

Mikroplastik in hessischen Auenböden

Collin J. Weber M.Sc.



collin.weber@geo.uni-marburg.de



Collin_J_Weber



Collin-Weber-2

31. Mai 2022 – HLNUG Kolloquium



Übersicht

1. Mikroplastik: Definition und Herkunft
2. Die globale Plastik Krise
 - 2.1 Mikroplastik in Flüssen
 - 2.2 Mikroplastik in Böden
3. Mikroplastik in Flussauen
4. Untersuchungsgebiete und Projekte
5. Methoden
6. Ergebnisse
 - 6.1 Auenböden der Lahn und Nidda
 - 6.2 Auenböden der Boden-Dauerbeobachtung
 - 6.3 Exkurs: Agrarböden
7. Schlussfolgerungen
8. Ausblick



© CJ Weber



© CJ Weber

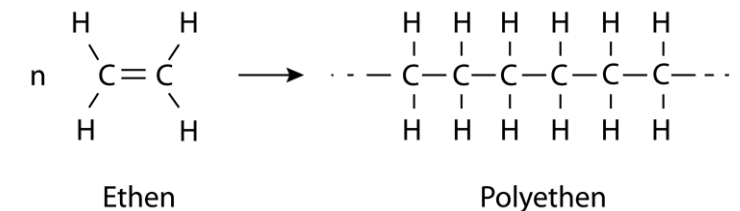
1. Mikroplastik: Definition

Plastik = Kunststoff = Polymer

- Kunststoffe sind Werkstoffe, die aus Polymeren (organischen Makromolekülen) und Zusatzstoffen (z.B. Stabilisatoren) bestehen
- Bekannte Polymere (häufig Thermoplaste):
 - Polyethylene (verschiedene PEs)
 - Polyethylenterephthalat (PET)
- Kunststoffe in der Umwelt sind eine heterogene Gruppe von Stoffen (keine einheitliche Definition)



© kunststoffweb.de

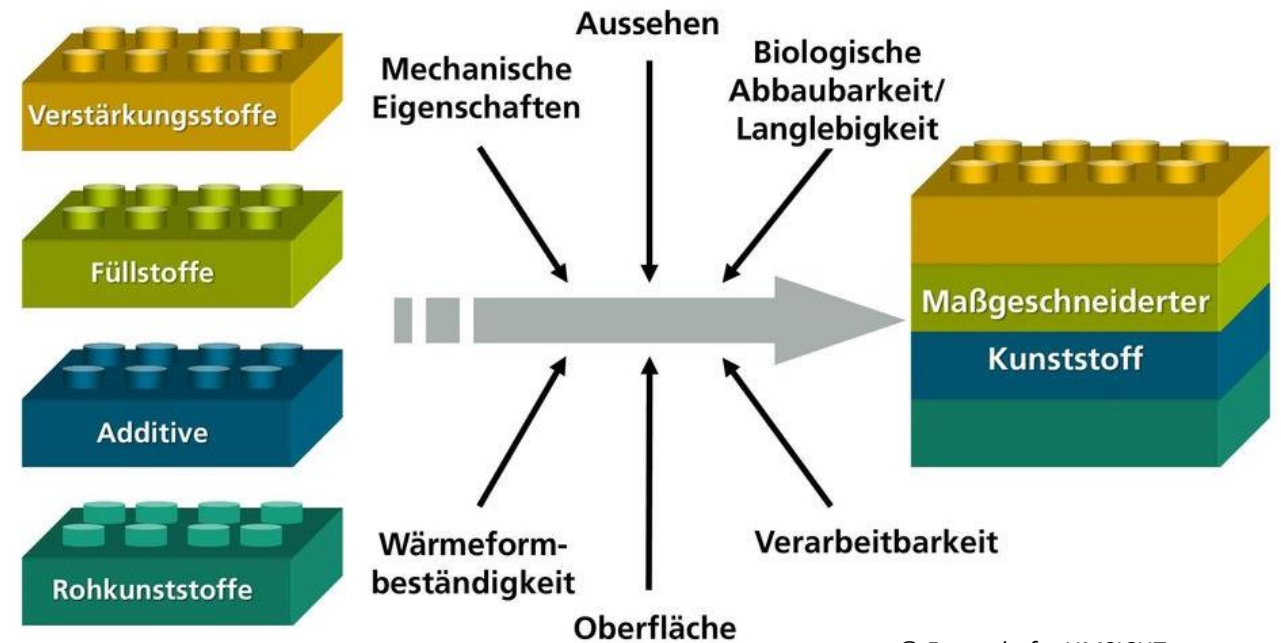


1. Mikroplastik: Definition

Plastik ≠ Plastik

In der Umweltforschung häufig anhand folgender Eigenschaften unterschieden:

- Polymer (bspw. PET)
- Größe
- Form und Verwitterung
- Herkunft



© Fraunhofer UMSICHT

1. Mikroplastik: Definition

Mikroplastik

- Kunststoffpartikel $<5\text{ mm}$ bis $>1\ \mu\text{m}$

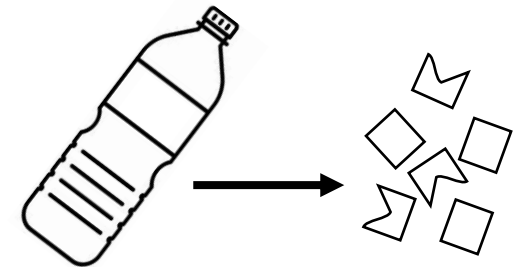


Primäres Mikroplastik

- Als Mikroplastik produzierte Kunststoffpartikel (bspw. in Pflegeprodukten) oder bei der Nutzung entstehend (bspw. Bekleidungsfasern)

Sekundäres Mikroplastik

- In der Umwelt zu Mikroplastik zersetzte, ursprünglich größere Kunststoffprodukte



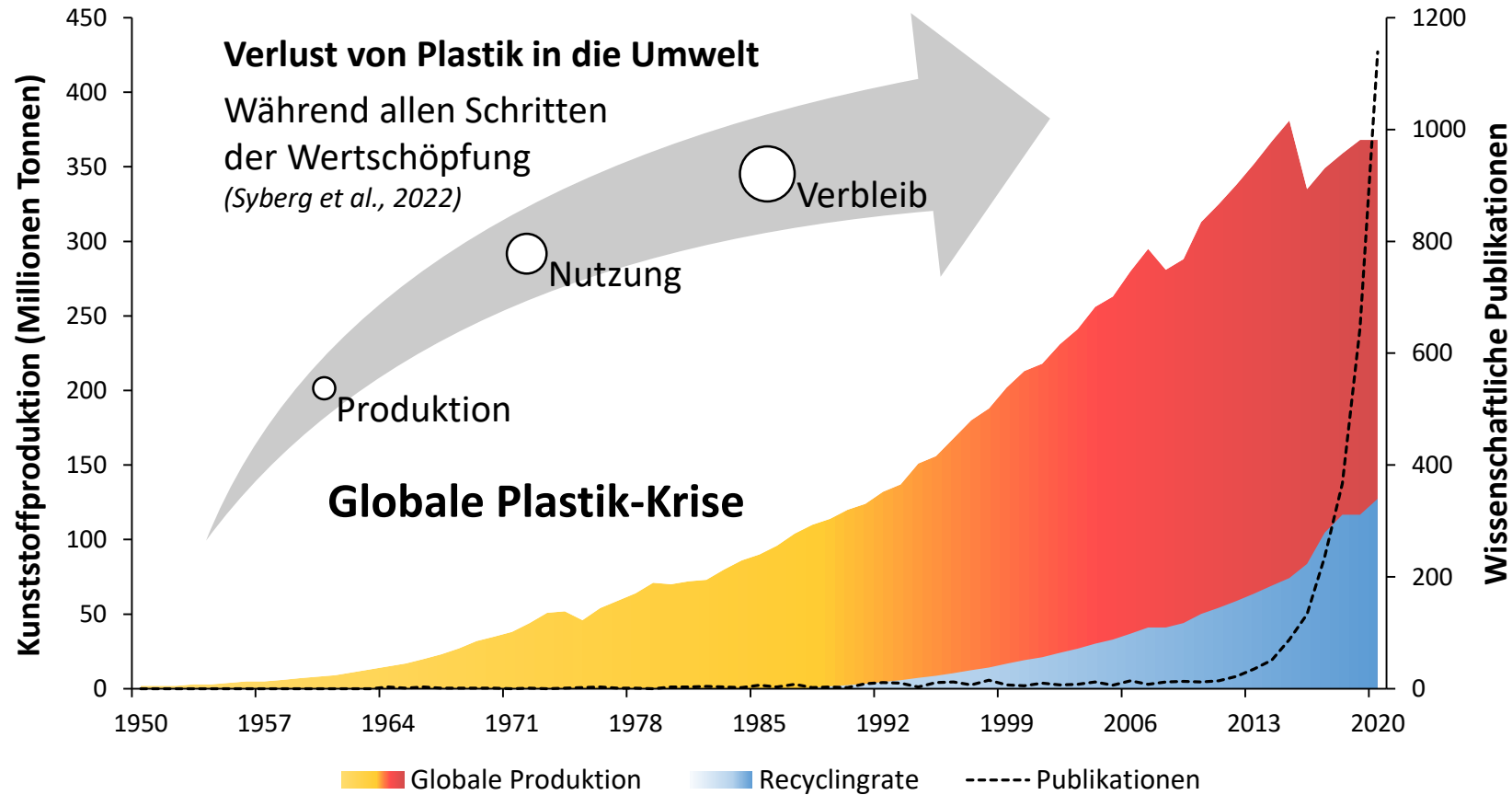
1. Mikroplastik: Herkunft

Diverse Plastikquellen

- Kunststoffe sind die am häufigsten genutzten Werkstoffe aller menschlichen Lebensbereiche!
- Jeder „Verlust“ von Plastik aus der Wertschöpfungskette stellt eine Quelle für Plastik in der Umwelt dar!
- Quellen je nach Umweltsystem sehr vielfältig



2. Die globale Plastik-Krise



2.1 Plastik in Flüssen

Flüsse als Transportwege

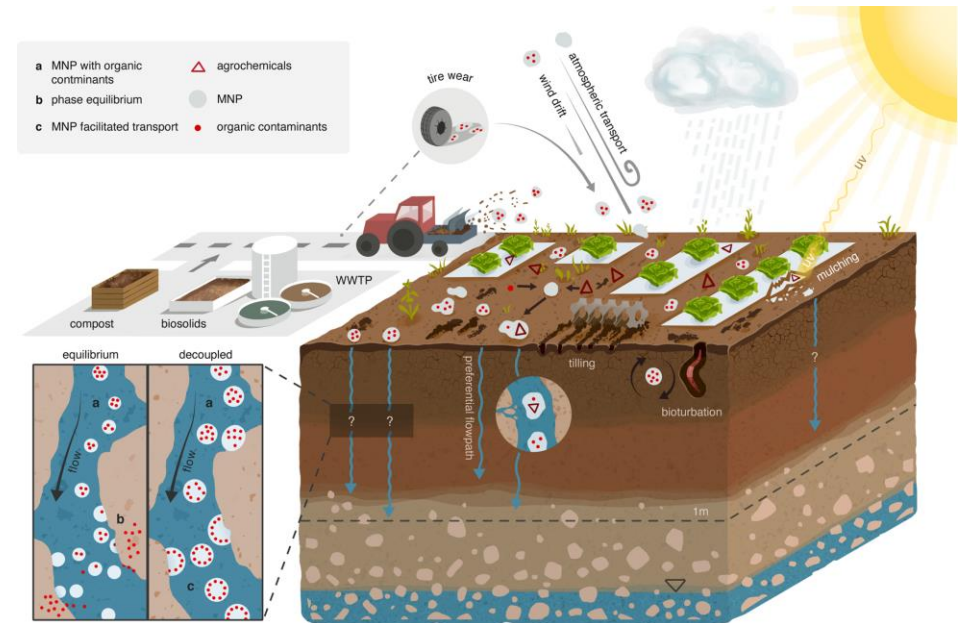
- Flusssysteme als Haupttransportwege (global) für Kunststoffe in der Umwelt
- Temporäre Speicherung von Kunststoffen, auch in Flusssedimenten
- Transportverhalten unterscheidet sich maßgeblich von dem natürlicher Stofffrachten
- **Quellen:** Littering (!), Punktquellen (bspw. Kläranlagen, Straßenabflüsse), Wind/Atmosphäre



2.2 Plastik in Böden

Junges und dynamisches Forschungsfeld

- Erste Nachweise in 2017 und 2018
- Entwicklung und Verbesserung von Analysemethoden notwendig
 - Bisher keine Standardisierten Methoden
- Initiale Studien (Nachweisstudien) weiterhin nur in geringer Anzahl

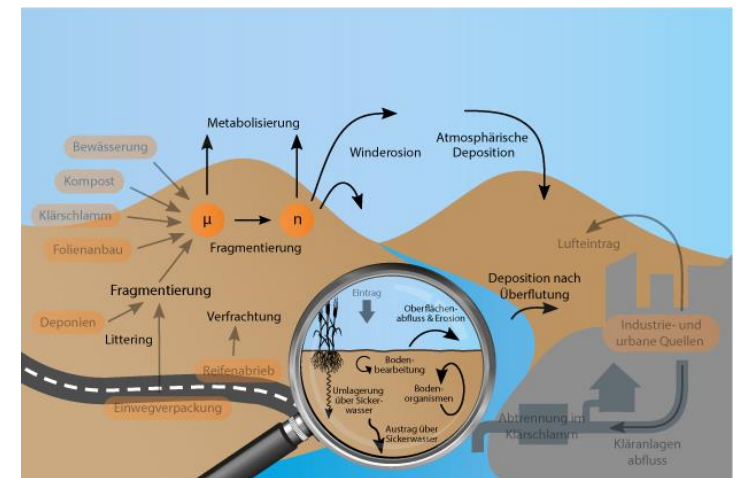
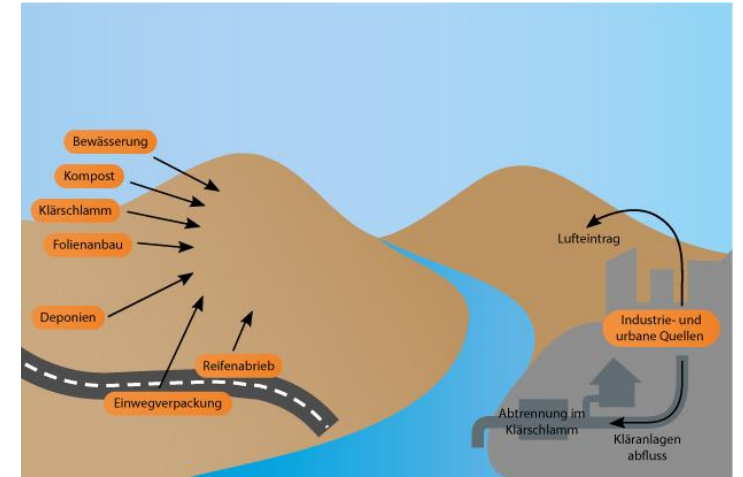


