

BMBF-Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt –
Quellen • Senken • Lösungsansätze“

Kernbotschaften

Kurzfassung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

Einleitung

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat 2017 den nationalen Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“ aufgelegt, der zu den weltweit größten wissenschaftlichen Aktivitäten zu diesem Thema gehört. Ziel war es, eine systemische Betrachtungsweise anzustoßen und ein besseres Verständnis der Umweltauswirkungen von Plastikmüll zu erhalten. Es wurden insgesamt 20 Verbundprojekte mit mehr als 100 beteiligten Institutionen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis sowie ein wissenschaftliches

Begleitvorhaben mit etwa 40 Millionen Euro gefördert. Im Gesamtergebnis hat der Forschungsschwerpunkt wissenschaftliche Verfahren, Methoden und Instrumente zur Untersuchung von Plastik in der Umwelt (weiter-)entwickelt. Bestehendes Grundlagenwissen wurde erweitert und wichtige Fortschritte in verschiedensten Bereichen erzielt, welche entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Kunststoffe ausgerichtet sind: Green Economy, Konsum und Verbraucherverhalten, Recycling, Limnische Systeme, Meere & Ozeane.



MaReK



ResolVe



Abbildungen:

Titel: Emily Bernal / unsplash.com

S.3: Varun Gaba / unsplash.com, Lena Aebli / Ecologic Institute, Jennifer Rahn / Ecologic Institute, Brian Yurasits / unsplash.com

S.4: Ropable / commons.wikimedia.org, RITTEC Umwelttechnik / borowiakziehe, Mathias Mensch

S.5: Nicole Zumbülte/TZW, Julian Brehm/Uni Bayreuth

S.6: Saskia Ziemann/Projekträger Karlsruhe, BMBF/Gesine Born

S.7: Naja Bertolt-Jensen/unsplash.com

Green Economy

Im Rahmen einer Green Economy wurden die Einträge und Verluste von Kunststoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion über die Nutzungsphase in relevanten Branchen betrachtet mit dem Ziel, Maßnahmen zur Verringerung von Kunststoffeinträgen zu entwickeln.



Reifenabrieb stellt eine der größten Quellen für Mikroplastik in der Umwelt dar. Hotspots der Entstehung sind Kurven, Ampeln und Kreuzungen [1].

- » Neben der Verringerung des Individualverkehrs sind die Nutzung abriebarmer Reifen sowie eine defensive Fahrweise Ansätze, um die Entstehung von Reifenabrieb zu reduzieren. Einträge lassen sich außerdem durch eine optimierte Straßenreinigung reduzieren. Bisher unbehandeltes Niederschlagswasser von Straßen ist an städtischen Hotspots einer entsprechenden Behandlung zu unterziehen.

Bei der Nutzung von kunststoffhaltigen Produkten entstehen **(Mikro-) Plastikemissionen**, u. a. durch **Textilwäsche** [2], Wasch- und Reinigungsmittel sowie Abrieb von Produkten im Gebrauch. Vor allem beim ersten Waschen von Kleidung wird viel faserförmiges Mikroplastik emittiert.

- » Bei Textilien aus synthetischen Fasern müssen alle Stufen der Verarbeitung optimiert werden; z. B., um überschüssige Fasern durch Vorreinigung bereits vor dem Inverkehrbringen zu entfernen.

Bei der Umsetzung von Innovationen ist die **gesamte Wertschöpfungskette** zu berücksichtigen, um zu gewährleisten, dass (ökobilanzielle) Vorteile an der einen Stelle (z. B. Produktverpackung) nicht zu Nachteilen anderswo (z. B. Transportverpackung) führen.

Eine **wirksame Regulierung** zu umweltfreundlicher Produktgestaltung muss bei den Herstellern von (Kunststoff-) Produkten ansetzen und auf Vermeidung zielen [3].



