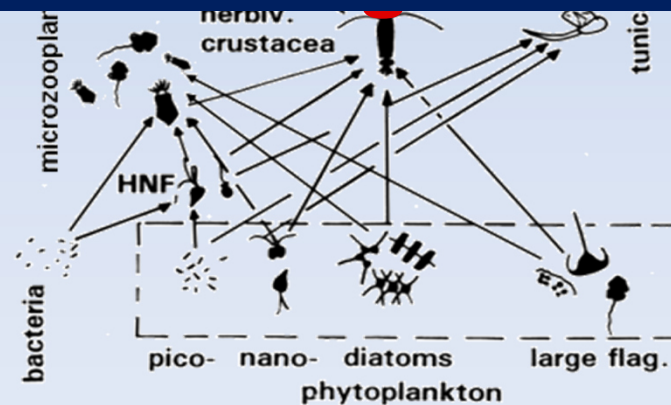
Mikroplastik in Binnengewässern:

- Nur wenige Studien zum Vorkommen
- Kleinere Gewässer nicht untersucht
- Aufnahme durch Organismen bestätigt
- Auswirkungen auf Biota kaum untersucht
- Quellen/Senken kaum untersucht
- Dynamik/Migration nicht untersucht

Großer Forschungsbedarf!

Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik

Kontrovers diskutiert...



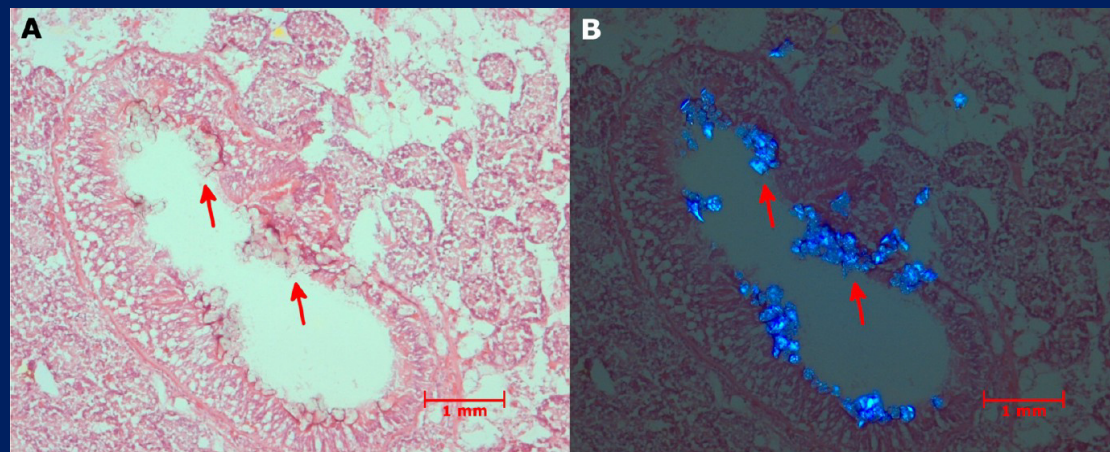
Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik



- **Blockieren/mechanische Verletzung des Intestinaltrakts; Aufnahme ins Gewebe**
- Manche Polymere und Additive können toxisch sein oder hormonelle Wirkung entfalten
- Schadstoffe können an die Oberfläche adsorbieren und könnten in erhöhter Dosis aufgenommen werden (Bioakkumulation)
- Plastik könnte als Vektor für invasive Arten und Pathogene dienen

Uptake and Effects of Microplastics on Cells and Tissue of the Blue Mussel *Mytilus edulis* L. after an Experimental Exposure

von Moos et al, 2012



Advanced Drug Delivery Reviews 50 (2001) 107–142

Advanced
DRUG DELIVERY
Reviews

www.elsevier.com/locate/drugdeliv

Recent advances in the understanding of uptake of
microparticulates across the gastrointestinal lymphatics^{*}

Nasir Hussain, Vikas Jaitley, Alexander T. Florence^{*}

Centre for Drug Delivery Research, The School of Pharmacy, University of London, 29–39 Brunswick Square, London WC1N 1AX,
UK

Received 17 January 2001; accepted 3 April 2001

1. Introduction

The uptake of inert particulate matter (as opposed to viral/bacterial uptake) by the gastrointestinal epithelium is now a widely accepted phenomenon and has prompted a number of biotechnology com-

Aber...



...viele Polymere sind inert



**Effekte aufgrund der Konzentrationen
in den Experimenten?**

Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik



- Mechanische Verletzung des Intestinaltrakts/Aufnahme ins Gewebe
- Manche Polymere und Additive können toxisch sein oder hormonelle Wirkung entfalten
- Schadstoffe können an die Oberfläche adsorbieren und könnten in erhöhter Dosis aufgenommen werden (Bioakkumulation)
- Plastik könnte als Vektor für invasive Arten und Pathogene dienen

Current Biology 23, 2388–2392, December 2, 2013 ©2013 Elsevier Ltd All rights reserved <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.012>

Report

Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity

Mark Anthony Browne,^{1,2,*} Stewart J. Niven,^{1,3,4}
Tamara S. Galloway,⁵ Steve J. Rowland,⁴
and Richard C. Thompson¹

Animals from sedimentary habitats are vulnerable because plastic can accumulate concentrations of pollutants a hundred times greater than those in sediments [9], and there is 250%





Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol

Leaching of plastic additives to marine organisms

Albert A. Koelmans^{a,b,*}, Ellen Besseling^{a,b}, Edwin M. Foekema^b

^aAquatic Ecology and Water Quality Management Group, Department of Environmental Sciences, Wageningen University, P.O. Box 47, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

^bIMARES – Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies, Wageningen UR, P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands

Biodynamisches Modell deutet auf vernachlässigbare Aufnahme von Additiven

A B S T R A C T

It is often assumed that ingestion of microplastics by aquatic species leads to increased exposure to plastic additives. However, experimental data or model based evidence is lacking. Here we assess the potential of leaching of nonylphenol (NP) and bisphenol A (BPA) in the intestinal tracts of *Arenicola marina* (lugworm) and *Gadus morhua* (North Sea cod). We use a biodynamic model that allows calculations of the relative contribution of plastic ingestion to total exposure of aquatic species to chemicals residing in the ingested plastic. Uncertainty in the most crucial parameters is accounted for by probabilistic modeling. Our conservative analysis shows that plastic ingestion by the lugworm yields NP and BPA concentrations that stay below the lower ends of global NP and BPA concentration ranges, and therefore are **not likely to constitute a relevant exposure pathway**. For cod, plastic ingestion appears to be a negligible pathway for exposure to NP and BPA.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik



- Mechanische Verletzung des Intestinaltrakts/Aufnahme ins Gewebe
- Manche Polymere und Additive können toxisch sein oder hormonelle Wirkung entfalten
- Schadstoffe können an die Oberfläche adsorbieren und könnten in erhöhter Dosis aufgenommen werden (Bioakkumulation)
- Plastik könnte als Vektor für invasive Arten und Pathogene dienen

SCIENTIFIC REPORTS | ARTICLE OPEN



Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress

Chelsea M. Rochman, Eunha Hoh, Tomofumi Kurobe & Swee J. Teh

Eine aktuelle Studie zeigt, dass technische Kunststoffe, die in der marinen Umwelt bereits POPs absorbiert haben, bei Fischen Leberschäden hervorrufen können (Rochman et al. 2013).

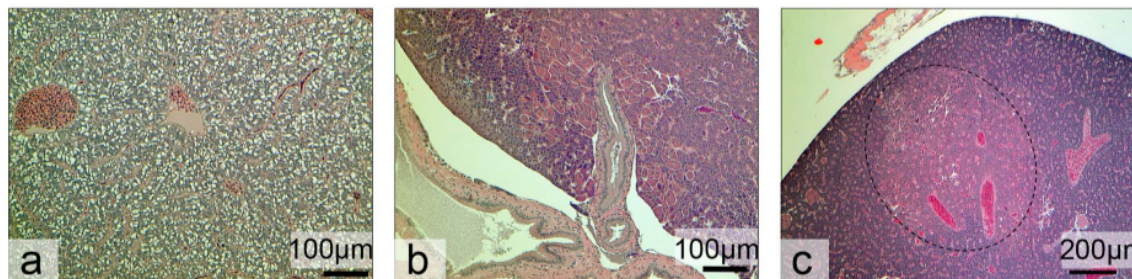


Figure 4 | Liver Histopathology in medaka sampled after 2 months. Micrographs show livers that are glycogen-rich from the control treatment (a) and glycogen-depleted from the virgin-plastic (b) and the marine-plastic treatment (c). An eosinophilic focus of cellular alteration, a precursor to a tumor, was observed in one fish from the virgin-plastic treatment (b). The circle highlights eosinophilic (pinkish coloration) hepatocytes, approximately twice as large as the basophilic (blue coloration) glycogen-depleted hepatocytes. The progression of neoplastic hepatocytes is evidence by the presence of a tumor, a hepatocellular adenoma, in one fish from the marine-plastic treatment (encircled in panel c).

