



Mikroplastik in der Umwelt

Hintergrundpapier



Weitere Informationen:



www.facebook.com/wwfde



www.youtube.com/user/WWFDeutschland/



www.instagram.com/wwf_deutschland/



twitter.com/WWF_Deutschland



Geistertaucher-App:
ghostdiver.com



Herausgeber	WWF Deutschland
Stand	November 2020
Autoren	Caroline Kraas (WWF Deutschland), Dr. Bernhard Bauske (WWF Deutschland)
Koordination	Caroline Kraas (WWF Deutschland)
Kontakt	Caroline.Kraas@wwf.de
Redaktion	Thomas Köberich (WWF Deutschland)
Layout	Anita Drbohlav (www.paneemadesign.com)
Produktion	Maro Ballach (WWF Deutschland)
Titelbild	cnrn/iStock/Getty Images

INHALT

Zusammenfassung	5
Hintergrund: das Plastik-Problem	7
Definition	8
Entstehung von Mikroplastik	11
Quellen und Mengen von Mikroplastik	12
Nachweis von Mikroplastik in der Umwelt	14
Auswirkungen von Mikroplastik auf Mensch, Tier und Umwelt	21
Lösungsansätze	29
Das macht der WWF	32
Quellen	38

**Mikroplastik ist überall:
im Meer, im Boden,
in der Luft – und in
unserem Alltag.**



Zusammenfassung

Das Thema „Mikroplastik“ ist in den Medien stark präsent. Und so viele Berichte es dazu gibt, so viele unterschiedliche Meinungen zirkulieren zu diesem Thema. Das hat zum einen damit zu tun, dass die Problematik der Öffentlichkeit noch nicht lange bekannt ist, und zum anderen damit, dass die Forschung erst am Anfang steht. Umso schwerer fällt es, den Überblick zu behalten und zu unterscheiden, was bewiesen und was Spekulation ist.

Zwischen 1,8 und 5 Mio. Tonnen Mikroplastik gelangen jährlich in die Umwelt.

Fakt ist, dass sich Mikroplastik inzwischen überall in der Natur findet. Eine Schätzung der Weltnaturschutzunion (IUCN) geht davon aus, dass jährlich je nach optimistischem oder pessimistischem Szenario 1,8 bis 5 Mio. Tonnen Mikroplastik in die Umwelt und zwischen 0,8 und 2,5 Mio. Tonnen in die Ozeane gelangen.¹ Quellen für Mikroplastik gibt es viele, sei es der Abrieb von Reifen, der Verschleiß größerer Plastikteile wie z. B. Verpackungen, das Waschen von synthetischen Textilien oder die Verwendung von Mikroplastikpartikeln in Kosmetika. In die Ozeane gelangen die Mikroplastikpartikel in der Regel über Flüsse, Abwässer oder städtische Abflüsse. In die Böden kann Mikroplastik z. B. über ausgetragenen Klärschlamm gelangen. In einer Vielzahl von Organismen wurde Mikroplastik nachgewiesen. Zu den konkreten Auswirkungen können zurzeit noch wenige gesicherte Aussagen getroffen werden. Auch welche Auswirkungen die Exposition von Mikroplastik auf den Menschen hat, ist noch unerforscht. Dieses Hintergrundpapier möchte ein wenig Licht ins Dunkel bringen und darstellen, was aus wissenschaftlicher Sicht zum aktuellen Zeitpunkt gesagt werden kann und was nicht.

Trotz bzw. gerade wegen der teilweise noch unklaren Datenlage spricht sich der WWF Deutschland dafür aus, im Sinne des Vorsorgeprinzips zu handeln und jeglichen Eintrag von Plastik und Mikroplastik in die Umwelt zu stoppen.



Mikroplastik im Sand

Mehr als 800 Tierarten in den Meeren sind von Plastikmüll beeinträchtigt.*



* UNEP, Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2016): Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity. Technical Series No. 83. (<https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf>)

Hintergrund: das Plastik-Problem

8,3 Mrd. Tonnen Kunststoff wurden seit 1950 hergestellt.² Seit 1964 hat sich die Produktion verzwanzigfacht, und es wird damit gerechnet, dass sich die Menge produzierten Plastiks in den nächsten 20 Jahren verdoppeln wird.³ Laut Plastics Europe wurden 2018 weltweit 359 Mio. Tonnen Kunststoff hergestellt.⁴ Hinzukommt Kunststoff, der meist kein Bestandteil dieser Gesamtstatistiken ist⁵, z. B. synthetische Fasern (73,3 Mio. Tonnen im Jahr 2018)⁶ oder synthetischer Kautschuk für Reifen (6,4 Mio. Tonnen im Jahr 2010)⁷, sodass die Gesamtproduktion von Kunststoff bei über 400 Mio. Tonnen pro Jahr liegt.⁸ Der größte Anteil der globalen Plastikproduktion von 26 Prozent wird für Verpackungen verwendet⁹, in Europa sogar 40 Prozent.¹⁰

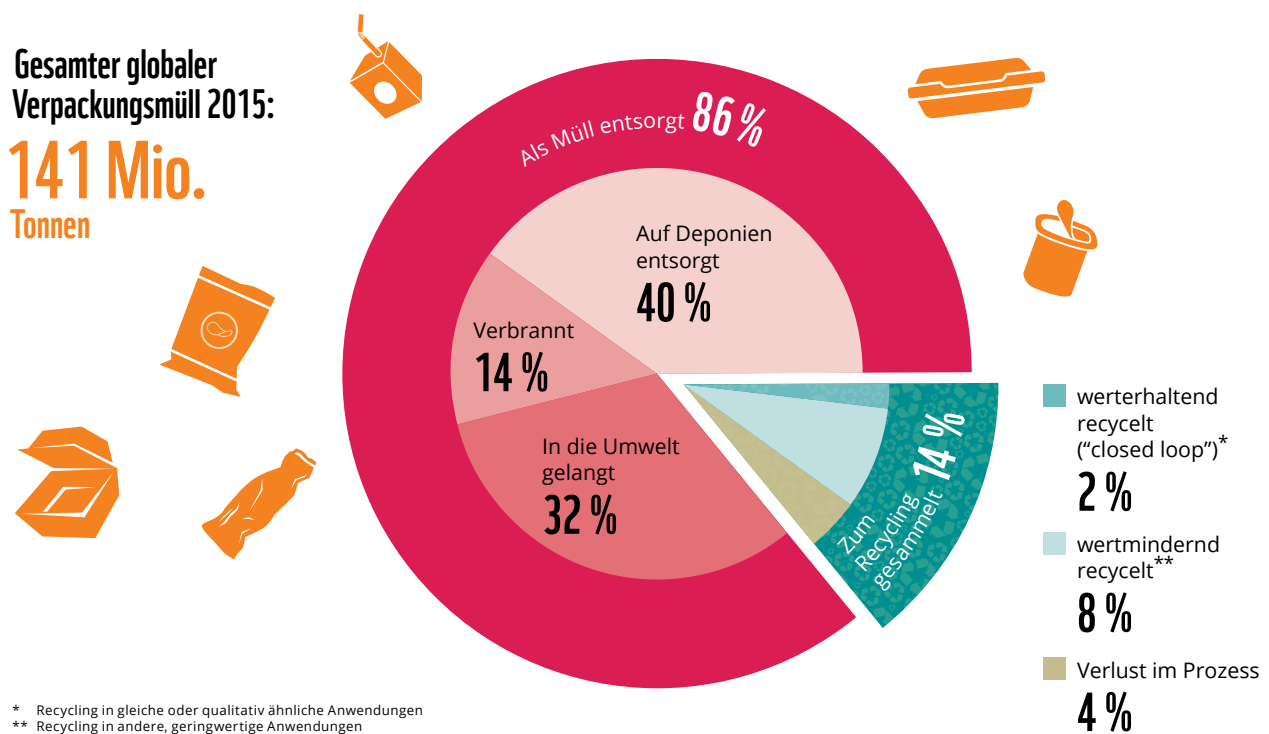


Abb. 1: Globales Aufkommen und Entsorgung von Verpackungsabfall aus Plastik.¹¹

Global betrachtet werden 86 Prozent der gebrauchten Plastikverpackungen nicht wiederverwertet, 40 Prozent davon werden in Deponien abgelagert, 14 Prozent werden verbrannt und 32 Prozent verlassen das System (Stand 2015) – d. h., sie gelangen unkontrolliert in die Umwelt, z. B. in die Meere.¹²

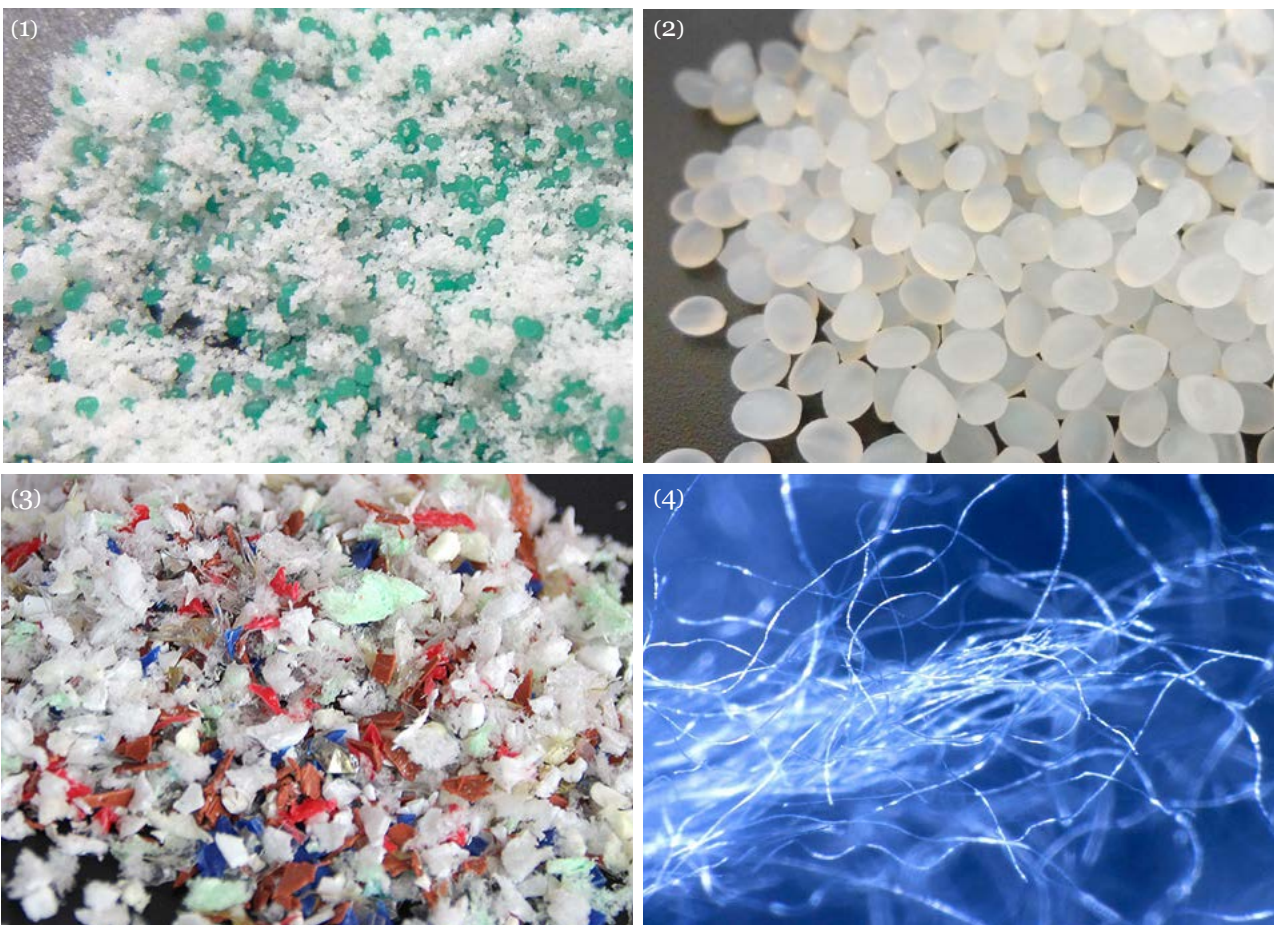
Problematisch ist Plastik in der Umwelt deshalb, weil es sich extrem langsam, mitunter überhaupt nicht zersetzt. Entgegen der vielfach zitierten Zahl von 450 Jahren, die Plastik in der Umwelt verbleiben soll¹³, schätzen einige Wissenschaftler die Abbauezeiten von Kunststoff je nach Umgebungsfaktoren

**Bis zu 2.000 Jahre
kann es dauern,
bis sich Plastik
zersetzt hat.**

auf bis zu 2.000 Jahre.¹⁴ Einmal in die Umwelt gelangt, werden größere Plastikteile („Makroplastik“) durch UV-Strahlung und mechanische Einwirkung immer kleiner und zu „Mikroplastik“ bis hin zu „Nanoplastik“. Diese kleinen Partikel verbreiten sich einfacher und schneller, verweilen umso länger in der Umwelt und können daher für einen längeren Zeitraum Schaden anrichten.¹⁵

Definition

Für den Begriff „Mikroplastik“ gibt es bislang keine allgemein anerkannte Definition. Immer wieder wird der Begriff wenig differenziert verwendet. Der WWF Deutschland orientiert sich an der Definition des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP)¹⁶ und des Umweltbundesamtes (UBA)¹⁷, die Mikroplastik als „feste, wasserunlösliche Kunststoffpartikel, die fünf Millimeter und kleiner sind“ definieren. Zu Kunststoffen gehören dabei nicht nur erdölbasierte synthetische Polymere, sondern auch biobasierte Kunststoffe und chemisch veränderte natürliche Polymere (halbsynthetische Kunststoffe), wie z. B. Bio-PET oder Polymilchsäure (PLA).



© Fraunhofer UMSICHT

Mikroplastik kann unterschiedliche Formen haben: Mikroplastikpartikel aus Kosmetika (1), Plastikpellets (2), Fragmente von Kunststoffabfällen (3), Mikrofasern aus Fleece-Kleidung (4).

