



plast X

# Sozial-ökologische Forschung zu Plastik in der Umwelt

Ergebnisse der Forschungsgruppe PlastX

Johanna Kramm / Carolin Völker /  
Tobias Haider / Heide Kerber /  
Lukas Sattlegger / Lisa Zimmermann



# Danksagung

Unser Dank geht an all die Menschen, die uns in den letzten Jahren begleitet haben. Dank gilt den Kolleg\*innen, die uns während der Antragsphase unterstützt haben, unseren wissenschaftlichen Partner\*innen und Mentor\*innen Birgit Blättl-Mink, Petra Döll, Thomas Jahn, Jörg Oehlmann, Eberhard Rothfuß, Thomas Scheffer, Antje Schlottmann, Immanuel Stieß, Martin Wagner und Frederik Wurm für die Unterstützung während der ganzen Zeit.

Des Weiteren danken wir den Kolleg\*innen unserer transdisziplinären Partner für die gute Zusammenarbeit: Bio Fed, BKV, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), ECT Oekotoxikologie, Einhorn, Food-packaging Forum, gramm.genau, Kornkraft Naturkost, Umweltbundesamt (UBA), PlasticsEurope, Verbund kompostierbare Produkte e.V., Universität Bonn – Institut für Tierwissenschaften, Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen und World Wide Fund for Nature (WWF).

Wir bedanken uns bei unserem Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Das PlastX-Team:  
Johanna Kramm, Carolin Völker,  
Tobias Haider, Heide Kerber,  
Lukas Sattlegger, Lisa Zimmermann



- 4 Zur Arbeit der Forschungsgruppe PlastX
- 10 Plastik in der Umwelt – ein systemisches Risiko
- 14 / Mikroplastik
  - 16 Die Umweltrisiken von Mikroplastik:  
Darstellung in Medien und Wissenschaft
  - 20 Risiken von Mikroplastik in der öffentlichen Wahrnehmung
  - 24 Chemikalien oder Partikel: Wodurch werden Effekte von  
Mikroplastik hervorgerufen?
- 28 / Meeresmüll
  - 30 Governance von Meeresmüll: Warum es keine einfache Lösung  
für ein komplexes Problem gibt
  - 36 Vermeidung von Meeresmüll – das Beispiel der Insel Phu Quoc
- 40 / Verpackung
  - 42 Verpackungsvermeidung im Lebensmittelhandel ist möglich,  
allerdings komplex
  - 46 Inhaltsstoffe in Plastikprodukten: Giftiger Chemikaliencocktail  
mit vielen Unbekannten
  - 52 Mehr Transparenz für nachhaltigere Verpackungslösungen  
entlang der Lieferkette
- 56 / Bioabbaubare Kunststoffe
  - 58 Bioabbaubare Kunststoffe sind kein Allheilmittel
  - 62 Abbaubares Polyethylen: Eine Alternative?
- 66 / Schlaglichter aus vier Jahren PlastX
  - 68 Glossar
  - 69 Impressum

# Zur Arbeit der Forschungsgruppe PlastX

Seit 2016 untersucht die Forschungsgruppe PlastX unter der Leitung des ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung die gesellschaftliche Rolle von Plastik und die damit verbundenen Umweltauswirkungen. Das vorliegende Dokument gibt einen Überblick über die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten und fasst sie in Form von Kernbotschaften zusammen, die Perspektiven für einen neuen Umgang mit Plastik aufzeigen. Diese richten sich ausdrücklich an Wissenschaft und Gesellschaft – an Akteur\*innen aus der Forschung ebenso wie aus der Praxis, aus Verbänden, Industrie und Politik.

## DAS FORSCHUNGSTHEMA

Plastik ist ein ambivalentes Material: Auf der einen Seite haben Kunststoffe durch ihre vielseitigen Eigenschaften und ihr breites Einsatzfeld in den letzten Jahrzehnten viele Bereiche des täglichen Lebens revolutioniert. Auf der anderen Seite stellt die Entsorgung von Plastik ein komplexes Umweltproblem dar.

Der Begriff „Kunststoffe“ bzw. „Plastik“ umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher synthetischer Polymere. Jährlich werden auf der Welt 360 Millionen Tonnen Kunststoff produziert, wovon ein Großteil – 40 Prozent – in Verpackungsanwendungen landet. Auf der Entsorgungsseite werden Kunststoffe entweder recycelt, verbrannt oder in vielen Ländern auf Mülldeponien gelagert. Durch den Zerfall des Plastikabfalls entstehen kleinere Plastikfragmente (Mikroplastik), die sich in der Umwelt ansammeln. Mikroplastikpartikel werden auch direkt aufgrund ihrer Nutzung, zum Beispiel in Kosmetikprodukten, in die Umwelt eingetragen. Durch unsachgemäße Entsorgung gelangen jedes Jahr ca. 4,8 bis 12,7 Millionen Tonnen des Plastikabfalls über Flüsse in Meere und Ozeane. Plastikpartikel werden nachweislich von diversen Wasserorganismen aufgenommen.



Gestapelte PET-Flaschen

Aufgrund der langen Abbaupzeit der meisten Kunststoffe stellt die Akkumulation von Kunststoffabfällen in der Umwelt einen gravierenden Eingriff in verschiedene Ökosysteme dar. Während das Schadenspotenzial von Plastikmüll in den Meeren allseits anerkannt wird, bestehen weiterhin Unsicherheiten über die direkten und indirekten Umwelt- und Gesundheitsfolgen von Kunststoffen, unter anderem über deren Inhaltsstoffe oder über Mikroplastik. In der Diskussion stehen außerdem Kunststoff-assoziierte Chemikalien (Additive wie zum Beispiel Weichmacher, aber auch adsorbierte Schadstoffe), die schädigende Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Tierwelt haben können. An den Prozessen sind insgesamt viele Akteur\*innen in unterschiedlichen Konstellationen beteiligt, die sowohl Risikoverursacher\*innen als auch Betroffene sein können. Zusammenfassend lässt sich festhalten: Mit der Herstellung, Verwendung und Entsorgung von Plastik gehen vernetzte Risiken einher, die sich auf unterschiedliche Systeme und eine Vielzahl von Beteiligten auswirken, so genannte systemische Risiken (zum Begriff „systemisch“ siehe die Erläuterung auf Seite 10).

**360**

Millionen Tonnen  
Kunststoffe werden  
jährlich produziert.

## DER FORSCHUNGSANSATZ

Aufgrund der Komplexität dieses Themas ist es sowohl die sozial-ökologische Perspektive als auch die inter- und transdisziplinäre Arbeitsweise (siehe Seite 9), die die Nachwuchsgruppe PlastX in besonderer Weise für dieses Forschungsthema qualifizieren. Die Forschungsarbeiten orientieren sich, einem systemischen Ansatz folgend, inhaltlich am Lebenszyklus eines Kunststoffproduktes. Da Kunststoff in der Umwelt das Ausgangsproblem von PlastX darstellt, setzt der Überblick dort an. Er führt dann über die Phasen Anwendung und Verteilung von Kunststoffen an den Beginn des Produktzyklus zurück, nämlich zur Frage alternativer Produktionsmöglichkeiten (in den Klammern sind die beteiligten Forschungsdisziplinen aufgeführt):

- › In die Umwelt gelangte Kunststoffabfälle sind zum einen Gegenstand in den Forschungsarbeiten zu Mikroplastik, die untersuchen, wie Mikroplastik wahrgenommen wird und welche Umweltauswirkungen es hat (Ökotoxikologie, Humangeographie), und zum anderen bei der Untersuchung des Umgangs mit Plastikmüll in den Meeren (Humangeographie).
- › „Verteilung“ und „Anwendung“ von Kunststoffen sind zentrale Phasen eines Kunststoffproduktes im Lebenszyklus. Hierzu analysieren die Nachwuchswissenschaftler\*innen die Verwendung von Kunststoffverpackungen im Lebensmittelsystem (Soziologie) und die Inhaltsstoffe von Verpackungen (Ökotoxikologie). Außerdem stellen sie Prinzipien für eine nachhaltigere Verpackung vor (Ökotoxikologie, Soziologie).
- › Dem Produktzyklus weiter folgend ist es schließlich auch die „Produktion“ von Kunststoffen, die neu gedacht werden muss. Hier wird untersucht, welche Rolle Alternativen wie bioabbaubare Kunststoffe spielen können (Chemie, Ökotoxikologie, Humangeographie).



## DIE FORSCHUNGSGRUPPE PLASTX

„PlastX – Kunststoffe als systemisches Risiko für sozial-ökologische Versorgungssysteme“ ist ein Verbundprojekt des ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung in Frankfurt, der Goethe-Universität Frankfurt am Main (Abteilung Aquatische Ökotoxikologie, Institut für Physische Geographie, Institut für Soziologie) und dem Max-Planck-Institut für Polymerforschung (Abteilung für Physikalische Chemie der Polymere). Sie wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ gefördert. PlastX ist darin Teil der Fördermaßnahme „SÖF – Sozial-ökologische Forschung“ im Förderbereich „Nachwuchsgruppen in der Sozial-ökologischen Forschung“ und zählt damit zu den sogenannten SÖF-Nachwuchsgruppen.

6

Nachwuchs-  
wissenschaftler\*innen  
aus 4 Disziplinen

PlastX arbeitet interdisziplinär, indem die Forschungsgruppe sechs Nachwuchswissenschaftler\*innen aus unterschiedlichen Disziplinen der Natur- und Sozialwissenschaften – Chemie, Humangeographie, Ökotoxikologie und Soziologie – in einem Forschungsteam versammelt. Daher ist das Ziel von PlastX die wissenschaftliche Qualifizierung von Sozial- und Naturwissenschaftler\*innen in einem interdisziplinären Team. Der interdisziplinäre Ansatz spiegelt sich auch in der Leitung der Gruppe wider, die der Sozialwissenschaftlerin Dr. Johanna Kramm (Humangeographie) und der Naturwissenschaftlerin Dr. Carolin Völker (Ökotoxikologie), beide ISOE, obliegt. Die Promovierenden Heide Kerber (Humangeographie) und Lukas Sattlegger (Soziologie) forschen ebenfalls am ISOE, Lisa Zimmermann (Ökotoxikologie) an der Goethe-Universität Frankfurt und Tobias Haider (Chemie) am Max-Planck-Institut für Polymerforschung.

Zum anderen arbeitet PlastX transdisziplinär, was bedeutet, dass die wissenschaftlichen Fragestellungen und Erkenntnisse mit Problemsichten und Alltagswissen aus der Praxis verknüpft werden. PlastX arbeitet mit verschiedenen Praxispartner\*innen aus den Bereichen Umweltberatung, Entwicklungszusammenarbeit, Lebensmitteleinzelhandel, Naturschutz, Verbraucherschutz sowie Wasser- und Abfallwirtschaft zusammen, mit dem Ziel, gemeinsam Lösungsperspektiven für einen nachhaltigeren Umgang mit Plastik zu entwickeln.

Da die Arbeiten der Forschungsgruppe erst im Jahr 2021 abgeschlossen sein werden, spiegelt dieses Dokument den aktuellen Arbeitsstand wider und wird mit dem Abschluss der Arbeiten ein weiteres Mal aktualisiert werden.

#### **Leiterinnen**

**Dr. Johanna Kramm** [kramm@isoe.de](mailto:kramm@isoe.de)

**Dr. Carolin Völker** [voelker@isoe.de](mailto:voelker@isoe.de)

**Doktorand\*innen** Tobias Haider, Heide Kerber,  
Lukas Sattlegger, Lisa Zimmermann

**ISOE – Institut für sozial-ökologische  
Forschung**

[www.isoe.de](http://www.isoe.de)

[www.plastx.org](http://www.plastx.org)

#### **Kooperationspartner** Goethe-Universität

Frankfurt am Main, Fachbereiche Biowissenschaften, Gesellschaftswissenschaften und Geowissenschaften/ Geographie; Max-Planck-Institut für Polymerforschung (MPI-P), Abteilung Physikalische Chemie der Polymere

**Laufzeit** 04/2016 – 03/2021

**Förderung** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Fördermaßnahme Nachwuchsgruppen in der Sozial-ökologischen Forschung



Die Forschungsgruppe PlastX: Lukas Sattlegger, Johanna Kramm, Lisa Zimmermann, Carolin Völker, Tobias Haider, Heide Kerber (von links)

## TRANSDISZIPLINARITÄT

In **transdisziplinären Forschungsprozessen** werden gesellschaftliche Sachverhalte als lebensweltliche Problemlagen aufgegriffen und wissenschaftlich bearbeitet. In die Beschreibung dieser Problemlagen werden die problemadäquaten Fächer beziehungsweise Disziplinen sowie das notwendige Praxiswissen einbezogen. Bei der Problembearbeitung überschreitet die transdisziplinäre Forschung die Disziplin- und Fachgrenzen sowie die Grenzen zwischen wissenschaftlichem Wissen und Praxiswissen, das für die angemessene Behandlung der Fragestellung notwendig ist. Im Projektverlauf sichert sie die

Anschlussfähigkeit von Teilprojekten, betreibt die fächerübergreifende Integration wissenschaftlichen Wissens und verknüpft damit das Praxiswissen in geeigneter Weise, um daraus neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Fragestellungen sowie praxisrelevante Handlungs- und Lösungsstrategien zu formulieren.

