



UNIA



SOPLAS



WATER SOIL
RESOURCES

Fachtagung (Mikro-)Plastik-Einträge in
landwirtschaftliche Böden - Ursachen und
Vermeidungsstrategien

(Mikro-)Plastik in landwirtschaftlichen Böden – aus der Sicht der Wissenschaft

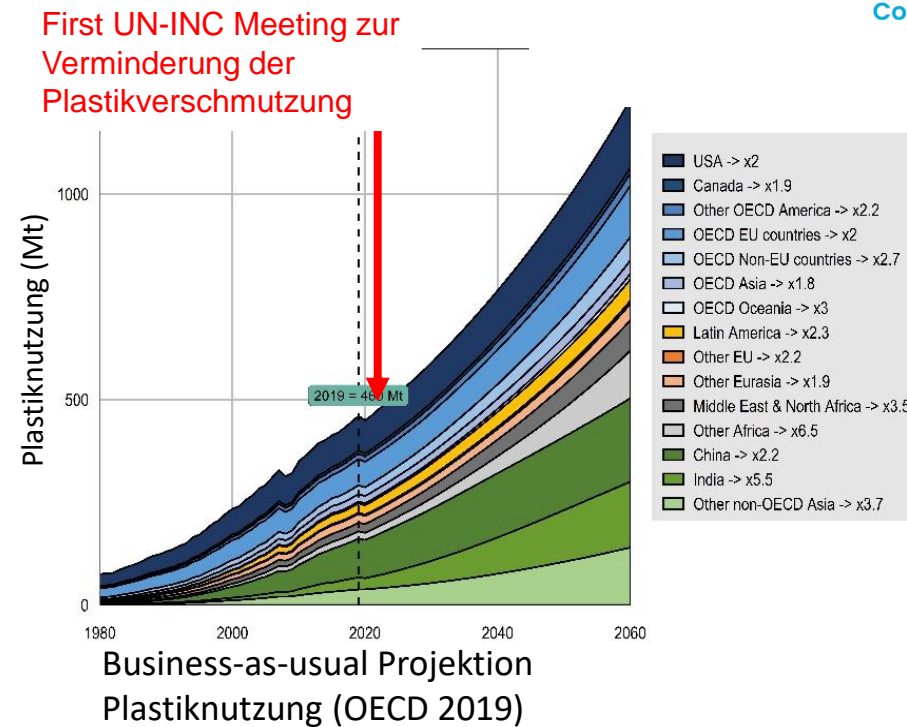
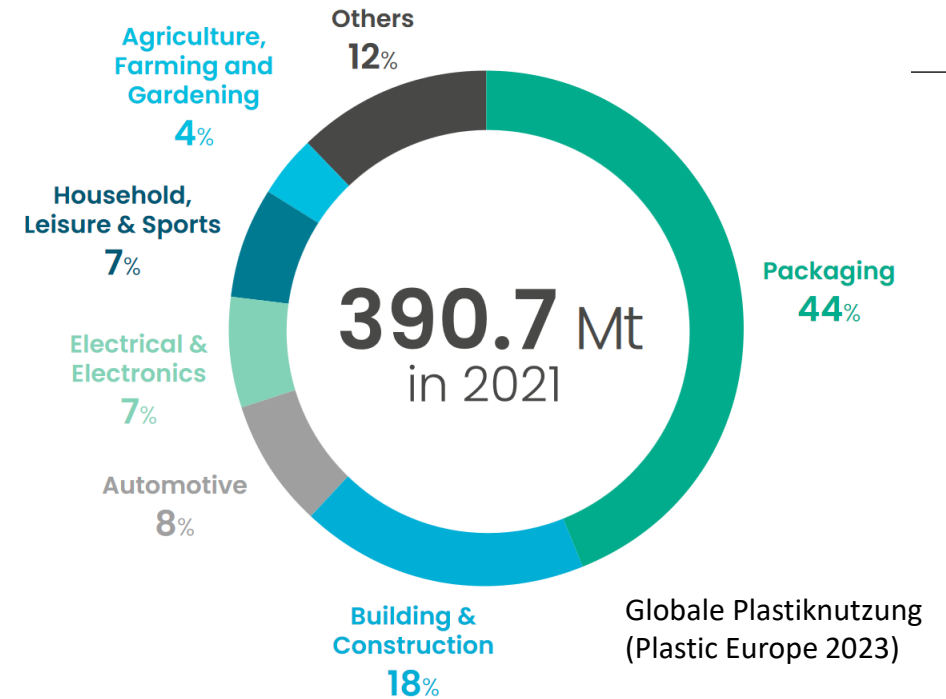
Peter Fiener, Florian Wilken, Tabea Scheiterlein,
Raphael Rehm, Ana Cugler Moreira, Emily Severe,
Ahsan Magbol, ...

Wasser und Bodenressourcen Forschung
Institut für Geographie, Universität Augsburg
Koordinator EU ITN SOPLAS

Vortragsüberblick

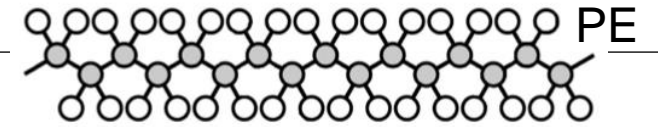
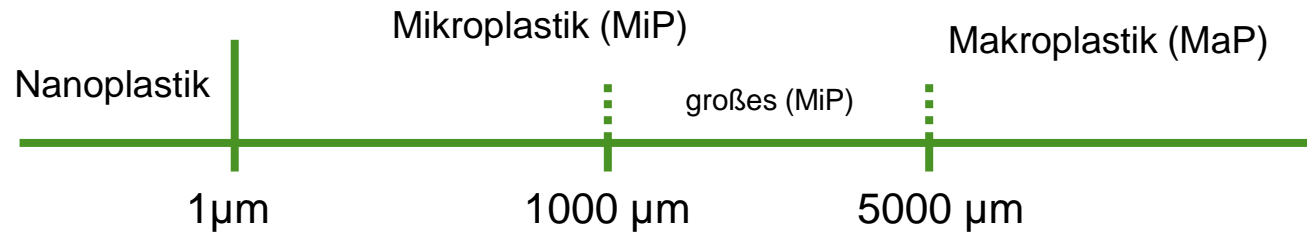
Mikroplastik in landwirtschaftlichen Böden

- Einführung
- Quellen - Eintragspfade in den Boden
- Konzentrationen im Boden / MiP Messung
- Umlagerung & Austrag
- Auswirkungen von MiP
- Vermeidung der MiP Belastung
- Ausblick



Mikroplastik - Einführung

Mikroplastik was ist das?



PE – Polyethylen (C_2H_4)_n

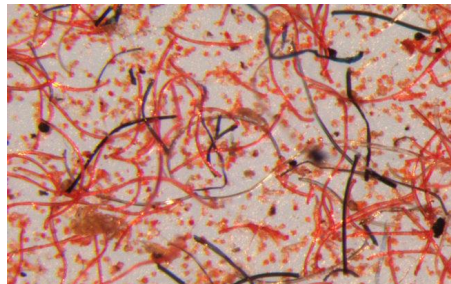
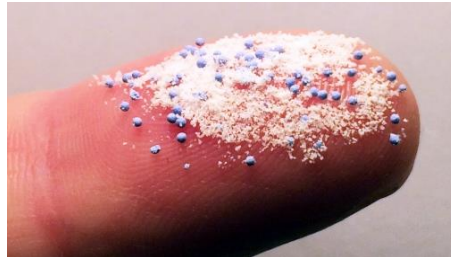
PP – Polypropylen (C_3H_6)_n

PS – Polystyrol (C_4H_8)_n

PET – Polyethylenterephthalat ($C_{10}H_8O_4$)_n

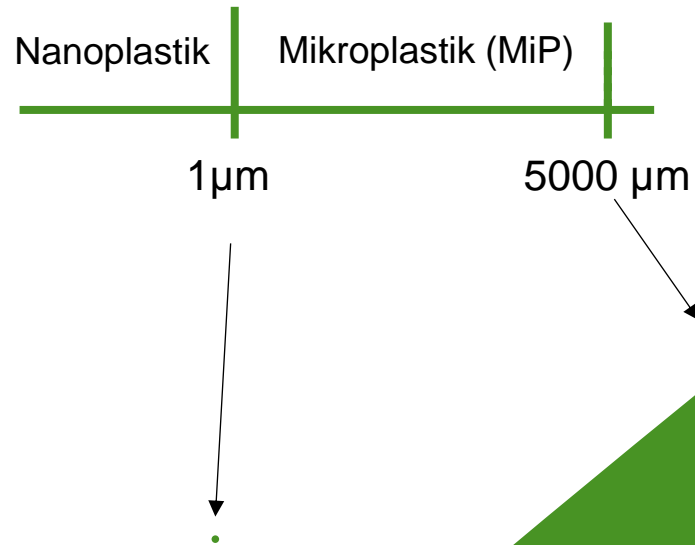
PVC – Polyvinylchlorid (C_2H_3Cl)_n

...



Mikroplastik - Einführung

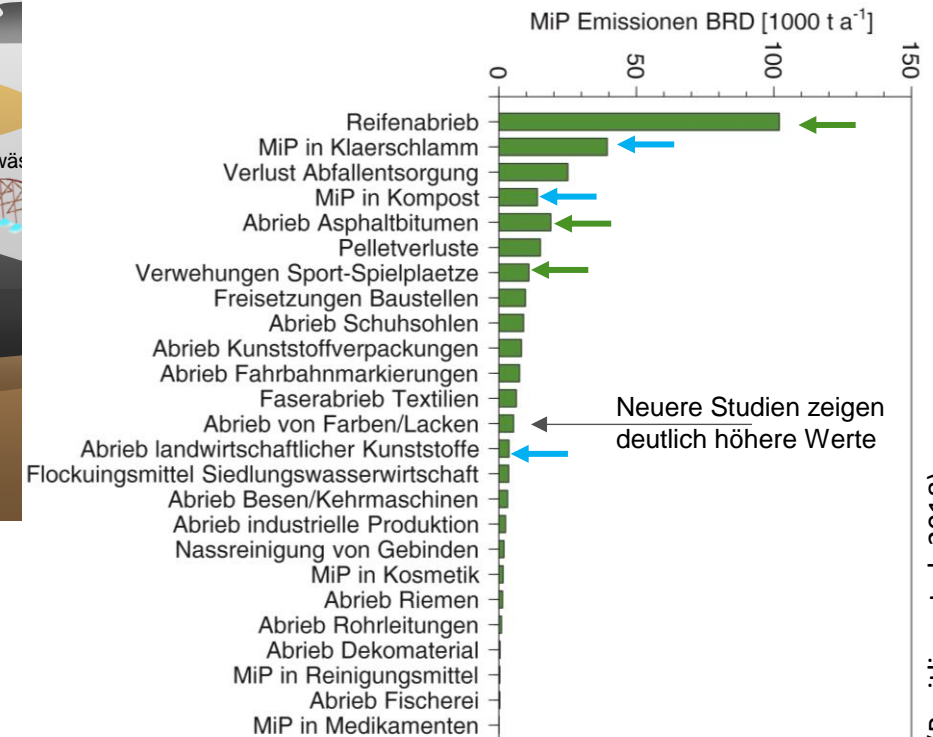
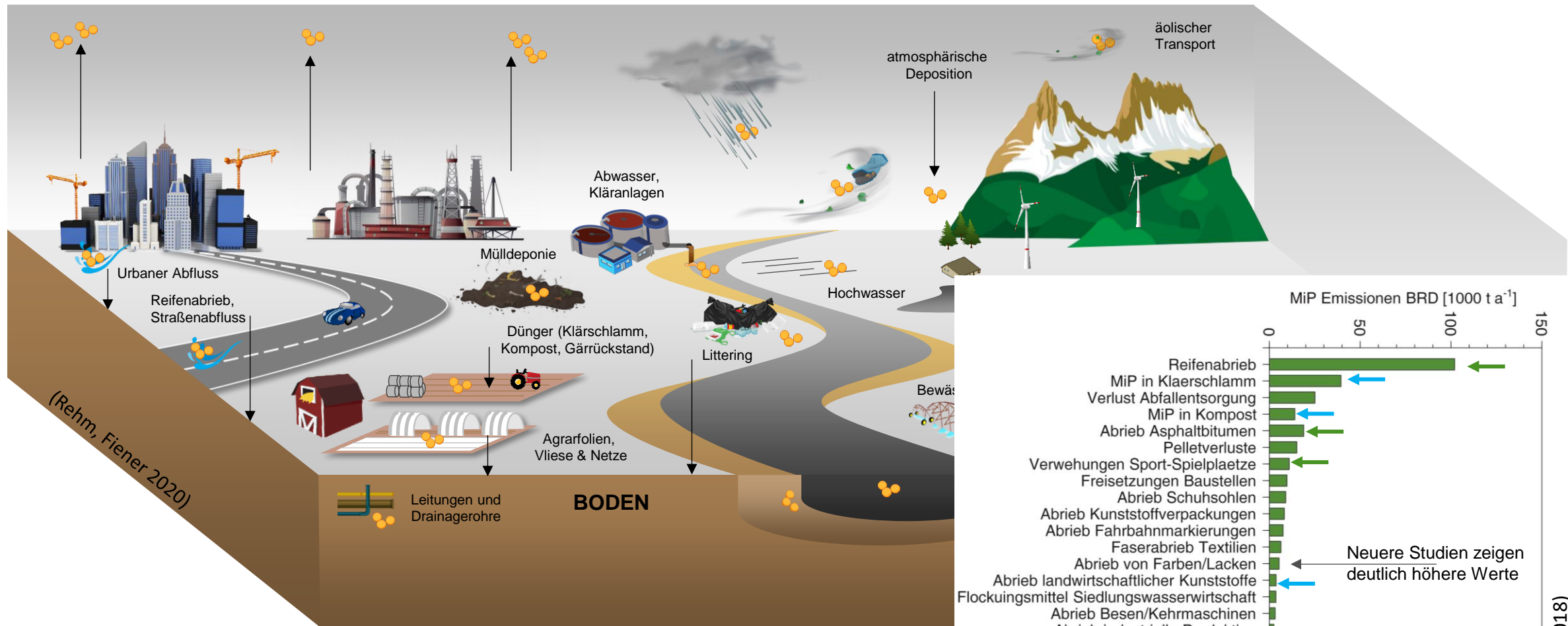
Mikroplastik was ist das?



