



ESF Nachwuchsforschergruppe VEMIWA

Yasmin Adomat, Sven Schirrmeister, Lucas Kurzweg, Sven Faist, Kathrin Harre, Martin Socher, Reinhard Bauer, Thomas Grischek
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, thomas.grischek@htw-dresden.de

Ausgangssituation

- Die Belastung des Ökosystems durch Mikroplastik ist Gegenstand vieler aktueller wissenschaftlicher Forschungsprojekte und des öffentlichen Interesses.
- Es fehlen belastbare Daten und Methoden zum Monitoring von Mikroplastik als Grundlage für Maßnahmen und Regularien zur Eintragsminderung.

Arbeitsbereiche des VEMIWA Projektes

Yasmin Adomat und Prof. Grischek

Vorkommen und Transport von Mikroplastik im Gewässer

- Entwicklung von Probennahme- und Aufarbeitungstechniken
- Vorkommen von Mikroplastik in sächsischen Gewässern
- Versuche zum Verhalten von MP in Gewässersedimenten

Sven Schirrmeister und Prof. Harre

Mikroplastikanalytik

- Entwicklung von Standardmethoden für die Mikroplastikanalytik
- Analyse von MP mittels Dynamischer Differenzkalorimetrie



Sven Faist und Prof. Bauer

Anreicherung und Separation von Mikroplastik aus Sedimentproben

- Entwicklung einer Methodik zur Aufbereitung von Proben
- Weiterentwicklung und Optimierung eines Elektroseparators aus der Industrie für die Mikroplastikseparation
- Bestimmung polymerspezifischer Anreicherungsfaktoren

Lucas Kurzweg und Prof. Socher

Veränderung von Mikroplastik in der Umwelt

- Untersuchung von Einflussgrößen aus der Umwelt auf die Veränderung von Mikroplastik (Tribochemie)
- Versuche zu Abrieb, Alterung, Sorption von MP
- Untersuchung von Schadstoffanreicherungen in Mikroplastik aus Gewässern

Öffentlichkeitsarbeit

- Projektvorstellung auf Schul- und Hochschulveranstaltungen
- Werbung für MINT-Fächer
- Maßnahmen zur Vermeidung von Mikroplastik
- Überführung der Methoden in die Routineanalytik
- Veröffentlichung der Forschungsergebnisse

Referenzen

<https://www.htw-dresden.de/luc/forschung/mikroplastik>



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.



Herkunft und Entstehung von Mikroplastik

Lucas Kurzweg

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, lucas.kurzweg@htw-dresden.de

Fakten über Mikroplastik

- Mikroplastik = Kunststoffpartikel mit Durchmesser < 5 mm, umfasst alle Arten von Kunststoffen
- Mikroplastik ist persistent, es wird nicht oder kaum in der Umwelt abgebaut
- Mikroplastik ist ubiquitär, es befindet sich überall auf der Erde

Unterscheidung von Mikroplastik nach der Herkunft

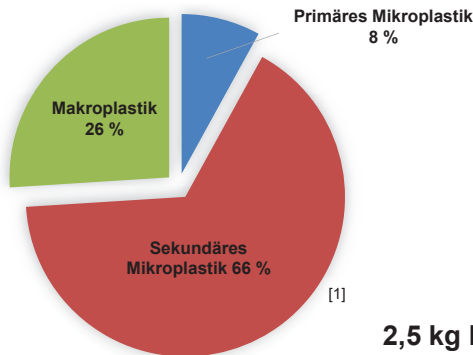
primäres Mikroplastik

- Kunststoffprodukte aus gezielter Herstellung mit sehr kleinen Abmessungen
- Beispiele
 - Microbeads in Kosmetik-/Körperpflegeprodukten
 - 3D-Druck-Fluide
 - Kunststoffgranulate

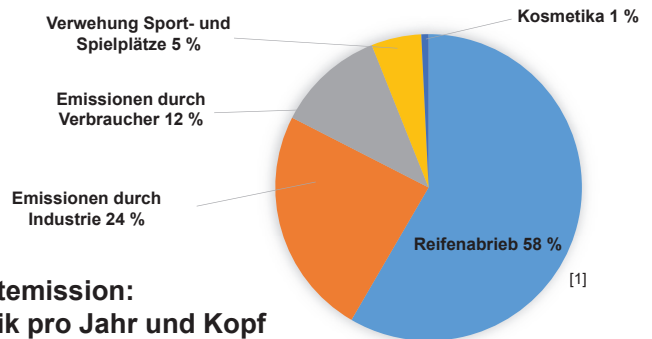
sekundäres Mikroplastik

- Zerfall von Makroplastik durch Verwitterung
 - chemisch (Oxidation, UV-Strahlung)
 - physikalisch (Abrieb, Bruch)
 - biologisch
- Beispiele
 - Reifenabrieb, Textilfasern
 - Bruchstücke von Makroplastik

Kunststoffemissionen in Deutschland



Pro-Kopf-Emissionen von Mikroplastik in Deutschland (2017)



Gesamtemission: 2,5 kg Mikroplastik pro Jahr und Kopf

Eintragswege von MP in die Umwelt



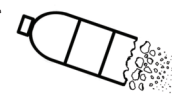
Verwehung und Abströmen [2]

- Sekundäres MP entsteht in urbanen Gebieten (Reifenabrieb).
- Der Wind transportiert MP über große Distanzen.
- Durch Regenereignisse wird MP in die Kanalisation gespült, von dort gelangt es in Flüsse, die MP bis ins Meer transportieren können.



