

QST 5b: Modellierung von Mikroplastik in Flusssystemen

Elke Brandes, Stephanie Cieplik, Peter Fiener, Jörg Klasmeier,
Sarah Piehl, Frank Wendland, Andreas Wurpts



Ziele der Modelle

Ziel der Modelle im Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“:

Das Verständnis des Gesamtsystems verbessern:
MP-Einträge, Transport und Verbleib in der Umwelt

Ziele der Modelle

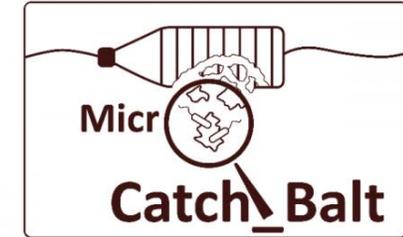
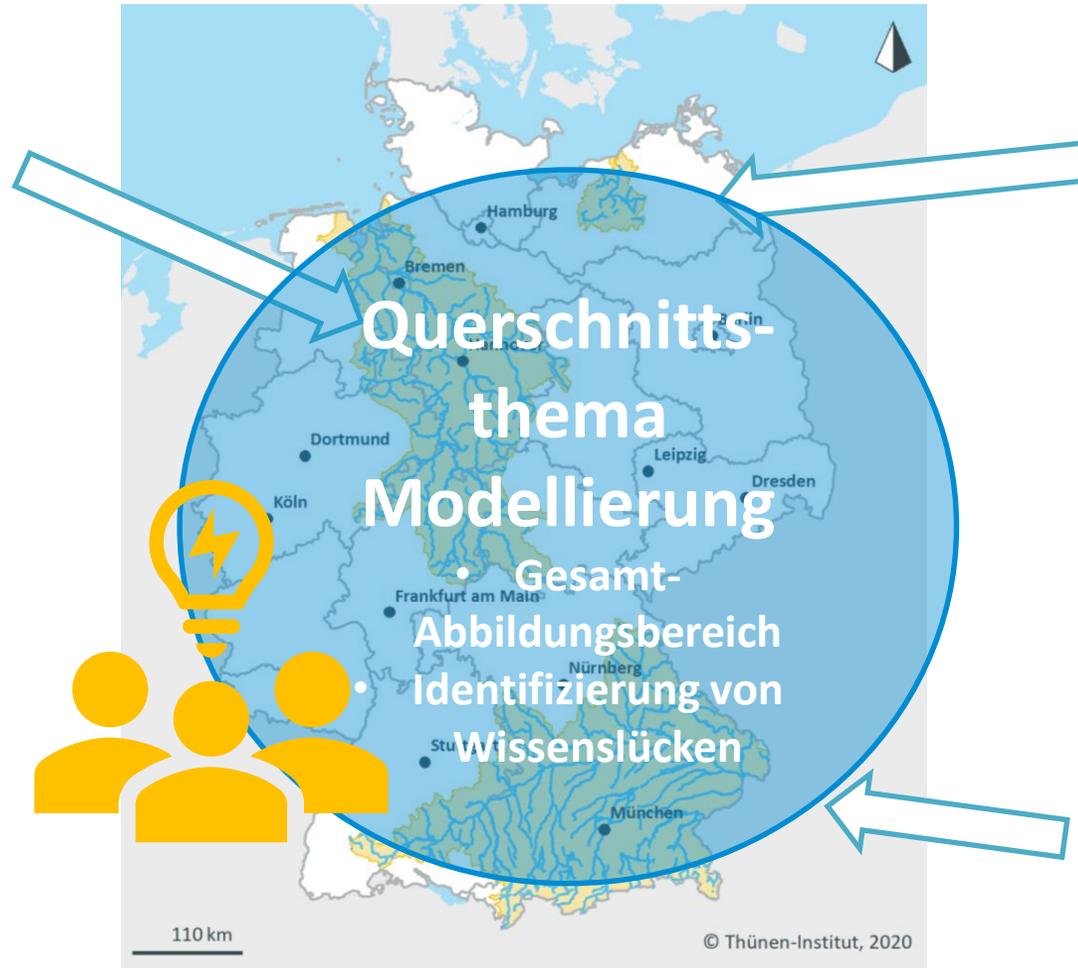
» Verbesserung des Systemverständnisses...

- » Welche Bedeutung kommt den unterschiedlichen (Mikro)plastik-Quellen zu?
- » Wieviel Mikroplastik liegt in Böden und Gewässern vor?
- » Wie wird Mikroplastik in der Umwelt verlagert und transportiert?
- » Wo reichert sich Mikroplastik in der Umwelt an (Hot Spots)?