Castan et al. (2021):
<https://www.nature.com/articles/s43247-021-00267-8>

2.2 Plastik in Böden

Quellen und Prozesse

- Diverse primäre und sekundäre Quellen: Von Landwirtschaft über Littering bis Deponien
- Umlagerung in Böden bekannt, Prozesse und Faktoren jedoch weitestgehend unbekannt
- Erste Nachweise von negativen Einflüssen
 - Chemische und Physikalische Bodenprozesse
 - Bodenorganismen (bspw. Regenwürmer)
 - Aufnahme von Plastik durch Pflanzen → Nahrungskette



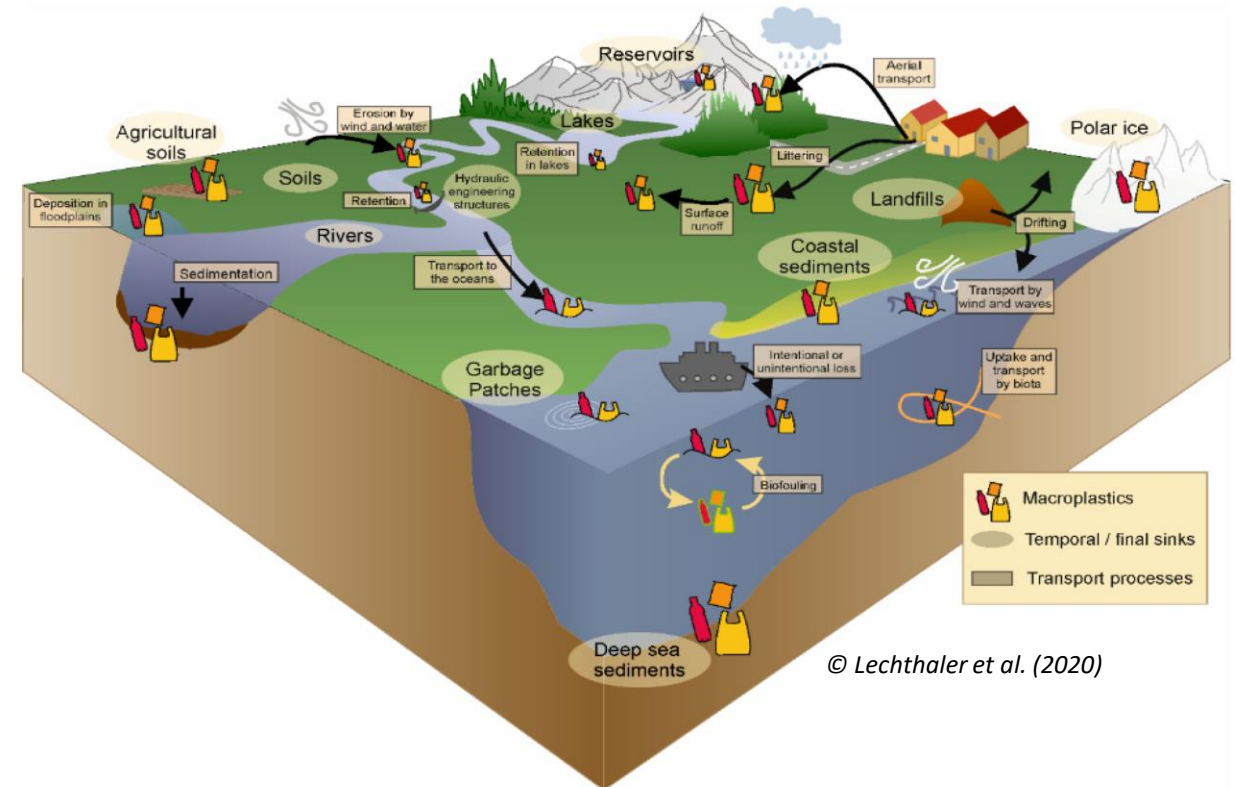
Thünen Insitut (Thomas/Brandes)

<https://www.thuenen.de/en/topics/soil/plastik-im-boden/>

3. Mikroplastik in Flussauen

Flussauen und Plastik

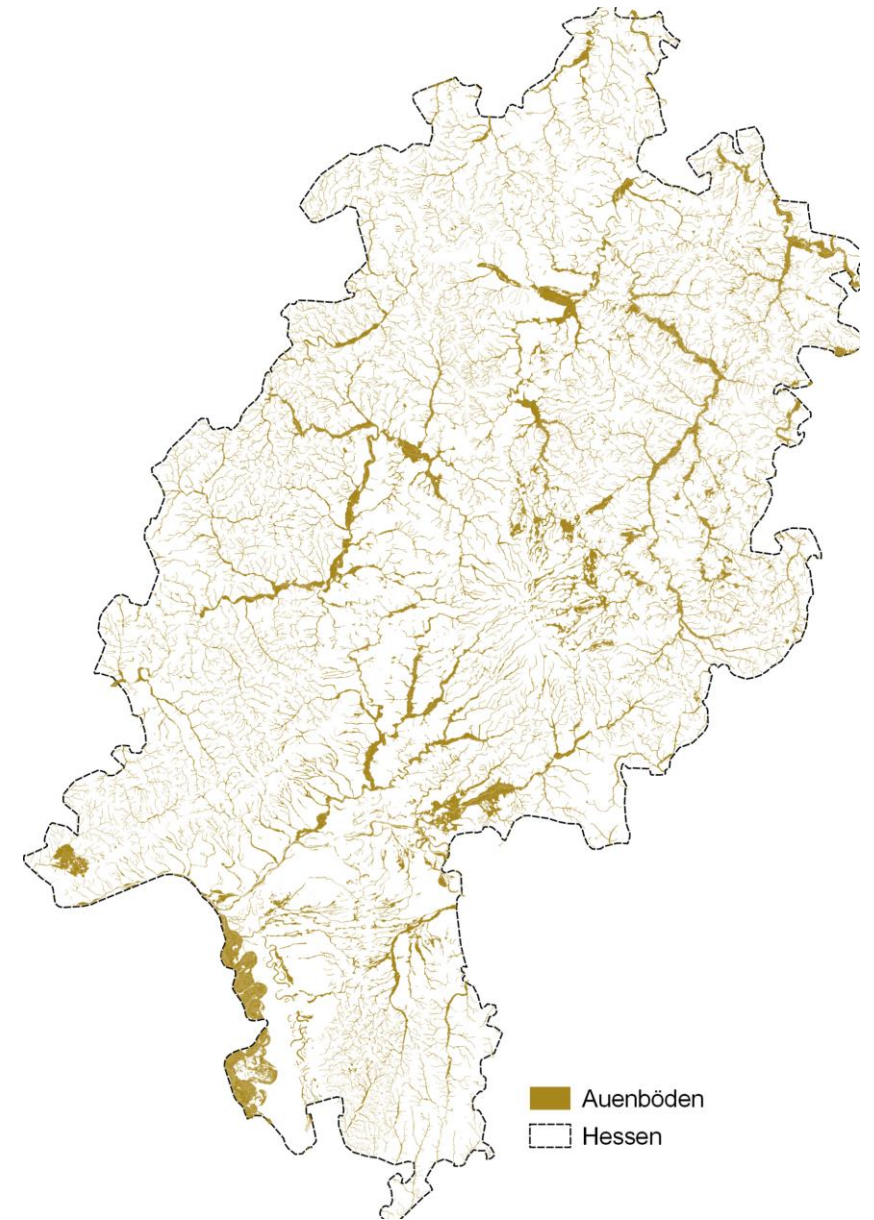
- Eingebunden in globale Kunststoff Transport-“Kreisläufe“?
- Verbindung durch Überflutungsprozesse = Transitionsräume (aquatisch-terrestrisch)
- Flüsse oftmals „isoliert“ betrachtet, jedoch Flussauen als natürliche **Senken und Akkumulationsräume**



3. Mikroplastik in Flussauen

Fragestellungen zu Plastik in Flussauen

- Welche Mengen an Mikroplastik treten in Auenböden auf?
- Wie ist Mikroplastik räumlich verteilt (vertikal und lateral)?
- Welche Umweltfaktoren beeinflussen die räumliche Verteilung?
- Seit wann wird Mikroplastik in Auenböden abgelagert?
- Bestehen räumliche Zusammenhänge zu bekannten Bodenkontaminationen (hier Schwermetalle)?