Exkurs: synthetische Polymere

Einige Umweltverbände erweitern die Definition von Mikroplastik um Plastik in gelöster, gelartiger oder flüssiger Form (sogenannte „synthetische oder halbsynthetische (flüssige) Polymere“), wie sie z. B. in der Kosmetikindustrie oder in Wasch-, Putz- und Reinigungsprodukten eingesetzt werden und beispielsweise als Stabilisator oder Füllmittel dienen.¹⁸ Der unterschiedliche Aggregatzustand der Polymere führt zu einer unterschiedlichen Wirkungsweise auf die Umwelt, z. B. können Partikel aufgrund ihrer Form mechanische Schäden verursachen, während gelöste Polymere ausschließlich toxikologisch wirken. Aufgrund dessen und aufgrund des fließenden Übergangs zwischen den Aggregatzuständen spricht sich der WWF dafür aus, diese Form der Polymere nicht unter den Begriff „Mikroplastik“ zu fassen, sondern gelöste, flüssige und gelartige (halb)synthetische Polymere gesondert, v. a. unter öko- und humantoxikologischen Gesichtspunkten zu betrachten. Unabhängig von der Definition bzw. Zuordnung müssen aus Sicht des WWF jedoch auch die Toxizität und die Wirkungen auf die Umwelt von gelösten, flüssigen synthetischen Polymeren betrachtet und bewertet sowie der Eintrag in die Umwelt vermieden werden.

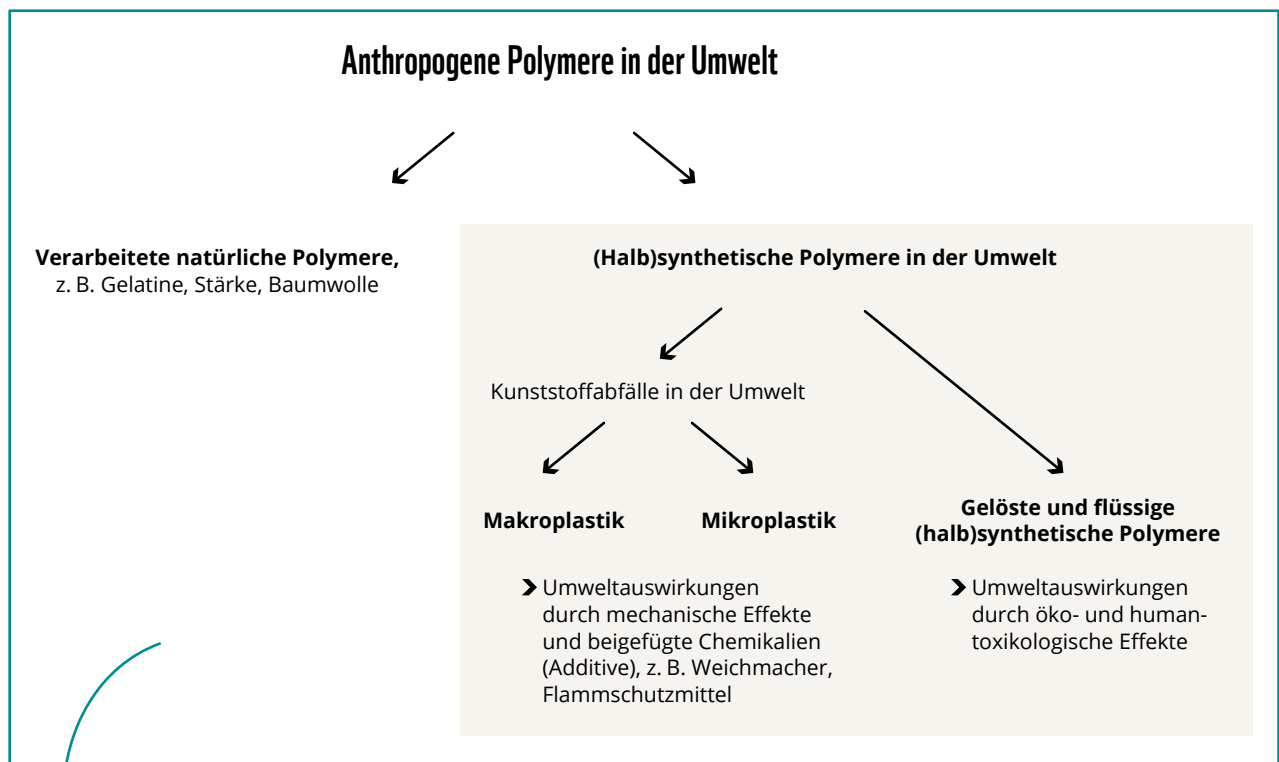


Abb. 2: Anthropogene Polymere in der Umwelt und deren Untergliederung¹⁹



Anhand der Beschreibung der Inhaltsstoffe auf den Verpackungen, z. B. bei Kosmetik, ist für Verbraucher nicht erkennbar, ob es sich um gelöste, gelartige, flüssige synthetische Polymere oder um partikuläres Mikroplastik handelt.²⁰

Fehlende einheitliche Definitionen führen zu Missverständnissen bei der Dateninterpretation.

Mikroplastik wird zudem in primäres und sekundäres Mikroplastik unterschieden: Primäres Mikroplastik bezeichnet eigens in der kleinen Größe hergestellte und in Produkten verwendete kleinste Mikroplastikpartikel, wie sie z. B. in Peeling in der Kosmetik oder als Schleifmittel in der Luftstrahltechnik eingesetzt werden. Sekundäres Mikroplastik entsteht durch Zerkleinerung größerer Plastikteile, z. B. Abrieb von Reifen, Austrag von Mikroplastikfasern aus synthetischer Kleidung (u. a. Polyester) beim Waschen oder Zerfall von Plastikverpackungen oder -flaschen.²¹ Teilweise werden auch hier unterschiedliche Definitionen verwendet und neue Definitionsvorschläge zur Diskussion gestellt: So fasst die IUCN auch Mikroplastik, das durch Abrieb von Reifen oder Auswaschen aus synthetischen Textilien entsteht, unter primärem Mikroplastik zusammen und definiert lediglich in die Umwelt gelangtes Plastik wie z. B. Plastikverpackungen, das zerkleinert wird, als sekundäres Mikroplastik.²² Die Fraunhofer UMSICHT-Konsortialstudie Mikroplastik unterteilt primäres Mikroplastik nochmals in Typ A (bewusst so klein hergestelltes Mikroplastik), Typ B (Abrieb aus Produkten oder Textilien) und sekundäres Mikroplastik, unter das lediglich in die Umwelt gelangtes Plastik gefasst wird, das sich vor Ort zersetzt.²³

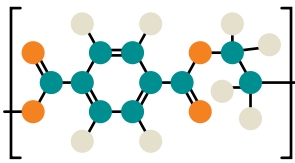
Aufgrund fehlender einheitlicher Definitionen und der Begriffsungenauigkeiten kommt es immer wieder zu Missverständnissen bei der Interpretation von Daten. Es ist daher wesentlich, die jeweils zugrunde liegende Definition zu beachten. Nur so können Aussagen miteinander verglichen und Daten interpretiert werden.

Exkurs: Nanoplastik

Partikel im Nanobereich liegen laut offizieller EU-Empfehlung zur Definition von Nanomaterialien im Größenbereich von 1–100 Nanometern.²⁴ Wird der Begriff „Nanoplastik“ in Abgrenzung zu Mikroplastik verwendet, so bezeichnet Mikroplastik den Bereich von 5 mm–100 nm und Nanoplastik den Bereich von 1–100 nm.²⁵ Meist werden Nanoplastikpartikel aber unter Mikroplastik (Gesamtheit von Plastikpartikeln < 5 mm) zusammengefasst.²⁶ Nanoplastik kann sowohl primär hergestellt werden und so in die Umwelt gelangen als auch auf sekundärem Wege (durch Abrieb und Degradation) entstehen.²⁷ Zu Nanopartikeln sowie deren Auswirkungen ist sehr wenig bekannt: Zum einen sind die Teilchen mit optischen Mikroskopen nach aktuellem Stand nicht zu erkennen – sie sind einfach zu klein. Zum anderen können sie bisher kaum in Experimenten eingesetzt werden, da es an Referenzpartikelnⁱ mangelt. Die Befürchtung ist, dass Nanoplastikpartikel in der Lage sein könnten, zelluläre Barrieren zu überwinden und sich im Körper zu verteilen.²⁸ Hinzu kommt, dass je kleiner ein Partikel ist, desto größer ist die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen, was wiederum ein hohes Assoziationspotenzial für Umweltkontaminanten bietet.²⁹

ⁱ Teilchen gleicher Größe und gleicher chemischer Eigenschaften

Entstehung von Mikroplastik

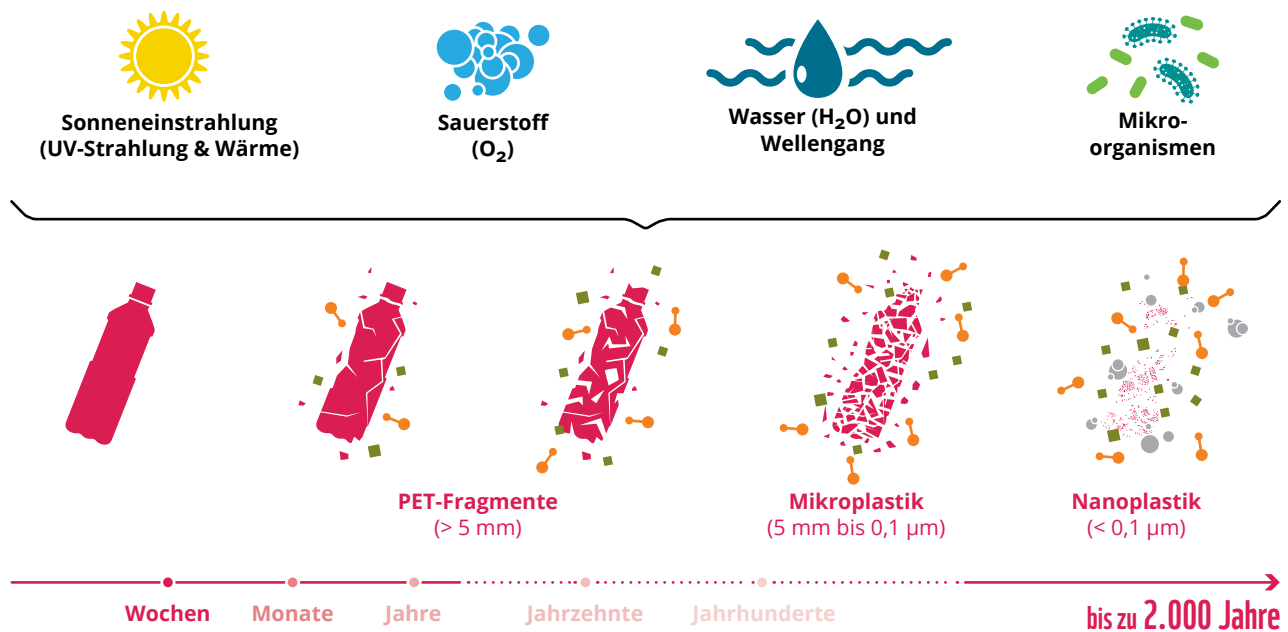


Chemische Struktur von Polyethylenterephthalat (PET).

(Sekundäres) Mikroplastik entsteht durch die Fragmentierung größerer Plastikteile, sogenanntem Makroplastik, wie z. B. Kunststoff-Verpackungen oder Plastikflaschen. Ist Kunststoff Umwelteinflüssen wie Licht, Wärme, Salz, Bakterien etc. ausgesetzt, können biologische, physikalische und chemische Prozesse die Struktur des Kunststoffs angreifen, dieses spröde und für weitere Zerkleinerung leichter anfällig machen.³⁰ In der Regel wird der Abbau durch abiotische Prozesse (v. a. UV-Strahlung oder Sauerstoff) eingeleitet und führt zu einer Aufspaltung der langen Kohlenstoffketten. Im weiteren Verlauf erfolgt dann der biologische Abbau.³¹ Es ist davon auszugehen, dass so aus Makroplastik mit der Zeit zunächst Mikro- und dann Nanoplastikpartikel entstehen.³² Diese Prozesse finden immer und überall statt, sobald Plastik in die Umwelt gelangt. Jedoch können sie aufgrund diverser Umgebungsbedingungen (an Land, im Fluss oder im Meer) unterschiedlich schnell vonstattengehen. Während die oben genannten Prozesse an der Meeresoberfläche durch z. B. verstärkte Reibung durch Wind und Wellen sowie durch Tierbisse begünstigt werden³³, vollziehen sie sich im Meer selbst deutlich langsamer, da das Fehlen von UV-Strahlung (Sonnenlicht), niedrigere Temperaturen und geringere Sauerstoffkonzentration die beschriebenen Prozesse und damit den Abbau verlangsamen.³⁴

Chemische, physikalische und biologische Prozesse in der Natur bedingen den Abbau von Plastik.

Die Dauer und die Art des Abbaus sind abhängig von dem Kunststoff-/Polymertyp, den eingesetzten Zusatzstoffen (Additiven) sowie den jeweiligen Umweltbedingungen. Diese führen u. a. zur Zerkleinerung, zum Abrieb, zur Kettenspaltung der Polymerstruktur und zur Umwandlung in Abbauprodukte.



