

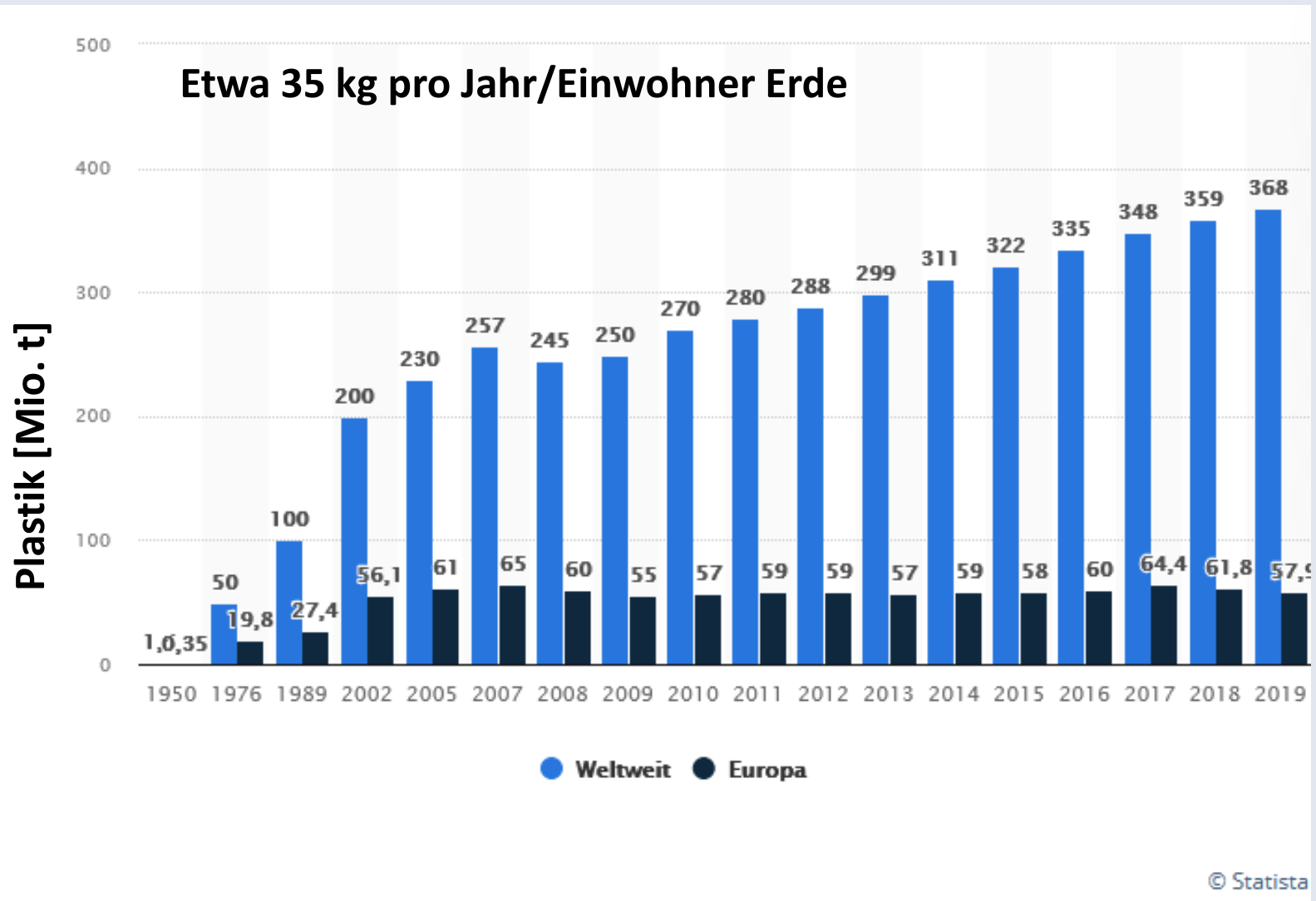
Quellen, Senken und Verbreitungsprozesse von Mikroplastik auf dem Weg durch die Warnow in die Ostsee



Labrenz, M., Oberbeckmann, S., Piehl, S., Lenz, R., Brandes, E., Herrmann, F., Haseler, M., Tagg, A. S., Fischer, F., Fischer, D., Siegel., H., Enders, K., Klaeger, F., Kesy, K., Hille, S., Hentzsch, B., v. Lukas, Uwe, Scales, B. S. & Schernewski, G.

Weltweite Produktion von Kunststoffen

Makroplastik pro Jahr



Plastik in der marinen Umwelt

Polyethylen, Polypropylen, Polystyren, Polyamid, Polyester, Poly(vinyl)chlorid

100 – 142 Millionen Tonnen im Ozean (UBA, 2013)



Plastics on the Sargasso Sea Surface

Abstract. Plastic particles, in concentrations averaging 3500 pieces and 290 grams per square kilometer, are widespread in the western Sargasso Sea. Pieces are brittle, apparently due to the weathering of the plasticizers, and many are in a pellet shape about 0.25 to 0.5 centimeters in diameter. The particles are surfaces for the attachment of diatoms and hydroids. Increasing production of plastics, combined with present waste-disposal practices, will undoubtedly lead to increases in the concentra-

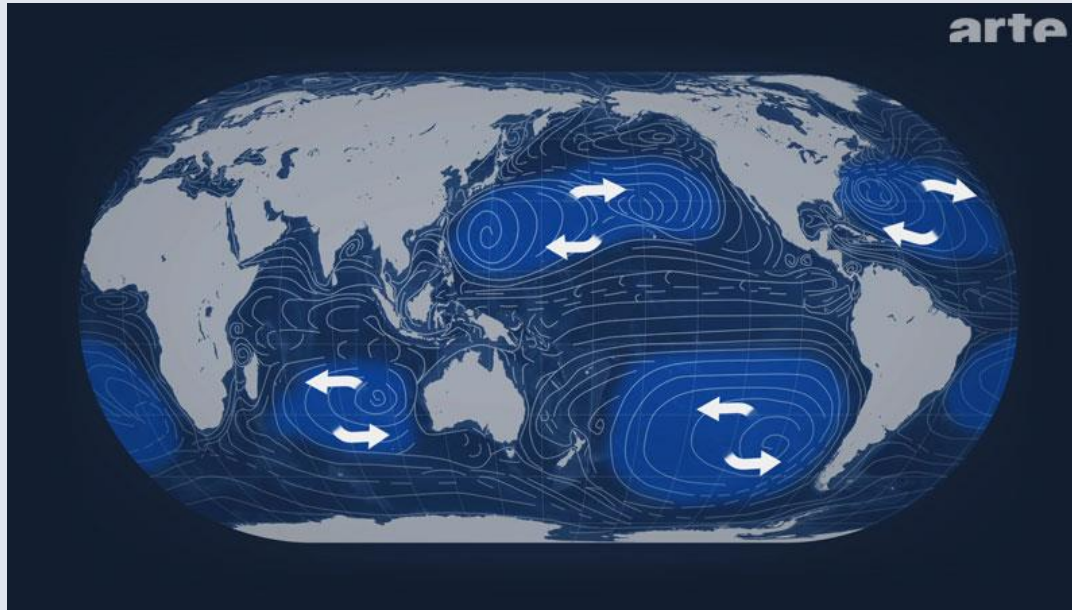
Microplastik: Partikel < 5 mm

Sea, we encountered plastic particles in our neuston (surface) nets. The occur-

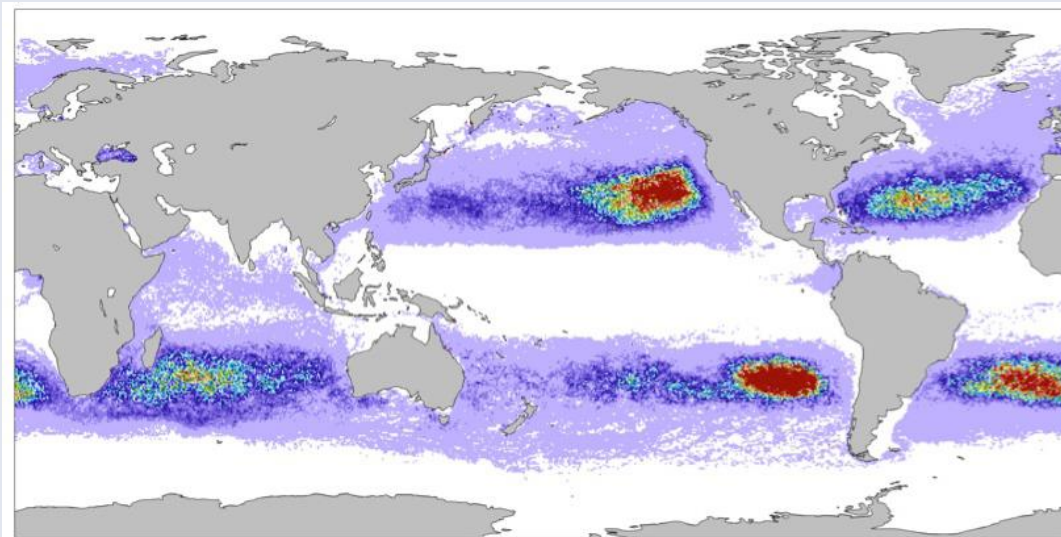
[we also collected petroleum lumps, which have received attention (1, 2)].