Ausbringen von Klärschlamm [3]

- Kläranlagen entfernen MP aus dem Abwasser → MP im Klärschlamm
- Klärschlamm wurde früher in der Landwirtschaft eingesetzt und wird heute teilweise im Erdbau verwendet.
- Durch die Beständigkeit von MP kam es zur Belastung landwirtschaftlich genutzter Böden.



Verwitterung von Makroplastik [2]

- Makroplastik gelangt durch nicht fachgerechte Entsorgung in die Umwelt.
- UV-Strahlung der Sonne macht den Kunststoff spröde bis er zerfällt.
- Durch den Transport in Flüssen wirkt Reibung auf den Kunststoff bis er zerbricht.

Referenzen

[1] Bertling, J. et al. (2018) Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik, Kurzfassung der Konsortialstudie, Fraunhofer UMSICHT [2] Akdogan, Z., Guven, B. (2019) Microplastics in the environment: A critical review of current understanding and identification of future research needs. Environmental Pollution 254, 13011 [3] Nizzetto, L. et al. (2016) Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? Environ. Sci. Technol. 50, 10777-10779



Mikroplastik in Sedimentproben der Elbe

Lucas Kurzweg, Sven Schirmeister, Yasmin Adomat, Sven Faist, Kathrin Harre, Martin Socher, Reinhard Bauer, Thomas Grischek
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, lucas.kurzweg@htw-dresden.de

Zusammenfassung

- Mikroplastik (MP) in einzelnen Proben nachgewiesen → keine durchgängige MP-Belastung der Elbsedimente
- Plastikfunde auf Bereiche der Sedimentablagerung (Häfen, Bühnenfelder, wasserbauliche Anlagen) beschränkt
- MP-Belastung der Elbsedimente nach aktuellem Wissensstand nicht besorgniserregend
- Erprobte Methode erfasst die MP-Grundlast nur in Senken oder nach akuten Eintragsereignissen

Probenahme auf der Elbe-Tour 2020

- Anzahl: 45 Sedimentproben
- Probenahmestellen: Flusssohle, Hafenbecken, Ufer
- Probenahmetechnik: Van-Veen-Bodengreifer, Schaufeln

Beschreibung der Sedimente

Bezeichnung	Partikelgröße [µm]	Anzahl der Proben
Schluffig-tonige Sedimente	< 63	32 Proben
Sandige Sedimente	63...2000	8 Proben
Kiesige Sedimente	> 2000	5 Proben
Makroplastik	> 5000	4 Proben



Abb. 1: Makroplastikfunde in 4 Sedimentproben aus der Elbe

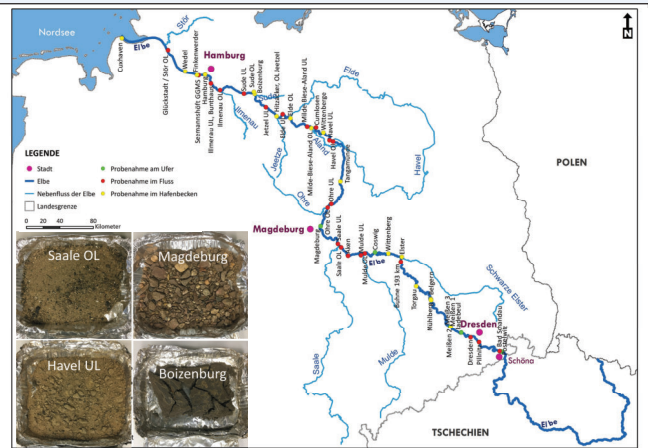


Abb. 2: Probenahmestellen 2020 entlang der Elbe und Fotos verschiedener Sedimente

Sichtprüfung und MP-Identifikation

Sichtprüfung:

- in angereicherten kiesigen und sandigen Proben → in 4 Proben je 1 MP-Partikel
- in schluffig-tonigen Proben: → Probe Wittenberg 54 MP-Partikel
 - 28 Folienfragmente
 - 15 Fragmente
 - 11 Fasern oder Gewebefragmente

IR-Mikroskopie an ausgewählten Partikeln:

- PE häufigstes Polymer (43 %) in Probe Wittenberg
- Kunstharze und PS in sandigen Proben