**Transdisziplinarität in der Forschungspraxis**  
Thomas Jahn (2008). In: Matthias Bergmann und Engelbert Schramm (Hg.): Transdisziplinäre Forschung. Integrative Forschungsprozesse verstehen und bewerten. Frankfurt/New York, 21–37

# Plastik in der Umwelt – ein systemisches Risiko

Weltweit sind Ökosysteme durch Plastikmüll belastet. Die Abfälle stammen aus zahlreichen Quellen: Es können Fragmente aus sich zersetzendem größeren Plastikmüll sein, es kann sich um Reifenabrieb, Textilfasern, Baustoffe oder Kosmetikbestandteile handeln. Sie gelangen über verschiedene Eintragspfade wie beispielsweise Abwasser, unsachgemäße Abfallentsorgung, ungesicherte Deponien oder Verluste von Pellets bei der Produktion in die Umwelt. Durch die Vielfalt der eingebrachten Kunststoffabfälle und die dadurch möglichen biologischen Effekte können die Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit mit bisherigen Konzepten nur schwer quantifiziert werden. Die Bewertung der mit Plastik in der Umwelt verbundenen Risiken lässt sich durch einseitige Risikokonzepte, mit denen mögliche Umweltschäden bewertet werden – wie zum Beispiel der Umweltrisikobewertung – nicht ausreichend erfassen. Daher verfolgt das Forschungsvorhaben PlastX das Ziel, mit Konzepten zu systemischen Risiken eine Perspektive zu entwickeln, die jene Risiken in den Blick nimmt, die mit Plastik in der Umwelt verbunden sind.

## SYSTEMISCHES RISIKO

Als systemisches Risiko wird eine Form von Risiko beschrieben, das nicht lokal begrenzt ist, sondern ein System in seiner Gesamtheit gefährden kann und zudem auf andere, indirekt vernetzte Systeme ausstrahlt. Systemische Risiken, die sich

in globalisierten, komplexen Gesellschaften ausprägen, führen zu einer gesamtgesellschaftlichen Betroffenheit und können somit nur durch kollektives Handeln minimiert werden.



Schwimmring aus Plastik in einem Fluss

Das Problem Plastik in der Umwelt lässt sich durch folgende Charakteristika als ein systemisches Risiko fassen:

- › Der Eintrag von Plastik in die Umwelt und die damit einhergehenden Folgen für die Ökosysteme und den Menschen haben ihren Ursprung nicht in einem Unfall (wie zum Beispiel bei dem Reaktorunglück in Tschernobyl) oder einer Naturkatastrophe (wie zum Beispiel bei einem Vulkanausbruch). Die Risiken entstehen stattdessen im „Normalbetrieb“ unserer Gesellschaften, und zwar durch den täglichen Umgang mit zahlreichen Kunststoffprodukten, darunter Lebensmittelverpackungen, die Verwendung von Kosmetik mit Plastikpartikeln oder durch Reifenabrieb im Straßenverkehr.
- › Die Plastikverschmutzung der Ökosysteme wirkt sich auf weitere Systeme wie Fischerei oder Tourismus aus (zum Beispiel finanzielle Einbußen im Tourismus durch verschmutzte Strände). Mit einer systemischen Risikoperspektive ist es möglich, diese Dynamiken zu erfassen.
- › Die Problematik ist komplex und nicht mithilfe einfacher Ursache-Wirkungs-Kausalitäten zu erfassen. Es existieren vielfältige Arten von Plastikpartikeln und verschiedene Eintragswege in die Umwelt, was einer einfachen Abschätzung der Auswirkungen von (Mikro-)plastik auf die Umwelt entgegensteht. Die Abschätzung wird zusätzlich durch bisher uneinheitliche Mess- und Analysemethoden erschwert.
- › Zudem sind zahlreiche unterschiedliche Akteur\*innen in die Produktion, Nutzung und Regulation von Kunststoffen eingebunden, welche verschiedene Interessen und Perspektiven einbringen, die teilweise nicht vereinbar sind und die eine konsensuelle Lösung erschweren.

### KERNBOTSCHAFTEN

/ Die systemische Risikoperspektive ermöglicht einen differenzierten Blick auf die Plastikkrise, der nicht nur singuläre Lösungen (beispielweise „plastikfrei“) umfasst.

/ Der Umgang mit systemischen Risiken bedarf einer integrativen Betrachtung mit einem integrativen Management. Das bedeutet zum Beispiel, die Verwendung von Kunststoffen im Vergleich zu anderen Materialien zu betrachten und Lösungsmöglichkeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu erarbeiten.

/ Durch die integrative Betrachtung wird der Fokus auf systemische Veränderungen (zum Beispiel die Förderung von Vermeidungs- und Suffizienzstrategien) gelegt, um die Risiken im Normalbetrieb des Systems zu verringern, und nicht auf vermeintlich schnelle Lösungen, die nur Symptome behandeln (zum Beispiel sogenannte „End-of-pipe-Lösungen“ wie die Verringerung des Abfalleintrags in die Umwelt).

*„Der Großteil aller Kunststoffabfälle geht auf  
Lebensmittelverpackungen zurück.  
Zwar muss Abfallvermeidung das oberste Ziel sein,  
um Umweltauswirkungen zu verringern.  
Ein zu enger Fokus auf Plastikvermeidung erzeugt aber  
andere Umweltprobleme.“*

Dr. Carolin Völker,  
Leiterin der Forschungsgruppe PlastX

### WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

**More Than a Potential Hazard – Approaching Risks from a Social-Ecological Perspective**  
Carolin Völker, Johanna Kramm,  
Heide Kerber, Engelbert Schramm,  
Martina Winker und Martin Zimmermann  
(2017). In: Sustainability 9 (7), 1039

**Understanding the Risks of Microplastics: A Social-Ecological Risk Perspective**  
Johanna Kramm und Carolin Völker (2018).  
In: Martin Wagner und Scott Lambert (Hg.):  
Freshwater Microplastics: Emerging  
Environmental Contaminants?  
Handbook of Environmental Chemistry,  
Bd. 58. Cham, 223–237



# Mikroplastik

Wissenschaftliche Untersuchungen zu möglichen Umweltfolgen von Mikroplastik haben eine breite öffentliche Debatte angestoßen und zu einer hohen Risikowahrnehmung in der Öffentlichkeit geführt. Auch wenn die Datenlage keine abschließende Bewertung der Umweltfolgen erlaubt, sollten Maßnahmen zur Verringerung des Mikroplastikeintrags nicht hinausgezögert werden.



Mikroplastik am Strand von Lanzarote

# Die Umweltrisiken von Mikroplastik: Darstellung in Medien und Wissenschaft

## PROBLEMSTELLUNG

Der Begriff „Mikroplastik“ beschreibt Kunststoffpartikel oder -fasern, die kleiner als fünf Millimeter sind und in nahezu allen Umweltkompartimenten nachgewiesen werden. Das Phänomen Mikroplastik stellt einen relativ neuen wissenschaftlichen Untersuchungsgegenstand dar, der sich noch durch viel Nichtwissen auszeichnet. Unter Umweltwissenschaftler\*innen findet eine kontroverse Debatte statt, wie relevant die Frage der Umweltbelastung mit Mikroplastik im Vergleich zu anderen Umweltproblemen tatsächlich ist. Einige Wissenschaftler\*innen argumentieren, dass die bisher festgestellten Umweltkonzentrationen und die Toxizität der Partikel viel zu niedrig seien, um von größerer Bedeutung zu sein und um von einem Risiko für die Umwelt sprechen zu können. Sie kritisieren damit auch andere Wissenschaftler\*innen, denen sie vorwerfen, bei der Beschreibung der Umwelt- und Gesundheitsrisiken von Mikroplastik zu übertreiben und zu alarmistisch zu kommunizieren. Die Befürchtung ist, dass genau dies reißerische Medienberichte zur Folge haben könnte, die die Öffentlichkeit

fehlinformieren und die ihrerseits zu der großen (eventuell unbegründeten) politischen Besorgnis über die Auswirkungen von Mikroplastik geführt haben könnten. Die Forschungsarbeit hatte zum Ziel, diese Annahme zu prüfen: Hierfür wurde das Framing der Mikroplastik-Thematik, also die Einbettung der Informationen in ein Deutungsraaster, in Wissenschaft und Medien untersucht. Zum einen wurde analysiert, ob umweltwissenschaftliche Publikationen zu Mikroplastik mögliche Umwelt- und Gesundheitsrisiken dramatisieren oder ob sachlich darüber berichtet wird. Zum anderen wurde die Darstellung der wissenschaftlichen Fakten zu Mikroplastik in den Medien betrachtet.

## METHODISCHES VORGEHEN

Die Wissenschaftler\*innen prüften mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse, ob umweltwissenschaftliche Studien sachlich, also auf Grundlage wissenschaftlicher Fakten, zu möglichen Mikroplastik-Risiken berichten oder ob, gestützt auf Spekulationen, mögliche negative Konsequenzen für Mensch und Umwelt überbetont werden. Des Weiteren führten sie eine

## FRAGESTELLUNG

# Wie wird Mikroplastik in der Wissenschaft beschrieben und wie wird über Mikroplastik in den Medien berichtet?

Medienanalyse durch, in der untersucht wurde, mithilfe welcher Narrative das Mikroplastik-Phänomen dargestellt wird, welche wissenschaftlichen Studien in den Medien rezipiert werden und welche Rolle Wissenschaftler\*innen im medialen Diskurs einnehmen.



Mikroplastik-Fund am Strand von Lanzarote

## ERGEBNISSE

/ Mehr als zwei Drittel der wissenschaftlichen Studien berichten sachlich über das Umweltrisiko von Mikroplastik: Statt mögliche negative Konsequenzen für die Umwelt hervorzuheben, werden neutrale Hypothesen zu den Auswirkungen von Mikroplastik für die Umwelt formuliert, zu deren Bearbeitung die jeweiligen Studien einen Beitrag leisten wollen.

/ Die Medienanalyse zeigt eine große Diskrepanz zwischen der Darstellung von Mikroplastik-Risiken in den Medien und den tatsächlichen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Während in der Wissenschaft zumeist ein hypothetischer Sachverhalt, der mit vielen Unsicherheiten behaftet ist, formuliert wird, gehen über 90 Prozent der Medienartikel davon aus, dass Gesundheits- und Umweltschädigungen durch Mikroplastik eintreten.

/ Wiederkehrende Bilder, die in Medienartikeln generiert werden, beschreiben Mikroplastik als ubiquitär in der Umwelt verbreiteten Schadstoff, der Tiere schädigt, Lebensmittel verunreinigt und gefährliche Chemikalien

über die Nahrungskette bis zum Menschen transportiert. Mit diesem Narrativ werden frühe wissenschaftliche Hypothesen zur Thematik aufgegriffen, ohne dabei allerdings wissenschaftliche Unsicherheit oder Nichtwissen zu kommunizieren. Hierdurch wird suggeriert, dass Mikroplastik ein risikoreicher Schadstoff ist.

/ Die Diskrepanz zwischen der Beschreibung von Mikroplastik in Wissenschaft und Medien liegt zum einen daran, dass eine gute Geschichte in den Medien eine klare Botschaft braucht („Storytelling“), und dass die Betonung von Unsicherheiten die Geschichte schwächt. Zum anderen könnte man aber auch von einem Übersetzungsfehler sprechen, da der Begriff „Risiko“ in der Wissenschaft auf Wahrscheinlichkeitsberechnungen basiert, während im alltäglichen Sprachgebrauch Risiko stärker mit einem eintretenden negativen Ereignis assoziiert wird.

/ In den Medien beziehen einige Wissenschaftler\*innen Stellung mit der Botschaft, dass Mikroplastik negative Konsequenzen für Mensch und Umwelt hat.

### KERNBOTSCHAFTEN

/ Um wissenschaftliche Ergebnisse in der Öffentlichkeit zu kommunizieren, ohne das Problem der Kunststoffverschmutzung zu verharmlosen oder Ängste zu schüren, müssen folgende Punkte beachtet werden:

- › Wissenschaftliche Ergebnisse müssen kontextualisiert, das heißt eingeordnet und in Relation gesetzt werden: zum Beispiel Laborbedingungen in Relation zu Umweltbedingungen oder künstliche Partikel in Relation zu natürlichen Partikeln. Das Vorhandensein von Nichtwissen und Unsicherheit muss kommuniziert werden, um nicht übertriebene Bilder zu provozieren und unbegründete „Tatsachen“ in die Welt zu setzen. Dies gilt sowohl für die Wissenschaft als auch für die Medien.
- › Die Aussagekraft, Reichweite und Übertragbarkeit von wissenschaftlichen Ergebnissen müssen so gut wie möglich abgebildet werden.
- › Es muss kritisches Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass Wissenschaftler\*innen ebenfalls Teil eines gesellschaftlichen Diskurses sind – mit gesellschaftlichen Auswirkungen.



Zwei verschiedene Arten von Kunststoffgranulaten

#### **WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN**

##### **Superficial or Substantial: Why Care about Microplastics in the Anthropocene?**

Johanna Kramm, Carolin Völker und Martin Wagner (2018). In: *Environmental Science and Technology* 52 (6), 3336-3337

##### **On the Creation of Risk: Framing of Microplastics in Science and Media**

Carolin Völker, Johanna Kramm und Martin Wagner (2019). In: *Global Challenges* (1900010)

##### **Mikroplastik-Risiken im Spiegel der Medien und der Wissenschaft**

Johanna Kramm und Carolin Völker (2019). In: *Der Bürger im Staat* 69 (4), 209-215

# Risiken von Mikroplastik in der öffentlichen Wahrnehmung

## PROBLEMSTELLUNG

Da Mikroplastik ein relativ neues Phänomen darstellt, ist wissenschaftlich noch nicht geklärt, welche Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit von den Partikeln ausgehen. Bedenken von Verbraucher\*innen wurden durch erste wissenschaftliche Erkenntnisse über Mikroplastik in Nahrungsmitteln wie Honig, Bier und Fisch geweckt, die seit ihrer Veröffentlichung in den sozialen Medien und in der Presse kursieren. Trotz fehlender wissenschaftlicher Hinweise auf gesundheits-schädigende Auswirkungen scheint die mediale Darstellung des Themas zu Besorgnis in der Öffentlichkeit zu führen, wie erste Umfragen andeuten. Bisher existieren allerdings nur wenige explorative Umfragen zur Wahrnehmung von Mikroplastik; eine systematische Untersuchung der gesellschaftlichen Risikowahrnehmung von Mikroplastik steht noch aus. Diese ist wichtig, da Kommunikationsmaßnahmen entsprechend ausgerichtet und Handlungsmaßnahmen gezielter gestaltet werden können. Daher widmet sich diese Forschungsarbeit der Risikowahrnehmung von Mikroplastik.

