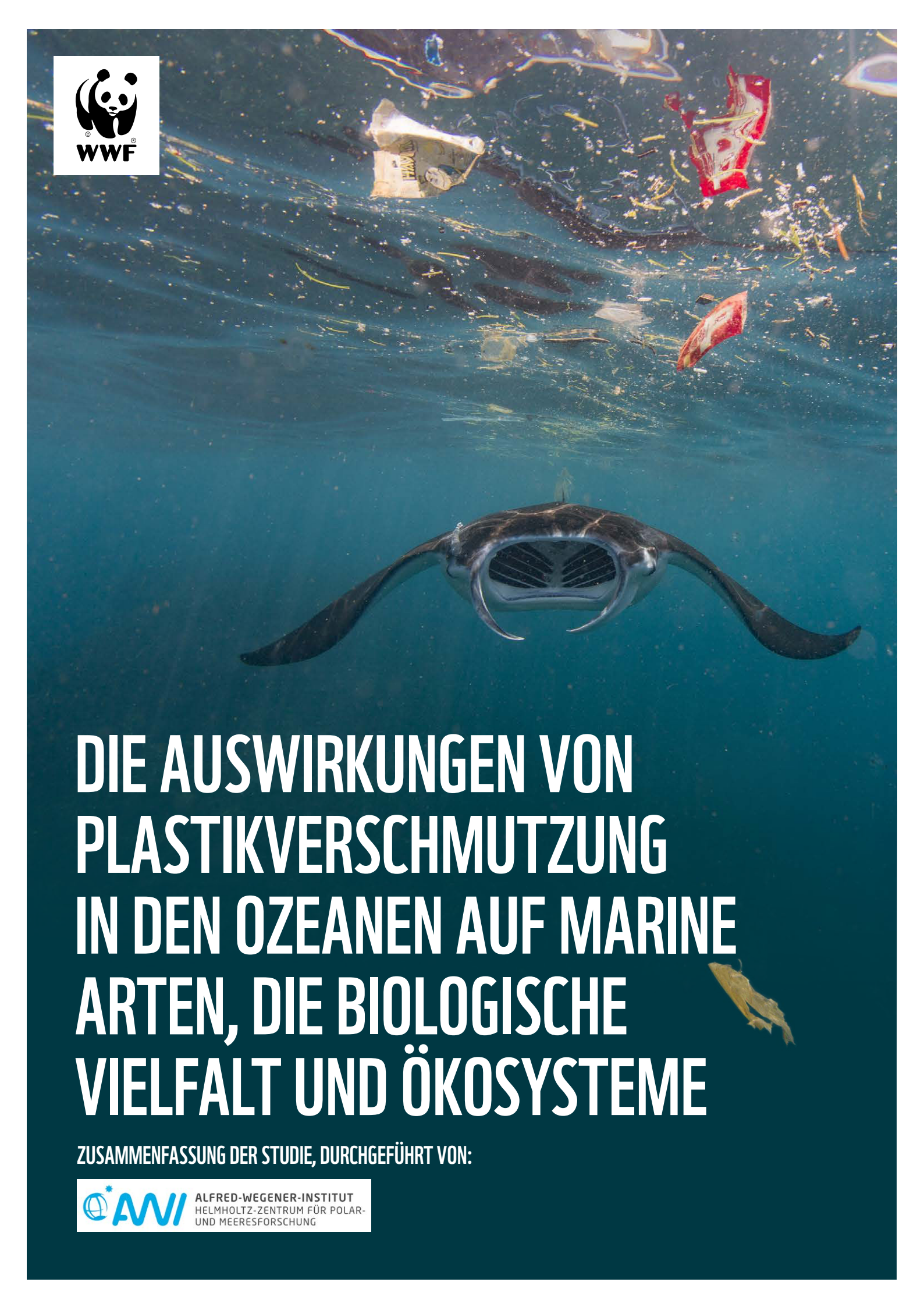


An underwater photograph showing a manta ray swimming towards the camera. The water is a deep blue-green. Above the ray, near the surface, there is a significant amount of floating plastic debris, including a white cup, a red and white wrapper, and various small pieces of trash. The ray's large, dark pectoral fins are spread out, and its white, fringed mouth is visible.

DIE AUSWIRKUNGEN VON PLASTIKVERSCHMUTZUNG IN DEN OZEANEN AUF MARINE ARTEN, DIE BIOLOGISCHE VIELFALT UND ÖKOSYSTEME

ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE, DURCHGEFÜHRT VON:



Zusammenfassung einer Studie, durchgeführt durch:



ALFRED-WEGENER-INSTITUT
HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR POLAR-
UND MEERESFORSCHUNG

ISBN 978-3-946211-46-4

Herausgeber:

WWF Deutschland, Reinhardstraße 18, D-10117 Berlin

Stand: Januar 2022

Koordination:

Bernhard Bauske, Caroline Kraas (beide WWF Deutschland)

Kontakt:

bernhard.bauske@wwf.de

Autoren:

Mine B. Tekman (ORCID 0000-0002-6915-0176),

Bruno Andreas Walther (ORCID: 0000-0002-0425-1443),

Corina Peter (ORCID: 0000-0003-1342-2686),

Lars Gutow (ORCID: 0000-0002-9017-0083),

Melanie Bergmann (ORCID: 0000-0001-5212-9808)

(alle: Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für
Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Deutschland)

Begutachtung:

Stephanie Borrelle, BirdLife International

Susanne Kühn, Wageningen Marine Research

Peter Ryan, FitzPatrick Institute of African Ornithology,
University of Cape Town

Design: Anita Drbohlav (www.paneemadesign.com)

Titelbild: WWF/Vincent Kneefel

Der vollständige Report kann hier heruntergeladen werden:
www.wwf.de/plastic-biodiversity-report

Zitierhinweis: Tekman, M. B., Walther, B. A., Peter, C.,
Gutow, L. and Bergmann, M. (2022): Impacts of plastic
pollution in the oceans on marine species, biodiversity and
ecosystems, 1–221, WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/
zenodo.5898684

© 2022 WWF Deutschland, Berlin. Vervielfältigung nur
mit Genehmigung des Herausgebers.

Weitere Informationen:

wwf.de/plastic-in-nature

wwf.de/plastik-und-artenvielfalt

mitmachen.wwf.de/stop-plastic

wwf.de/plastik

wwf.de/mikroplastik

wwf.panda.org/discover/our_focus/markets/no_plastic_in_nature_new/

panda.org/plastics



ZUSAMMENFASSUNG

Ein neuer, vom WWF in Auftrag gegebener Bericht liefert die bis heute umfassendste Darstellung des Ausmaßes der Plastikverschmutzung in den Meeren, deren Auswirkungen auf marine Arten und Ökosysteme und der voraussichtlichen Entwicklung dieser Trends in der Zukunft. Der Bericht der Forschenden des Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung offenbart eine ernste und sich rasch verschärfende Situation, die sofortiges und konzertiertes internationales Handeln erfordert:

- **Heute ist fast jede Art im Meer mit Plastikverschmutzung konfrontiert, wobei Forschende bei fast 90 % der untersuchten Arten negative Auswirkungen beobachten.**
- **Die Plastikverschmutzung ist nicht nur in die marine Nahrungskette eingedrungen, sondern beeinträchtigt auch ernsthaft die Produktivität einiger der wichtigsten marinen Ökosysteme wie Korallenriffe und Mangroven.**
- **Mehrere Regionen – darunter das Mittelmeer, das Ostchinesische und das Gelbe Meer – haben bereits kritische Verschmutzungs-Schwellenwerte überschritten, bei denen erhebliche ökologische Risiken auftreten. Aufgrund der wachsenden Plastikproduktion wird erwartet, dass in den kommenden Jahren weitere Regionen hinzukommen werden.**
- **Selbst wenn die Plastikverschmutzung heute gestoppt werden würde, würde sich die Menge an Mikroplastik in den Meeren innerhalb der nächsten 30 Jahren mehr als verdoppeln – einige Szenarien gehen von einem 50-fachen Anstieg bis 2100 aus.**

Der WWF fordert die Regierungen der Welt auf, dringend ein globales Abkommen zu verhandeln und zu verabschieden, um die allgegenwärtige und ständig wachsende Bedrohung des Lebens in unseren Ozeanen zu bekämpfen.

EINLEITUNG: EINE PLANETARE KRISE

Die Plastikverschmutzung der Weltmeere ist allgegenwärtig und hat exponentiell zugenommen

Die UNO spricht von einer „planetaren Krise“.¹ Von den Polen bis zu den entlegensten Inseln, von der Meeresoberfläche bis zum tiefsten Ozeangraben hat das Problem der Plastikverschmutzung der Meere insgesamt exponentiell zugenommen. Die Plastikverschmutzung ist jetzt allgegenwärtig und wird voraussichtlich weiter zunehmen, selbst wenn die derzeitigen Verpflichtungen von Unternehmen und Regierungen eingehalten und ausgebaut werden.² Globale und systemische Maßnahmen sind dringend erforderlich.

Die Plastikverschmutzung ist eine relativ neue Bedrohung. Plastik wurde erst nach dem Zweiten Weltkrieg in großem Maßstab eingesetzt, aber schon jetzt ist das Gewicht allen jemals produzierten Plastiks doppelt so hoch wie die Gesamtmasse aller Land- und Meeres-tiere zusammen.³ Die Produktion ist in den letzten zwei Jahrzehnten sprunghaft angestiegen: Zwischen 2003 und 2016 wurde so viel Plastik produziert wie in allen Jahren zuvor.