SCIENCE, VOL. 175

Anreicherung in subtropischen Wirbeln



Subtropische Wirbel

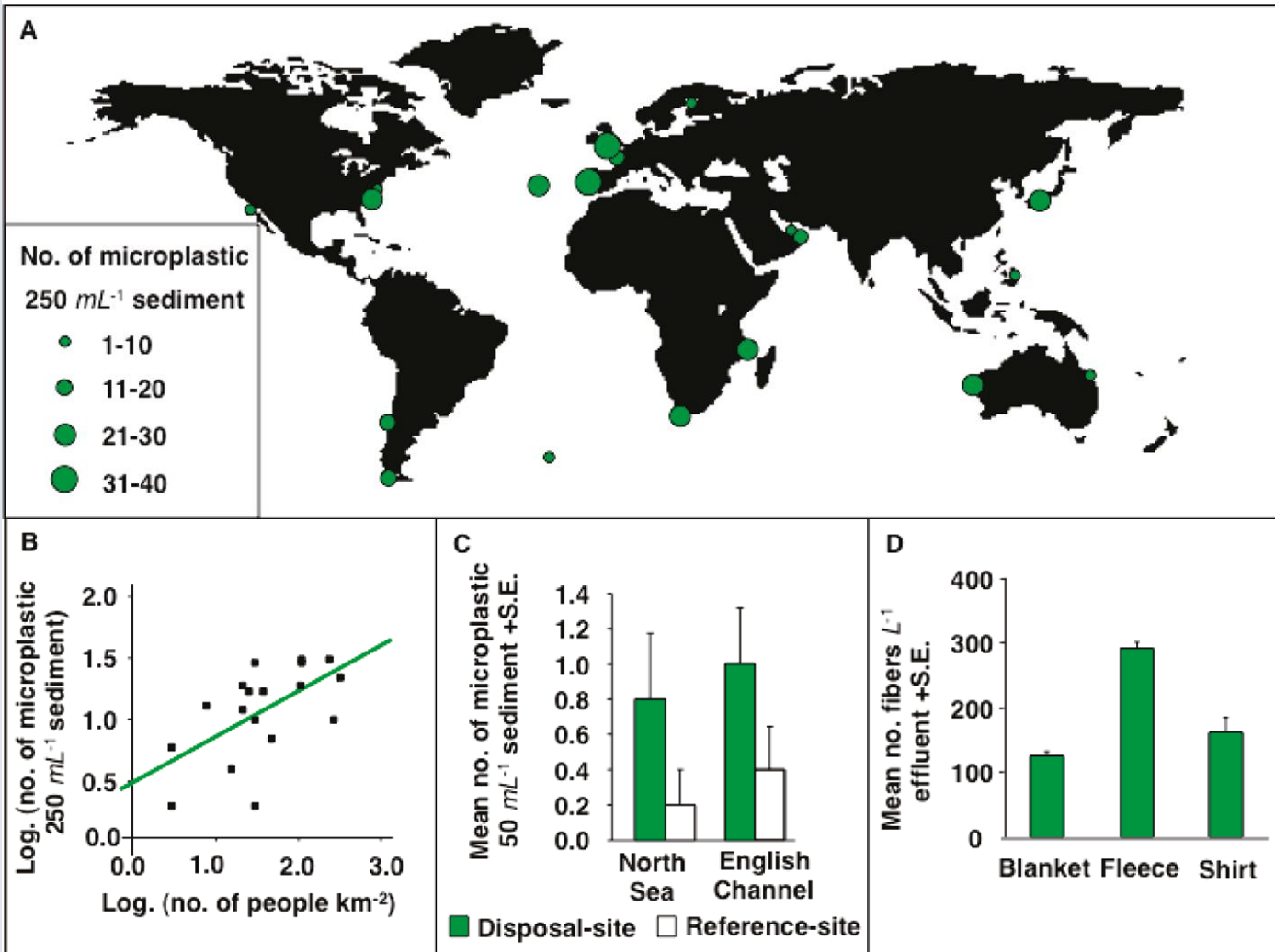


Müllinseln

Mikroplastik an der Küste

Umweltbelastung steigt mit Bevölkerungsanstieg

Partikel < 1 mm, Fourier-Transform-Infrarotspektrometrie



Sediment:
Mikroplastik
weltweit
verbreitet

Sediment:
Partikelanzahl
folgt menschl.
Populationsdichte

Sediment: Partikel
abundant in Nähe
kommunaler
Abwässer

Abundant: Fasern
aus
Waschvorgängen



- 4 x größer als Ostsee

- >85 Mio. Einwohner

- Rolle von Mikroplastik?

Ziele

- Mikroplastiksenken und -quellen eines typischen Einzugsgebiets bis zur offenen Ostsee
- Modellierung der MP Verbreitung
- Identifizierung von Hot-Spot-Bereichen und Maßnahmen zur Reduzierung

(1) Acker



(2) Fluß



(3) Ästuar

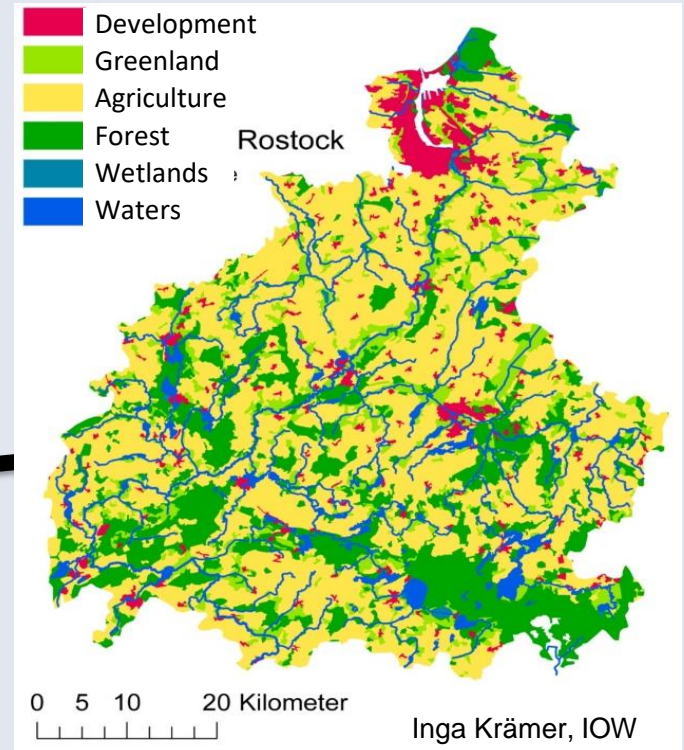
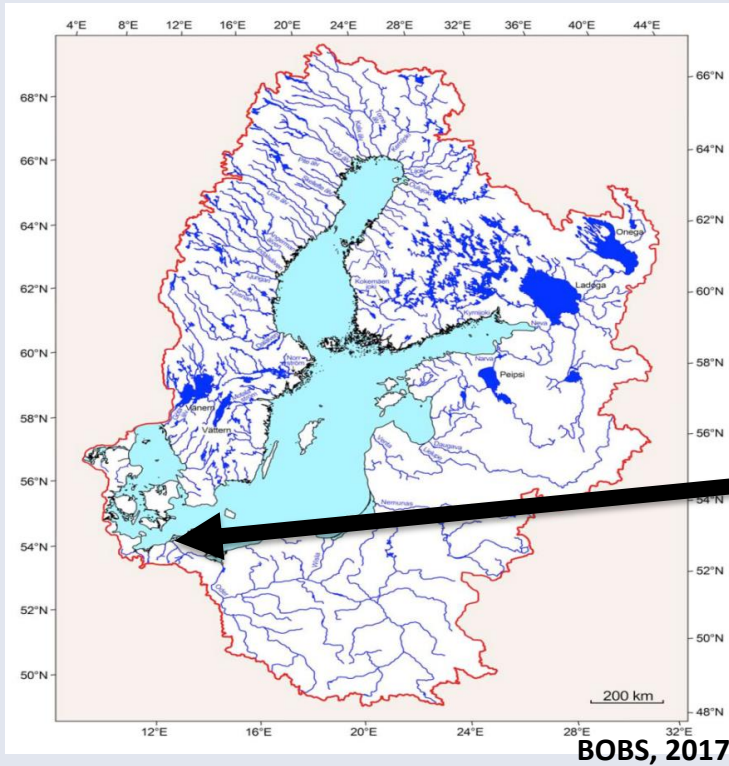


(4) Strand/Ostsee



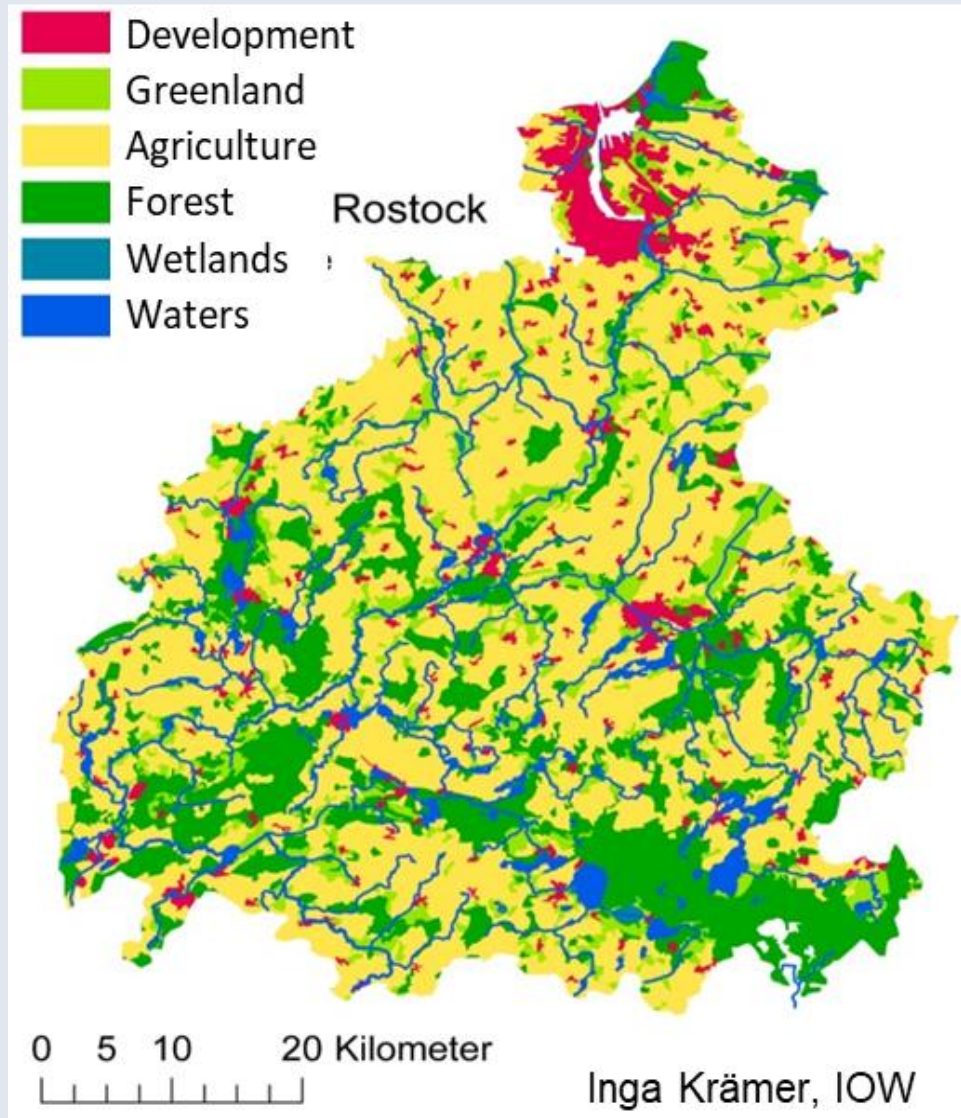
Ostsee und Warnow-Einzugsgebiet

Untersuchungsgebiet



Fluss Warnow

- Zweitgrößter deutscher Süßwasserzufluss in die Ostsee
- Repräsentativ für viele Gebiete der Ostsee:
 - Große Vielfalt an Landnutzungen
 - Verbindet hohe Bevölkerungsdichte mit industriellen und landwirtschaftlichen Flächen