Konsum und Verbraucherverhalten

Wichtige Bereiche des Plastikreislaufs sind Konsum und Verbraucherverhalten, aber auch Handel und Produktion. Untersucht wurden Maßnahmen, die sinnvoll und effektiv zu einem nachhaltigeren Konsumverhalten führen können, um daraufhin Lösungsstrategien und Empfehlungen zu erarbeiten.

(Mikro-) Plastikemissionen während und nach der Nutzungsphase von Produkten lassen sich v. a. durch **längere Lebenszyklen** von Kunststoffprodukten verringern (z. B. weniger Einweg, Fast Fashion). Jedoch erschweren bisher die niedrigen Preise für Einweglösungen und Primärkunststoff sowie ein erhöhter Kostenaufwand für Mehrwegprodukte eine Substitution solcher Materialien und Produkte.

- » Dies kann durch regulatorische Maßnahmen forciert werden: durch **stärkere Anreize zur Vermeidung** (z. B. finanziell in Form von Verpackungssteuern oder Subventionen) oder durch Auflagen (z. B. Verbote von Einwegplastik[-verpackungen] bei Märkten, Festen und Veranstaltungen).
- » Produkte, deren sachgemäße Nutzung zu ihrem Kontakt mit oder Verbleib in der Umwelt führt, sollten unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten durch Produkte ohne Kunststoff ersetzt und die Nutzung von Alternativen für Einmalprodukte gestärkt werden.

Bei **Produkten/Verpackungen**, in denen Kunststoffe für die Funktion unabdingbar (z. B. bestimmte Medizinprodukte) oder ökologisch sinnvoll sind (u. a. bestimmte Gebrauchsgüter und/oder wiederverwendbare Verpackungen), sind folgende Aspekte zu beachten: Produkte stabil und recycelbar gestalten; Hinweise zur ordnungsgemäßen Entsorgung aufbringen; **stärkere Standardisierung** von Einheitsformen für unterschiedliche Mehrweg-Gebindegrößen und Einsatzbereiche vorantreiben; verpflichtende, **transparente Deklaration** von Additiven und Hilfsstoffen festlegen.

Bestehende [nationale und internationale] **Regulierungsansätze** (wie z. B. die EU-Einwegkunststoffrichtlinie) erfassen nicht alle relevanten kunststoffhaltigen Produkte und Verpackungen, die ganz oder in Teilen in die Umwelt eingetragen werden, und zielen außerdem stark auf private Verbraucher:innen ab, was angesichts deren begrenzter Einflussmöglichkeiten **nicht ausreichend** ist [4].

- » Um eine Veränderung von Nutzungs- und Entsorgungspraktiken zu bewirken, sollte ein direkter Beitrag des eigenen Verhaltens erkennbar sein oder vermittelt werden können und **praktikable Alternativen** verfügbar sein ebenso wie leicht verständliche und gut umsetzbare Handlungsempfehlungen.
- » Bildung und Aufklärung für einen **nachhaltigeren Umgang mit Kunststoffen** ist in allen Altersgruppen zu stärken: mit Infoveranstaltungen (u. a. Fortbildungen, Beteiligungsformate), Handreichungen (z. B. Vermeidung von Kunststoffabfällen, richtige Entsorgung von Abfällen,) und durch Bildungsmaterialien (z. B. in Kinderbetreuungseinrichtungen, Schulen und Hochschulen).



Recycling

Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung innovativer Verfahren, um die Sammlung von Altprodukten und das Recycling zu erleichtern sowie den Anteil hochwertiger stofflicher Verwertung von Kunststoffabfällen zu steigern und so eine Kreislaufschließung anzustreben.

Die **Abfallsammlung** in Deutschland bedarf einer innovativen konzeptionellen und technologischen Weiterentwicklung, um die Sammelqualitäten zu optimieren und Verluste in die Umwelt zu reduzieren. Dazu gehört u. a. eine Ausweitung von Getrennsammelsystemen für hochwertige Kunststoffe (ggf. Pfandsysteme), die komplette Umstellung auf Tonnensysteme bei der haushaltsnahen Leichtverpackungs-Sammlung und sensorgestützte Kontrollmechanismen im Sammelprozess zur Reduzierung von **Fehlwürfen** bspw. in der Biomüllsammlung.