4. Untersuchungsgebiete und Projekte

1. Makro- und Mikroplastik in Auenböden

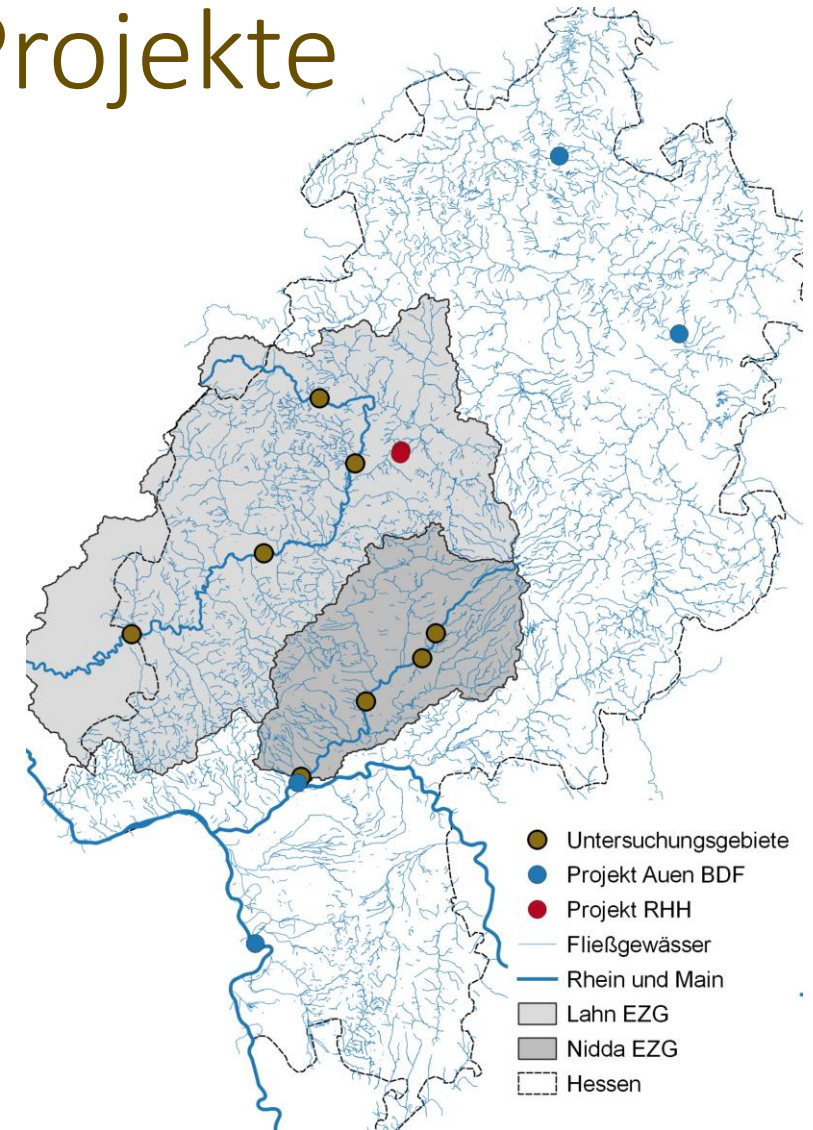
Untersuchungsgebiete an Lahn und Nidda

2. Mikroplastik in Auenböden der hessischen Boden-Dauerbeobachtung (BDF)

Untersuchung von BDF an Rhein, Main, Fulda und Ahne

3. Makro- und Mikroplastik in Agrarböden

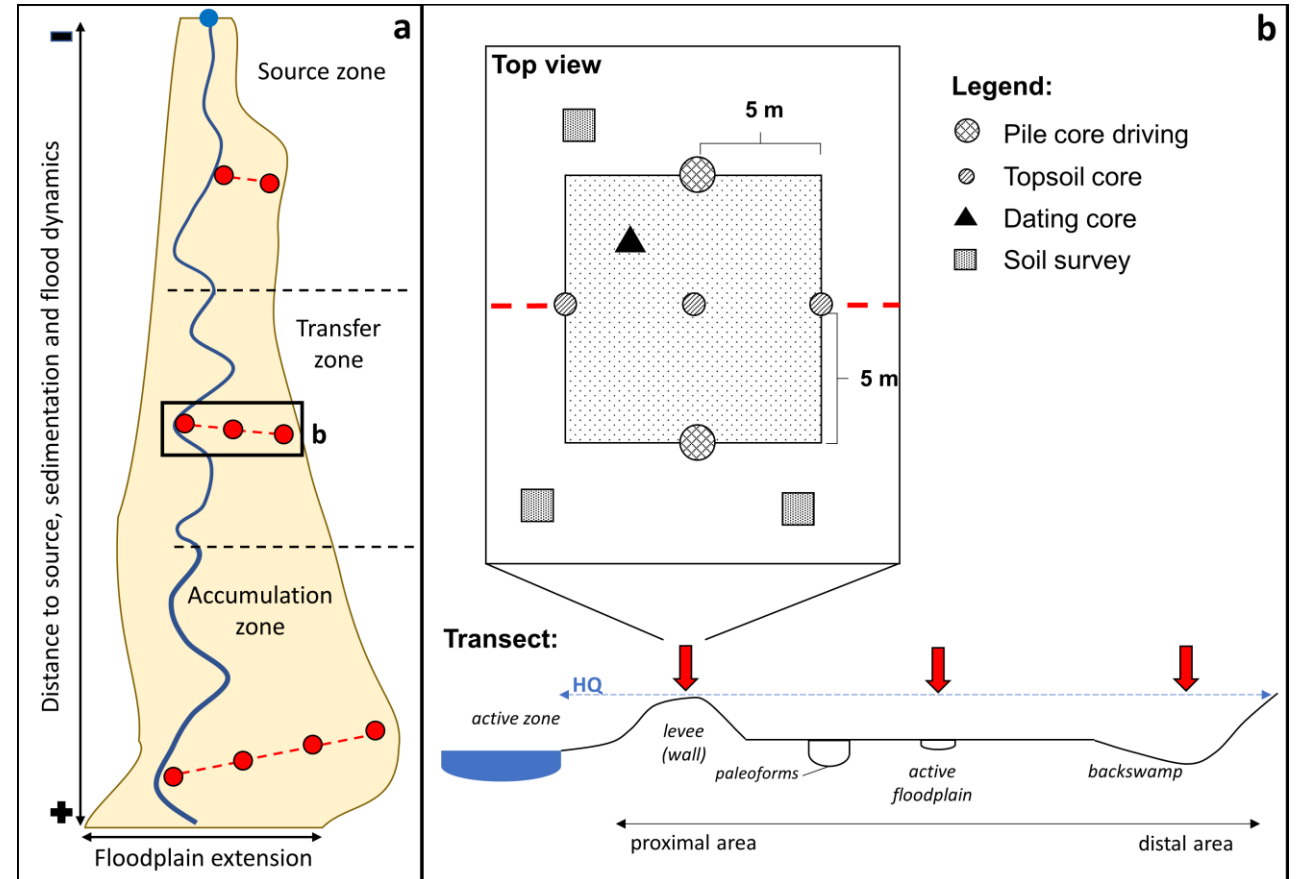
Untersuchung von landwirtschaftlichen Flächen innerhalb des Amöneburger Beckens



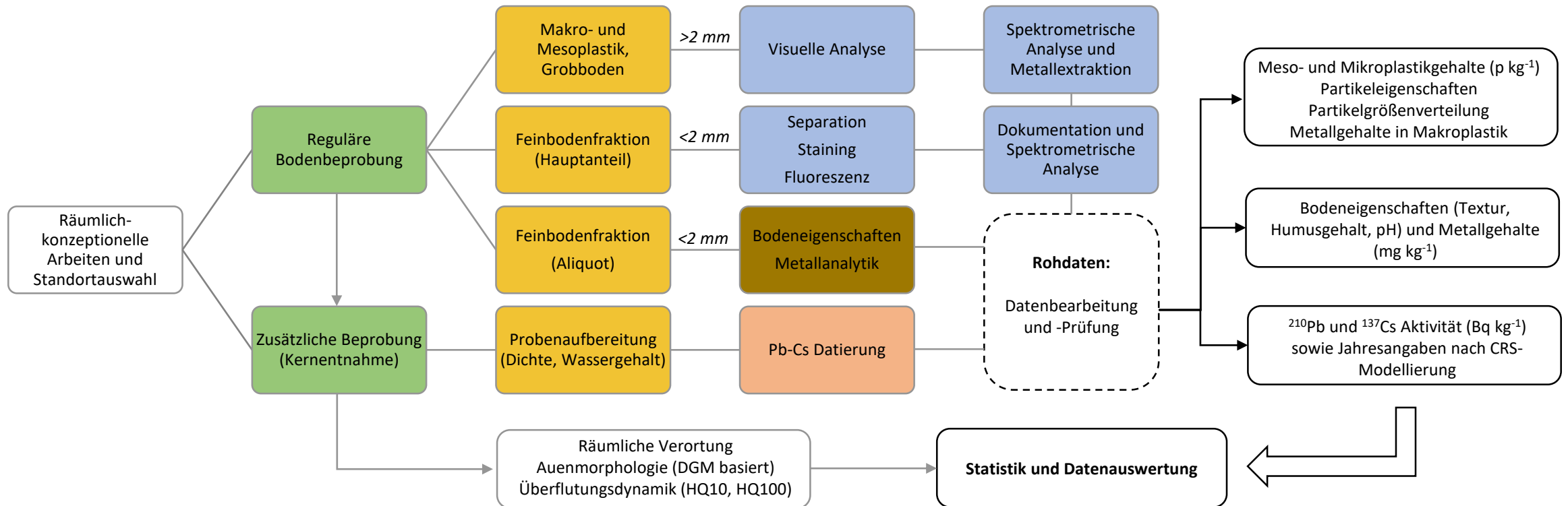
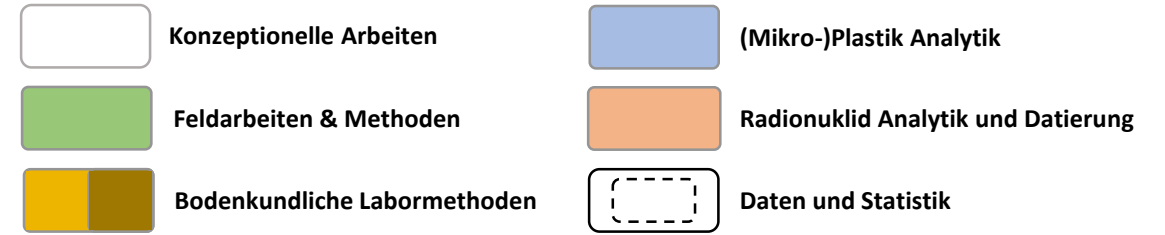
5. Methoden

Räumlicher Untersuchungsansatz

- Räumlich repräsentative Standortauswahl basierend auf:
 - *Eigenschaften der Boden-Landschaften*
 - *Auenmorphologie*
 - *Rezenter Überflutungsdynamik*
 - *Anthropogenen Störungen*
- Untersuchung von Auen-Quertransekten
- Entnahme von:
 - *Vollständigen Profilen (0-2 m)*
 - *Großen Probenmengen (1,0-1,4 kg)*
 - *Feste Tiefenstufen*

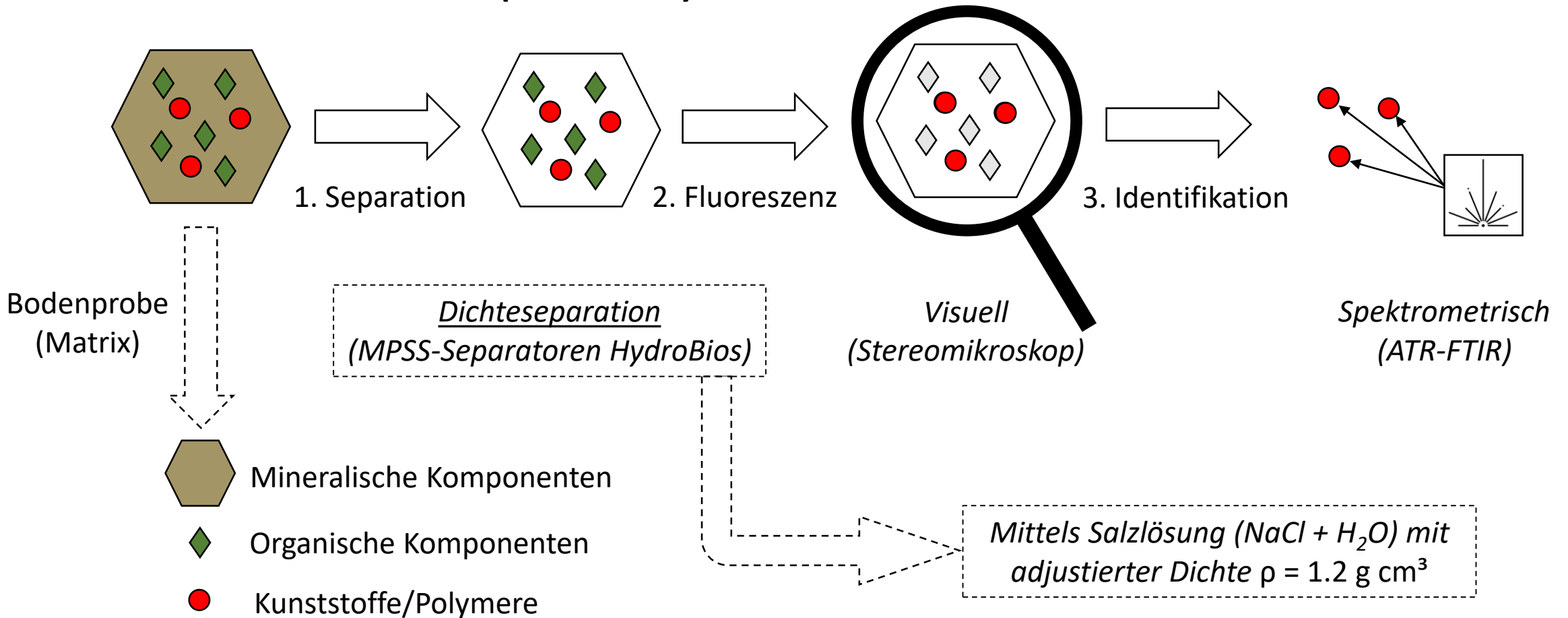


5. Methoden

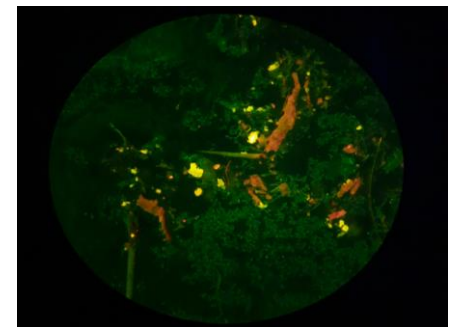
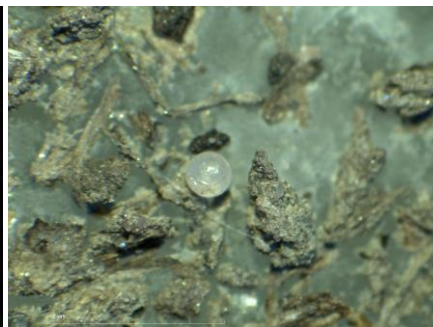
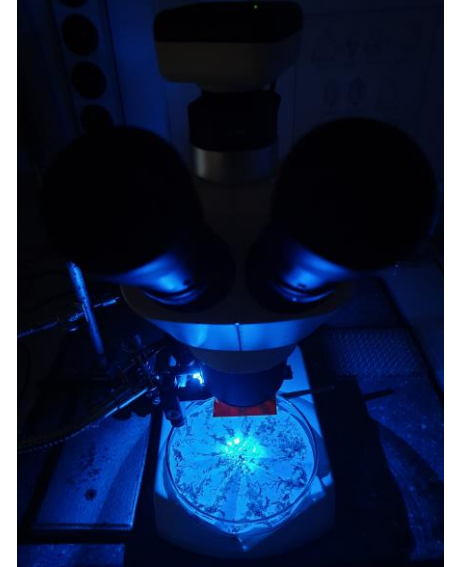


5. Methoden

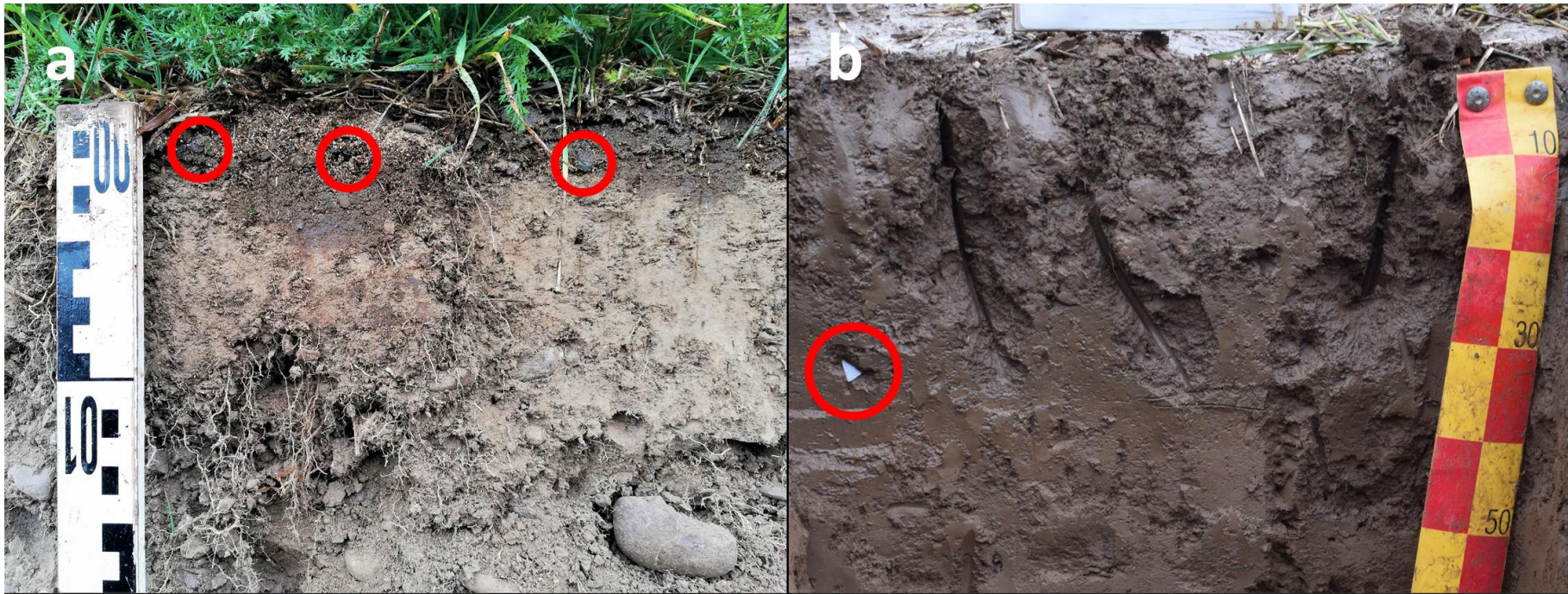
Vereinfachter Ablauf Mikroplastik-Analytik