Art der Entstehung	bewusste Zugabe	Zerfall während Nutzung oder in der Umwelt
Typ	Primäres MiP	Sekundäres MiP
Beispiele	<ul style="list-style-type: none">• <u>Microbeads</u> in Kosmetik• Granulate auf Kunstrasenplätzen	<ul style="list-style-type: none">• <u>Fasern</u> aus Textilien• Reifenabrieb• Farbpartikel• Folienzerfall• Unsachgemäße Müllentsorgung



Eintragspfade in landwirtschaftlich genutzte Böden



Eintragungspfade in landwirtschaftlich genutzte Böden



MiP Mengen die potentiell
anteilig in die Böden
der BRD gelangt
(Breitling et al. 2018)

MiP Reifenabrieb

101 989 t a⁻¹

MiP organischer Dünger Kreislaufwirtschaft

Klärschlamm 39 426 t a⁻¹

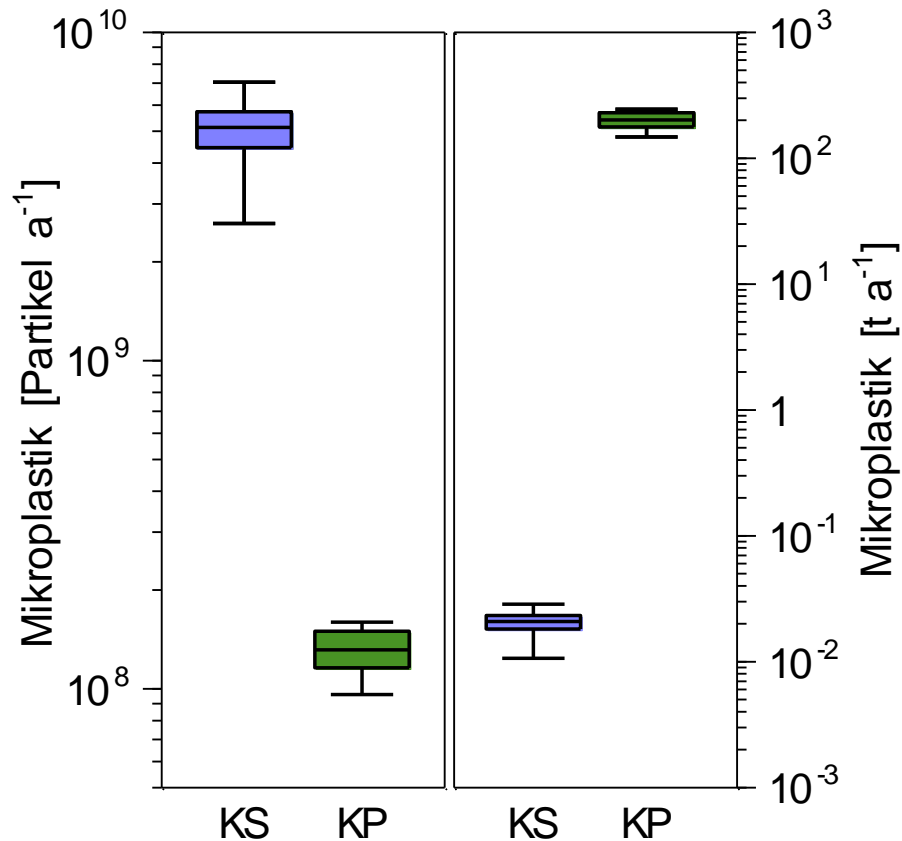
Kompost 14 030 t a⁻¹

sekundäres MiP aus „Plasticulture“ Ertragssteigerung

3 736 t a⁻¹

MiP Immissionen in Ackerböden

Wie gut sind unsere Daten zum realen MiP Eintrag und zur Akkumulation in Ackerböden?



**Klärschlamm-
dünger KS**
(Partikelgröße
20 – 500 µm)

**Kompost-
Dünger KP**
(Partikelgröße
1 – 500 mm)

Kombination aus
Klärschlamm- und
Kompostverwendung in der
Landwirtschaft
(Desatis, 2019)
und
Messungen zum MaP und
MiP Gehalt
(Mintenig et al. 2014;
Weithmann et al. 2018)

Grundproblem:

- Flächendaten zur Ausbringung von organischem Dünger
- Unterschiedliche Methoden der Plastikerfassung

Emissionen BRD

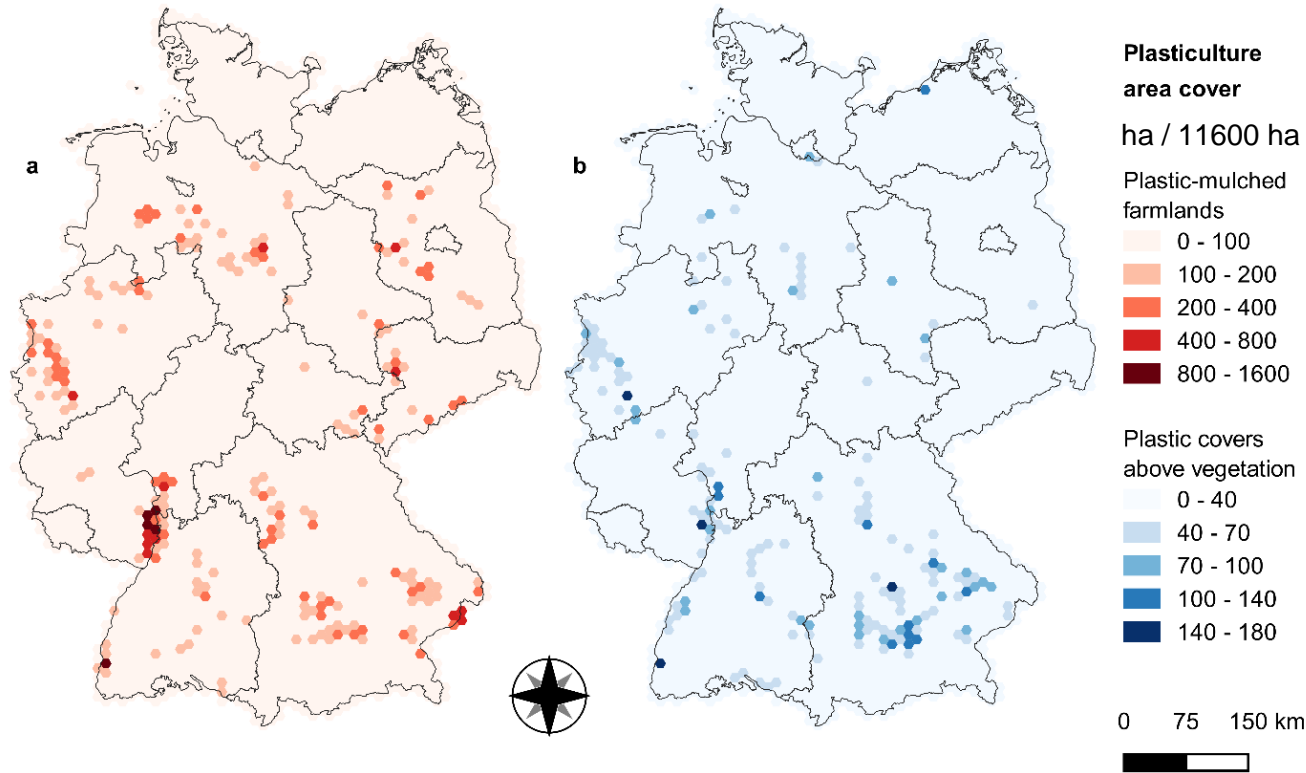
**MiP in organischem Dünger
Kreislaufwirtschaft**

Klärschlamm 39 426 t a⁻¹

Kompost 14 030 t a⁻¹

(Breitling et al. 2018)

Wie gut sind unsere Daten zum realen Plastikeintrag und zur Akkumulation in Ackerböden – Beispiel Mulch- und Treibhausfolien?



(Fabrizi et al. submitted)

sekundäres MiP aus „Plasticulture“ *Ertragssteigerung*

Flächenschätzung

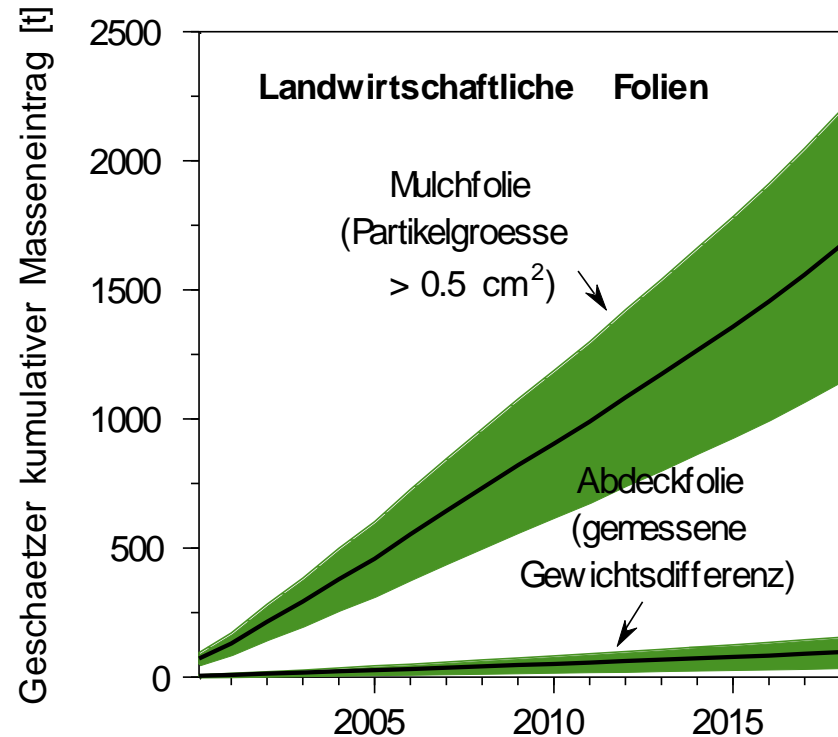
- 103×10^3 ha PMF und 37×10^3 ha PCV in 2020 aus Fernerkundungsdatenanalyse (Fabrizi et al. submitted)
- 100×10^3 ha aus extrapolierten Erhebungen (Breitling et al. 2018)

Massenschätzung zur genutzten Folie

- $3\,736 \text{ t a}^{-1}$ (Breitling et al. 2018)

MiP Immissionen in Ackerböden

Wie gut sind unsere Daten zum realen Plastikeintrag und zur Akkumulation in Ackerböden?