Die derzeitige Sortiertechnik weist erhebliche Defizite bei der Unterscheidung von Lebensmittel- und Nicht-Lebensmittelverpackungen, Ein- und Mehrschichtfolien sowie bei der Abtrennung von Stoff-Unterklassen (z. B. PET-Schalen und PET-Flaschen) auf. Für eine effizientere Aufbereitung und **hochwertige Wiederverwertung** von Kunststoffprodukten sind sortenreine Fraktionen nötig.

Das entwickelte Tracer-Based-Sorting bietet eine komplette technische Lösung für eine wesentlich bessere Sortierung aller Kunststoffe und sollte daher breiter eingesetzt werden.

Moderne **chemische Recyclingverfahren** können als Ergänzung bereits etablierter Verfahren zu höheren Recyclingquoten beitragen. Insbesondere die Nutzung komplexer Abfallströme, die bislang nur thermisch verwertet wurden, hilft bei der Erschließung wertvoller Ressourcen.

- » Die **technischen und ökologischen Vorteile** der entwickelten chemischen Recyclingverfahren (revol-PET®, Resolve-Verfahren) sprechen für eine gesetzliche Anerkennung zur Erfüllung der Recyclingquoten des Verpackungsgesetzes. [5, 6, 7]

Um beim Verpackungsrecycling die **tatsächliche Recyclingquote** substantiell zu **erhöhen**, müssen alle Stakeholder in der Wertschöpfungskette von der Materialentwicklung über die Inverkehrbringer bis hin zur Entsorgungswirtschaft echte Innovationen umsetzen und aufeinander abstimmen: Design-for-Recycling, konsequente Sammlung, präzise Sortierung in alle zu unterscheidenden Fraktionen sowie innovative, **CO₂-effiziente Aufbereitungstechnologien**.

Limnische Systeme

Das Risikomanagement von Mikroplastik im Süßwasserbereich erfordert verlässliche Daten über Auftreten, Wirkung, Verhalten und mögliche Eintragswege. Abgestimmte und harmonisierte Analysemethoden sind zentrale Voraussetzung für die Bewertung von möglichen Gefährdungen durch Mikroplastik sowie für Lösungsansätze zur Reduktion dieser Einträge [u. a. Eliminationsverfahren].



Bei der **Analytik von Mikroplastik** konnten in allen Schritten – Probennahme, Probenaufbereitung und Detektion – entscheidende Fortschritte erzielt werden [8]. Dieses Knowhow bildet die wesentliche Grundlage für die Erarbeitung nationaler, europäischer und internationaler Standards: ein **erstes Normungsverfahren** zur Analytik von Mikroplastik bei der Internationalen Organisation für Normung (ISO) kann bald verabschiedet werden (ISO-TC-147 Water/ISO-TC-61 Plastics).

- » Mit Anwendung verschiedener – in Abhängigkeit von Untersuchungsziel, Umweltmedium, Material und Repräsentativität entwickelten – Probennahme-Apparaturen konnte gezeigt werden, dass bei Umweltproben für Partikel bis auf 10 µm Größe sowohl die Probennahme (Stichprobe/kontinuierlich) als auch die **Quantifizierung von Partikelanzahl oder Polymermassen** verlässlich durchführbar ist.
- » Das **analytische Fenster konnte** bis zur Detektion von bis zu 200 nm kleinen Mikroplastikpartikeln **erweitert werden** durch die Kopplung von Feldflussfraktionierung und Raman-Mikrospektroskopie
- » Ein durchgeführter Vergleichsversuch konnte zeigen, dass sowohl thermoanalytische als auch spektroskopische Methoden geeignet sind, Mikroplastik zu identifizieren und hinreichend genau zu quantifizieren. Für die bessere Vergleichbarkeit der Messergebnisse müssen Methoden für die Probennahme und die Detektion von Wasser-, Abwasser- und Feststoffproben (Klärschlämme) insbesondere mit komplexer Matrix weiter harmonisiert werden. Die Auswahl des Detektionsverfahrens für die Untersuchungen richtet sich nach der jeweiligen Ziel- und Fragestellung. **Eine Umrechnung von Partikelzahlen in Massegehalte und umgekehrt sollte nicht erfolgen.**