5. Methoden



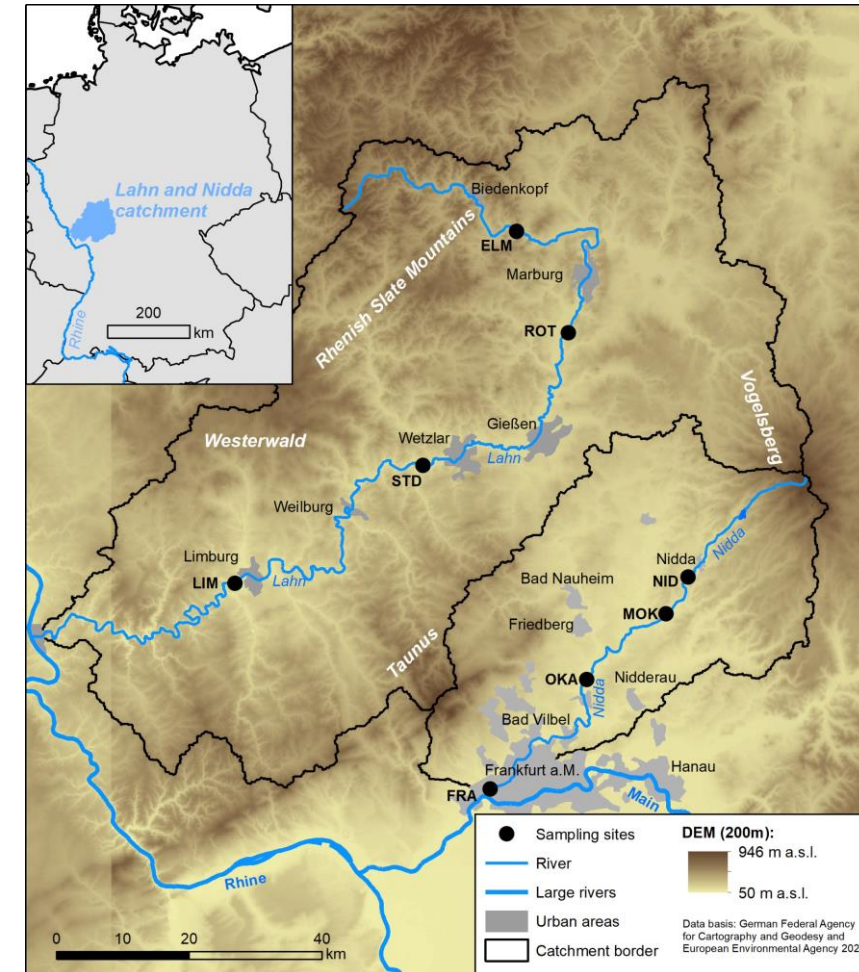
6. Ergebnisse



6.1 Auenböden der Lahn und Nidda

Projekt „Mikroplastik in Auenböden“

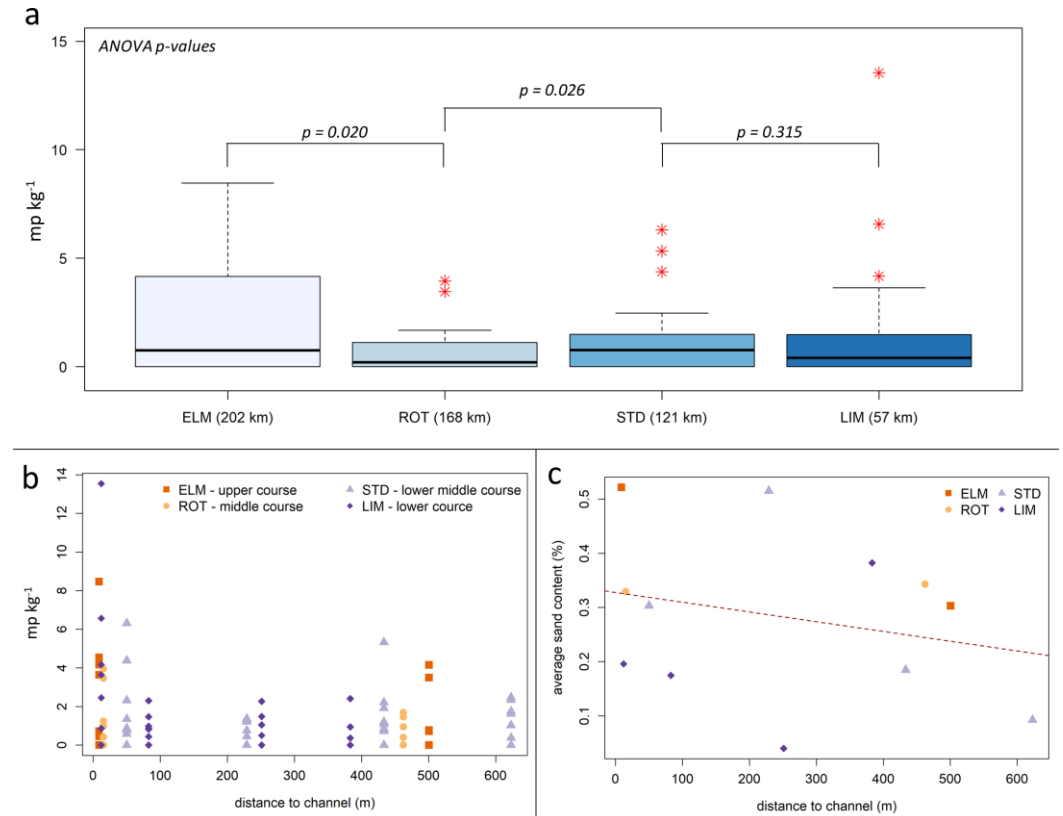
- Projektdauer: 2019-2021
- 88 Rammkernsondierungen (0-2 m) an 8 Transekten der Lahn und Nidda Aue
- Analyse von 211 Proben oder 288 kg Bodenmaterial
- Förderung: HLNUG und Marburg University Research Academy (MARA)
- Kooperationspartner:



6.1 Auenböden der Lahn und Nidda

Plastikgehalte auf lateraler Ebene:

- Hohe Mittelwerte bereits an Standorten des Oberlaufs bzw. oberen Mittellaufs
- Zunahme von Ausreißern (Extremwerten) mit dem Flussverlauf
- Maximale Gehalte treten in Uferzonen und Standorten nahe des aktiven Fließgewässers auf
- Abweichungen von diesem räumlichen Muster durch direkte anthropogene Einflüsse (bspw. Landwirtschaft oder Renaturierungsmaßnahmen)

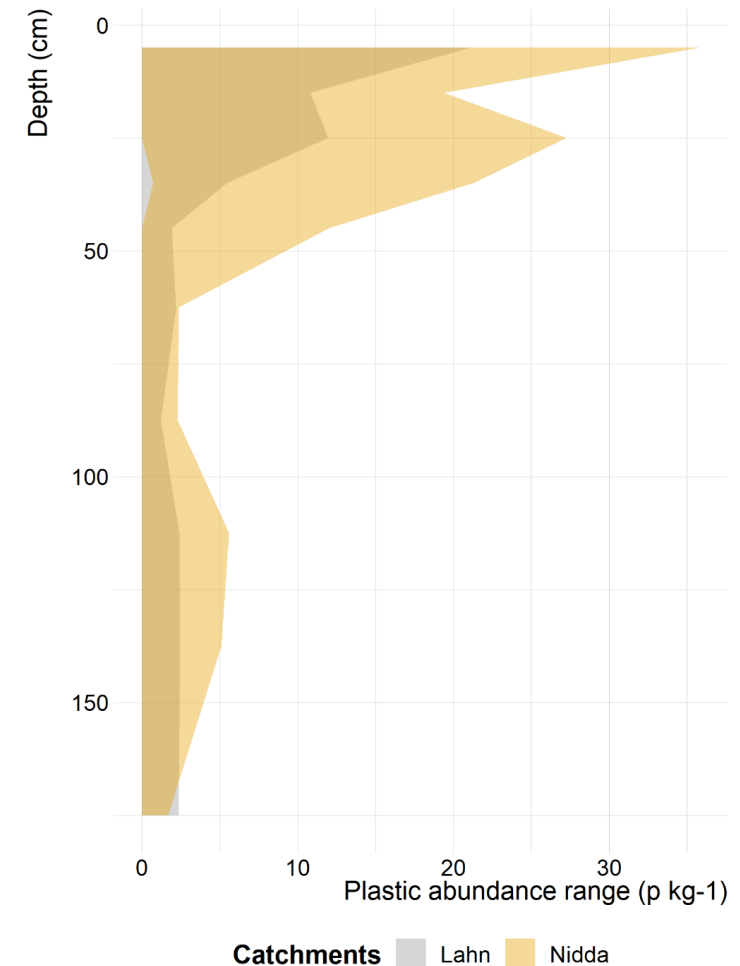


Publikation: 10.1016/j.scitotenv.2021.152039

6.1 Auenböden der Lahn und Nidda

Plastikgehalte auf vertikaler Ebene I:

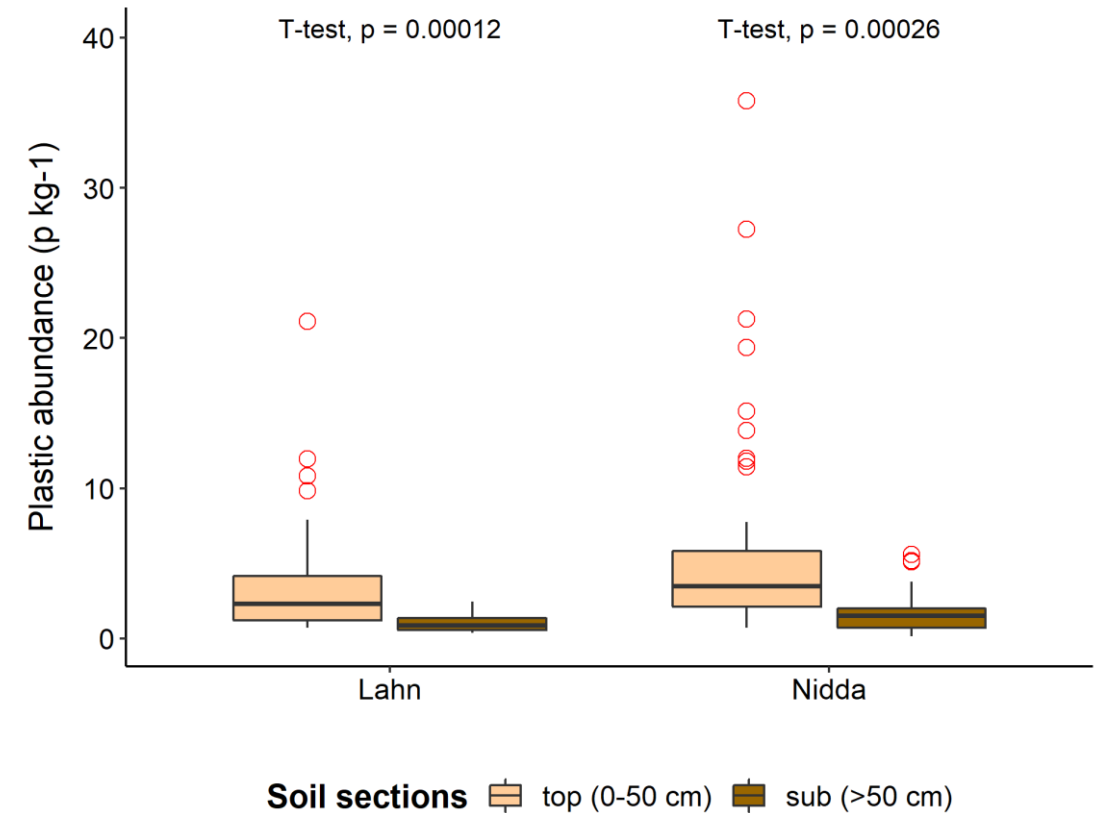
- Erstmalige Untersuchung von Unterböden weltweit (0-2 m unter Geländeoberfläche)
- Mikroplastik in der kompletten Bodensäule nachweisbar
- Deutliche Anreicherung von Plastik in Oberböden sowie oberen Bodenschichten (0-50 cm)
- Auftreten „tiefer“ Plastikvorkommen wirft Fragen zur Verlagerung auf



6.1 Auenböden der Lahn und Nidda

Plastikgehalte auf vertikaler Ebene II:

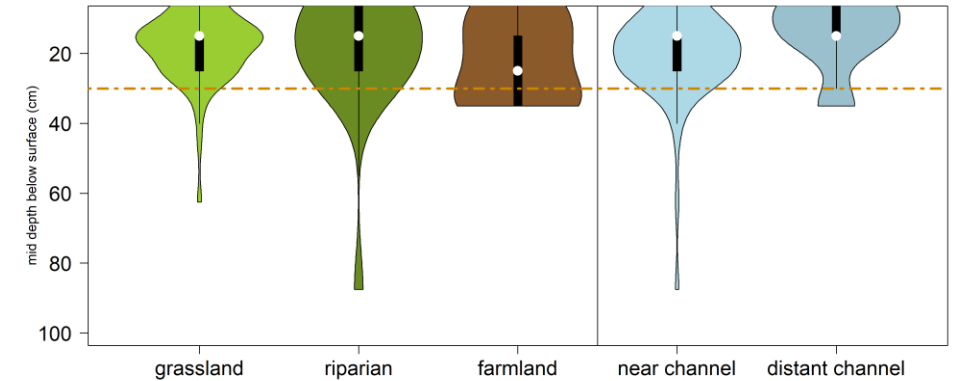
- Akkumulation in oberen Bodenschichten als deutlichstes räumliches Verteilungsmuster
 - Signifikant in allen untersuchten Bodenprofilen und Flusssystem unabhängig
- Extremwerte an Uferstandorten sowie auf landwirtschaftlichen Nutzflächen
 - Einfluss der Überflutungsdynamik
 - Einfluss landwirtschaftlicher Nutzung