A Thermodynamic Approach for Assessing the Environmental Exposure of Chemicals Absorbed to Microplastic

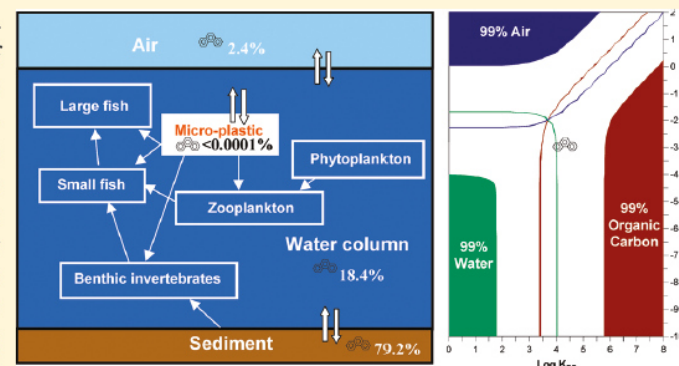
Todd Gouin,^{*,†} Nicola Roche,[†] Rainer Lohmann,[‡] and Geoff Hodges[†]

[†]Safety and Environmental Assurance Centre, Unilever, Colworth Science Park, Sharnbrook, Bedfordshire, U.K., MK44 1LQ

[‡]Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, South Ferry Road, Narragansett, Rhode Island, 02882 United States

S Supporting Information

ABSTRACT: The environmental distribution and fate of microplastic in the marine environment represents a potential cause of concern. One aspect is the influence that microplastic may have on enhancing the transport and bioavailability of persistent, bioaccumulative, and toxic substances (PBT). In this study we assess these potential risks using a thermodynamic approach, aiming to prioritize the physicochemical properties of chemicals that are most likely absorbed by microplastic and therefore ingested by biota. Using a multimedia modeling approach, we define a chemical space aimed at improving our understanding of how chemicals partition in the marine environment with varying volume ratios of air/water/organic carbon/polyethylene, where polyethylene represents a main group of microplastic. Results suggest that chemicals with $\log K_{OW} > 5$ have the potential to partition $>1\%$ to polyethylene. Food-web model results suggest that reductions in body burden concentrations for nonpolar organic chemicals are likely to occur for chemicals with $\log K_{OW}$ between 5.5 and 6.5. Thus the relative importance of microplastic as a vector of PBT substances to biological organisms **is likely of limited importance**, relative to other exposure pathways. Nevertheless, a number of data-gaps are identified, largely associated with improving our understanding of the physical fate of microplastic in the environment.



Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik

Environmental Pollution 185 (2014) 16–23



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol



Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions

Adil Bakir^{a,b}, Steven J. Rowland^b, Richard C. Thompson^{a,*}

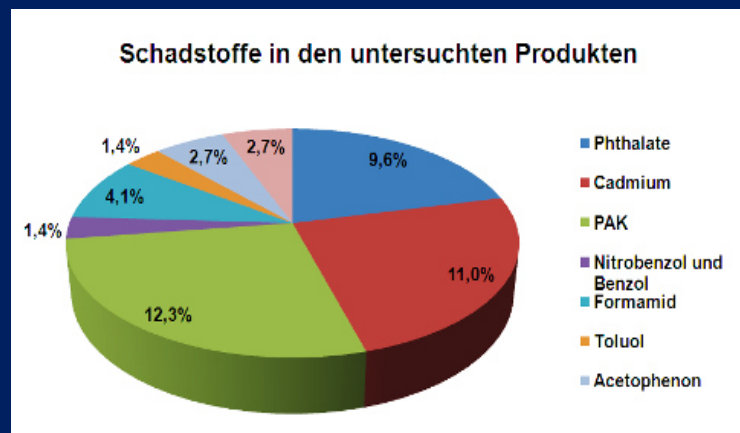
 CrossMark

**Im Milieu des Verdauungstraktes doch
erhöhte Schadstofflösung...**

Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik

Untersuchungsschwerpunkte

Insgesamt wurden 73 Produkte aus verschiedenen Kunststoffen untersucht. Darunter Spielzeuge, Werkzeuge, Elektrogeräte, Haushaltsware, persönliche Schutzausrüstung, Sportgeräte, Möbelstoffe, Schuhe, Erotikartikel, Kabelisolierung, Verpackungen.



Auslaugen ins
Gewässer



Potenzielle Auswirkungen von Mikroplastik



- Mechanische Verletzung des Intestinaltrakts/Aufnahme ins Gewebe
- Manche Polymere und Additive können toxisch sein oder hormonelle Wirkung entfalten
- Schadstoffe können an die Oberfläche adsorbieren und könnten in erhöhter Dosis aufgenommen werden (Bioakkumulation)
- Plastik könnte als Vektor für invasive Arten und Pathogene dienen

Indirekte Effekte - Mikroplastik als Vektor

Drifting plastic debris as a potential vector for dispersing Harmful Algal Bloom (HAB) species*

MERCEDES MASÓ, ESTHER GARCÉS, FRANCESC PAGÈS and JORDI CAMP

Institut de Ciències del Mar CMIMA-CSIC, Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49, E-08003 Barcelona, Spain.
E-mail: meme@icm.csic.es



Transport von invasiven Arten oder toxischen Algen

Environmental
Science & Technology

Article

pubs.acs.org/est

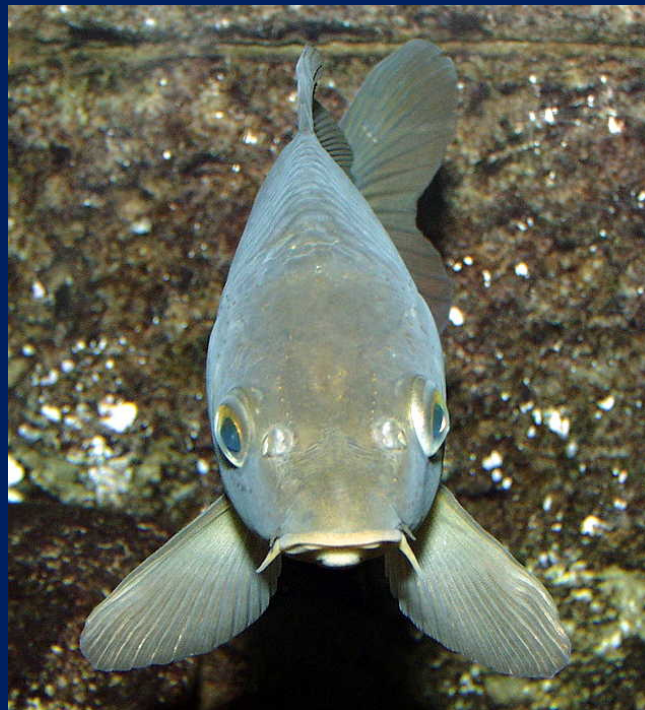
Life in the "Plastisphere": Microbial Communities on Plastic Marine Debris

Erik R. Zettler,^{†,||} Tracy J. Mincer,^{‡,*,||} and Linda A. Amaral-Zettler^{§,*,||}



Transport von opportunistischen Pathogenen:
24% der Bakterien auf einem Partikel waren *Vibrio* sp.

?



Dringlicher Forschungsbedarf !!!

n

m^{-2}

kg^{-1}

m^{-3}

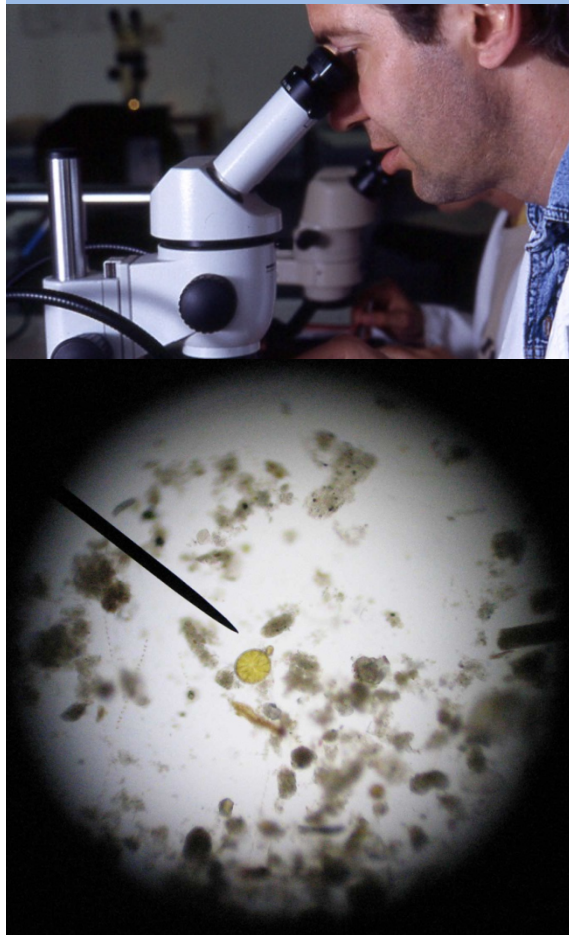
Problem: keine vergleichbaren Daten zu Mikroplastik-Konzentrationen