Es wurden unterschiedliche Quellen von Kunststoffen und ihre Eintragspfade in die Umwelt untersucht, um die Relevanz einzelner **Quellen, Pfade** und **Prozesse** abschätzen zu können.

- » Eine bedeutende Quelle für Kunststoffteile in der Umwelt ist **Littering** – achtloses Wegwerfen und Liegenlassen von Plastikmüll [9] – u. a. bei kulturellen Großveranstaltungen [10, 11]. Gelitterte Kunststoffe können zu punktuell hohen Einträgen von (Mikro-)Plastik in die Umwelt führen. Daneben gibt es weitere

diffuse Quellen, beispielsweise Sportplätze mit Kunstrasen, Baustellen, Deponien etc. [12]

- » In kommunalen Kläranlagen werden über 95 % des Mikro- und Makroplastiks $> 10 \mu\text{m}$ aus dem Abwasser entfernt (u. a. häusliche Abwässer und Niederschlagswasser), weshalb der **Eintrag aus kommunalen Kläranlagen in die Gewässer gering** ist. Mit Hilfe weiterer Verfahrenstechniken (z. B. nachgeschaltete Filteranlagen wie Sandfilter, Tuchfilter, Mikrosiebe oder Membranverfahren) kann der Mikroplastik-Rückhalt auf nahezu 100 % erhöht werden. Faserförmige Partikel werden dabei jedoch schlechter zurückgehalten als sphärische (kugelförmige). Geringe Restgehalte im Ablauf von Kläranlagen können Oberflächengewässer erreichen. [13, 14] Die Partikel sammeln sich schließlich im Rechen- und Sandfanggut (vor allem Makroplastik) oder bleiben im Klärschlamm (Mikroplastik) zurück [14-16]. Dieser sollte daher thermisch und nicht bodenbezogen verwertet werden, um weitere Mikroplastik-Einträge in der Landwirtschaft zu vermeiden.
- » Erste Untersuchungen lassen auf **hohe Emissionen** in Böden und Gewässer über **Mischwasserentlastungen** und **unbehandeltes Niederschlagswasser** (aus der Trennkanalisation oder Abflüsse von Verkehrsflächen) schließen. Weitergehende Messungen sind erforderlich, um diese Einträge genauer zu erfassen und Gegenmaßnahmen abzuleiten. Allerdings ist die Reduktion von Kunststoffemissionen in der Siedlungswasserwirtschaft als End-of-Pipe-Lösung oft mit hohem technischem und wirtschaftlichem Aufwand verbunden.

Die Auswirkungen von Mikroplastik auf Pflanzen und Tiere sind bisher nicht vollständig beschrieben. Mikroplastik hat unterschiedliche Eigenschaften, die bestimmen, ob und wie es von Lebewesen aufgenommen wird und inwiefern es für diese schädlich ist. Eine akute Toxizität konnte bisher nicht nachgewiesen werden, aber Auswirkungen auf die Fitness und Aktivität wurden bei einigen aquatischen Organismen aufgezeigt. Für Plastikpartikel $< 10 \mu\text{m}$ gibt es bisher keine ausreichenden Daten. Im Sinne des Vorsorgeprinzips ist die Politik dafür verantwortlich, eine **Minimierung des Eintrags von Kunststoffen in die Umwelt** zu erreichen, um potenzielle Beeinträchtigungen zu verringern.