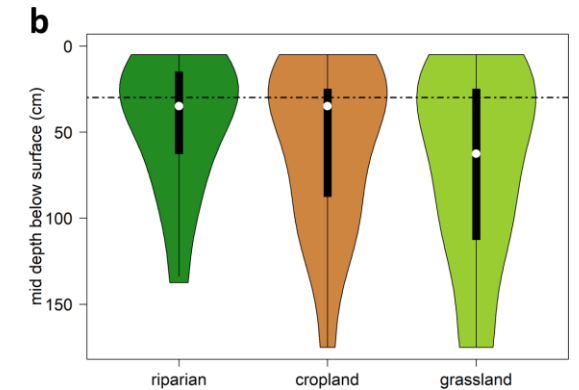
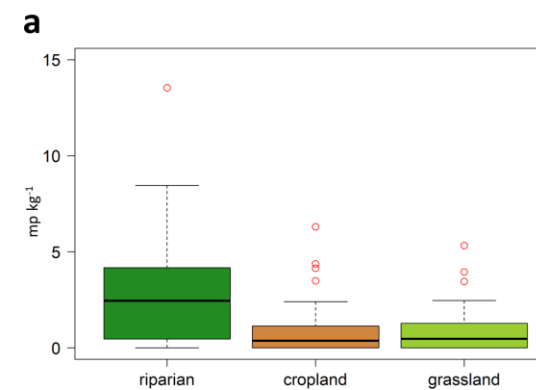
6.1 Auenböden der Lahn und Nidda

Plastikgehalte und Landnutzung

- Deutlicher Einfluss von Bodenverdichtungen (Landwirtschaft) auf die vertikale Verteilung
- Tiefenverlagerung von „großen“ Plastikpartikeln (>2 mm) an ufernahen Standorte mit „natürlicher“ Ufervegetation und hoher Bioturbation
- Tiefenverlagerung von „kleinen“ Plastikpartikeln unabhängig von Landnutzung und Bodeneigenschaften



Publikation: 10.1016/j.envpol.2020.115390

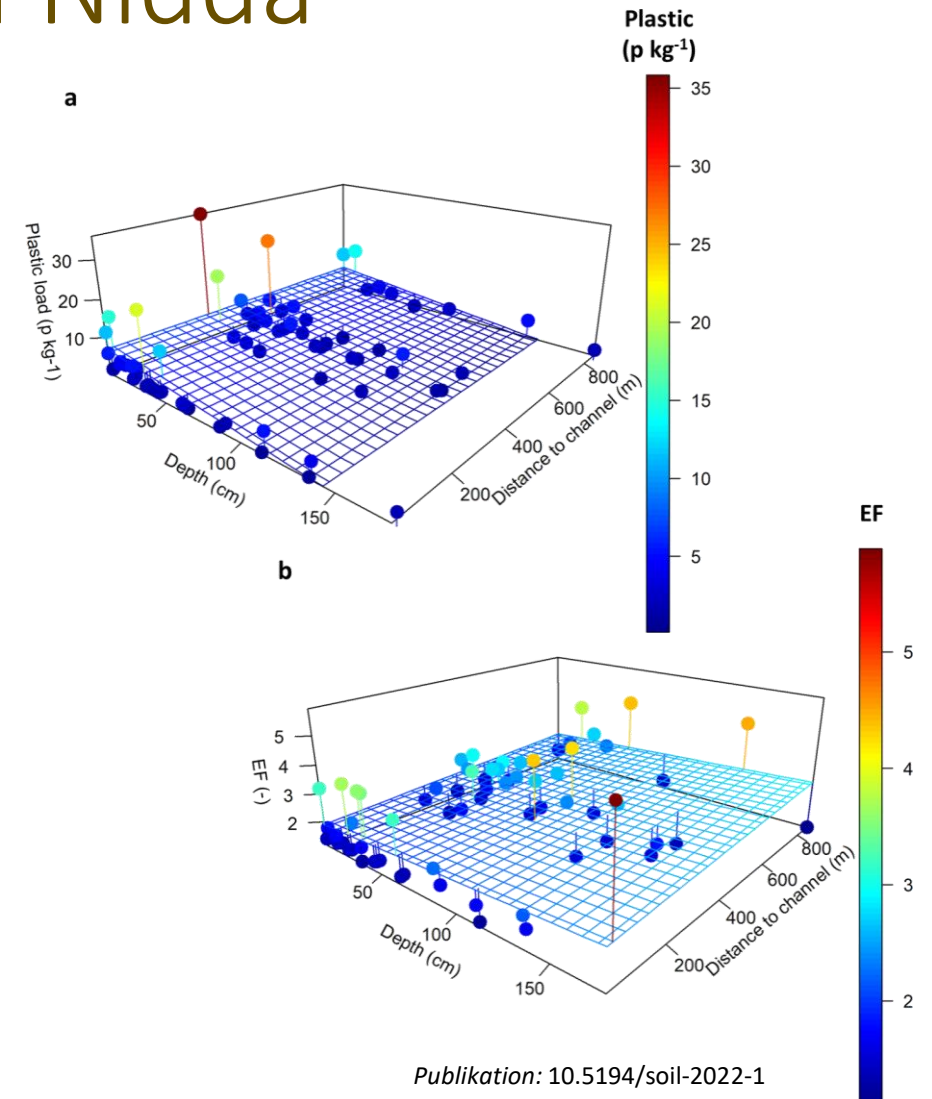


Publikation: 10.1016/j.scitotenv.2021.152039

6.1 Auenböden der Lahn und Nidda

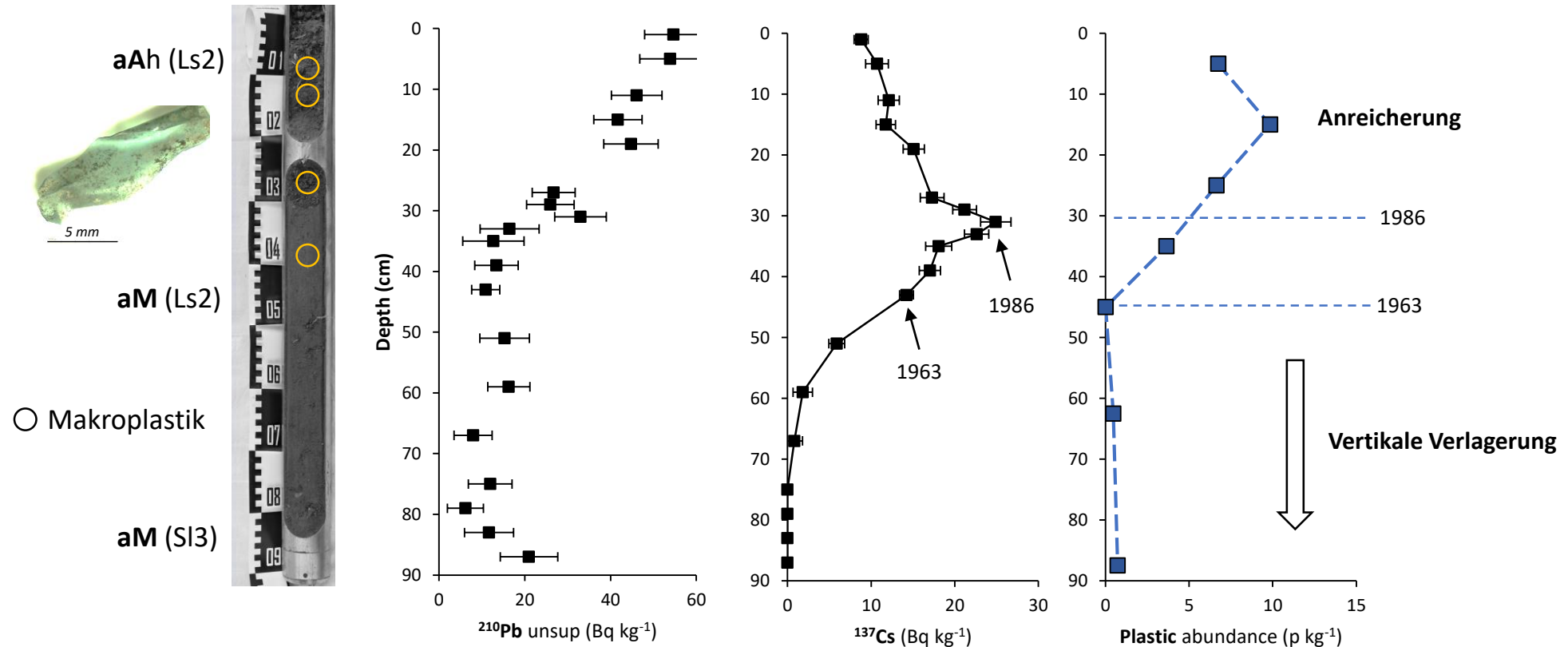
Plastikgehalte und Schwermetalle

- Schwermetallgehalte überschreiten vereinzelt Vorsorgewerte für Böden
- Unterschiedliche räumliche Verteilung
 - Schwermetalle sind gleichmäßig über die Bodensäule verteilt oder es treten Maxima in tieferen Bodenschichten auf
 - Schwermetalle treten auch lateral gleichverteilt mit Maxima im Auenrandbereich auf
- Makroplastik enthält Schwermetalle
 - Herkunft aus Kunststoff-Additiven sowie Adsorption von Metallen aus der Bodenmatrix



6.1 Auenböden der Lahn und Nidda

(Mikro-)Plastik als stratigraphischer Marker – Datierung rezenter Sedimentdynamiken



6.2 Auenböden der Boden-Dauerbeobachtung

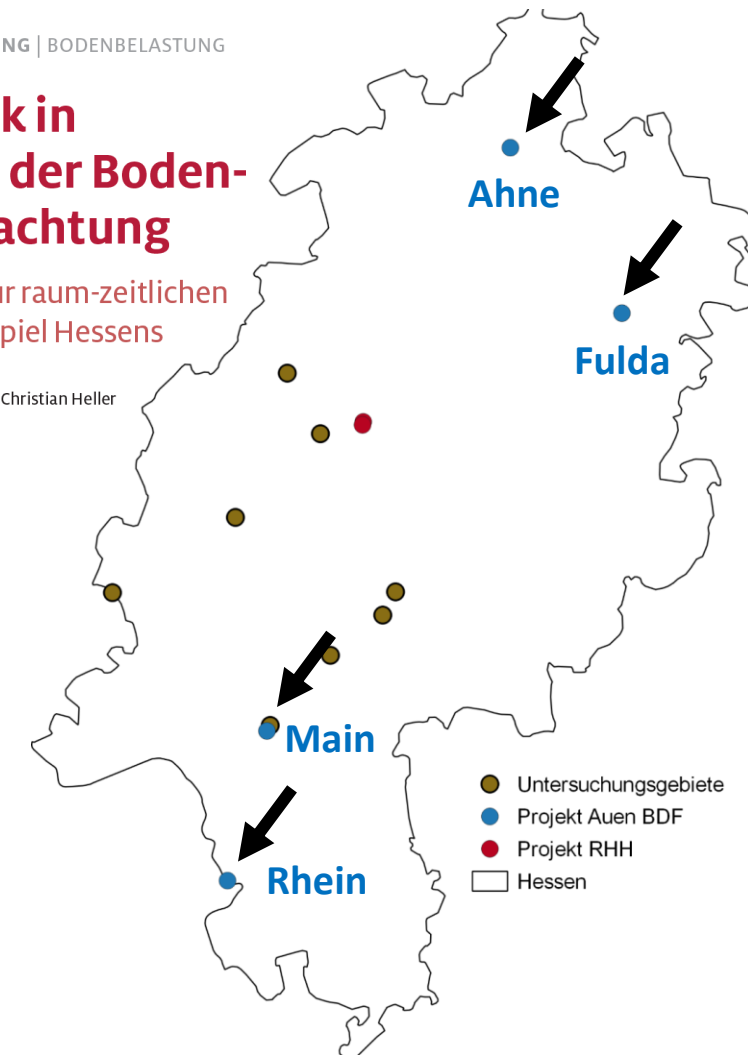
- **Erstmalige Untersuchung** von (Mikro-)Plastikgehalten in Rückstellproben der Boden-Dauerbeobachtung in Deutschland
- Vergleich von Rückstellproben mit einem zeitlichen Abstand von 15-16 Jahren
- Auenböden (Oberböden) an den Flüssen Rhein, Main, Fulda und Ahne = Große bis kleine Flusssysteme, sowie urbane bis periphere Gebiete
- Entwicklung, Validierung und Anwendung eines vergleichsweise einfachen Analyseprotokolls zur Quantifizierung von Mikroplastik