Mögliche Quellen von Mikroplastik:

- Kläranlagen
- Entwässerungssysteme
- Erodierte Flächen
- Industriell beeinflusste Flächen
- Extremereignisse wie Hanse Sail, Sturmereignisse

Potenzielle Senken für Mikroplastik:

- Organismen
- Strände
- Sedimente

Feldbeprobung



- Steep slope



- Small buffer zone

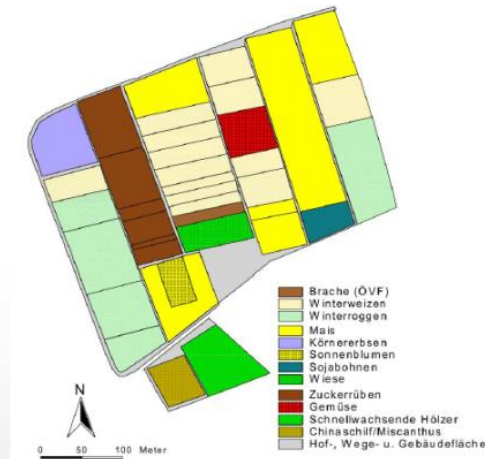


- Prominent stream



Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Speyer

- Long term sewage sludge and compost experiments
- Sludge: 190 Mg/ha since 1981
- Compost: 682 Mg/ha since 1958
- Sampling of sludge and compost
- Soil profile sampling (90 cm)



Beprobung von Klärschlamm-Versuchsfeldern

Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem RAUMIS

Räumlich-zeitliche Abschätzung des Mikroplastikeintrags aus Klärschlamm, Kompost und Folienkulturen

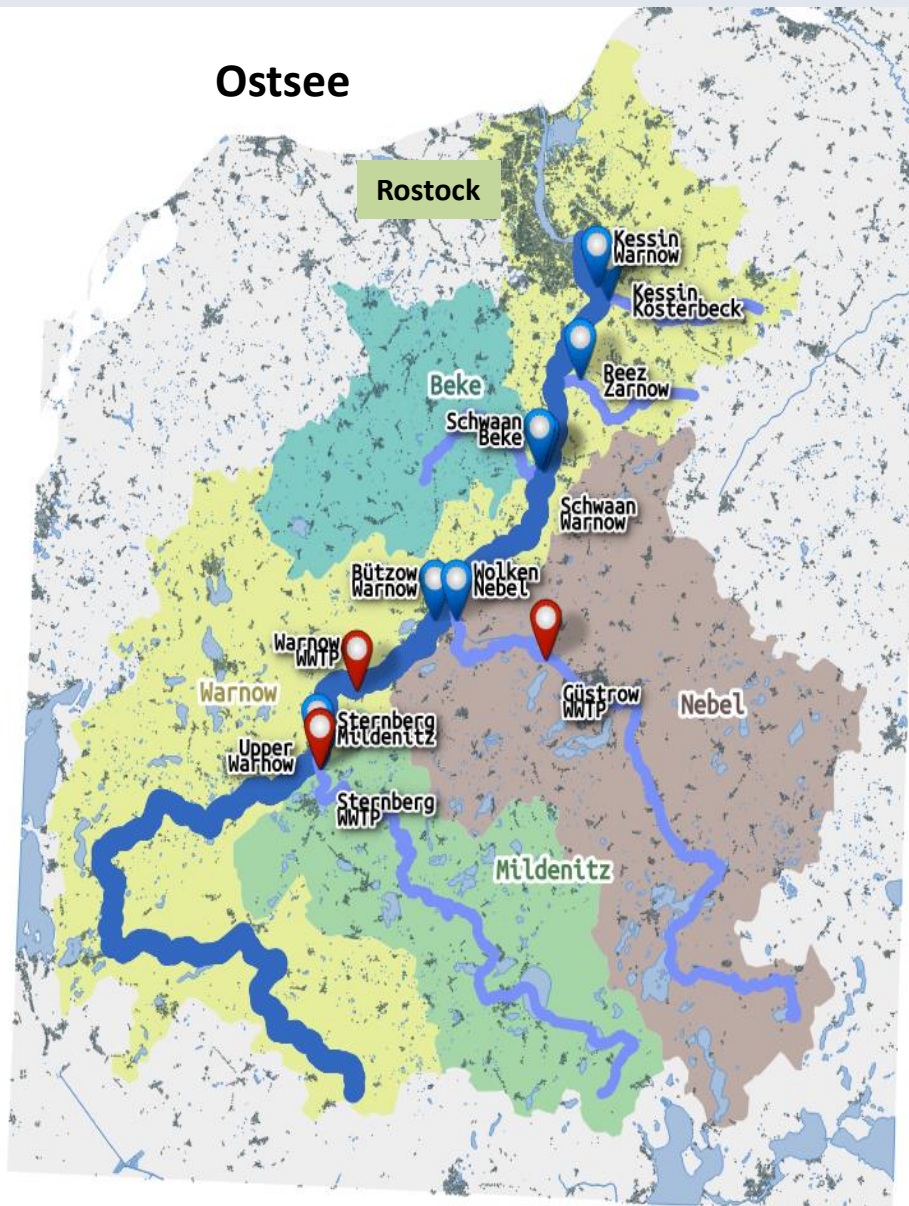
Warnow - Beprobung

Wasserproben

- 9 Flusstationen zu 3
Zeitpunkten in zwei Jahren
- 4 x Kessin-Station alle 2
Wochen
 - 3 x Kläranlagen

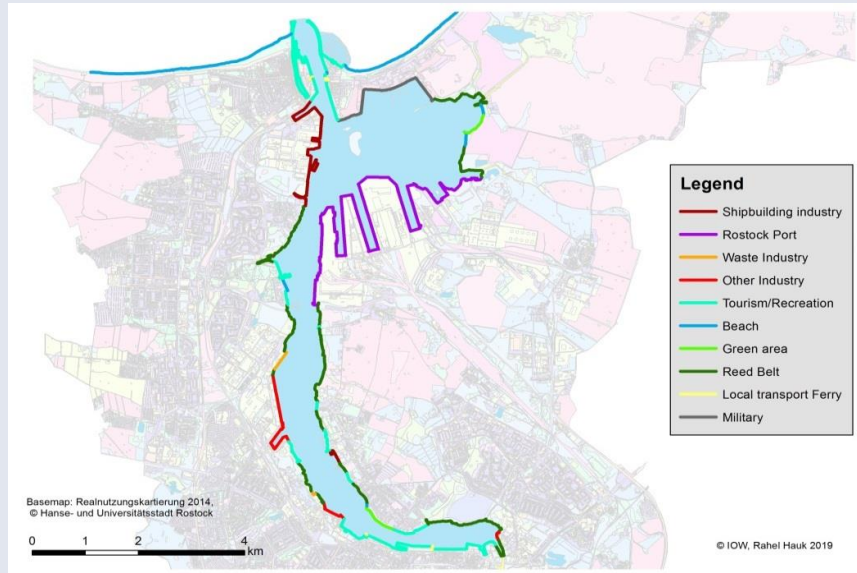
Modellkette mGROWA-TeMBA

- Kartierung potenzieller MP-
Eintragspfade aus diffusen und
punktuellen Quellen
- Abschätzung der Einträge über
Kläranlagen, Abfluss von versiegelten
Flächen, atmosphärische Deposition,
Klärschlammausbringung und
nachfolgende Erosion
- Abschätzung der mittleren jährlichen
polymerspezifischen Belastung mit
MP-Partikeln für die Warnow