Bis 2015 sind bereits 60 % allen jemals produzierten Plastiks zu Abfall geworden,⁴ ein erheblicher Teil davon ist im Meer gelandet. Schätzungen gehen weit auseinander, aber es wird davon ausgegangen, dass sich heute zwischen 86 und 150 Millionen Tonnen (MMT) in den Ozeanen angereichert haben,⁵ mit stetig steigender Tendenz: 2010 gelangten schätzungsweise 4,8 bis 12,7 Millionen Tonnen Plastikmüll vom Land in die Ozeane,⁶ während eine neuere Studie für 2016 bereits von einem Eintrag von 19 bis 23 Millionen Tonnen in Gewässer weltweit ausgeht.⁷

Die Plastikverschmutzung der Ozeane ist nicht gleichmäßig verteilt. Zu den planetaren Hotspots gehören die fünf großen Ozeanwirbel (berühmte „Müllstrudel“, in denen sich schwimmendes Plastik anreichert), Küsten- und Meeresgebiete in der Nähe großer Quellen wie Mündungen von Flüssen, die durch Ballungsgebiete fließen, Korallenriffe, Mangroven und der tiefe Meeresboden, insbesondere Tiefsee-Schluchten.

Woher kommt das ganze Plastik in den Weltmeeren? Viele der Quellen sind bekannt, aber nicht alle. Die Zunahme von Einwegartikeln ist ein wichtiger Faktor: 2015 stammte die Hälfte des gesamten Plastikmülls allein aus Verpackungen;⁸ einer Schätzung aus dem Jahr 2018 zufolge ist Einwegplastik für 60–95 % der weltweiten Plastikverschmutzung der Meere verantwortlich.⁹ Der größte Teil der Plastikverschmutzung der Meere stammt von landbasierten Quellen in Küstennähe und Flüssen im Landesinneren: Eine aktuelle Analyse schätzt, dass beispielsweise in Europa jährlich 307–925 Millionen Müllteile ins Meer gelangen, von denen 82 % aus Plastik bestehen.¹⁰ Doch es gibt auch bedeutende seebasierte Einträge: eine Studie schätzt, dass mindestens 22 % des Meeresmülls aus der Fischerei stammen.¹¹ Plastik wird aber auch über die Luft transportiert: Abrieb von Autoreifen und Bremsen sind eine wichtige Quelle solcher Mikroplastikemissionen,¹² ebenso wie der Windabrieb von kunststoffbeschichteten Oberflächen, die Abfallverarbeitung, Straßen und die Landwirtschaft.

Abbildung 1: Größenklassen von Plastik.

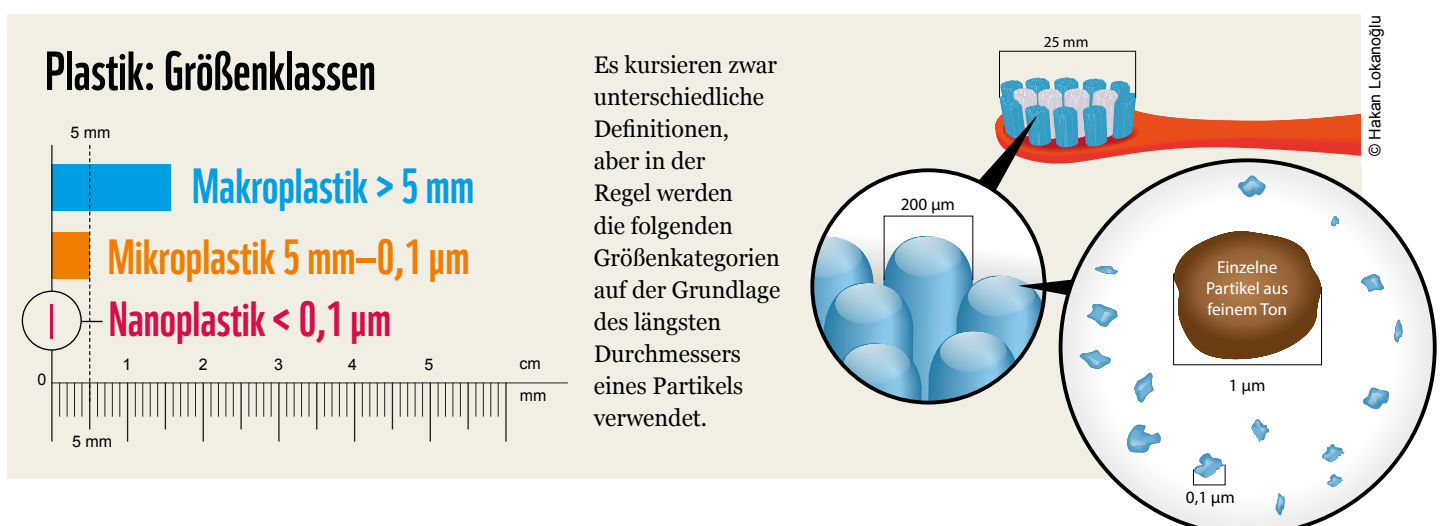




Abbildung 2: Verschmutzung mit Müll und Plastik in der Karibik zwischen den Inseln Roatan und Cayos vor der Küste von Honduras.

DER ANSTIEG VON MIKROPLASTIK:

Plastik zerfällt im Meer und damit vervielfachen sich die Gefahren von Plastik für die Umwelt

Aufgrund der Schwierigkeiten beim Sammeln von Plastik im Meer und der Beständigkeit von Plastik in der Umwelt¹³ ist es fast unmöglich, Plastik wieder herauszuholen, wenn es einmal im Meer ist. Außerdem zerfällt es, sobald es ins Meer gelangt ist, weiter: Makroplastik wird zu Mikroplastik und Mikroplastik zu Nanoplastik, was ein Entfernen des Plastikmülls noch unwahrscheinlicher macht. Selbst wenn der Eintrag von Plastik in die Ozeane heute gestoppt würde, bedeutet dieser Abbauprozess, dass sich die Menge an Mikroplastik in den Ozeanen und an den Stränden zwischen 2020 und 2050 mehr als verdoppeln wird.¹⁴

Und es gibt kaum Anzeichen dafür, dass der Eintrag von Plastikmüll in die Meere in naher Zukunft aufhören oder sich auch nur verlangsamen wird. Auch wenn „Business-as-usual“-Prognosen sehr unterschiedlich ausfallen, sagen alle einen erheblichen Anstieg der Abfallmenge voraus. Die Kunststoffindustrie hat seit 2010 180 Milliarden US-Dollar in neue Fabriken investiert, was im nächsten Jahrzehnt zu einem Anstieg der

Produktion um 40 % führen dürfte.¹⁵ Es wird erwartet, dass sich die Kunststoffproduktion bis 2040 mehr als verdoppeln und die Vermüllung der Meere durch Kunststoff der Meere verdreifachen wird.¹⁶ Dies könnte bis 2050 zu einer Vervielfachung der Makroplastikkonzentration in den Ozeanen¹⁷ und bis 2100 zu einem alarmierenden Anstieg des Mikroplastiks in den Ozeanen um das 50-fache führen.¹⁸

Ab einem Schwellenwert von $1,21 \times 10^5$ Mikroplastikpartikeln pro m^3 geht man momentan von erheblichen ökologischen Risiken aus.¹⁹ Dieser Schwellenwert wurde in bestimmten Hotspots wie dem Mittelmeer, dem Ostchinesischen Meer und Gelben Meer²⁰ sowie in arktischem Meereis²¹ bereits überschritten. Es wird erwartet, dass die ökologischen Risiken der Mikroplastikverschmutzung an der Meeresoberfläche bis zum Ende des 21. Jahrhunderts weltweit beträchtlich steigen werden:²² Selbst die optimistischsten Szenarien gehen von einem erheblichen Anstieg aus, während ein Worst-Case-Szenario darauf hindeutet, dass gefährliche Schwellenwerte der Verschmutzung in einem Meeresgebiet, das mehr als doppelt so groß wie Grönland ist, überschritten werden.

WECHSELWIRKUNGEN MIT DER NATUR

Die Verschmutzung der Meere durch Plastik schadet dem Leben im Meer indem sich marine Arten in Plastik verfangen, Plastik aufnehmen und anhaftende Schadstoffe und Inhaltsstoffe des Plastiks ihre toxische Wirkung in Tieren entfalten

Abbildung 3: Karte, die anzeigt, wo Wechselwirkungen zwischen Plastikverschmutzung und marinen Arten festgestellt wurden. Die Punkte auf der Karte entsprechen den 1.511 Orten, die in 851 Studien untersucht wurden (LITTERBASE).

Plastikverschmutzung ist heute überall im Meer zu finden, und fast jede marine Art ist wahrscheinlich schon damit in Berührung gekommen. Nach einer vorsichtigen Bewertung des aktuellen Forschungsstandes wird bisher von insgesamt 2.144 Arten berichtet, die in ihrer natürlichen Umwelt mit Plastikverschmutzung konfrontiert wurden.

Die überwiegende Mehrheit dieser Wechselwirkungen betrifft Verzehr, Verfangen oder das Abschneiden von der Versorgung mit Sauerstoff, Licht oder Nahrung durch Bedeckung mit Plastik. Bei weiteren 738 Arten wurde beobachtet, dass sie schwimmende Plastikteile besiedeln, wodurch eine Verbreitung dieser Arten in neue Gebiete möglich ist.