Abbauprodukte, die beim Zersetzungsprozess entstehen:

■ freigesetzte Additive, z. B. Weichmacher ● chem. Abbauprodukte, Kunststoffmoleküle ☉ Gase, wie z. B. O₂, CO₂, Methan

Abb. 3: Von Makro- zu Mikroplastik: Zersetzung von Plastik am Beispiel einer Plastikflasche

Quellen und Mengen von Mikroplastik

Mikroplastik kann viele verschiedene Quellen haben, die sich hinsichtlich der freigesetzten Mengen stark unterscheiden. Bei den publizierten Zahlen handelt es sich daher um Schätzungen. Noch fehlen valide Daten, anhand derer man die realen Mengen von Mikroplastik in der Umwelt erfassen kann. Eine Schätzung der Weltnaturschutzunion (IUCN) geht davon aus, dass vermutlich zwischen 0,8 bis 2,5 Mio. Tonnen pro Jahr weltweit in die Ozeane gelangen. Bei einem mittleren Wert von 1,5 Mio. Tonnen entspricht dies etwa einer Plastiktüte (212 Gramm) pro Person pro Woche weltweit.^{35 ii} Hierin ist jedoch noch nicht das Mikroplastik eingerechnet, das durch den Zerfall von Plastikmüll im Meer entsteht.³⁶

**8 Mio. Tonnen
Plastik gelangen
jährlich in die
Ozeane.³⁷**



Eine 2018 veröffentlichte Studie des Fraunhofer-Instituts schätzt für Deutschland einen Wert von 4 Kilogramm pro Jahr pro Kopf bzw. 330.000 Tonnen pro Jahr insgesamt in Deutschland an Emissionen von Mikroplastik. Auch hier ist das Mikroplastik, das durch die Zerkleinerung größerer Plastikteile wie z. B. Plastikflaschen und Verpackungen (Makroplastik) entsteht, nicht enthalten.³⁸ Berücksichtigt man, dass ca. 6–10 Prozent des weltweit produzierten Kunststoffes in die Ozeane gelangen, ist das eine nicht zu vernachlässigende Menge.³⁹

Betrachtet man die Quellen von Mikroplastik, so hat die IUCN 2017 auf Basis öffentlich zugänglicher Haushalts- und Wirtschaftsdaten eine erste Annäherung vorgenommen. Die Hauptquellen für Mikroplastik in den Meeren weltweit sind demnach vor allem der Verlust von Mikroplastikfasern beim Waschen synthetischer Textilien, der Abrieb von Autoreifen sowie „Stadtstaub“, unter dem z. B. der Abrieb aus Infrastruktur (Kunstrasen, Baubeschichtungen etc.) oder aus Haushalten (Schuhsohlen, Kochutensilien) zusammengefasst wird.⁴⁰

Einer aktuellen Studie des Fraunhofer-Instituts zufolge können inzwischen bis zu 74 Quellen von Mikroplastik in Deutschland identifiziert werden. Allerdings sind noch nicht alle Quellen quantifizierbar. Die erhobenen Werte können zudem lediglich eine erste Schätzung abgeben, zeigen aber eine andere Zusammensetzung und Gewichtung der Quellen als die Schätzung der IUCN. Auch im Vergleich mit anderen internationalen Studien wird deutlich, dass sich die Werte zu den Quellen je nach Autor und Messmethode teils stark voneinander unterscheiden.⁴¹ Dies hat nicht nur mit unterschiedlichem methodischen Vorgehen und Datenbasis zu tun, sondern auch mit unterschiedlichem Lebensstil und Konsumverhalten in den jeweiligen Ländern.

ii Die Daten basieren auf öffentlich zugänglichen Wirtschafts- und Haushaltsdaten, nicht auf Feldmessungen.

Mikroplastik in Deutschland – die zehn wichtigsten Quellen* (jährlich pro Person freigesetzte Mengen)

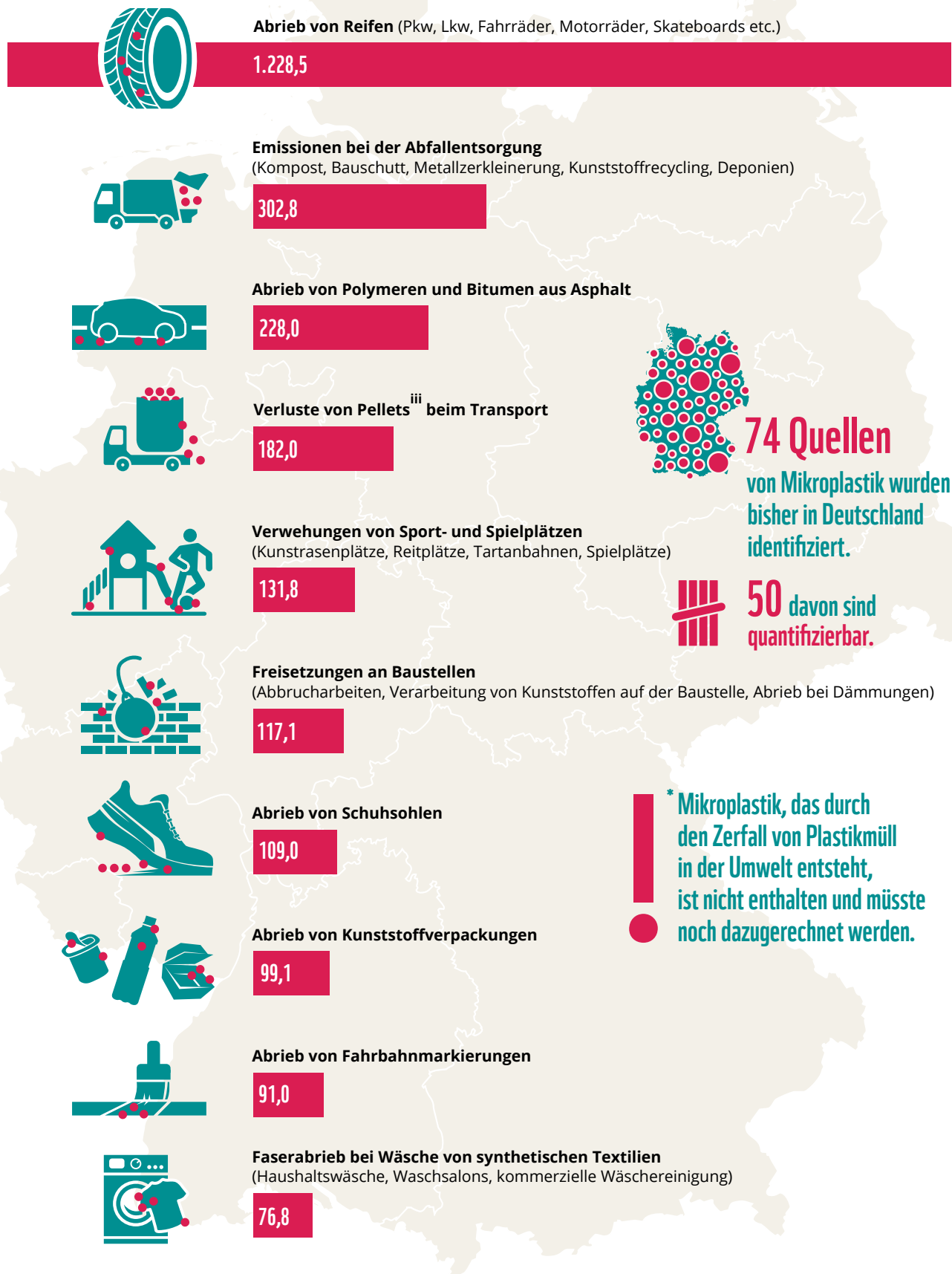


Abb. 4: Top-Ten-Quellen von Mikroplastik in Deutschland⁴²

ⁱⁱⁱ Plastikpellets sind kleine Plastikstücke, die zur Weiterverarbeitung von Kunststoffprodukten verwendet werden.

Nachweis von Mikroplastik in der Umwelt

Der überwiegende Teil (98 Prozent) der Emissionen von Mikroplastikpartikeln in die Umwelt entsteht an Land.⁴³ Ist Mikroplastik einmal unkontrolliert in der Umwelt, überwindet es leicht durch Wind, Flüsse, Meer, Regenwasser, Überschwemmungen und Abwasserentsorgung große Distanzen und dringt so an ganz verschiedene Orte vor.⁴⁴ Im Unterschied zu Makroplastik ist es technisch praktisch unmöglich, Mikroplastik aus der Umwelt zu entfernen. Hauptpfade in die Umwelt sind Straßenabfluss (z. B. Reifenabrieb, Abrieb von Straßenmarkierungen und Pelletverluste beim Transport) mit ca. 66 Prozent, gefolgt von Abwassersystemen mit 25 Prozent und Übertragung durch Wind (7 Prozent). Nur rund 2 Prozent der Einträge werden maritimen Aktivitäten, wie z. B. der Schifffahrt oder der Aquakultur zugesprochen.⁴⁵

Besonders im maritimen Umfeld wurde Mikroplastik überall nachgewiesen: in Küstenlebensräumen, in der gesamten Wassersäule von der Wasseroberfläche, wo die meisten Proben genommen werden, bis hin zu Tiefseesedimenten und sogar im Eis – jeweils in unterschiedlichen Konzentrationen und Zusammensetzungen der Kunststoffarten.⁴⁶

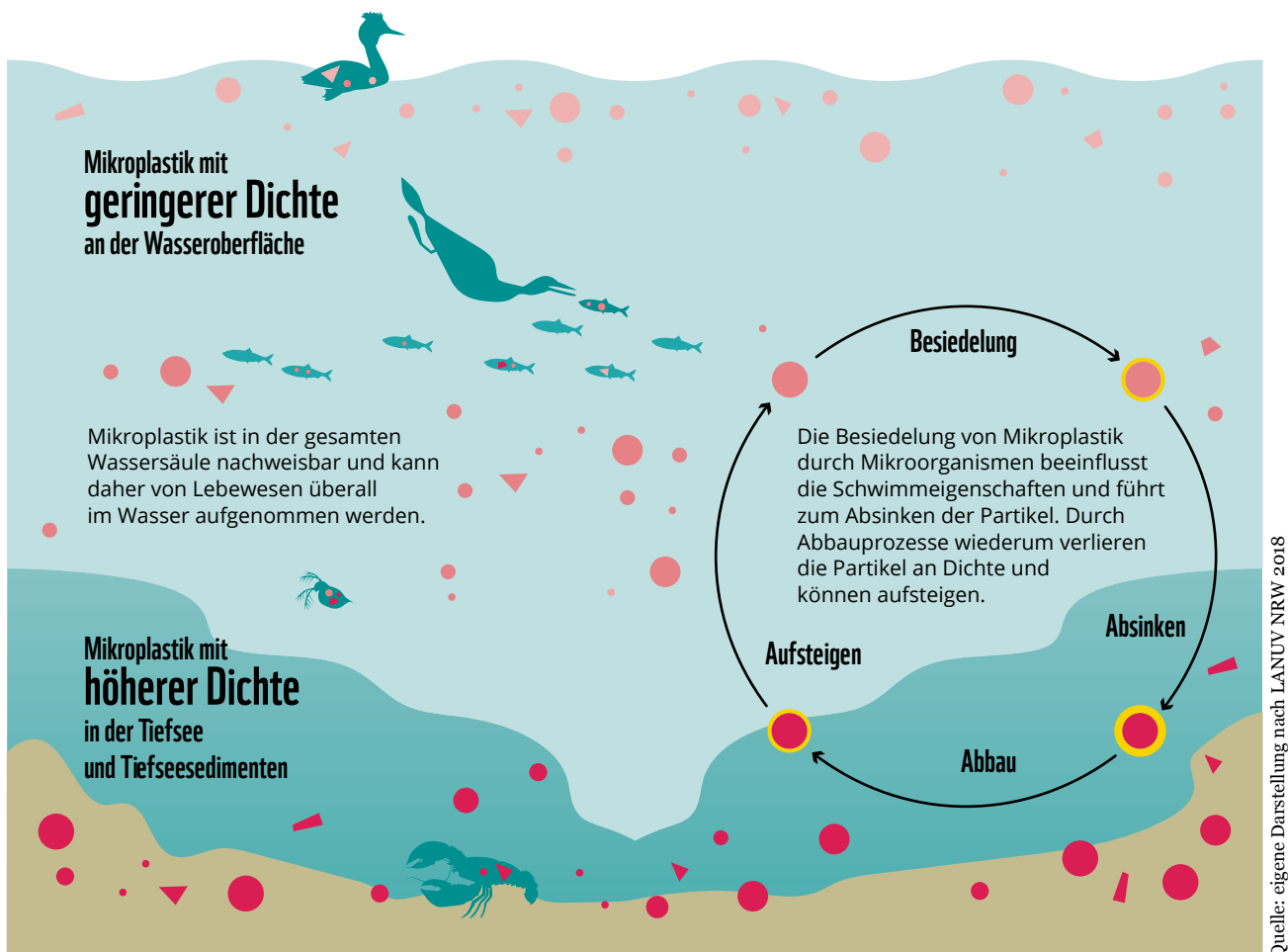


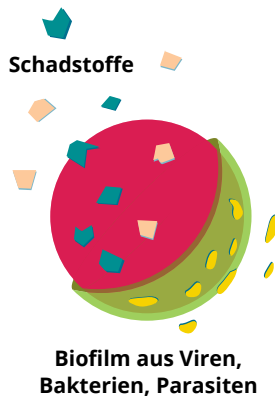
Abb. 5: Verhalten von Mikroplastik im Wasser⁴⁷



© iStock/Getty Images

Quallen inmitten von Makro- und Mikroplastik.

© eigene Darstellung nach Stiftung Warentest



Anlagerung von Schadstoffen (z. B. Pestiziden) und Mikroorganismen (z. B. Viren, Bakterien) an Mikroplastikpartikeln.