Ziele der Modelle



Weser
Einzugsgebiet



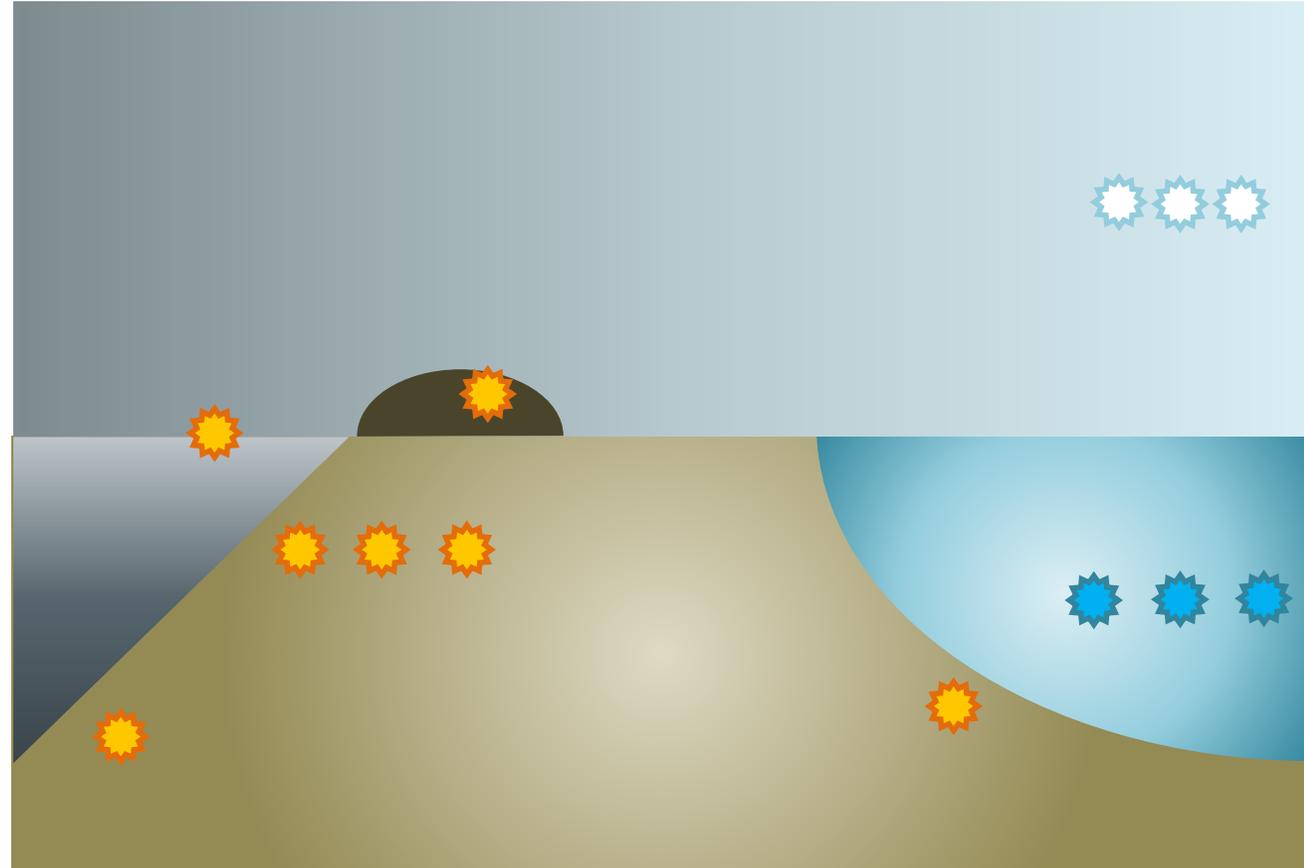
Warnow
Einzugsgebiet

Donau Einzugsgebiet



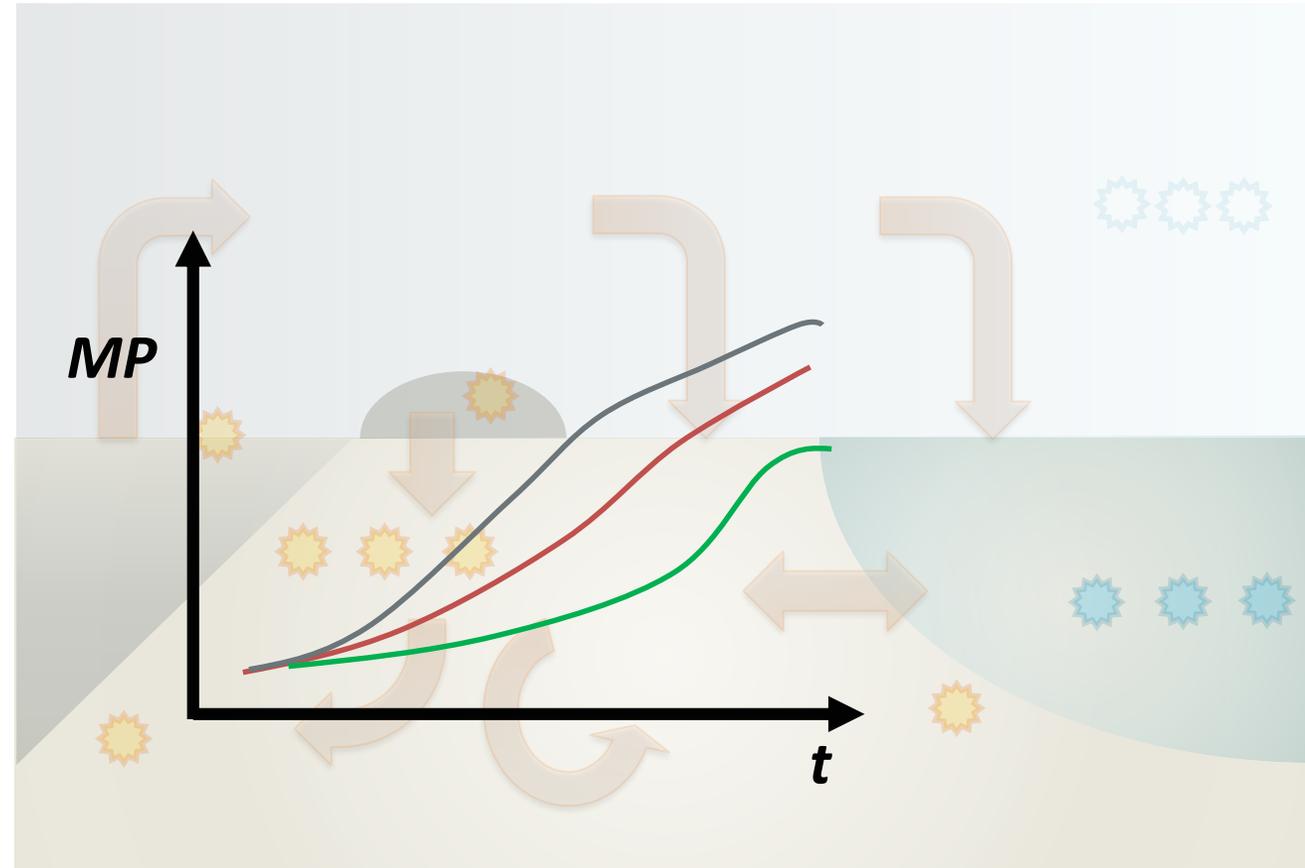
Ziele der Modelle

- » Ergebnisse aus Beprobungen:
 - » Punktuelle Informationen
 - » Momentaufnahmen
- » + Modelle:
 - » Flächendeckende Ergebnisse



Ziele der Modelle

- » Ergebnisse aus Beprobungen:
 - » Punktuelle Informationen
 - » Momentaufnahmen
- » + Modelle:
 - » Flächendeckende Ergebnisse
 - » Zusammenhänge und Prozesse
 - » Szenarien / Zukunftsprojektion



MP-Einträge auf landwirtschaftliche Flächen

RAUMIS (Regionalisiertes AgrarUMwelt-Informationssystem)

Elke Brandes, Martin Henseler und Peter Kreins
Thünen-Institut für Ländliche Räume

PLAWES / MicroCatch_Balt: RAUMIS Abbildungsbereich



- » Kumulative Mikroplastikeinträge in landwirtschaftliche Böden (seit 1960)
- » Flächendeckend und räumlich differenziert: Kreis / Gemeinde-Ebene
- » Berücksichtigte Eintragsquellen:
 - » Klärschlamm
 - » Kompost
 - » Mulch- und Abdeckfolien

PLAWES / MicroCatch_Balt: RAUMIS Ergebnisse

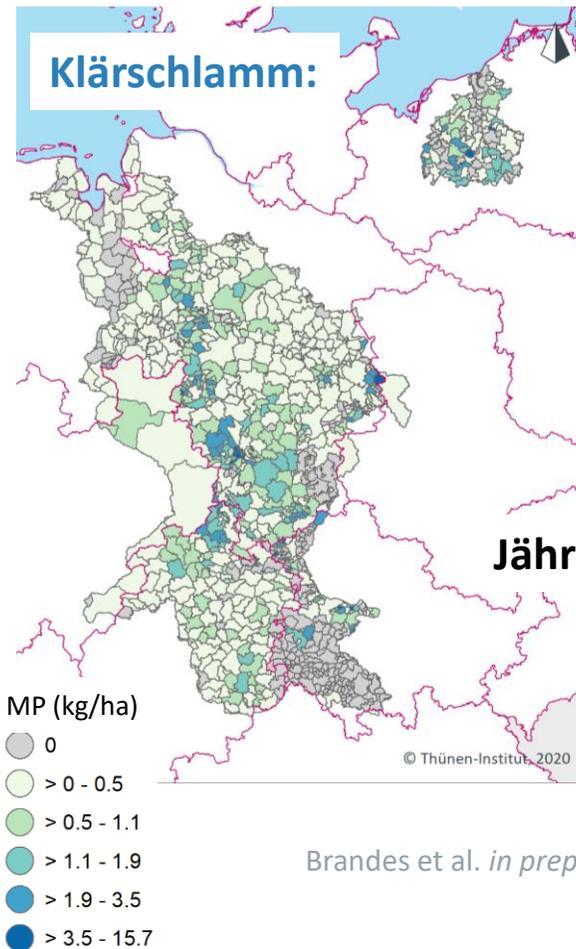
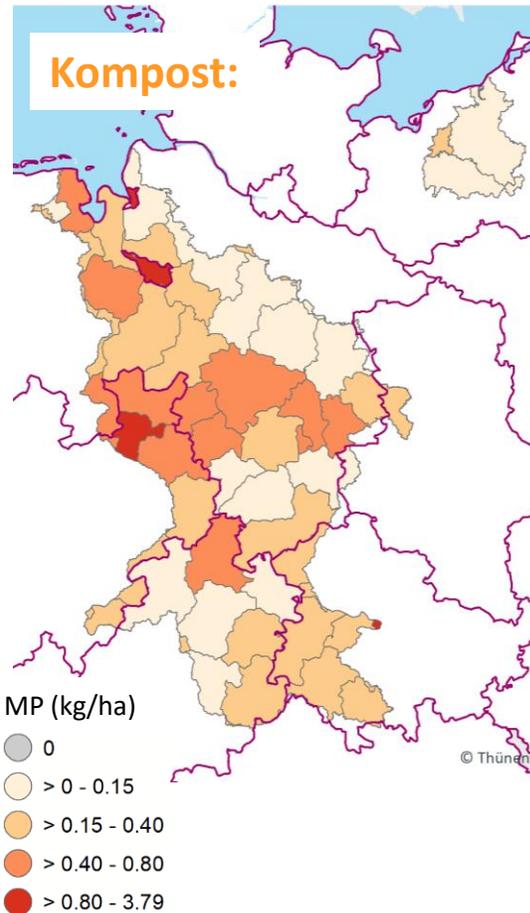
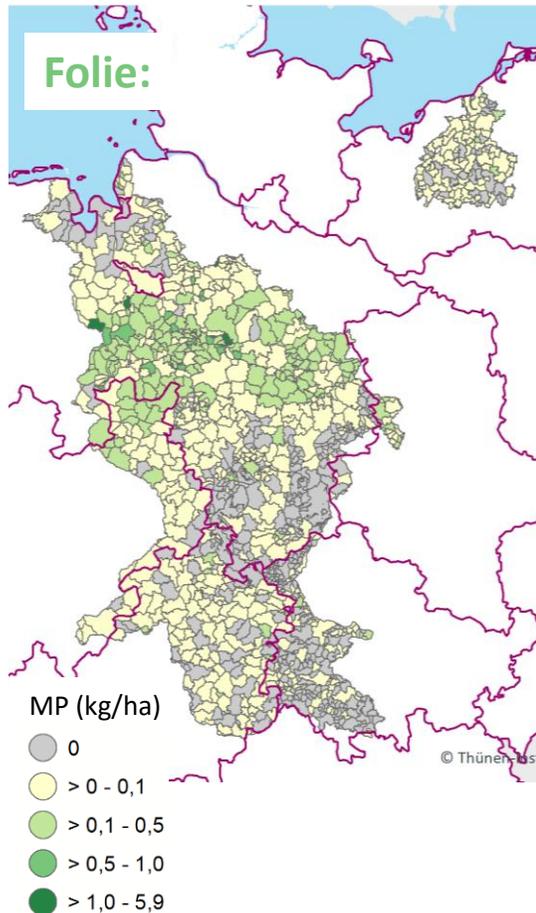


THÜNEN

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

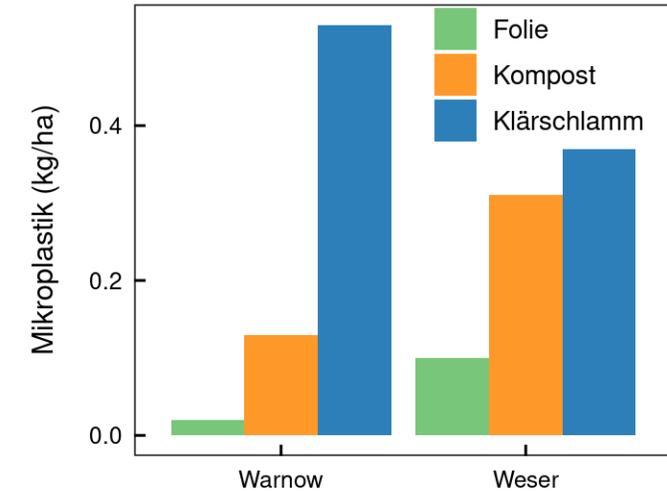
Plastik
in der Umwelt

Quellen • Senken • Lösungsansätze

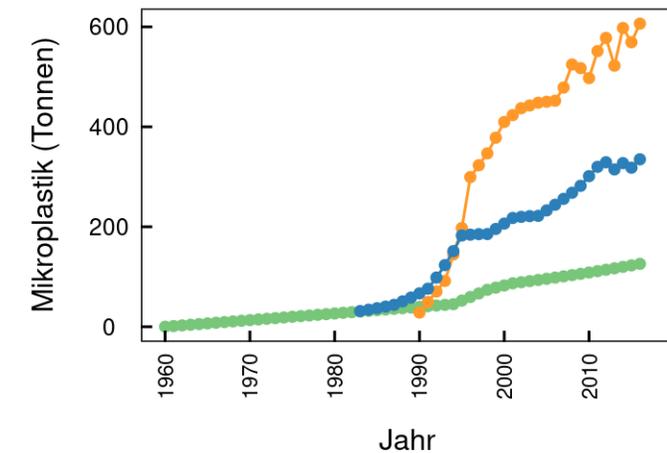


Brandes et al. *in prep.*

Durchschnitt im Einzugsgebiet:



Jährliche MP-Emissionen für Deutschland:



20.04.2021

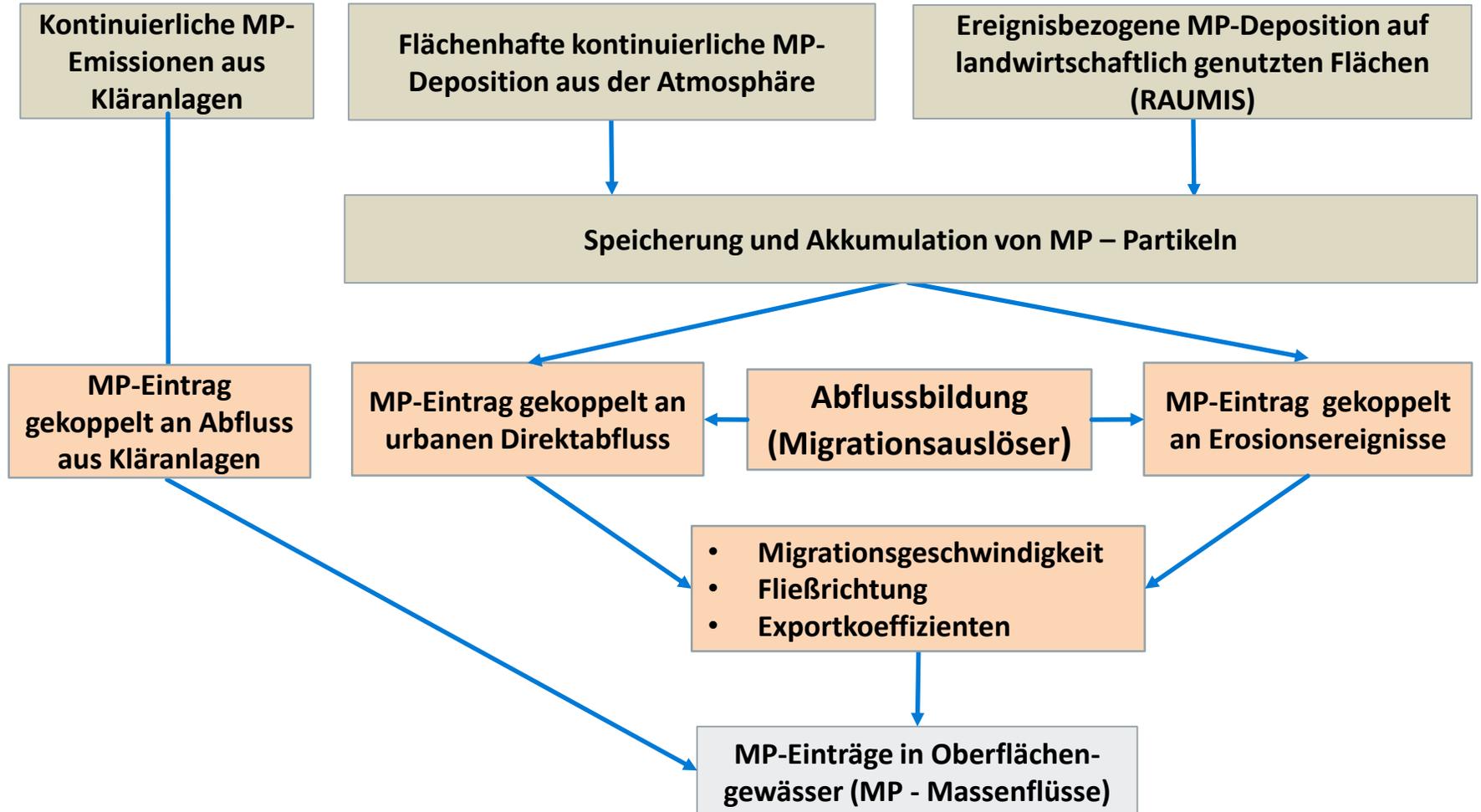
Plastik in der Umwelt Abschlusskonferenz

MP-Einträge in die Flusssysteme der Warnow und der Weser

mGROWA + TeMBa

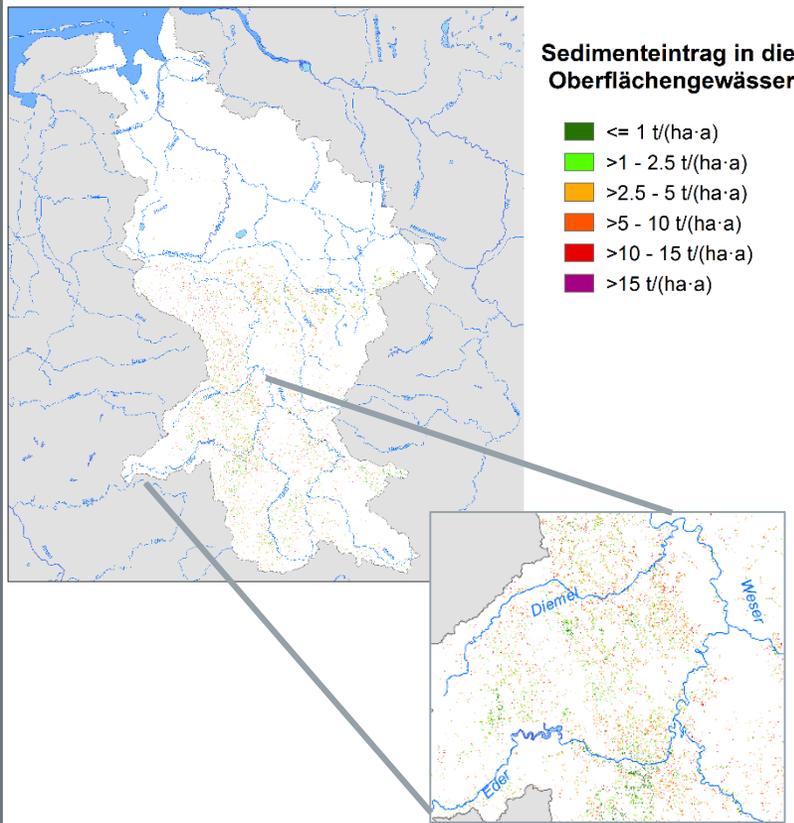
Frank Herrmann, Björn Tetzlaff und **Frank Wendland**
Forschungszentrum Jülich

PLAWES / MicroCatch_Balt: mGROWA + TeMBa Abbildungsbereich

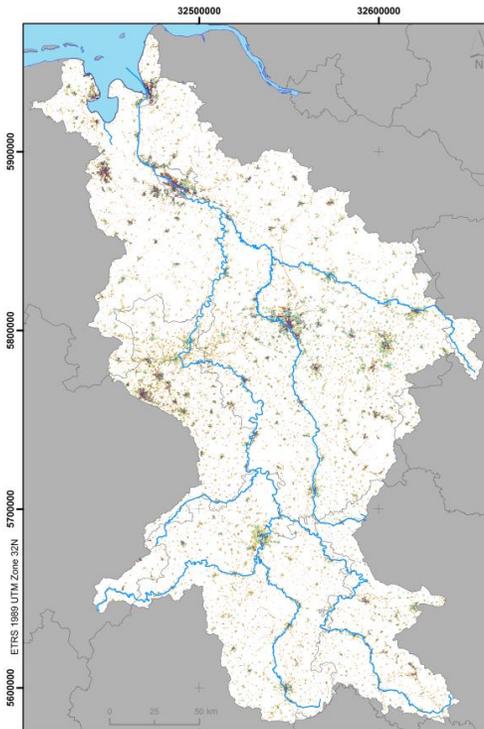
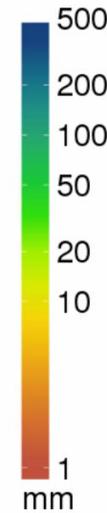
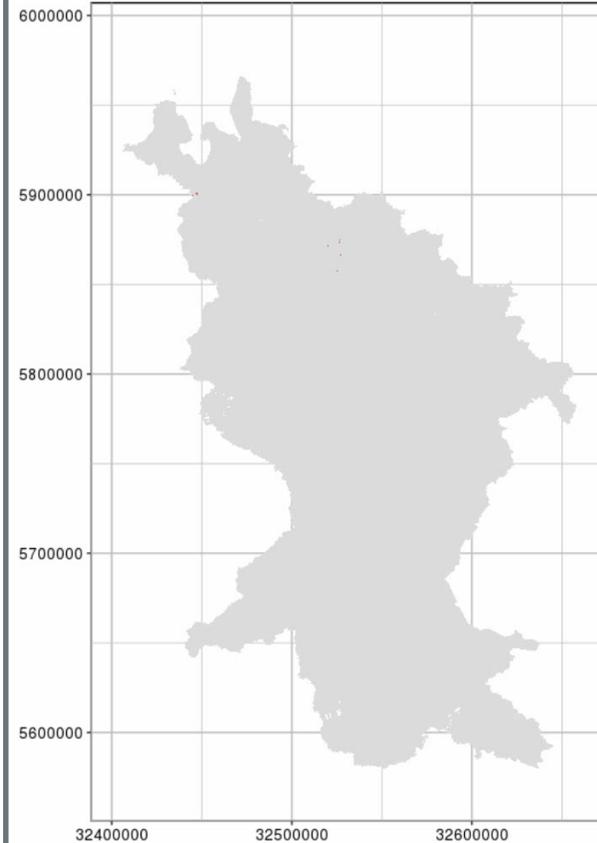