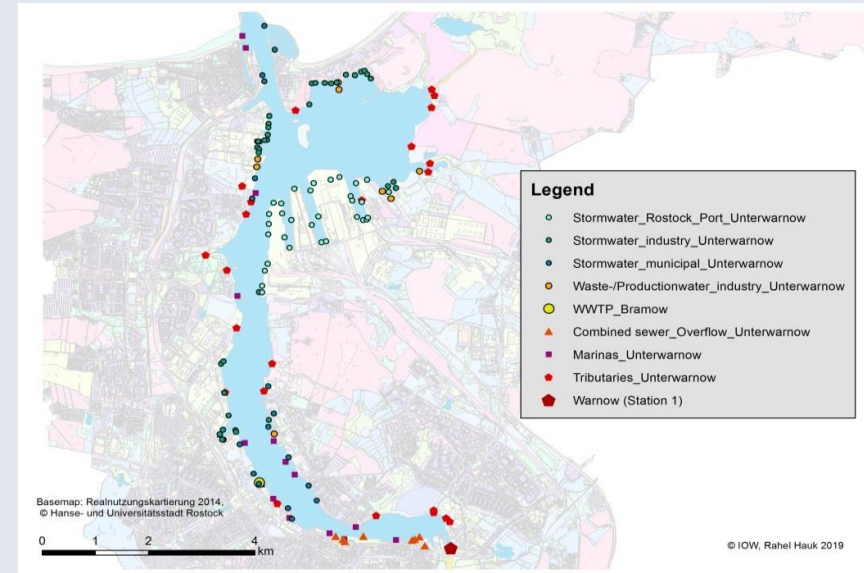


Warnow Ästuar

Klassifizierung der Landnutzungskategorien

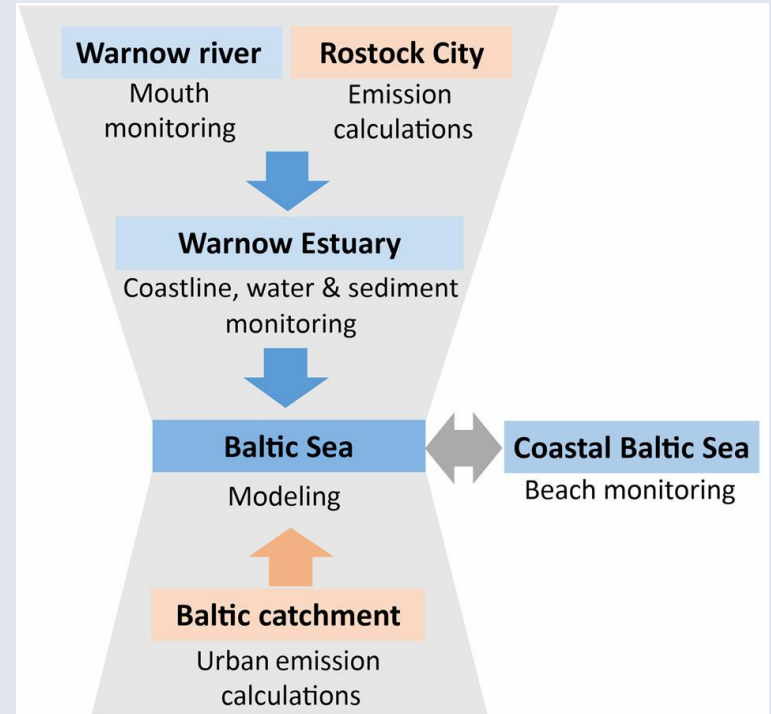
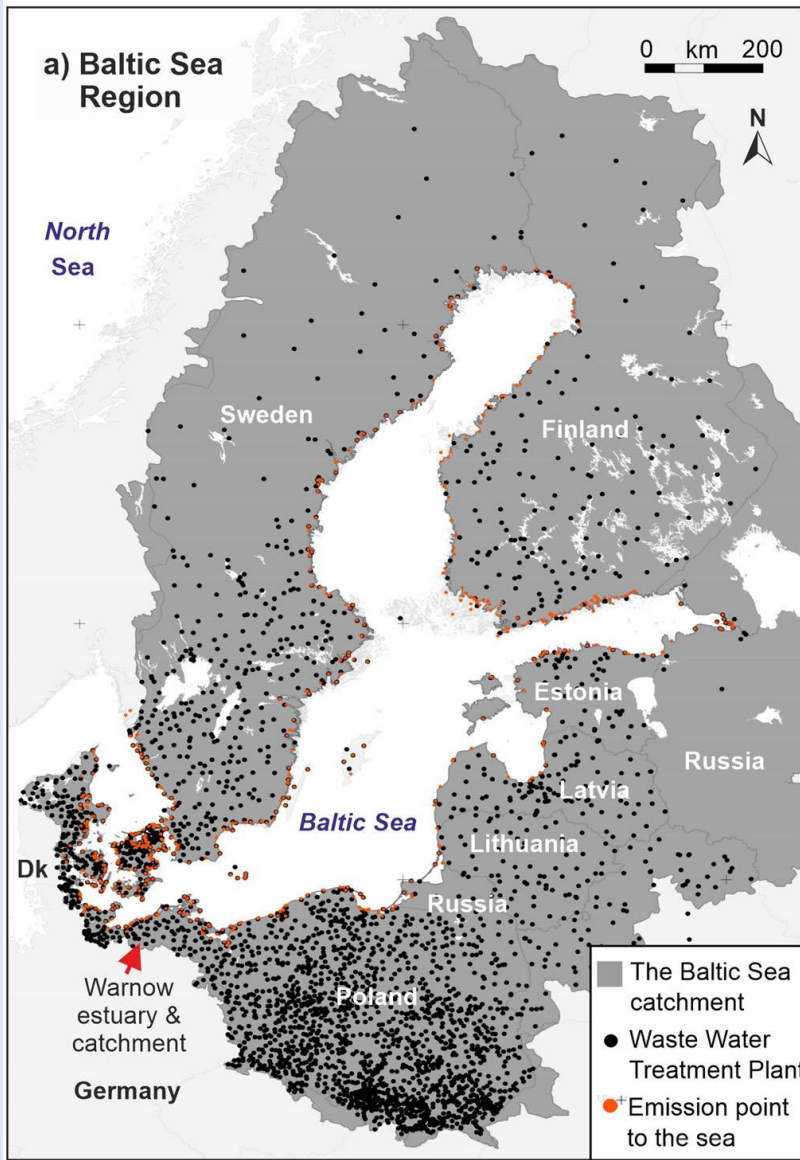


Identifizierung von Punktquellen



Literatur und Probenahme-basiert

Ostsee



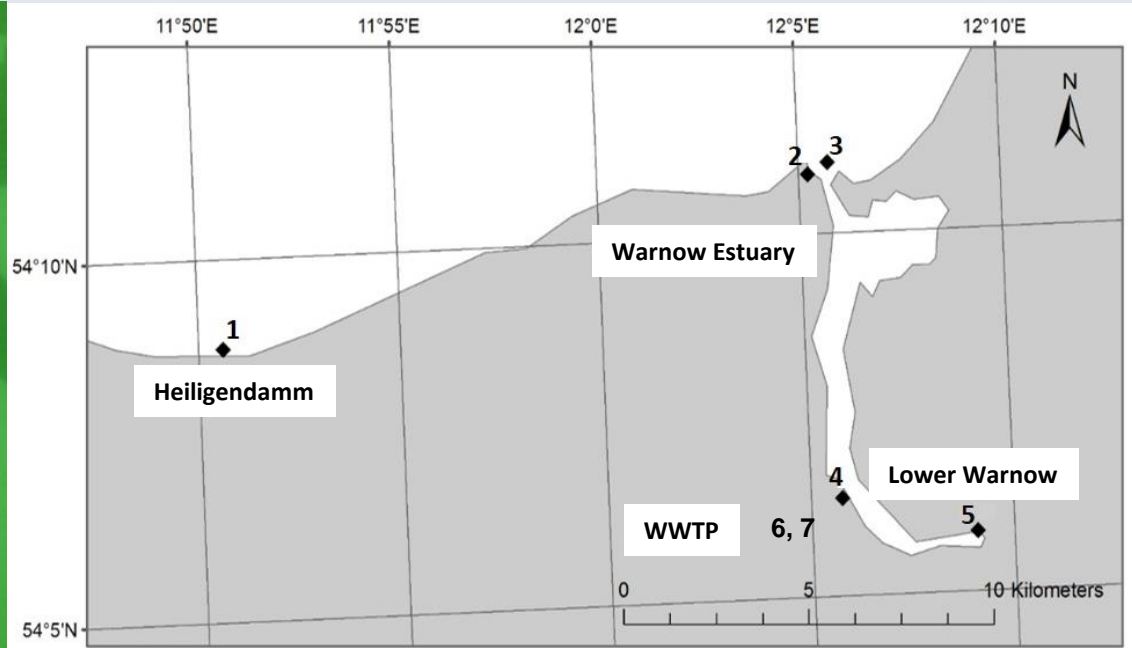
Grundlage für GETM Modellsimulationen zu Transport und Verhalten in der gesamten Ostsee

Emissionsberechnungen, Probenahmen in der Warnow und im Ästuar (Wasserkörper und Bodensedimente), Überwachung der Hochwasserakkumulationszone

Mikroplastik im Ostseeraum

Mikrobieller Abbau

Feldexperiment „Untere Warnow“: Inkubation von Polyethylen, Polystyrol, Lignin (Kontrolle) + Laborexperimente



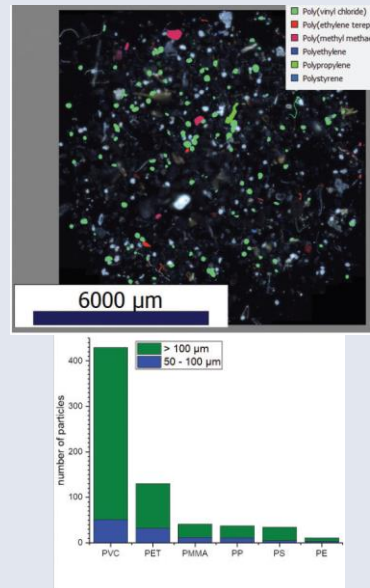
Substrat-spezifische Biofilme?

Aufarbeitung



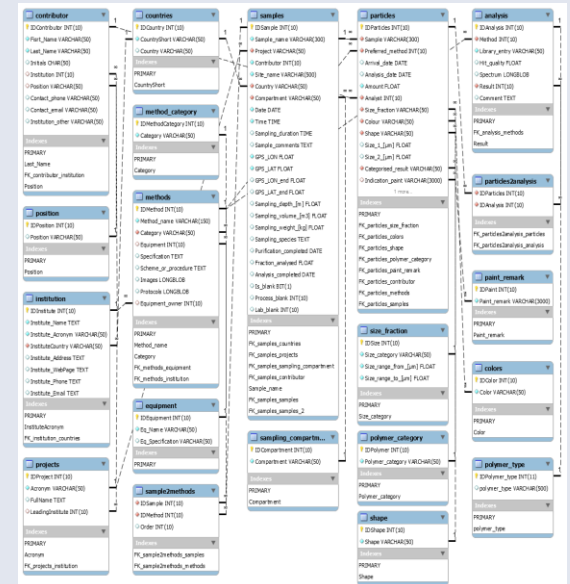
**Chemische
Reinigung und
Dichtentrennung**