## METHODISCHES VORGEHEN

Um die Risikowahrnehmung von Mikroplastik zu untersuchen, führten die Wissenschaftler\*innen eine standardisierte, repräsentative Online-Befragung durch. Insgesamt nahmen 1.027 Personen an der Umfrage teil. Gefragt wurde zu folgenden Aspekten: Wissen über Mikroplastik, Bedenken hinsichtlich der Auswirkungen von Mikroplastik auf die Umwelt sowie auf die menschliche Gesundheit, Quellen von Mikroplastik, Maßnahmen zu Mikroplastik und Kommunikation von Unsicherheit.

## FRAGESTELLUNG

# Wie wird Mikroplastik von der Bevölkerung wahrgenommen?

## ERGEBNISSE

/ Mikroplastik ist der Mehrheit der Befragten (80 Prozent) bekannt; der Bekanntheitsgrad nimmt jedoch mit sinkendem Einkommen und Bildungsniveau ab. Verglichen mit anderen Umweltthemen waren nur die Themen „Verschmutzung durch Kunststoffe“ (93 Prozent) und „Feinstaubbelastung“ (85 Prozent) mehr Befragten bekannt.

/ Mehr als die Hälfte der Befragten bewertet ihr Wissen über Herkunft, Verbreitung und Auswirkungen von Mikroplastik als recht gut. Allerdings gibt auch die Mehrheit an, dass sie keine guten Kenntnisse darüber haben, wie sie sich in Bezug auf Mikroplastik verhalten sollen.

/ Über 90 Prozent der Befragten geben an, dass ihrer Meinung nach Mikroplastik sehr negative bis negative Auswirkungen sowohl auf die Umwelt als auch die menschliche Gesundheit hat. Negative Auswirkungen werden für die Umwelt höher eingeschätzt als für die menschliche Gesundheit. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Frauen als auch Personen, die 50 Jahre oder älter sind, eine signifikant höhere Risiko-

Über **90%**

der Befragten sind der Meinung, dass Mikroplastik sehr negative bis negative Auswirkungen auf die Umwelt hat.

wahrnehmung haben als Männer und Personen, die jünger als 35 Jahre sind. Die Faktoren Bildung und Einkommen zeigen keinen Einfluss auf die Risikowahrnehmung. Zudem zeigt sich, dass diejenigen Befragten, die nach eigenen Angaben über ein höheres Wissen über Mikroplastik verfügen, eine signifikant höhere Risikowahrnehmung in Bezug auf Umwelt und menschliche Gesundheit haben.

/ Darüber hinaus wurden die Teilnehmer gefragt, wie besorgt sie über spezifische Eigenschaften von Mikroplastik sind: Am meisten Besorgnis erregen die Anreicherung (97 Prozent – sehr besorgt bis besorgt) und der dauerhafte Verbleib in der Umwelt (96 Prozent), gefolgt von der Größe (92 Prozent) und der Tatsache, dass Mikroplastik überall zu finden ist (90 Prozent).

/ Über 93 Prozent der Befragten macht die Industrie für die Entstehung und Lösung des Umweltproblems Mikroplastik in der Umwelt verantwortlich. Auch finden die Befragten, dass jeder Bürger selbst sowie die Politik sowohl für Entstehung als auch für die Lösung eine hohe Verantwortung tragen, und weniger die Umweltverbände und die Wissenschaft.

#### KERNBOTSCHAFTEN

/ Die große Mehrheit der Bevölkerung kennt Mikroplastik und nimmt es als besorgniserregendes Umweltthema wahr. Dies kann zum einen daher rühren, dass Umweltauswirkungen wissenschaftlich nicht vollständig geklärt sind und zum anderen daher, dass Mikroplastik in den Medien häufig als Schadstoff mit negativen Auswirkungen dargestellt wird.

/ Da es bezüglich der Handlungsmöglichkeiten Wissenslücken gibt, sollten Informationsmaßnahmen aufzeigen, wie man sich hinsichtlich Mikroplastik verhalten soll. Diese Aufklärungsmaßnahmen sollten nicht einseitig auf Plastikvermeidung zielen, sondern auch Ressourcenverbrauch und ökologische Auswirkungen von alternativen Verpackungen aufzeigen.

/ Kommunikationsmaßnahmen sollten weiterhin über das Thema Mikroplastik aufklären. Besonders sind hierbei Menschen mit geringem Einkommen und geringer Bildung in den Blick zu nehmen, da es in diesen Gruppen nur geringes Wissen über Mikroplastik gibt.

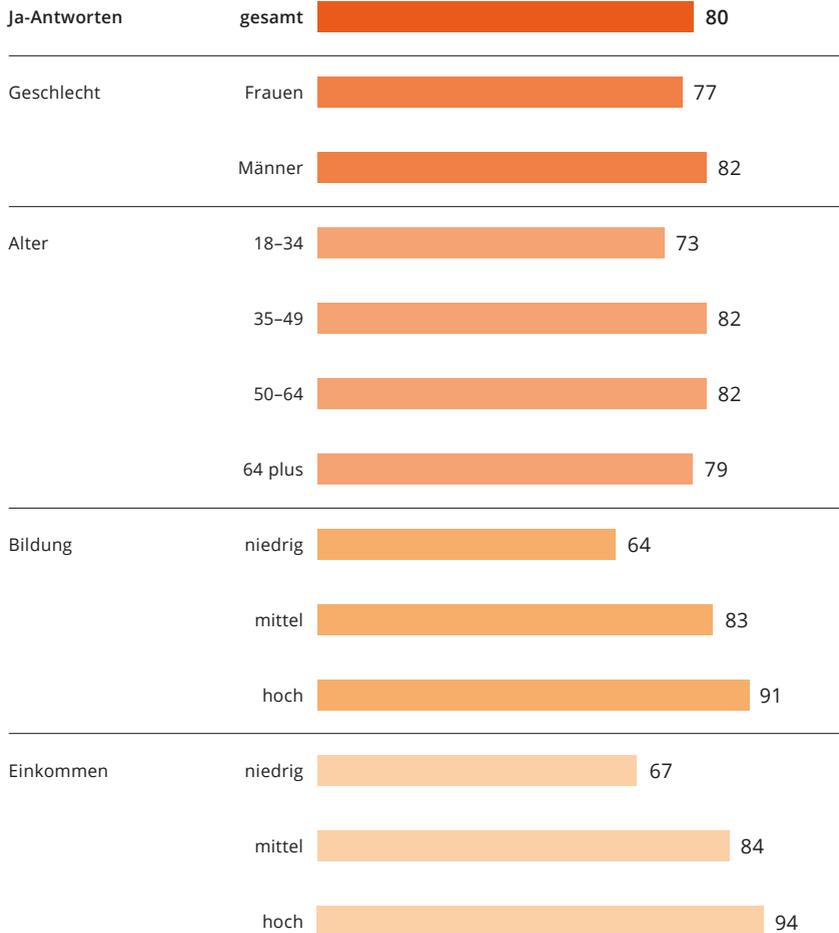
/ Weitere Forschung sollte untersuchen, wie sich die Risikowahrnehmung in einzelnen Bevölkerungsgruppen auf Handlungs- und Konsumententscheidungen auswirkt.

#### WEITERFÜHRENDE PUBLIKATION

**Risk Perceptions of Microplastics (in Bearbeitung)** Johanna Kramm, Stefanie Steinhoff, Simon Werschmöller und Carolin Völker (o. J.)

**HABEN SIE SCHON EINMAL VON MIKROPLASTIK GEHÖRT?**  
Ja-Antworten aufgegliedert nach sozio-ökonomischen Merkmalen

Zahlen in Prozent



Grafik: ISOE

# Chemikalien oder Partikel: Wodurch werden Effekte von Mikroplastik hervorgerufen?

## PROBLEMSTELLUNG

Das allgegenwärtige Vorkommen von Mikroplastik in aquatischen Ökosystemen – also in Meeren, Flüssen, Seen usw. – macht die Betrachtung seiner Auswirkungen auf dort lebende Organismen unabdingbar. Die Untersuchung biologischer Effekte ist allerdings nicht trivial, da Mikroplastik kein homogenes Material darstellt. Vielmehr unterscheiden sich die kleinen Plastikpartikel sowohl in ihren physikalischen Eigenschaften wie Größe, Form und Oberflächenbeschaffenheit, als auch in ihrer chemischen Zusammensetzung wie der Polymerart (beispielsweise Polystyrol (PS), Polyethylenterephthalat (PET)), den Additiven (zum Beispiel Weichmacher, Farbstoffe) und den Nebenprodukten (zum Beispiel Reaktionsprodukte des Herstellungsprozesses). Derzeitige Untersuchungen bilden diese in der Umwelt vorkommende Diversität von Mikroplastik nur teilweise ab. So liegt der Fokus beispielsweise auf wenigen, ausgewählten Kunststoffsorten (hauptsächlich PS) und runden Partikeln, obwohl viele weitere Materialien und verschiedenste Partikelformen in der Umwelt vorkommen.



Experiment mit dem Großen Wasserfloh  
(*Daphnia magna*)

Wenig berücksichtigt wird zudem, ob sich Mikroplastik in seinen Auswirkungen von natürlich vorkommenden Partikeln, die häufig in der aquatischen Umwelt vorkommen, unterscheidet.

Deshalb war es Ziel der Studie, die Effekte von Mikroplastik auf aquatische Organismen zu untersuchen und dabei die Komplexität des Materials zu

## FRAGESTELLUNG

# Werden die Effekte von Mikroplastik durch die darin enthaltenen Chemikalien hervorgerufen oder durch die Eigenschaften der Partikel?

berücksichtigen. Dies soll dabei helfen, das Umweltrisiko von Mikroplastik, das realistischerweise in der Umwelt vorkommt, besser abzuschätzen. Für die Untersuchungen wählten die Forscher\*innen den in Süßgewässern häufig vorkommenden Wasserfloh *Daphnia magna* aus. Sie setzten ihn irregulär geformtem Mikroplastik basierend auf den bisher kaum untersuchten Kunststoffsorten Polyvinylchlorid (PVC), Polyurethan (PUR) und Polymilchsäure (PLA) aus. Zunächst betrachteten sie, ob *Daphnia magna* Mikroplastik aufnimmt, ob dieses negative Auswirkungen hat und ob sich die Kunststoffsorten in ihren Effekten unterscheiden. Dabei verglichen sie die Effekte des Mikroplastiks mit denen des natürlichen Partikels Kaolin. Anschließend untersuchte die Studie, ob die beobachteten negativen Effekte auf die im Kunststoff enthaltenen Chemikalien oder auf die physikalischen Eigenschaften der Partikel zurückzuführen sind. Da es Ziel war, den Mechanismus zu untersuchen, der der Toxizität von Mikroplastik zugrunde liegt, waren die eingesetzten Konzentrationen höher als die bisher in der Umwelt detektierten.

## METHODISCHES VORGEHEN

Für die Laboruntersuchungen wurden Alltagsprodukte erworben, die auf bisher weniger betrachteten Kunststoffsorten basieren: den erdölbasierten Kunststoffen PVC und PUR, die viele Additive enthalten können, sowie dem biobasierten und bioabbaubaren Kunststoff PLA („Bioplastik“). Aus den Produkten stellten die Wissenschaftler\*innen zunächst ungleichmäßig geformte Plastikfragmente her. Anschließend setzten sie den Wasserfloh *Daphnia magna* über 21 Tage verschiedenen Konzentrationen des Mikroplastiks aus und untersuchten die Auswirkungen auf Sterblichkeit, Reproduktion und Wachstum. Kaolin wurde in gleicher Weise betrachtet, um zu prüfen, ob Mikroplastik andere Effekte hervorruft als der natürlich vorkommende Partikel. In einem zweiten Experiment wurden die Wasserflöhe einem der folgenden Szenarien ausgesetzt und die auftretenden Effekte miteinander verglichen:

- › PVC-, PUR- sowie PLA-Mikroplastik mit allen darin enthaltenen Chemikalien
- › Mikroplastik, aus dem die Chemikalien mit einem Lösemittel herausgelöst wurden

- › Chemikalien, die sich aus dem untersuchten Mikroplastik mit einem Lösemittel herauslösen lassen
- › Plastikchemikalien, die aus dem untersuchten Mikroplastik in Wasser auslaugen.

### ERGEBNISSE

/ PVC-, PUR- und PLA-Mikroplastik wird vom Wasserfloh *Daphnia magna* aufgenommen und hat negative Auswirkungen auf Life-history-Merkmale der Tiere. Diese Effekte treten bei Konzentrationen auf, die höher als die derzeitigen Konzentrationen von Mikroplastik in der Umwelt sind.

/ Kaolin, ein natürlich vorkommender Partikel, zeigt geringere Auswirkungen als das untersuchte Mikroplastik.

/ Mikroplastik aus dem biobasierten und bioabbaubaren PLA zeigt ähnliche Effekte wie das aus den konventionellen Kunststoffen PVC und PUR.

/ Die negativen Effekte sind material-spezifisch. So verringert das untersuchte PVC-Mikroplastik die Fortpflanzung, während das PLA-Mikroplastik zu einer erhöhten Sterblichkeit der Wasserflöhe führt.

/ Je nach Mikroplastiksorte werden die Effekte vorwiegend durch die chemischen Inhaltsstoffe oder die physikalischen Eigenschaften der Partikel hervorgerufen. In der Studie

wurden die Effekte von PVC durch die Chemikalien von PUR sowie PLA hingegen durch die physikalischen Eigenschaften der Partikel bedingt.