Kombination aus Daten zur Verwendung von Folien in der Landwirtschaft (Breitling et al. 2018) und Messungen zum MaP Verbleib nach Entfernen der Mulchfolien und zum Gewichtsverlust von Abdeckfolien (Albertsson 1978)

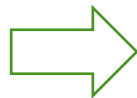
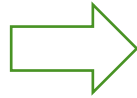
Grundproblem:

- Kaum Daten zur Akkumulation von Plastikmaterialien (v.a. Folienresten) in Böden

MiP Belastung von Ackerböden

Warum wird nicht einfach im Boden gemessen?

- Probenaufbereitung



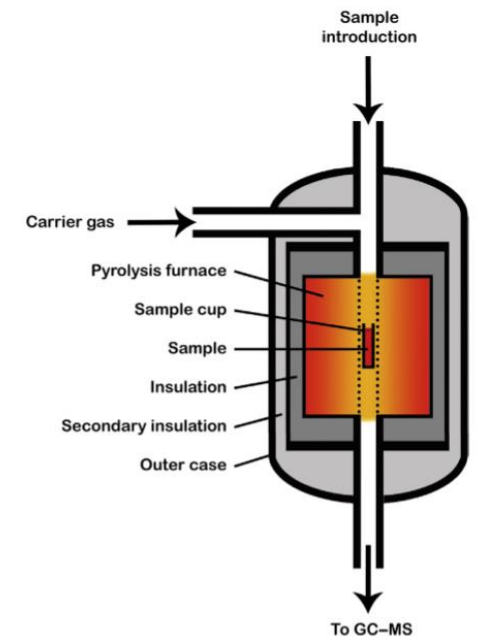
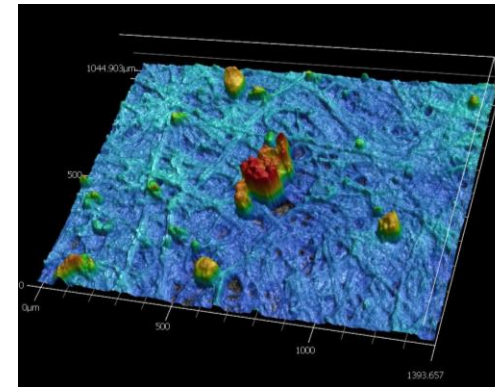
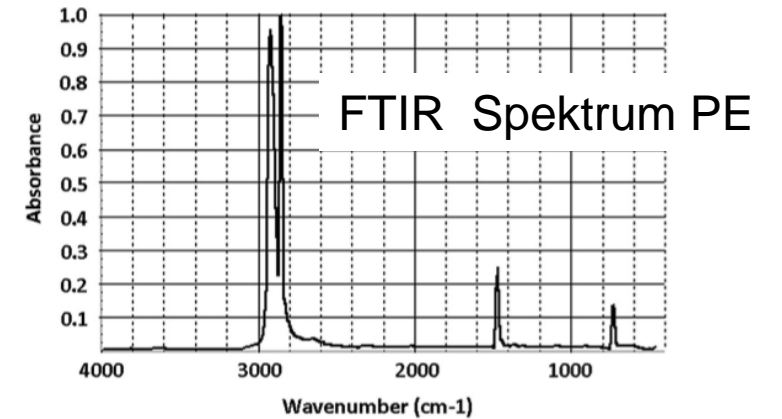
- Dichtentrennung MiP und mineralische Substanz
- Zerstörung der organischen Substanz

- MiP Messung

- Raman Mikrospektroskopie
- Fourier Transformation-Infrarot Mikrospektroskopie

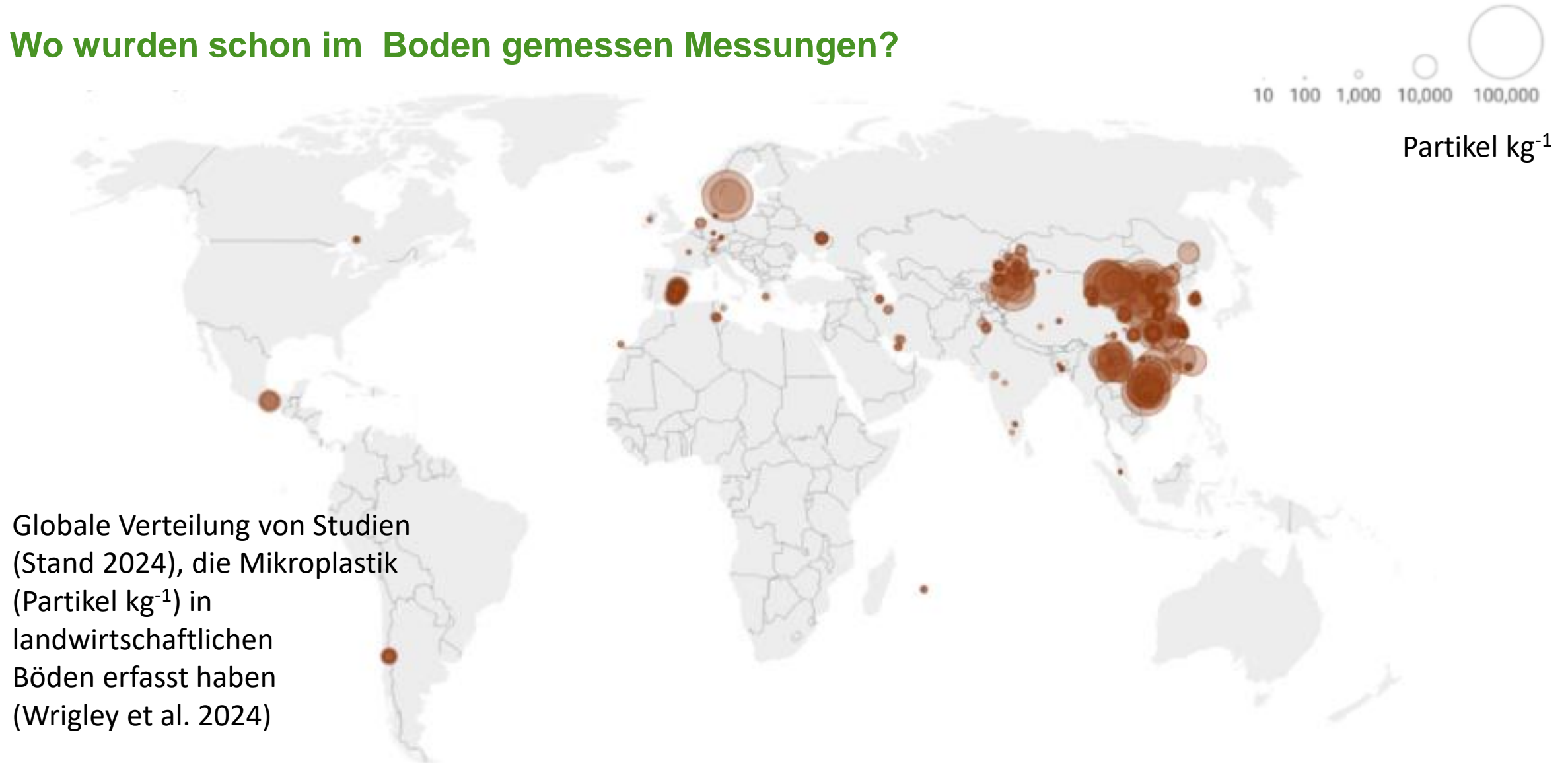
- (3D-Laser)Mikroskopie

- Pyrolyse Gas Chromatographie / Massenspektroskopie



MiP Belastung von Ackerböden

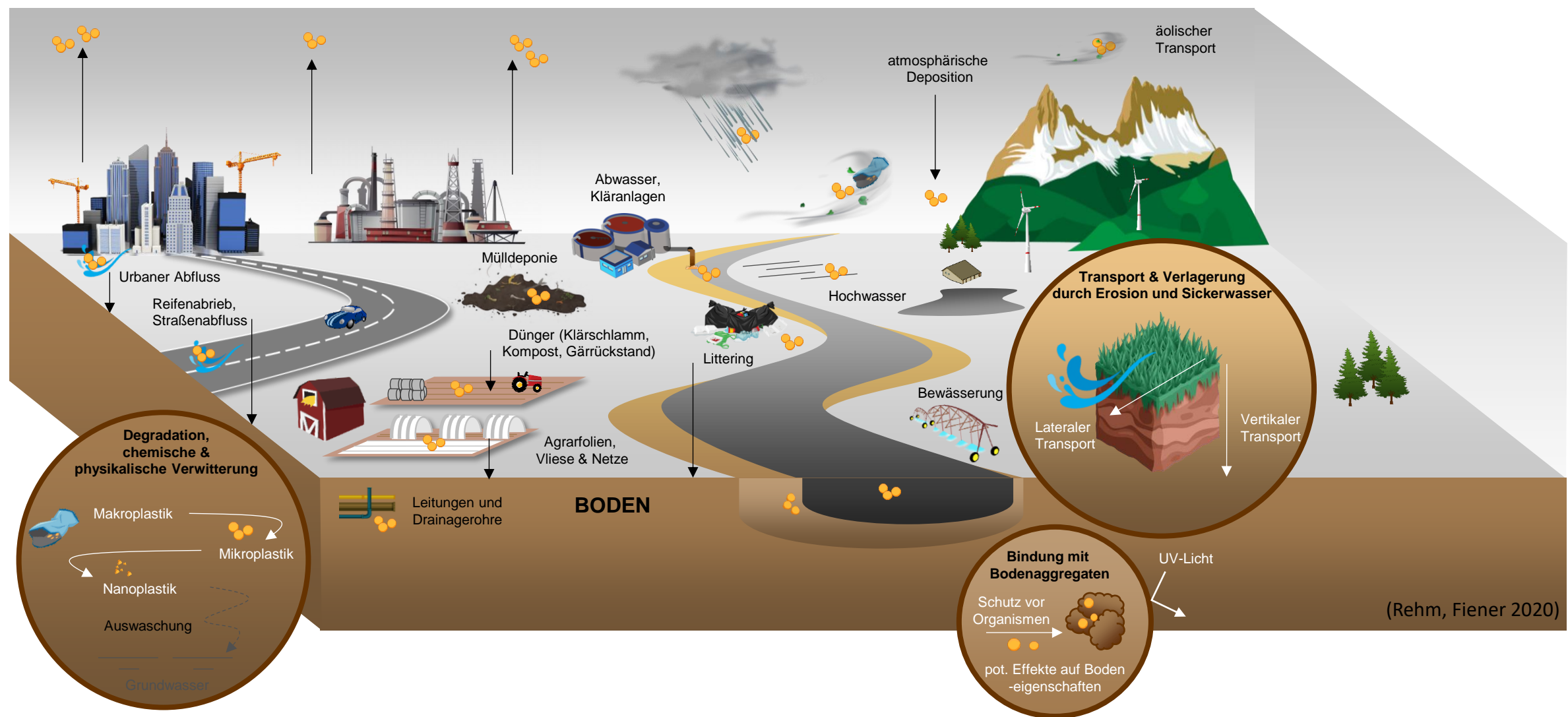
Wo wurden schon im Boden gemessene Messungen?