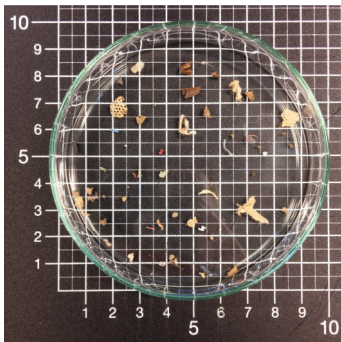


Abb. 3: 54 MP-Partikel aus der Probe Wittenberg

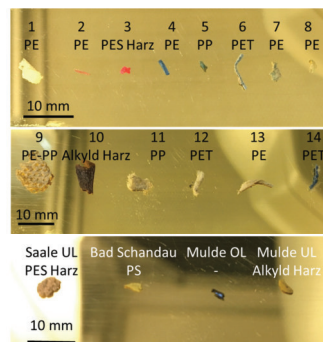


Abb. 4: Mit IR-Mikroskopie untersuchte MP-Partikel (1-14 aus Probe Wittenberg)

Erprobung einer neuartigen Methode zur MP-Analyse^[1]

MP-Anreicherung mittels Elektroseparation (ES):

- ES nur für kiesige und sandige Sedimente geeignet
- Sedimentabscheidung > 70 % (teilweise > 99 %)
- Separationsergebnis von Sedimenteigenschaften abhängig: Feinstaubanteil, organischer Gesamtkohlenstoffanteil, mineralische Zusammensetzung

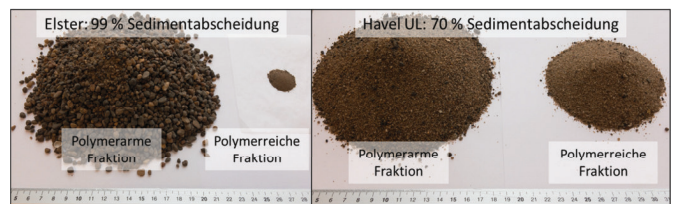


Abb. 5: Vergleich der Separationsergebnisse zweier Proben

MP-Bestimmung mittels dynamischer Differenzkalorimetrie (DSC):

- Untersuchte Polymere: PE, PP, PET, PA, PS, PVC
- Polymer- und probenspezifische Nachweisgrenzen (NG): Teilkristalline Polymere < amorphe Polymere
 - Hohe Sedimentabscheidung → niedrige NG

Probenahmestelle	Mikroplastikgehalt [mg/kg]		
	PE, PP, PET, PA	PS	PVC
Elster (größte Sedimentabscheidung)	< 2	< 13	< 3
Havel UL (kleinste Sedimentabscheidung)	< 749	< 5993	< 1498

Referenz

[1] Schirmeister, S.; Kurzweg, L.; Adomat, Y.; Faist, S.; Harzdorf, J.; Bauer, R. et al. (2023) Die Entwicklung eines Analyseverfahrens für Mikroplastik in Sedimenten mittels elektrostatischer Separation und thermodynamischem Fingerabdruck. In: Mitteilungen Umweltchemie Ökotoxikologie 2, 44-47



Wirkung von Mikroplastik in Sedimenten

Yasmin Adomat, Lina Ehrmsperger, Anna Lenja Kausch

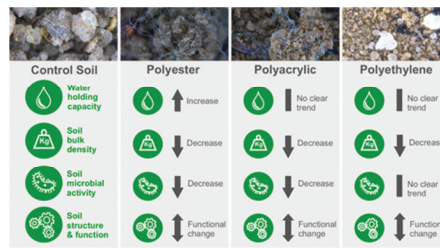
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, yasmin.adomat@htw-dresden.de

Offene Fragen und Forschungsschwerpunkte

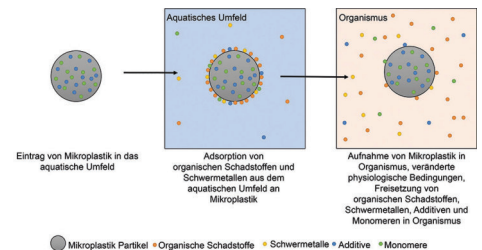
- Bewertung und Verständnis physikochemischer Wechselwirkungen in Sedimenten
- Bewertung physikochemischer Wirkungen auf Ökosystemleistungen
- Bewertung der Langzeitfolgen von Mikroplastik für Menschen, Tiere und Pflanzen

Einfluss auf Sedimentbeschaffenheit und Zusammensetzung [1]

- Schüttdichte
- Wasserspeicherkapazität
- Porengröße
- Sauerstofftransfer
- Wasserverdunstungsrate
- Bodenfruchtbarkeit



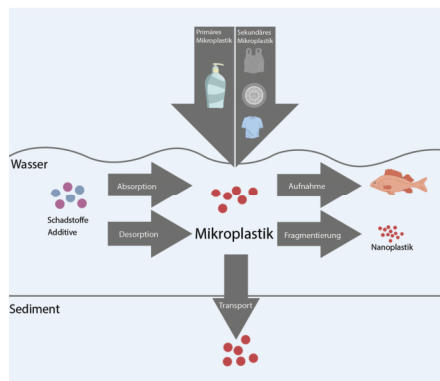
Auswirkung verschiedener Polymere auf die Sedimentbeschaffenheit [1]