Beim Nachweis von Mikroplastik in Tiefseesedimenten stehen polwärts gerichtete Meeresströmungen (sog. „thermohaline Zirkulation“) im Verdacht, Mikroplastik aus dem Nordatlantik nach Grönland in die Barentssee zu transportieren und dort eine Art „Sackgasse“ für Mikroplastikpartikel zu bilden. Aufgrund des geringen Oberflächentransports und diverser Mechanismen, die für einen Transport nach unten verantwortlich sind, wird der Meeresboden im arktischen Ozean als wichtige Senke für Kunststoffabfälle und Mikroplastik angesehen.⁴⁸ Auch in den anderen Ozeanen sammelt sich Mikroplastik in der Tiefe, entweder aufgrund einer höheren Partikeldichte als die des Meerwassers oder weil sich Mikroplastik an natürlichen Aggregaten anheftet und in die Tiefe gelangt.⁴⁹

Ebenso wird auch polares Meereis als globale Senke für kleinste Kunststoffpartikel vermutet. Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass Mikroplastik im arktischen Eis in deutlich höherer Konzentration (1,1 bis 4,1 Millionen Partikel pro Kubikmeter) vorhanden ist⁵⁰ als z. B. im sogenannten pazifischen Müllstrudel (Great Pacific Garbage Patch) mit etwa einer Million Partikel pro Kubikmeter.⁵¹ Dieser Umstand deutet darauf hin, dass sich Mikrokunststoffpartikel auch weit entfernt von Ballungszentren ansammeln und im Eis „gespeichert“ werden. Diese bleiben dann eingeschlossen und werden erst beim Schmelzen des Eises wieder freigesetzt.⁵² Durch den starken Rückgang von Eis bedingt durch den Klimawandel⁵³ besitzt das Abschmelzen des arktischen Eises großes Potenzial für die Freisetzung erheblicher Mengen mikroplastischer Altlasten in den Ozean. Geht man davon aus, dass jährlich zwischen 16–19 Billionen Kubikmeter Meereis schmelzen bedeutet das eine Freisetzung von bis zu 870 Trillionen Plastikpartikeln.⁵⁴ Das arktische Meereis kann daher als temporäre Senke, Quelle und wichtiger Transportvektor von Mikroplastik aus den arktischen Gebieten in die Ozeane angesehen werden.⁵⁵

Eine Übersicht über die nachgewiesene Menge und Verbreitung von (Kunststoff-)Abfällen in den Ozeanen und anderen Gewässern bietet die AWI Litterbase. Sie führt Angaben aus einer Vielzahl wissenschaftlicher Publikationen zusammen und stellt sie visuell dar. Zu beachten ist, dass nur Punkte angezeigt werden, wo auch Proben genommen wurden und Zahlen vorliegen. Bereiche ohne Punkte bedeuten also nicht zwangsläufig, dass hier kein Mikroplastik vorhanden ist.⁵⁶

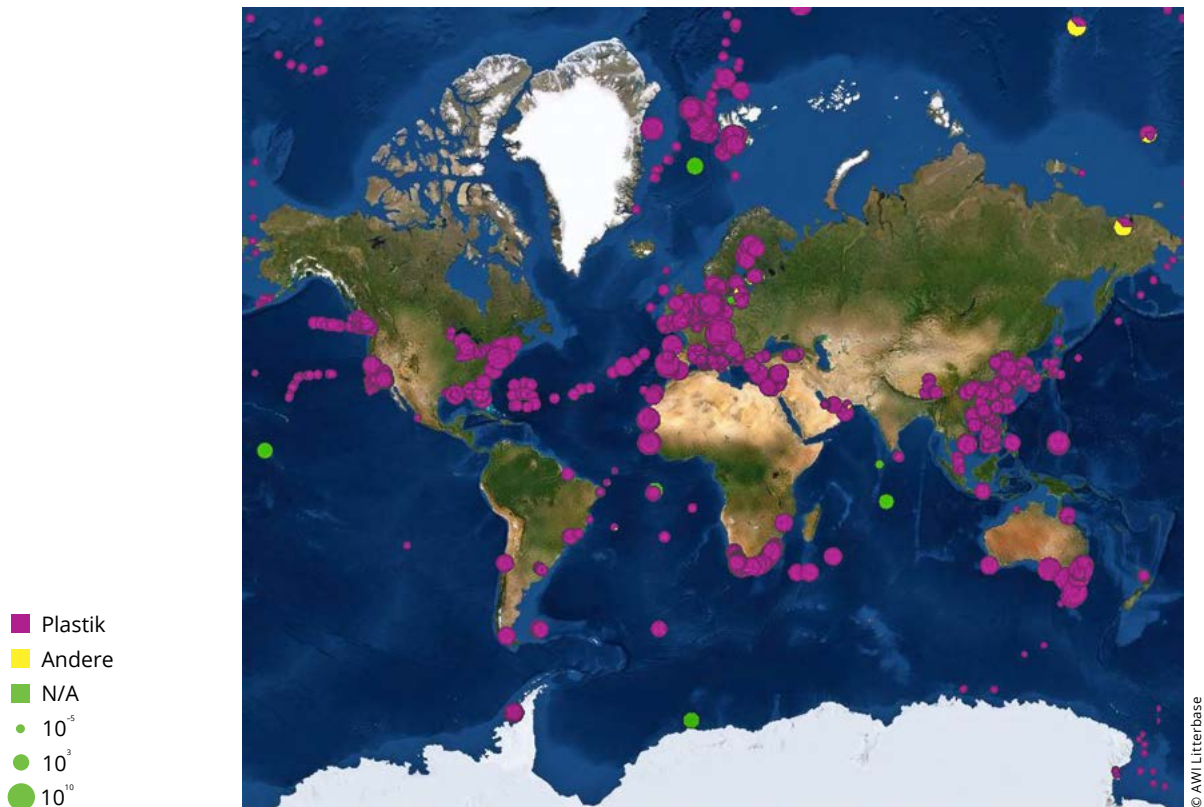


Abb. 6: Verbreitung von Müllarten in untersuchten Lebensräumen – gefiltert nach Mikro- und Nanopartikeln (5 Millimeter und kleiner) pro Quadratmeter, basierend auf mehr als 1.000 Studien zwischen 1960 und 2020⁵⁷

Der Hauptweg, über den Mikroplastik in die Ozeane gelangt, sind Flüsse. Eine Pilotstudie in fünf Bundesländern Deutschlands (Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz) zeichnet ein erstes Bild der Situation von Mikroplastikpartikeln in südwestdeutschen Gewässern. Zwar gelten Flüsse hauptsächlich als Eintragungspfad von Mikroplastik in die Meere (Schätzungen zufolge werden etwa 80 Prozent der Plastikpartikel im Meer über Flüsse eingetragen⁵⁸) und eher seltener als Senke. Allerdings konnte diese Studie auch die Belastung an der Gewässeroberfläche in Flüssen selbst nachweisen. So wurden an allen Probestellen der Flüsse Mikroplastikpartikel gefunden. Innerhalb eines Gewässers bewegten sich die Konzentrationen jeweils in einer vergleichbaren Größenordnung. Aufgrund unterschiedlicher Verfahren der Datenerhebung, die im internationalen Vergleich eingesetzt werden, sind die Ergebnisse der Studie nur bedingt mit anderen Ergebnissen vergleichbar. Dennoch lassen sich ähnliche Muster erkennen.⁵⁹

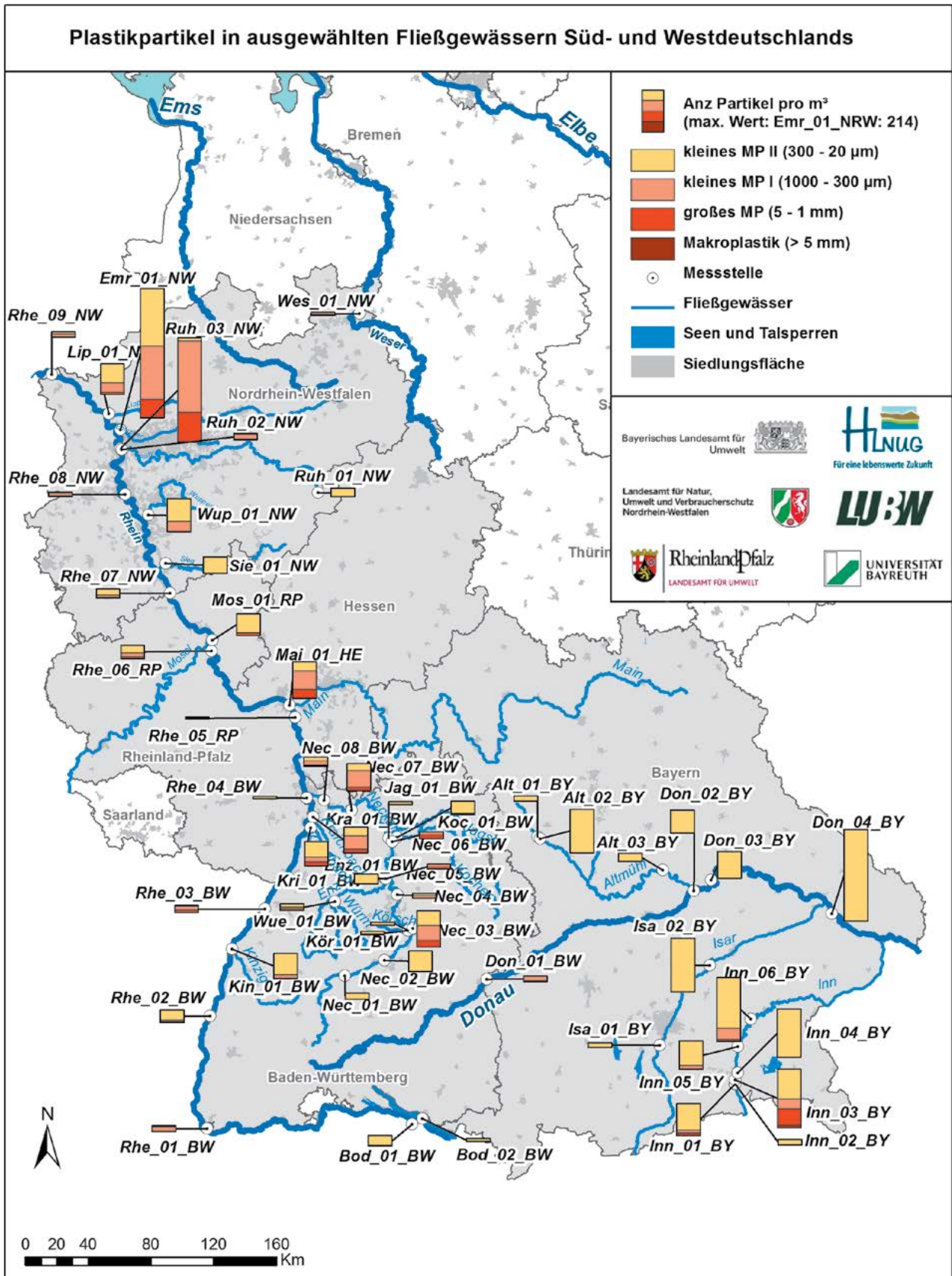


Abb. 7: Vorkommen und Größenverteilung von Plastikpartikeln in süd- und westdeutschen Binnengewässern [Partikel/m³].^{60 iv}

iv Zur besseren Übersicht sind die Rheinsmessstellen auf der linken Seite, die Messstellen in den Zuflüssen auf der rechten Seite dargestellt, unabhängig davon, auf welcher Rheineseite der Zufluss verläuft.

Während die meisten Studien zum Thema Mikroplastik die Situation im Meer betrachten und die Forschungen noch am Anfang stehen, ist relativ wenig über die Quellen, Wege und Akkumulation von Mikroplastik an Land oder in anderen Umweltkompartimenten bekannt.⁶¹

An Land sind Böden wahrscheinlich die wichtigste Senke von Mikroplastik. Es wird vermutet, dass als Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen ausge-tragener Klärschlamm die Böden stark mit Mikroplastik belastet, da etwa 80–90 Prozent der darin enthaltenen Partikel wie z. B. synthetische Textilfasern im Klärschlamm verbleiben können.⁶² Eventuell ist die Umweltverschmutzung an Land sogar eine größere als die in den Weltmeeren – je nach Umgebung wird sie auf das 4- bis 23-Fache geschätzt.⁶³ Auch unabhängig von der Anwendung von Klärschlamm kann Kompost oder der Einsatz von Plastikfolien in der Landwirtschaft eine Quelle für Mikroplastik im Boden sein.⁶⁴

Bei einer Untersuchung von Düngemitteln stellten Wissenschaftler in allen Proben, die auf Bioabfällen basierten, Kunststoffpartikel fest. Die jeweiligen Mengen unterschieden sich stark je nach Vorbehandlung und Herkunft des Abfalls (Haushalts- oder Handelsabfall). Diese Ergebnisse zeigen, dass je nach Vorbehandlung organische Düngemittel aus Bioabfällen, die nicht aus Haushaltssammlungen stammen und wie sie weltweit in Landwirtschaft und Gartenbau eingesetzt werden, eine vernachlässigte Quelle für Mikrokunststoffe in der Umwelt sind.⁶⁵ Bioabfall von Haushalten soll separat von z. B. Wertstoffen wie Kunststoffen gesammelt werden. Die Praxis zeigt jedoch, dass z. B. über Verpackungen, die mit in den Abfall gelangen (wenn Haushalte z. B. nicht sauber trennen oder im Handel unverkauft Obst und Gemüse samt der Verpackung weggeworfen wird), auch Kunststoffe mit in die Bioabfallaufbereitungsanlage geraten können und dort teils ohne Vorsortierung mit zerkleinert werden. Diese Annahme wird durch die Ergebnisse gestützt, dass es sich bei den gefundenen Partikeln hauptsächlich um Plastik handelt, das in Verpackungen oder zum Einwickeln von Ware eingesetzt wird. Pro Kilogramm Trockengewicht wurden zwischen 14 und 895 Plastikpartikel gefunden, die größer als 1 Millimeter waren. Auch wenn in der Studie selbst darauf hingewiesen wird, dass ihre Ergebnisse nicht repräsentativ seien, können, je nachdem von welchem Wert ausgegangen wird, zwischen 35 Mrd. und 2,2 Bio-Partikel auf diesem Weg in die Böden gelangen.⁶⁶

Auch in unbesiedelten Gebieten, im Schweizer Hochgebirge etwa, wurde inzwischen Mikroplastik nachgewiesen. Da hier v. a. Polyethylenpartikel (wie z. B. aus Verpackungen) gefunden wurden, gehen die Wissenschaftler davon aus, dass sie vom Wind ins Hochgebirge getragen wurden.⁶⁷

Überall dort, wo nach Mikroplastik gesucht wurde, konnte auch Mikroplastik nachgewiesen werden. Aus diesem Grund kann angenommen werden, dass Mikroplastik überall in der Umwelt – also auch an weit entlegenen und bisher nicht erprobten Orten – vorhanden ist.⁶⁸