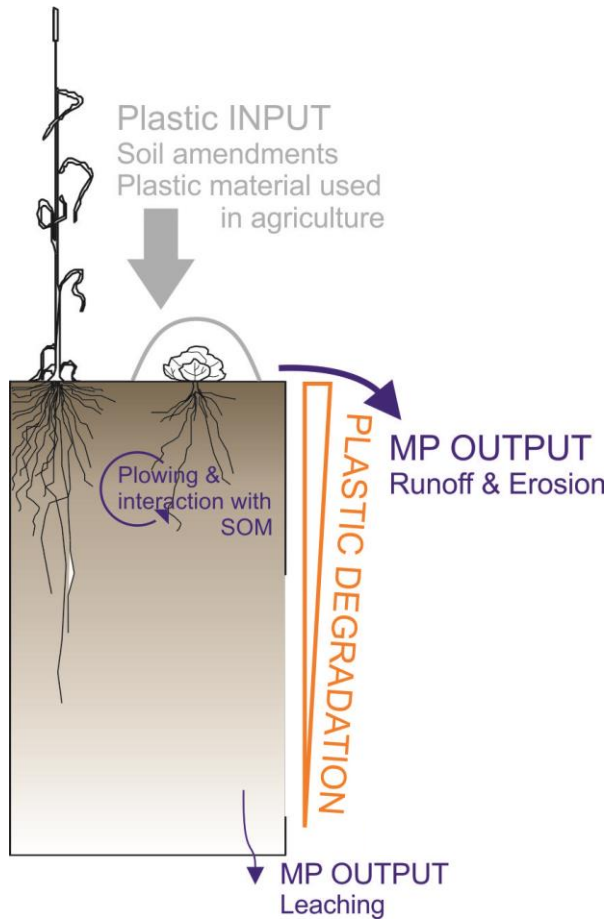
Zwischenfazit

- MiP Immissionen (Partikel und Masse) im Boden sehr schlecht bestimmt
- Bodenbelastungen auf Grund des großen Messaufwandes bzw. der Messschwierigkeiten weitestgehend unbekannt
- Bodenbelastungen nur pauschal aus Plastikproduktion geschätzt
- Globale Schätzungen: Böden eine größere MiP Senken als Ozeane

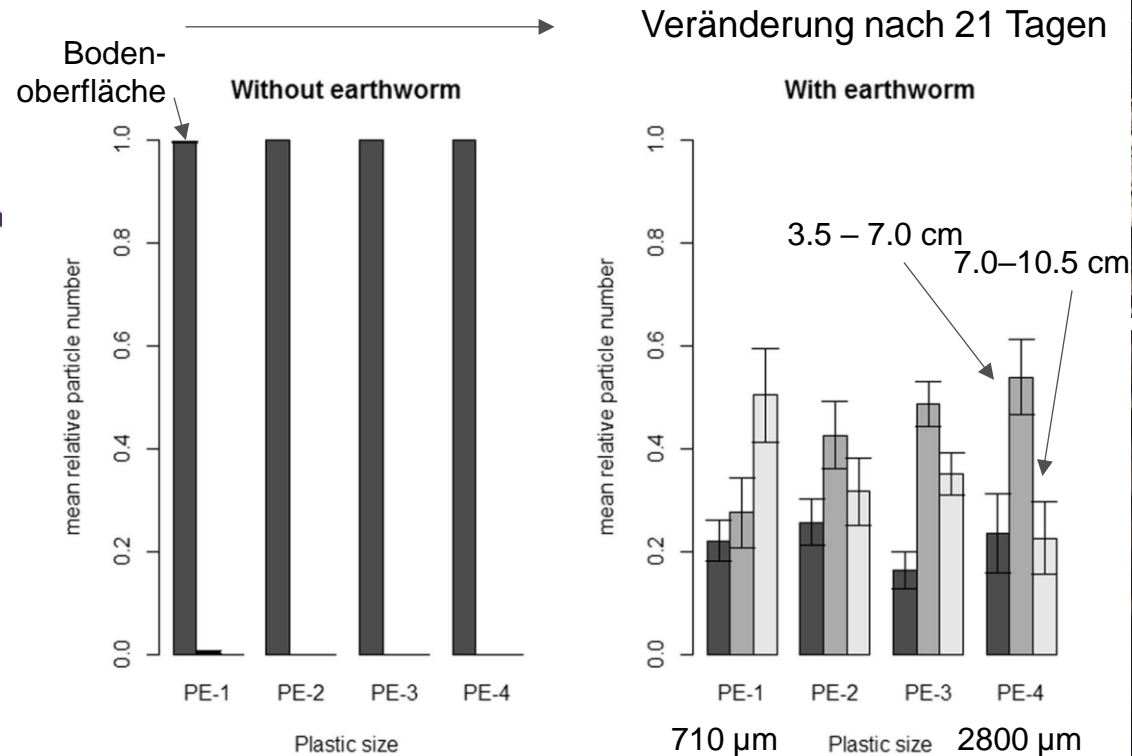
Umlagerung & Austrag



Umlagerung in Böden

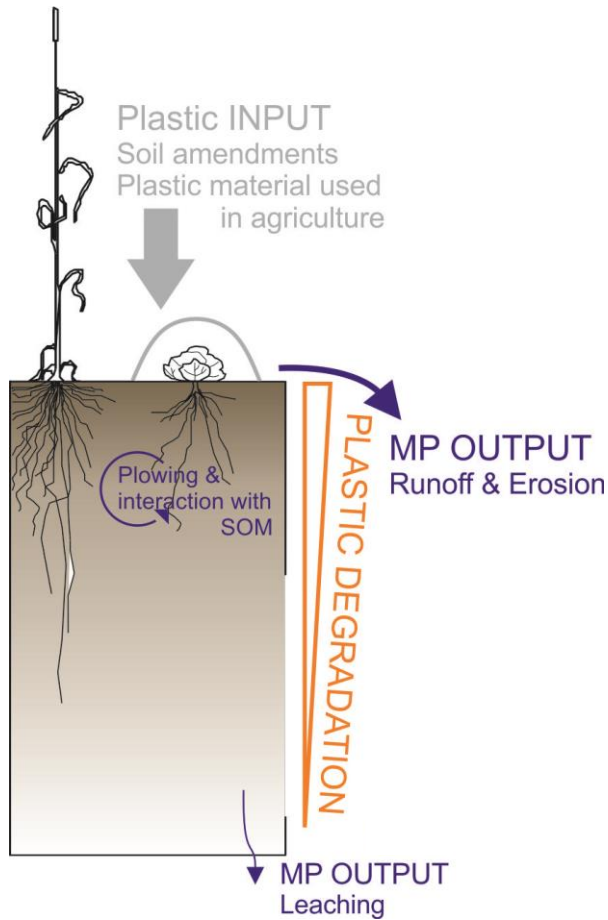


- Umlagerung im Bodenprofil erfolgt durch Bodenbearbeitung
- Besondere Bedeutung von Regenwürmern

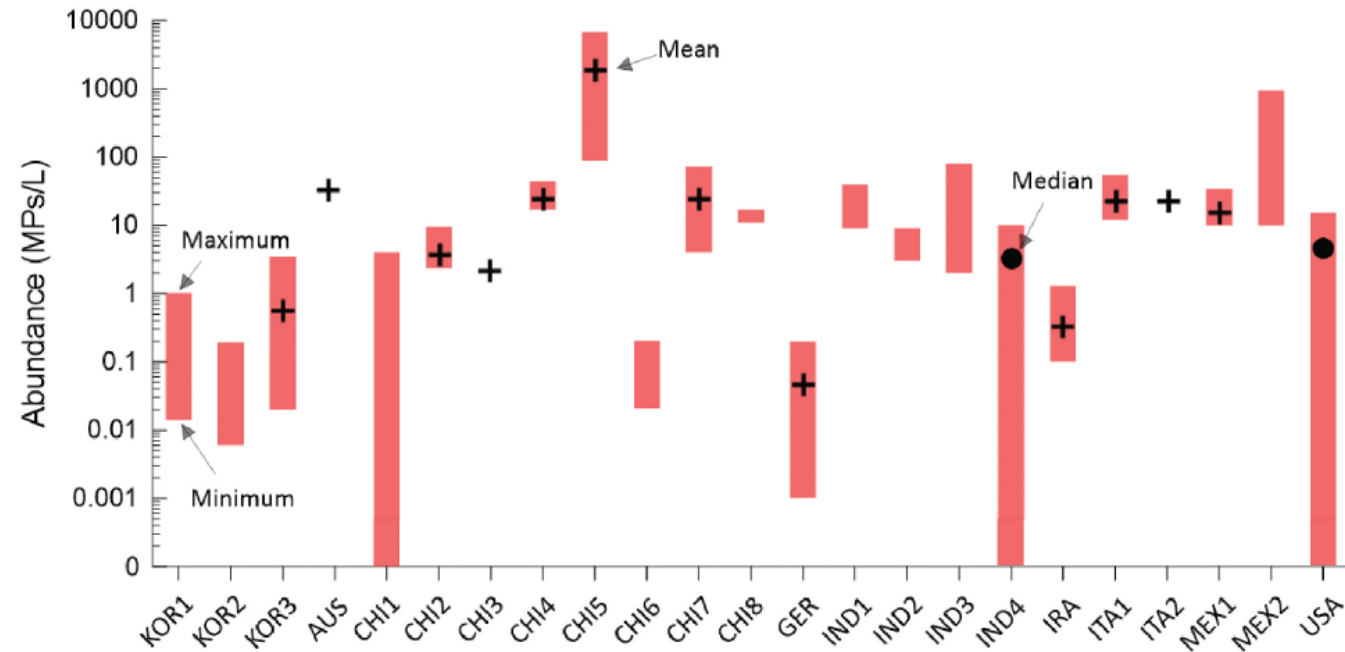


(Rilling et al. 2017)

Austrag aus Böden



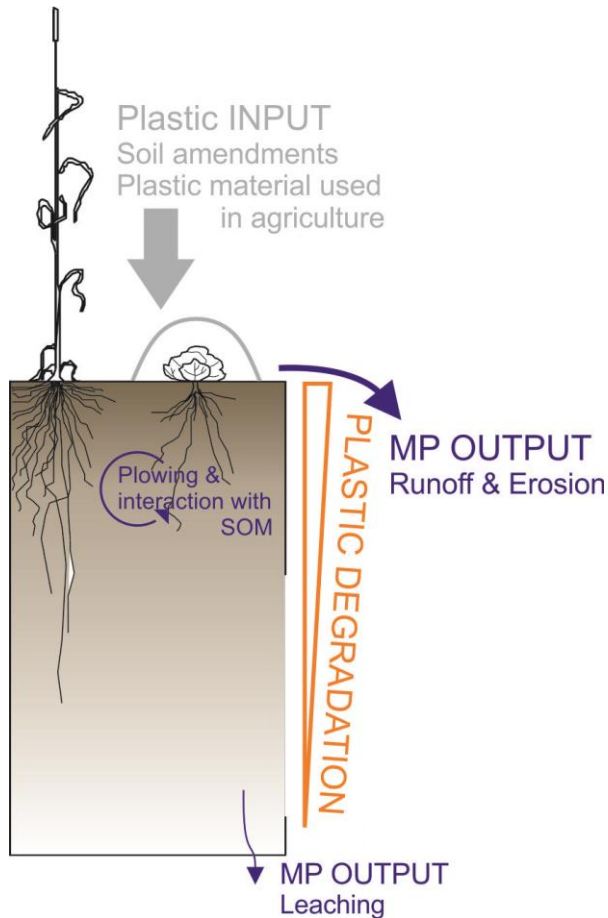
- Austrag Richtung Grundwasser bisher kaum nachgewiesen. Vor allem Nanoplastik und sehr kleines Mikroplastik (1-5 μm)



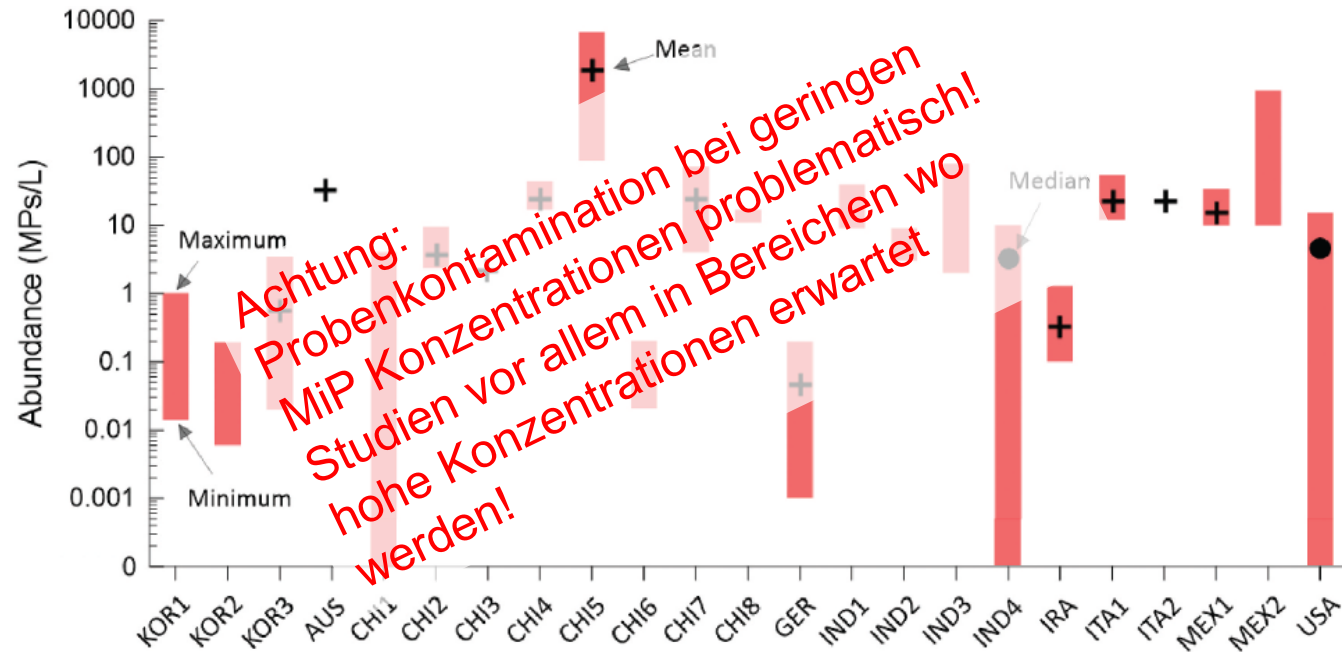
MiPs im Grundwasser:

KOR: Korea, AUS: Australia, CHI: China, GER: Germany, IND: India, IRA: Iran, ITA: Italy, MEX: Mexico, U.S.A.: United States of America (Lee Jin-Yong et al 2024).