- » Mikroplastik kann toxische Additive freisetzen, die in unterschiedlichen Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft) nachgewiesen wurden. Eine **Deklarationspflicht** zur Zusammensetzung von Kunststoffen und zugesetzten Additiven über die gesamte Wertschöpfungskette ist erforderlich, um alle Akteure darüber zu informieren und als Grundlage für hieran anknüpfende rechtliche Regelungen.



Meere und Ozeane

Im Mittelpunkt standen die Erfassung der räumlichen Verteilung und Variabilität von Mikroplastik von den Flussmündungsgebieten über die Küstengewässer bis in die Ost- und Nordsee. Eine bessere Identifizierung der Eintragspfade, der Transportwege sowie von Akkumulationsräumen innerhalb der marinen Gewässer schaffen Grundlagen für zukünftige Monitoring- und Überwachungsstrategien.

Es wurden geeignete Probenahme- sowie Probenaufbereitungsverfahren entwickelt, um Mikroplastik bis $10 \mu\text{m}$ in der marinen Umwelt bestimmen zu können. Durch Softwareentwicklungen für spektroskopische Messungen konnte die Identifikation von Kunststoffen verbessert und automatisiert werden. Die Analyseergebnisse wurden in eine **Marine Plastik Datenbank (MPDB)** überführt und stehen dort Stakeholdern zur weiteren Nutzung zur Verfügung.

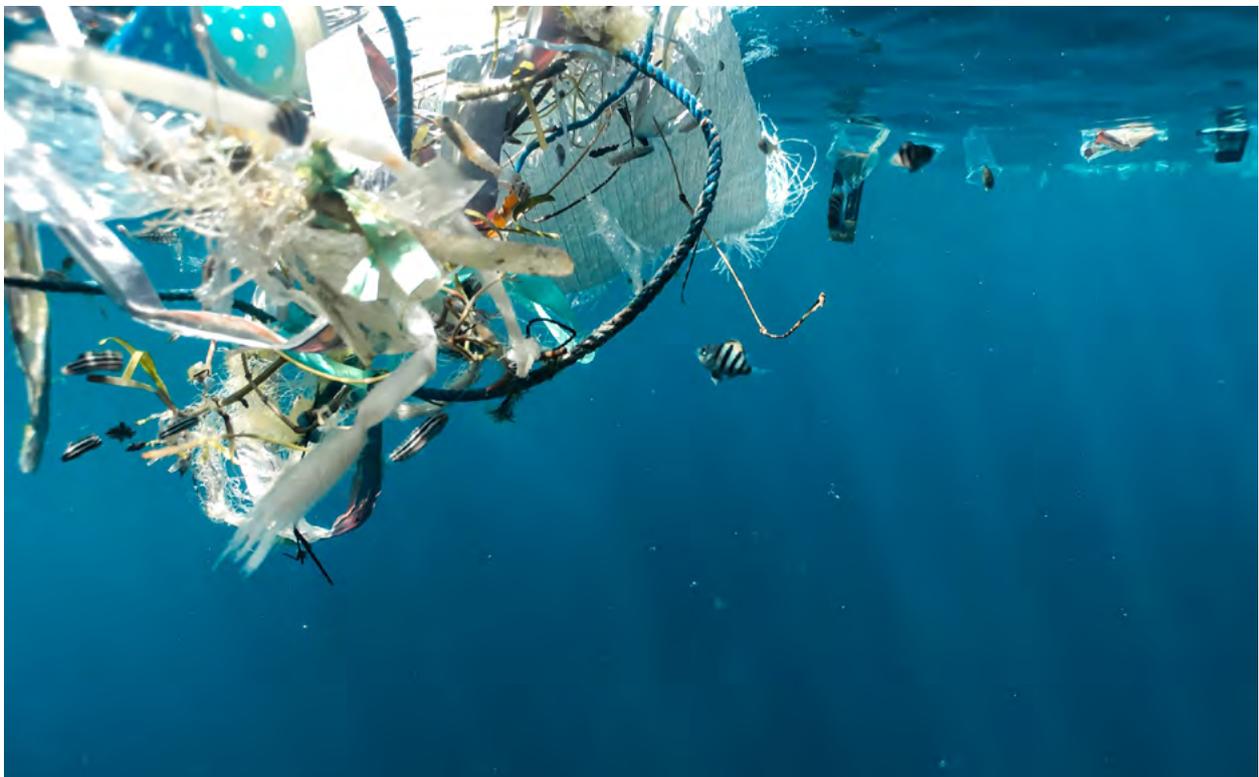
Durch **hydrologische und Landnutzungs-Modelle** wurden **Eintragspfade** in die Flussmündungsgebiete identifiziert. Punktuelle Einträge sind gegenüber diffusen Einträgen zu vernachlässigen. Landwirtschaftliche Nutzungen – wie u. a. die Klärschlammaufbringung – haben dagegen großen Einfluss.