**Falsch entsorgter
Bioabfall kann
Mikroplastik in die
Umwelt bringen.**



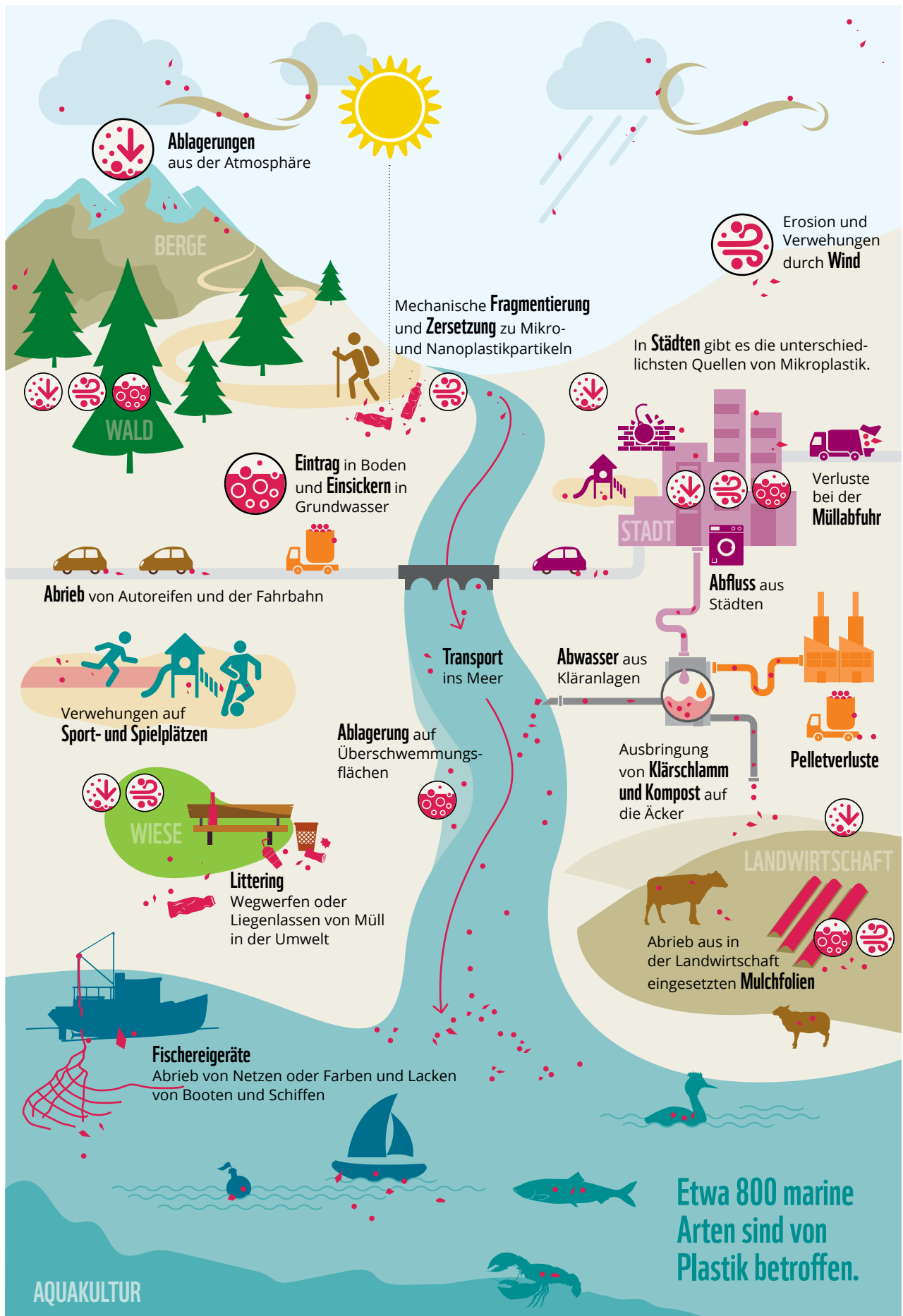


Abb. 8: Prozesse, Quellen und Senken von Mikroplastikpartikeln⁶⁹

**Ist Mikroplastik
einmal in der Umwelt,
kann es kaum wieder
entfernt werden.**



Auswirkungen von Mikroplastik auf Mensch, Tier und Umwelt

In dem Maße, in dem Mikroplastik die Umwelt belastet, sind ihm Tiere, Pflanzen und Menschen ausgesetzt. Welche Auswirkungen das auf Menschen, andere Organismen und Ökosysteme hat, ist noch weitgehend unbekannt. Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf.



© Dr. Alan Jamieson

CT-Scan des
Eurythenes plasticus.

Folgendes kann zum aktuellen Zeitpunkt gesagt werden: Mikroplastik wurde in vielen Organismengruppen, wie z. B. Säugetieren, Weichtieren, Insekten, Krebstieren, Vögeln etc. nachgewiesen⁷⁰, vor allem im Magen-Darm-Trakt.⁷¹ Selbst in neu entdeckten Spezies, die in entlegenen Orten wie z. B. im mehr als 6.000 m tiefen Marianengraben leben, wurde bereits Mikroplastik nachgewiesen.⁷² Aufgrund der geringen Größe und Verfügbarkeit nehmen Tiere Mikroplastik z. B. über die Nahrung auf.⁷³ Während einige Organismen Mikroplastikpartikel ohne einen offensichtlichen Effekt ausscheiden, scheinen die dem Mikroplastik beigefügten Stoffe, die für die Stabilität und Langlebigkeit des Plastiks sorgen (Additive), bei anderen Organismen ins Blut oder in Organe sowie ins Fett- und Muskelgewebe übergehen zu können.^{74,75} Welche Auswirkungen Mikroplastik sowie Additive auf Organismen haben können, zeigen erste Studien, ohne dass hier allgemeingültige Aussagen getroffen werden können. Als beispielsweise im Laborversuch Flohkrebse ständig Mikroplastikpartikeln ausgesetzt wurden, litten darunter ihr Wachstum und ihre Fortpflanzungsrate.⁷⁶ Bei Seiegeln konstatierte man eine verminderte Embryonalentwicklung⁷⁷ und in Kleinstlebewesen des Zooplanktons wurde festgestellt, dass die Tiere weniger Nahrung in Form von Algen aufnahmen, was Energiezufuhr und Wachstum beeinträchtigte bzw. die Sterblichkeit erhöhte.⁷⁸ Eine Studie ergab, dass die Aufnahme von Polyethylenpartikeln das Wachstum von Regenwürmern verlangsamt und ebenfalls eine höhere Sterblichkeit zur Folge hat.⁷⁹ Eine andere Studie, die mit einer geringeren Mikroplastikkonzentration gearbeitet hat, zeigte hingegen kaum Effekte.⁸⁰

Eurythenes plasticus:
Eine neue Tiefsee-Spezies,
benannt nach dem Plastik,
das sie kontaminiert.



© BBDO



© Paulo Oliveira/Alamy Stock Foto

Das Küken des Laysan-Albatros (*Diomedea immutabilis*) verhungerte vermutlich mit vollem Magen, weil seine Eltern Plastik mit Nahrung verwechselten.

Darüber hinaus sind auch artenspezifische Auswirkungen zu beobachten, wie z. B. die Verringerung der Photosynthese-Leistung von Bakterien, die wesentlich zur globalen Sauerstoffproduktion beitragen⁸¹, oder Muscheln, bei denen sich Mikroplastik auf den Protein-Stoffwechsel auszuwirken scheint, sodass sie weniger Byssusfäden^v ausbilden und daher nicht mehr so fest am Untergrund haften und so schneller verdriftet werden können.⁸²

Grundsätzlich gehen Wissenschaftler davon aus, dass Mikroplastikpartikel die Organe entweder auf mechanische Weise (durch innere Verletzungen) oder indirekt schädigen, z. B. indem die den Partikeln beigefügten Additive Reizungen im Körper hervorrufen.⁸³ Studien haben gezeigt, dass einige Additive hormonähnlich wirken und Fortpflanzung, Wachstum und Geschlechtsentwicklung der Tiere beeinflussen können.⁸⁴ Additive wie Weichmacher, Flammschutzmittel etc. sind in der Regel nicht chemisch an die Kunststoffe gebunden und können sich daher leicht herauslösen.⁸⁵ Unter den möglichen Auswirkungen wird zudem diskutiert, ob Plastik über die beigefügten Stoffe hinaus evtl. auch schädliche Substanzen, Viren oder Bakterien an sich bindet und Tiere diese Stoffe bei der Aufnahme von Mikroplastik zusätzlich aufnehmen.⁸⁶

Eine direkte Aufnahme von Pflanzen bzw. die Übertragung von Mikroplastik auf essbare Pflanzenteile wurde bislang nicht festgestellt und ist unwahrscheinlich. Jedoch könnte Mikroplastik die Fruchtbarkeit und ökologische Funktionsfähigkeit des Bodens reduzieren und somit Effekte auf die globale

^v Haftfäden, mit denen sich Muscheln an Strukturen wie z. B. Steinen verkleben, um nicht fortgetrieben zu werden.

 Jede zweite Meeres-schildkröte hat bereits Plastik zu sich genommen.⁸⁷

Nahrungsmittelproduktion haben. Zudem können sich Mikroplastikpartikel z. B. an der Oberfläche von Salaten oder Wurzelgemüse anheften und auf diese Weise in die Nahrungskette gelangen.⁸⁸

Mikroplastik wirkt sich nicht nur auf einzelne Organismen aus, sondern kann ganze Ökosysteme beeinträchtigen.

Neben den Auswirkungen von Mikroplastik auf einzelne Organismen kann davon ausgegangen werden, dass Mikroplastik auch Auswirkungen auf ganze Populationen, Ökosysteme und letztlich die Biodiversität haben wird. Möglichkeiten, wie Mikroplastik auch systemisch Einfluss nehmen kann, gibt es viele. An Hinweisen darauf fehlt es nicht. So kann sich bereits nachgewiesenes verändertes (Fress- oder Reproduktions-) Verhalten von Individuen auf den ganzen Bestand einer Art auswirken. Oder Mikroplastikpartikel fungieren als Lebensraum und Transportmittel für Mikroorganismen und bringen auf diese Weise neue invasive (u. a. giftige oder schädigende) Arten in andere Ökosysteme ein und beeinflussen diese vor Ort.^{89,90} Eine andere Möglichkeit könnte sein, dass die dem Kunststoff beigefügten Zusatzstoffe oder angehefteten Chemikalien (z. B. Schwermetalle oder Antibiotika im Boden) die Fruchtbarkeit des Bodens senken und somit direkt Auswirkungen auf andere Populationen haben.⁹¹

Anfang 2020 haben Wissenschaftler zum ersten Mal die Auswirkungen von Nano- und Mikroplastikpartikeln in einem natürlichen Umfeld mit hoher natürlicher ökologischer Variabilität über einen längeren Zeitraum (bis zu 15 Monate) nachgewiesen. Dabei konnten Veränderungen der Anzahl an Organismen und Beeinträchtigung der Biodiversität festgestellt werden, sodass die



Wie auf vielen kleinen Inseln ist die Müllentsorgung ein Problem, hier auf Funafut Atoll, Tuvalu.

Autoren der Studie zu der Erkenntnis kamen, dass die beobachteten Auswirkungen von Nano- und Mikroplastik auf die Gemeinschaft die Funktionen des Ökosystems beeinträchtigen können. Diese Effekte wurden jedoch bei erhöhten Konzentrationen festgestellt, während umweltrelevante Konzentrationen keine Gemeinschaftseffekte verursachten. Da jedoch ein Anstieg der Konzentration von Nano- und Mikroplastik in der Umwelt zu erwarten ist, kann dies zukünftig relevant werden.⁹²

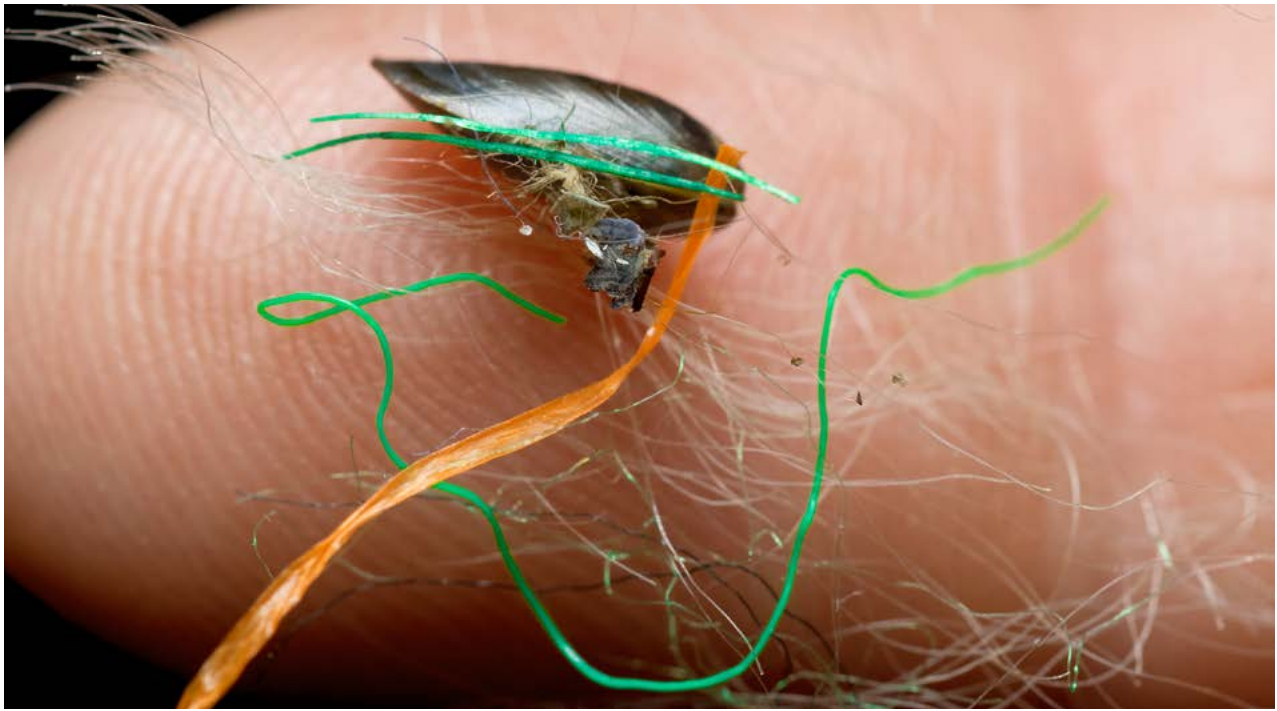
Aktuell mangelt es noch an wissenschaftlichen Erkenntnissen, um dieses Problem quantifizieren und begreifen zu können.