In Studien, die sowohl im Labor als auch im Feld durchgeführt wurden, wurden auch Wechsel-

wirkungen mit Kunststoffen unter experimentellen Bedingungen für 902 Arten untersucht. Dazu gehörten Studien zum Verzehr von Mikroplastik mit unterschiedlichen Dosierungen und der Einsatz von Geisternetzen zur Quantifizierung von Verstrickungen. In einigen dieser Studien wurden Auswirkungen wie Verletzung, Tod, Bewegungseinschränkung, veränderte Nahrungsaufnahme, Wachstum, Immunreaktion, veränderte Fortpflanzung und Zellfunktionen untersucht. Ob die Wechselwirkungen mit Plastik Schäden verursachen, wurde für 297 Arten untersucht. Dabei zeigten sich für 88 % der untersuchten Arten nachteilige Effekte für den jeweiligen Organismus.²³ Dieser Prozentsatz stammt zwar nur von einer begrenzten Stichprobe von Arten und kann daher nicht auf eine breitere Basis gestellt werden, aber eine starke Tendenz ist dennoch klar: Plastik hat negative Auswirkungen auf die meisten marinen Arten.



Die wichtigsten negativen Folgen von Kunststoffen sind:

Verfangen – Gegenstände wie Seile, Netze, Reusen und Schnüre von aufgegebenen, verlorenen oder weggeworfenen Fischereigeräten wickeln sich um Meerestiere und führen zu Strangulation, Wunden, Bewegungseinschränkung und Tod. Auch verwenden Vögel Meeresmüll zum Bau ihrer Nester, in denen sich Eltern und Jungtiere verfangen können. Seile aus der Fischerei verfangen sich in 65 % der Korallenkolonien in Oahu, Hawaii²⁴ und 80 % dieser Kolonien waren ganz oder teilweise abgestorben. Selbst in der abgelegenen arktischen Tiefsee hatten sich in bis zu 20 % der Schwammkolonien Plastikteile verfangen und dies mit steigender Tendenz.²⁵

Nahrungsaufnahme – Meerestiere aller Art – vom Plankton an der Basis und Raubtieren am Ende der Nahrungskette – verzehren Plastik. Dies kann den Tieren ernsthaften Schaden zufügen, indem es die Nahrungsaufnahme durch ein falsches Sättigungsgefühl behindert oder das Verdauungssystem durch Verstopfung beeinträchtigt und zu inneren Verletzungen führt. Laborversuche haben gezeigt, dass das Wachstum von Fischen beeinträchtigt wird, wenn ihr Futter mit großen Mengen an Mikroplastik belastet ist;²⁶ in einem Extremfall hat sogar ein einziger Strohalm im Verdauungstrakt den Tod eines Walhais in Thailand verursacht.²⁷ Die Aufnahme von Plastik bei Seevögeln ist weltweit verbreitet und nimmt zu: Studien schätzen, dass schon heute bis zu 90 % aller Seevögel²⁸ und 52 % aller untersuchten Meeresschildkröten Plastik verzehren.²⁹ Bei vielen abgemagerten Walen und Delfinen, die gestrandet sind, wurde ebenfalls Plastik im Verdauungstrakt gefunden.^{30, 31, 32, 33} Einige Studien haben eine veränderte oder verringerte Nahrungsaufnahme und negative Auswirkungen auf Wachstum,^{34, 35, 36, 37} Immunreaktion, Fruchtbarkeit und Fortpflanzung sowie veränderte Zellfunktionen und Verhaltensweisen bei den betroffenen Arten gezeigt, wobei der Grad der Schädigung mit der Menge zusammenhängt, denen die Tiere ausgesetzt wurden.³⁸



Abbildung 4: Diagramm der am häufigsten berichteten Wechselwirkungen und deren Auswirkungen auf Lebewesen (LITTERBASE). Die Farben entsprechen den jeweiligen Wechselwirkungen.

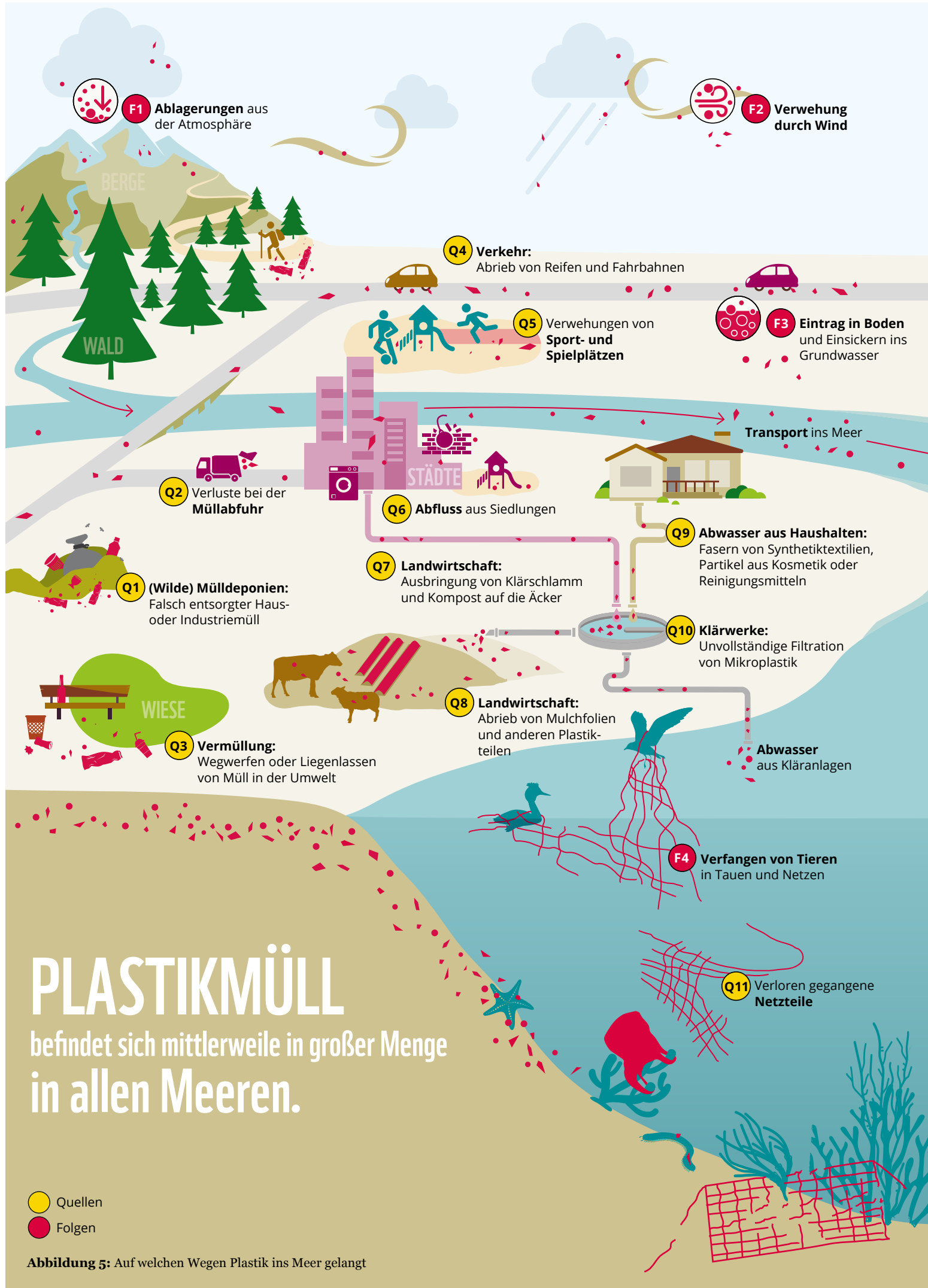
Bedeckung – Die Bedeckung von Korallen, Schwämmen und Meeresboden mit Plastik mindert die Zufuhr von Licht, Nahrung und Sauerstoff, wodurch das Sediment sauerstoffarm wird und die Anzahl der Tiere im Sediment sinkt.^{39, 40} Dies kann sich negativ auf die Ökosysteme auswirken und Krankheitserregern einen Nährboden bieten, was wiederum schädliche Auswirkungen auf das Meeresleben und die Biodiversität haben kann. Besonders betroffen sind Korallenriffe und Mangroven (siehe unten).

Chemische Belastung – Einige Inhaltsstoffe, die zur Herstellung von Plastik verwendet werden, haben sich als umweltschädlich herausgestellt und können auf verschiedenen Wegen ins Meer gelangen.⁴¹ Die kleinsten Plastikpartikel und darin enthaltene Schadstoffe können in Körperzellen eindringen und einige von ihnen können sogar das Gehirn von Meerestieren erreichen.^{42, 43}

Zu den wichtigen umweltschädlichen Inhaltsstoffen gehören zum Beispiel:

Hormonell wirksame Stoffe – sie greifen in den Hormonhaushalt ein und stören die Fortpflanzung, Entwicklung und das Verhalten vieler Meerestiere.⁴⁴ Selbst einige Kunststoffe, die als lebensmittelecht gekennzeichnet sind, können für Tiere und Menschen schädlich sein.^{45, 46}

Persistente organische Schadstoffe – diese langlebigen Stoffe, wie z. B. polychlorierte Biphenyle (PCB) beeinträchtigen Organismen und die Gesundheit von Ökosystemen.⁴⁷ Da sie nicht abgebaut werden, können sie durch Wind und Wasser über weite Strecken transportiert werden und weit entfernt von ihrem Ursprung langanhaltende Auswirkungen haben.