Der **Eintrag von Plastikpartikeln über Flussmündungen** wird durch die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt. Kleinere Mikroplastikpartikel zeigen ein höheres Ausbreitungspotential und gelangen sehr viel einfacher aus den landbezogenen MP-Quellen in die Küstengewässer. In den Flussmündungsgebieten konnte bislang kein kontinuierlicher Anstieg von Mikroplastik vom Oberlauf bis zur Mündung festgestellt werden.

Der **Transport und die Akkumulation von (Mikro-)Plastik** innerhalb der Küstengewässer wird von den Strömungsverhältnissen, dem Tideeinfluss sowie dem Abflussgeschehen bestimmt. Insbesondere Extremwetterereignisse (Starkregen, Hochwasser) führen zu einem verstärkten Eintrag sowie einer Remobilisierung von bereits sedimentierten Partikeln. Biofilmbildung auf (Mikro-)Plastik sowie Mineral- und Aggregatbildung lässt auch Plastikpartikel mit geringer Dichte absinken und verstärkt die Sedimentation von Plastikpartikeln.

Die **Hauptanreicherungsgebiete** von (Mikro-)Plastik sind **Strände, Sedimente** und **Hafenbecken**. Insbesondere Hafenbecken wurden als Hotspot-Gebiete für die Anreicherung von Farbstoffpartikeln ermittelt. In diesem Bereich besteht weiterer Forschungsbedarf.

Da Littering ein sehr bedeutender Eintragspfad in die Ozeane ist, sind **Citizen Science-Projekte** ein wichtiger Beitrag gegen Littering in Flüssen und Meeren – nicht nur, um umfangreiche Daten zu sammeln, sondern auch, um das Bewusstsein für dieses Problem zu schärfen.