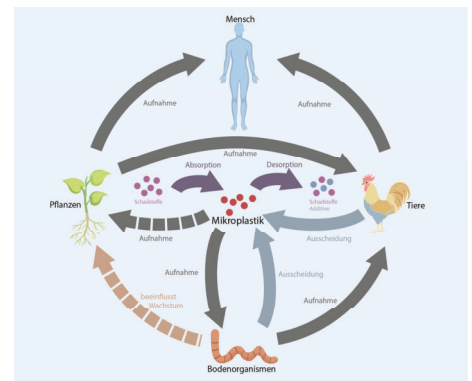
Wechselwirkung von Schadstoffen/Schwermetallen, Additive mit Mikroplastikpartikeln [5]

Schadstoffe/Schwermetalle, Additive und Pathogene [3]

- Freisetzung von Weichmachern, Flammschutzmitteln, Antioxidantien und Fotostabilisatoren
- Vektorfunktion für (pathogene) Mikroorganismen, Viren und persistente organische Schadstoffe und Schwermetalle



Mikroplastikeintrag und Interaktion in Gewässern



Interaktion von Mikroplastik mit Organismen in Sedimenten

Folgen für

Boden(mikro)organismen [2,3]

- Oxidativer Stress
- Eingeschränkte Lebensbedingungen durch veränderte Bodenbeschaffenheit
- Verwechslung mit Biofilm beschichteter oder gefärbter Partikel mit Nahrung
 - Akkumulation im Magen-Darm-Trakt → Gewichtsverlust, Verletzung/Veränderungen der Organe

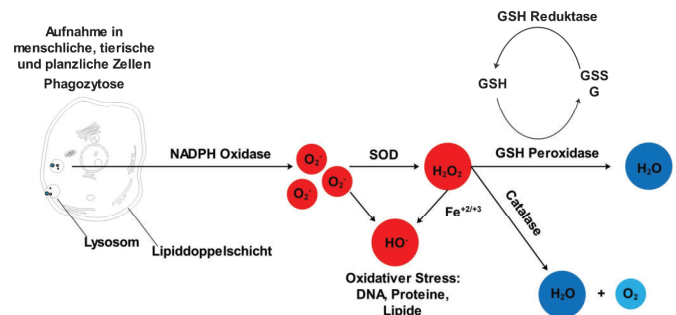
Pflanzen [2]

- Bisher nur Aufnahme von Nanoplastik beobachtet
 - Oxidativer Stress?

Menschen und Tiere

- Oxidativer Stress → (Autoimmun)Erkrankungen?
- Akkumulation

Oxidativer Stress: Stoffwechszustand, der durch eine hohe Konzentration an reaktiven Sauerstoffspezies gekennzeichnet ist. Diese schädigen zahlreiche Zellstrukturen, da sie danach streben, ihr Elektronendefizit auszugleichen.



Aufnahme von Mikroplastik in eine Zelle durch Phagozytose, Erzeugung von oxidativem Stress in Form von antioxidativen Enzymen. Superoxid Dismutase (SOD), Katalase und Glutathion (GSH) Peroxidase [4]

Referenzen

[1] de Souza Machado et al. (2018) Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment. Environ. Sci. Technol. 52, 9656–9665. [2] Ng, E. et al. (2018) An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. Science of the Total Environment 627, 1377–1388. [3] Ma, H. et al. (2020) Microplastics in aquatic environments: Toxicity to trigger ecological consequences. Environ. Pollut. 261, 114089. [4] Weidung, M. et al. (2017) Auswirkungen von synthetischen und natürlichen Mikropartikeln auf Miesmuscheln (Mytilus edulis) und Felsenegeln (Palaemon varians). Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie 23, 73–76. [5] www.gtl-labor.de (abgerufen am 08.06.2021).



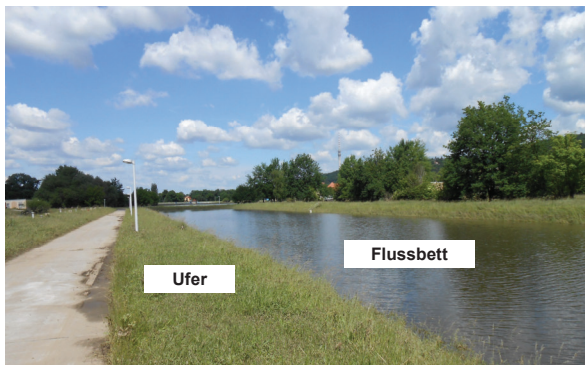
Probenahme von Mikroplastik in Sedimenten

Yasmin Adomat

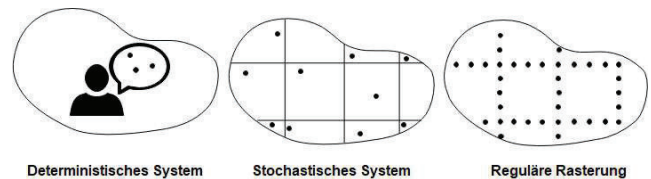
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, yasmin.adomat@htw-dresden.de