Austrag aus Böden



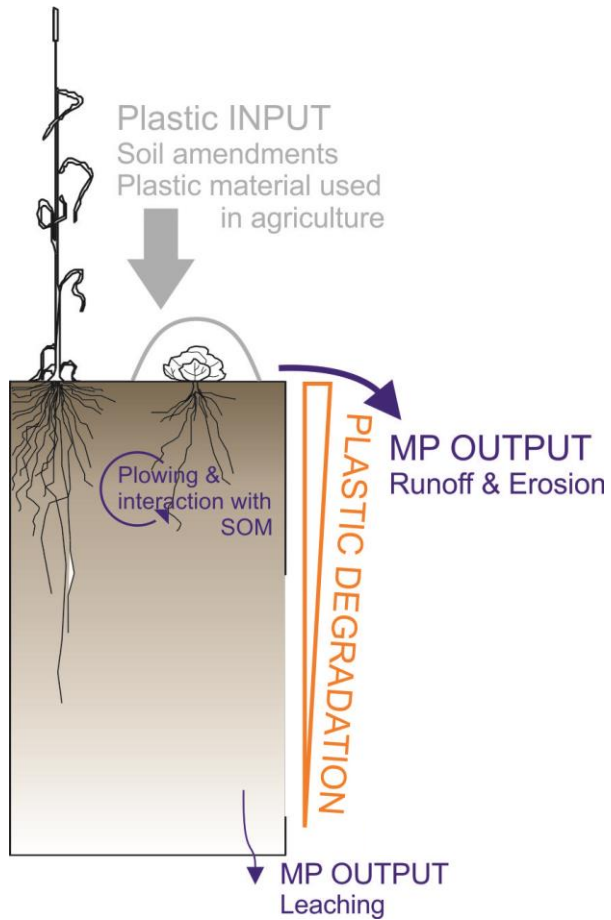
- Austrag Richtung Grundwasser bisher kaum nachgewiesen. Vor allem Nanoplastik und sehr kleines Mikroplastik (1-5 μm)



MiPs im Grundwasser:

KOR: Korea, AUS: Australia, CHI: China, GER: Germany, IND: India, IRA: Iran, ITA: Italy, MEX: Mexico, U.S.A.: United States of America (Lee Jin-Yong et al 2024).

Austrag aus Böden



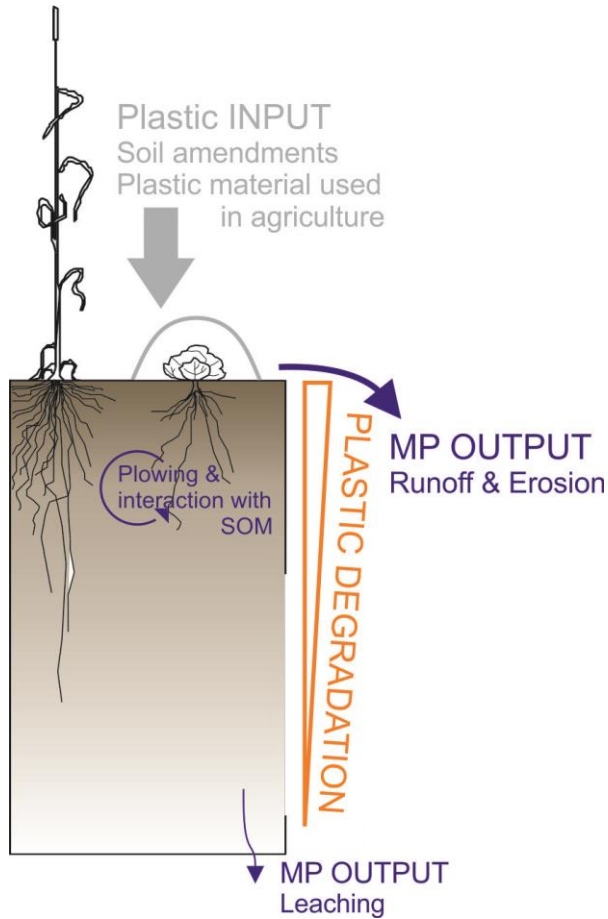
- **Austrag über den Pfad Bodenerosion**
Beregnungsversuch an der Universität Augsburg

- MiP belastete, paarweise Parzellen
- HD-PE MP_f 50-100 µm & MP_c 250-300 µm

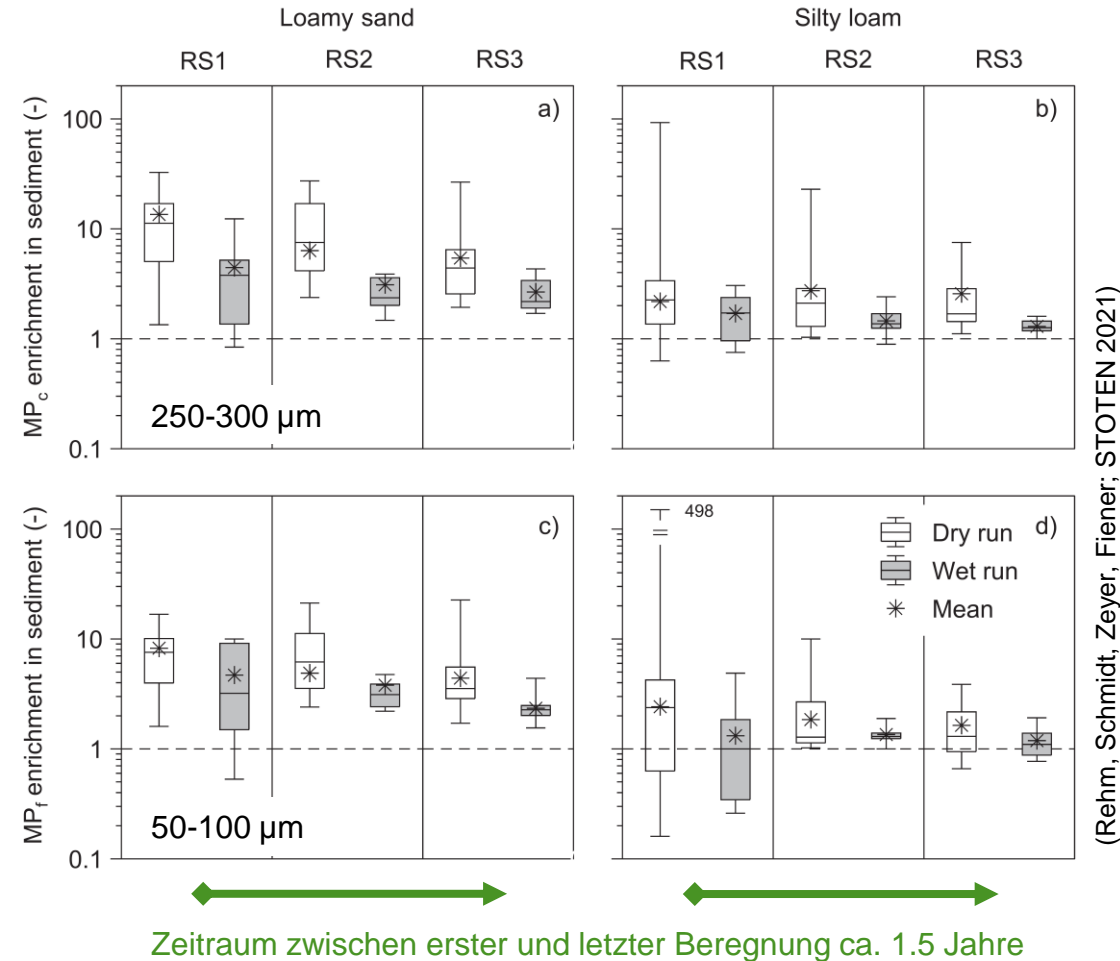


(Rehm, Schmidt, Zeyer, Fiener, STOTEN 2021)

Austrag aus Böden



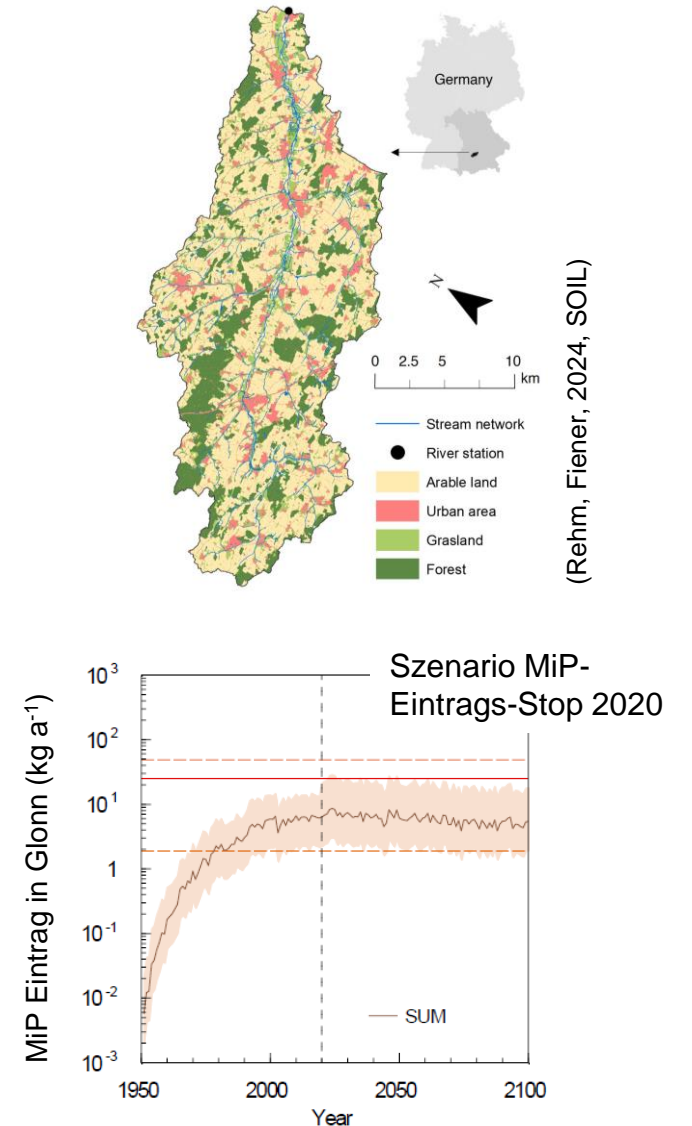
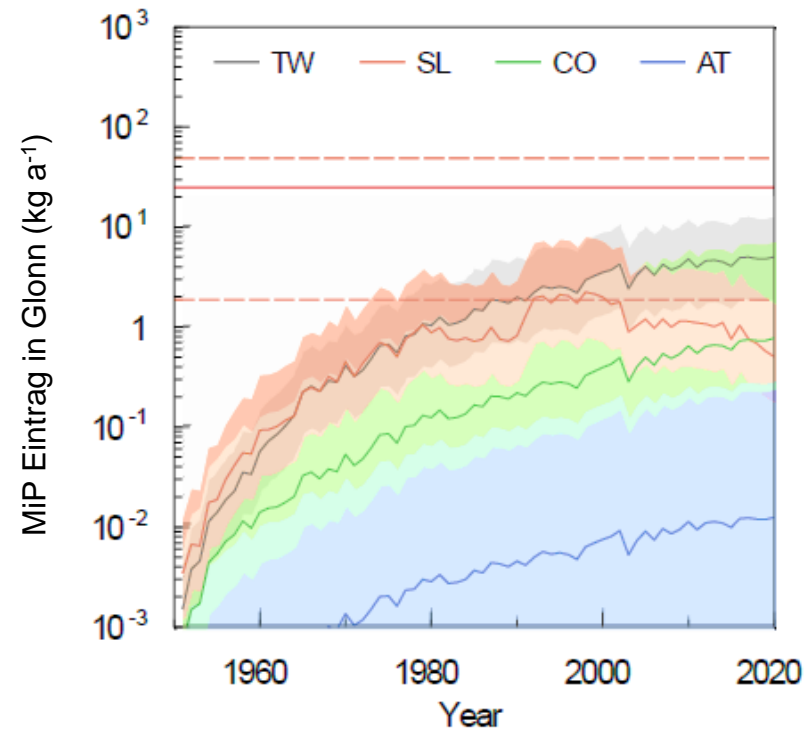
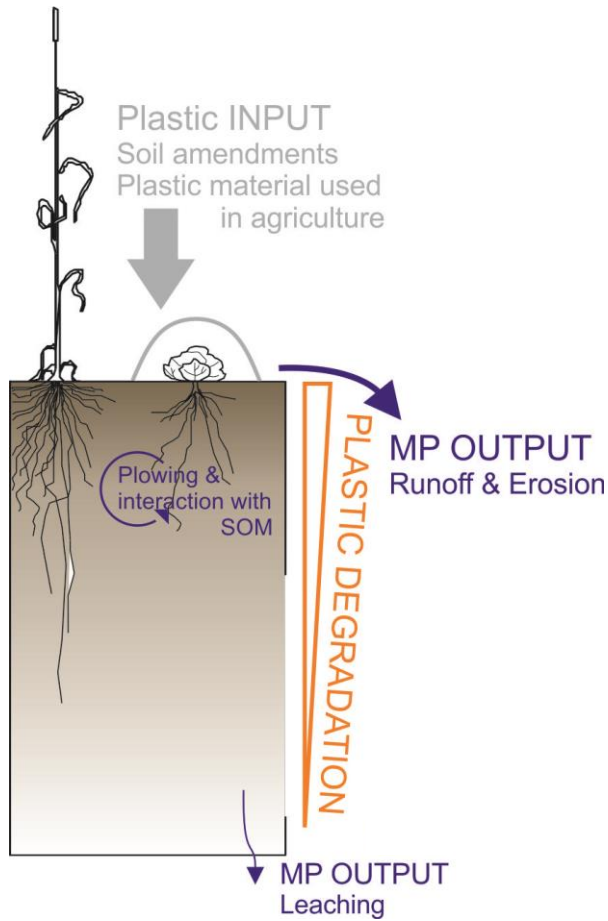
- Austrag über den Pfad Bodenerosion
- MiP Anreicherung im ausgetragenen Sediment