mg

km^{-2}

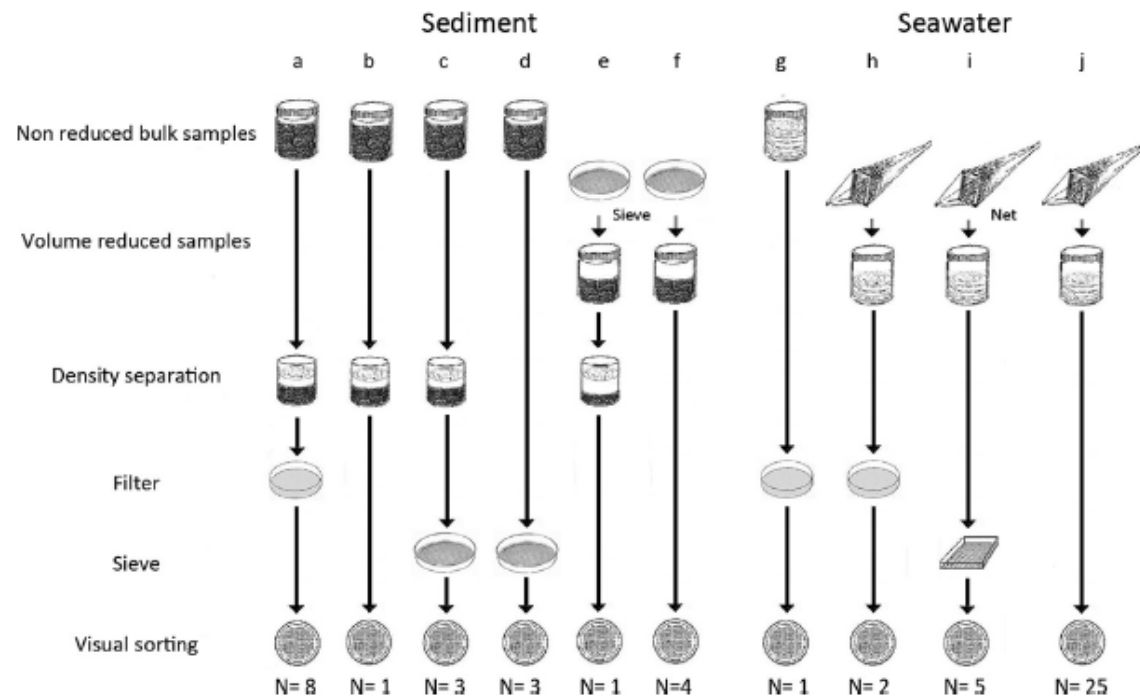
l^{-1}

Analytischer Nachweis von Mikroplastik

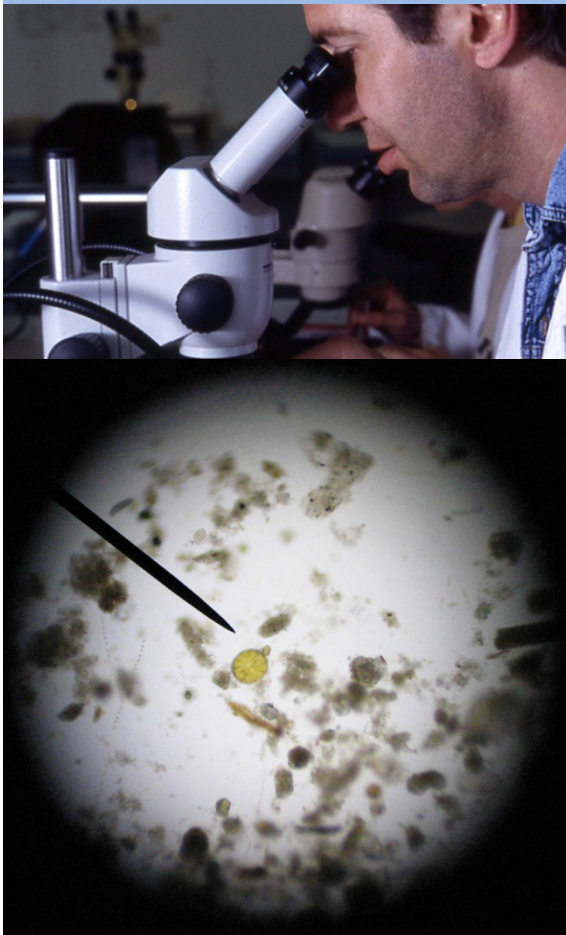


Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification

Valeria Hidalgo-Ruz,^{†,‡} Lars Gutow,[§] Richard C. Thompson,^{||} and Martin Thiel^{*,†,⊥}

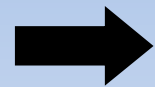


Analytischer Nachweis von Mikroplastik



Wasserproben: unterschiedliche Techniken

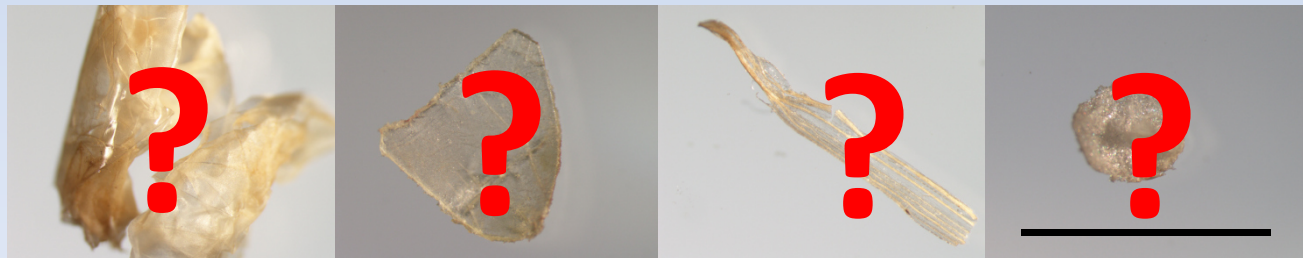
Sedimentproben: unterschiedliche Extraktionsverfahren



Vergleichbarkeit zwischen Studien schwierig

Lösung: Standardisierung der Methodik

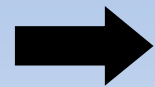
Weitere Probenbehandlung: oft Handsortierung
(Farbe, Form, etc.)





Wasserproben: unterschiedliche Techniken

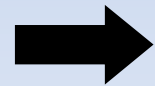
Sedimentproben: unterschiedliche Extraktionsverfahren



Vergleichbarkeit zwischen Studien schwierig

Lösung: Standardisierung der Methodik

Weitere Probenbehandlung: oft Handsortierung
(Farbe, Form, etc.)



Problem Handsortierung – für kleine Partikel

- Hohe Subjektivität
- Keine Information zum Polymerursprung
- Kleinste Partikel werden übersehen
- Größengrenze nach unten

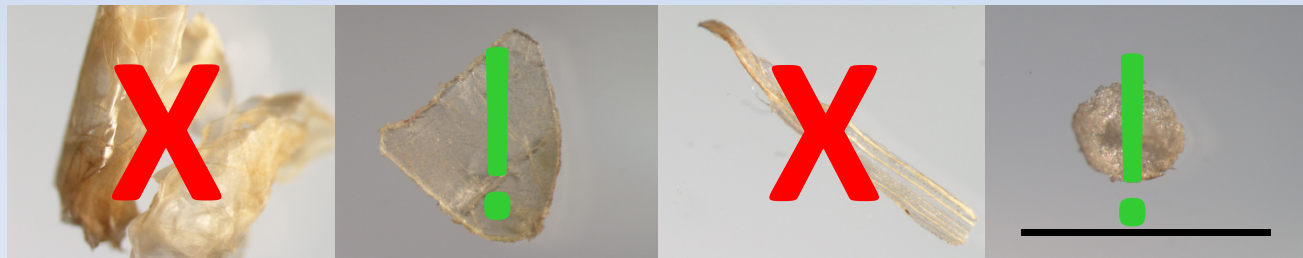
Lösung?



Mögliche Lösung:

Detektion von Mikroplastik mit spektroskopischen Methoden

- Pyrolyse GC/MS
- FTIR oder Raman Spektroskopie

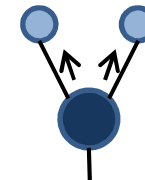


Absorption von IR Strahlung durch die
Anregung von Molekülschwingung

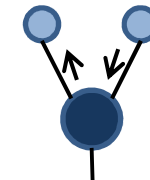


Jede Molekülschwingung hat eine
charakteristische Absorptionsbande!