Offene Fragen und Forschungsschwerpunkte

- Entwicklung eines Konzepts für eine repräsentative Erfassung von Mikroplastik in Sedimenten
- Untersuchung der Eignung handelsüblicher Sedimentprobenehmer für die Mikroplastikprobenahme
- Quantifizierung und Bewertung des Verlusts an MP bei der Probenahme sowie des Kontaminationsrisikos



Uferbereich und Flussbett der Elbe bei Dresden ©HTWD



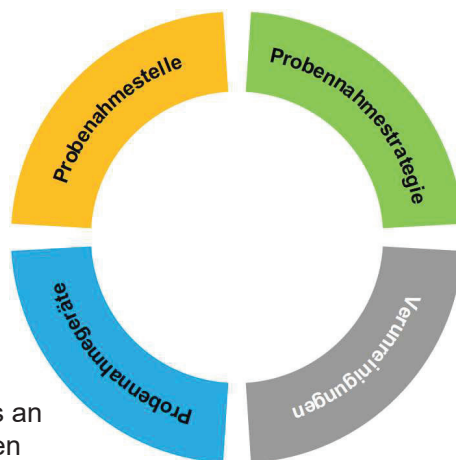
Mögliche Probenahmestrategien für Mikroplastik in Flusssedimenten [1]

Deterministisches System: Probenahmepunkte werden basierend auf Vermutungen und Recherchen ausgewählt

Stochastisches System: Gebietseinteilung in Teilabschnitte und statistische Ermittlung der Probenahmepunkte

Reguläre Rasterung: Probenahmestellen werden in regelmäßigen Rastern festgelegt

- Mikroplastik wird im Uferbereich und im Sohl sediment von Fließgewässern nachgewiesen
- Belastungsgrad und Vergleich der beiden Zonen noch nicht erforscht
- Wahl des Probenahmegeräts ist von Probenahmestelle abhängig



(Baum)wolle

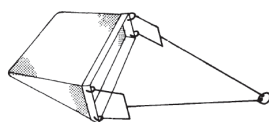


Edelstahl

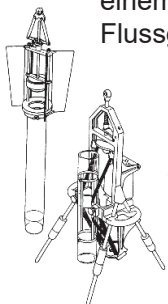
Glas



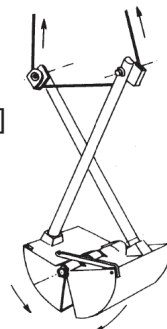
Vermeidung von Mikroplastikverunreinigungen durch polymerarmes Material



Schleppnetz: Netz, welches an einem Boot befestigt über den Flussgrund gezogen wird [2]



Kernlochbohrer: Sonde, welche in das Sediment eingeführt wird und eine zylindrische Probe entnimmt [2]



Bodengreifer: Besteht aus zwei metallischen Schaufeln, welche sich in das Sediment graben und mittels eines Mechanismus schließen [2]

Gefahr durch Verunreinigungen während der Probenahme durch:

- Polymerhaltiges Material der Geräte und Probengefäße
- Polymerhaltige Kleidung
- Mikroplastikpartikel aus der Luft
- Mikroplastikpartikel in Reinigungs- und Spüllösungen

Referenzen

[1] Adomat, Y., Grischek, T. (2021) Sampling and processing methods of microplastics in river sediments – A review. Sci. Total Environ. 758, 143691. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143691>.

[2] Baudo, R. (1990) Sediment sampling, mapping, and data analysis. In: Baudo, R., Giesy, J., Muntau, H. (eds.) Sediments: Chemistry and toxicity of in-place pollutants. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 15-50.



Die Analyse von Mikroplastik in Umweltproben

Sven Schirrmeister

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, Sven.Schirrmeister@htw-dresden.de

Zusammenfassung

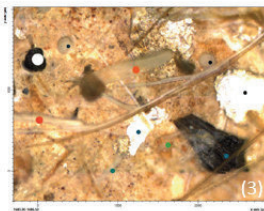
- Mikroplastikpartikel (MP) können durch mehrere Methoden untersucht werden [1]
- Jede Methode führt zu anderen Erkenntnissen
- Untersuchung der Mikroplastikbelastung der Umwelt muss harmonisiert werden

Wie kann (Mikro)-Plastik analysiert werden?

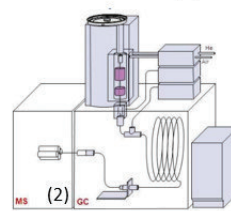
Kunststoffe werden oft als Plastik bezeichnet. Damit sind eigentlich Polymere gemeint. Polymere sind sehr lange Molekülketten, deren Kettenglieder (Monomere) sich immer wieder wiederholen. Durch den Aufbau der Monomere lassen sich Polymere unterscheiden und in Umweltproben analysieren.