(Rehm, Schmidt, Zeyer, Fiener; STOTEN 2021)

Austrag aus Böden

- Austrag über den Pfad Bodenerosion
- MiP – Erosionsmodellierung Glonn Einzugsgebiet

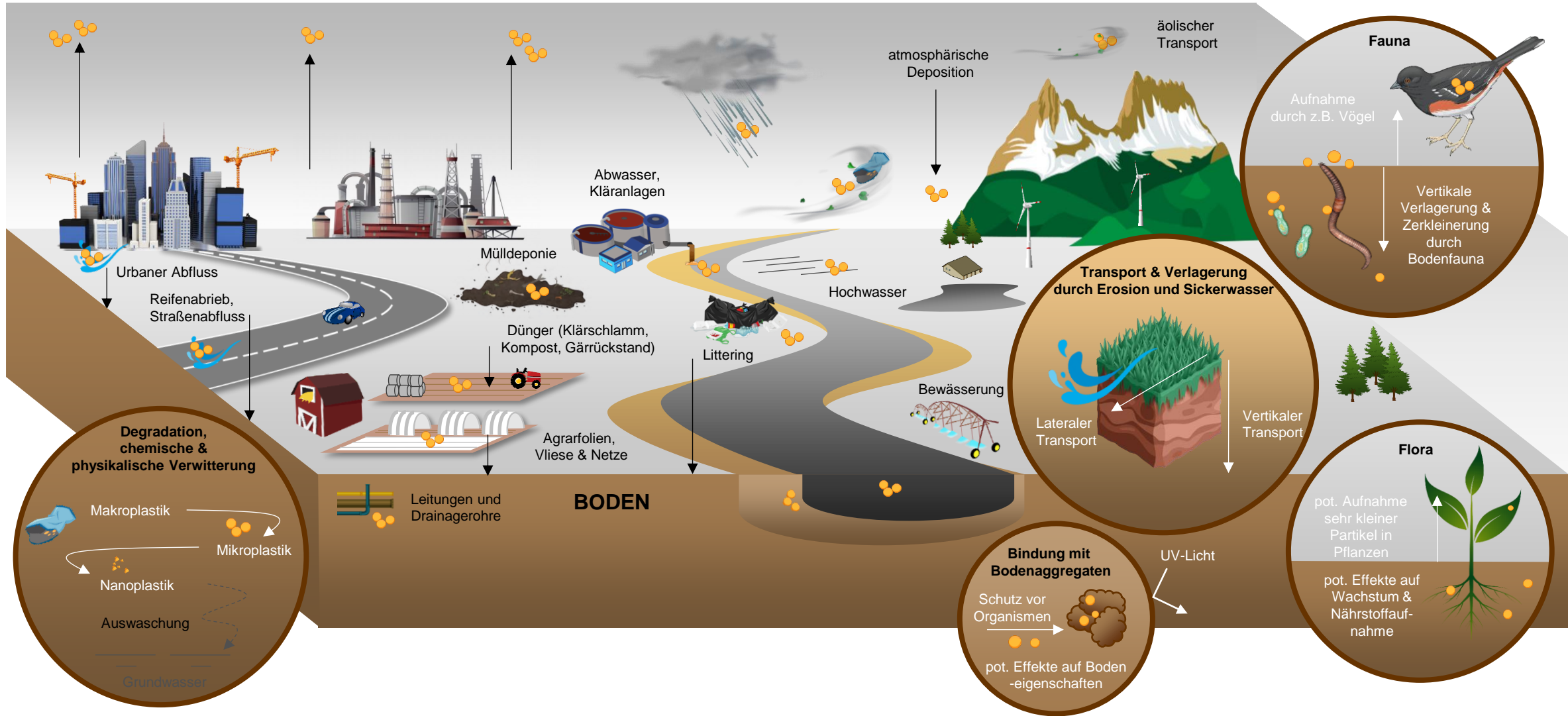


Fragmentierung, Umlagerung und Austrag aus Böden

Zwischenfazit

- Umlagerung im Boden erfolgt durch Bodenbearbeitung und vor allem Regenwürmer
- Austrag von MiP ins Grundwasser sehr gering
- Austrag von MiP in Oberflächengewässer erheblich
- Der Boden ist also gleichzeitig eine **langfristige Senke** und **Quelle** für den MiP-Eintrag in Oberflächengewässer

Auswirkungen auf Bodeneigenschaften und -organismen, Erträge etc.



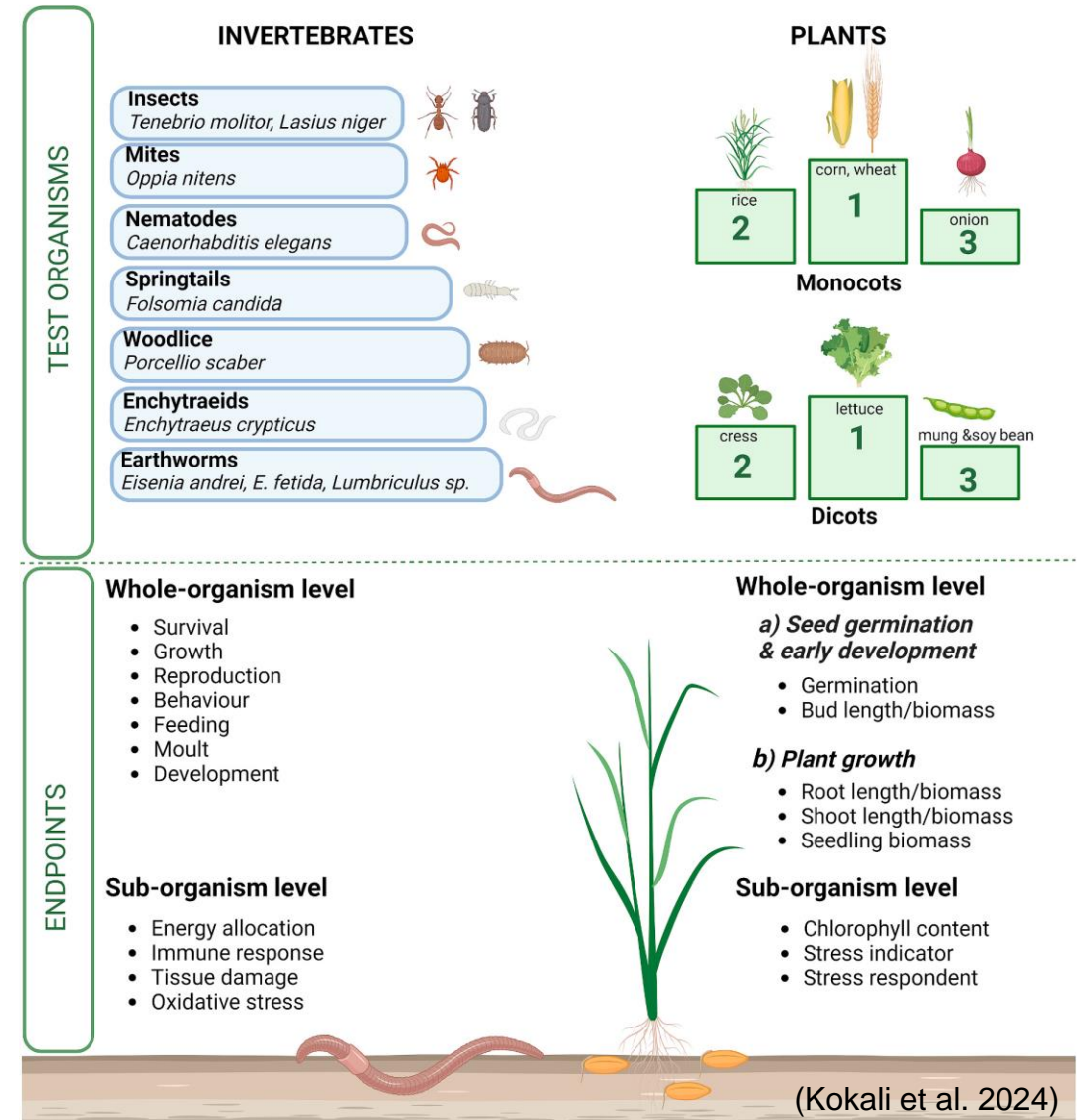
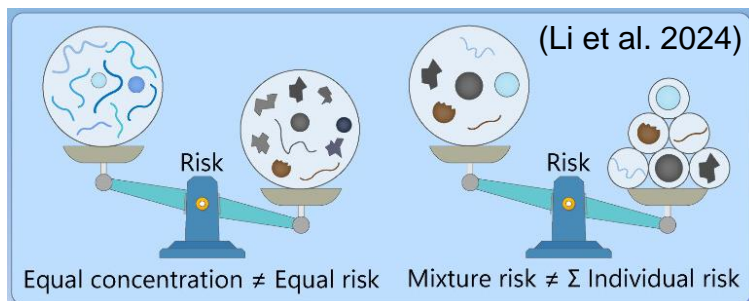
Auswirkungen von Mikro- und Makroplastik

MiP - Was und wie wurde bisher untersucht?