PLAWES / MicroCatch_Balt: mGROWA + TeMBa Ergebnisse

ca. 372.500 t/a

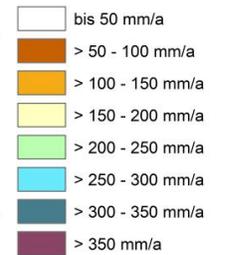


Urbaner Direktabfluss 2010-11-01



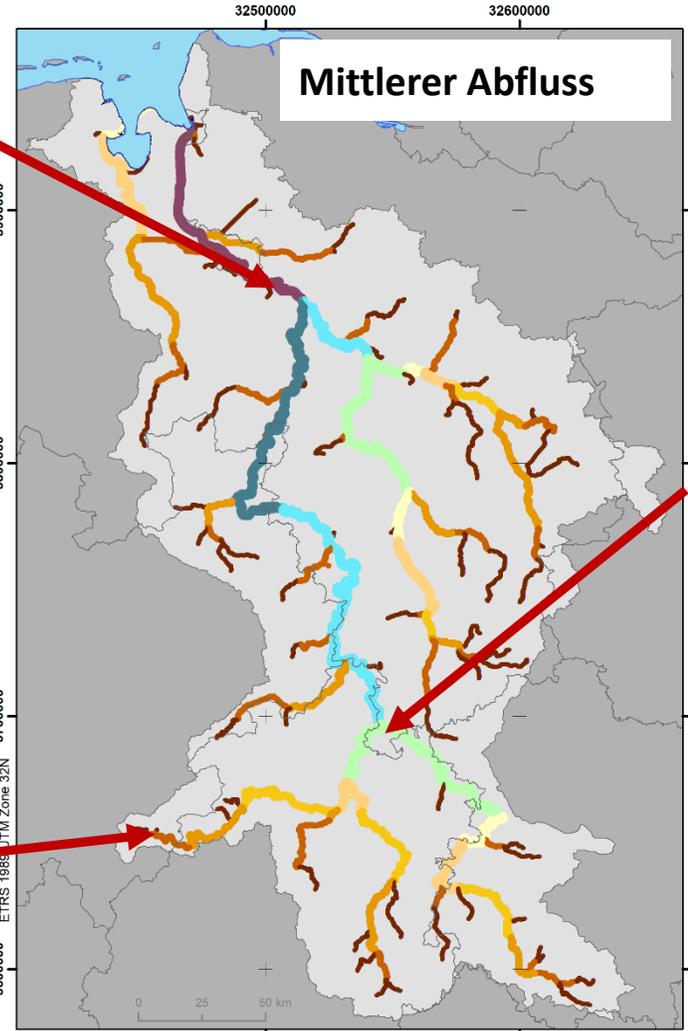
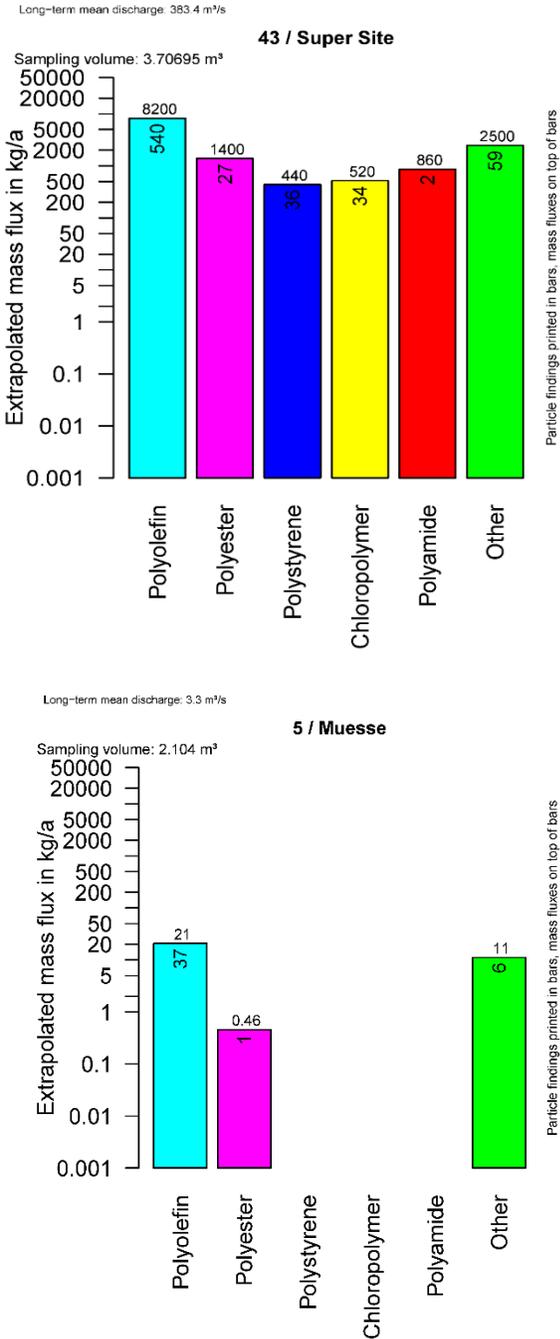
Einzugsgebiet der Weser

Langjähriger mittlerer urbaner Direktabfluss (1992-2017)

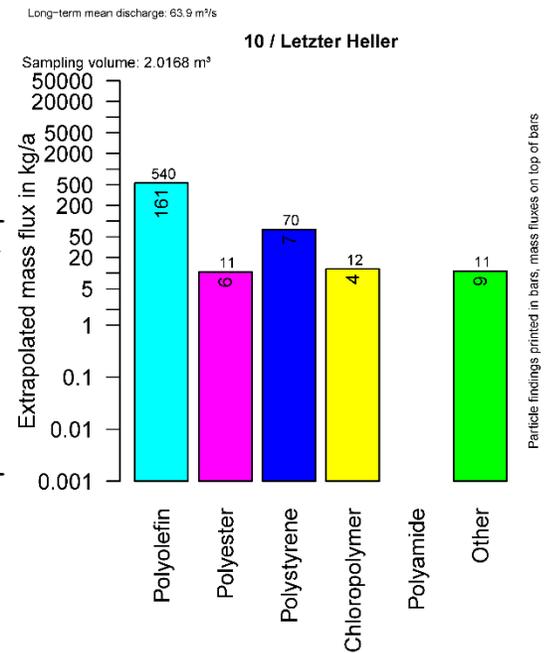


Erosionsereignisse und urbaner Direktabfluss sind wichtige Migrationsauslöser für MP-Eintrag in Oberflächengewässer

Extrapolierte MP-Massenströme (< 500 µm, aus Beprobung)



Einzugsgebiet der Weser



Die extrapolierten MP-Massenströme werden verwendet um TeMBa zu kalibrieren

Gesamtfracht normiert auf den mittleren Abfluss in kg/(m³/s)

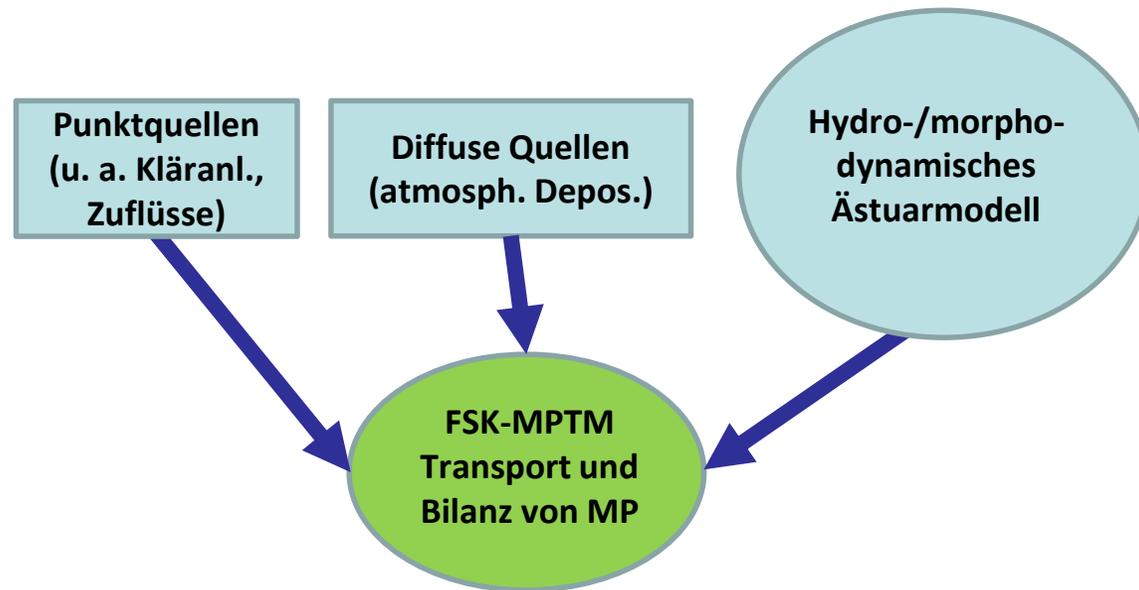
	Weser (>300m³/s)	Warnow (> 15 m³/s)
Polyolefin	21.4	1.68
Polyester	3.66	0.07
Polystyrene	1.15	0.22
Chloropolymer	1.36	0.02
Polyamide	2.25	0
Other	6.53	0.14

Mikroplastik Transportmodell für den Gezeiten- und Mündungsbereich der Weser (FSK-MPTM)