Methoden

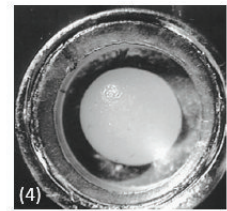
Mikroskopie + FTIR /Raman



GC-MS-Kopplung



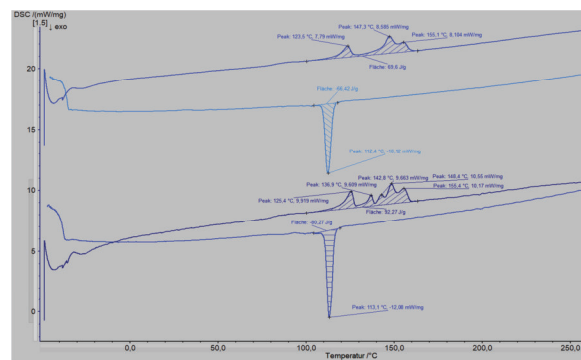
DSC/TGA



Verfahren	spektroskopisch	chemisch-thermisch	thermoanalytisch
Robustheit	++	+	+++
Empfindlichkeit	++	+++	+
Erkenntnisse zu Mikroplastik	Anzahl + Form	Masse	Masse

Anforderungen an die Umweltanalytik

- Hoher Probendurchsatz
- Kosteneffiziente Analyse
- Einfache Probenvorbereitung
- Tauglichkeit zum Monitoring
- Vergleichbarkeit der Analysen



Thermogramm einer Umweltprobe aus der DSC

Referenzen

[1] Altmann, K.; Braun, U. (2021) OST 1 Vergleichsversuch, Plastik Net, 04.02.2021, <https://bmbf-plastik.de/de/publikation/ost1-vergleichsversuch>. [2] Braun, U.; Eisenbraun, P. (2019) Vortrag, BAM, 06.06.2019, <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/mikroplastik-als-analytische-herausforderung.pdf>. [3] Lumos II Broschüre; www.bruker.com/optics, Herstellerangaben. [4] Frick, A.; Stern, C. (2013) DSC-Prüfung in der Anwendung, 2. Aufl., München: Hanser



Verhalten von Mikroplastik in der Umwelt

Lucas Kurzweg

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, lucas.kurzweg@htw-dresden.de

Zusammenfassung

- Mikroplastikpartikel (MP) unterliegen einer ständigen Veränderung in der Umwelt [1]
- Wichtige Mechanismen sind Sedimentation, Aggregation und Erosion
- Viele dieser Mechanismen sind für MP nicht ausreichend untersucht und daher Forschungsgegenstand der Nachwuchsforschergruppe VEMIWA an der HTW Dresden

Sedimentation (Stokes-Gleichung)[2]

$$w_P = \frac{1}{18} * \frac{d_P^2 * g}{\eta_F} * (\rho_P - \rho_F)$$

w_P – Sinkgeschwindigkeit des Partikels, d_P – Partikeldurchmesser, ρ_P – Partikeldichte, ρ_F – Dichte des Fluids, η_F – dynamische Viskosität des Fluids, g – Erdbeschleunigung

- Je nach Polymertyp flotieren oder sedimentieren MP

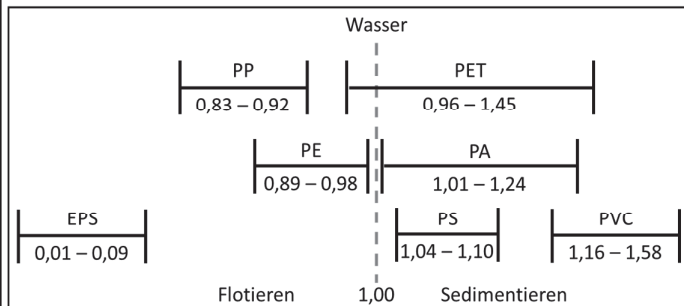
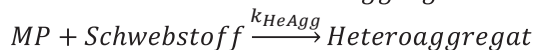
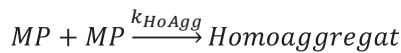


Abb. 1: Dichte (in g/cm³) ausgewählter Polymertypen im Vergleich zu Wasser

Aggregation (von Smoluchowski)[3]



$$\frac{dn_{MP}}{dt} = -k_{HeAgg} * n_{MP} * n_S = -\alpha_{MP,S} * \beta_{MP,S} * n_{MP} * n_S$$

n_{MP} – Konzentration der MP-Partikel, n_S – Konzentration Schwebstoffpartikel, t – Zeit, k_{HoAgg} – Geschwindigkeitskonstante der Homoaggregation, k_{HeAgg} – Geschwindigkeitskonstante der Heteroaggregation, $\alpha_{MP,S}$ – Anhaftungsfaktor zwischen MP- und Schwebstoffpartikeln, $\beta_{MP,S}$ – Kollisionsfrequenz von MP- und Schwebstoffpartikeln