Stretching vibrations



Symmetric
stretching



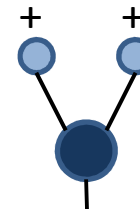
Antisymmetric
stretching

In-plane deformation vibrations

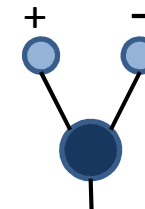
Scissoring

Rocking

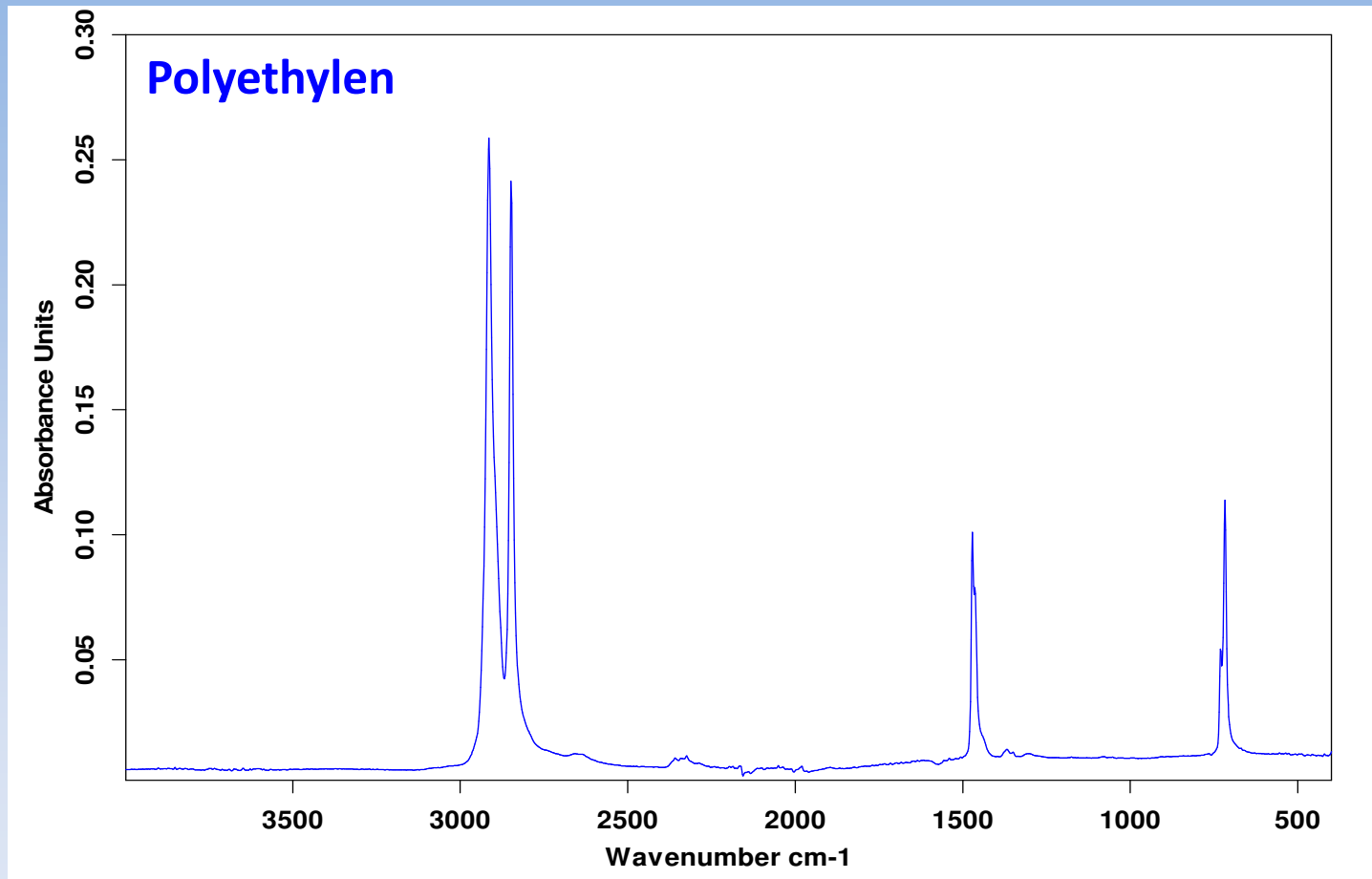
Out-of-plane deformation vibrations



Wagging

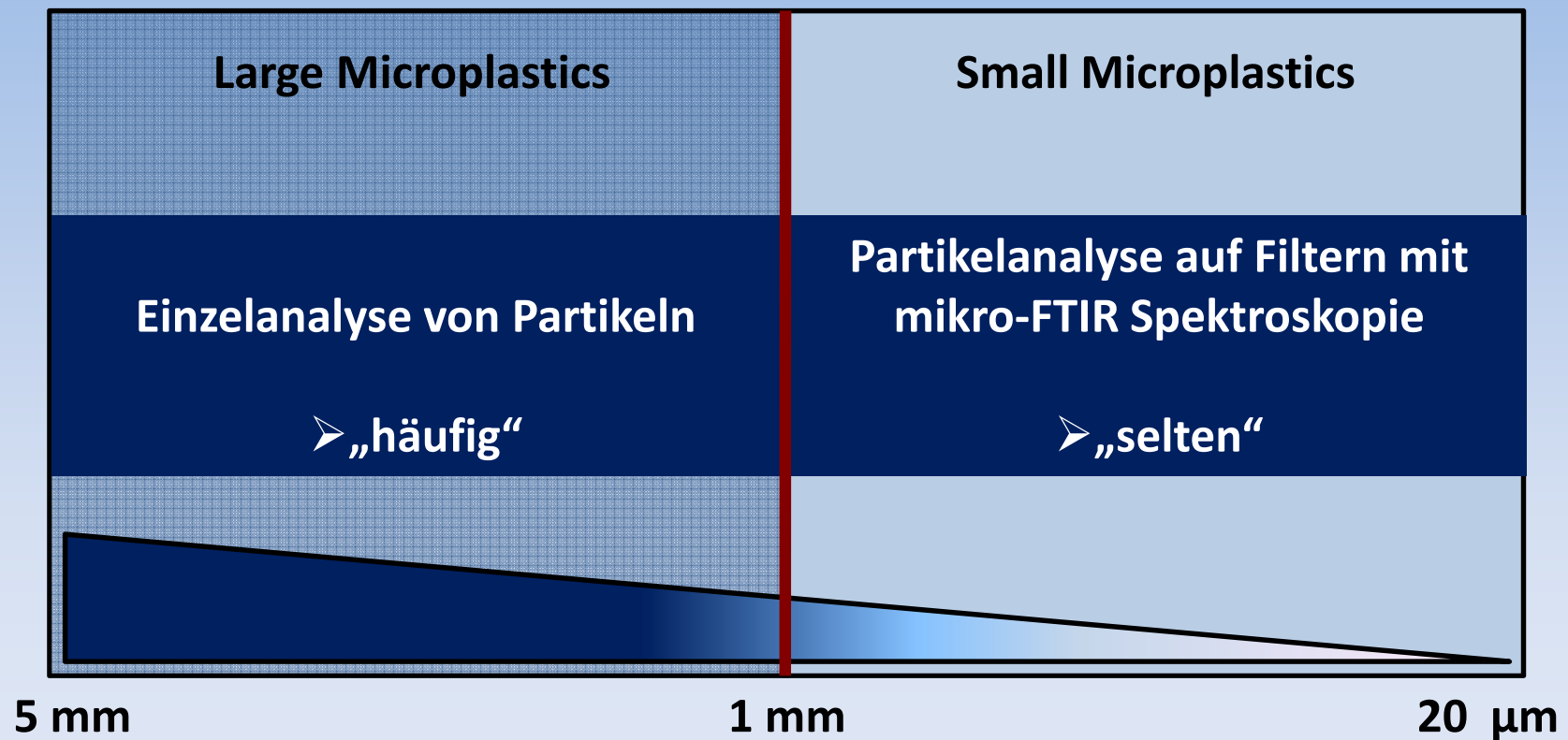


Twisting



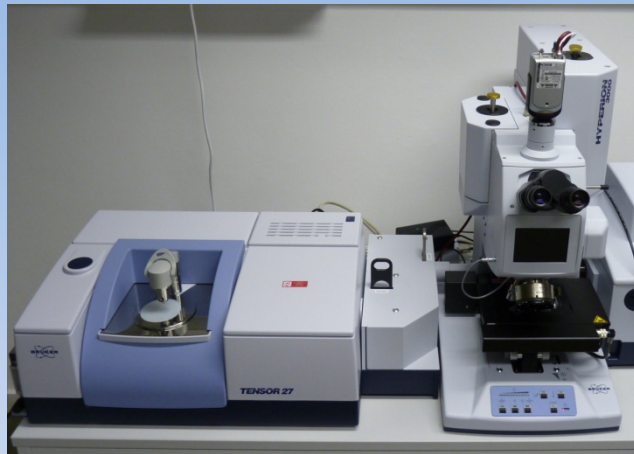
- Spezifische Absorptionsbanden für jedes Polymer
- Qualitative Analyse möglich

Einsatz von FTIR Spektroskopie in der Mikroplastik-Analyse

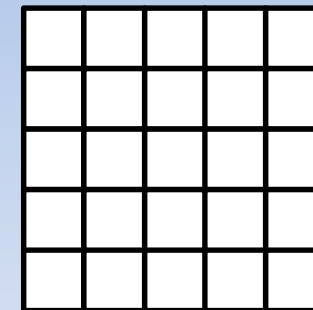


Mikroplastik Größenklassen nach Hanke et al. 2013

Neueste Methodik: FPA-basierte mikro-FTIR Spektroskopie

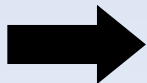


FPA = Focal Plane Array

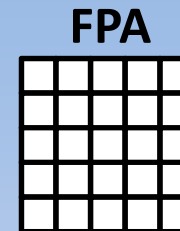
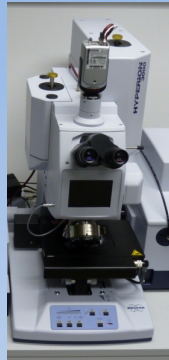


Vorteil:

- keine Handsortierung
- Analyse von mikroskopischen Partikeln
- Verifizierung des Polymerursprungs durch IR Spektren
- Messung von ganzen Filtern möglich



Hyperion 3000 FTIR Mikroskop (Bruker)
FPA: 4096 Detektorelemente



IR Mikroskop:

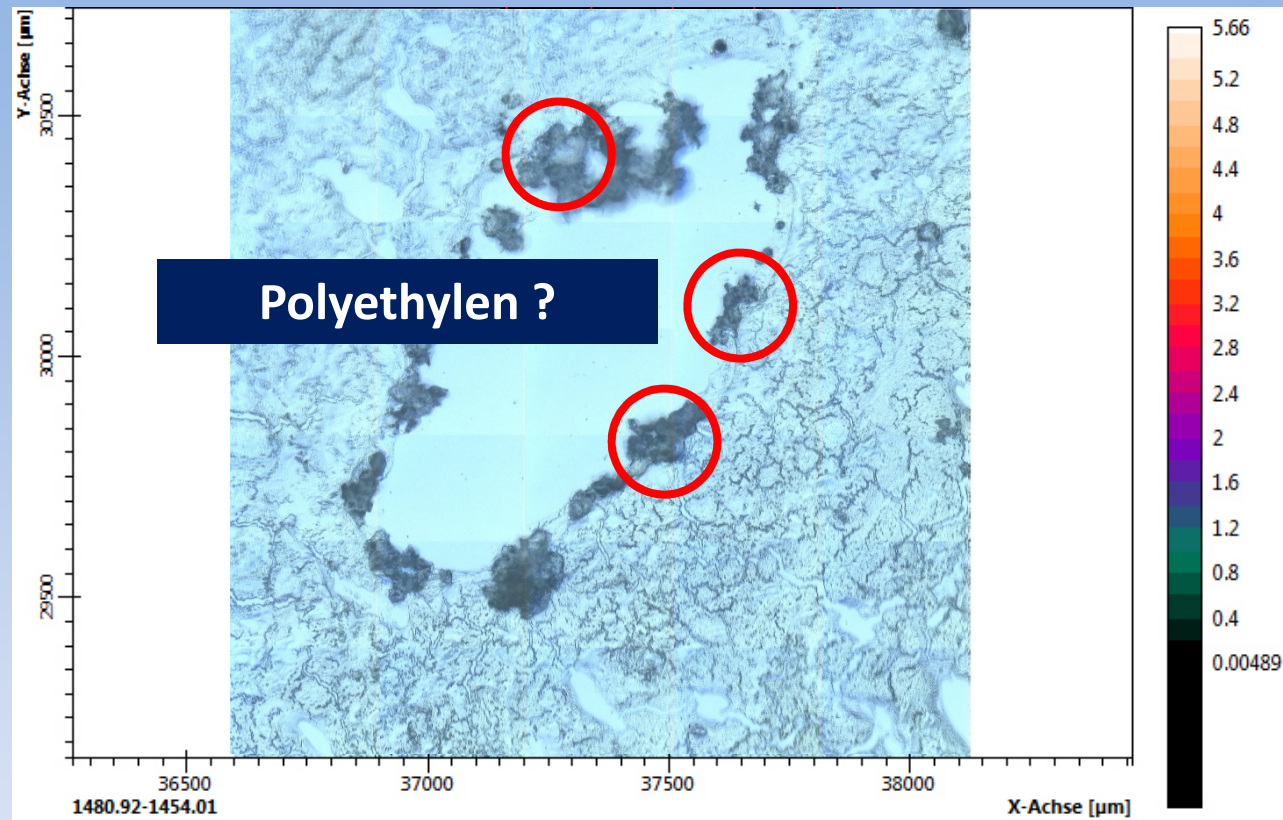
Messung von Partikeln $> 10 \mu\text{m}$

FPA Detektor:

simultane Messung von 4096 IR Spektren
auf einer Fläche von $170 \times 170 \mu\text{m}$



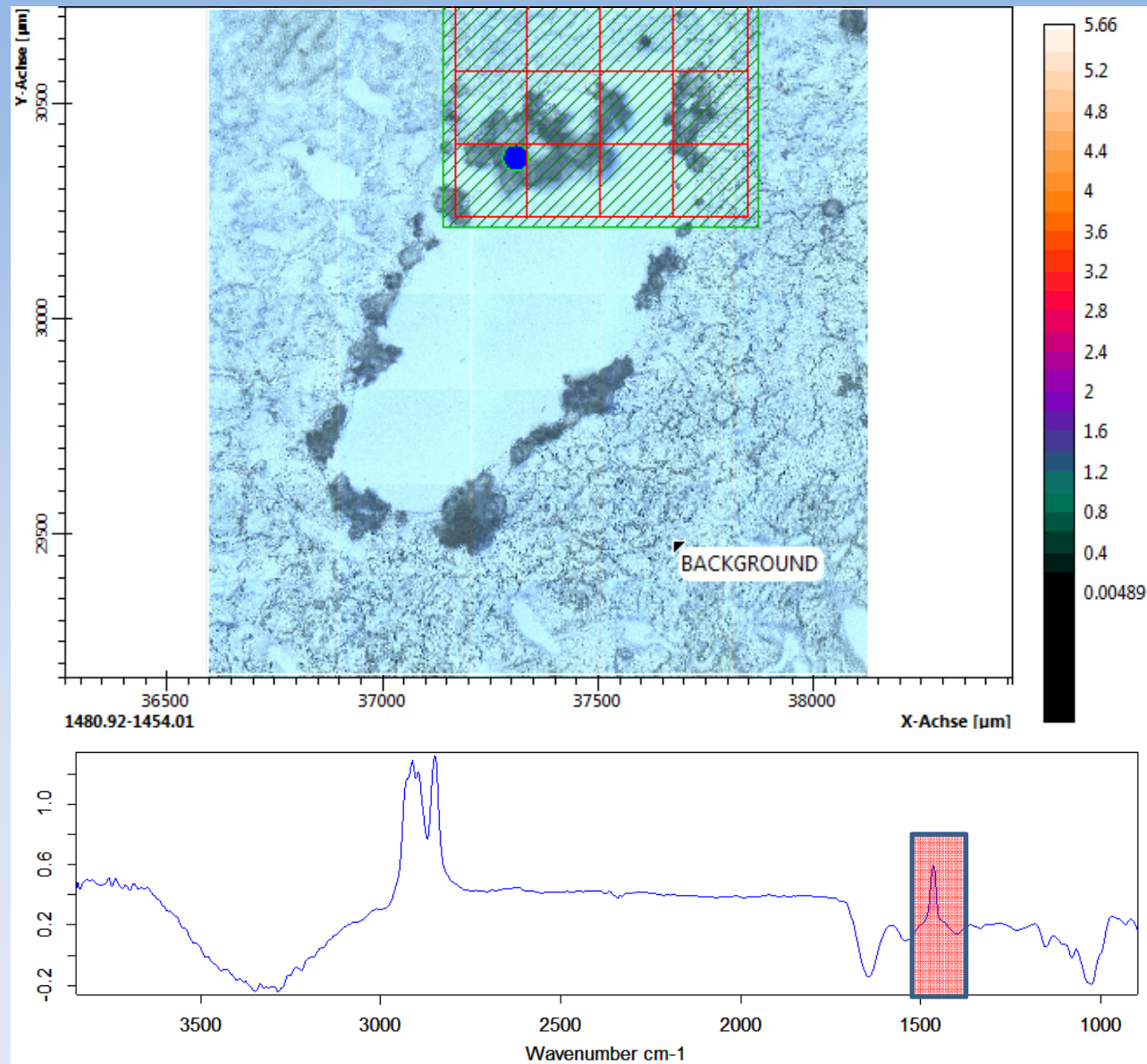
Chemical Imaging:
Kombination von räumlich-visueller und chemischer
Information auf ganzen Probenfiltern möglich