- Konzentrationen von ‚realistisch‘ (0.001 – 0.05 %) bis ‚worst case‘ (bis 5%)
- Unterschiedliche Belastungsdauern Wochen bis Jahre
- Meist ‚nicht gealtertes‘ MiP unterschiedlicher Form
- Wirkung durch Leaching von Additiven kaum bestimmt
Achtung:
laut Literatur in Plastik mehr als 10 000 unterschiedliche Additive
ca. 2 400 werden als kritisch eingestuft



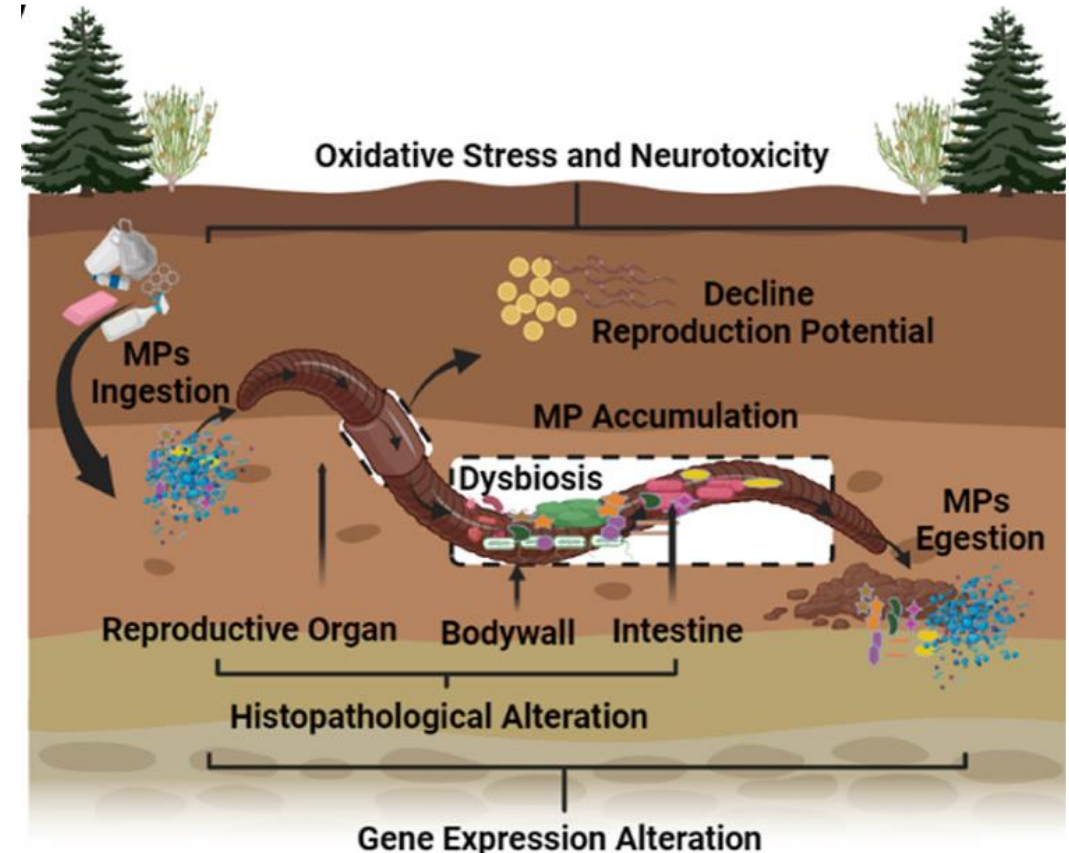
- Kaum Wissen zur kombinierten Wirkung



Auswirkungen von Mikro- und Makroplastik

MiP – Beispielhafte Ergebnisse Bodenlebewesen

- Viele Studien fokussieren auf Regenwürmer
 - Test unterschiedliche Polymere (v.a. PE, PP ...) und unterschiedlicher MiP Größen und Formen (Partikel, Faser)
 - Test bei unterschiedlicher Belastung 0.01 – 20 Gew-%
 - Ergebnisse:
 - keine Wirkung (z.B. Baeza et al. 2020) da MiP wieder vollständig ausgeschieden
 - ↔
 - vermindertes Wachstum (z.B. Rillig et al. 2017), eingeschränkte Reproduktion (z.B. Ding et al. 2021)
 - Abbau von PE wird durch Enzyme im Darm von Regenwürmern (Lavanga et al. 2018)?



(Gautam & Anbumani 2023)

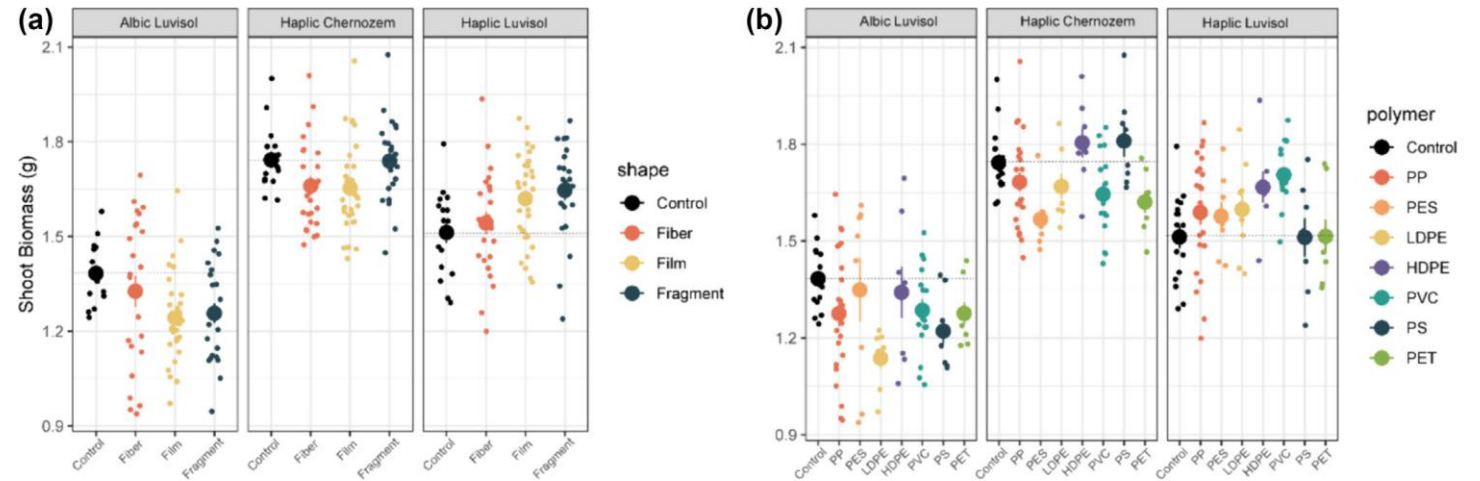
- Besonders problematisch
 - MiP als Vektor von organische Schadstoffen (Rodrigues-Seijo et al. 2019) oder Freisetzung von Additiven (z.B. Zhang et al. 2020)

Auswirkungen von Mikro- und Makroplastik

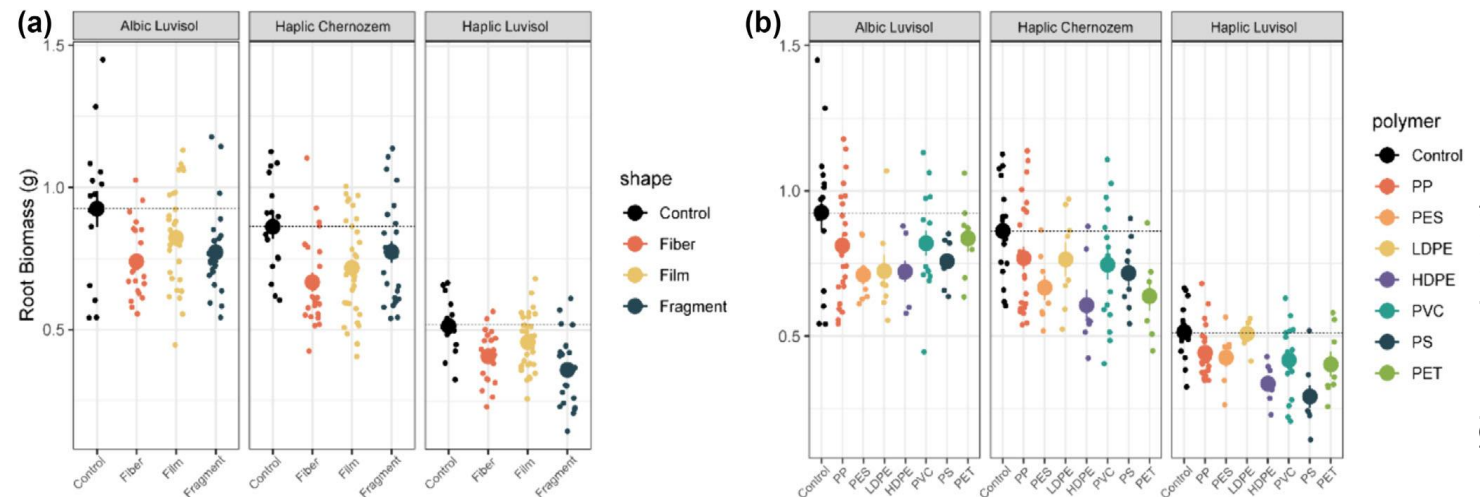
MiP – Beispielhafte Ergebnisse Pflanzenwachstum

- Auswirkung auf Winterweizenwachstum (8 Wochen)
- MiP < 5 mm, 0,4% (w/w), 10 MiP Typen in unterschiedlichen Mischungen, 3 Bodentypen

Sprossbiomasse



Wurzelbiomasse



(Chen et al. 2024)

Auswirkungen von Mikro- und Makroplastik

MaP – Beispielhafte Ergebnisse Bodeneigenschaften

- Bei hohen Belastungen Verminderung der Infiltration, Bildung von Staunässe, Veränderung der Lagerungsdichte (Rillig et al. 2019)
- Vermindertes Wurzelwachstums (Liu et al. 2014)
- Zunahme des Oberflächenabflusses (v.a. eingepflügte biodegradierbare Folie) (Cugler et al. in Vorbereitung)

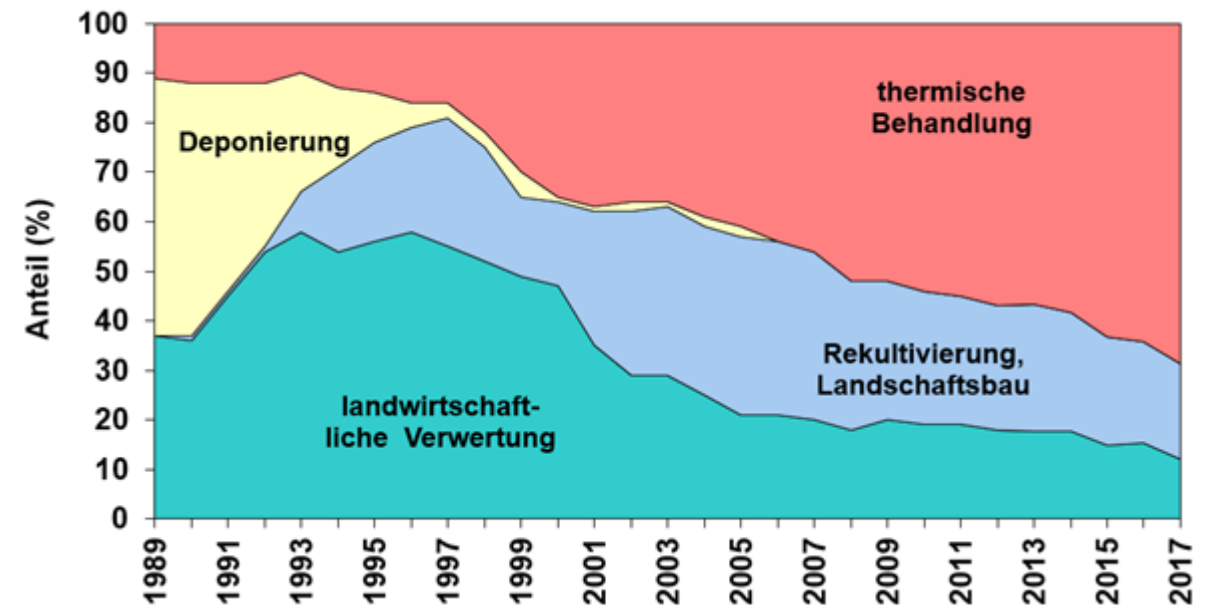


Vermeidungsstrategien bei der Nutzung Wirtschaftsdünger

Organischer Dünger

- Reduktion der Klärschlammausbringung
 - + Reduktion MiP (allgemein Schadstoff) Eintrag
 - Verlust an Bodennährstoffen (v.a. C Eintrag)
CO₂ Freisetzung bei Verbrennung
- P-Rückgewinnung energieintensiv

„Seit 03.10.2017 novellierte Klärschlammverordnung. Demnach dürfen Kläranlagen mit über 100.000 bzw. 50.000 Einwohnerwerten Klärschlamm nur noch bis 2029 bzw. 2032 bodenbezogen verwerten.“ (UBA 2020)



Klärschlammverwertung Bayern (LfU Bayern 2020)