BODENDAUERBEOBACHTUNG | BODENBELASTUNG

Mikroplastik in Auenböden der Boden-Dauerbeobachtung

Untersuchungen zur raum-zeitlichen Variabilität am Beispiel Hessens

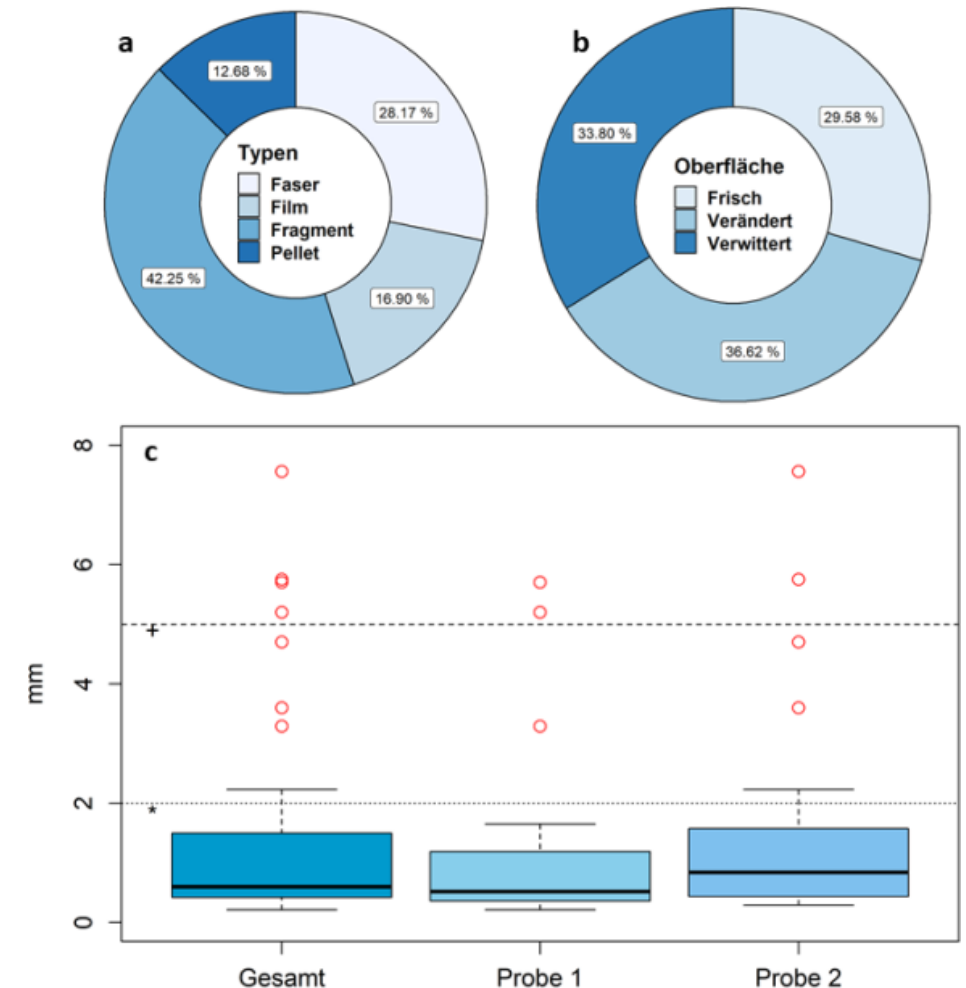
Collin J. Weber, Katrin Lügger und Christian Heller



6.2 Auenböden der Boden-Dauerbeobachtung

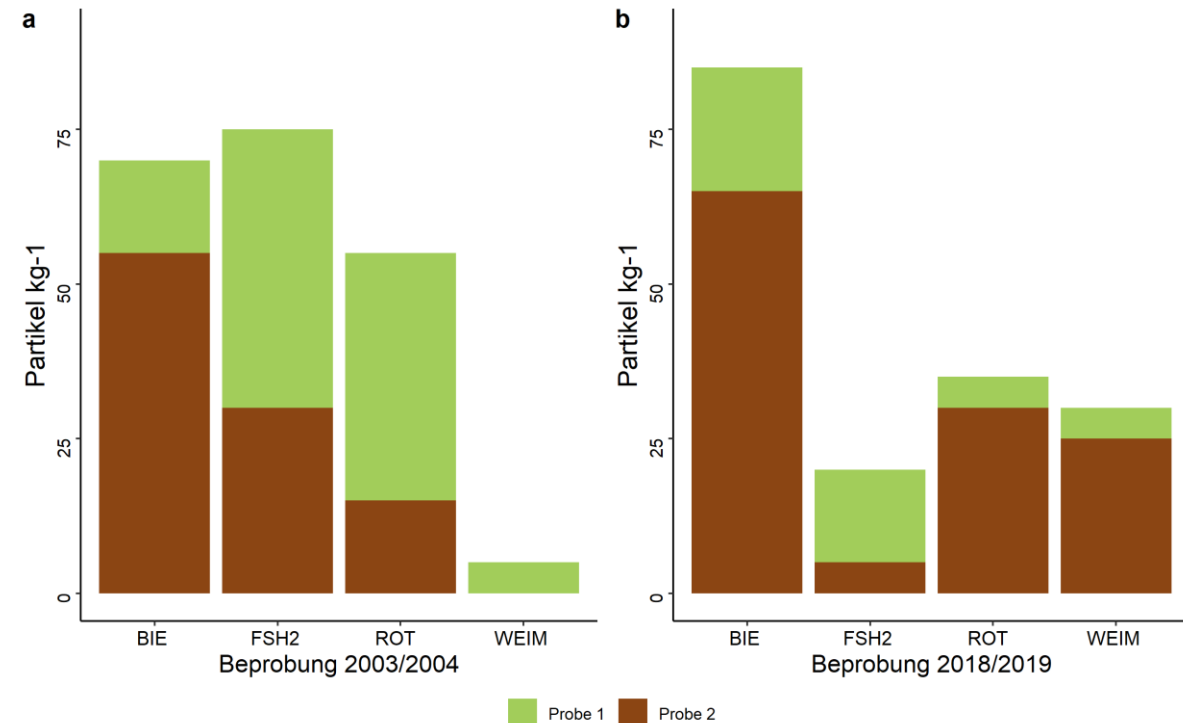
Publikation: 10.37307/j.1868-7741.2022.01.05

- Gehalte zwischen 5 und 85 Plastikpartikel je Kilogramm Bodentrockenmasse (Mittelwert: 46,99 p kg⁻¹)
- Nur eine Probe von 16 ohne Plastikgehalte
- Plastik tritt auf als Fragment (42%), Faser (28%), Folie (17%) und Pellet (13%) auf
- Mittlere Partikelgrößen von 1,29 mm (0,21-7,56 mm)
- Häufige Kunststoffe: Polypropylen (PP, 30%), Polystyrol (PS, 24%) und Weich-Polyethylen (LDPE, 20%)



6.2 Auenböden der Boden-Dauerbeobachtung

- Höhere Gehalte im Umfeld größerer Fließgewässer
- Hohe Vergleichbarkeit zu bereits bekannten Gehalten und typische Kunststoffsorten
- Zu- als auch Abnahmen der Gehalte über die Zeit (>15 Jahre):
 - Heterogene Stoffverteilung
 - Vertikale Verlagerungsprozesse
- **Grundlage für großräumiges Mikroplastik-Monitoring auch außerhalb von Auen auf Basis der BDF**



Publikation: 10.37307/j.1868-7741.2022.01.05

6.3 Exkurs: Agrarböden

hs Kurzmeldung

Studie der Uni Marburg

Plastik über Jahrzehnte in Ackerböden nachweisbar

Panorama | 28.04.22

Plastikteile können über Jahrzehnte in Ackerböden nachgewiesen werden. [\[mehr\]](#)

[EUWID Wasser und Abwasser](#) > [News](#) > [Wirtschaft](#)

Studie: Plastik aus Klärschlammdüngung hält sich jahrzehntelang im Ackerboden



6.3 Exkurs: Agrarböden



OPEN Investigating the dispersal of macro- and microplastics on agricultural fields 30 years after sewage sludge application

Collin J. Weber[✉], Alexander Santowski & Peter Chiffard

- Landwirtschaftlich genutzte Böden von besonderem Interesse:
 - Nahrungs- und Futtermittelversorgung
 - Gefährdung durch Bodendegradation (bspw. Versiegelung, Erosion, Kontaminationen)
- Intensive Nutzung von kunststoffhaltigen Produkten in der Landwirtschaft
 - Düngemittel (bspw. Kompost, Klärschlamm)
 - Foliennutzung in der Landwirtschaft

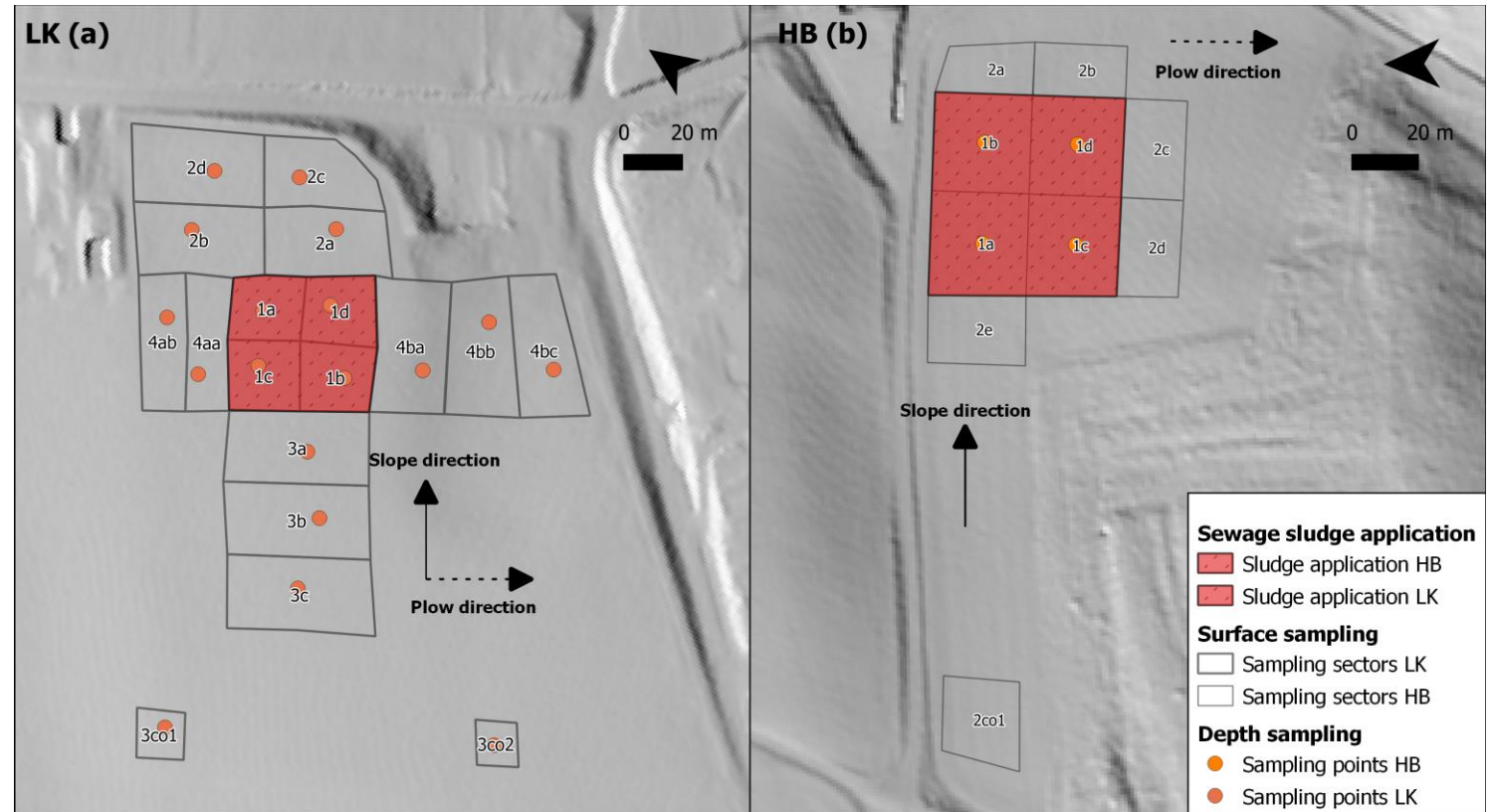
Studie zur räumlichen Verteilung von Kunststoffen auf und in Ackerböden

- „Historische“ Klärschlamm Düngung (>30 Jahre) und kontrollierte Bewirtschaftung (Versuchsgut)

6.3 Exkurs: Agrarböden

Untersuchungsflächen

- Kernfläche mit ehemaliger Klärschlammaufbringung
- Geringe bis mittlere Hangneigung
- Hangparallele Bodenbearbeitung
- 2,18 ha beprobte Fläche

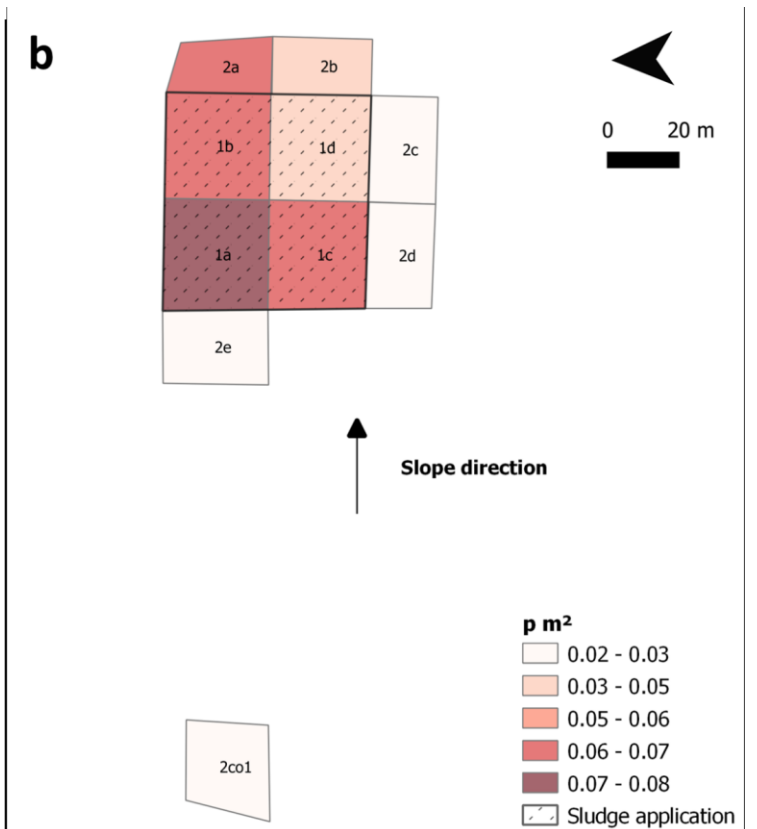
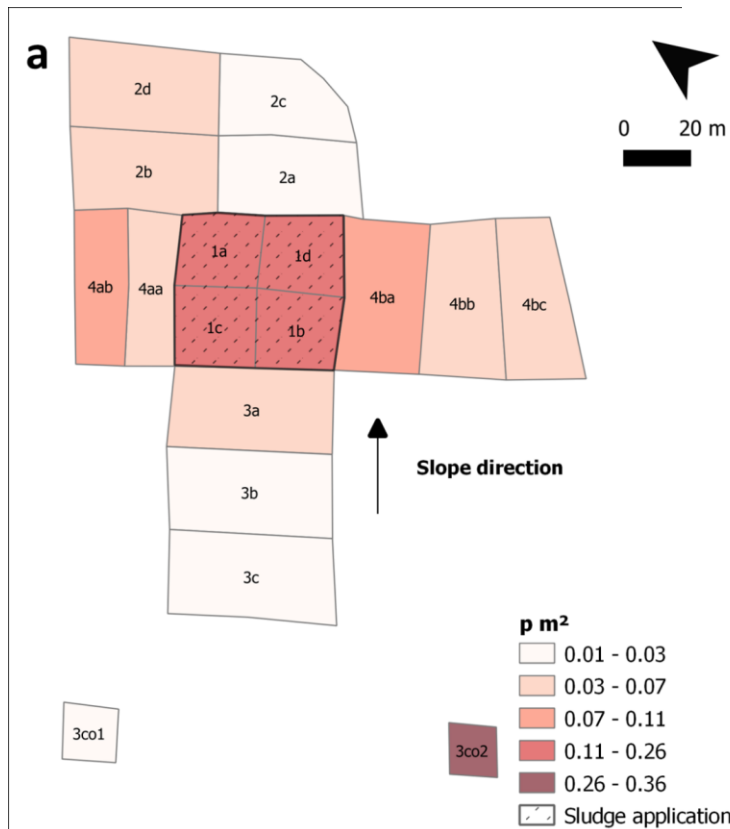