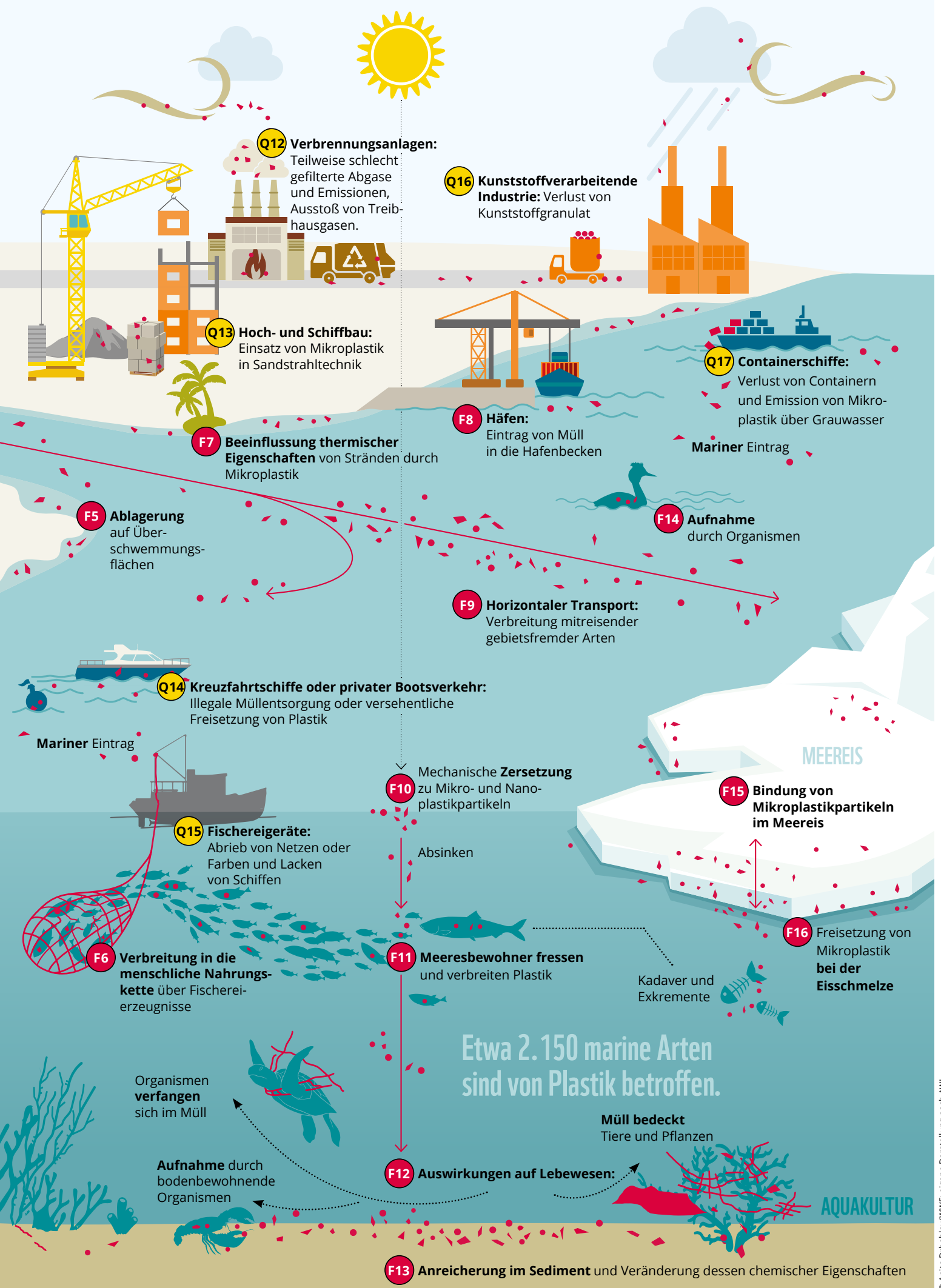


PLASTIKMÜLL

befindet sich mittlerweile in großer Menge
in allen Meeren.

- Quellen
- Folgen

Abbildung 5: Auf welchen Wegen Plastik ins Meer gelangt



VERSCHMUTZUNG DER NAHRUNGSKETTE

Verschlucktes Plastik wandert in der marinen Nahrungskette nach oben – bis es letztendlich sogar den Menschen erreicht

Wenn Meerestiere Plastik aufnehmen, können die in Kunststoffen enthaltenen und anhaftenen Schadstoffe in der marinen Nahrungskette weiter nach oben gelangen. Dies haben Feld- und Laborstudien gezeigt.

Studien haben die Existenz von Mikroplastik in der Wassersäule und die Einbindung dieser Partikel in sinkende Aggregate bestätigt.^{48, 49, 50} Diese sinkenden Partikel werden teilweise oder vollständig von Plankton und anderen winzigen Organismen verzehrt, die die Grundlage der Nahrungsnetze im Meer bilden.^{51, 52, 53, 54} Störungen der Effizienz biologischer Prozesse aufgrund der Aufnahme von Plastik können die Menge an Nahrung, die den Meeresboden erreicht, beeinflussen, was zu Veränderungen in nährstoffarmen Ökosystemen am

Meeresboden führen kann. Dies wurde in einer kürzlich durchgeführten Studie berichtet, in der Fische realistischen künftigen Konzentrationen von Mikroplastik ausgesetzt wurden.⁵⁵

Die Besorgnis über die potenziellen Gefahren von Nanoplastik ist weit verbreitet, aber bisher ist noch nicht viel über das Thema bekannt. Wird der Wasserfloh *Daphnia magna* experimentell Nanoplastik ausgesetzt, sinkt seine Überlebensrate drastisch. In einigen Fällen betrug die Sterblichkeit sogar 100 %. Wurden diese Wasserflöhe dann an Fische verfüttert, konnten Nanopartikel deren Blut-Hirn-Schranke überwinden und Verhaltensstörungen auslösen, einschließlich einer geringeren Fress- und Bewegungsrate.⁵⁶ Da sich solche Folgen über die gesamte Nahrungskette ausbreiten, könnten sie

die Funktion des gesamten Ökosystems beeinträchtigen.

Obwohl in jüngster Zeit verstärkt über die Auswirkungen auf Tiere geforscht wird, ist derzeit erstaunlich wenig über die potenziellen Folgen von Plastik auf die menschliche Gesundheit bekannt. Es kann jedoch mit Sicherheit gesagt werden, dass Menschen Plastikpartikel einatmen und über die Nahrung aufnehmen. Beispielsweise wurde Mikroplastik in fast allen Verbreitungsgebieten von Miesmuscheln nachgewiesen,^{57, 58} dasselbe gilt für Austern. Da beide im Ganzen vom Menschen verzehrt werden, gibt es keine Möglichkeit, die Aufnahme des darin enthaltenen Plastiks zu vermeiden.⁶⁰ In ähnlicher Weise haben Forschende festgestellt, dass vier von 20 Marken von Sardinen- und Sprottenkonserven Plastikpartikel enthalten.⁶¹