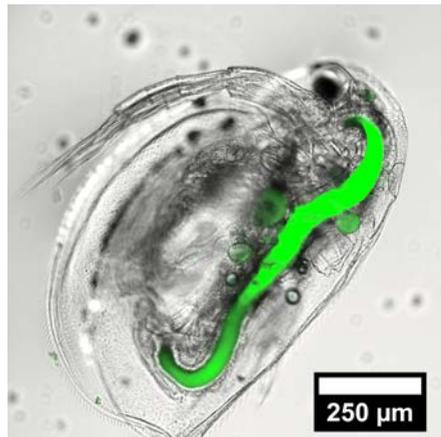
### KERNBOTSCHAFTEN

/ Sowohl die im Plastik enthaltenen Chemikalien als auch die Partikeleigenschaften können für die negativen Auswirkungen von Mikroplastik, zum Beispiel auf Fortpflanzung und Sterblichkeit von Wasserflöhen, verantwortlich sein. Welcher Faktor der ausschlaggebende ist, hängt von der Plastiksorte ab. Daher sollte die Diversität von in der Umwelt vorkommendem Mikroplastik, wie verschiedene Plastiksarten oder Partikelformen, stärker in die Forschung und Risikobewertung einbezogen werden.

/ In zukünftiger Forschung sollte man bisher vernachlässigte Plastiksarten (PVC, PUR) und „Bioplastik“ (PLA) sowie die Chemikalien, die in den Kunststoffen verwendet und freigesetzt werden, stärker berücksichtigen.



Grün fluoreszierendes Mikroplastik  
im Verdauungstrakt des Großen Wasserfloh  
(*Daphnia magna*)



#### WEITERFÜHRENDE PUBLIKATION

What are the drivers of microplastic toxicity?  
Comparing the toxicity of plastic chemicals  
and particles to *Daphnia magna*

Lisa Zimmermann, Sarah Göttlich, Jörg  
Oehlmann, Martin Wagner und Carolin Völker  
(2020). In: Environmental Pollution, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115392>



# Meeresmüll

Tourismus fungiert als ein Brennglas: Er macht die gesellschaftlichen Folgen des Meeresmülls sichtbar, befeuert das Problem zugleich und muss daher Teil der Lösung sein.



Plastikmüll am Strand der vietnamesischen Insel Phu Quoc

# Governance von Meeresmüll: Warum es keine einfache Lösung für ein komplexes Problem gibt

## PROBLEMSTELLUNG

Globale Gemeinschaftsgüter wie Meere und Ozeane werden seit Jahrhunderten als Abfallsenken genutzt. Moderne Produktions- und Konsummuster haben jedoch zu einem exponentiellen Anstieg der Abfallmengen geführt. Da diese in der Meeresumwelt akkumulieren, werden die Folgen immer sichtbarer. Marine Ökosysteme werden langfristig geschädigt, und die Entfernung des Mülls, wenn überhaupt möglich, ist mit erheblichen Kosten verbunden. Wissenschaftler\*innen gehen davon aus, dass circa 80 Prozent des Meeresmülls aus landbasierten Quellen stammt. Dazu zählen Freizeitaktivitäten und Tourismus im Küstenbereich, unsachgemäße Entsorgung und unzureichende Abfall- und Abwasserinfrastrukturen in vielen Ländern weltweit. Die Probleme verstärken sich, da die Plastik konsumierende Mittelschicht schnell wächst. Zugleich fehlen aber oft eine Produzentenverantwortung und das Problembewusstsein für die Folgen von achtlos weggeworfenem Müll. Je nach Distanz zum Meer wird der Müll über Flüsse, Niederschlagswasser, Abwasserüberläufe und Wind dorthin transportiert

Circa **80%**  
des Meeresmülls stammt aus  
landbasierten Quellen.

oder direkt am Strand bzw. der Küste entsorgt. Neben landbasierten Quellen wird Meeresmüll auch direkt über seebasierte Aktivitäten wie Fischerei, Schifffahrt oder illegale Verklappung eingetragen.

Die globale Staatengemeinschaft hat bereits eine Reihe von Umweltabkommen zum Schutz der Meere und Ozeane verabschiedet, wie zum Beispiel MARPOL: Das internationale Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe ist in seiner 1978 geänderten Fassung ein weltweit gültiges Umweltabkommen. Daneben sind eine Reihe regionaler Abkommen in Kraft getreten, wie OSPAR, das Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks von 1998, oder die EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Zudem gibt es eine Vielzahl von lokalen Initiativen, die unter anderem

## FRAGESTELLUNG

# Welche Eigenschaften machen Meeressmüll zu einem komplexen und schwer steuerbaren Umweltproblem und was sind Ansatzpunkte, um den Eintrag von Meeressmüll wirksam zu reduzieren?

Aufräum- und Aufklärungskampagnen veranstalten. Doch obwohl viele Akteur\*innen aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft die mit Meeressmüll verknüpften Probleme erkannt haben, bleiben die rechtsverbindlichen Verträge, unverbindlichen Vereinbarungen und Initiativen fragmentarisch („Flickenteppich“) und ineffektiv („sanktionslos“). Das ist wesentlich der Komplexität von Meeressmüll als transnationalem und transsektoralem Umweltproblem geschuldet.

## METHODISCHES VORGEHEN

Durch eine Analyse der Fachliteratur, durch Hintergrundgespräche mit Expert\*innen sowie die Teilnahme an internationalen Multi-Stakeholder-Foren und Konferenzen haben die Wissenschaftler\*innen Ursachen für die komplexe Governance von Meeressmüll untersucht. Dabei betrachteten sie den bestehenden Rechtsrahmen mit seinen Restriktionen sowie Lösungsansätze.

*„Die Plastikkrise ist nicht nur eine Abfallkrise, sondern auch eine Krise unserer gesellschaftlichen Wirtschafts- und Konsumpraktiken.“*

Dr. Johanna Kramm,  
Leiterin der Forschungsgruppe PlastX

## ERGEBNISSE

- / Meeressmüll stellt eine Herausforderung für die Governance dar, da:
  - › Meeressabfälle nicht aus einer einzigen Quelle stammen
  - › die Quantifizierung von Quellen und Mengen von Kunststoffabfällen fast unmöglich ist
  - › Kunststoffe eine hohe Persistenz besitzen – das heißt sie bauen unter natürlichen Bedingungen kaum ab, sondern zerfallen vielmehr in immer kleinere Teile (Mikroplastik)
  - › es viele unterschiedliche Kunststoffsorten und Produkte gibt; das macht es zunehmend schwieriger, teurer und unpraktikabel Plastik zu recyceln
  - › der kausale Zusammenhang von Ursache und Auswirkung von

Kunststoffabfällen oft nicht sichtbar wird, da die Abfälle über große Entfernungen transportiert werden können

- › eine Vielzahl unterschiedlicher Interessen ausbalanciert und Verantwortungen festgelegt werden müssen
- › Lösungen oft kostspielig sind. Entsprechend scheint eine abwartende Haltung oft opportun, wird der Erfolg doch erst mehrere Jahrzehnte später sichtbar.
- › Abfall- und meeresmüllbezogene Rechtsrahmen, Abfallinfrastrukturen und Industrieverhalten variieren stark je nach nationalem Kontext. Ebenso werden auch die globalen Übereinkommen auf nationaler Ebene sehr unterschiedlich um- und durchgesetzt.

/ Die für den Eintrag von Meeresmüll besonders relevanten landbasierten Quellen werden bislang nur unzureichend in internationalen Abkommen adressiert. Regelwerke, die sich auf landbasierte Quellen beziehen, sind oft nicht rechtsverbindlich oder verlangen „lediglich“ eine Übertragung in nationale Rechtsrahmen.

/ Viele der verbindlichen Abkommen erlauben den unterzeichnenden Parteien zu wählen, welche verbindlichen Protokolle und Anhänge sie unterzeichnen.

/ Vielfach werden Verstöße nicht sanktioniert, weil die rechtlichen Voraussetzungen dafür hochgesteckt sind oder es an personellen Ressourcen fehlt.

/ Die globalisierte Kunststoffindustrie hat eine starke Lobby. Fragmentierte Rechtsrahmen und Entscheidungshoheiten eröffnen Schlupflöcher und ermöglichen es, sich der Verantwortung zu entziehen und den Rahmen von Reformen einzuschränken.

/ Die Suche nach Lösungsansätzen wird global vorangetrieben. Lösungsansätze, zu denen es global einen breiten Konsens gibt, setzen auf regulatorische, technische, marktorientierte und bewusstseinsbildende Komponenten und zielen unter anderem auf:

- › den Ausbau der Abfall- und Abwasserinfrastrukturen, insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern
- › die sachgerechte Entsorgung von Schiffabfällen in Häfen
- › effektive Reinigungsmaßnahmen,
- › die Einführung und den Ausbau der Kreislaufwirtschaft
- › die Ausweitung der erweiterten Produzentenverantwortung
- › das Verbot bestimmter Produkte wie Einweg-Plastiktüten oder Mikroplastik in Kosmetika
- › das Entwickeln nachhaltigerer Alternativen wie biologisch abbaubare Kunststoffe und

- › stärkere Bewusstseinsbildung zum Beispiel über Umweltbildungsprogramme in Schulen und Erwachsenenbildung.

/ Da große Unsicherheiten bestehen, gehen die Interpretation wissenschaftlicher Studien und Empfehlungen auseinander. Dies beeinflusst auch die Bewertung der angestrebten Lösungen. Wissenslücken behindern die Fähigkeit, Managementstrategien zu priorisieren und die Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahmen zu beurteilen.

#### KERNBOTSCHAFTEN

/ Um die mit Meeresmüll verknüpfte Abfallproblematik zu lösen, braucht es neben Systemwissen (also weiterem Wissen zu Quellen, Eintragswegen, -mengen und Auswirkungen) auch Handlungs- und Zielwissen (wie und wohin), um für lokale Kontexte angepasste Lösungsstrategien abzuleiten. Insbesondere die beiden letzteren lassen sich mit Hilfe eines transdisziplinären Forschungsansatzes erarbeiten.

/ Es braucht einerseits einen harmonisierten Rechtsrahmen, der klare Ziele setzt und durch eine kohärente Umsetzung der Politik verbindlich wird. Dafür ist es essenziell, differenzierte Sanktions- und Durchsetzungsmechanismen zu schaffen, die dafür sorgen, dass Regularien und Multi-Stakeholder-Vereinbarungen mehr als Absichtserklärungen sind.

/ Es bedarf eines institutionellen Kontexts, der Stakeholdern definierte Rollen und Verantwortungen zuschreibt, und in dem transnationale und transsektorale Beiträge zur Meeresmüllproblematik adressiert werden können.

#### WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

##### Marine litter and the commons: How can effective governance be established?

Heide Kerber (2017). Conference Proceeding: XVI Biennial IASC-Conference, Practicing the Commons: Self-governance, cooperation, and institutional change, Utrecht, the Netherlands, 10-14 July 2017

Der Müll in unseren Meeren: Ursachen, Folgen, Lösungen Heide Kerber und Johanna Kramm (2020). In: Geographische Rundschau 7/8, 16-20

Zwischen Müll und Meer: Touristen am Sao Beach auf der vietnamesischen Insel Phu Quoc





PLASTX: SOZIAL-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG ZU  
PLASTIK IN DER UMWELT



Bild oben: Meeressmüll – Plastikspuren des Alltags (Sao Beach, Phu Quoc)

Bild links: Heide Kerber, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Forschungsgruppe PlastX, bei der Kartierung von Meeressmüll auf Phu Quoc



Bild rechts:  
Müllsammlerin in  
der Stadt Duong  
Dong auf Phu Quoc

# Vermeidung von Meeresmüll – das Beispiel der Insel Phu Quoc

## PROBLEMSTELLUNG

Meeresmüll gilt aktuell als eines der wichtigsten globalen Umweltprobleme. Doch obwohl das Thema auf politischen Agenden nach oben geklettert ist und sich weltweit gesellschaftliche wie wirtschaftliche Initiativen zur Reduktion von Einwegplastik gründen, scheint sich der Plastikeintrag in die Meere noch (fast) ungebremst fortzusetzen. Dort, wo plastikintensive Konsumpraktiken auf ungeordnete Abwasser- und Abfallinfrastrukturen und geringen politischen Willen treffen, werden, wenn überhaupt, nur zögerlich Maßnahmen zur Reduktion von Meeresmüll umgesetzt. Besonders kritisch ist dies für kleine, oft vom Tourismus abhängige Inseln – wie zum Beispiel für die vietnamesische Insel Phu Quoc. Dort verdichtet sich die Problemlage. Aufgrund des rasant wachsenden Tourismus steigt auch das Abfallaufkommen. Damit sind nicht nur Risiken für die Gesundheit und das fragile Ökosystem verknüpft, sondern es drohen auch Reputationsrisiken für die Tourismusbranche aufgrund verschmutzter Strände und einer verschmutzten Inselumwelt.

Sozio-ökonomische Auswirkungen von Meeresmüll sowie die Steuerung und Regulierung von Meeresmüll im Allgemeinen und Plastikabfall im Speziellen werden mittlerweile breit in der Wissenschaft erforscht. Allerdings fehlt es an Studien, die eine empirische Analyse der Zusammenhänge von Meeresmüll und Tourismus sowie der verhandelten Lösungsstrategien vornehmen. Um zu untersuchen, von welchen Akteuren welche Lösungsstrategien verfolgt oder abgelehnt werden, bedarf es einer kritischen Analyse von Problemwahrnehmungen, Interessen, Macht-konstellationen und Kompetenzen der konkret vor Ort involvierten Akteur\*innen (lokale Entscheidungsträger\*innen „Inselregierung“, zuständige Abfallbehörde, Tourismusbranche, Touristen, Bevölkerung).