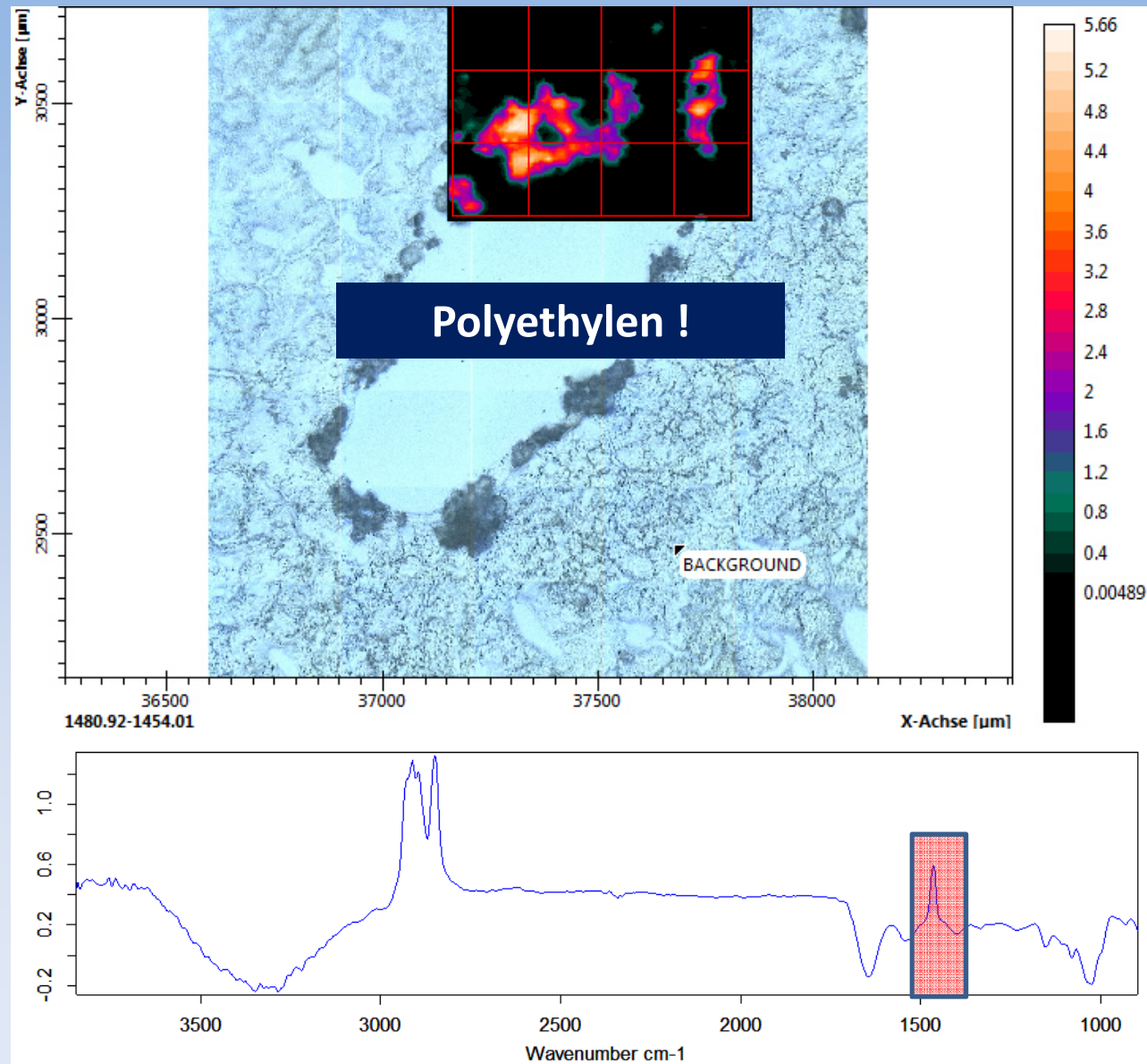
Muschelgewebe (Angela Köhler, AWI):

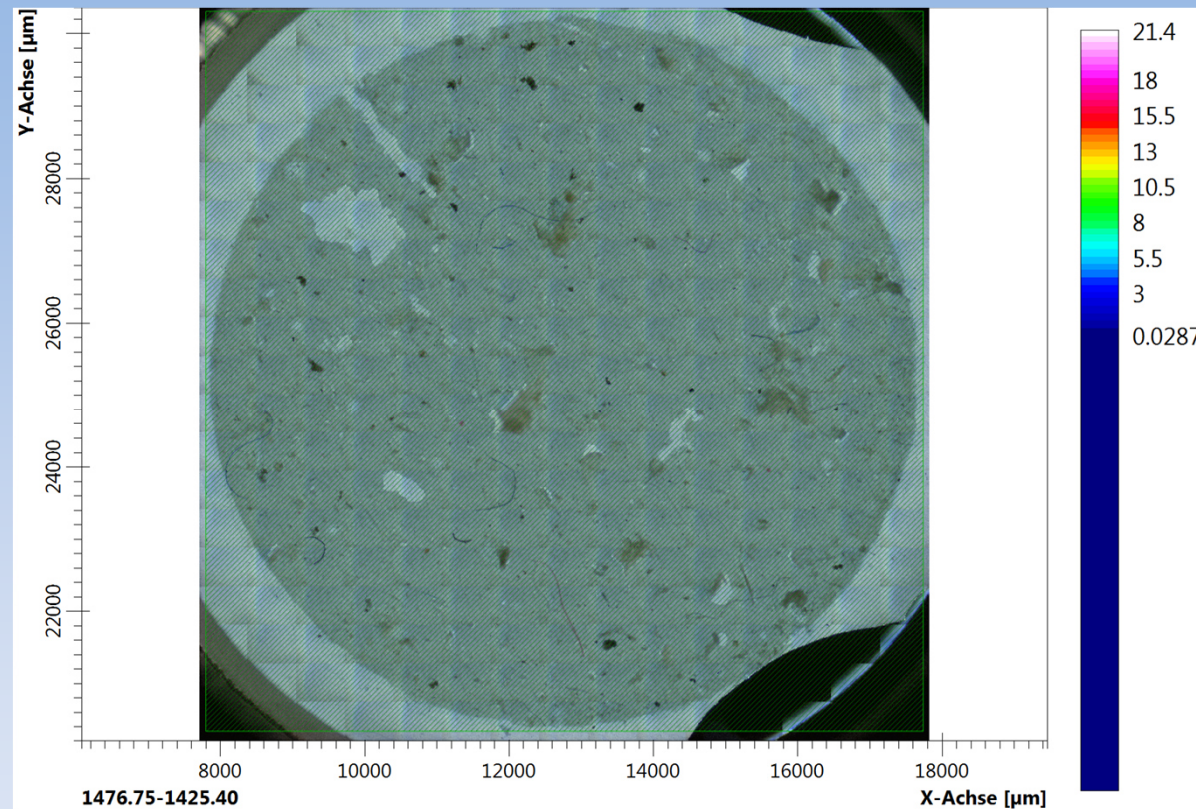
- Darm-Gewebeschnitt nach PE Exposition (0-80 µm Pulver)
- CaF₂ Probenträger
- Messmodus: Transmission, 150 x Vergrößerung