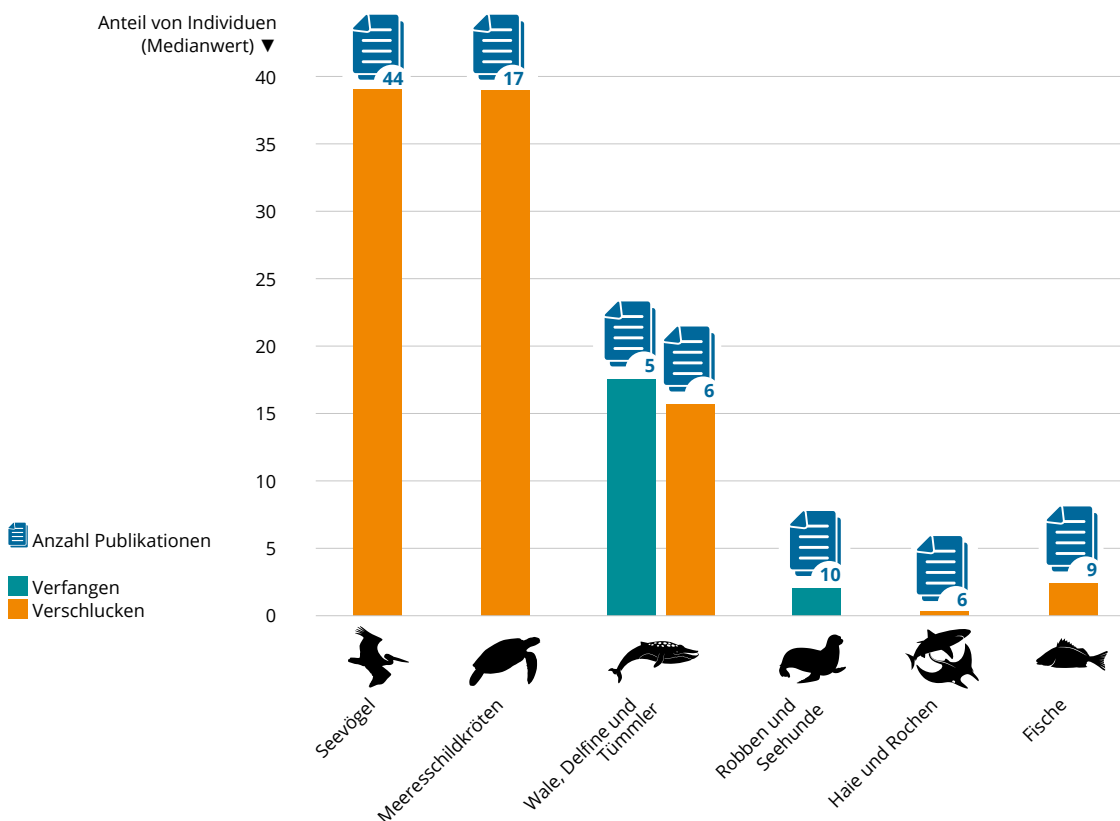
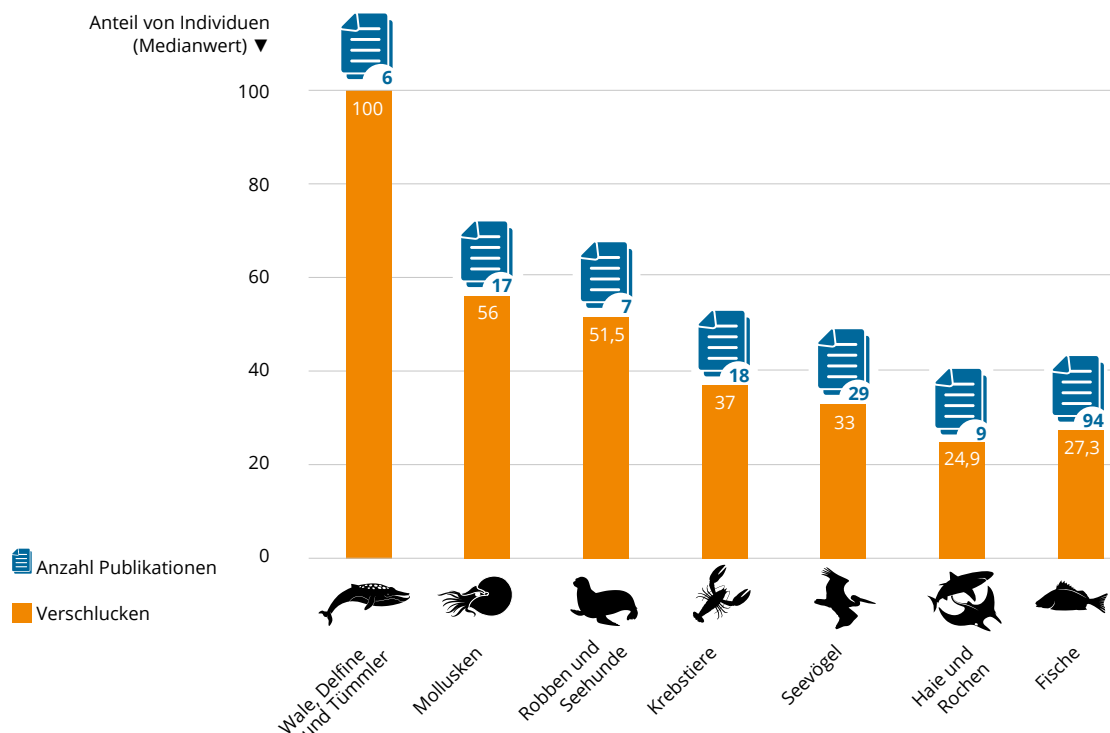


Abbildung 6: Medianwert der Prozentanteile von Individuen verschiedener Artengruppen, bei denen Wechselwirkungen mit Makroplastik festgestellt wurden. Die Daten wurden aus 105 Studien entnommen, die sich mit dem Verfangen in Plastikteilen und Verschlucken von Makroplastik beschäftigt haben (LITTERBASE). Die blauen Symbole über den Balken zeigen die Anzahl der Studien, deren Daten für diese Darstellung benutzt wurden.

Abbildung 7: Medianwert der Prozentanteile von Individuen verschiedener Artengruppen, bei denen Wechselwirkungen mit Mikroplastik festgestellt wurden. Die Daten wurden aus 180 Studien entnommen, die sich mit der Aufnahme von Mikroplastik beschäftigt haben (LITTERBASE). Die blauen Symbole über den Balken zeigen die Anzahl der Studien, deren Daten für diese Darstellung benutzt wurden.



WICHTIGE ÖKOSYSTEME IN GEFAHR

Die Plastikverschmutzung trifft Korallen und Mangroven besonders hart

Zwar ist Plastikmüll inzwischen überall in den Weltmeeren verbreitet, doch sind bestimmte wichtige Meeres- und Küsten-ökosysteme besonders stark gefährdet, da sie neben der zunehmenden Plastikverschmutzung zusätzlichen Umweltgefahren ausgesetzt sind. Diese Ökosysteme – Korallenriffe und Mangroven sind hier besonders hervorzuheben – erfüllen lebenswichtige Aufgaben für Mensch und Meereslebewesen, so dass Mensch und Umwelt direkt betroffen sind, wenn Plastik die Funktionen der Ökosysteme beeinträchtigt.

Das Ausmaß des Risikos, das Plastik für Korallenriffe darstellt, die aufgrund der Erderhitzung bereits stark im Rückgang sind, ist alarmierend. Im asiatisch-pazifischen Raum haben sich im Jahr 2010 schätzungsweise 11,1 Milliarden Plastikteile in den Korallenriffen der Region verfangen,⁶² und diese Verschmutzung wird bis 2025 voraussichtlich um 40 % zunehmen. Plastik bleibt oft in der komplexen und rauen Korallenstruktur hängen, so dass sie zu einem Anreicherungsort für Plastik wird. Besonders besorgniserregend

ist, dass sich Korallen, in denen sich Plastikteile verfangen haben, 20- bis 89-mal häufiger mit Krankheiten infizieren⁶³.

Verlorene oder weggeworfene Fischereigeräte, oft als Geisternetze bezeichnet, stellen ebenfalls eine ernste Bedrohung für Korallen in aller Welt dar. Sie bleiben jahrzehntelang in den Riffen verfangen, sodass sie bedeckt und abgeschürft werden, zerbrechen und manchmal ganze Riffsysteme zerstören.^{64, 65} Außerdem sammelt sich in und auf den Polypen von Korallen Mikroplastik an, was sich negativ auf die Korallen selbst sowie ihre symbiotischen Algen auswirkt und die Strukturen der Riffgemeinschaft verändert.⁶⁶

Mangroven, die vielen Küstengemeinden – ähnlich Korallenriffen – Ernährungssicherheit und Hochwasserschutz bieten – befinden sich oft in der Nähe von Flussmündungen, wo sich besonders viel Plastikmüll ansammelt. Dieser bleibt häufig im komplexen Wurzelsystemen der Mangroven hängen, so dass Mangrovengebiete zu einer Senke für Plastikmüll werden. In Mangrovenwäldern wurden einige der weltweit höchsten Plastikmengen festgestellt, wobei

eine hohe Verschmutzung die Gesundheit der Bäume verschlechtert.^{67, 68, 69, 70, 71, 72} Mangrovenwälder auf der südoasiatischen Insel Java beherbergten 2.700 Plastikteile pro 100m², wobei an einigen Stellen sogar die Hälfte des Bodens mit Plastik bedeckt war.⁷³ In Versuchen hatten Bäume, deren Wurzeln gänzlich mit Plastik bedeckt waren, einen niedrigeren Blattflächenindex und eine geringere Überlebensrate.⁷⁴ Darüber hinaus können Bemühungen zur Wiederherstellung geschädigter Mangrovengebiete weniger wirksam sein, wenn die Baumsetzlinge von Plastik bedeckt werden.⁷⁵

Plastikverschmutzung wurde sogar am tiefsten Punkt der Erde, dem Marianengraben in über 10 km Wassertiefe, gefunden.^{76, 77} Hier herrschen relativ stabile Bedingungen, so dass die Abfälle jahrhundertlang ungestört liegen können. Plastikteile auf dem Sediment des Tiefseebodens stellen ein künstliches, hartes Substrat dar, auf dem sich Tiere ansiedeln können.⁷⁸ Während Plastik für diese Arten von Vorteil ist, kann dessen Vorhandensein die Artenzusammensetzung der dort beheimateten Ökosysteme insgesamt verändern.^{79, 80}



DIE SUMME DER PROBLEME

Plastikverschmutzung bildet zusammen mit anderen Umweltgefahren einen gefährlichen Cocktail für das marine System

Die Auswirkungen von Plastik auf marine Ökosysteme können nicht isoliert betrachtet werden. Plastikverschmutzung ist neben anderen negativen Faktoren wie die Erderhitzung und Versauerung der Ozeane, Überfischung, Sauerstoffmangel, Lärm, Ausbreitung fremder Arten, Zerstörung von Lebensräumen sowie anderen Formen der Umweltverschmutzung eine von zahlreichen menschgemachten Bedrohungen.

In der Regel ist es sehr schwierig, einen einzelnen entscheidenden Faktor für den Rückgang von Meereslebewesen auszumachen.⁸¹ Aber dort, wo bestimmte Faktoren zusammenkommen, werden negative Auswirkungen noch verstärkt, besonders für Arten, die bereits am Limit sind. Weitere Studien sind erforderlich, um die zusätzlichen oder synergistischen Effekte zu verstehen, die auftreten, wenn mehrere Faktoren zusammenwirken,^{82, 83, 84, 85, 86, 87} aber es ist wahrscheinlich, dass die Folgen schwerwiegend sind, und dieser Trend wird sich in Zukunft wahrscheinlich verstärken. Viele Expert:innen sind sich einig, dass der Planet aktuell ein Massenaussterben erlebt,^{88, 89, 90, 91} und die zunehmende Plastikverschmutzung wird die Krise zweifellos weiter verschärfen.