Beim Menschen kann Mikroplastik in erster Linie über zwei Wege in den Körper gelangen: über die Nahrung (u. a. dem Konsum von Meeresfrüchten, bei denen der Magen mit verzehrt wird; Staub auf Nahrungsmitteln oder Trinkwasser) und über die Atmung (Mikroplastikpartikel in der Luft, Staub), sodass hier – auch wenn noch keine Forschungsergebnisse vorliegen – eine Wirkung auf die Gesundheit nicht ausgeschlossen ist.⁹³ Studien haben Mikroplastik in Nahrungsmitteln wie Honig, Meersalz, Bier und auch Mineralwasser und damit den Eingang in unsere Nahrungskette nachgewiesen.⁹⁴ Ob die Mikroplastikpartikel bereits im Rohstoff wie z. B. Honig selbst vorhanden waren oder erst durch die Verarbeitung des Produkts hineingelangt sind, lässt sich nicht sagen. Zudem können Menschen auch durch Zahnpflege mit Mikroplastik in Kontakt kommen. Zwar sind die in Deutschland verkauften



© iStock/Getty Images

Auch in Mineralwasser aus Plastikflaschen können sich beim Abfüllprozess oder bei der Nutzung kleinste Mikroplastikpartikel lösen.



© Wolf Wichmann

Aus der Ostsee: Miesmuschel verwachsen mit Mikroplastikfasern.

Zahnpasten mittlerweile frei von Mikroplastikpartikeln. Das gilt jedoch nicht für alle Produkte der erweiterten Mundhygiene, z. B. für Zahnfleischpflege.⁹⁵ Ein weiterer Berührungspunkt mit Nano- und Mikroplastik entsteht beim Öffnen von Kunststoffverpackungen, wobei kleine Partikel freigesetzt werden und z. B. in die Nahrung oder das Wasser gelangen können. Die Menge ist abhängig von der Art der Öffnung und des zugrunde liegenden Materials.⁹⁶

Laut einer Studie in den USA nehmen US-Bürger je nach Alter und Geschlecht durchschnittlich zwischen 39.000 und 52.000 Mikroplastikpartikel über Nahrung und Getränke auf. Die eingeatmete Menge soll in etwa ähnlich hoch sein.⁹⁷ Der University of Newcastle (Australien) zufolge können Bürger in einem globalen Durchschnitt bis zu 5 Gramm Mikroplastik pro Woche über Wasser, Nahrung und Atemluft aufnehmen. Dies ist jedoch ein grober globaler, durchschnittlicher Schätzwert, basierend auf Studien mit unterschiedlicher methodischer Vorgehensweise und ohne Einbeziehung regionaler Unterschiede wie individuelle Ernährungsgewohnheiten und Lebensumstände.⁹⁸ Eine Studie versucht diese Zahlen in einen größeren Kontext zu setzen, indem sie die Aufnahme von Mikroplastik durch den Verzehr von Muscheln sowie die Aufnahme von Haushaltsstaub während einer Mahlzeit bewertet. Der Vergleich zeigt, dass beim Verzehr von Miesmuscheln etwa 123 bis zu 4.620 Mikroplastikpartikel pro Kopf pro Jahr und bei der Aufnahme im Rahmen einer gewöhnlichen Mahlzeit 13.731 bis 68.415 Partikel pro Kopf und Jahr aufgenommen werden. Die Hausstaubbelastung scheint demnach eine größere Belastung des Menschen durch Mikroplastik darzustellen als der Verzehr von Muscheln.⁹⁹

**Bis zu 5 Gramm
Mikroplastik pro
Woche nehmen
Menschen im
globalen Durch-
schnitt auf.**

Trotz der wissenschaftlichen Unsicherheiten geht das Bundesamt für Risikobewertung (BfR) nach derzeitigem Forschungsstand davon aus, dass von Mikroplastik in Lebensmitteln wahrscheinlich keine gesundheitlichen Risiken für den Menschen ausgehen (Stand 2019).¹⁰⁰ Ähnlich sieht das die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in Bezug auf Mikroplastik im Trinkwasser und erkennt derzeit kein gesundheitliches Risiko.¹⁰¹ Beide Organisationen fordern jedoch tiefer gehende Forschung und verlässlichere Daten.¹⁰²

Über Nanoplastik ist noch nicht bekannt, wie es sich auf Mensch und Umwelt auswirkt.

Ein völlig neues mögliches Risiko stellt Nanoplastik dar, das in Verdacht steht, durch seine noch geringere Größe als Mikroplastik andere Effekte zu erzeugen und z. B. zelluläre Barrieren leichter überwinden zu können. Noch gibt es wenig Forschung dazu, wie sich Nanoplastik auf Mensch, Tier und Umwelt auswirkt. Erste Laborstudien zeigen vereinzelt Effekte bei Organismen wie z. B. Genotoxizität^{vi}, oxidativer Stress oder verändertes Fressverhalten. Zudem wurde für Nanokunststoffe die Aufnahme persistenter organischer Schadstoffe (POP) sowie das Austreten von Chemikalien nachgewiesen, was mögliche biologische und toxikologische Auswirkungen in der Umwelt verdeutlicht.¹⁰³ 2017 wurde in einer Studie zum ersten Mal bewiesen, dass Kunststoff-Nanopartikel bei Fischen die Blut-Hirn-Schranke überwinden können.¹⁰⁴ Bei menschlichen Zellen scheinen Nanoplastikpartikel im menschlichen Körper Gewebebarrieren überwinden und Auswirkungen auf das Immunsystem haben zu können. Jedoch ist anzumerken, dass die erwähnten Studien mit deutlich erhöhten Konzentrationen oder anderen Partikeln als in der Umwelt vorhanden durchgeführt wurden. Dieser Umstand sowie der allgemeine Mangel an Wissen über Nanokunststoffe verdeutlicht, dass daraus resultierende Risiken für Mensch und Umwelt noch keineswegs klar sind.¹⁰⁵

PLASTIK-MÜLL IM MEER

WELTWEITER NOTSTAND

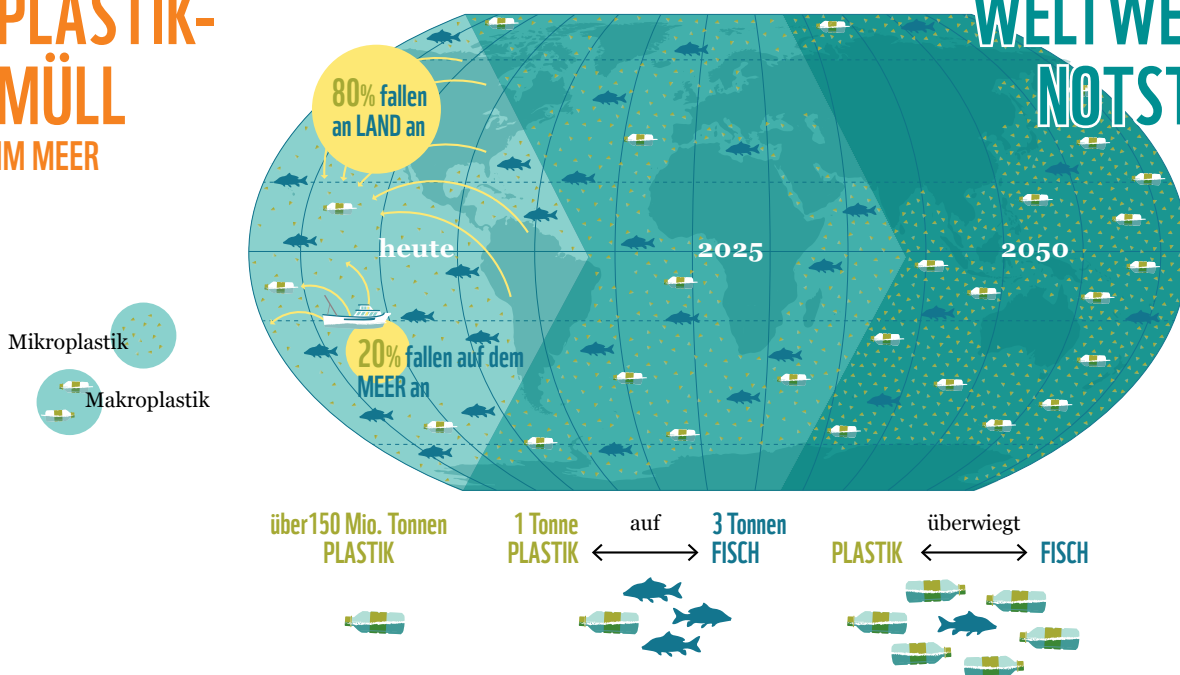


Abb. 9: Plastikmüll im Meer

vi Schädigung oder Veränderung des Erbguts

Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass zwar zahlreiche Studien den Nachweis von Mikroplastik in Organismen belegen und auch Vermutungen zu den Auswirkungen angestellt werden, dass diese jedoch keine allgemeingültigen Aussagen über physikalische und chemische Auswirkungen von Mikroplastik auf Lebewesen erlauben. Dies liegt u. a. daran, dass die Untersuchungen in Laboren und nicht unter realen Bedingungen durchgeführt wurden und teilweise zu hohe, für die Umwelt nicht repräsentative Partikelkonzentrationen verwendet haben. Zudem fehlt es noch an einheitlichen, genormten Test- und Bewertungsverfahren und somit am Kontext, in dem die Werte beurteilt werden können.¹⁰⁶

Es besteht demnach großer Forschungsbedarf a) zu standardisierten und validierten Test- und Analysemethoden, b) mit realistischen Konzentrationen von Nano- und Mikroplastik, wie sie in der Natur vorkommen, c) zu langfristigen Auswirkungen, d) an mehr und verschiedenen Organismenarten, d) mit umweltrelevanten Kunststoffarten, e) zu chemischen Gefahren bei der Freisetzung von Additiven sowie nicht zuletzt f) zu jeglichen Effekten und Auswirkungen den Menschen betreffend.¹⁰⁷ Dies ist vor allem im Kontext des prognostizierten Anstiegs der Kunststoffproduktion und den damit einhergehend zu erwartenden erhöhten Konzentration von Mikroplastik in der Umwelt von großer Bedeutung.¹⁰⁸



Makroplastik in
der Umwelt verhindern,
bedeutet Mikroplastik
verhindern.



Lösungsansätze

Der Begriff „Kunststoff“ deutet bereits an, dass es sich um einen vom Menschen künstlich hergestellten (und nicht natürlichen) Stoff handelt. Er gehört demzufolge nicht in die Umwelt, zumal Schäden für Tiere und auch Menschen zu erwarten sind. Lösungen zur Abwendung negativer Auswirkungen müssen daher direkt an der Quelle ansetzen, also dort, wo verhindert werden kann, dass (Makro- und Mikro-)Plastik in die Umwelt gelangt. Da es sich größtenteils um Mikroplastik handelt, das durch Zerkleinerung größerer Plastikteile entsteht, besteht eine Korrelation zwischen Makro- und Mikroplastik. Es muss daher beides gemeinsam betrachtet werden: Was den Eintrag von Plastik in die Umwelt stoppt, reduziert zugleich auch den Eintrag von Mikroplastik. Gleichwohl darf es an Überlegungen nicht fehlen, wie sich der Eintrag primären Mikroplastiks vermeiden lässt. Nachfolgende Ansätze versprechen Lösungen:

Strategie 1: Verminderung des Eintrags sekundären Mikroplastiks in die Umwelt durch Verhinderung des Eintrags von (Makro-)Plastik in die Umwelt durch ...



1. Verzicht unnötiger Kunststoffprodukte zum einmaligen Gebrauch und überflüssiger Kunststoffverpackungen.
2. ... weltweite gesetzliche Regelungen und Verbote der Entsorgung von Kunststoffen in der Umwelt, verbunden mit Kontrollmechanismen, die die Umsetzung überwachen.
3. ... Investitionen in ein wirkungsvolles integriertes Abfallmanagement, v. a. in Ländern, von denen besonders viel Müll ins Meer gelangt (meist Entwicklungs- und Schwellenländer).
4. ... Einführung strenger gesetzlicher Grundlagen, um Systeme der Erweiterten Produzentenverantwortung (EPR) zu etablieren bzw. zu verbessern. Mit einer EPR wird geregelt, dass Hersteller und Inverkehrbringer von Produkten und Verpackungen für die Entsorgung und das Recycling verantwortlich sind, also z. B. die Kosten für Sammlung, Sortierung und Verwertung ihrer Produkte bzw. Verpackungen übernehmen.
5. verbesserte Recyclingfähigkeit von Verpackungen und Vermeidung des Einsatzes von Kunststoffen für die einmalige Nutzung (wenn Alternativen für eine mehrfache Nutzung vorhanden sind).
6. ... optimierte kommunale Reinigung öffentlicher Räume, z. B. Parks und Infrastrukturflächen.
7. ... Sicherstellung ordnungsgemäßer Entsorgung von Schiffsmüll an Land, z. B. durch eine Gebührenordnung an Häfen, die Anreize zur ordnungsgerechten Entsorgung des Schiffsmülls an Land gibt.
8. ... verbesserte Sortieranlagen, die Bioabfälle von evtl. Plastikverpackungen trennen, sowie vermehrte Öffentlichkeitsarbeit.
9. ... Maßnahmen, mit denen die Entsorgung von Kunststoff(verpackungen) über die Biotonne vermieden wird.

Besseres Produktdesign
kann Mikroplastik
in der Umwelt
vermindern.



Strategie 2: Verminderung des Eintrags sekundären Mikroplastiks in die Umwelt durch veränderte Materialien oder Materialeigenschaften von Produkten durch ...