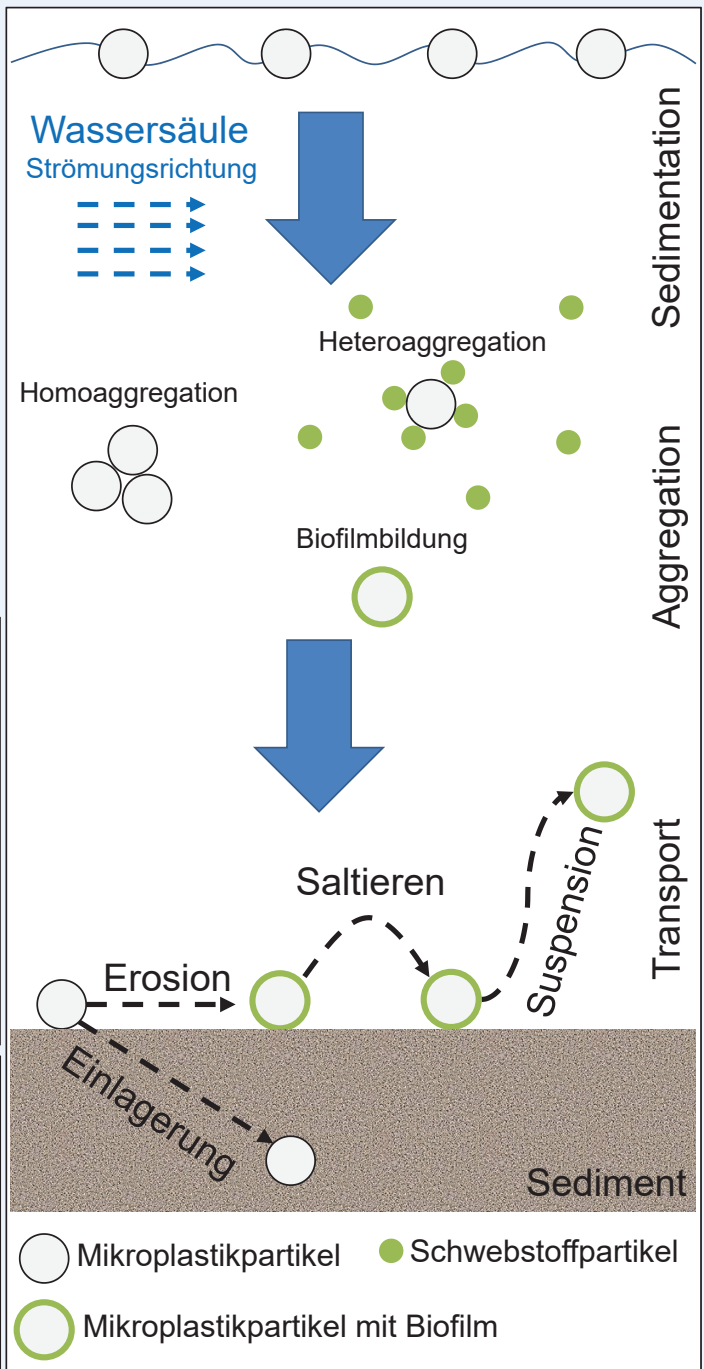
- Heteroaggregation → Gesamtdichte des Partikels steigt
- Bewuchs durch Algen und Bakterien → Biofilmbildung

Transport (Shields-Parameter)[4]

$$\tau_{c,MP} = d_{MP} * g * (\rho_P - \rho_F) * 0,5588 \theta_{c,Sed} * \left[\frac{d_{MP}}{d_{50,Sed}} \right]^{-0,503}$$

$\tau_{c,MP}$ – kritische Schubspannung, $\theta_{c,Sed}$ – kritischer Shields-Parameter Sohl sediment, d_{MP} – Durchmesser MP, $d_{50,Sed}$ – Mittlerer Partikeldurchmesser Sohl sediment, ρ_P – Partikeldichte, ρ_F – Fluidichte, g – Erdbeschleunigung

- Transport: Überschreiten der kritischen Schubspannung
- Einlagerung: Geringe Schubspannung