Literaturverzeichnis

- [1] Venghaus, Daniel; Schmerwitz, Frank; Reiber, Jens; Sommer, Harald; Lindow, Franklin; Herper, Dominik; Pohrt, Roman; Barjenbruch, Matthias (2021): Abschlussbericht. Reifenabrieb in der Umwelt – RAU. Verfügbar unter: https://www.rau.tu-berlin.de/fileadmin/fq118/RAU/20210728_Abschlussbericht_RAU_FINAL_Team.pdf.
- [2] Bendt, Ellen; Rabe, Maïke; Stolte, Stefan; Zhang, Ya-Qi; Klauer, Robert; Kraas, Caroline; Alrajoula, Taher; Kolberg, Alexander (2021): Textiles Mission. Textiles Mikroplastik reduzieren. Erkenntnisse aus einem interdisziplinären Forschungsprojekt. Abschlussdokument. Verfügbar unter: https://textile-mission.bsi-sport.de/fileadmin/assets/Abschlussdokument-2021/TextileMission_Abschlussdokument_Textiles_Mikroplastik_reduzieren.pdf.
- [3] Steinhorst, Julia; Beyerl, Katharina (2021): First reduce and reuse, then recycle! Enabling consumers to tackle the plastic crisis – Qualitative expert interviews in Germany. Journal of Cleaner Production, 313:127782. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127782>.
- [4] Daskalakis, Maria; Kaser, Simon; Breitbarth, Marco; Hentschel, Anja (2022): EU-Einwegkunststoffrichtlinie - Inhalte, Defizite und Anforderungen an ihre Weiterentwicklung. Factsheet 19. Verfügbar unter: <https://bmbf-plastik.de/de/publikation/factsheet-19-eu-einwegkunststoffrichtlinie-inhalte-defizite-und-anforderungen-an-ihre-weiterentwicklung>.
- [5] Eichert, Carsten; Biermann, Lars; Salikov, Vitalij; Brepohl, Esther; Müller, Clemens; Paschetag, Mandy; Scholl, Stephan (2021): Recycling von PET-Verpackungen: Innovatives PET-Recycling aus Mehrschichtverbunden. Factsheet 6 des BMBF-Forschungsschwerpunktes Plastik in der Umwelt. Verfügbar unter: https://bmbf-plastik.de/sites/default/files/2021-05/FactSheet_revolutPET_06.pdf.
- [6] INEOS Styrolution (2019): Breakthrough in chemical recycling of polystyrene. Verfügbar unter: https://www.ineos-styrolution.com/INTERSHOP/static/WFS/Styrolution-Portal-Site/-/Styrolution-Portal/en_US/News%20and%20media/PR-040919-Chemical-Recycling-PS.pdf.
- [7] INEOS Styrolution (2020): INEOS Styrolution reports final results of research project: post consumer polystyrenewaste becomes valuable feedstock. Verfügbar unter: https://www.ineos-styrolution.com/INTERSHOP/static/WFS/Styrolution-Portal-Site/-/Styrolution-Portal/en_US/News%20and%20media/PR-20200622-Resolve-Wrapup-EN.pdf.
- [8] Braun, Ulrike; Stein, Ulf; Schritt, Hannes; Altmann, Korinna; Bannick, Claus Gerhard; Becker, Roland; Bitter, Hajo; Bochow, Mathias; Dierkes, Georg; Enders, Kristina; Eslahian, Kyriakos; Fischer, Dieter; Földi, Corinna; Fuchs, Monika; Gerds, Gunnar; Hagendorf, Christian; Heller, Claudia; Ivleva, Natalia; Jekel, Martin; Kerpen, Jutta; Klaeger, Franziska; Knoop, Oliver; Labrenz, Matthias; Laforsch, Christian; Obermaier, Nathan; Primpke, Sebastian; Reiber, Jens; Richter, Susanne; Ricking, Mathias; Scholz-Böttcher, Barbara; Stock, Friederike; Wagner, Stephan; Wendt-Potthoff, Katrin; Zumbülte, Nicole (2020): Statuspapier im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Plastik in der Umwelt: Mikroplastik-Analytik, Probenahme, Probenaufbereitung und Detektionsverfahren. Verfügbar unter: https://bmbf-plastik.de/sites/default/files/2020-11/Statuspapier_Mikroplastik%20Analytik_Plastik%20in%20der%20Umwelt_2020.pdf.
- [9] Witzig, Cordula; Wörle, Katharina; Földi, Corinna; Rehm, Raphael; Reuwer, Ann-Katrin; Ellerbrake, K.; Cieplik, Stephanie; Rehorek, Astrid; Freier, Korbinian P.; Dierkes, Georg; Wick, Arne; Ternes, Thomas A.; Fiener, Peter; Klasmeier, Jörg; Zumbülte, Nicole (2021): MicBin Schlussbericht. Mikroplastik in Binnengewässern Untersuchung und Modellierung des Eintrags und Verbleibs im Donaugebiet als Grundlage für Maßnahmenplanung. Verfügbar unter: https://www.micbin.de/download/Abschluss_MicBin_02-11-2021-Final.pdf.