## FRAGESTELLUNG

# Was bedeutet Meeresmüll für die Akteure auf Phu Quoc und wie adressieren diese das wachsende Plastikabfallproblem?



Plastikmüll am Strand  
von Phu Quoc

Bild linke Seite:  
Mülldeponie auf Phu Quoc

## METHODISCHES VORGEHEN

In einer empirischen Studie wurden auf Phu Quoc Konsum- und Entsorgungspraktiken von Plastik im Alltag, der Umgang mit Plastik-Einwegprodukten im Tourismussektor sowie die Abfallentsorgungsinfrastruktur erforscht. Teilnehmende Beobachtungen wurden dabei durch qualitative Interviews mit Akteur\*innen ergänzt, die zum Plastikabfallaufkommen beitragen, von diesem betroffen sind oder dieses regulieren. Dazu gehören die lokale Regierung, das Hotelmanagement lokaler Hotels sowie internationaler Hotelketten, Umweltschutzorganisationen, Einwohner\*innen und Tourist\*innen. Die Interviews

fokussierten dabei auf Problem- sowie Risikowahrnehmungen von Plastikabfall, auf Interessen und Kompetenzen, Plastikabfall und Meeresmüll zu reduzieren sowie auf Machtkonstellationen zwischen den Akteur\*innen, die deren Gestaltungsspielräume prägen. Die Ergebnisse wurden verknüpft mit Fachliteratur zur vietnamesischen Abfallinfrastruktur sowie Tourismusstudien, einer Medienanalyse vietnamesischer und internationaler Zeitungen sowie Hintergrundgesprächen mit Expert\*innen aus dem developmentpolitischen und Umweltkontext zu Lösungsansätzen sowie deren hemmenden und fördernden Faktoren.

## ERGEBNISSE

/ Die Inselregierung bemüht sich offiziell um den Ausbau der Abfallinfrastruktur. Eine konsequente Umsetzung scheitert allerdings am geringen politischen Willen, an hierarchischen wie korrupten Strukturen, begrenzter technischer Kompetenz sowie unzureichenden finanziellen wie personellen Ressourcen.

/ Inselregierung, Tourismusbranche und Umweltaktivisten führen Strandreinigungen und bewusstseinsbildende Maßnahmen wie Informationsveranstaltungen oder Medienbeiträge durch. Allerdings sind diese ohne infrastrukturelle Verbesserungen wie eine flächendeckende gesicherte Abfallentsorgung und eine umweltverträgliche Deponierung und Verwertung wirkungslos.

/ Die Sichtbarkeit von Plastikabfall spielt für die Problemwahrnehmung und Verantwortungszuschreibung (im Sinne von „Verschmutzenden“) eine entscheidende Rolle. Da Resorts als „sauber“ wahrgenommen werden, wird der zunehmende Abfall wenig mit der rasanten Tourismusentwicklung in Verbindung gebracht. Entsprechend gilt vor allem die Inselbevölkerung als Hauptverursacher des Plastikabfalls.

/ Die Tourismusentwicklung und die damit einhergehende räumliche Abgrenzung der Resortanlagen führt zu einer zunehmenden Fragmentierung

der Insel in „saubere“ (Tourismusgebiete) und „dreckige“ (abseits des Tourismus) Orte. Damit verbunden ist auch eine Ungleichverteilung der „Abfalllast“: Diese trägt vor allem die Inselbevölkerung durch die Nähe zu ungesicherten Deponien und der Abfallverbrennungsanlage sowie dem fehlenden Zugang zu adäquater Entsorgung.

/ Die Tourismusentwicklung auf Phu Quoc wird stark von nationalen wie transnationalen Agierenden vorangetrieben. Aber auch lokale Akteur\*innen wie die Inselregierung und ein Großteil der Bevölkerung stellen Tourismusentwicklung über Umweltschutz. Immerhin nimmt die internationale Tourismusbranche die Abfallverschmutzung auf der Insel als ein Reputationsrisiko wahr und setzt daher im Rahmen ihrer Handlungskompetenz auf eine Reduktion von Einwegplastik.



Die Insel im Wandel. Vom ruhigen Paradies zur Großbaustelle

- / Keiner der involvierten Agierenden fühlt sich ausreichend kompetent, das Plastikabfallproblem ganzheitlich und ursächlich zu adressieren.
- › Hemmende Faktoren sind: verbreitete und als komfortabel geschätzte Nutzung von Einwegplastikprodukten, der Wunsch nach gewohnten „hygienisch unbedenklichen“ Produkten wie Plastikflaschen seitens der Tourist\*innen, das allseits geringe Umweltbewusstsein, begrenzte finanzielle wie personelle Ressourcen für den Abfallinfrastrukturausbau sowie die von vielen Akteur\*innen als beschränkt wahrgenommenen Handlungsspielräume.
- › Fördernde Faktoren sind: Betroffenheit und eine teilweise geteilte Risikowahrnehmung der Akteur\*innen, die zunehmende Sichtbarkeit der Verschmutzung, ein gefühltes Erreichen eines „tipping points“ sowie das (langsame) Ankommen des globalen Diskurses über Meeresmüll als drängendes Umweltproblem auf Phu Quoc.

#### KERNBOTSCHAFTEN

/ Die Plastikabfallproblematik ist stark von lokalen Gegebenheiten (beispielsweise Akteur\*innen inklusive deren Problemwahrnehmungen, Interessen, Kompetenzen, infrastrukturellen Voraussetzungen sowie der Sichtbarkeit der Verschmutzung) abhängig und ist deshalb vor Ort partizipativ zu erarbeiten.

/ Meeresmüll wird hauptsächlich über landbasierte Quellen eingetragen. Daher ist es wichtig, dort mit Lösungsstrategien anzusetzen. Einen bedeutenden Beitrag dazu leisten der adäquate Aufbau von lokal angepassten Abfallinfrastrukturen, Änderungen von Konsumgewohnheiten sowie die konsequente Durchsetzung von Umweltschutzregularien.

/ Wirtschaftliche Entwicklung wie der strategische Aufbau von Tourismusdestinationen muss angesichts des gravierenden Plastikabfallproblems mit Umweltschutz, hier insbesondere dem adäquaten Ausbau der Abfallinfrastruktur, zusammengedacht werden.

/ Tourist\*innen kommt bei der Reduktion der Müllproblematik eine wichtige Rolle zu: Indem sie auf Müllvermeidung setzen und aktiv nach Alternativen für Einwegplastikprodukte fragen, helfen sie insbesondere in Destinationen mit unzureichender Abfallinfrastruktur die Problematik zu verringern.

#### WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

Researching marine litter on the island Phu Quoc, Vietnam Heide Kerber und Johanna Kramm (2018). In: Watersolutions 2, 26–28

On stage and off stage: Encountering entangled waste-tourism relations on the Vietnamese Island Phu Quoc Heide Kerber und Johanna Kramm (o. J.). In: The Geographical Journal (im Review)



# Verpackung

Die Verwendung von Plastikverpackungen ist derzeit nicht nachhaltig und muss neu gestaltet werden. Das beinhaltet:

- / Müllvermeidung durch eine Veränderung von Konsumgewohnheiten sowie Arbeitsabläufen und Logistik
- / Die ökologische Verbesserung von Verpackungsmaterialien unter Berücksichtigung der Unbedenklichkeit chemischer Inhaltsstoffe.

PLASTX: SOZIAL-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG ZU  
PLASTIK IN DER UMWELT



Convenience- und To-go-Verpackungen aus Einwegplastik

# Verpackungsvermeidung im Lebensmittelhandel ist möglich, allerdings komplex

## PROBLEMSTELLUNG

Müllvermeidung ist gemäß der europäischen Abfallhierarchie (1. Vermeidung, 2. Vorbereitung zur Wiederverwendung, 3. Recycling, 4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung, 5. Beseitigung) der wichtigste Hebel zu einem nachhaltigeren Umgang mit Plastik. Zur Verringerung der wachsenden Müllmengen bedarf es einer Reduktion der Nutzung von kurzlebigen Einwegplastik im Verpackungsbereich als Hauptquelle von Plastikmüll. Um konkrete Vermeidungsstrategien umzusetzen, ist der Handel als wichtige Schnittstelle zwischen Produzent\*innen und Konsument\*innen und als politisch mächtiger Akteur im Lebensmittel-system von zentraler Bedeutung.

Die soziologische Untersuchung fokussierte auf die praktischen Potenziale und Grenzen von Verpackungsvermeidung im Lebensmittelhandel. In der Tradition der Workplace Studies ging es darum zu fragen, welche Funktionen Verpackung in der Lebensmittelversorgung erfüllt. Anhand der identifizierten Verpackungsfunktionen analysierten die Wissenschaftler\*innen

Möglichkeiten und Barrieren von Verpackungsvermeidung. Dabei lag der Fokus auf den „sozialen“ Funktionen von Verpackung, die bei traditionellen technischen oder ökonomischen Betrachtungen häufig übersehen werden.

Ziel der Untersuchung war es, die „sozialen“ Dimensionen von Verpackung als Teil von Arbeitspraktiken zu erforschen und in ihren Auswirkungen auf Vermeidungsstrategien zu beleuchten. Die soziologische Analyse erörtert Potenziale und Grenzen von Vermeidung.

## METHODISCHES VORGEHEN

Durch teilnehmende Beobachtungen des Arbeitsalltags in Supermärkten und im Großhandel untersuchten die Wissenschaftler\*innen die Rolle von Verpackung direkt im praktischen Arbeitseinsatz. Diese Beobachtungen wurden durch qualitative Interviews mit beteiligten Akteur\*innen entlang der Lieferkette der Lebensmittel ergänzt. Aus den dabei gewonnen Verpackungsfunktionen ließen sich Schlüsse für Potenziale und Bedingungen der Verpackungsvermeidung ableiten.

## FRAGESTELLUNG

# Welche Rolle spielt Verpackung in den Arbeitsprozessen des Lebensmittelhandels und was bedeutet das für die Vermeidung?

## ERGEBNISSE

/ Verpackungen erfüllen vielfältige und ganz praktische Aufgaben im Arbeitsalltag des Lebensmittelhandels (Produktpräsentation, Qualitätskontrolle, Lagerlogistik, Repräsentation). Verpackungsvermeidung ist daher eine komplexe Aufgabe und mit einer Veränderung von Arbeitspraktiken verbunden.

/ Verpackungen sind integraler Bestandteil der Logistik und Arbeitsorganisation im Lebensmitteleinzelhandel. Sie strukturieren die alltäglichen Arbeitspraktiken, also die Art und Weise, wie Arbeit im Zusammenspiel von Menschen und Dingen in konkreten Situationen geleistet wird. Das betrifft zum Beispiel

- › interne Logistik: Warenwirtschaft, Digitalisierung, Qualitätskontrolle
- › Produktpräsentation, Marketing.

/ Verpackungen stabilisieren das Funktionieren dieser Arbeitspraktiken (Verwaltung der Produktflüsse im Warenwirtschaftssystem, Produkte ins Regal räumen). Verpackungsvermeidung erzeugt daher Änderungsdruck bei den Arbeitsabläufen.



Abfüllstation mit Spendern in einem Unverpackt-Laden

/ Schon scheinbar kleine Veränderungen von routinierten und technisch vermittelten Arbeitspraktiken – wie die Substitution von Wickelfolie durch wiederverwendbare Schnüre – können jedoch mit Schwierigkeiten verbunden sein. Das liegt an vorhandenen sozio-technischen Pfadabhängigkeiten, aber auch an der Starrheit von Arbeitsroutinen.

/ Die ausdifferenzierte Planung, Organisation und Durchführung der Arbeitspraktiken im Einzelhandel stellt eine besondere Hürde in der Umsetzung von betrieblichen Müllvermeidungs-

initiativen dar. Durch die verschiedenen beteiligten Akteur\*innen (wie Firmenleitung, Verwaltung, Lagerarbeit oder Geschäftspartner\*innen) kann eine Lücke zwischen Planung und Umsetzung entstehen, die kommunikativ vermittelt und koordiniert werden muss.

/ Die Einbettung der Verpackung in Arbeitspraktiken muss auch abseits technischer Funktionen in den Blick genommen werden, um Potenziale und Hürden der Verpackungsreduktion besser zu verstehen und damit Müllvermeidung praxistauglich zu machen. Die Art wie etwa Frische und Fülle als zentrale Qualitäten des Lebensmittelhandels bewertet und hergestellt werden, ist eng mit Verpackung verknüpft. Arbeit in einem verpackungsfreien Lebensmittelmarkt erfordert demgemäß eine alternative Bewertung von Fülle und Vielfalt sowie sensorische Kompetenzen im direkten Umgang mit Lebensmitteln.

#### KERNBOTSCHAFTEN

/ Verpackungen haben vielfältige Funktionen in der Arbeitsorganisation, die bei Vermeidungsprozessen beachtet werden müssen. Das betrifft zum Beispiel das Synchronisieren der elektronischen Lagerbestände oder die Weitergabe von Produktinformationen.

/ Es braucht aktive Arbeit an Innovationen und ihrer Implementierung sowie die Mobilisierung von Ressourcen (Zeit/Geld/Wissen/Personal), um betriebli-

che Initiativen zur Verpackungsvermeidung (wie etwa die Umstellung von Einweg auf Mehrweg in der Transportverpackung) umzusetzen.

/ Technologische Veränderungen von Verpackungen (zum Beispiel Mehrweg statt Einweg, alternative Materialien, Reduktion) müssen auf die konkrete Arbeitssituation im jeweiligen Betrieb zugeschnitten sein. Das beinhaltet das Experimentieren mit verschiedenen Lösungen in der konkreten Arbeitssituation unter Einbeziehung aller Akteur\*innen (Firmenleitung, Belegschaft, Kooperationspartner\*innen) und der vorhandenen Infrastrukturen.

/ Mitarbeiter\*innen können praktische Hürden einer Veränderung oft frühzeitig erkennen oder pragmatische Lösungen dafür finden. Sie müssen im Transformationsprozess als Expert\*innen ernst genommen und in arbeitsrelevante Innovationsentscheidungen eingebunden werden.

/ Grundlegende Veränderungsinitiativen dürfen sich nicht auf technologische Innovationspotenziale beschränken, sondern müssen auch soziale Innovationen, alternative Versorgungsnetzwerke und neue Businessmodelle einbeziehen. Direktvermarktung, Kooperativen oder regionale Netzwerke bieten veränderte Möglichkeiten der Verpackungs- und Müllvermeidung.