Analyse



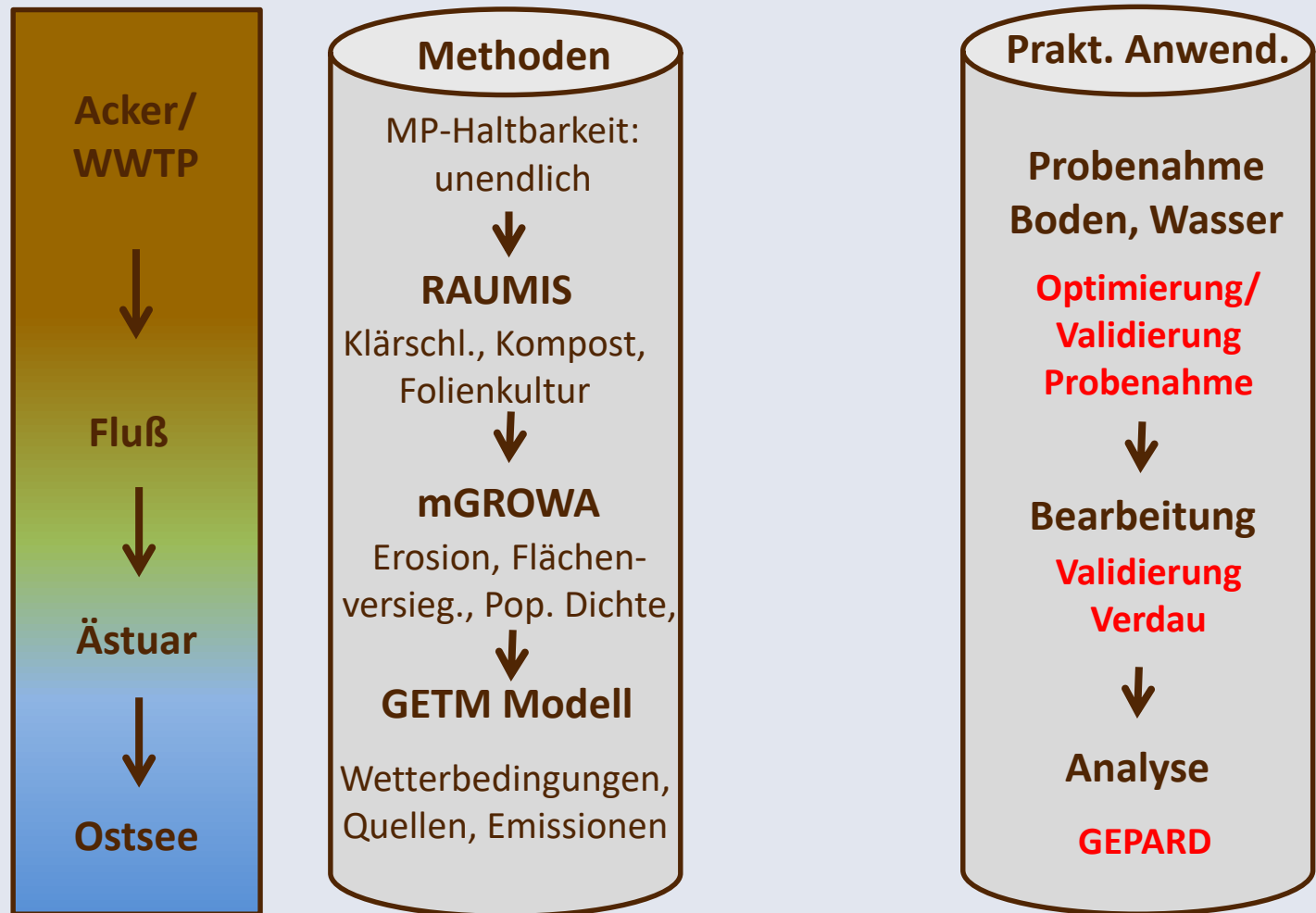
**Raman/Fourier
transform infrared
spectroscopy
>10µm**

Marine Plastik-Datenbank



- **MPDB-Struktur ist auf Anfrage verfügbar**
- **Potenzielle Nutzer können den MPDB-Zugang beantragen**

Modellkette zur Kartierung der Mikroplastikverschmutzung



Optimierung (1)

Wasser-Probenahme

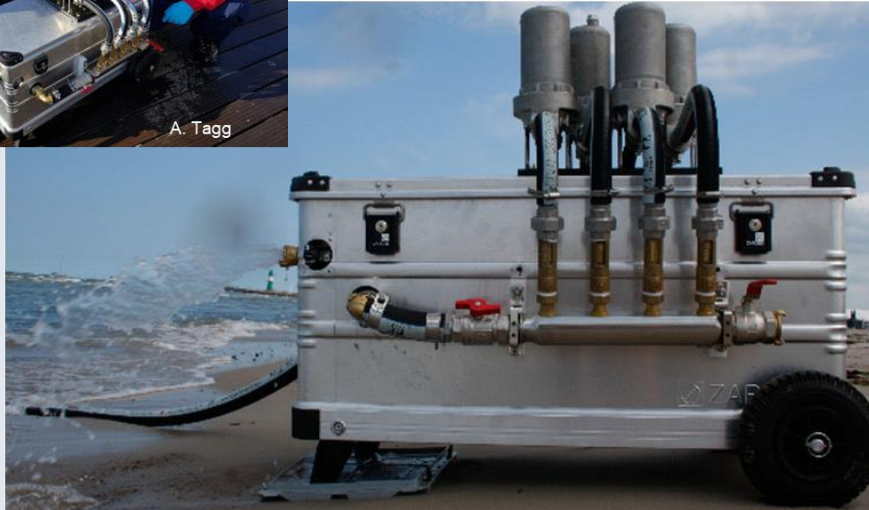


**Manta-Schleppnetze usw. schließen die wichtigsten kleinen
Mikroplastikteile < 100 μ m aus**

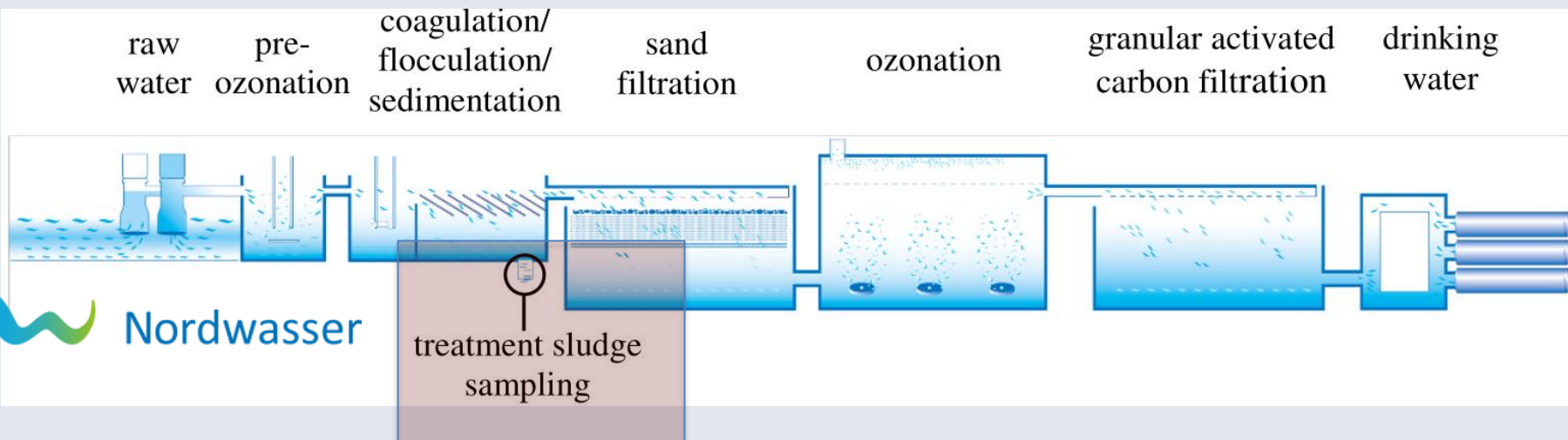
Optimierung (1)

Wasser-Probenahme

„Rocket“



- Pumpen und Messgeräte der Filtration nachgeschaltet
→ Nahezu frei von MP-Verunreinigungen (nur ein Kunststofftyp, der in der Umwelt selten vorkommt)
- 10 µm Kartuschenmodule
- Mobil und mobile Stromversorgung
- Filtrationsleistung ca. 1000L



- Nordwasser Rostock Trinkwasseraufbereitungsanlage (DWTP):--> direkte Flusswasserfiltration
- Filtrationszyklen von mehreren Stunden
- Flockung setzt Schwebstoffe im Schlamm ab
- Probenahme bei der Schlammentnahme
- Spezielles Reinigungsprotokoll zur Entfernung von Koagulantien und Flockungsmitteln

MP aus...

GRÖßERER MENGEN

...Tausende von Kubikmetern

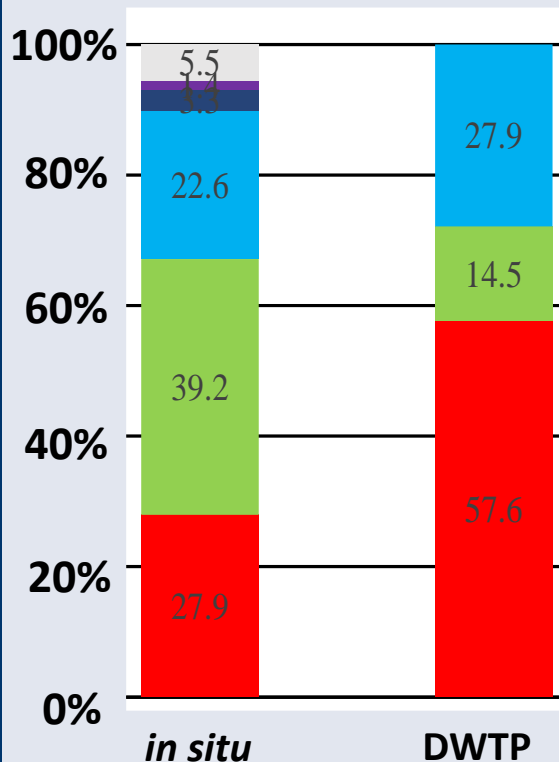
LÄNGERE ZEITSPANNEN

Stunden bis Tage



Zufällige versus integrative Quantifizierung

Konzentrationen, Polymerverteilung und Formen deuten auf eine gute Gültigkeit des integrativen Konzepts hin



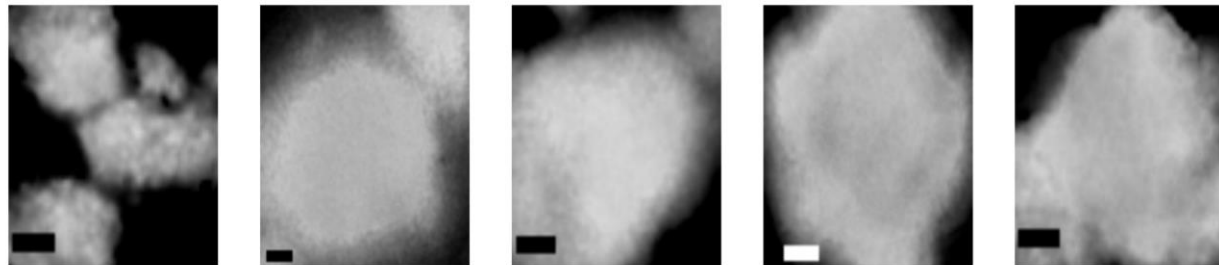
Polymer	# MP m ⁻³		<i>p</i>
	<i>in-situ</i> n = 8	DWTP n = 4	
PE	62.6 ± 72.9	116.7 ± 90.1	0.40
PP	106.7 ± 94.1	33.9 ± 27.6	0.09
PS	33.0 ± 14.2	45.0 ± 19.5	0.39
PET	12.3 ± 21.4	0.0 ± 0.0	0.17
PVC	1.9 ± 3.6	0.0 ± 0.0	0.20
Others	16.7 ± 14.0	0.0 ± 0.0	0.02*
Total	233.1 ± 35.9	195.7 ± 41.7	0.70