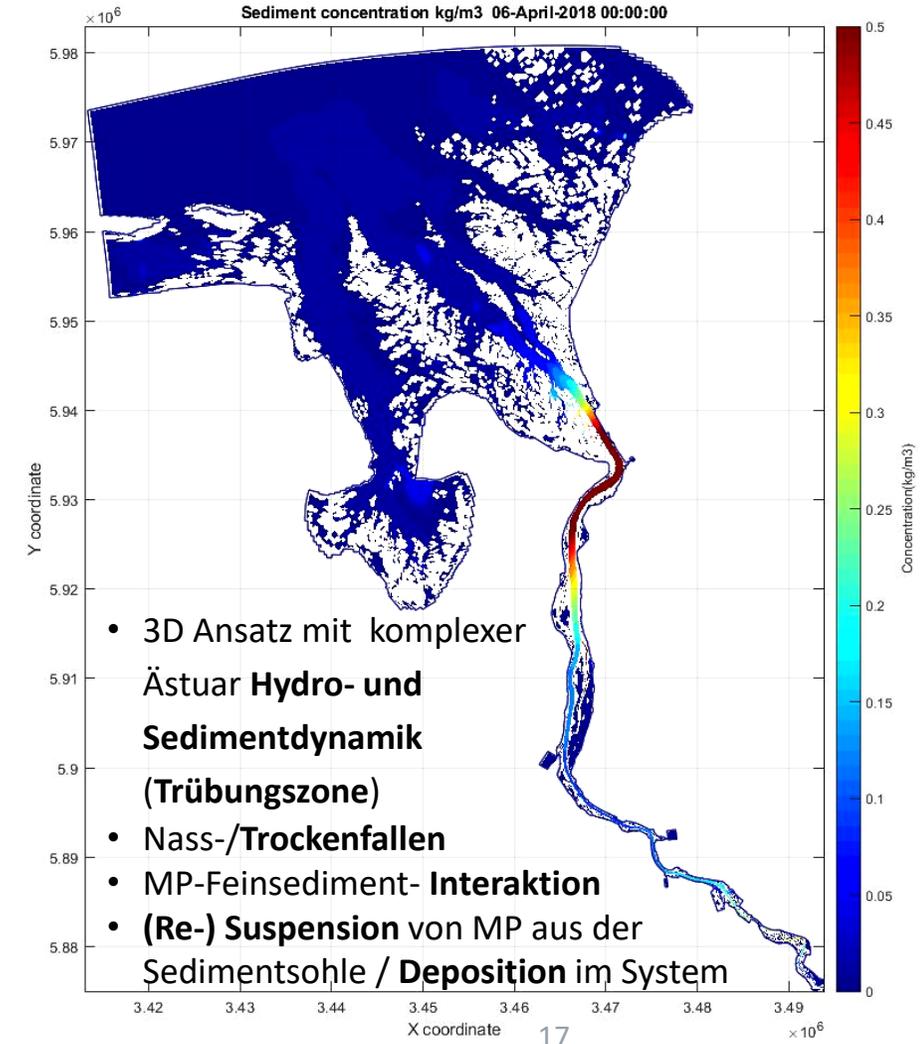
Gholamreza Shiravani und **Andreas Wurpts**

NLWKN

PLAWES: FSK-MPTM Abbildungsbereich



- Bilanzierung einer stochastisch verteilt angenommenen **MP-Massenkonzentration**
- **Gekoppelt** mit 3D- Salz, Temperatur, Sediment und Gewässersohle
- Räumlich und zeitlich **variierendes MP-Absinkverhalten** basierend auf den Umgebungsbedingungen (z.B. Schwebstoffkonzentration, Bewuchsintensität)
- Berücksichtigung von **Biofouling** (vereinfachtes Modell für Diatomeen-Konzentration)
- Das Modell berücksichtigt geschichtete Bedingungen selbst in Ästuaren mit großem Tidehub, damit ist es **grundsätzlich** für alle Ästuartypen anwendbar.



PLAWES: FSK-MPTM Abbildungsbereich



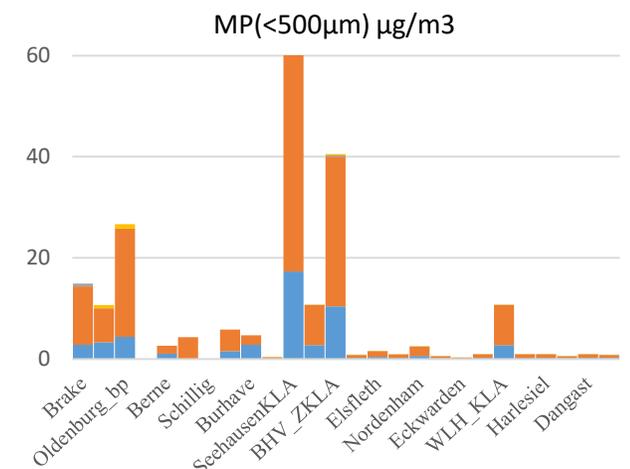
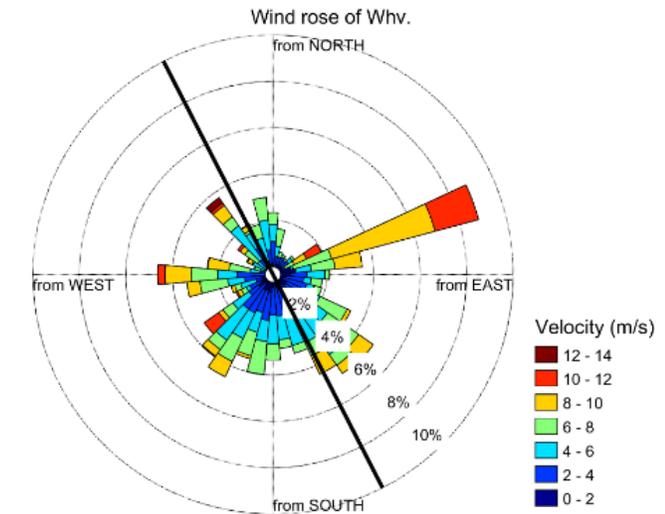
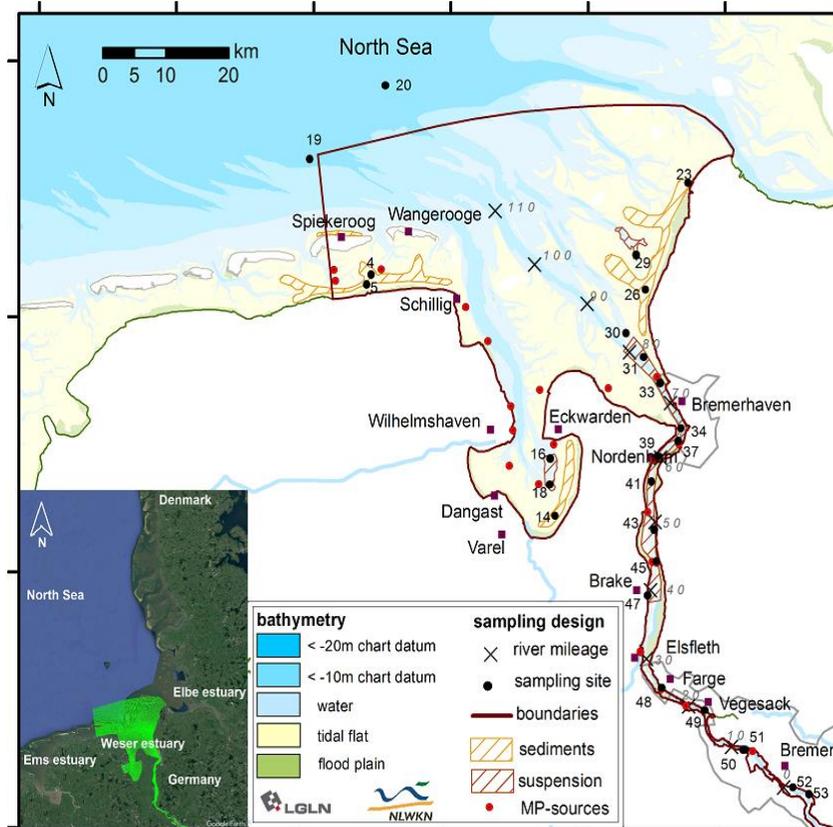
3D Modellansatz für das Ästuar (FSK-MPTM)

Prozesse:

- Gezeitenströmung mit hoch aufgelöster Ästuarzirkulation
- MP-Sediment Wechselwirkung
- MP-Resuspension
- MP- Diskretisierung in Größen- und Polymerklassen/Cluster
- Biofouling
- Wechselwirkung mit dem Sedimenttransport, d.h. Ablagerung / Resuspension auf Vorländern, in Watten, ästuariner Trübungszone

MP-Quellen:

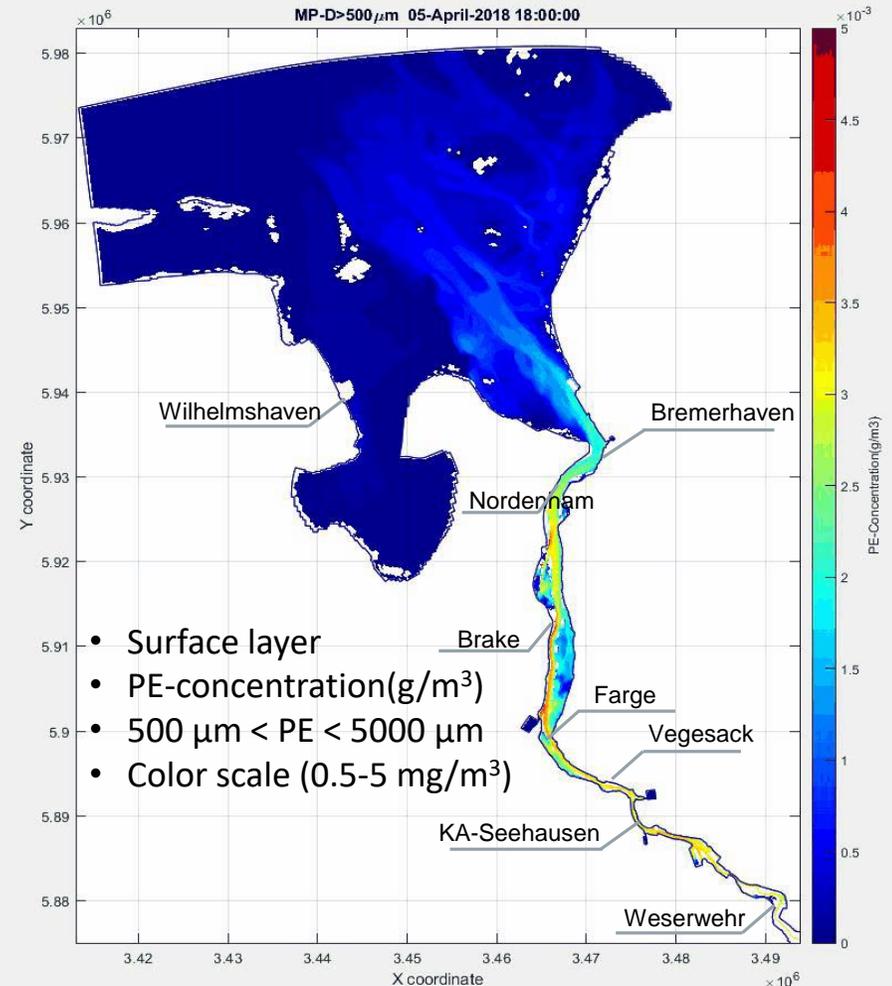
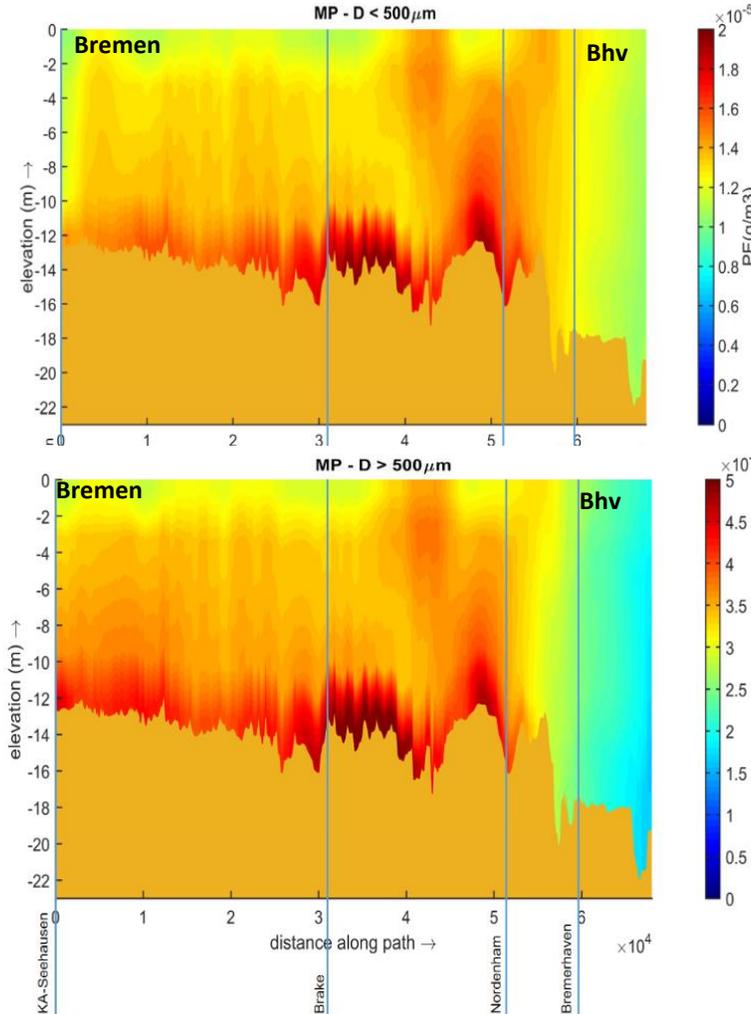
- Kläranlagen (24 Anlagen an Weser und Jade)
- Zuflüsse, Oberwasserzufluss (mGROWA+TeMBa)
- Atmosphärische Deposition (Windklima und PLAWES)