Es gibt noch einen weiteren kritischen Punkt, der beim Blick in die Zukunft bedacht werden sollte. Wenn die Plastikverschmutzung in den Ozeanen weiter ansteigt, werden alle dokumentierten schädlichen Auswirkungen zunehmen – und es besteht die reale Möglichkeit, dass dadurch Risiko-Schwellenwerte für viele weitere Teilpopulationen, Arten und Ökosysteme überschritten werden. Forschende prognostizieren, dass 99,8 % aller Seevogelarten bis 2050 Plastik aufnehmen werden, wenn die Kunststoffverschmutzung wächst wie bisher.⁹² Bei allen Meeresschildkrötenarten wurden Belege für den Verzehr und/oder Verstrickung in Plastik gefunden.⁹³ Innerhalb weniger Jahrzehnte könnten immer mehr marine Arten Risiko-Schwellenwerte überschreiten.



AN DER WURZEL DES PROBLEMS ANSETZEN

Es ist weitaus effektiver, die Ursachen der Plastikverschmutzung zu bekämpfen bevor sie entstehen, als die Folgen im Nachhinein zu beseitigen

Ähnlich wie bei der Klimakrise betrifft dieses Umweltproblem den gesamten Planeten: Die Verschmutzung durch Plastik nimmt ständig zu, und nur globale und systemische Lösungen können hier Abhilfe schaffen. Forderungen nach internationalen Maßnahmen, die das Blatt wenden, bevor die Plastikverschmutzung die Widerstandsfähigkeit einer kritischen Anzahl von Meeresarten und -ökosystemen überfordert, werden immer lauter.⁹⁴

Eine Lösung, die häufig in der Öffentlichkeit diskutiert wird, ist das Auffangen und Entfernen von Plastik aus der Meeresumwelt. Genauso wie die Technologie zur Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid von einigen Industrien gefördert wurde, um den Klimawandel zu bekämpfen, werden zunehmend groß angelegte Technologien zur Beseitigung der Plastikverschmutzung der Meere propagiert – mit futuristischen technologischen und noch ungeprüften Lösungen.^{95, 96, 97, 98} Doch selbst wenn diese sich praktisch als möglich erweisen sollten, wäre ihr großflächiger Einsatz wahrscheinlich mit erheblichen wirtschaftlichen Kosten verbunden und würde die Plastikflut nicht ausreichend eindämmen.^{99, 100} Darüber hinaus wurden ihre Auswirkungen auf die Meeresökosysteme nicht überprüft:¹⁰¹ Solche Lösungen könnten beispielsweise mehr schaden als nützen, wenn sie die Sterblichkeit von mitgefangenen Tieren erhöhen und den Ozeanen kontinuierlich Biomasse entziehen. Außerdem verursachen sie wahrscheinlich zusätzliche Treibhausgas-Emissionen und würden die kleineren Teilchen nicht entfernen. Es gibt zwar Methoden zur Entfernung von Mikroplastik, aber die meisten von ihnen sind derzeit nur für die Abwasserbehandlung geeignet.¹⁰²

Ein weitaus vielversprechenderer Ansatz ist der zu verhindern, dass Kunststoffabfälle überhaupt in die Umwelt gelangen, was wiederum auch eine erhebliche Verringerung der primären Kunststoffproduktion bedeutet. Ein solcher Ansatz hätte weitere Vorteile, wie z.B. eine Verringerung des Ressourcenverbrauchs und der Umweltverschmutzung durch Herstellung, Transport und Entsorgung von Kunststoffabfällen, die Treibhausgas-Emissionen verursachen.

Nach jahrzehntelangen Verzögerungen beginnt die Welt endlich gemeinsam und entschlossen gegen die Klimakrise vorzugehen. Auch die globale Plastikkrise sollte von uns allen prioritär betrachtet werden. Es ist keine Zeit zu verlieren: Wir müssen jetzt handeln.

HANDLUNGSAUFRUF

EIN VERBINDLICHES INTERNATIONALES ABKOMMEN IST DRINGEND NOTWENDIG

Der WWF fordert die Staats- und Regierungschefs der Welt auf, ein neues rechtsverbindliches internationales Abkommen zur Plastikverschmutzung zu verhandeln und zu verabschieden.

Ein neues globales Plastikabkommen muss verbindlich und ehrgeizig sein und die Staaten zu einem gemeinsamen Handlungsstandard verpflichten. Der Vertrag sollte spezifische, klare und universell anwendbare Regeln und Verpflichtungen für den gesamten Lebenszyklus von Kunststoffen enthalten, und so eine wirksame Reaktion auf die globale Krise der Plastikverschmutzung ermöglichen. Es muss Bestimmungen enthalten, die sicherstellen, dass diese Regeln im Laufe der Zeit evaluiert und schrittweise verschärft werden können und so gestaltet werden, dass sie globale Gerechtigkeit fördern und Anreize für Teilnahme und Einhaltung bieten.

Das Abkommen sollte Folgendes enthalten:

- Eine klar formulierte Vision zur Beseitigung der direkten und indirekten Emissionen von Plastik in die Umwelt, basierend auf dem Vorsorgeprinzip und in Anerkennung der verheerenden Auswirkungen der Plastikverschmutzung. Eine Verpflichtung zur Entwicklung und Umsetzung ehrgeiziger und wirksamer nationaler Aktionspläne zur Vermeidung, Kontrolle und Beseitigung der Plastikverschmutzung in Küstennähe und Flüssen
- Ein ehrgeiziges, gemeinsames, zeitlich begrenztes und rechtsverbindliches globales Ziel für die Verringerung der Plastikverschmutzung
- Klare, messbare und zeitlichbindende nationale Reduktionsziele, die in Summe das globale Reduktionsziel erreichen
- Eine Verpflichtung zur Entwicklung und Umsetzung ehrgeiziger und wirksamer nationaler Aktionspläne zur Vermeidung, Kontrolle und Beseitigung der Plastikverschmutzung in Küstennähe und Flüssen
- Gemeinsame Definitionen, Methoden, Normen und Vorschriften für eine effiziente und harmonisierte weltweite Bekämpfung der Plastikverschmutzung über den gesamten Lebenszyklus von Kunststoffen, einschließlich spezifischer Anforderungen zur Gewährleistung der Kreislaufwirtschaft und Verbote bestimmter Kunststoffherzeugnisse, die als besonders umweltgefährdend gelten, wie z. B. bestimmte Einwegkunststoffherzeugnisse und absichtlich hinzugefügtes Mikroplastik
- Ausdrückliche Verbote bestimmter Handlungen, die dem Ziel und Zweck des Vertrags zuwiderlaufen, einschließlich des absichtlichen Einbringens von Kunststoffabfällen in Flusssysteme und Binnengewässer
- Ein vereinbartes Mess-, Berichts- und Überprüfungssystem zur Rückverfolgung der Emissionen von Plastikverschmutzungen und der Fortschritte bei deren Beseitigung auf nationaler und internationaler Ebene
- Ein spezialisiertes und umfassendes internationales wissenschaftliches Gremium mit dem Mandat, das Ausmaß, den Umfang und die Quellen der Plastikverschmutzung zu bewerten und zu verfolgen, wissenschaftliche Methoden zu harmonisieren und modernste Erkenntnisse zusammenzutragen, um Beiträge zur Entscheidungsfindung und Umsetzung zu liefern
- Globale finanzielle und technologische Unterstützung beim Technologietransfer, um die wirksame Umsetzung des Vertrags durch alle Vertragsparteien zu unterstützen
- Eine Verpflichtung zur Aktualisierung, Überarbeitung und Weiterentwicklung dieser Maßnahmen und Verpflichtungen im Laufe der Zeit