Validierung (2)

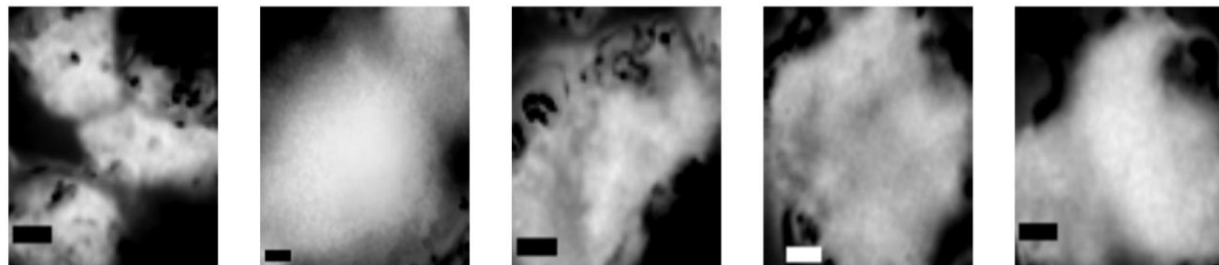
Chemische Reinigung von MP < 100µm

Mikroplastikgrößen unterhalb der "easy-handling-limits" wurden nicht darauf getestet, ob sie die etablierten Probenreinigungsprotokolle überleben...

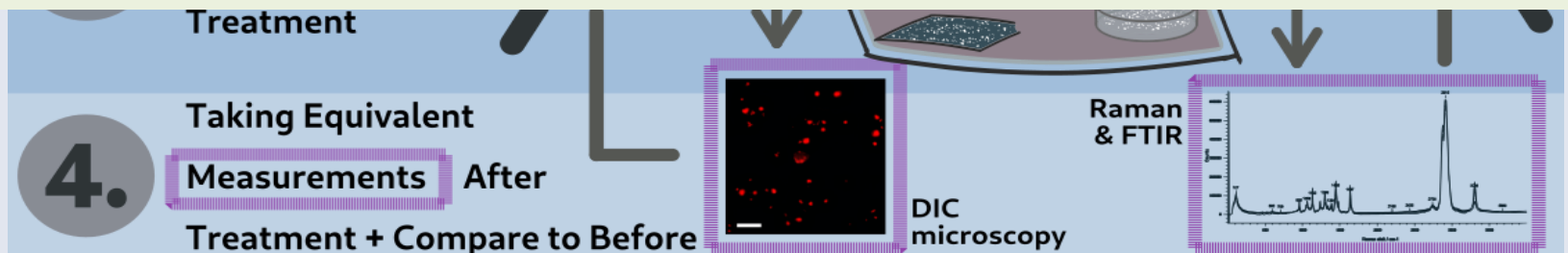
Pre Treatment



Post Treatment



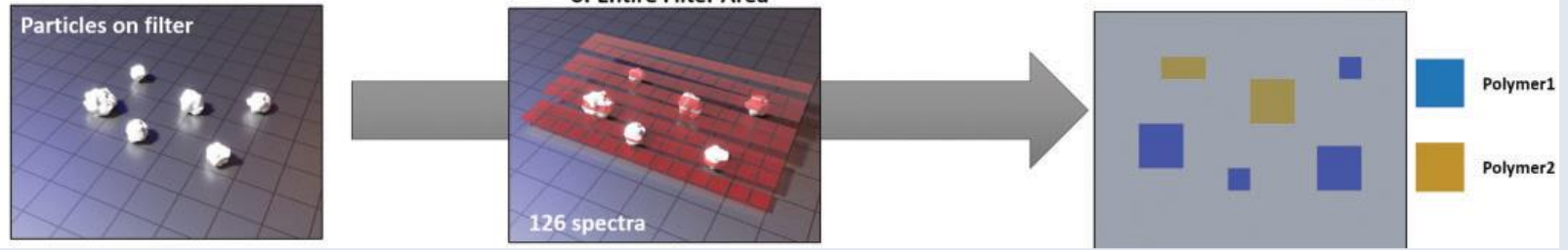
Chemische Reinigung von kleinem Mikroplastik hat es nicht beschädigt



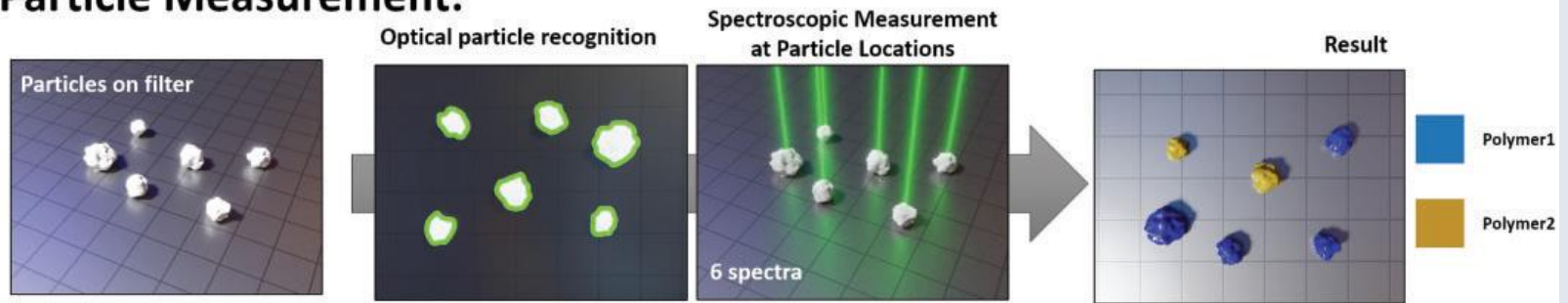
Mikroplastik Charakterisierung

GEPARD: Beschleunigung der Messung

Imaging:



Particle Measurement:

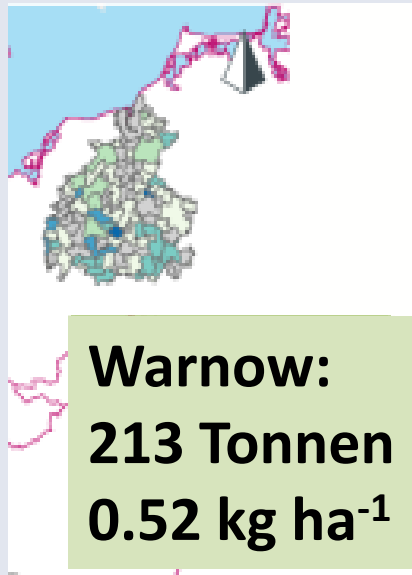


Software GEPARD (Gepard Enabled PARTicle Detection):

- Optische Bilderfassung
- Partikelerkennung
- Spektroskopische Messung
- Datenauswertung und Berichterstattung
- Open Source und frei verwendbar

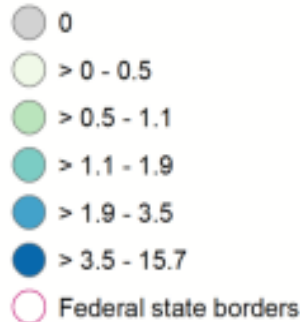
Landwirtschaftliche Flächen

MP-Belastung überwiegend über Klärschlamm



Cumulative microplastic input from sewage sludge (1983-2016)

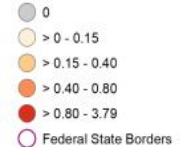
Microplastic (kg/ha of municipality area)



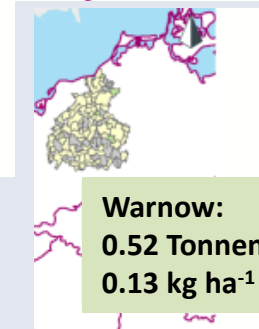
**Warnow:
7.3 Tonnen
0.02 kg ha⁻¹**

Cumulative Microplastic Input from Compost (1990 - 2016)

Microplastic (kg/ha spatial unit)



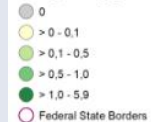
Data sources:
 Destatis
 Regionaldatenbank Deutschland
 Bundesgemeinschaft Kompost e.V.



**Warnow:
0.52 Tonnen
0.13 kg ha⁻¹**

Cumulative Microplastic Input from Plastic Mulch and Cover Tarp (1960 - 2016)

Microplastic (kg/ha of municipality area)



Data sources:
 Thünen Atlas Landwirtschaftliche Nutzung 2010 Version 2016
 Gemeindeführungen der Länder 2012
 Kasrajan & Nijssels, 2012

Own calculation, data sources:
 Destatis, Regionaldatenbank Deutschland,
 Klärschlammkataster MV, HE, NI, TH
 Crossman et al. 2020, IVC (Industrievereinigung Chemiefaser)