○ Mikroplastikpartikel ● Schwebstoffpartikel
○ Mikroplastikpartikel mit Biofilm

Referenzen

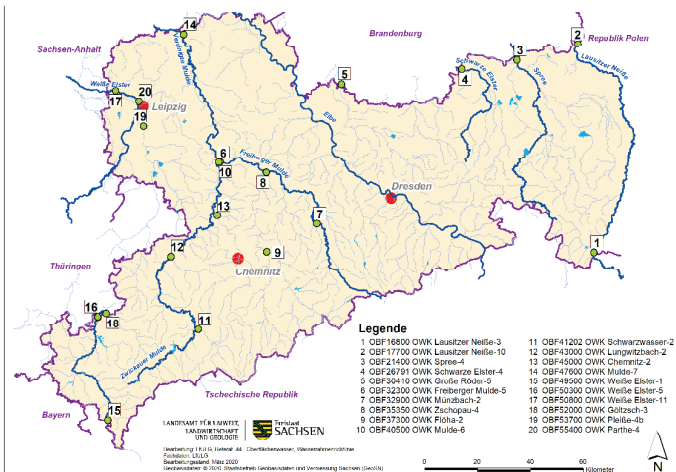
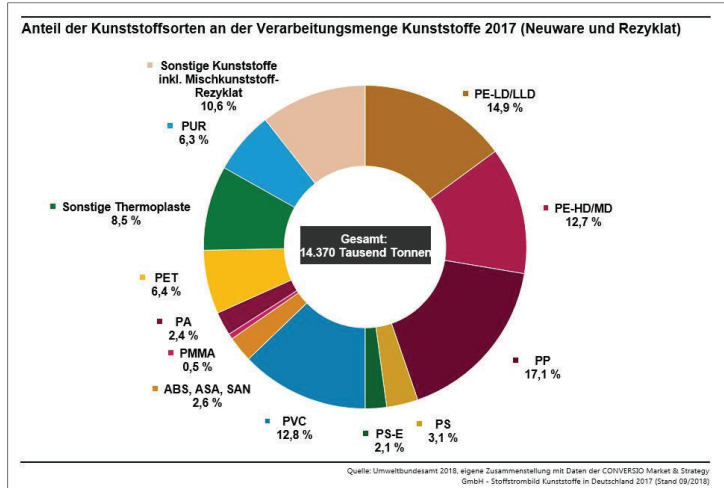
[1] Yan, M. Wang, L.; Dai, Y.; Sun, H.; Liu, C. (2021) Behavior of microplastics in inland waters. Aggregation, settlement, and transport. *Bulletin Environ. Contam. Toxicol.* 10. DOI: 10.1007/s00126-020-03087-2. [2] Schwister, K.; Leven, V. (2014) Verfahrenstechnik für Ingenieure. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag. [3] Smoluchowski, M. von (1917) Versuch einer mathematischen Theorie der Koagulationskinetik kolloider Lösungen. *Zeitschrift für physikalische Chemie Leipzig* 92, 129-168. [4] Waldschläger, K.; Schütttrumpf, H. (2019) Erosion behavior of different microplastic particles in comparison to natural sediments. *Environ. Sci. Technol.* 53(2), 13219-13227.

Abteilung 4 Referat 44 – Oberflächenwasser, Wasserrahmenrichtlinie

Mikroplastik in sächsischen Fließgewässern

Plastik in der Umwelt

- Die Plastikproduktion steigt weltweit stetig an und betrug im Jahr 2017 in Deutschland ca. 14 Mio. Tonnen.
- Ca. 446.000 t/a Kunststoff gelangen in die Umwelt.
- Klassifizierung der Größe nach:
 - > 25 mm → Makroplastik
 - 5-25 mm → Mesoplastik
 - < 5 mm → Mikroplastik
- Einträge in die Umwelt unter anderem durch:
 - Mischwasserüberläufe
 - Abschwemmungen
 - Littering



Probenahmestellen an ausgewählten Oberflächenwasserkörpern (OWK) in Sachsen

Aufgabenstellung

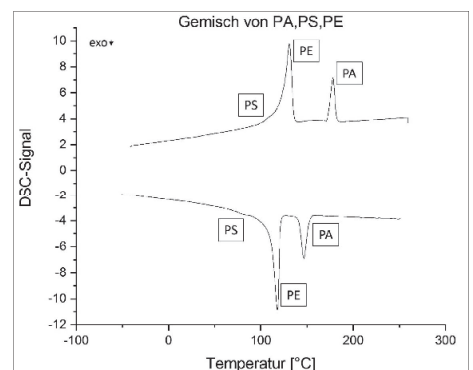
- Mikroplastik stellt potentiell eine Gefahr für aquatische Lebewesen dar.
- Gewässer sind durch vom Land stammendes (Mikro-)Plastik belastet.
- Zurzeit ist noch keine routineteugliche Methode zur Analytik von Mikroplastik vorhanden.
- Dementsprechend wenig Forschungsergebnisse zu Vorkommen und Wirkung von Mikroplastik sind bekannt.
- Sedimentation wird als Senke für Mikroplastik in limnischen Systemen angesehen.
- Handlungsbedarf im Sinne des vorsorglichen Umweltschutzes gegeben

Herangehensweise

- Probenahmen von Sedimenten aus der Sohle an 20 Stellen sächsischer Fließgewässer
- Aufarbeitung der Proben im Labor durch:
 - Trocknung
 - Siebung (≤ 5 mm)
 - Elektrostatische Separation
 - Homogenisierung
- Analytik mittels Dynamischer Differenzkalorimetrie
- Auswertung quantitativ und qualitativ möglich



Sedimentprobe OBF16800 OWK Lausitzer Neiße-3.



Thermogramm der Heiz- und Abkühlphase eines Polymergemisches aus Polystyrol (PS), Polyethylen (PE) und Polyamid (PA)

Quellennachweis

- Umweltbundesamt / CONVERGIO Market & Strategy GmbH, Anteil der Kunststoffe an der Verarbeitungsmenge Kunststoffe, 2017.
- Fraunhofer Umsicht, Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik, 2018.
- Abschlussbericht zum Werkvertrag, HTW Dresden, Mikroplastik, 2018.