1. ... veränderte Produktionsweisen, die die Produkte abriebfester machen und z. B. den Abrieb bei Reifen oder das Herauslösen von Fasern bei Textilien verringern.
2. ... Prüfung des Einsatzes biologisch abbaubarer Kunststoffe für Produktsegmente, bei denen ein Eintrag in die Umwelt nicht ausgeschlossen werden kann (z. B. Reifen oder Materialien, die im Außenbereich eingesetzt werden, bspw. im Umweltschutz oder der Landwirtschaft, wie z. B. Baumschutz oder Agrarfolien). Hier muss jeweils sichergestellt werden, dass sich die Kunststoffe unter unterschiedlichen Bedingungen überall in der Umwelt und in einem vertretbaren Zeitraum abbauen.
3. ... Einsatz der vierten oder fünften Reinigungsstufe in Kläranlagen, um das Mikroplastik, das ins Abwassersystem eingeleitet wird, herauszufiltern (z. B. Reifenabrieb oder Fasern von Textilien).



Strategie 3: Verminderung des Eintrags primären Mikroplastiks in die Umwelt durch ...

1. ... Verbot der Beimengung von Mikroplastikpartikeln in relevanten Verbrauchsgütern (z. B. Kosmetika, Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel, Farben und Lacke).
2. Sicherstellung der sachgerechten Entsorgung von Pellets während der gesamten Herstellungskette und des Transports.
3. ... Einsatz alternativer, nachhaltigerer und ökologisch unbedenklicher Materialien anstelle von Mikroplastikpartikeln z. B. in der Luftstrahltechnik.
4. ... Einhaltung des Vorsorgeprinzips: Nur geprüfte und für unbedenklich befundene Stoffe werden in der Produktherstellung eingesetzt.
5. ... Anpassung der Abwassergesetzgebung, d. h. Festlegung von Grenzwerten für die Abwasserbelastung durch Kunststoffpartikel.
6. ... Prüfung von Alternativen zur teilweise praktizierten Ausbringung von Klärschlamm.

Strategie 4: Verbesserung der wissenschaftlichen Datenlage und innovative Lösungsfindung durch ...

1. Intensivierung und Diversifizierung der Forschung.
2. Vereinheitlichung der Definitionen und Standardisierung von Probenahme, Test- und Bewertungsverfahren.
3. interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Das macht der WWF

Der WWF möchte die Ursachen des Eintrags von Mikroplastik in die Umwelt sowie dessen leicht vermeidbaren Einsatz in der Industrie bekämpfen. Da das Thema untrennbar mit dem Eintrag von (Makro-)Plastik in die Umwelt verbunden ist, betrachtet der WWF das Thema ganzheitlich.

Er setzt sich daher auf internationaler Ebene dafür ein, dass die Rahmenbedingungen für Abfallsammlung und Recycling in jenen Ländern verbessert werden, die einen erheblichen Einfluss auf den Eintrag von (Mikro-)Plastik in die Umwelt haben. Dabei stehen folgende Maßnahmen im Vordergrund:

Der WWF setzt sich auf politischer Ebene für eine verbindliche internationale Vereinbarung ein, die den Eintrag von Plastikmüll in die Meere stoppt.

Der WWF unterstützt die Einführung von gesetzlichen Grundlagen zur Etablierung einer „Erweiterten Produzentenverantwortung“ auf nationaler Ebene für Unternehmen, die Produkte und Verpackungen herstellen bzw. diese in Verkehr bringen. Da die Abfallsammelsysteme in den meisten Ländern unterfinanziert sind, muss sich die Wirtschaft entsprechend an den Entsorgungskosten beteiligen.



© Melanie Gömmel/WWF

Der WWF stellt Müllsammelbehälter zur Verfügung, so dass der Müll nicht (wieder) in der Umwelt landet.

Gemeinsam mit staatlichen Institutionen und der lokalen Bevölkerung organisiert der WWF in Vietnam Müllsammelaktionen.





© Florian Huber

Gemeinsam mit Fischern birgt der WWF verlorene Netze aus der Ostsee und verhindert so den weiteren Zerfall zu Mikroplastik.

Ebenso setzt sich der WWF dafür ein, dass auf Länderebene gesetzliche Rahmenwerke geschaffen werden, die die Entsorgung von (Plastik-)Abfällen besser regeln und Bedingungen für die Umsetzung einer Erweiterten Produzentenverantwortung sowie Voraussetzungen für eine Kreislaufwirtschaft schaffen.

Der WWF unterstützt diese Aktivitäten durch Ansprache politischer Entscheidungsträger, Öffentlichkeitsarbeit und Diskussion mit Vertretern von Fachverbänden.

Der WWF ist mit eigenen Niederlassungen und Projektbüros in jenen Ländern vertreten, von denen aus der meiste Plastikmüll in die Meere eingetragen wird. Deshalb setzt er auf lokaler Ebene (z. B. in Vietnam, Thailand oder den Philippinen) in Modellprojekten Maßnahmen gegen die Vermüllung der Meere um.

In Deutschland werden durch das WWF-Geisternetzprojekt in der Ostsee verloren gegangene Fischernetze wieder eingesammelt. Bisher konnten an den deutschen Küsten mehr als neun Tonnen Netze geborgen werden. Die Suche mit einem Sonargerät (Schallwellen) hat sich als schonend und effizient erwiesen. Gleichzeitig hat der WWF untersucht, wie Geisternetze fachgerecht entsorgt werden können. Durch Verunreinigungen sind sie für ein Recycling ungeeignet. Die entwickelten Methoden werden auch in der Zusammenarbeit mit Bundes- und Landesämtern aufgegriffen, um verlorene Fischernetze regelmäßig zu entfernen und ihre Zersetzung zu Mikroplastik zu verhindern.



Gegen den Eintrag von Mikroplastik durch synthetische Textilien setzt sich der WWF Deutschland im Rahmen des Verbundprojektes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „TextileMission“ ein. Gemeinsam mit dem Bundesverband der deutschen Sportartikelindustrie, zwei Hochschulen und einem Sportartikelhersteller verfolgt das Projekt das Ziel, den Eintrag von Mikroplastik zu senken, der durch die Wäsche synthetischer Sport- und Outdoor-Bekleidung in die Umwelt gelangt. Durch die Entwicklung nachhaltiger Textilien und die Optimierung der Technologie von Kläranlagen leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zum Meeresschutz. Mehr Informationen unter: textilemission.bsi-sport.de

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit des WWF ist nicht zuletzt die Information und Aufklärung zum Thema Plastikmüll und Mikroplastik. So gibt der WWF regelmäßig Publikationen zum Thema heraus.

- » **Positionspapier „Mikroplastik“**
<https://www.wwf.de/themen-projekte/meere-kuesten/plastik/mikroplastik/>
- » **Faktenblatt „Plastikmüll in den Weltmeeren“**
<https://www.wwf.de/themen-projekte/meere-kuesten/plastik/unsere-ozeane-versinken-im-plastikmuell/>
- » **Report „Das Mittelmeer – Plastik-Müllkippe Europas?“**
<https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Mittelmeer-Report-Wege-aus-der-Plastikfalle.pdf>
- » **Information „Plastikmüll im Hotelsektor“**
https://www.wwf.de/fileadmin/user_upload/PDF/WWF-Information_Plastikmuell_im_Hotelsektor.pdf
- » **Studie „Maßnahmen zur Vermeidung von Einwegplastik und Verpackung im Hotel“ (deutsch)**
<https://www.wwf.de/themen-projekte/meere-kuesten/plastik/plastikmuell-gift-fuer-die-natur-und-fuers-touristische-geschaeft/>
- » **Report „Measures to avoid single-use plastics and packaging in hotels“ (english)**
<https://www.wwf.de/themen-projekte/meere-kuesten/plastik/plastikmuell-gift-fuer-die-natur-und-fuers-touristische-geschaeft/>
- » **Flyer „Plastik – Gefahr in unseren Meeren“**
<https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Flyer-Plastikmuell-im-Meer.PDF>
- » **Flyer und Broschüre „Geisternetze“**
<https://www.wwf.de/themen-projekte/projektregionen/ostsee/geisternetze/>

**Jeder Einzelne kann
etwas tun!**



Was können Sie tun?



Vermeiden Sie unnötige Verpackungen und Einmalprodukte (unabhängig vom Material). Beispielsweise werden Obst und Gemüse auch ohne Verpackung angeboten. Zudem gibt es sogenannte Unverpacktläden, die Ware auch verpackungsfrei anbieten. Weitere Tipps zur Plastikvermeidung: www.wwf.de/aktiv-werden/tipps-fuer-den-alltag/tipps-zur-plastikvermeidung/



Verzichten Sie auf Kosmetika mit Mikroplastik und nutzen Sie Alternativen, wie z. B. zertifizierte Naturkosmetik (BDIH, NATRUE etc.), die ohne rein mineralölbasierte Bestandteile auskommt. (Weitere Infos unter: BUND-Einkaufsratgeber Mikroplastik: www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/bund-einkaufsratgeber-mikroplastik/)



Verwenden Sie Produkte oder Kleidung möglichst lange, bevor Sie sie sachgerecht entsorgen, z. B. bei Kleidung über offizielle Sammelstellen oder Spendenboxen (und nicht im Hausmüll).



Waschen Sie Ihre Kleidung immer in einer vollen Waschmaschine. Das ist nicht nur gut für die Energiebilanz, sondern spart zudem Geld und kann die Anzahl an Mikroplastikpartikeln verringern.



Trennen Sie Ihren Abfall richtig. Das erleichtert die Sortierung und damit das Recycling. Beispielsweise gehören in den Bio-Müll keine Plastiktüten oder andere Verpackungen, auch wenn sie als biologisch abbaubar oder kompostierbar bezeichnet werden. Weitere Informationen erhalten Sie bei der Verbraucherzentrale (www.verbraucherzentrale.de/wissen/umwelt-haushalt/abfall/muell-richtig-trennen-gelber-sack-restmuell-papier-oder-wohin-sonst-10580) oder bei Ihrer Gemeinde.



Beteiligen Sie sich an Müllsammelaktionen: In vielen Orten und Städten gibt es Aufrufe zu gemeinsamen Aktionen. Regen Sie alternativ eigene Aktionen an.



Schreiben Sie Unternehmen, wenn Ihnen unnötige oder unnötig aufwendige bzw. große Verpackungen auffallen.



Unterzeichnen Sie unseren Aufruf an die Politik, damit sie sich für eine global verbindliche Konvention gegen den Plastikmüll in den Meeren einsetzt. Mehr Informationen finden Sie hier: www.wwf.de/plasticus/

Quellen

- 1 Boucher, J. and Friot, D. (2017): Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. S. 33. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>)
- 2 Geyer, R., Jambeck, J. and K. Law (2017): Production, use, and fate of all plastics ever made. In: Science Advances 3. S. 1–5. (<https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>)
- 3 World Economic Forum (2016): The New Plastics Economy Rethinking the future of plastics. (http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf)
- 4 Plastics Europe (2019): Plastics – the Facts 2019. S. 14. (https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf)
- 5 Boucher, J. and Friot, D. (2017): Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. S. 9. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>)
- 6 Textile Exchange (2019): Preferred Fiber & Materials Market Report 2019. S. 6. (https://store.textileexchange.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2019/11/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-Material-Market-Report_2019.pdf)
- 7 ETRma (2011). European Tyre & Rubber Industry. Statistics. Edition 2011. no 3. (<http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20120612-etrma-statistics-2011.pdf>)
- 8 UNEP (2018). Single-use Plastics: A Roadmap for Sustainability. S. 7. (https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 9 Ellen McArthur Foundation (2015): The new Plastics Economy – rethinking the Future of Plastics. S. 24. (https://www.mckinsey.com/~/_media/McKinsey/dotcom/client_service/Sustainability/PDFs/The%20New%20Plastics%20Economy.ashx)
- 10 Plastics Europe (2019): Plastics – the Facts 2019. S. 20. (https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf)
- 11 UNEP (2018). Single-use Plastics: A Roadmap for Sustainability. S. 7. (https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 12 ebd.
- 13 Ocean Conservancy (2017): Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean. S. 3. (<https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/full-report-stemming-the.pdf>)
- 14 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 27. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 15 Andrady, A. (2003): Plastics in the environment. S. 393.
- 16 UNEP (2015): Plastic in Cosmetics. (http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_pub&task=download&file=011718_en)
- 17 <https://www.umweltbundesamt.de/tags/mikroplastik> (Stand: 25.8.2018)
- 18 Greenpeace (2017): Plastik in Kosmetik. Deutsche Hersteller im Check. (<https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20170412-greenpeace-plastik-kosmetik-firmenabfrage.pdf>)
- 19 Bertling, J., Hamann, L. und M. Hiebel (2018): Mikroplastik und synthetische Polymere in Kosmetikprodukten sowie Wasch-, Putz- und Reinigungsmitteln. S. 41. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/umsicht-studie-mikroplastik-in-kosmetik.pdf>)
- 20 ebd.
- 21 Essel, R., Engel, L. und M. Carus (2015): Quellen von Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland. In: Umweltbundesamt Hrsg.): Texte 63/2015. (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_63_2015_quellen_fuer_mikroplastik_mit_relevanz_fuer_den_meeresschutz_1.pdf)