## VERPACKUNGSFUNKTIONEN IM SUPERMARKT

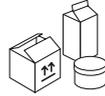


### Produkt- präsentation

Verpackung leitet die Präsentation der Produkte gegenüber potenziellen Kund\*innen



› Verpackung bietet Produktorientierung als Informationsträger



› Die Form der Verpackung leitet die flexible Handhabung und Platzierung von Produkten



### Warenlogistik

Verpackung erleichtert die Evaluation von Produktqualitäten und Produktmengen



› Verpackung dient als Indikator für Frische (MHD, Versiegelung)



› Verpackung vermittelt zwischen Produktströmen und Warenwirtschaftssystem



### Laden- repräsentation

Verpackung ermöglicht die Reproduktion zentraler Qualitätsmerkmale eines gut geführten Supermarktes



### Warendruck

› Die visuelle Gestaltung und Anordnung von Verpackung unterstützt die Repräsentation von Fülle



### Friskompetenz

› Verpackung beeinflusst die Repräsentation und Sicherstellung von Frische

Grafik: ISOE

## WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

**Die Schwierigkeit des Weglassens: Verpackungsfunktionen im Supermarkt**  
Lukas Sattlegger (2020). In: Melanie Kröger, Jens Pape und Alexandra Wittwer (Hg.): Einfach weglassen? Ein wissenschaftliches Lesebuch zur Reduktion von Plastikverpackungen im Lebensmittelhandel. München

**Making Food Manageable – Packaging as a Code of Practice for Work Practices at the Supermarket** Lukas Sattlegger (o.J.). In: Journal of Contemporary Ethnography (eingereicht)

**Negotiating attachments to plastic – a trans-sequential analysis of a wholesaler's plastic reduction strategy** Lukas Sattlegger (o.J.). In: Social Studies of Science (eingereicht)

# Inhaltsstoffe in Plastikprodukten: Giftiger Chemikaliencocktail mit vielen Unbekannten

## PROBLEMSTELLUNG

Plastikprodukte enthalten eine Vielzahl an Chemikalien. Additive wie Weichmacher, Flammenschutzmittel und Antioxidantien werden dem Kunststoff zugesetzt, um ihm bestimmte Eigenschaften zu verleihen. Ebenso sind Nebenprodukte des Herstellungsprozesses im Endprodukt enthalten. Studien haben gezeigt, dass Chemikalien, die in Kunststoffen enthalten sind, *in vitro* (in Zellkultur) sowie *in vivo* (im lebenden Organismus) negative Effekte hervorrufen können. Diese Studien konzentrieren sich auf einzelne Kunststoffprodukte oder einzelne Chemikalien und bestimmte Auswirkungen. Bisher fehlt eine umfassende toxikologische und chemische Charakterisierung der in Plastik vorkommenden Chemikalienmischungen. Dies gilt insbesondere auch für Biokunststoffe, das heißt aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellte (biobasierte) und/oder unter natürlichen Umweltbedingungen abbaubare Kunststoffe (bioabbaubare), sowie pflanzenbasierte Materialien wie Cellulose-, Stärke- und Bambusmischungen. Diese werden oft als nachhaltigere Alternative zu konventionellen Kunststoffen vermark-

# 67%

der herkömmlichen Kunststoffe und ebenso der biobasierten sowie biabbaubaren Materialien enthalten Chemikalien, die In-vitro-Toxizität hervorrufen.

tet. Allerdings ist bisher wenig über die darin enthaltenen Chemikalien und deren Unbedenklichkeit bekannt.

Ziel der Untersuchung war es, besser zu verstehen, ob Alltagsprodukte aus Kunststoffen und alternativen Materialien Chemikalien enthalten und/oder diese freisetzen, welche *in vitro* zu Toxizität führen. Anzahl, Identität und Funktion der Substanzen in der Mischung wurden ebenfalls analysiert. Dabei betrachtete die Studie, ob sich die Toxizität und die chemische Zusammensetzung von verschiedenen Polymertypen, von Ausgangsmaterial und Endprodukt, von Produkten mit und ohne Lebensmittelkontakt sowie von herkömmlichen Kunststoffen und Biokunststoffen bzw. pflanzenbasierten Materialien unterscheiden.

## FRAGESTELLUNG

# Welche Chemikalien sind in Plastikprodukten enthalten und sind diese bedenklich?

## METHODISCHES VORGEHEN

Für die Laboruntersuchungen wurden Alltagsprodukte mit und ohne Lebensmittelkontakt wie Plastikfolien, Joghurtbecher und Flaschen für Softdrinks und Shampoos oder deren Rohmaterialien („Plastikpellets“) ausgewählt. Diese umfassten die konventionellen Kunststoffe HD/LD-PE, PP, PS, PET, PVC und PUR sowie die biobasierten und/oder bioabbaubaren Materialien Bio-PE, Bio-PET, PBAT, PBS, PLA, PHA und Stärke-, Cellulose- sowie Bambusmischungen. Die Chemikalien wurden einerseits mit einem Lösemittel (Methanol) aus den Produkten herausgelöst, um einen Großteil der in den Produkten enthaltenen Inhaltsstoffe zu isolieren (Extrakte), und andererseits mit Wasser, um die Chemikalien abzubilden, die unter realistischen Bedingungen aus dem Plastikprodukt in seinen Inhalt oder die Umwelt austreten können (Migrate). Die erhaltenen Extrakte und Migrate wurden mittels vier verschiedener In-vitro-Tests (Zelltests) untersucht. Zwei Tests dienen der Untersuchung unspezifischer Toxizität: Der Mikrotox-Assay mit dem biolumineszierenden Bakterium *Aliivibrio fischeri* prüft auf Basistoxizität

und der AREc32-Assay mit menschlichen Brustkrebszellen auf oxidativen Stress. Mit zwei Reportergenassays wurde die endokrine (hormonähnliche) Aktivität untersucht: Der YES-Test prüft auf östrogene Wirkung und der YAAS-Test auf antiandrogene, das heißt auf Testosteron blockierende Aktivität. Zudem wurden die Proben mittels chemischer Analyseverfahren (hochauflösende Gas/Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie) auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht.

## ERGEBNISSE

- / Ein Großteil der Plastikprodukte enthält Chemikalien(mischungen), die in Zellkulturtests toxisch sind (unspezifische Toxizität, endokrine Aktivität).
- / Auch die Chemikalienmischungen, die in wässriges Medium freigesetzt werden (Migrate), sind toxisch in Zellkulturtests.
- / Ein einzelnes Plastikprodukt kann hunderte oder sogar tausende Chemikalien enthalten. Viele können auch in wässriges Medium freigesetzt werden.

Diese Chemikalien

- › umfassen Monomere, Oligomere, Additive, Schmiermittel, Nebenprodukte und Verunreinigungen;
- › lassen sich zum Großteil mit gängigen chemischen Analysemethoden nicht identifizieren.

/ Biokunststoffe sowie pflanzenbasierte Materialien weisen eine ähnliche In-vitro-Toxizität und chemische Komplexität auf wie herkömmliche Kunststoffe.

/ Die Inhaltsstoffe einiger Plastiksorten sind zwar generell bedenklicher (zum Beispiel von PVC, PUR, Stärke- und Cellulose-Blends) als von anderen (zum Beispiel von PET), allerdings besitzt jedes Produkt eine spezifische chemische Zusammensetzung und Toxizität.

/ Die Toxizität von Lebensmittelkontaktmaterialien ist zwar meist geringer als die der Materialien ohne Lebensmittelkontakt, allerdings können auch einzelne der Materialien mit Lebensmittelkontakt die gleiche Toxizität aufweisen wie die ohne.

/ Die Anzahl an Substanzen sowie die Toxizität nimmt mit dem Herstellungsprozess vom Ausgangsmaterial („Plastikpellets“) zum Endprodukt zu.

## KERNBOTSCHAFTEN

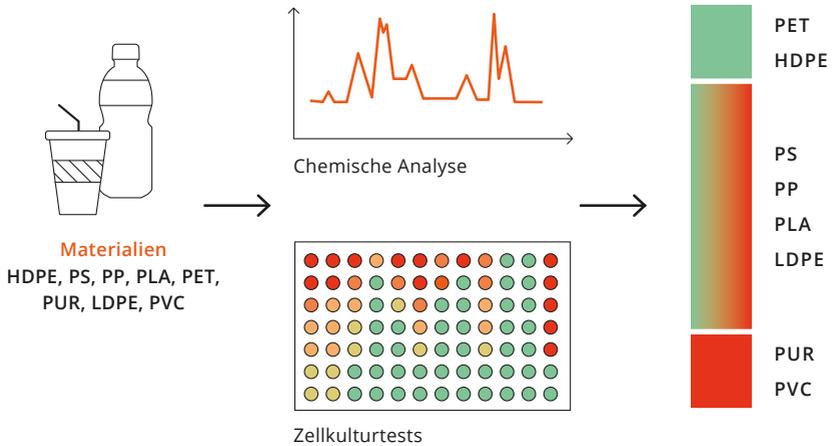
/ Um die toxikologische Unbedenklichkeit von Plastik für Mensch und Umwelt zu garantieren, sollte/n

- › das Thema „sichere Kunststoffe“ auf die politische Agenda rücken
- › die Anzahl und Vielfalt der Chemikalien in Kunststoffen reduziert werden
- › alle Plastikinhaltsstoffe transparent gemacht werden
- › jedes einzelne Produkt untersucht werden, zum Beispiel mit einer Kombination aus Zelltests und chemischen Analyseverfahren, um die Toxizität und Zusammensetzung der Chemikalienmischung in einem Produkt zu bestimmen.

/ Bereits jetzt gibt es unbedenkliche Produkte auf dem Markt, an denen man sich bei der Herstellung von neuen Produkten orientieren kann.

/ Der Ansatz der „Grünen Chemie“ eignet sich zur Entwicklung neuer Materialien, die herkömmliche Materialien in Aspekten der Nachhaltigkeit und der chemischen Sicherheit übertreffen.

### SCHEMATISCHE DARSTELLUNG VON AUFBAU UND ERGEBNISSEN DES LABORVERSUCHS MIT KONVENTIONELLEN KUNSTSTOFFEN



Für die Laborversuche mit konventionellen Kunststoffen wurden gängige Plastikprodukte (z.B. Flaschen) aus acht unterschiedlichen Materialien (u.a. PE) ausgewählt und die darin enthaltenen Chemikalien herausgelöst. Diese sogenannten Extrakte wurden mit einem chemischen Analyse-

verfahren sowie Zellkulturtests untersucht. Daraus ergaben sich für die einzelnen Materialien die rechts dargestellten Abstufungen:  
> grün: wenig bedenklich  
> grün bis rot: unterschiedlich bedenklich  
> rot: sehr bedenklich.

Grafik: ISOE

### WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

**Benchmarking the *in vitro* toxicity and chemical composition of plastic consumer products** Lisa Zimmermann, Georg Dierkes, Thomas Ternes, Carolin Völker und Martin Wagner (2019). In: Environmental Science & Technology 53 (19), 11467–11477. doi: 10.1021/acs.est.9b02293

**Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics?**

***In vitro* toxicity and chemical composition** Lisa Zimmermann, Andrea Dombrowski, Carolin Völker und Martin Wagner (2020). In: Environment International. doi: 10.1016/j.envint.2020.106066

**Vorläufiger Titel: *In vitro* toxicity and chemical composition of plastic consumer products – What is in with what is getting out of plastics** (in Bearbeitung, (o. J.)

## VERPACKUNG



Bild oben: Schneiden der Plastikprodukte für die anschließende Extraktion

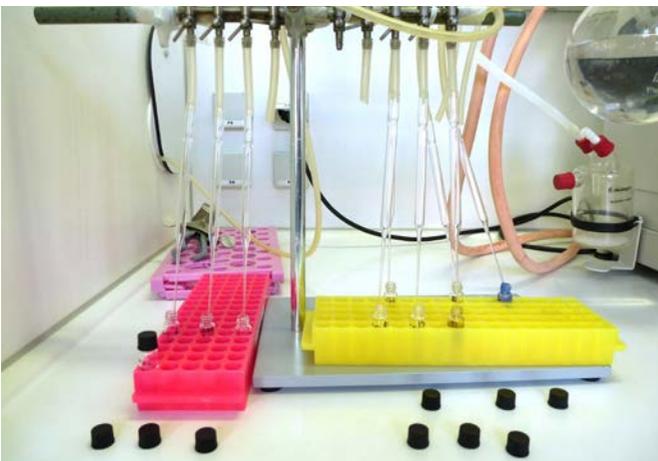


Bild links: Vorbereitung der Extrakte für den Einsatz im Versuch



Lisa Zimmermann,  
wissenschaftliche  
Mitarbeiterin der  
Forschungsgruppe PlastX,  
bei der Untersuchung  
der Plastikextrakte  
und -migrate mit Hilfe von  
Zelltests

# Mehr Transparenz für nachhaltigere Verpackungslösungen entlang der Lieferkette

## PROBLEMSTELLUNG

Plastikstrudel im Meer, Littering von Verpackungsmüll in den Städten und Migration potenziell gesundheitsschädlicher Stoffe in Nahrungsmittel erfordern ein Umdenken in der Verpackungsgestaltung. Zur Lösung dieser mit Verpackung assoziierten Nachhaltigkeitsprobleme braucht es eine Transformation im Umgang mit Verpackungen. Verpackung muss von einem instrumentellen Werkzeug – als Schutzhülle und Kommunikationsmedium des Produkts, das sich und ihre Eigenschaften „unsichtbar“ macht – zum „durchschaubaren“ Inhalt der Auseinandersetzung werden. Die

Materialeigenschaften von Verpackung müssen also im Sinne einer nachhaltigen Gestaltung transparent und bearbeitbar gemacht werden. Dazu müssen spezifische „Unsichtbarkeiten“ von Verpackung entlang der Lieferkette identifiziert werden. „Unsichtbarkeiten“ meint hier die unbekanntenen Eigenschaften der Verpackung, die eine Bewertung und Verbesserung ihrer Ökobilanz erschweren. Die Forscher\*innen von PlastX fragten nach konkreten Kommunikations- und Wissensmängeln, die eine transparente und nachhaltige Gestaltung und Nutzung von Verpackungen behindern: Wo fehlt es an Wissen zu nachhaltigen Lösungen? Welches Wissen wird nur unzureichend kommuniziert und warum? Welche betrieblichen, ökonomischen, sozialen oder technischen Hemmnisse behindern den Wissenstransfer innerhalb der Lieferkette und zwischen Wissenschaft und unternehmerischer Praxis?