PLAWES: FSK-MPTM Ergebnisse

- **Gröberes MP** wird stärker in der Trübungszone **zurückgehalten** und in den Sedimenten eingelagert
- **Feineres MP** **überwindet** leichter die Trübungszone und erreicht die offene See

-> Die ästuarine **Trübungszone** ist vorrangiger Depositions- und Resuspensionsbereich für MP.



- Surface layer
- PE-concentration(g/m³)
- 500 µm < PE < 5000 µm
- Color scale (0.5-5 mg/m³)

Emissionen, Transport und Verhalten von Mikroplastik in der Ostsee

GETM (**G**eneral **E**stuarine **T**ransport **M**odel)*

Sarah Piehl, Hagen Radtke, Xaver Lange, Robert Osinski, Gerald Schernewski

*Hans Burchard (Entwickler/Host GETM)

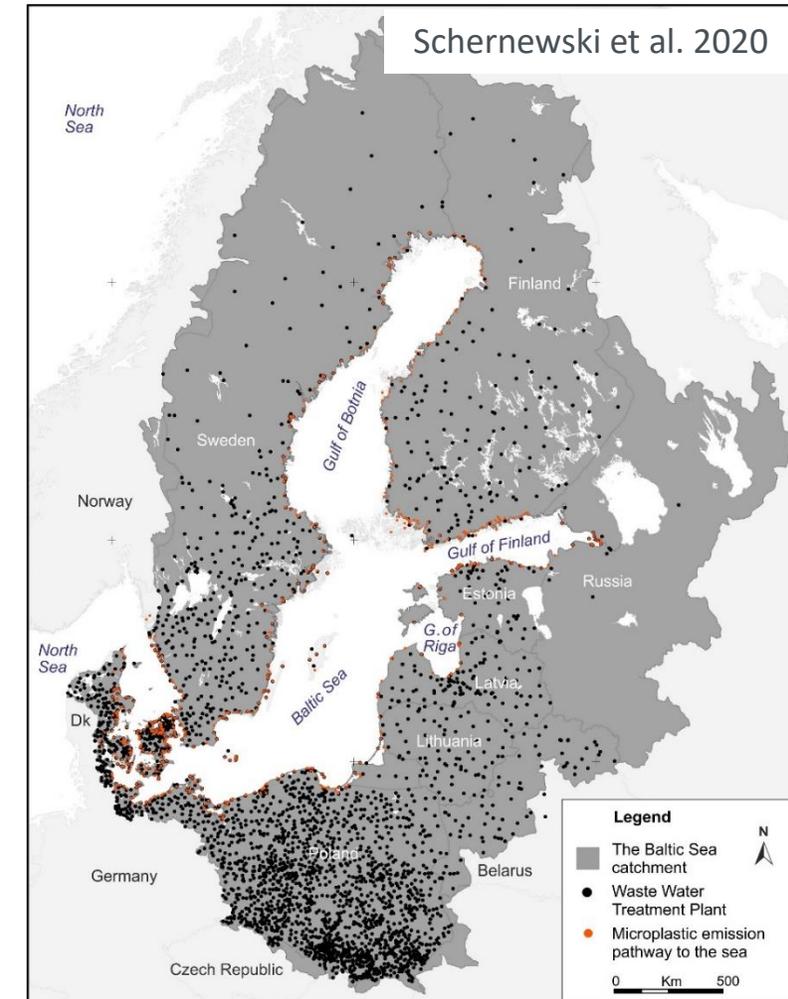
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

» Mikroplastik (MP)-Emissionsszenarien

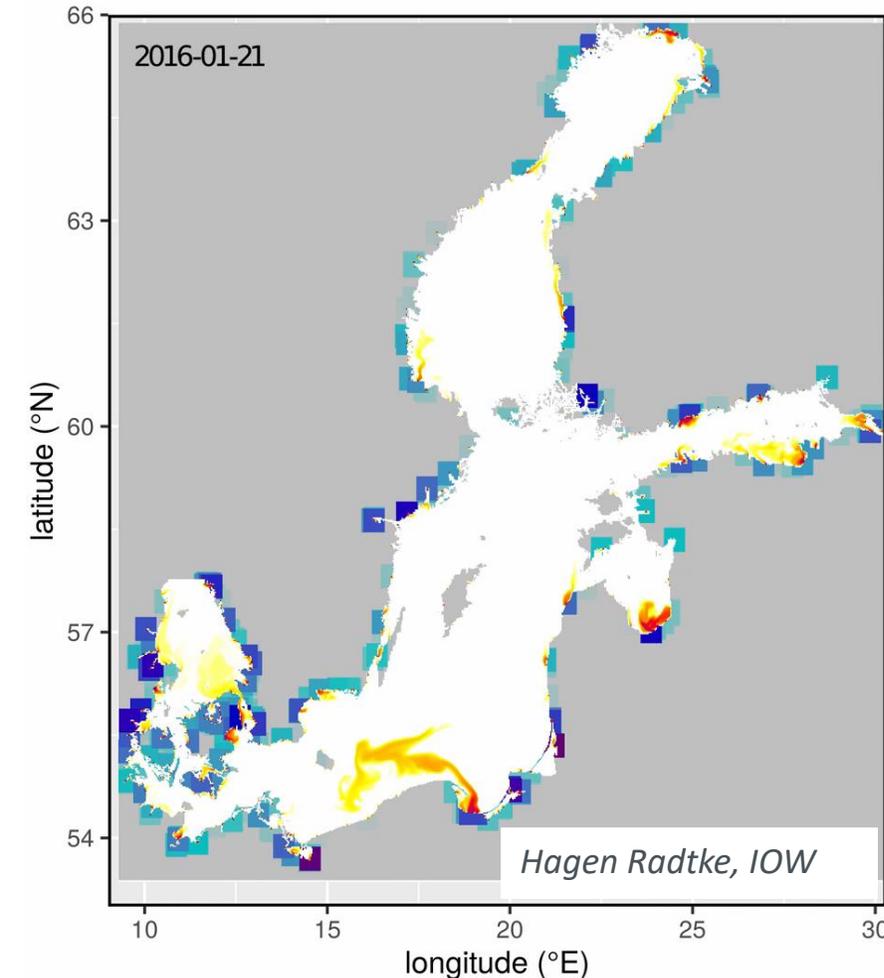
- » Städtische Einträge innerhalb des Warnow- bzw. Ostseeinzugsgebiet:
 - Unbehandeltes Abwasser, Kläranlagen, Mischwasserüberläufe (inkl. Regenwasser)
- » Räumlich differenziert über Flüsse/Direkteinleitungen

» 3D hydrodynamische Modellsimulationen

- » Horizontale Auflösung: 1 Seemeile (bis 10 m Ästuar)
- » Vertikale Auflösung: variabel
- » Mikroplastik-Transport-Modul
 - Euler-Verfahren: MP-Konzentration pro Gitterzelle
 - Potentiell sinkende & treibendes MP von 20-500 μm
- » Szenariosimulationen zu Reduktionsmaßnahmen, Flussretention