Publikation: 10.1038/s41598-022-10294-w

6.3 Exkurs: Agrarböden

Ergebnisse (Oberfläche)

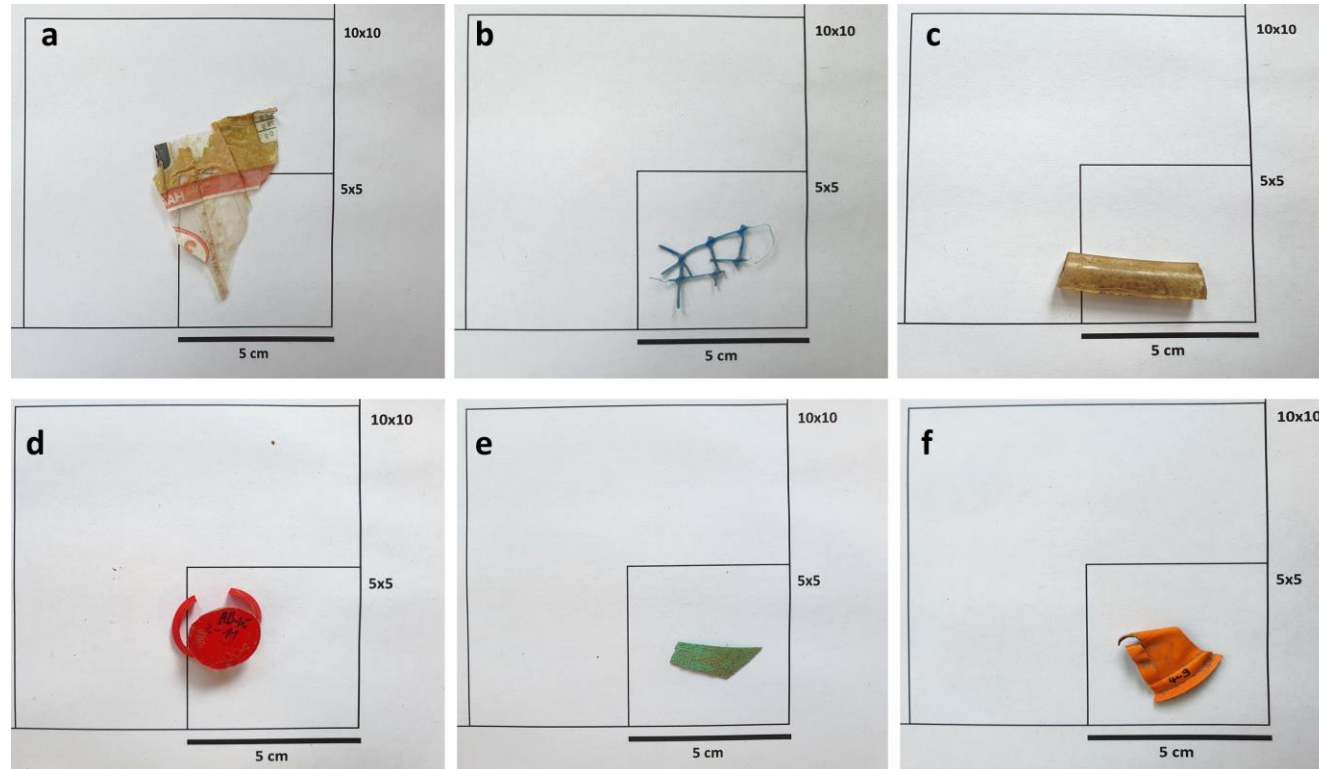
- 637,12 Partikel je ha
- 67,3 % höhere Plastikvorkommen auf ehem. Klärschlammflächen
- Hauptsächlich Plastikfragmente oder Folienreste aus PS, PP oder verschiedenen PEs



Publikation: 10.1038/s41598-022-10294-w

6.3 Exkurs: Agrarböden

Beispiele für Makroplastik (>5 mm) an der Bodenoberfläche



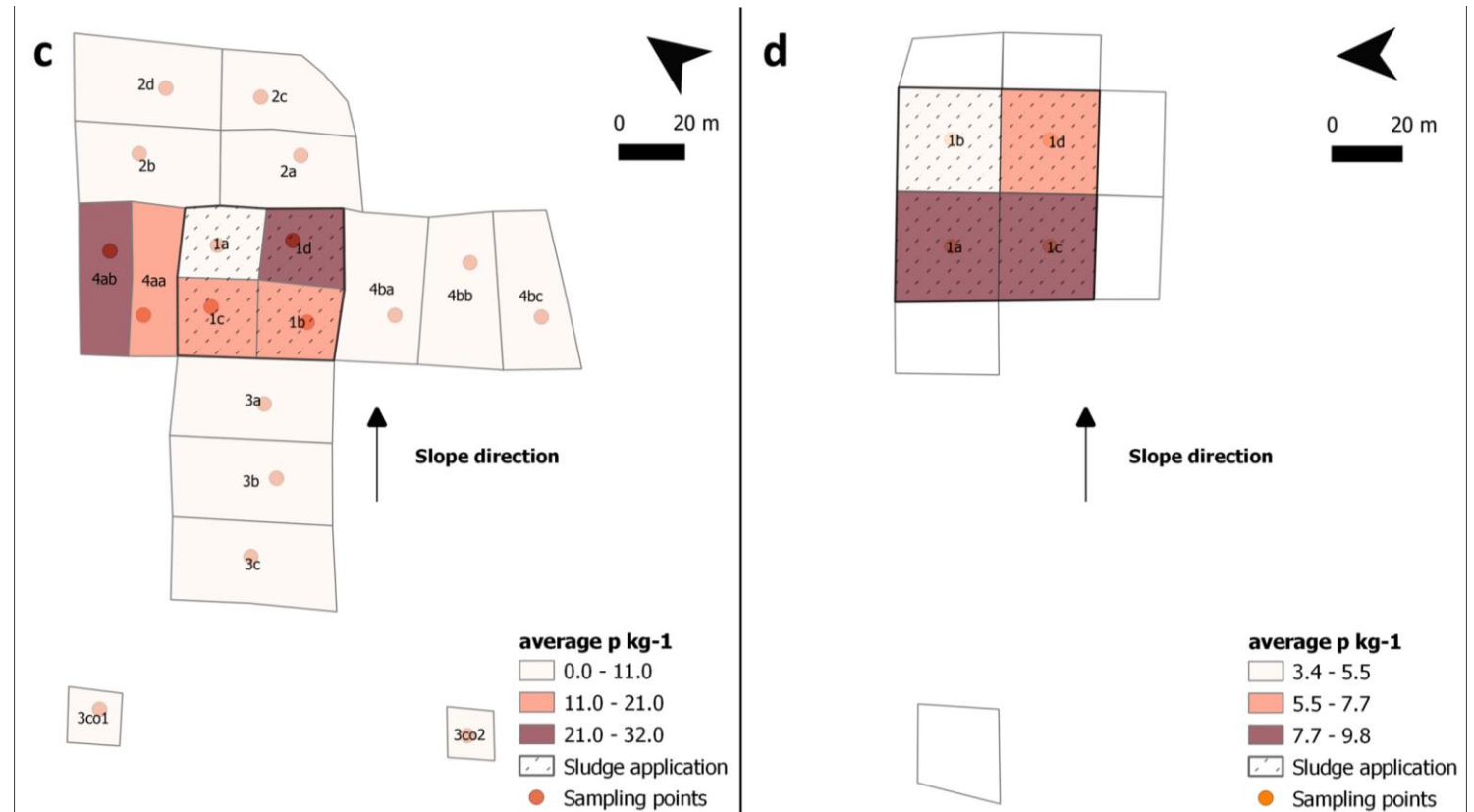
Publikation: 10.1038/s41598-022-10294-w



6.3 Exkurs: Agrarböden

Ergebnisse (Boden)

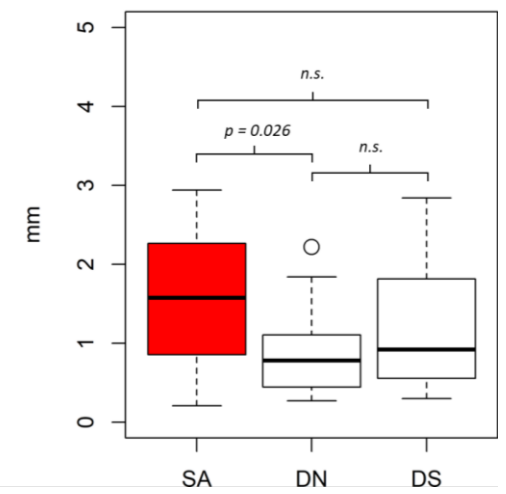
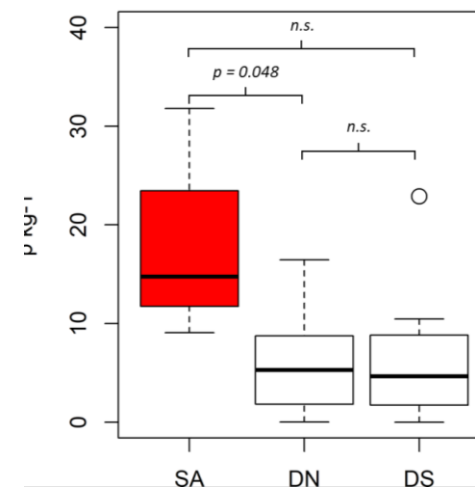
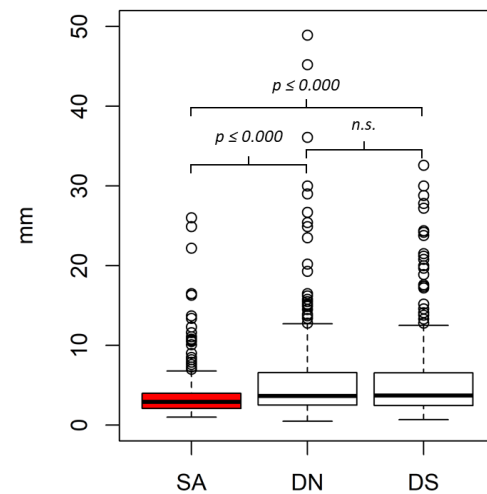
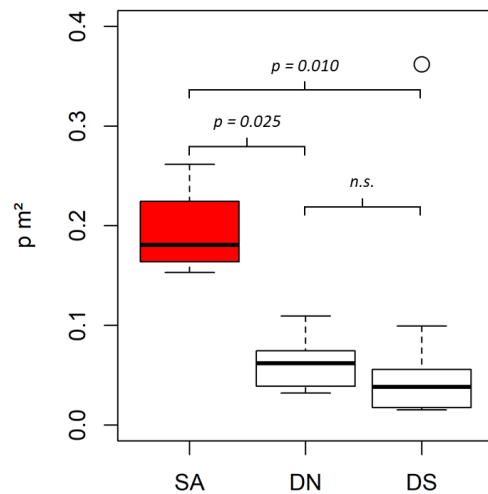
- Plastikkonzentrationen bis 56.18 Partikel je kg
- 67.5–83.9 % höhere Plastikvorkommen auf ehem. Klärschlammflächen
- Anreicherung von Mikroplastik in Oberböden (Pflughorizonten) und Nachweise bis in 90 cm Tiefe