Analytischer Nachweis von Mikroplastik



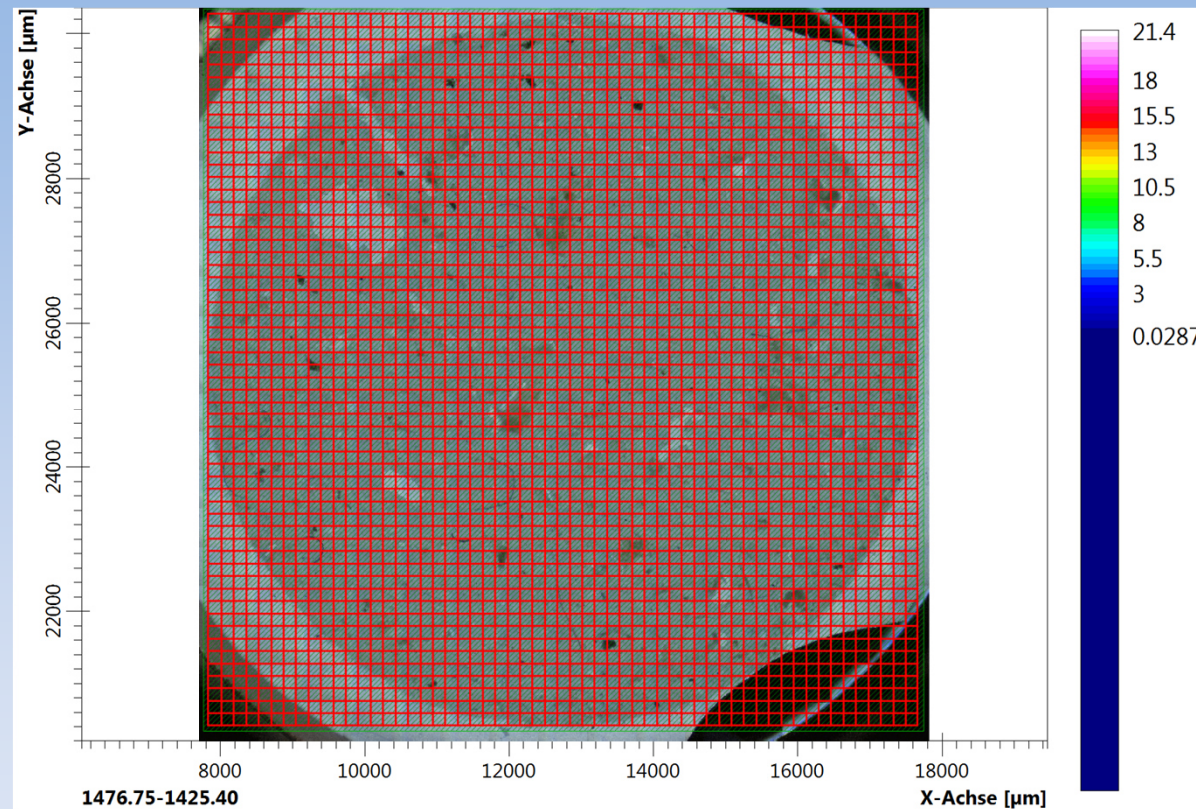
Analytischer Nachweis von Mikroplastik





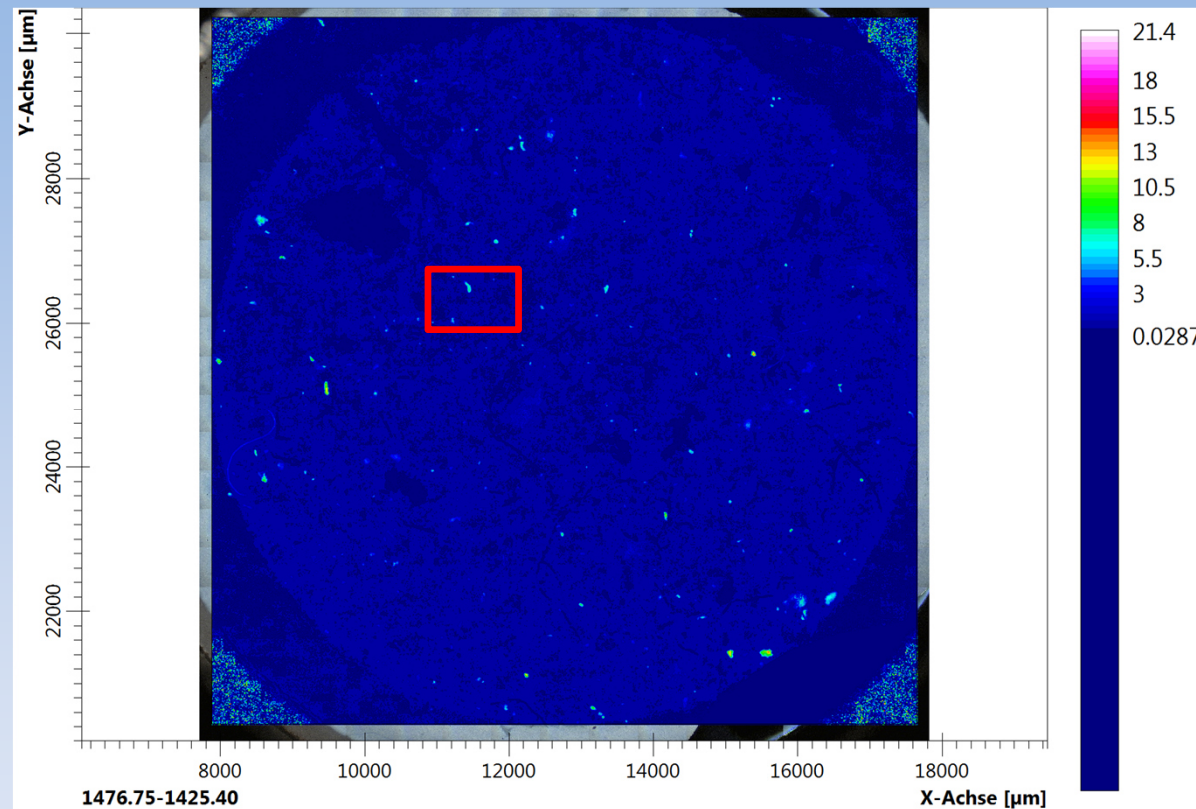
Planktonprobe (Heincke-Fahrt 2012):

- enzymatische Aufreinigung
- Aluminiumoxid-Filter (0.2 μm)



Planktonprobe (Heincke-Fahrt 2012):

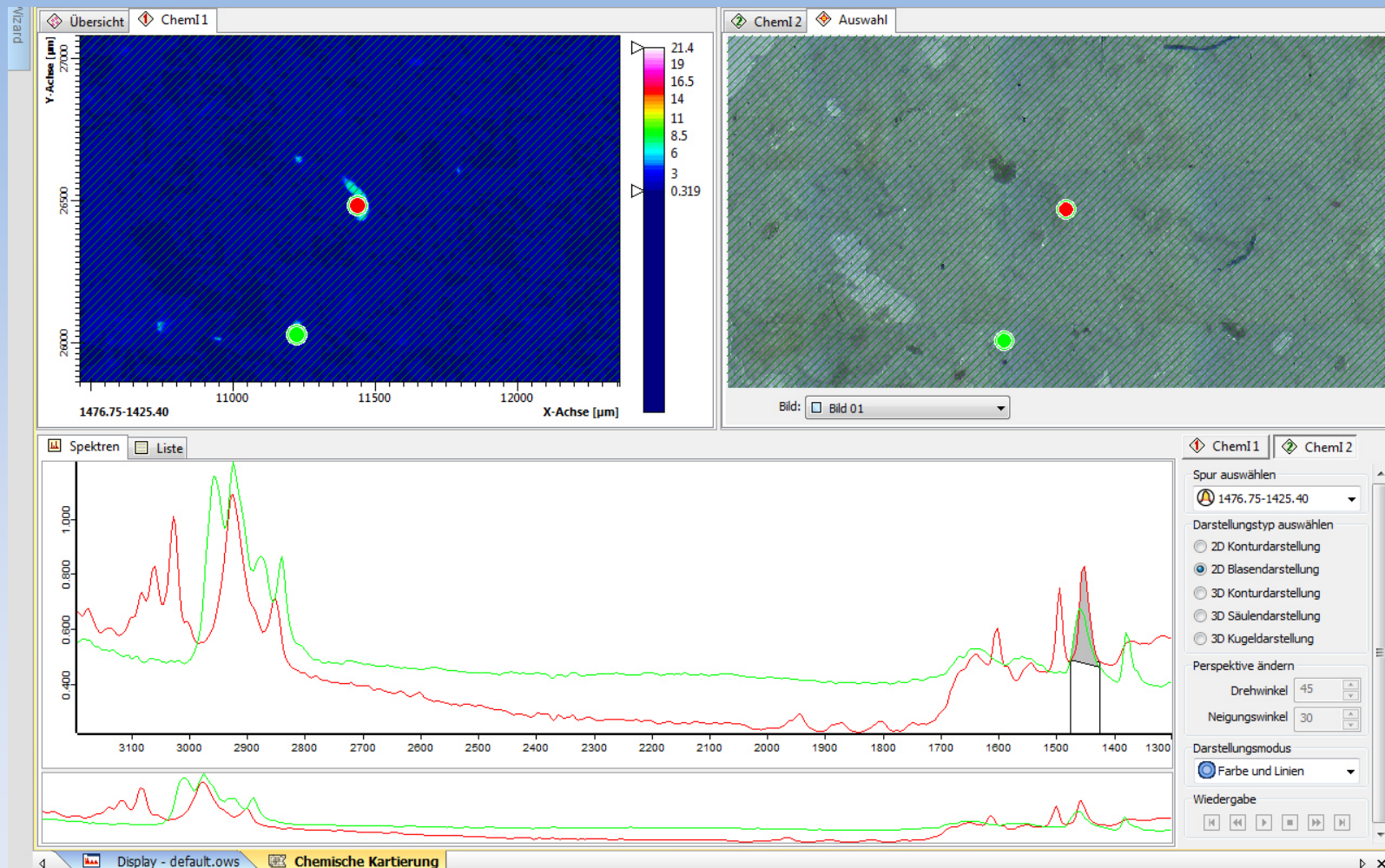
- Transmission, 150 x Vergrößerung
- 3249 FPA Felder, ca. 8 h Messzeit