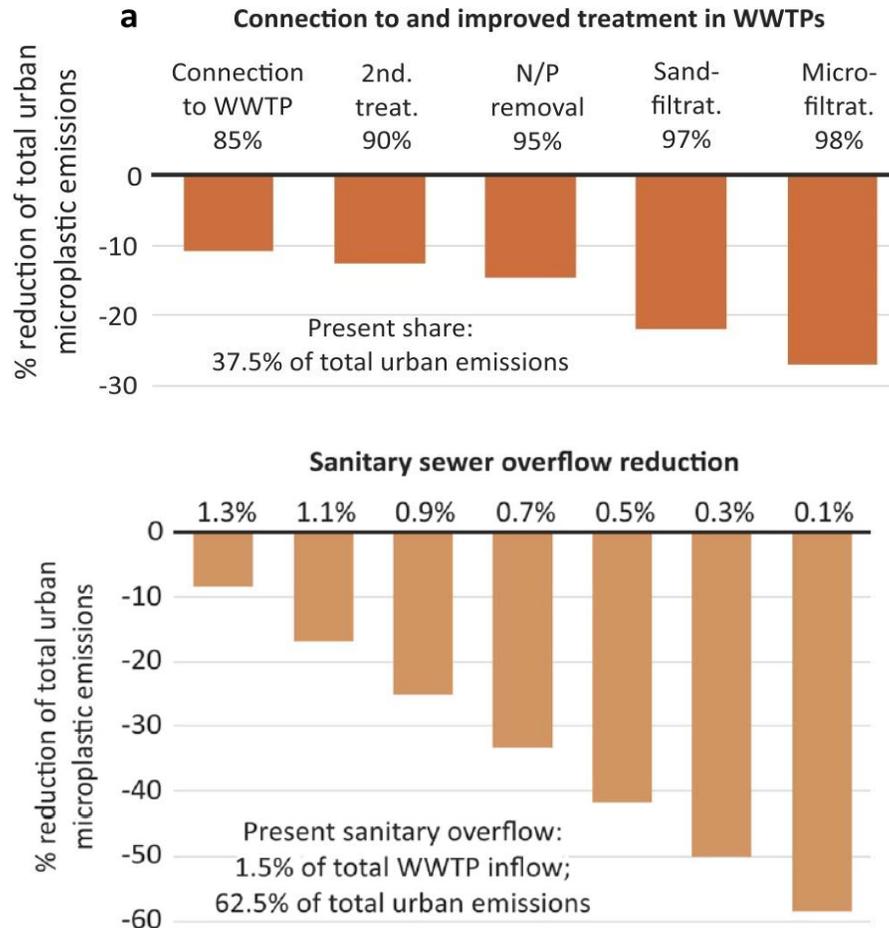


MicroCatch_Balt: GETM Ergebnisse



- » Die Verweilzeit von Mikroplastik nach der Emission beträgt im Schnitt 14 Tage
- » Keine signifikante Akkumulation von Mikroplastik am Meeresboden
- » Die Mehrheit der Mikroplastikpartikel akkumuliert an Stränden mit bis zu 10^9 Partikel/m²/Jahr
- » **Messungen von Mikroplastik in der Ostsee sollten sich auf die Überschwemmungszone von Stränden & in unmittelbarer Nähe von Emissionspunkten konzentrieren**

MicroCatch_Balt: GETM Ergebnisse



Abwasseremissionen:

13% ungeklärtes Abwasser

25% Kläranlagen

62% Mischwasserüberläufe (inkl. Regenwasser)

» Die Verbesserung der Kläranlagentechnik hat nur einen geringen Einfluss auf die Reduzierung der Mikroplastik-Emissionen

» Die Reduzierung von Mikroplastik durch Misch- & Regenwasseremissionen sollte im Fokus stehen

Schernewski et al. 2020, 2021, Piehl et al. 2021

Flächenhafte Erosionsmodellierung (SPEROS-MP) Georeferenzierte Simulation der Gewässerkonzentrationen (GREAT-ER)

Jörg Klasmeier (Institut für Umweltsystemforschung, Universität Osnabrück),
Peter Fiener (Institut für Geographie, Universität Augsburg)

GREAT-ER

- » Räumliche Skala
 - » Einzugsgebiet der oberen Donau (ca. 60 000 km²)
 - » Flussabschnitte von maximal 2 km Länge
- » Zeitliche Skala
 - » Fließgleichgewicht für verschiedene Abfluss-Situationen (MQ, Q50, MNQ)
- » Prozesse
 - » MP-Eintrag durch Kläranlagen, Erosion von landwirtschaftlichen Flächen und atmosphärische Deposition
 - » Transport und Sedimentation der MP-Partikel im Gewässer

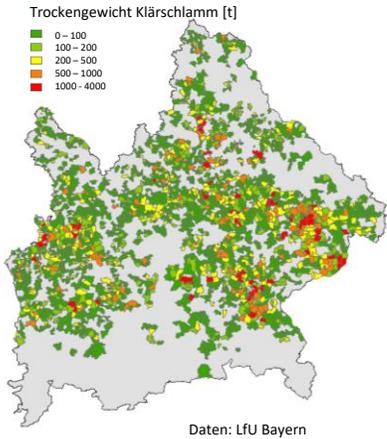
SPEROS-MP

- » Räumliche Skala
 - » Einzugsgebiet der Glonn (ca. 400 km²)
 - » Rasterbasiert 10 m x 10 m
- » Zeitliche Skala
 - » Jahresmittelwerte
- » Prozesse
 - » Erosion von landwirtschaftlichen Flächen
 - » Anreicherung von MP im Austrag (Modellparametrisierung anhand von Beregnungsversuchen)
 - » Transport von MP in Flussabschnitte (Input in GREAT-ER)



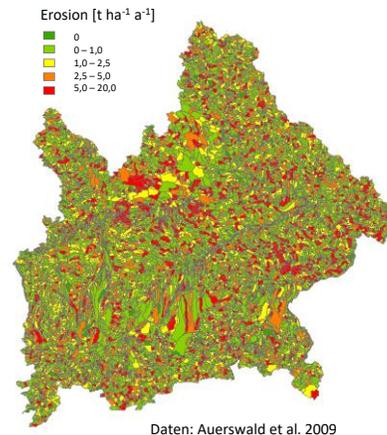
MicBin - GREAT-ER / SPEROS-MP Ergebnisse

Potentieller MP-Eintrag aus Klärschlamm durch Erosion in Gewässer

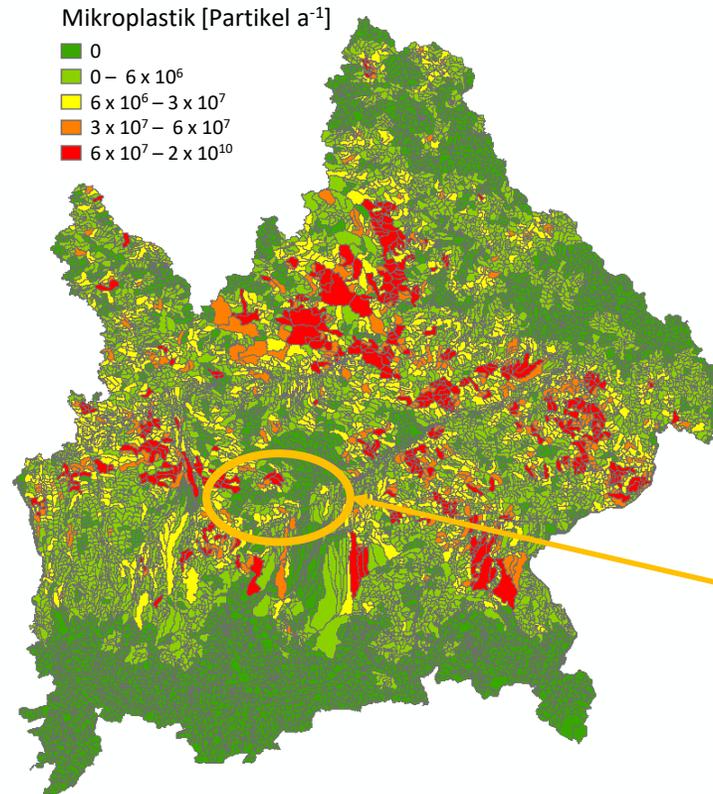


Klärschlammausbringung je Gemeinde seit 2011

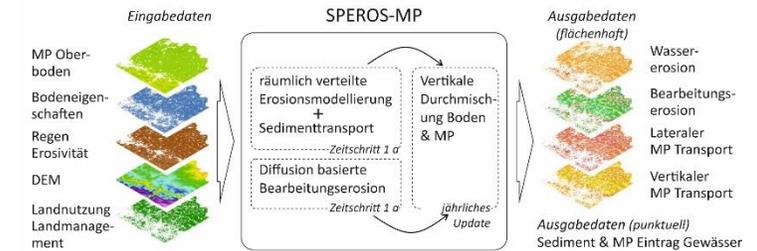
Mittlere MP-Belastung von Klärschlamm aus der Literatur