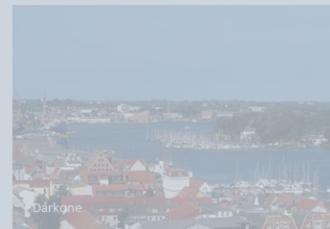
(1) Acker



(2) River



(3) Estuary

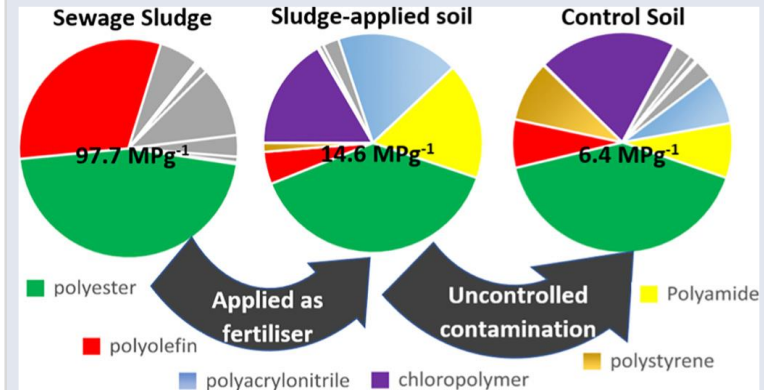
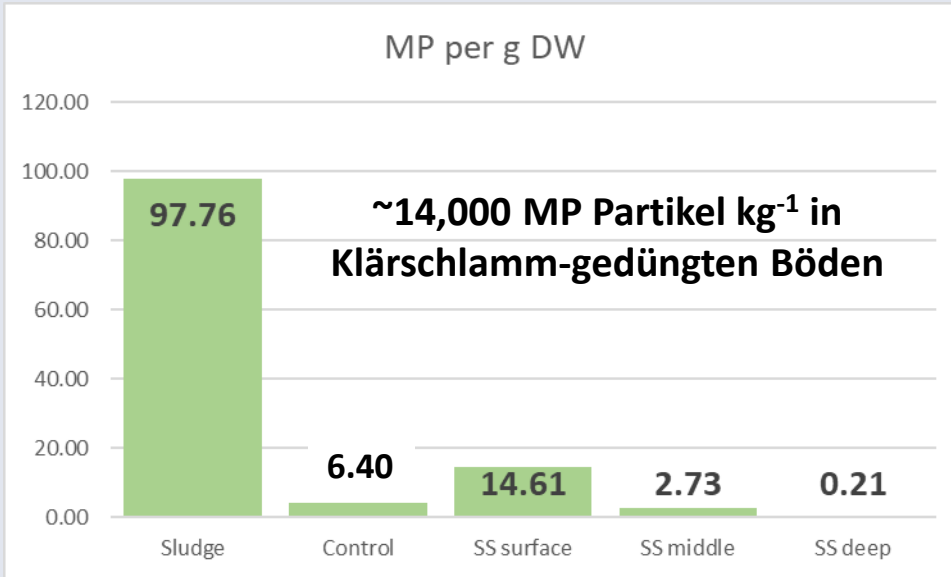


(4) Beach/Baltic Sea



Klärschlamm-gedüngte Böden

MP Partikel werden verbreitet

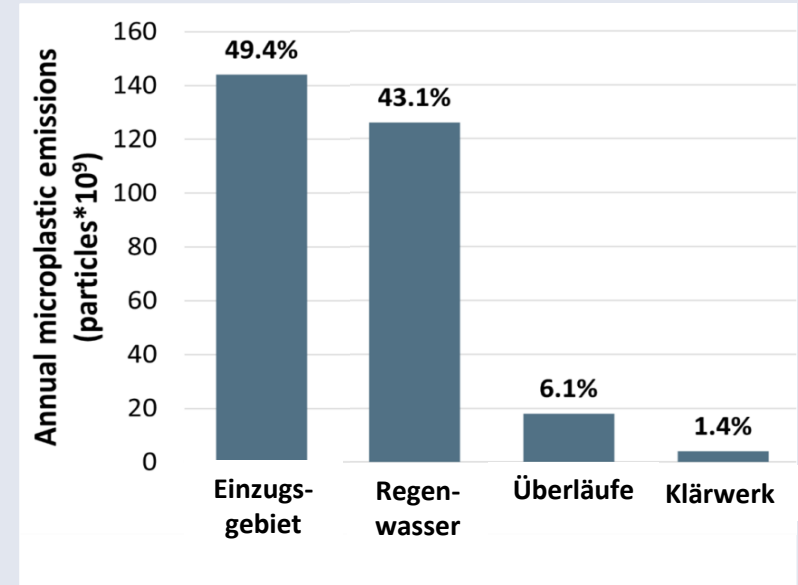
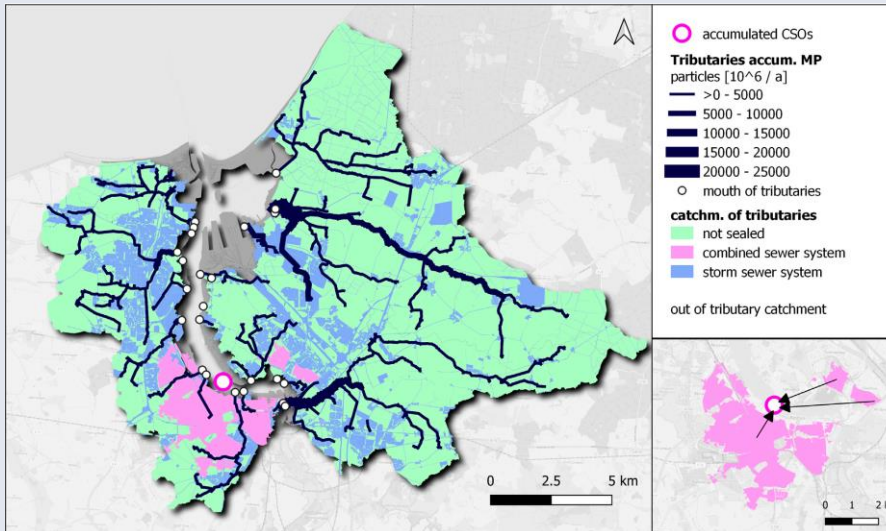


Mikroplastikpartikel verbleiben nicht nur im behandelten Schlamm, sondern werden auch in andere Böden eingetragen

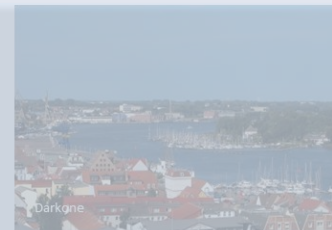
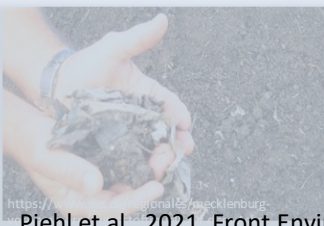
Tagg et al., 2021, STOTEN



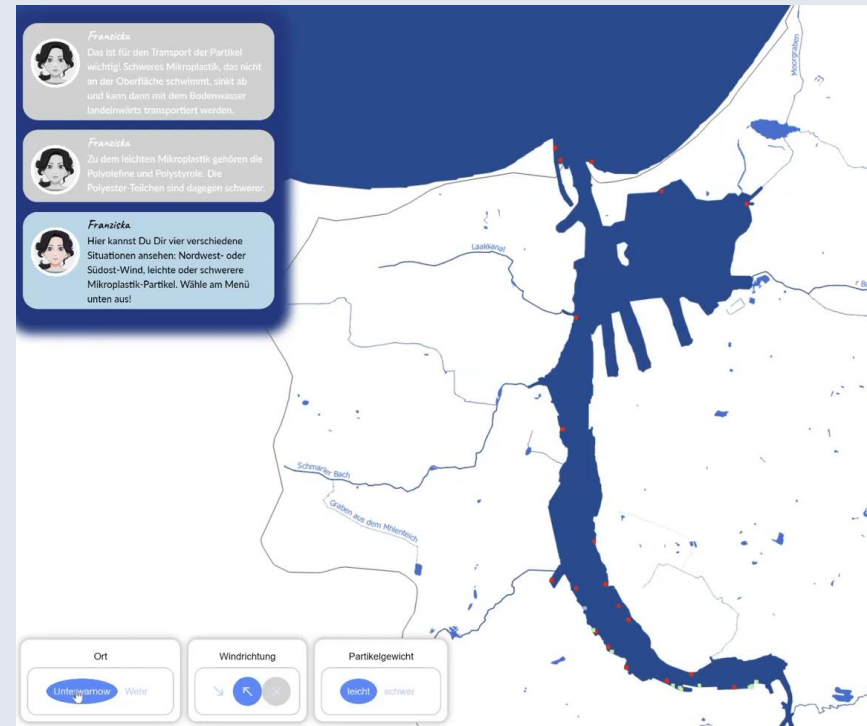
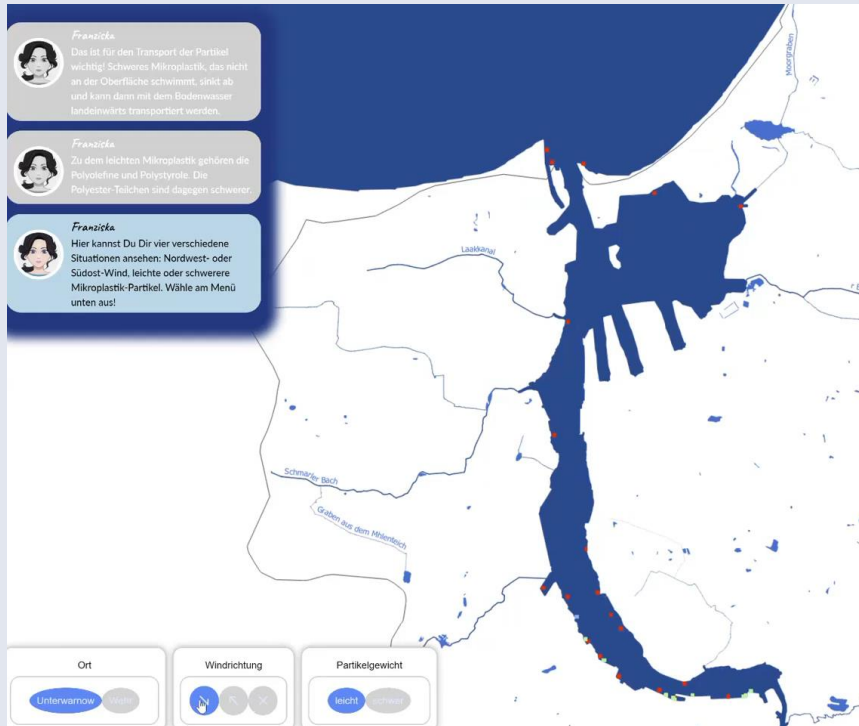
~ 200 MP Partikel m⁻³ vom Einzugsgebiet ins Ästuar



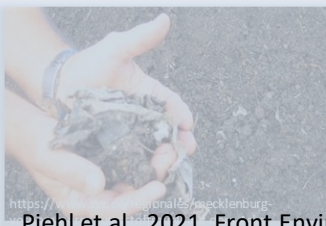
- Mischwasserkanäle (CSS) und Regenwasser sind wichtige Wege für Mikroplastik in der aquatischen Umwelt - extreme Ereignisse wichtig