- 1 MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., Jahnke, A., 2021. The global threat from plastic pollution. *Science* 373 (6550), 61–65
- 2 Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Eriksen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C. M., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369 (6510), 1515–1518
- 3 Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J., Bar-On, Y. M., Milo, R., 2020. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature* 588 (7838), 442–444
- 4 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782
- 5 Ocean Conservancy, Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean. 2015. McKinsey & Company and Ocean Conservancy.
- 6 Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L., 2015. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347 (6223), 768–771.
- 7 Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Eriksen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C. M., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369 (6510), 1515–1518
- 8 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782
- 9 Schnurr, R. E. J., Alboiu, V., Chaudhary, M., Corbett, R. A., Quanz, M. E., Sankar, K., Srain, H. S., Thavarajah, V., Xanthos, D., Walker, T. R., 2018. Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): A review. *Mar Pollut Bull* 137, 157–171
- 10 González-Fernández, D., Cózar, A., Hanke, G., Viejo, J., Morales-Caselles, C., Bakui, R., Barceló, D., Bessa, F., Bruge, A., Cabrera, M., 2021. Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean. *Nat Sustain* 4 (6), 474–483
- 11 Morales-Caselles, C., Viejo, J., Martí, E., González-Fernández, D., Pragnell-Raasch, H., González-Gordillo, J. I., Montero, E., Arroyo, G. M., Hanke, G., Salvo, V. S., Basurko, O. C., Mallos, N., Lebreton, L., Echevarría, F., van Emmerik, T., Duarte, C. M., Gálvez, J. A., van Sebille, E., Galgani, F., García, C. M., Ross, P. S., Bartual, A., Ioakeimidis, C., Markalain, G., Isobe, A., Cózar, A., 2021. An in shore-offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nat Sustain* 4 (6), 484–493
- 12 Evangelizou, N., Grythe, H., Klimont, Z., Heyes, C., Eckhardt, S., Lopez-Aparicio, S., Stohl, A., 2020. Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. *Nat Commun* 11 (1), 3381
- 13 MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., Jahnke, A., 2021. The global threat from plastic pollution. *Science* 373 (6550), 61–65
- 14 Lebreton, L., Egger, M., Slat, B., 2019. A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Sci Rep* 9 (1), 12922
- 15 www.theguardian.com/environment/2017/dec/26/180bn-investment-in-plastic-factories-feeds-global-packaging-binge
- 16 PEW and SYSTEMIQ, 2020. Breaking the plastic wave. *Pew Charitable Trusts*, 1–154.
- 17 Lebreton, L., Egger, M., Slat, B., 2019. A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Sci Rep* 9 (1), 12922
- 18 Everaert, G., Van Cauwenbergh, L., De Rijke, M., Koelmans, A. A., Mees, J., Vandegehuchte, M., Janssen, C. R., 2018. Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environ Pollut* 242 (Pt B), 1930–1938
- 19 Everaert, G., De Rijke, M., Lonneville, B., Janssen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499
- 20 Everaert, G., De Rijke, M., Lonneville, B., Janssen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499
- 21 Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehemann, L., Gerdts, G., 2018. Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nature Communications* 9 (1), 1505
- 22 Everaert, G., De Rijke, M., Lonneville, B., Janssen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499
- 23 M. B. Tekman, L. Gutow, C. Peter, M. Bergmann, 2021. LITTERBASE: Online Portal for Marine Litter, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, litterbase.org
- 24 Yoshikawa, T., Asoh, K., 2004. Entanglement of monofilament fishing lines and coral death. *Biol Conserv* 117 (5), 557–560
- 25 Parga Martínez, K. B., Tekman, M. B., Bergmann, M., 2020. Temporal trends in marine litter at three stations of the HAUSGARTEN observatory in the Arctic deep sea. *Front Mar Sci* 7, 321
- 26 Naidoo, T., Glassom, D., 2019. Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concentrations of microplastic. *Mar Pollut Bull* 145, 254–259
- 27 Haetrakul, T., Munanansup, S., Assawawongkasek, N., Chansue, N., 2009. A case report: Stomach foreign object in whaleshark (*Rhincodon typus*) stranded in Thailand. *Proceedings of the 4th International Symposium on Seastar 2000 and Asian Bio-Logging Science*, 83–85
- 28 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B. D., 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proc Nat Acad Sci* 112 (38), 11899–11904.
- 29 Schuyler, Q. A., Wilcox, C., Townsend, K. A., Wedemeyer-Strombel, K. R., Balazs, G., van Sebille, E., Hardesty, B. D., 2016. Risk analysis reveals global hotspots for marine debris ingestion by sea turtles. *Glob Chang Biol* 22 (2), 567–576
- 30 Kasteleine, R. A., Lavaleye, M. S. S., 1992. Foreign bodies in the stomach of a female harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) from the North Sea. *Aquat Mamm* 18, 40–46
- 31 Baird, R. W., Hooker, S. K., 2000. Ingestion of Plastic and Unusual Prey by a Juvenile Harbour Porpoise. *Mar Pollut Bull* 40 (8), 719–720
- 32 Barros, N. B., Odell, D. K., Patton, G. W., 1990. Ingestion of plastic debris by stranded marine mammals from Florida. In: Shomura, R. S., Godfrey, M. L. (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris*. National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce, Honolulu, Hawaii, USA, 746
- 33 Lusher, A. L., Hernandez-Milian, G., Berrow, S., Rogan, E., O'Connor, I., 2018. Incidence of marine debris in cetaceans stranded and by-caught in Ireland: Recent findings and a review of historical knowledge. *Environ Pollut* 232 (Supplement C), 467–476
- 34 Byrd, B. L., Hohn, A. A., Lovewell, G. N., Altman, K. M., Barco, S. G., Friedlaender, A., Harms, C. A., McLellan, W. A., Moore, K. T., Rosel, P. E., 2014. Strandings as indicators of marine mammal biodiversity and human interactions off the coast of North Carolina. *Fish Bull* 112 (1), 1–23
- 35 De Stephanis, R., Gimenez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-Exposito, C., Canadas, A., 2013. As main meal for sperm whales: plastics debris. *Mar Pollut Bull* 69 (1–2), 206–214
- 36 Dickerman, R. W., Goelet, R. G., 1987. Northern Gannet starvation after swallowing styrofoam. *Mar Pollut Bull* 18 (6), 293
- 37 Macedo, G. R., Pires, T. T., Rostán, G., Goldberg, D. W., Leal, D. C., Garcez Neto, A. F., Franke, C. R., 2011. Anthropogenic debris ingestion by sea turtles in the northern coast of Bahia, Brazil. *Cienc Rural* 41 (11), 1938–1941
- 38 Prokić, M. D., Radovanović, T. B., Gavrić, J. P., Faggio, C., 2019. Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *Trends Analyt Chem* 111, 37–46
- 39 Green, D. S., Boots, B., Blockley, D. J., Rocha, C., Thompson, R., 2015. Impacts of discarded plastic bags on marine assemblages and ecosystem functioning. *Environ Sci Technol* 49 (9), 5380–5389
- 40 Balestri, E., Menicagli, V., Vallerini, F., Lardicci, C., 2017. Biodegradable plastic bags on the seafloor: A future threat for seagrass meadows? *Sci Total Environ* 605–606, 755–763.
- 41 Rochman, C. M., 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Berlin, pp. 117–140.
- 42 Mattsson, K., Johnson, E. V., Malmadal, A., Linse, S., Hansson, L.-A., Cederwall, T., 2017. Brain damage and behavioral disorders in fish induced by plastic nanoparticles through the food chain. *Sci Rep* 7, 11452
- 43 Prüst, M., Meijer, J., Westerink, R. H. S., 2020. The plastic brain: neurotoxicity of micro- and nanoplastics. *Particle Fibre Toxicol*, 17:24.
- 44 Porte, C., Janer, G., Lorusso, L. C., Ortiz-Zarragoitia, M., Cajaraville, M. P., Fossi, M. C., Canesi, L., 2006. Endocrine disruptors in marine organisms: Approaches and perspectives. *Comp Biochem Physiol C: Toxicol Pharmacol*, 143, 303–315.
- 45 Hamlin, H. J., K. Marciano, and C. A. Downs, Migration of nonylphenol from food-grade plastic is toxic to the coral reef fish species *Pseudochromis fridmani*. *Chemosphere*, 2015. 139: p. 223–228.
- 46 Muncke, J., Andersson, A.-M., Backhaus, T., Boucher, J. M., Carney Almroth, B., Castillo Castillo, A., Chevrier, J., Demeneix, B. A., Emmanuel, J. A., Fini, J.-B., Gee, D., Geueke, B., Groh, K., Heindel, J. J., Houlihan, J., Kassotis, C. D., Kwiatkowski, C. F., Lefferts, L. Y., Maffini, M. V., Martin, O. V., Myers, J. P., Nadal, A., Nerin, C., Pelch, K. E., Fernández, S. R., Sargis, R. M., Soto, A. M., Trasande, L., Vandenberg, L. N., Wagner, M., Wu, C., Zoeller, R. T., Scheringer, M., 2020. Impacts of food contact chemicals on human health: a consensus statement. *Environ Health* 19 (1), 25.
- 47 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782
- 48 Long, M., Moriceau, B., Gallinari, M., Lambert, C., Huvel, A., Raffray, J., Soudant, P., 2015. Interactions between microplastics and phytoplankton aggregates: impact on their respective fates. *Mar Chem* 175, 39–46
- 49 Tekman, M. B., Wekerle, C., Lorenz, C., Primpke, S., Hasemann, C., Gerdts, G., Bergmann, M., 2020. Tying up loose ends of microplastic pollution in the Arctic: Distribution from the sea surface through the water column to deep-sea sediments at the HAUSGARTEN observatory. *Environ Sci Technol* 54 (7), 4079–4090
- 50 Zhao, S., Ward, J. E., Danley, M., Mincer, T. J., 2018. Field-Based Evidence for Microplastic in Marine Aggregates and Mussels: Implications for Trophic Transfer. *Environ Sci Technol* 52 (19), 11038–11048
- 51 Brandon, J. A., A. Freibott, and L. M. Sala, Patterns of suspended and salp-ingested microplastic debris in the North Pacific investigated with epifluorescence microscopy. *Limnol Oceanogr Lett*, 2020. 5 (1): p. 46–53.