Berechnete potentielle Erosion je Teil-EZG



Simulation der MP-Erosion im Detail mit SPEROS-MP

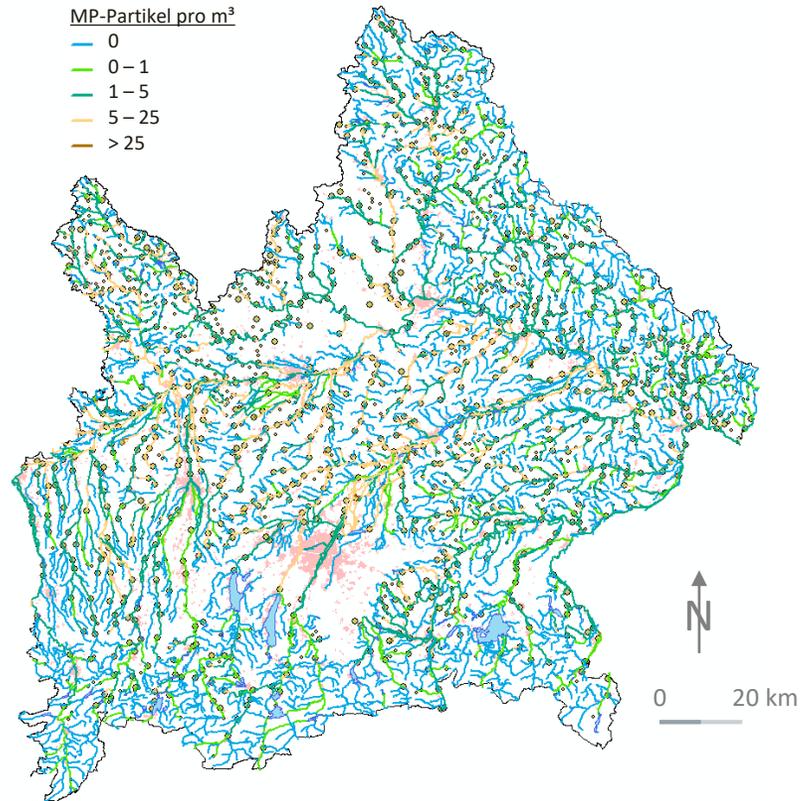


Untersuchungsgebiet Einzugsgebiet Glonn

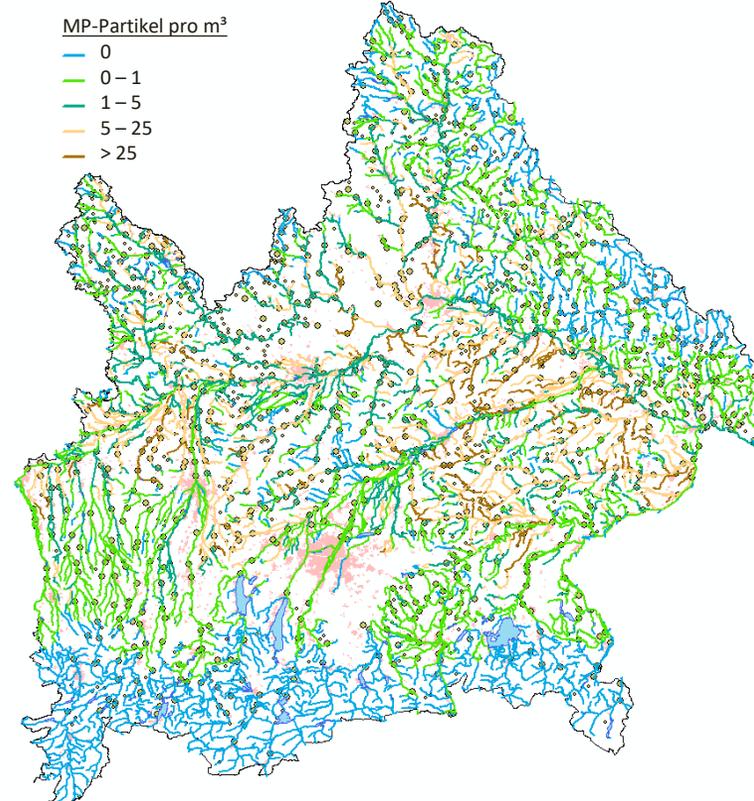
MicBin - GREAT-ER / SPEROS-MP Simulationsergebnisse

Simulierte MP-Konzentrationen im Einzugsgebiet Obere Donau

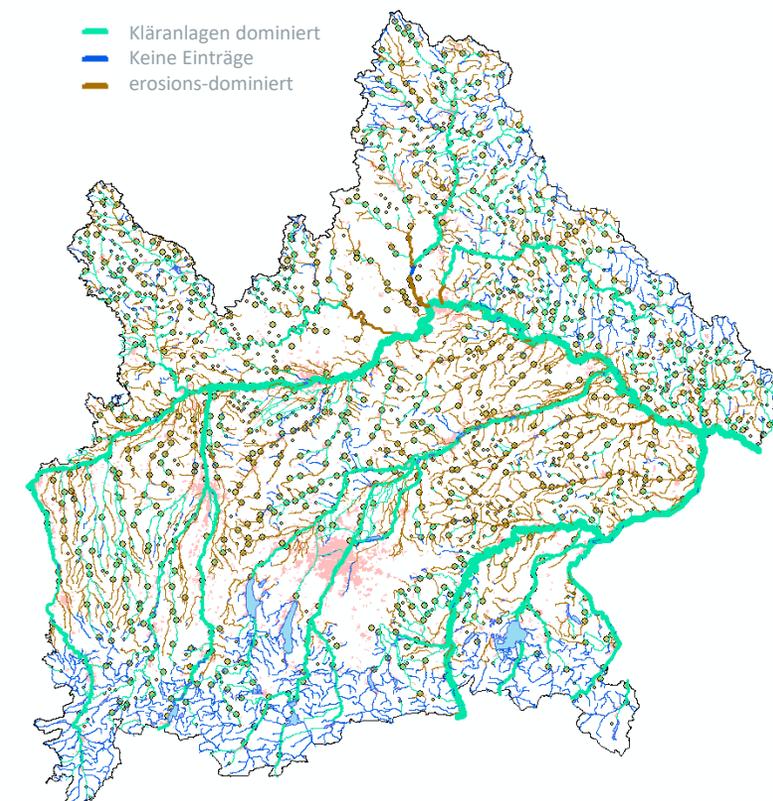
Eintrag über Kläranlagen



Eintrag über Erosion



Szenarienvergleich

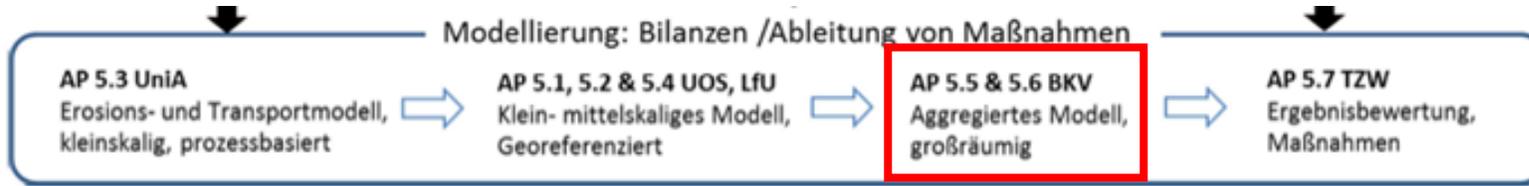


Vom Land ins Meer

Stephanie Cieplik

BKV

MicBin – Modell „Vom Land ins Meer“ Abbildungsbereich



Ziel:

Bilanzierung des Eintrags von Makro- und Mikroplastik für die Donauregion

Vorgehensweise:



MicBin – Modell „Vom Land ins Meer“ Ergebnisse

Deutschland 2018	Eintragspfade								Gesamt	
	Fluss		Flussschifffahrt		Küstenregion		Häfen			
Gesamt Mikrokunststoff	4 t	15%							4 t	14%
Gesamt Makrokunststoff	20 t	85%	1 t	100%					21 t	86%
Total	24 t	100%	1 t	100%					25 t	100%

- Ergebnisse, die im Rahmen von MicBin erzielt wurden, wurden – soweit möglich – berücksichtigt.
- Eine Modellierung nach Polymersorte bzw. Größe konnte mangels Informationen/Daten nicht vorgenommen werden.

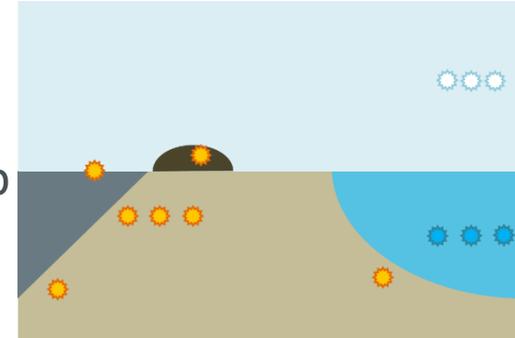
Schlussfolgerungen

- » Durch die Verknüpfung von Modellen mit unterschiedlichen Abbildungsbereichen konnte ein erstes Gerüst des Gesamtsystems erstellt werden
 - » Bedeutung wichtiger Eintragsquellen
 - » Regionale Hotspots
 - » Abschätzung der Einträge in Oberflächengewässer
 - » Transportverhalten von MP
- » Alle vorgestellten Modellsysteme haben das Potential, auf andere Flusssysteme übertragen und angewendet zu werden

Schlussfolgerungen

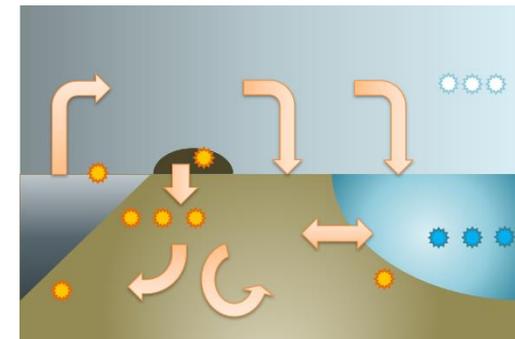
» Identifizierte Lücken in der Datenbasis:

- Kontinuierlich erhobene Daten (Zeitreihen) in Flüssen
- Gezielte Beprobung von Straßengräben, atmosphärischer Deposition, Reifenabrieb
- Zeitliche Variabilität von MP-Konzentrationen in Kläranlagenabflüssen
- MP Konzentrationen in Regenwasserabflüssen und Mischwasserüberläufen
- Variabilität der Mikroplastikgehalte in organischen Düngemitteln (Klärschlamm, Kompost)
- Aufbringungsmengen von Klärschlamm, Kompost und Gärresten



» Identifizierte Lücken im Prozessverständnis:

- Hauptquellen der atmosphärischen Deposition
- Verhalten von Mikroplastik bei Wind- und Wassererosion
- Sedimentation im realen Gewässer: z.B. Retention in Flüssen
- Fragmentierung und Zerfall von Plastik im Boden und in Gewässern



Ausblick

- » Alle Modelle werden fortlaufend weiter entwickelt und verbessert
- » Feedback aus Modellen kann zu zielgerichteter Beprobung führen
- » Modelle können ein Werkzeug für die politische Entscheidungsfindung sein
- » Modellergebnisse können dazu beitragen, die öffentliche Diskussion zu versachlichen
- » Weitere Untersuchungen unter Einbeziehung von Modellanalysen sind notwendig!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Welche Fragen haben Sie?

Synthesepapier des QST Modellierung:

<https://bmbf-plastik.de/de/publikation/modellbasierte-forschung-zu-mikroplastik-der-umwelt>

 @ElkeBrandes #plastikinderumwelt

elke.brandes@thuenen.de