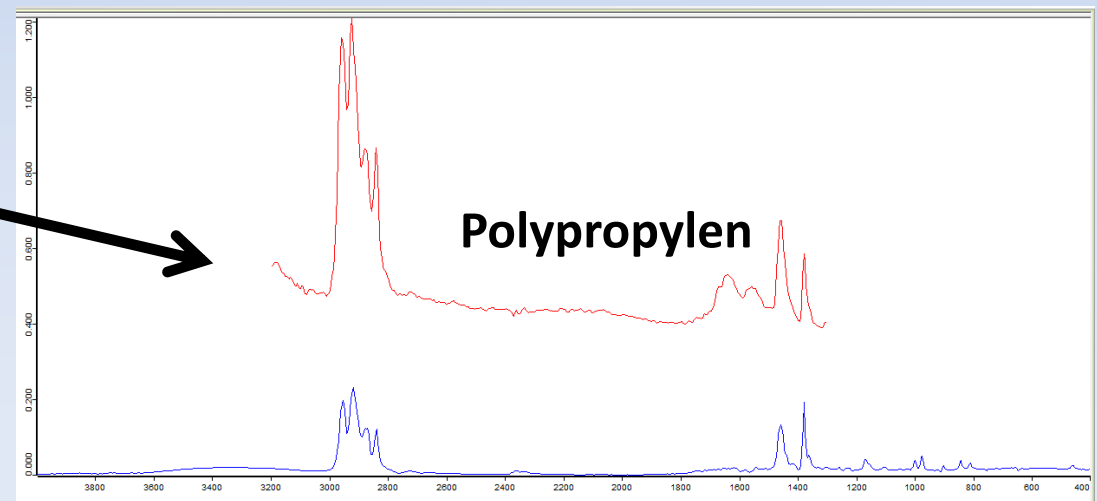
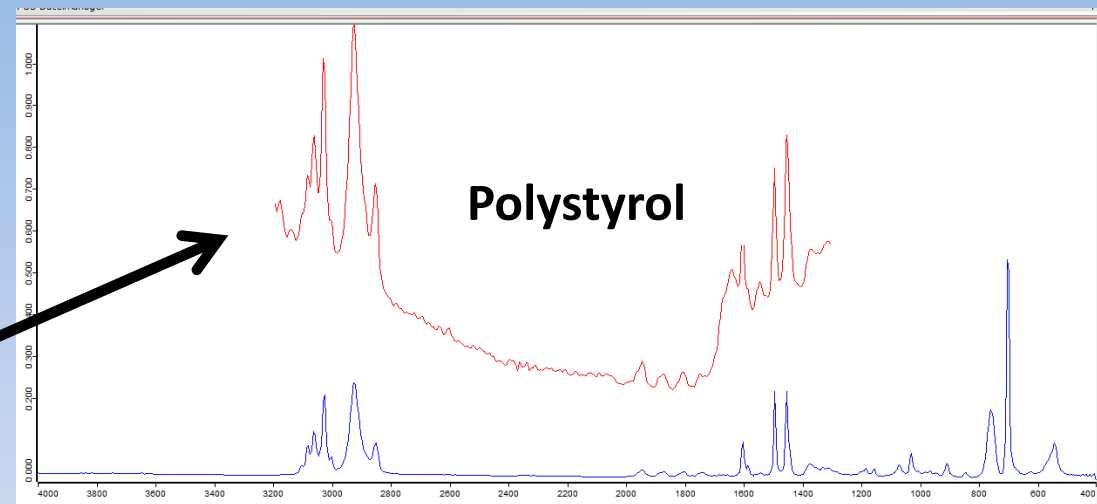
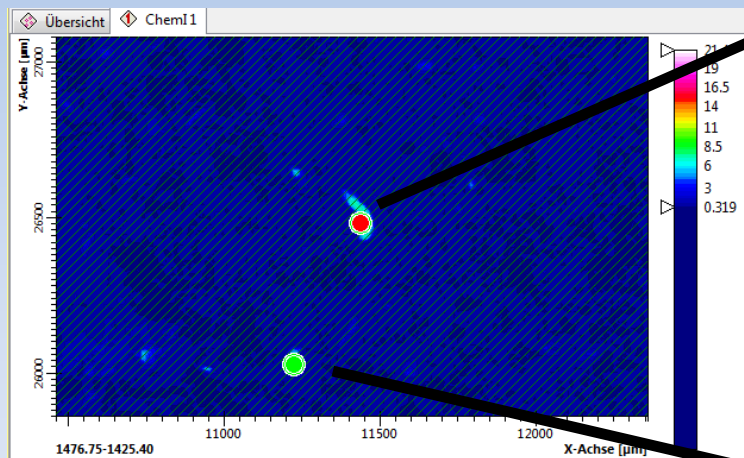
Planktonprobe (Heincke-Fahrt 2012):

- Transmission, 150 x Vergrößerung
- 3249 FPA Felder, ca. 8 h Messzeit
- Integrationsbereich markiert potentiell Mikroplastik (CH_2 , C=O)

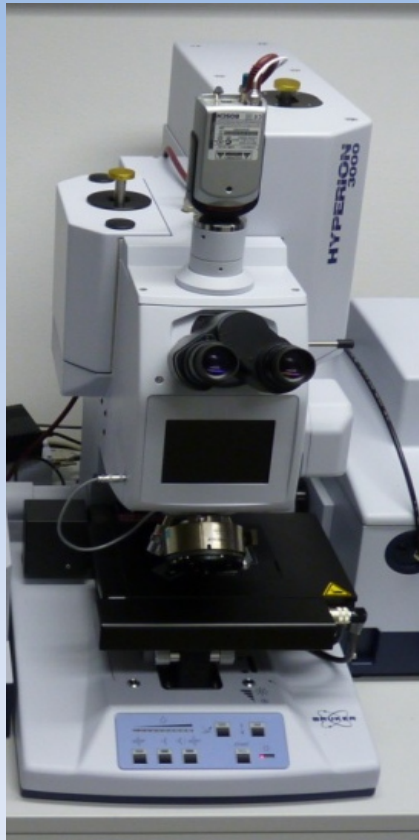
Manuelle Auswertung markierter Partikel



Manuelle Auswertung markierter Partikel



Vor- und Nachteile der μ -FTIR Spektroskopie



Vorteile:

- Messung von mikroskopischen Partikeln $> 10 \mu\text{m}$
- Verbindung von visueller und chemischer Information
- Verifizierung von Mikroplastik anhand IR Spektren
- Messung von ganzen Probenfiltern möglich

Nachteile:

- Lange Messzeit (8-12 h)
- Derzeit noch keine volle Automatisierung



**Großer Forschungsbedarf zu Mikroplastik in Binnengewässern
in allen Bereichen von Detektion bis zu biologischen Effekten**

➔ Grundvoraussetzung valide Analytik!



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Vielen Dank....



- **Arbeitsgruppe Prof. Dr. Christian Laforsch**
- **Arbeitsgruppe Dr. Gerds & Dr. Wichels**
- **BMBF**
- **Umweltministerien in BY, BW, NRW, RP, H**

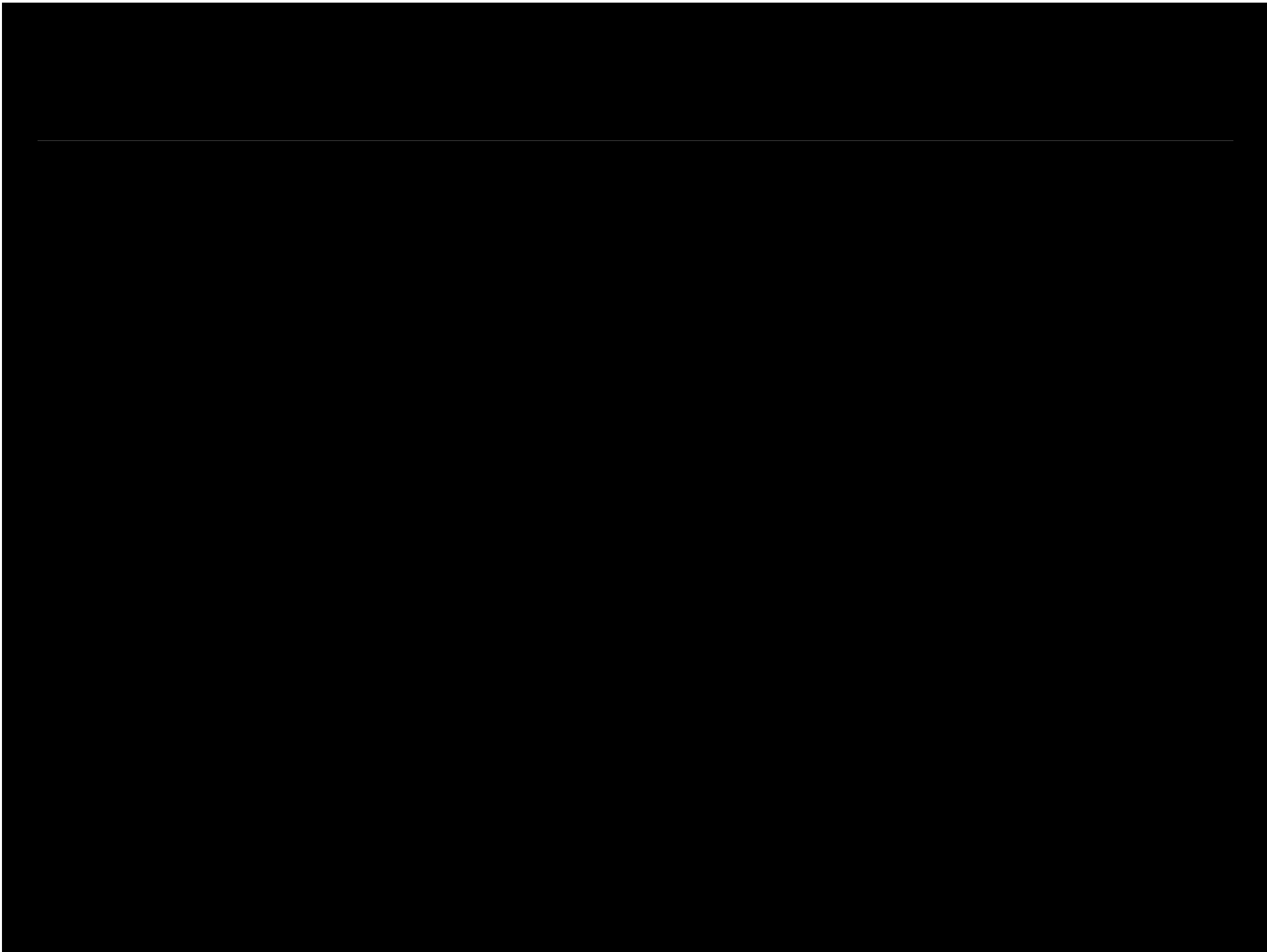


UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Vielen Dank....

...Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!





Voraussetzungen für valide Ergebnisse bei der Mikroplastik-Analyse

Analytische Verifizierung von Mikroplastik

- z.B. • Pyrolyse GC/MS
- FTIR oder Raman Spektroskopie

Verlustfreie Aufreinigung von Umweltproben

- z.B. • Enzymatische Purifikation
- Vermeidung von aggressiven Verfahren

Vermeidung von Kontaminationen

- Plastik vermeiden, Ersatz durch „exotische“ Polymere z.B. Teflon
- Filtration von Medien
- Blindwerte
- Fasern problematisch (Reinraumbedingungen)