Stakeholder-Dialog zur nachhaltigen Verpackungsgestaltung

## FRAGESTELLUNG

# Welche Kommunikations- und Wissensmängel entlang der Lieferkette behindern eine nachhaltige und transparente Gestaltung und Nutzung von Verpackungen?

## METHODISCHES VORGEHEN

Im Mittelpunkt standen der transdisziplinäre Austausch zu Nachhaltigkeit und Transparenz von Verpackungen sowie die gemeinsame Diskussion unter Einbezug ethnographisch-soziologischer, naturwissenschaftlicher und unternehmerischer Erfahrungen. Die dargestellten Ergebnisse sind das Produkt einer Diskussion der unterschiedlichen Perspektiven aus Wissenschaft und Praxis, denen jeweils ähnliche Beobachtungen über Kommunikations- und Wissenslücken als Hemmnisse nachhaltiger Verpackungsgestaltung zugrunde liegen.

PlastX-Beiratstreffen mit Stakeholder-Dialog



## ERGEBNISSE

/ Das Wissen von Produktherstellern und Handel bezüglich Inhaltsstoffen und Zusammensetzung der verwendeten Plastikverpackungen ist begrenzt.

/ Vorhandenes Wissen zu Verpackungseigenschaften wird nicht vollständig mit Geschäftspartner\*innen entlang der Lieferkette geteilt und wenig aktiv nach außen kommuniziert. Das liegt einerseits an der Konkurrenzsituation von Unternehmen, gleichzeitig investieren die Unternehmen aber auch zu wenig Ressourcen in die Weitergabe von Wissen entlang der Wertschöpfungskette. Wissen zu Verpackungen und ihren Inhaltsstoffen bleibt damit für viele Akteur\*innen unzugänglich, was eine nachhaltige Verpackungsentwicklung erschwert.

/ Die Nachhaltigkeitsbestrebungen vieler Unternehmen beschränken sich auf den eigenen Unternehmensbereich, ohne die ganze Lieferkette und damit systemische Nachhaltigkeit in den Blick zu nehmen (Müllvermeidung im eigenen Betriebsprozess geht vor Müllvermeidung in der gesamten Lieferkette). Das birgt die Gefahr von

Greenwashing und führt zu einem Rückgriff auf einfache Lösungen, die nicht am Kern des Problems ansetzen.

/ Die Kontextabhängigkeit von Forschungsergebnissen und Ökobilanzen macht eine Übertragung auf konkrete Prozesse der Verpackungsentwicklung schwierig. Außerdem ist die Komplexität der wissenschaftlichen Erkenntnisse oftmals sehr hoch, wodurch sich Unternehmen schwertun, diese in die Verpackungsgestaltung zu integrieren.

*„Für einen sicheren Umgang mit Kunststoffprodukten und eine funktionierende Kreislaufwirtschaft wäre der Einsatz definierter Materialien und Substanzen anstelle des Verbots bestimmter Substanzen konsequent.“*

Lukas Sattlegger,  
wissenschaftlicher Mitarbeiter  
der Forschungsgruppe PlastX

### KERNBOTSCHAFTEN

/ Mehr Transparenz zu nachhaltigen Verpackungslösungen entlang der Lieferkette ist notwendig. Das beinhaltet eine Offenlegung der in Kunststoffprodukten enthaltenen Inhaltsstoffe sowie der Ergebnisse von Materialtests (zum Beispiel zu Toxizität oder Bio-abbaubarkeit).

/ Die Kommunikation und Kollaboration zu nachhaltiger Verpackung zwischen Akteur\*innen entlang der Lieferkette sowie zwischen Wissenschaft und unternehmerischer Praxis muss ausgeweitet werden. Transdisziplinäre Forschung kann hier einen wertvollen Beitrag zum Wissenstransfer liefern.

/ Politische Steuerung ist essenziell für nachhaltigere Verpackungsentwicklung. Diese kann etwa über Positivlisten („white list“) in der Materialzulassung oder Transparenzregeln für die Verpackungs- und Kunststoffherstellung erfolgen.



Lukas Sattlegger, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgruppe PlastX, stellt die Ergebnisse des Stakeholder-Dialogs vor

## WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

Von der unsichtbaren zur durchschaubaren Verpackung. Prinzipien nachhaltiger Verpackungsgestaltung

Lukas Sattlegger, Lisa Zimmermann und Maik Birnbach (2020). In: Ökologisches Wirtschaften 35 (1), 38–42

Die PET-Mineralwasserflasche.

Wasser in Plastik und Plastik in Wasser

Lukas Sattlegger, Tobias Haider, Carolin Völker, Heide Kerber, Johanna Kramm, Lisa Zimmermann und Frederik R. Wurm (2020). In: Chemie in unserer Zeit 54 (1), 14–20



# Bioabbaubare Kunststoffe

Bioabbaubare Kunststoffe sind keine Universallösung für die Plastikmüllproblematik – sie können jedoch sinnvoll dort eingesetzt werden, wo Abbaubarkeit Teil der Funktion ist.



Plastiktüten

# Bioabbaubare Kunststoffe sind kein Allheilmittel

## PROBLEMSTELLUNG

Bioabbaubare Kunststoffe gelten zum Teil als Lösung für Umweltprobleme wie Vermüllung oder Mikroplastik, die auf der Langlebigkeit herkömmlicher Kunststoffe in der Natur beruhen – mit wachsenden Marktanteilen und einer Vielzahl an wissenschaftlichen Publikationen. Die biologische Abbaubarkeit der als „bioabbaubar“ bezeichneten Kunststoffe beschränkt sich jedoch oftmals auf spezielle Umgebungen wie zum Beispiel industrielle Kompostieranlagen. Gleichzeitig ist unklar, inwieweit sich von vereinfachten Abbauteests unter Laborbedingungen auf den tatsächlichen biologischen Abbau in natürlichen Umgebungen schließen lässt. Das Ziel der Forscher\*innen war es, zu evaluieren, inwieweit bioabbaubare Kunststoffe eine umweltfreundlichere Alternative zu den herkömmlichen gängigsten Kunststoffen darstellen und welche Anwendungsmöglichkeiten sich für bioabbaubare Kunststoffe ergeben.

*„Bioabbaubare Kunststoffe bauen nicht in jeder natürlichen Umgebung innerhalb eines ausreichenden Zeitraums ab. Sie sind daher keine einfache Lösung gegen Plastikvermüllung.“*

Tobias Haider,  
wissenschaftlicher Mitarbeiter  
der Forschungsgruppe PlastX

## BIOPLASTIK = BIOABBAUBAR?

Der Begriff „Bioplastik“ ist nicht eindeutig. Er vereint biobasierte Kunststoffe (biobasierte Polymere aus nachwachsenden Ressourcen) und bioabbaubare Kunststoffe. Dabei können einzelne biobasierte Kunststoffe biologisch abbaubar sein, während andere die Langlebigkeit von konventionellen Kunststoffen besitzen. Bioabbaubare Kunststoffe können wiederum biobasiert oder wie konventionelle Kunststoffe aus Erdöl hergestellt werden (petrobasierte Polymere).

## FRAGESTELLUNG

# Fragestellung: Sind bioabbaubare Kunststoffe eine Alternative zu konventionellen Kunststoffen?

## METHODISCHES VORGEHEN

Die Wissenschaftler\*innen werteten Fachliteratur aus, um die Aussagekraft von herkömmlichen vereinfachten Abbaubarkeitstests unter Laborbedingungen, die durchgeführt werden, um das Zersetzen des Materials zu bestimmen, sowie deren Übertragbarkeit auf natürliche Umgebungen zu überprüfen. Darüber hinaus verglichen sie die Abbauraten in unterschiedlichen natürlichen Umgebungen, evaluierten mögliche negative Auswirkungen von Abbauprodukten auf bestehende Ökosysteme und zeigten die Auswirkungen von bioabbaubaren Kunststoffen auf die Abfallwirtschaft und das Konsumverhalten auf.

Der Austausch mit verschiedenen Akteur\*innen im Rahmen von Workshops und Webinaren sowie die Analyse der Fachliteratur gaben Hinweise auf ökologisch sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten von bioabbaubaren Kunststoffen.

## ERGEBNISSE

/ Ergebnisse vereinfachter Labortests zur Abbaubarkeit von Polymeren (zum Beispiel unter erhöhten Temperaturen oder extremen pH-Werten) sind zu meist nur begrenzt auf reale Umweltbedingungen übertragbar. Gleichzeitig sind Abbautests unter Realbedingungen in der Umwelt (wie im Kompost) komplex und limitieren die möglichen analytischen Methoden zur Bestimmung des Bioabbaus.

/ Die Bioabbaubarkeit von Polymeren variiert stark in Abhängigkeit von der Umgebung, in der der Abbau stattfindet, und sind von Temperatur, Zahl der Mikroorganismen und Feuchtigkeit deren Umgebung abhängig. Als „bioabbaubar“ deklarierte Polymere wie PLA können in bestimmten Umgebungen wie zum Beispiel Meerwasser eine unzureichende Abbaubarkeit aufweisen, vergleichbar mit konventionellen Kunststoffen.

/ Die Abbauprodukte von bioabbaubaren Polymeren (PLA, Stärke-Blends, PBAT, PBS) erzeugen meist keine negativen Auswirkungen auf ökologische Systeme. Lediglich vereinzelt sind für PLA Auswirkungen erkennbar.

/ Bisher wird ein Recycling von bioabbaubaren Kunststoffen wie PLA nicht durchgeführt, da ihre Stoffströme für ein ökonomisches Recycling noch zu gering sind. Gleichzeitig kann zum Beispiel PLA die Qualität von PET-Rezyklaten verschlechtern, wenn es in diesen Stoffstrom gelangt.

/ Es gibt Hinweise auf ein vermehrtes Littering durch die großflächige Einführung von bioabbaubaren Kunststoffen für Konsumgüter und Verpackungen, jedoch ist dies noch nicht ausreichend erforscht.

/ Für die Auswahl von bioabbaubaren Polymeren als Ersatz für konventionelle Kunststoffe sind die Materialeigenschaften und die Abbaubarkeit in der vermuteten Zielumgebung ausschlaggebend.

/ Der ökologische Nutzen von bioabbaubaren Kunststoffen als Alternativen zu herkömmlichen Kunststoffen ist meist gering oder nicht vorhanden, da mit der Verwendung von bioabbaubaren Kunststoffen oft eine einmalige Anwendung verbunden ist. Somit wird eine Rückführung in eine Kreislaufwirtschaft verhindert.

## KERNBOTSCHAFTEN

/ Um einer Kreislaufwirtschaft nicht entgegen zu stehen, sollten bioabbaubare Kunststoffe nur für Anwendungen verwendet werden, bei denen die Abbaubarkeit Teil der Funktion ist, ein Recycling (ökonomisch) nicht machbar oder ein Umwelteintrag unvermeidbar ist.

/ Die Bezeichnung „bioabbaubar“ für ein bestimmtes Polymer sollte immer mit den genauen Abbaubedingungen kommuniziert werden (zum Beispiel „industriell/heim kompostierbar“, „abbaubar in marinen Gewässern“).

/ Bioabbaubare Kunststoffe stellen keine Lösung für das Problem der Vermüllung dar. Da der genaue Abbauort nicht vorausgesagt werden kann, ist die biologische Abbaubarkeit ggf. nicht in erforderlichem Maße gegeben.



Bild rechts: Labortest zur biologischen Abbaubarkeit von Polymeren

DER ABBAU VON POLYMILCHSÄURE (PLA)  
IN VERSCHIEDENEN UMGEBUNGEN



Boden



Kompost



Gewässer

Mikroorganismen



Temperatur



Feuchtigkeit



Abbaubarkeit

› mittel

› gut

› niedrig

WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

**Plastics of the future? The impact of biodegradable polymers on the environment and on society** Tobias Haider, Carolin Völker, Johanna Kramm, Katharina Landfester und Frederik R. Wurm (2019). In: Angewandte Chemie International Edition

**Seawater-degradable Polymers – Fighting the Marine Plastic Pollution** Ge-Xia Wang, Dan Huang, Stefan Peil, Jun-Hui Ji, Carolin Völker, Frederik R. Wurm. In: Advanced Science (angenommen)

**Bioplastik: Kunststoffe der Zukunft?** Carolin Völker und Johanna Kramm (2020). In: Melanie Kröger, Jens Pape und Alexandra Wittwer (Hg.): Einfach weglassen? Ein wissenschaftliches Lesebuch zur Reduktion von Plastikverpackungen im Lebensmittelhandel. München

**Keine echte Alternative. Bioplastik und konventionelles Plastik im Vergleich** Johanna Kramm und Tobias Haider (2020). In: Politische Ökologie 38 (161), 69–74

# Abbaubares Polyethylen: Eine Alternative?

## PROBLEMSTELLUNG

Polyethylen (LDPE, HDPE) stellt circa ein Drittel aller produzierten Kunststoffe weltweit dar. Auf Grund seiner hervorragenden mechanischen und thermischen Eigenschaften wird PE für eine Vielzahl von Anwendungen und Produkten verwendet, insbesondere für Verpackungen. PE zeichnet sich durch seine Langlebigkeit aus. Gelangt der Kunststoff in die Umwelt, wird diese Langlebigkeit zum Nachteil und führt zur Anhäufung von Kunststoffmüll. Das Ziel der Forschungsarbeit war die Synthese neuartiger, abbaubarer Polymere, die in ihrer Molekülstruktur und in den thermischen und mechanischen Eigenschaften PE ähneln, durch den Einbau von „Sollbruchstellen“ jedoch eine weitaus höhere Abbaubarkeit aufweisen. Als funktionelle, hydrolyse-empfindliche Gruppen wurden hierfür Orthoester und Phosphate ausgewählt. Abbaubare Polymere basierend auf Orthoestern werden bereits in der Biomedizin angewendet, da Phosphate Teil von natürlichen, körpereigenen und abbaubaren Polymeren wie DNA oder RNA sind.