- 52 Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T. S., 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ Sci Technol* 47 (12), 6646–6655
- 53 Davison, P., Asch, R. G., 2011. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Mar Ecol Prog Ser* 432, 173–180
- 54 Katija, K., Choy, C. A., Sherlock, R. E., Sherman, A. D., Robison, B. H., 2017. From the surface to the seafloor: How giant larvaceans transport microplastics into the deep sea. *Sci Adv* 3, e1700715
- 55 Wiczonek, A. M., Croot, P. L., Lombard, F., Sheahan, J. N., Doyle, T. K., 2019. Microplastic Ingestion by Gelatinous Zooplankton May Lower Efficiency of the Biological Pump. *Environ Sci Technol* 53 (9), 5387–5395
- 56 Mattsson, K., Johnson, E. V., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L. A., Cedervall, T., 2017. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. *Sci Rep* 7 (1), 11452
- 57 Mathalon, A., Hill, P., 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Mar Pollut Bull* 81 (1), 69–79
- 58 Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kollandhasamy, P., Li, D., Shi, H., 2016a. Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environ Pollut* 214, 177–184
- 59 Qu, X., Su, L., Li, H., Liang, M., Shi, H., 2018. Assessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels. *Sci Total Environ* 621, 679–686
- 60 Zeytin, S., Wagner, G., Mackay-Roberts, N., Gerdts, G., Schuirmann, E., Klockmann, S., Slater, M., 2020. Quantifying microplastic translocation from feed to the fillet in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Mar Pollut Bull* 156, 11210
- 61 Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Larat, V., Karbalaee, S., Salamatinia, B., 2018. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. *Sci Total Environ* 612, 1380–1386
- 62 Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J., Harvell, C. D., 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science* 359 (6374), 460–462
- 63 Ibid.
- 64 Al-Jufaili, S., Al-Jabri, M., Al-Baluchi, A., Baldwin, R. M., Wilson, S. C., West, F., Matthews, A. D., 1999. Human Impacts on Coral Reefs in the Sultanate of Oman. *Estuar Coast Shelf Sci* 49, 65–74
- 65 Angioliello, M., Lorenzo, B. D., Farcomeni, A., Bo, M., Bavestrello, G., Santangelo, G., Cau, A., Mastrocusa, V., Cau, A., Sacco, F., Canese, S., 2015. Distribution and assessment of marine debris in the deep Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean Sea, Italy). *Mar Pollut Bull* 92 (1–2), 149–159
- 66 Tang, J., Wu, Z., Wan, L., Cai, W., Chen, S., Wang, X., Luo, J., Zhou, Z., Zhao, J., Lin, S., 2021. Differential enrichment and physiological impacts of ingested microplastics in scleractinian corals in situ. *J Hazard Mater* 404 (Pt B), 124205
- 67 Luo, Y. Y., Not, C., Cannicci, S., 2021. Mangroves as unique but understudied traps for anthropogenic marine debris: a review of present information and the way forward. *Environ Pollut* 271, 116291
- 68 Suyadi, N., Manullang, C. Y., 2020. Distribution of plastic debris pollution and it is implications on mangrove vegetation. *Mar Pollut Bull* 160, 111642
- 69 Martin, C., Almahasheer, H., Duarte, C. M., 2019a. Mangrove forests as traps for marine litter. *Environ Pollut* 247, 499–508
- 70 van Bijsterveldt, C. E., van Wesenbeeck, B. K., Ramadhani, S., Raven, O. V., van Gool, F. E., Pribadi, R., Bouma, T. J., 2021. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Sci Total Environ* 756, 143826
- 71 Debrot, A. O., Meesters, H. W., Bron, P. S., de Leon, R., 2013a. Marine debris in mangroves and on the seabed: largely-neglected litter problems. *Mar Pollut Bull* 72 (1), 1
- 72 Smith, S. D., 2012. Marine debris: a proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Mar Pollut Bull* 64 (9), 1880–1883
- 73 van Bijsterveldt, C. E., van Wesenbeeck, B. K., Ramadhani, S., Raven, O. V., van Gool, F. E., Pribadi, R., Bouma, T. J., 2021. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Sci Total Environ* 756, 143826
- 74 Ibid.
- 75 Smith, S. D., 2012. Marine debris: a proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Mar Pollut Bull* 64 (9), 1880–1883
- 76 Taylor, M., 2017. \$180 bn investment in plastic factories feeds global packaging binge. *The Guardian*
- 77 Taylor, M., Plastic pollution discovered at deep-sea point of ocean, in *The Guardian*. 2018.
- 78 Tekman, M. B., Krumpen, T., Bergmann, M., 2017. Marine litter on deep Arctic seafloor continues to increase and spreads to the North at the HAUSGARTEN observatory. *Deep-Sea Res Part I* 120, 88–99
- 79 Song, X., Lyu, M., Zhang, X., Ruthensteiner, B., Ahn, I.-Y., Pastorino, G., Wang, Y., Gu, Y., Ta, K., Sun, J., 2021. Large plastic debris dumps: New biodiversity hot spots emerging on the deep-sea floor. *Environ Sci Technol Lett*
- 80 Katsanevakis, S., Verriopoulos, G., Nicolaidou, A., Thessalou-Legaki, M., 2007. Effect of marine litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms: a manipulative field experiment. *Mar Pollut Bull* 54 (6), 771–778
- 81 Werner, S., Budziak, A., van Franeker, J., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E., Thompson, R., Veiga, J., Vlachogianni, T., 2016. Harm caused by marine litter. MSFD GES TG Marine Litter – Thematic Report. JRC Technical report EUR 28317 EN. European Union
- 82 Landos, M., Smith, M. L., Immig, J., 2021. Aquatic pollutants in oceans and fisheries. International Pollutants Elimination Network, National Toxics Network
- 83 Gunderson, A. R., Armstrong, E. J., Stillman, J. H., 2016. Multiple stressors in a changing world: The need for an improved perspective on physiological responses to the dynamic marine environment. *Ann Rev Mar Sci* 8, 357–378
- 84 Orr, J. A., Vinebrooke, R. D., Jackson, M. C., Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Mantyka-Pringle, C., Van den Brink, P. J., De Laender, F., Stoks, R., Holmstrup, M., Matthaei, C. D., Monk, W. A., Penk, M. R., Leuzinger, S., Schafer, R. B., Piggott, J. J., 2020. Towards a unified study of multiple stressors: divisions and common goals across research disciplines. *Proc Biol Sci* 287 (1926), 20200421
- 85 Coe, M. T., Matthews, T. R., Costa, M. H., Galbraith, D. R., Greenglass, N. L., Imbuzeiro, H. M., Levine, N. M., Malhi, Y., Moorcroft, P. R., Muza, M. N., Powell, T. L., Saleska, S. R., Solorzano, L. A., Wang, J., 2013. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 368 (1619), 20120155
- 86 Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Harley, C. D., 2017. Embracing interactions in ocean acidification research: confronting multiple stressor scenarios and context dependence. *Biol Lett* 13 (3), 20160802
- 87 McComb, B. C., Cushman, S. A., 2020. Synergistic effects of pervasive stressors on ecosystems and biodiversity. *Front Ecol Evol* 8, 398
- 88 Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proenca, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P., Fernandez-Manjarres, J. F., Araujo, M. B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W. W., Chini, L., Cooper, H. D., Gilman, E. L., Guenette, S., Hurr, G. C., Huntington, H. P., Mace, G. M., Oberdorff, T., Revenga, C., Rodrigues, P., Scholes, R. J., Sumaila, U. R., Walpole, M., 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330 (6010), 1496–1501
- 89 Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E., Smith, A. B., 2012. Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature* 486 (7401), 52–58
- 90 Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., Garcia, A., Pringle, R. M., Palmer, T. M., 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci Adv* 1 (5), e1400253
- 91 Jackson, J. B., 2008. Colloquium paper: ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proc Natl Acad Sci USA* 105 Suppl 1, 11458–11465
- 92 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B. D., 2015b. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proc Natl Acad Sci USA* 112 (38), 11899–11904
- 93 M. B. Tekman, L. Gutow, C. Peter, M. Bergmann, 2021. LITTERBASE: Online Portal for Marine Litter, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, litterbase.org
- 94 Walther, B., Nation engulfed by plastic tsunami, in *Taipei Times*. 2015. p. 8
- 95 Barcelo, D. and Y. Pico, Case studies of macro-and microplastics pollution in coastal waters and rivers: Is there a solution with new removal technologies and policy actions? *CSCEE*, 2020. 2: p. 100019.
- 96 Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., Dunphy-Daly, M. M., 2020. Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environ Int* 144, 106067
- 97 Helinski, O. K., Poor, C. J., Wolfand, J. M., 2021. Ridding our rivers of plastic: A framework for plastic pollution capture device selection. *Mar Pollut Bull* 165, 112095
- 98 Slat, B., How the oceans can clean themselves: a feasibility study. 2014, Ocean Cleanup Foundation.
- 99 Hohn, S., et al., The long-term legacy of plastic mass production. *Sci. Total Environ.*, 2020. 746: p. 141115.
- 100 Cordier, M. and T. Uehara, How much innovation is needed to protect the ocean from plastic contamination? *Sci. Total. Environ.*, 2019. 670: p. 789–799.
- 101 Morrison, E., et al., Evaluating The Ocean Cleanup, a marine debris removal project in the North Pacific Gyre, using SWOT analysis. *Case Stud. Environ.*, 2019. 3 (1): p. 1–6.
- 102 Padervand, M., et al., Removal of microplastics from the environment. A review. *Environ. Chem. Lett.*, 2020. 18 (3): p. 807–828.

UNKONTROLLIERTE PLASTIKVERSCHMUTZUNG TRÄGT ZUM SECHSTEN MASSENAUSSTERBEN UND ZUR ÜBERSCHREITUNG DER SICHEREN PLANETARISCHEN GRENZEN BEI.

© Steve De Neef / National Geographic Creative



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.

© 2022

© 1986 Panda symbol WWF – World Wide Fund for Nature (Formerly World Wildlife Fund)

® "WWF" is a WWF Registered Trademark. WWF, Rue Mauverney 28, CH-1196 Gland, Switzerland. Tel. +41 22 364 9111. Fax. +41 22 364 0332.

For contact details and further information, please visit our international website at www.panda.org