Publikation: 10.1038/s41598-022-10294-w

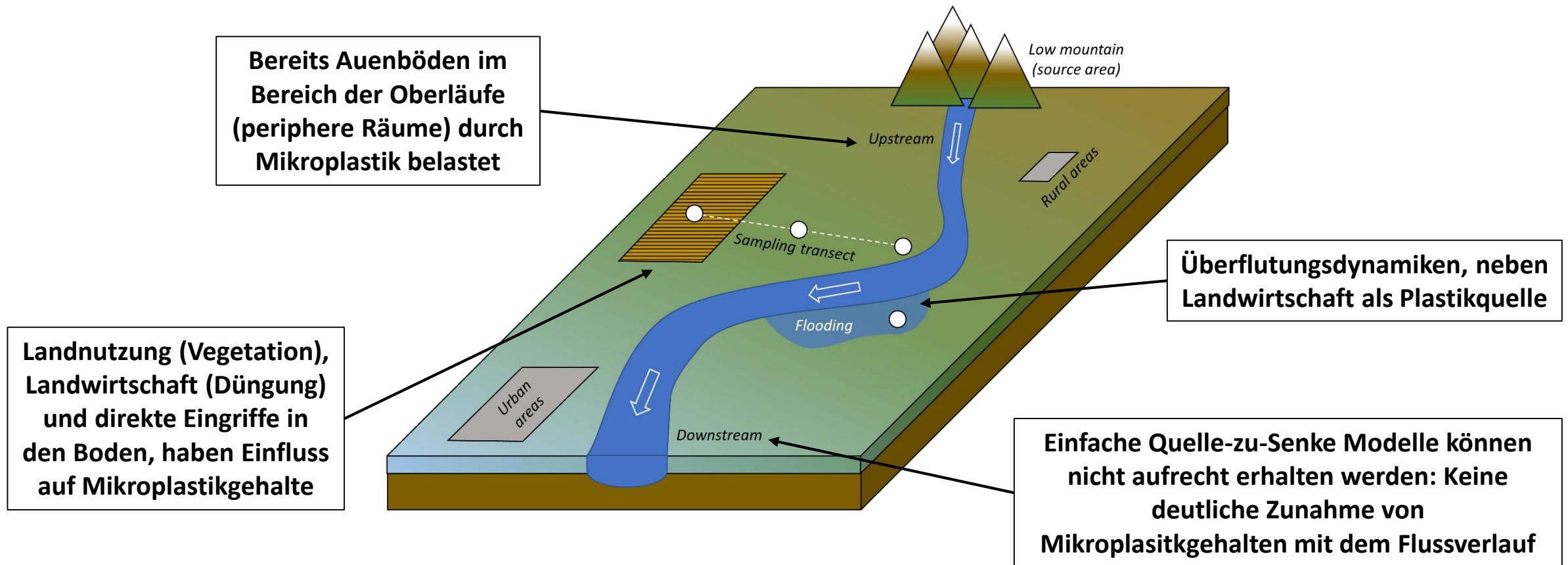
6.3 Exkurs: Agrarböden

- Plastik ist in Böden über längere Zeiträume (>30 Jahre) räumlich sehr stabil
- Umverteilung erfolgt durch Bodenbearbeitung (Oberfläche) und vertikale Mobilisierung (Boden) insbesondere von kleineren Mikroplastikpartikeln
- **Böden als Senke für (Mikro-)Plastik → Neue Regulationen bereits zu spät**

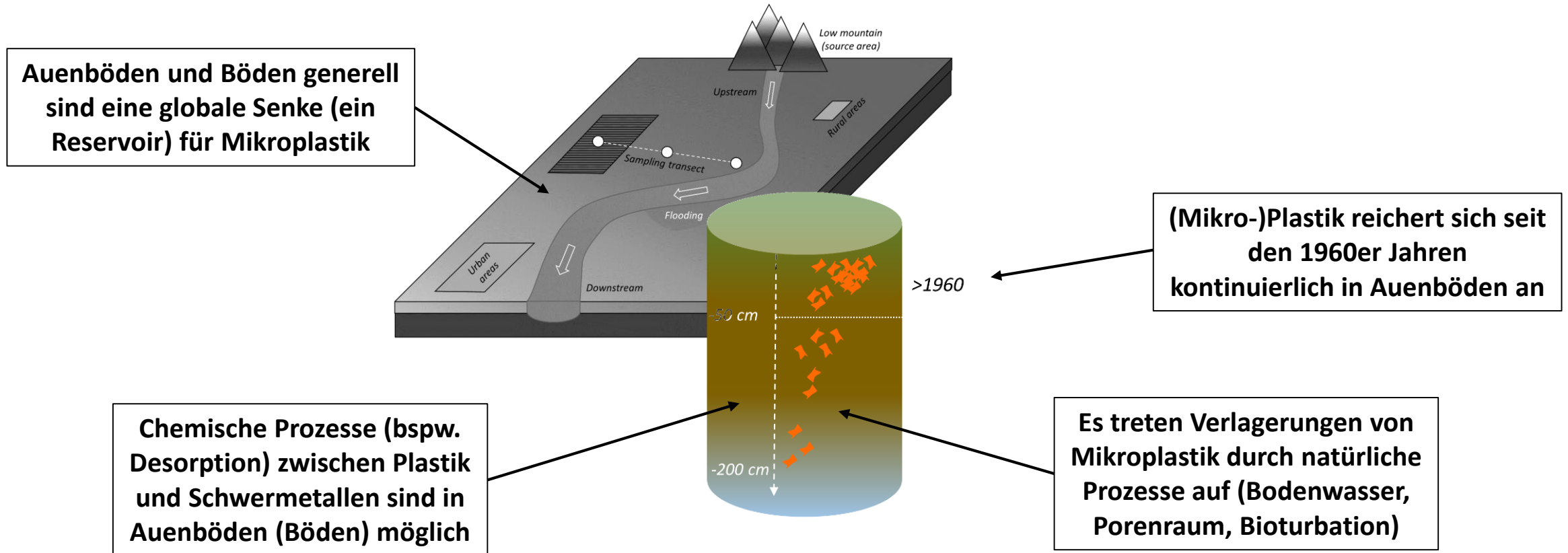


Publikation: 10.1038/s41598-022-10294-w

7. Schlussfolgerungen



7. Schlussfolgerungen



8. Ausblick

Analytische Methoden

- Weiterentwicklung von einfachen (optischen) Verfahren und komplexen Verfahren (gesamter Größenbereich)
- Standardisierung und Normung ausgewählter Methoden – *DIN-Ausschuss*

Plastikquellen

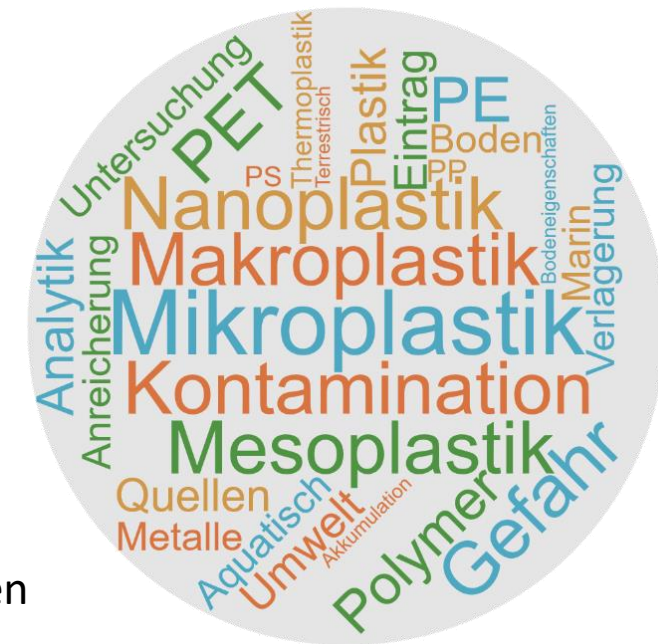
- Quantifizierung einzelner Plastikquellen (bspw. Littering, Düngung)
→ zukünftige Vermeidung
- Identifikation der maßgeblichen Eintragspfade → Reglementierung

Flächenhafte Quantifizierung

- Erhebung von Grundlagendaten (Monitoring) von Plastikgehalten in Böden
- Ausweisung von Risikogebieten → Standardisierte Methoden nötig

Verlagerungsprozesse

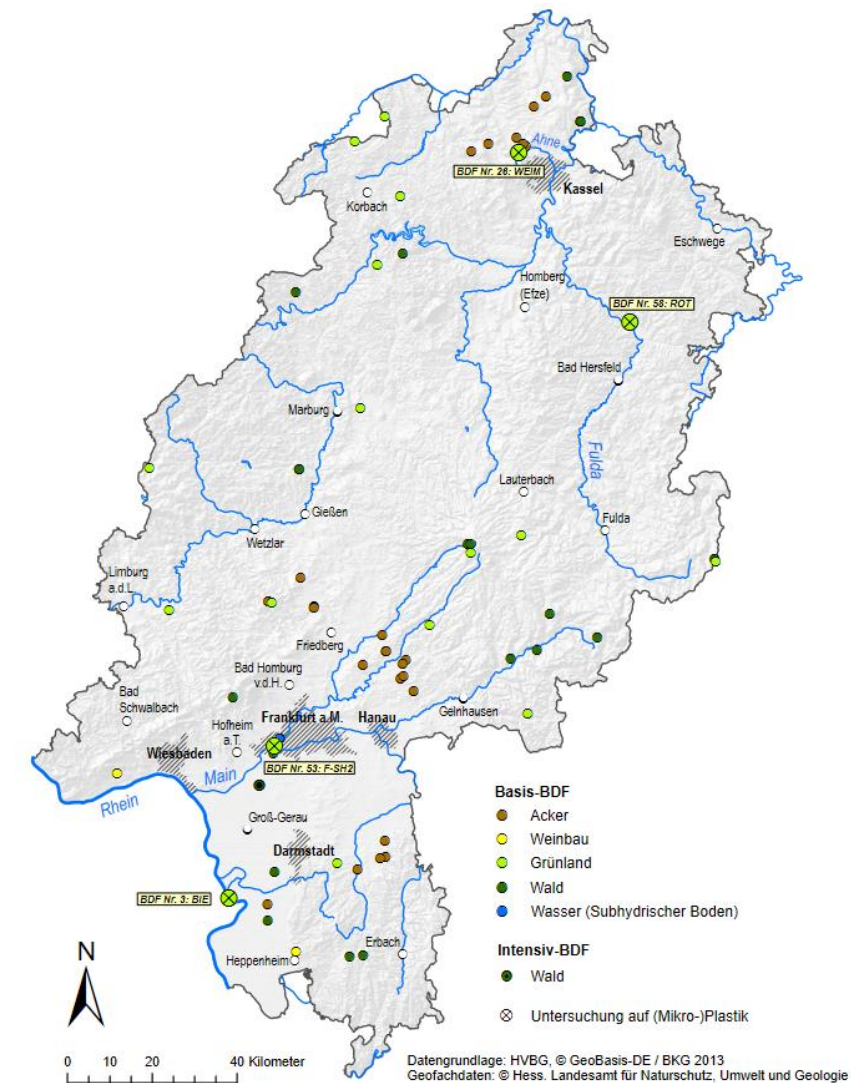
- Untersuchung von Verlagerungsprozesse → Fixierung v.s. Verlagerung in Böden
- Prozesse der Plastikmobilisierung



8. Ausblick

Mikroplastik-Monitoring auf Basis hessischer BDF

- Forschungs Kooperation mit dem HLNUG
- **Ziel:** Nutzung von Rückstellproben der Boden-Dauerbeobachtung zur Quantifizierung von Mikroplastik in hessischen Böden
 - Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenlandschaften sowie Bodeneigenschaften
 - Berücksichtigung unterschiedlicher Landnutzungen (Acker, Grünland, Forst)
- Erstmaliges Monitoring auf BDF-Basis in einem Bundesland auch außerhalb von Flussauen



8. Ausblick

Neue Mikroplastik Forschung am IAG (TU Darmstadt)

- Fachgebiet Bodenmineralogie und Bodenchemie (Prof. Dr. Moritz Bigalke)
- Biogeochemie von Schadstoffen (Mikro- und Nanoplastik, potentiell toxische Metalle) in Böden

Weiterführung bestehender und Entwicklung neuer Kooperationen in Hessen

→ bspw. Universität Marburg, Universität Frankfurt, HLNUG

Neue Forschungsprojekte, unter anderem mit Untersuchungsstandorten in Hessen

Literatur

1. Weber, C. J., Santowski, A. & P. Chiffard (2022): Investigating the dispersal of macro- and microplastics on agricultural fields 30 years after sewage sludge application. *Scientific Reports* 12, 6401. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10294-w>
 2. Weber, C. J., Opp, C., Prume, J. A., Koch, M. & P. Chiffard (2022): Meso- and microplastic distribution and spatial connections to heavy metal contaminations in highly cultivated and urbanized floodplain soils – a case study from the Nidda River (Germany). *SOIL* (preprint under review). <https://doi.org/10.5194/soil-2022-1>
 3. Weber, C.J., Opp, C., Prume, J.A., Koch, M., Andersen, T.J. & P. Chiffard (2021): Deposition and in-situ translocation of microplastics in floodplain soils. *Science of the Total Environment*, 152039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152039>
 4. Weber, C. J., Hahn, J. & C. Opp (2022): Spatial connections between microplastics and heavy metal pollution within floodplain soils. *Applied Sciences*, 12(2), 595. <https://doi.org/10.3390/app12020595>
 5. Weber, C.J. & S. Lechthaler (2021): Plastics as a stratigraphic marker in fluvial depositional systems. *Anthropocene*, 36, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100314>
 6. Weber, C.J. & C. Opp (2020): Spatial patterns of mesoplastics and coarse microplastics in floodplain soils as resulting from land use and fluvial processes. *Environmental Pollution*, 267, 115390. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115390>
 7. Weber, C.J., Weihrauch, C., Opp, C. & P. Chiffard (2020): Investigating microplastic dynamics in soils: Orientation for sampling strategies and sample pre-processing. *Land Degradation & Development*. <https://doi.org/10.1002/ldr.3676>
-
- Weber, C. J., Lügger, K. & C. Heller (2022): Makro- und Mikroplastik in Auenböden der hessischen Boden-Dauerbeobachtung – Untersuchungen zur raum-zeitlichen Variabilität. *Bodenschutz* 1/2022. <https://doi.org/10.37307/j.1868-7741.2022.01.05>
 - Weber, C. J. (2021): Auch in Hessen: Mikroplastik in Böden! Laufende Untersuchung der Plastikgehalte in den Auenböden von Lahn und Nidda. In: *Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2021): Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen*. Ausgabe 2021, Wiesbaden.
 - Weber, C. J., Opp, C. & P. Chiffard (2021): Anreicherung von Plastikpartikeln in Auenböden. *Wasser und Abfall*, 05/2021, 33-38.



Vielen Dank!