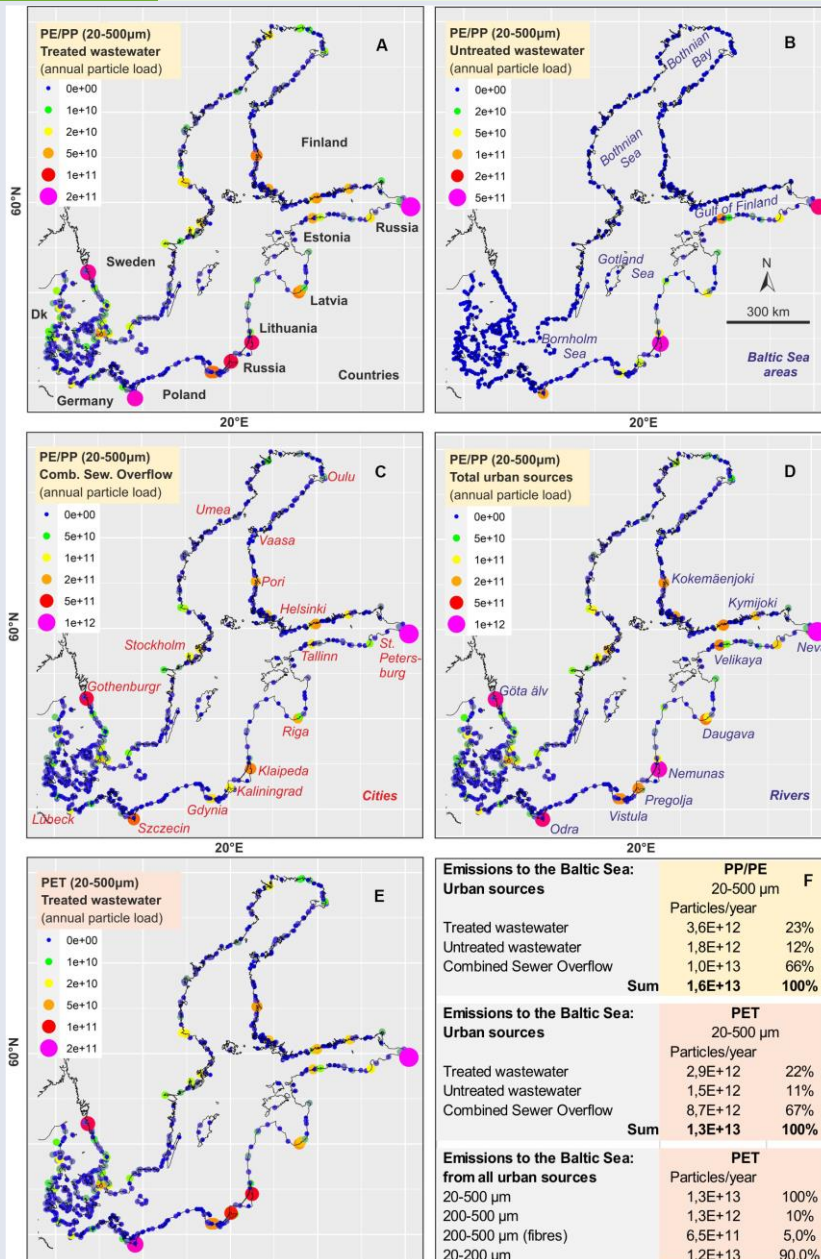
Wind beeinflusst Mikroplastik-Einträge



- **Potenzieller jährlicher Ausstoß von 152-291 Milliarden Mikroplastikpartikeln (mehrheitlich in der Größenklasse 10-100 µm) in die Ostsee**



Städtische Quellen am wichtigsten

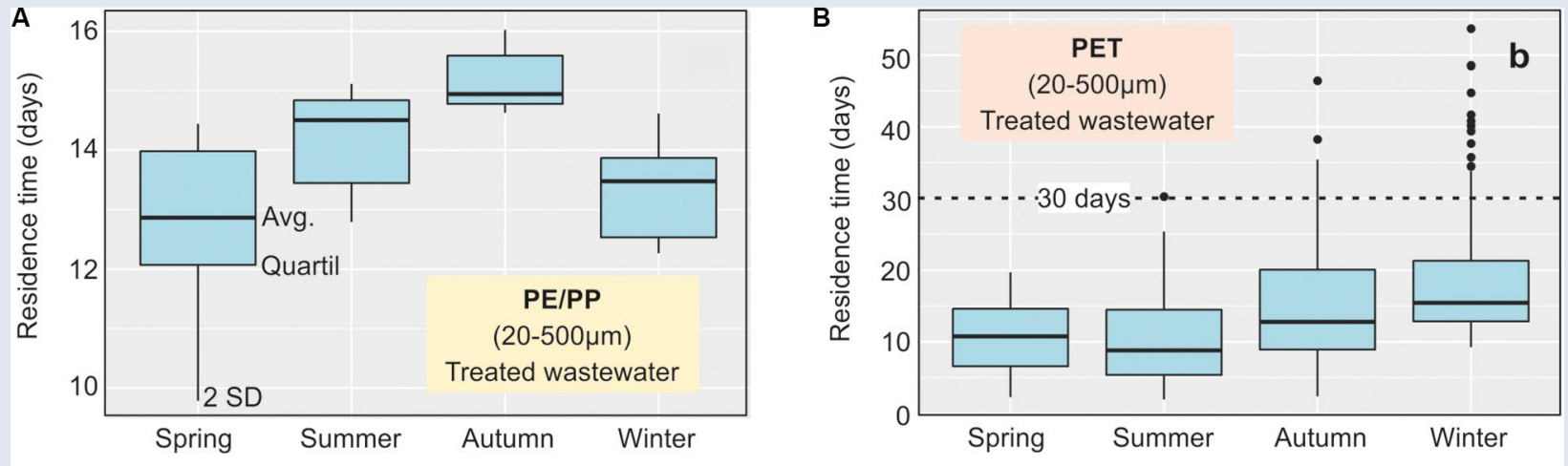


- Emissionen aus städtischen Quellen, insbesondere bei Kanalisationsüberläufen und Regenwasser von größter Bedeutung

Verbreitung begrenzt:

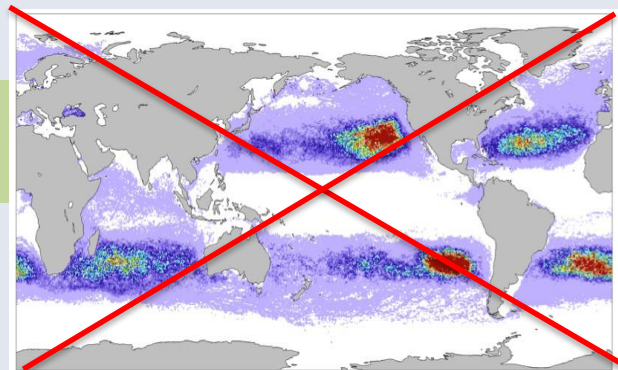
- Ästuar und nahegelegene Ostseestrände Hotspots für die Anreicherung von Kunststoffen mit 6-31 Partikeln m⁻²
- Mit zunehmender Entfernung von der Mündung sinken die Konzentrationen auf 0,3 Partikel m⁻²

Verweilzeit von Mikroplastik gering



Verweilzeit von Mikroplastik in der Ostsee etwa 14 Tage

Keine Müllstrudel
in der Ostsee?



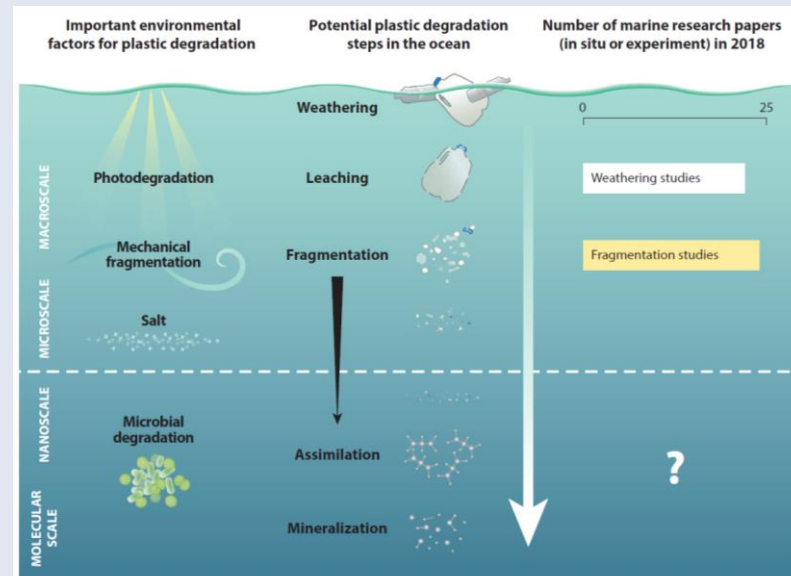
Mikroplastik in der Ostsee-Region

Schlussfolgerung

- Maßnahmen zur Abschwächung oder Reduzierung sollten sich vorzugsweise auf städtische Gebiete konzentrieren.
- Hohe Emissionen können während kurzer Ereignisse auftreten, die oft weniger als Stunden dauern.
- Aufgrund der kurzen Verweildauer von Mikroplastik in der Ostsee würde sich eine Verringerung der Emissionen unmittelbar positiv auf die Verschmutzung der Ostsee auswirken:

→ Die Vermeidung aller Emissionen würde bereits innerhalb eines Jahres zu einem praktisch mikroplastikfreien Meer führen.

Noch keine Beweise
für mikrobiellen
Mikroplastikabbau im
Ozean



Mikroplastik Eigenschaften im Ostseeraum

Forschungsbedarf (Beispiele)



MP im Sediment

Einfluß von Farbpartikeln auf biogeochemische Kreisläufe



Beach sand



Felsing et al. 2017

Gefährdungspotential

Unterschiede zwischen Mikroplastik und natürlichen Partikeln

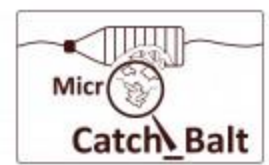
Projekt Netzwerk



Danksagungen



Special thanks to the microplastics group at the IOW & Klaipeda University (WGs Oberbeckmann, Labrenz, Schernewski)



BONUS Micropoll project supported by BONUS (Art 185), funded jointly by the EU and The Federal Ministry of Education and Research (BMBF)