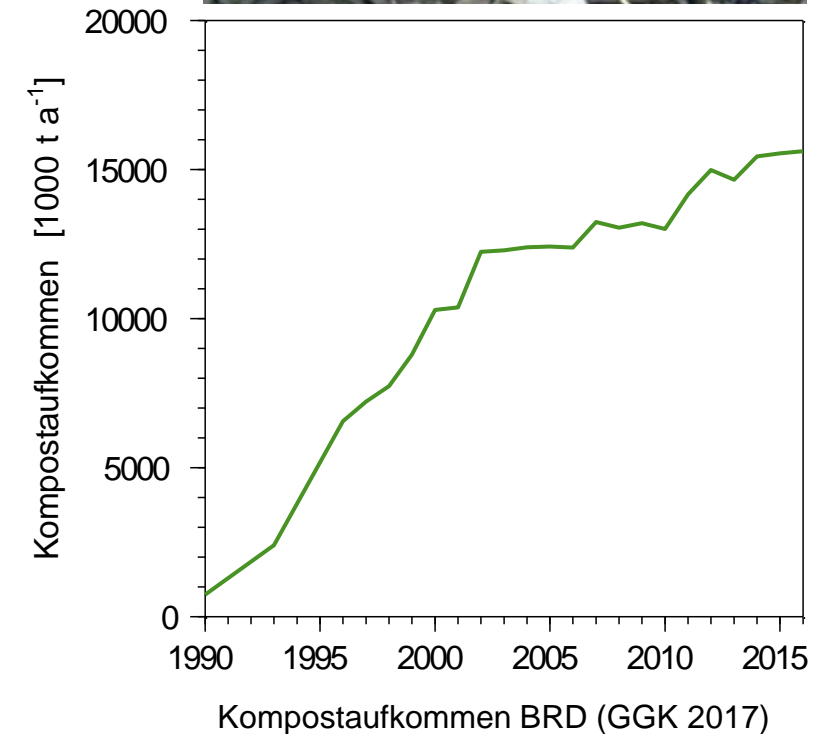
Vermeidungsstrategien bei der Nutzung organischer Dünger

Organischer Dünger

- Reduktion der Klärschlammausbringung
 - + Reduktion MiP (allgemein Schadstoff) Eintrag
 - Verlust an Bodennährstoffen (v.a. C Eintrag)
CO₂ Freisetzung bei Verbrennung
- Reduktion der Kompostausbringung
 - + Reduktion MiP Eintrag
 - Verlust an Bodennährstoffen (v.a. C Eintrag)
CO₂ Freisetzung bei Verbrennung

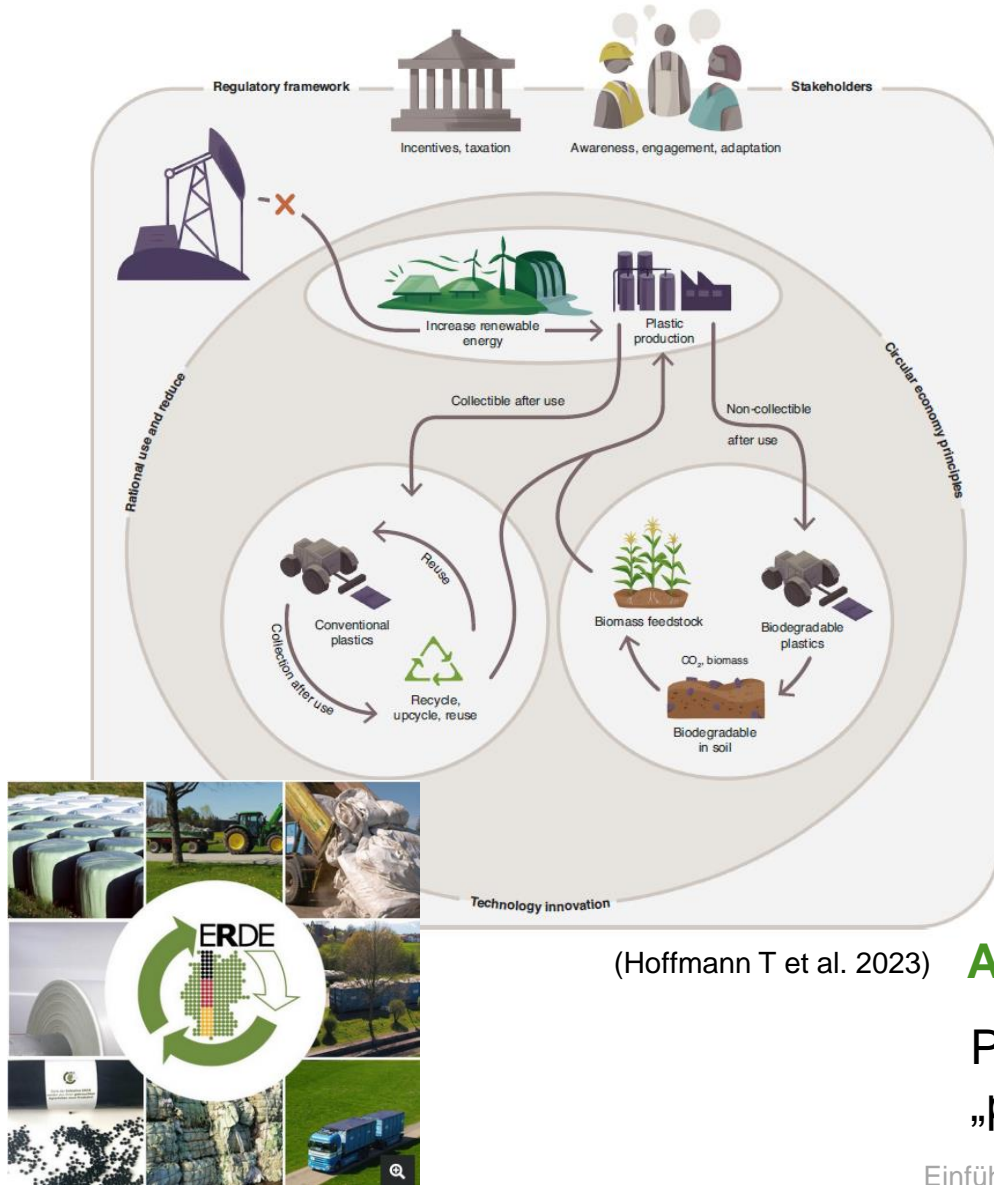


Maßnahmen im Bereich „plastikfreier Biomüll“ führten zum Gewinn der „Biotonnen Challenge 2023“ in Augsburg



Vermeidungsstrategien bei der Plastiknutzung in der Landwirtschaft

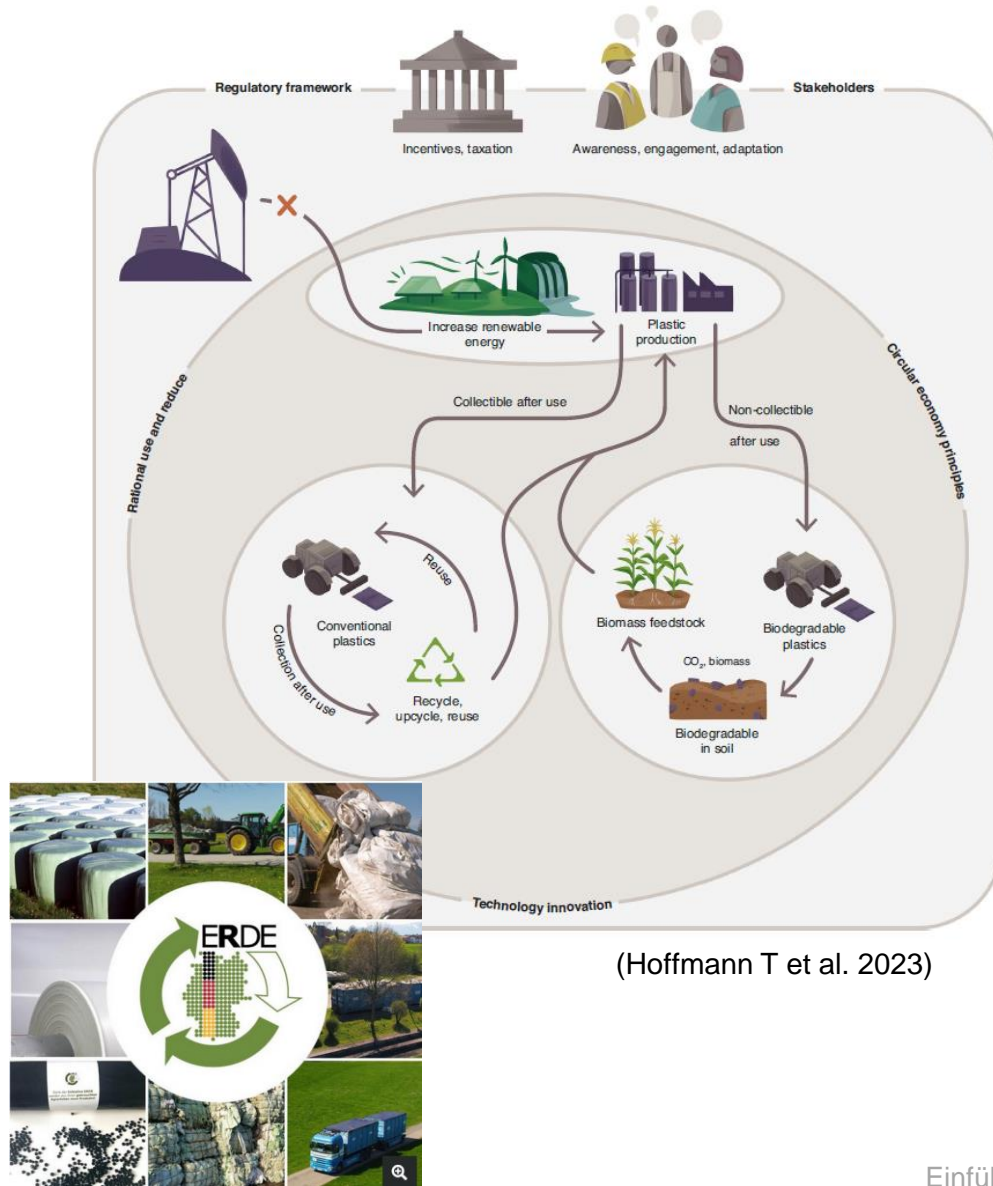
Nutzung von Plastik kritisch überdenken



Anderes Marketing?

Produktwerbung „plastikfrei produziert“ ?

Vermeidungsstrategien bei der Plastiknutzung in der Landwirtschaft



Biodegradierbare Polymere - die perfekte Lösung?

“...Der große Vorteil unseres Biopolymers: Es ist im Boden biologisch abbaubar gemäß EN17033. Das bedeutet, dass Mulchfolien aus ... durch Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze, die natürlich im Boden vorkommen, komplett und biologisch abgebaut werden. Landwirte können die Mulchfolien aus ... nach der Ernte einfach in den Boden unterpflügen. Das spart Zeit und Geld – und es hilft, langlebiges Mikroplastik im landwirtschaftlichen Boden zu vermeiden, das entsteht, wenn Bauern konventionelle Mulchfolien aus nicht-biologisch abbaubarem Polyethylen (PE) einsetzen.” (Werbung Hersteller)



- Für Bodenwasserflüsse & Erosion ist Einpflügen problematisch
- Degradation sehr variable, im Boden oftmals deutlich länger als in Laborstudien

Zusammenfassung / Ausblick

- Böden stellen eine erhebliche Senke von (Mikro-)Plastik dar
- Global größer als die Senke in den Ozeanen
- Verlässliche (räumliche) Daten zur Belastung der Böden fehlen
 - Analytik sehr aufwendig, nicht standardisiert,
 - Bisher nur wenige Studien
- Bodenerosion trägt erhebliche Mengen von MiP in Gewässer
- MiP Auswirkungen auf Bodenorganismen schwer untersuchbar
 - Ergebnisse sind nicht alarmierend
 - ABER: Je nach Polymer (Typ, Form, Größe), Additive und Zerfall problematisch
- Es gibt Möglichkeiten zur Vermeidung von MiP Belastungen von Ackerböden
 - Vermeidungsstrategien
 - Einschränkung von Wirtschaftsdünger
 - Recycling und/oder biodegradierbarem Plastik
- ABER: Global nimmt der Einsatz von Plastikmaterialien in der Landwirtschaft zu / Kreislaufwirtschaft von großer Bedeutung