- 22 Boucher, J. and Friot, D. (2017): Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. S. 33. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>)
- 23 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 10. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 24 European Commission (2018): Definition of a Nanomaterial: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/faq/definition_en.htm (Stand: 3.3.2020)
- 25 De Sa, L., Oliviera, M., Ribeiro, F. et al. (2018): Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? In: The Science of the total environment 15. S. 1029–1039. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>)
- 26 Bundesinstitut für Risikobewertung (2019): Nanoplastik wird uns noch lange beschäftigen. In: BfR 2 GO – Das Wissenschaftsmagazin des Bundesinstituts für Risikobewertung 2/19. S. 12–13. (<https://www.bfr.bund.de/cm/350/bfr-2-go-ausgabe-2-2019.pdf>)
- 27 Lehner, R., Weder, C., Petri-Fink, A. et al. (2019): Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health. In: Environmental Science and Technology 53. S. 1748–1765. (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b05512>)
- 28 Bundesinstitut für Risikobewertung (2019): Nanoplastik wird uns noch lange beschäftigen. In: BfR 2 GO – Das Wissenschaftsmagazin des Bundesinstituts für Risikobewertung 2/19. S. 12–13. (<https://www.bfr.bund.de/cm/350/bfr-2-go-ausgabe-2-2019.pdf>)
- 29 De Sa, L., Oliviera, M., Ribeiro, F. et al. (2018): Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? In: The Science of the total environment 15. S. 1030. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>)
- 30 Browne, M., Galloway, T., Thompson, R. (2007): Microplastic – an emerging contaminant of potential concern? Integrated Environmental Assessment and Management 3. S. 559–561. (<https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412>)
- 31 Gewert, B., Plassmann, M., MacLeod, M. (2015): Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. In: Environmental Science Processes & Impacts 17. S. 1513–1521. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26216708>)
- 32 Koelmans, A., Besseling, E. and Shim, W. (2015): Nanoplastics in the aquatic environment. Critical Review. In: Bergmann, M., Gutow, L. and M. Klages (Hrsg.): Marine Anthropogenic Litter. (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-16510-3#editorsandaffiliations>)
- 33 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 10. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 34 Andrady, A. (2011). Microplastics in the marine environment. In: Marine Pollution Bulletin 62. S. 1599. (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>)
- 35 Boucher, J. and Friot, D. (2017): Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. S. 5. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>)
- 36 Essel, R., Engel, L. und M. Carus (2015): Quellen von Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland. In: Umweltbundesamt Hrsg.): Texte 63/2015. S. 32 (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_63_2015_quellen_fuer_mikroplastik_mit_relevanz_fuer_den_meeresschutz_1.pdf)
- 37 Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C. et al. (2015): Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. In: Science 13. S. 769. (<https://science.sciencemag.org/content/347/6223/768>)
- 38 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 10. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)

- 39 Essel, R., Engel, L. und M. Carus (2015): Quellen von Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Texte 63/2015. (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_63_2015_quellen_fuer_mikroplastik_mit_relevanz_fuer_den_meeresschutz_1.pdf)
- 40 Boucher, J. and Friot, D. (2017): Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>)
- 41 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 42 ebd., S. 29.
- 43 Boucher, J. and Friot, D. (2017): Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. S. 8. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>)
- 44 Bogusz, A. und Oleszczuk, P. (2016); Microplastics in the environment: characteristic, identification and potential risk. In: Annales Universitatis Mariae Curie. S. 97–114. (http://dlibra.umcs.lublin.pl/Content/27236/czas4051_71_2_2016_6.pdf)
- 45 Boucher, J. and Friot, D. (2017): Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. S. 8. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>)
- 46 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 29. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 47 Heß, M., Diehl, P, Mayer, J. et al. (2018): Mikroplastik in Binnengewässern Süd- und Westdeutschlands. Bundesländerübergreifende Untersuchungen in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. Teil 1: Kunststoffpartikel in der oberflächennahen Wasserphase. (https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Länderbericht_Mikroplastik_in_Binnengewässern.pdf)
- 48 Cozar, A., Marti, E., Duarte, C. et al. (2017): The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. In: Science Advances 3. S. 1–8. (<http://advances.sciencemag.org/content/3/4/e1600582>)
- 49 Michels, J., Stippkugel, A., Lenz, M. et al. (2018): Rapid aggregation of biofilm-covered microplastics with marine biogenic particles. In: Proceedings Royal Society Publishing B., 285. (<https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1203>)
- 50 Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B. et al. (2018): Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. In: Nature Communications 9. S. 1–12. (<https://www.nature.com/articles/s41467-018-03825-5.pdf>)
- 51 Sybille, van E., Wilcox, C., Lebreton, L. et al. (2015): A global inventory of small floating plastic debris. In: Environmental Research Letters 12. S. 1-11. (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/12/124006/pdf>)
- 52 Bergmann, M., Wirzberger, V., Krumpfen, T. et al. (2017): High Quantities of Microplastic in Arctic Deep-Sea Sediments from the HAUSGARTEN Observatory. In: Environmental Science & Technology 51. S. 11000–11010. (https://epic.awi.de/45112/1/Bergmann_et_al_EST_2017.pdf)
- 53 Reimnitz, E., Clayton, J., Kempema, E. et al. (1993): Interaction of rising frazil with suspended particles: Tank experiments with applications to nature. In: Cold Regions Science and Technologies 21. S. 117–135. ([https://doi.org/10.1016/0165-232X\(93\)90003-Q](https://doi.org/10.1016/0165-232X(93)90003-Q))
- 54 Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B. et al. (2018): Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. In: Nature Communications 9. S. 1–12. (<https://www.nature.com/articles/s41467-018-03825-5.pdf>)
- 55 ebd.
- 56 Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (2020): LITTERBASE: <http://litterbase.awi.de/> (Stand: 7.5.2020)

- 57 ebd.
- 58 Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T. (2011): Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. In: *Marine Pollution Bulletin* 62, S. 2589. (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>)
- 59 Heß, M., Diehl, P., Mayer, J. et al. (2018): Mikroplastik in Binnengewässern Süd- und Westdeutschlands. Bundesländerübergreifende Untersuchungen in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. Teil 1: Kunststoffpartikel in der oberflächennahen Wasserphase. (https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Länderbericht_Mikroplastik_in_Binnengewässern.pdf)
- 60 ebd., S. 23.
- 61 Weithmann, N., Möller, J., Löder, M. et al. (2018): Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. In: *Science Advances* 4. S. 1–7. (<http://advances.sciencemag.org/content/4/4/eaap8060>)
- 62 Nizzetto, L., Langaas, S. und M. Futter (2016): Do microplastics spill on to farm soils? In: *Nature* 537. S. 488–488. (<https://doi.org/10.1038/537488b>)
- 63 Machado, A., Kloas, W., Zarfl, C. et al. (2018): Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. In: *Global Change Biology* 24. S. 1405–1416. (<https://doi.org/10.1111/gcb.14020>)
- 64 Blasing, M. and W. Amelung (2018): Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. In: *Science of the Total Environment* 612. S. 422–435. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>)
- 65 Weithmann, N., Möller, J., Löder, M. et al. (2018): Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. In: *Science Advances* 4. S. 1–7. (<http://advances.sciencemag.org/content/4/4/eaap8060>)
- 66 ebd.
- 67 Scheurer, M. and Bigalke, M. (2018): Microplastics in Swiss Floodplain Soils. In: *Microplastic Disguising As Soil Carbon Storage* 6. S. 3591–3598. (<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b06003>)
- 68 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie S. 29. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 69 Hurley, R. and L. Nizzetto (2018): Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: Knowledge gaps and possible risks. In: *Current Opinion in Environmental Science & Health* 1. S. 7. (<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.006>)
- 70 Heß, M., Diehl, P., Mayer, J. et al. (2018): Mikroplastik in Binnengewässern Süd- und Westdeutschlands. Bundesländerübergreifende Untersuchungen in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. Teil 1: Kunststoffpartikel in der oberflächennahen Wasserphase. (https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Länderbericht_Mikroplastik_in_Binnengewässern.pdf)
- 71 Rezania, S., Park, J., Din, M. et al. (2018): Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. In: *Marine Pollution Bulletin* 133. S. 191–208.
- 72 Weston, J., Carrillo-Barragan, P., Linley, T. et al. (2020): New species of Eurythenes from hadal depths of the Mariana Trench, Pacific Ocean (Crustacea: Amphipoda). In: *Zootaxa* 4748. S. 163–181. (<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4748.1.9>)
- 73 Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T. (2011): Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. In: *Marine Pollution Bulletin* 62. S. 2589. (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>)
- 74 Bergmann, M., Wirzberger, V., Krumpfen, T. et al. (2017): High Quantities of Microplastic in Arctic Deep-Sea Sediments from the HAUSGARTEN Observatory. In: *Environmental Science & Technology* 51. S. 11000–11010.

- 75 Fossi, C., Coppola, D., Bains, M. (2014): Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: The case studies of the Mediterranean basking shark and fin whale. In: *Marine Environmental Research* 100. S. 17–24. (<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.02.002>)
- 76 Au, S., Bruce, T., Bridges, W. et al. (2015): Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. In: *Environmental Toxicology and Chemistry* 34. S. 2564–2572. (<https://doi.org/10.1002/etc.3093>)
- 77 Nobre, C., Santana, A., Maluf, A. et al. (2015): Assessment of microplastic toxicity to embryonic development of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). In: *Marine Pollution Bulletin* 92. S. 99–104. (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.050>)
- 78 Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E. and Halsband, C. (2013): Microplastic Ingestion by Zooplankton. In: *Environmental Science and Technology* 47. S. 6646–6655.
- 79 Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H. et al. (2016): Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for *Lubricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). In: *Environmental Science and Technology* 50. S. 2685–2691. (<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05478>)
- 80 Cao, D., Wang, X., Luo, X. et al. (2017): Effects of polystyrene microplastics on the fitness of earthworms in an agricultural soil. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 61. S. 1–4. (<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/61/1/012148>)
- 81 <https://www.forschung-und-wissen.de/nachrichten/biologie/plastikmuell-im-meer-bedroht-sauerstoffproduzierende-bakterien-13373049> (Stand: 27.8.2019)
- 82 Green, D., Colgan, T., Thompson R. et al. (2019): Exposure to microplastics reduces attachment strength and alters the haemolymph proteome of blue mussels (*Mytilus edulis*). In: *Environmental Pollution* 246. S. 423–434. (<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.017>)
- 83 Teuten, E., Saquing, J., Knappe, D. (2009): Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. In: *Philosophical Transactions of The Royal Society* 364. S. 2027–2045. (<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>)
- 84 Gallo, F., Fossi, C., Weber, R. (2018): Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: the need for urgent preventive measures. In: *Environmental Science Europe* 30. S. 1–13. (<https://doi.org/10.1186/s12302-018-0139-z>)
- 85 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 18. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 86 Teuten, E., Saquing, J., Knappe, D. (2009): Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. In: *Philosophical Transactions of The Royal Society* 364. S. 2027–2045. (<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>)
- 87 Wilcox, C., Puckridge, M., Schuyler, Q. et al. (2018): A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. In: *Scientific Reports* 8. S. 1–11. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6137038/>)
- 88 Scheurer, M. and Bigalke, M. (2018): Microplastics in Swiss Floodplain Soils. In: *Microplastic Disguising As Soil Carbon Storage* 6. S. 3591–3598. (<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b06003>)
- 89 <https://www.laborpraxis.vogel.de/giftmischendes-plankton-auf-mikroplastik-a-836897/> (Stand: 11.3.2020)
- 90 <https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/mikroplastik-als-lebensraum-auch-fuer-giftige-arten/> (Stand: 11.3.2020)
- 91 Wang, J., Liu, X., Li, Y. et al. (2020): Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. In: *Science of the Total Environment* 691. S. 848–857. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.209>)
- 92 Redondo-Hasselerharm, P., Gort, G., Peeters, E. and A. Koelmans (2020): Nano- and microplastics affect the composition of freshwater benthic communities in the long term. In: *Science Advances* 6. S. 1–11. (<https://doi.org/10.1126/sciadv.aay4054>)

- 93 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 31. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 94 Revel, M., Châtel, A. and Mouneyrac, C. (2018): Micro(nano)plastics: A threat to human health? In: *Current Opinion in Environmental Science & Health* 1. S. 17–23. (<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.003>)
- 95 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 31. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 96 Sobhani, Z., Lei, Y., Tang, Y. et al. (2020): Microplastics generated when opening plastic packaging. In: *Scientific Reports* 10. S. 1–7. (<https://doi.org/10.1038/s41598-020-61146-4>)
- 97 <https://www.spektrum.de/news/so-viel-mikroplastik-nehmen-wir-durchschnittlich-auf/1651990> (Stand: 11.11.2019)
- 98 <https://www.newcastle.edu.au/newsroom/featured/plastic-ingestion-by-people-could-be-equating-to-a-credit-card-a-week> (Stand: 12.7.2019)
- 99 Catarino, A., Macchia, V., Sanderson, W. et al. (2018): Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal compared to exposure via household fibres fallout during a meal. In: *Environmental Pollution* 237. S. 675–684. (<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.069>)
- 100 Bundesinstitut für Risikobewertung (2019) Mikroplastik in Lebensmitteln. Kleine Teile – große Wirkung. In: *BfR 2 GO – Das Wissenschaftsmagazin des Bundesinstituts für Risikobewertung* 2/19. S. 7–11. (<https://www.bfr.bund.de/cm/350/bfr-2-go-ausgabe-2-2019.pdf>)
- 101 WHO (2019): Microplastics in drinking-water. (<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1>)
- 102 Bundesinstitut für Risikobewertung (2019) Mikroplastik in Lebensmitteln. Kleine Teile – große Wirkung. In: *BfR 2 GO – Das Wissenschaftsmagazin des Bundesinstituts für Risikobewertung* 2/19. S. 7–11. (<https://www.bfr.bund.de/cm/350/bfr-2-go-ausgabe-2-2019.pdf>)
- 103 Galloway, T. (2015): Micro- and Nano-plastics and Human Health. In: Bergmann, M., Gutow, L. and M. Klages (Hrsg.): *Marine Anthropogenic Litter*. S. 343–366. (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-16510-3#editorsandaffiliations>)
- 104 Mattsson, K., Johnson, E., Malmendal, A. et al. (2017): Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. In: *Scientific Reports* 7. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5597631/>)
- 105 Lehner, R., Weder, C., Petri-Fink, A. et al. (2019): Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health. In: *Environmental Science and Technology* 53. S. 1752. (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b05512>)
- 106 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 31. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)
- 107 De Sá, L., Oliveira, M., Ribeiro, F. et al. (2018): Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future. In: *Science of the Total Environment* 645. S. 1029–1039. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>)
- 108 Bertling, J., Bertling, R. und L. Hamann (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. S. 29. (<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>)



Mehr WWF-Wissen
in unserer App.
Jetzt herunterladen!



iOS



Android

Unterstützen Sie den WWF
IBAN: DE06 5502 0500 0222 2222 22



WWF ist die beste Umwelt-
und Naturschutzorganisation
im Transparenzranking

4,4 ★★★★★

Spiegel Online und Phineo 11/2016
wwf.de/wirkungstransparenz



BEST /2020
BRANDS

Beste Nachhaltigkeitsorganisation



Unser Ziel

Wir wollen die weltweite Zerstörung der Natur und Umwelt stoppen und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Einklang miteinander leben.

WWF Deutschland

Reinhardtstraße 18 | 10117 Berlin
Tel.: +49 30 311 777-700
info@wwf.de | wwf.de