Tobias Haider, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgruppe PlastX, im Labor

## FRAGESTELLUNG

# Kann durch Einbau von „Sollbruchstellen“ die Abbaubarkeit von Polyethylen erhöht und damit beschleunigt werden?

## METHODISCHES VORGEHEN

Die Wissenschaftler\*innen stellten mehrere unterschiedliche Monomere mittels gängiger Synthesemethoden der organischen Chemie her. Alle Polymere wurden durch Metathese-Polymerisation mit Ruthenium-Katalysatoren synthetisiert und im Anschluss hydriert, um PE-ähnliche Materialien zu erhalten. Polyorthoester wurden per Ringöffnungsmetathese-Copolymerisationen (ROMP) aus mehreren cyclischen Orthoester-Monomeren mit unterschiedlichen Anteilen des Comonomers Cyclooctadien hergestellt. Die Variation der Comonomer-Anteile erlaubte die Anzahl der Orthoester-Gruppen im späteren PE-ähnlichen Polymer einzustellen. Die verschiedenen Orthoester unterschieden sich durch die Substituenten, um Einfluss auf die Abbauprodukte und die Abbau-geschwindigkeit zu erlangen. Mehrere PE-Derivate mit Phosphaten als Sollbruchstellen wurden mittels acyclischer Dien-Metathese (ADMET) Polymerisation aus langkettigen Dien-Monomeren hergestellt. Diese Methode erlaubte einen präzisen Einbau – der Phosphat-Gruppen in die Polymere mit einem festgelegten

Abstand zwischen den „Sollbruchstellen“. Alle Monomere und Polymere wurden mit gängigen Analysemethoden vollständig charakterisiert. Abbautests der Polymere wurden in organischer Lösung, als Folie in wässriger Lösung und mit Belebtschlamm aus einer Kläranlage durchgeführt, um zunächst den Abbaumechanismus zu analysieren und anschließend die Abbaubarkeit unter realitätsnahen Bedingungen zu testen.

## ERGEBNISSE

/ PE-Derivate mit Sollbruchstellen (basierend auf Orthoestern und Phosphaten), die eine höhere Abbaubarkeit aufweisen als PE, konnten erfolgreich synthetisiert werden. Die Orthoester- bzw. Phosphat-Gruppen fungierten tatsächlich als „Sollbruchstellen“ im Polymer.

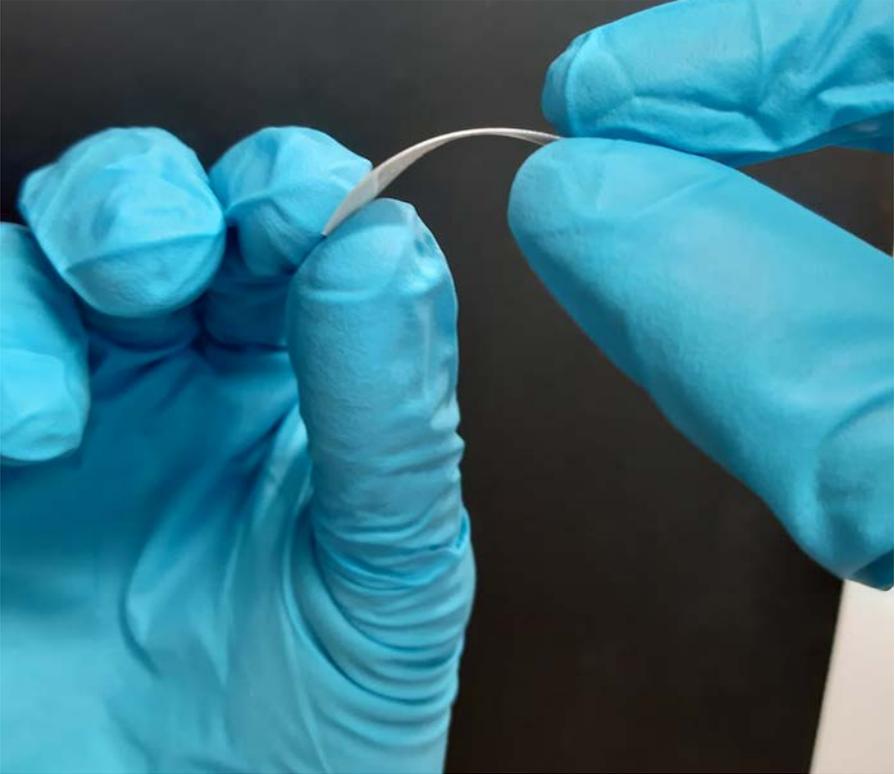
/ Die Abbaubarkeit der Polymere konnte je nach Anzahl der „Sollbruchstellen“ in der Polymerkette eingestellt werden, das heißt, je weniger Sollbruchstellen, desto langsamer der Abbau. Gleichzeitig näherten sich aber die thermischen Eigenschaften, Kristallinität und Kristallstruktur

Polyethylen an, wenn weniger Sollbruchstellen eingebaut wurden.

- / Durch Variation der Substituenten an den Orthoester-Sollbruchstellen konnte die Abbaugeschwindigkeit in saurem Milieu beschleunigt oder herabgesetzt werden.
- / Die chemische Struktur der Seitenketten an Phosphat-Sollbruchstellen hatte entscheidenden Einfluss auf die Abbaugeschwindigkeit unter basischen Bedingungen.
- / Die Orthoester- und Phosphat-Gruppen wirkten als „Defekte“ während der Polymerkristallisation, die eine Änderung der Kristallstruktur induzieren können.
- / Das Molekulargewicht (statistische Länge der Polymerketten) der synthetisierten Polymere war geringer als für Polyethylen üblich. Daraus resultierten verminderte mechanische Eigenschaften der Materialien. Eine Erhöhung ist erstrebenswert.

### KERNBOTSCHAFTEN

- / Die Abbaubarkeit von Polyethylen lässt sich durch den Einbau von funktionellen Gruppen als „Sollbruchstellen“ erhöhen. Durch die Sollbruchstellen werden jedoch auch die thermischen und mechanischen Eigenschaften des Polymers verändert. Daher ist es zwar gelungen, abbaubares PE zu entwickeln und dessen Abbauraten einzustellen, es weist jedoch nicht die Eigenschaften von herkömmlichem PE auf und kann daher (noch) nicht als Alternative verwendet werden. Höhere Molekulargewichte sind nötig.
- / Sehr PE-ähnliche, hochkristalline Polymere mit einer geringen Anzahl an „Sollbruchstellen“ weisen relativ lange Abbauezeiten auf. Denn die Bioabbaubarkeit von PE-ähnlichen Polymeren hängt maßgeblich davon ab, wie kristallin und wasserabweisend das Polymer ist.
- / Die „Sollbruchstellen“ wirken auch als Störstellen während der Polymerkristallisation, die aber genutzt werden können, um gezielt die Kristallstruktur des abbaubaren PE einzustellen, was neue Anwendungen von Polyethylen ermöglichen kann.
- / Der Einbau der Sollbruchstellen erlaubt es, auch weitere chemische Funktionalität in die PE-Derivate einzubauen, wie zum Beispiel UV-Aktivität oder flammhemmende Eigenschaften.



Im Labor hergestellte Folie aus PE-ähnlichem Polyphosphat

#### **WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN**

**Long-Chain Polyorthoesters as Degradable Polyethylene Mimics** Tobias Haider, Oleksandr Shyshov, Oksana Suraeva, Ingo Lieberwirth, Max von Delius und Frederik R. Wurm (2019).  
In: *Macromolecules* 52 (6), 2411–2420

**Controlling the crystal structure of precisely spaced polyethylene-like polyphosphoesters**  
Tobias Haider, Oksana Suraeva, Miriam L. O'Duill, Julian Mars, Markus Mezger, Ingo Lieberwirth und Frederik R. Wurm (2020).  
In: *Polymer chemistry* 11 (20), 3404–3415

# Schlaglichter aus vier Jahren PlastX

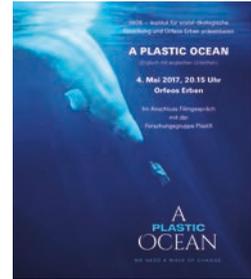


**19. JULI 2016**

› Die Gruppe nimmt ihre Arbeit auf

**20. OKTOBER 2016**

› Erstes Beiratstreffen



**22. MÄRZ 2017**

› Filmbesprechung  
„A Plastic Ocean“

**2016 › DER AUFTAKT**

**2017 › ARBEIT AN DER INTEGRATIVEN  
FORSCHUNGSPERSPEKTIVE**

**SOMMERSEMESTER 2019**

› Ringvorlesung  
„Leben im Plastikzeitalter.  
Perspektiven aus den  
Kultur-, Sozial- und  
Naturwissenschaften“



**28. JUNI 2018**

› Bürger-Universität  
„Leben im Plastikzeitalter“



**3.–9. JUNI 2019**

› Sozial-ökologische Exkursion  
„Plastik in der Umwelt“ in Norddeutschland  
(Bremen, Butjadingen, Bremerhaven)

**2018**

**2019 › ERSTE ERGEBNISSE UND LEHRE**



**17. MAI 2017**

› Auftaktveranstaltung  
„Nachwuchsgruppen in der  
Sozial-ökologischen Forschung“



**17. APRIL 2018**

› Zweites Beiratstreffen

**20. JULI 2017**

› Treffen mit Mentorenkreis

**2018 › VERNETZUNG UND  
ÖFFENTLICHKEITSARBEIT**



**28. NOVEMBER 2019**

› Gestaltungsfeld  
Nachhaltiger Konsum auf  
der 30 Jahre-Jubiläumstagung  
des ISOE



**AUGUST 2020**

› Schreib-Retreat  
in Zeiten von Corona

**6. MAI 2020**

› Online-Verteidigung  
von Tobias Haider

**2020 › DIE ERNTEPHASE BEGINNT**

**2021**

## GLOSSAR

**HD/LD-PE:** High/low density Polyethylen

**PP:** Polypropylen

**PS:** Polystyrol

**PET:** Polyethylenterephthalat

**PVC:** Polyvinylchlorid

**PUR:** Polyurethan

**Bio-PE:** biobasiertes Polyethylen

**Bio-PET:** biobasiertes Polyethylenterephthalat

**PBAT:** Polybutyrat-Adipat-Terephthalat

**PBS:** Polybutylensuccinat

**PLA:** Polymilchsäure

**PHA:** Polyhydroxyalkanoate

**DNA:** Desoxyribonukleinsäure

**RNA:** Ribonukleinsäure

### Zitiervorschlag:

Kramm, Johanna / Carolin Völker / Tobias Haider / Heide Kerber / Lukas Sattlegger / Lisa Zimmermann (2020): Sozial-ökologische Forschung zu Plastik in der Umwelt. Ergebnisse der Forschungsgruppe PlastX. ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung. Frankfurt am Main

Ein Gesamtüberblick über die bisher erschienenen Publikationen und Vorträge von PlastX findet sich auf [www.isoe.de](http://www.isoe.de) und [www.plastx.org](http://www.plastx.org).

### Über das Projekt:

„PlastX – Kunststoffe als systemisches Risiko für sozial- ökologische Versorgungssysteme“ ist ein Verbundprojekt des ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung Frankfurt, der Goethe-Universität Frankfurt am Main und dem Max-Planck-Institut für Polymerforschung. PlastX wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als „Nachwuchsgruppe in der Sozial-ökologischen Forschung“ im Programm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ gefördert.



## IMPRESSUM

**Herausgeber** Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH

**Redaktion** Nicola Schuldt-Baumgart, Johanna Kramm, Melanie Neugart (ISOE)

**Autor\*innen** Johanna Kramm, Carolin Völker, Tobias Haider,  
Heide Kerber, Lukas Sattlegger, Lisa Zimmermann

**Lektorat** Bettina Althaus (macondopublishing)

**Layout** Iris Dresler (ISOE)

**Copyright** Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Hamburger Allee 45,  
60486 Frankfurt am Main

Der Ergebnisstand gilt als vorläufig, Frankfurt am Main, 2020

Eine Aktualisierung erfolgt nach Projektabschluss.

## BILDNACHWEIS

stock.adobe.com: akf, tettygreen, davooda (7), digitalstock (19),  
Brastock, Kondor83, tettygreen (45), Dusan Kostic, MicroOne, thomass (61)

iStockphoto.com: photovideostock (Titel), sergeyryzhov (45), LightFieldStudios (57),  
smartboy10 (66)

shutterstock: Seba Tataru (5), monticellllo (41)

ISOE: Harry Kleespies, Johanna Kramm, Danijela Milosevic, Lukas Sattlegger, Carolin Völker  
(9, 11, 15, 17, 19, 24, 34–35, 38, 43, 50–53, 55, 60, 62, 65, 66–67)

Samantha Dietmar, Fotografisches Atelier unterwegs (29, 33, 35–37)

Christoph Schür (27)

A Plastic Ocean (66)



## KONTAKT

**ISOE – Institut für  
sozial-ökologische Forschung**

Hamburger Allee 45  
60486 Frankfurt am Main

Tel. +49 69 707 69 19-0

Fax +49 69 707 69 19-11

[info@isoe.de](mailto:info@isoe.de)

[www.isoe.de](http://www.isoe.de)

[www.plastx.org](http://www.plastx.org)

[twitter.com/isoewikom](https://twitter.com/isoewikom)

[facebook.com/ISOE.Forschungsinstitut](https://facebook.com/ISOE.Forschungsinstitut)

[instagram.com/isoe\\_institut](https://instagram.com/isoe_institut)