- [10] Barkmann, Luisa; Weber, Felix; Raber, Wolf; Masch, Mark; Wolff, Sebastian; Bitter, Hajo; Bitter, Eva; Kerpen, Jutta; Ackner, Susanne; Engelhart, Markus (2021): Industrielle Mikroplastik-Emissionen - Handlungsempfehlungen. Verfügbar unter: <https://tuprints.ulb-tu-darmstadt.de/id/eprint/20230>.
- [11] MicroCatch_Balt (2021): Abschlussbericht MicroCatch_Balt. Verfügbar unter: <https://bmbf-plastik.de/de/publikation/microcatchbalt-abschlussbericht>.
- [12] InRePlast (2022): Projektergebnisse InRePlast, unveröffentlicht. Voraussichtlich verfügbar in der zweiten Jahreshälfte 2022 unter www.inreplast.de.
- [13] Witzig, Cordula; Wörle, Katharina; Földi, Corinna; Rehm, Raphael; Reuwer, Ann-Katrin; Ellerbrake, K.; Cieplik, Stephanie; Rehorek, Astrid; Freier, Korbinian P.; Dierkes, Georg; Wick, Arne; Ternes, Thomas A.; Fiener, Peter; Klasmeier, Jörg; Zumbülte, Nicole (2021): MicBin Schlussbericht. Mikroplastik in Binnengewässern Untersuchung und Modellierung des Eintrags und Verbleibs im Donaugebiet als Grundlage für Maßnahmenplanung. Verfügbar unter: https://www.micbin.de/download/Abschluss_MicBin_02-11-2021-Final.pdf.
- [14] Knoop, Oliver; Al-Azzawi, Mohammed; Bannick, Claus-Gerhard; Beggel, Sebastian; Binder, Ronja; Elsner, Martin; Eslahian, Kyriakos; Freier, Korbinian P.; Funck, Martin; Geist, Jürgen; Gierig, Michael; Götz, Astrid; Griebler, Christian; Hunger, Cornelia; Ivleva, Natalia; Kunaschk, Marco; Meier, Florian; Müller, Ruth; Obermaier, Nathan; Pfaffl, Michael W.; Reichel, Julia; Schönbauer, Sarah; Schwaferts, Christian; Türk, Jochen; Wolf, Carmen; Zhou, Yuxiang; Drewes, Jörg E. (2021): Abschlussbericht. Tracking von (Sub)Mikroplastik unterschiedlicher Identität – Innovative Analysetools für die toxikologische und prozesstechnische Bewertung – SubpTrack. In: Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft. Verfügbar unter: <https://bmbf-plastik.de/de/publikation/submtrack-schlussbericht>.
- [15] Fuhrmann, Tim; Urban, Ingo; Scheer, Holger; Lau, Philipp; Reinhold, Luisa; Barjenbruch, Matthias; Bauerfeld, Katrin; Meyer, Stefanie (2021): Mikroplastik-Emissionen aus Kläranlagen: Welche Rolle spielt die Abwasserbehandlung? In: KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall Bd. 69, Nr. 9, 730–741. Verfügbar unter: http://www.replawa.de/wordpress/wp-content/uploads/2021/09/Fuhrmann-et-al_Mikroplastik-Emissionen-aus-Klaeranlagen_KA-9-2021.pdf.
- [16] REPLAWA: Mikroplastik-Einträge über das Abwasser in die aquatische Umwelt, Handlungsempfehlungen zur Verringerung von Mikroplastik-Einträgen im Bereich der Abwasserentsorgung, unveröffentlicht. Voraussichtlich verfügbar ab September 2022, unter: www.replawa.de.

Impressum

Autor:innen
Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“

Kontakt
plastiknet@ecologic.eu

Juni 2022

www.bmbf-plastik.de  [@plastik_umwelt](https://twitter.com/plastik_umwelt)

Diese Kernbotschaften wurde im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Plastik in der Umwelt“ (Laufzeit 2017–2022) erstellt, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Für die Inhalte der Kernbotschaften sind allein die Autor:innen verantwortlich. Sie spiegeln nicht die offizielle Meinung des BMBF wider.

Zitervorschlag: Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“ (2022): Kernbotschaften des BMBF-Forschungsschwerpunktes Plastik in der Umwelt. Kurzfassung.