



Ergebnisbericht: Mikroplastik und Chemikalien in der Antarktis

.....



GREENPEACE
SCHÜTZT DIE
ANTARKTIS



Luftaufnahme aus der Region um das Weddellmeer, Antarktis
© Daniel Beltrá / Greenpeace

Inhalt

Kurzfassung	5
Orte der Probenahmen	6
Mikroplastik: Das Problem	8
Mikroplastik: Wichtigste Ergebnisse	8
Mikroplastik in Meerwasserproben	8
Mikroplastik in Manta Trawl-Meerwasserproben	10
PFAS: Das Problem	11
PFAS: Wichtigste Ergebnisse	11
Ergebnisdiskussion	12
Ergebnisdiskussion: Mikroplastik-Proben	12
Ergebnisdiskussion: PFAS-Proben	13
Anhang 1	14
Methodik: Mikroplastik-Proben	14
Methodik: PFAS-Proben	14
Anhang 2	15
Details: PFAS	15
Anhang 3	18
Details: Manta Trawl – Beprobung und Ergebnisse	18
Danksagung	18
Quellen	19

Deutsche Übersetzung des Reports
 „Microplastics and persistent fluorinated chemicals in the Antarctic“
 von Greenpeace International

→Kein Geld von Industrie und Staat

Greenpeace ist eine internationale Umweltorganisation, die mit gewaltfreien Aktionen für den Schutz der Lebensgrundlagen kämpft. Unser Ziel ist es, Umweltzerstörung zu verhindern, Verhaltensweisen zu ändern und Lösungen durchzusetzen. Greenpeace ist überparteilich und völlig unabhängig von Politik, Parteien und Industrie. Rund 590.000 Fördermitglieder in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt.

Impressum

Greenpeace e.V., Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/3 06 18-0, mail@greenpeace.de, www.greenpeace.de
 Politische Vertretung Berlin Marienstraße 19–20, 10117 Berlin, Tel. 030/30 88 99-0 [V.i.S.d.P.](#) Thilo Maack



Meeresbiolog*innen bringen die Box mit den entnommenen Schneeproben zum Schiff
© Christian Åslund / Greenpeace

Kurzfassung

Anfang des Jahres (Januar, Februar, März) 2018 unternahm Greenpeace eine Expedition in die Antarktis, um unter anderem wissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen. Gemeinsam mit unabhängigen Wissenschaftler*innen führte das Greenpeace-Team etwa U-Boot-Tauchgänge auf dem Meeresgrund in mehreren Hundert Metern Tiefe durch, um die wenig bekannte Artenvielfalt am Meeresboden zu erforschen. Darüber hinaus nahmen Greenpeace-Meeresbiolog*innen an verschiedenen Orten Wasser- und Schneeproben, um mehr über die Verschmutzung durch Mikroplastik und persistente Chemikalien in dieser abgelegenen Region zu erfahren.¹

In diesem Report werden die Ergebnisse der Probenauswertung vorgestellt. Dabei handelt es sich um Wasserproben für die Analyse auf Mikroplastik, die an der Meeresoberfläche entnommen wurden – neun davon mithilfe eines sogenannten Manta Trawl-Netzes. Außerdem wurden Schneeproben auf sogenannte per- und polyfluorierte alkylierte Substanzen (PFAS), auch als PFC (per- und polyfluorierte Chemikalien) bezeichnet, untersucht.

Die Untersuchung zeigt, dass selbst die entlegenen und unberührten Lebensräume der Antarktis mit Mikroplastik und umweltschädlichen Chemikalien belastet sind.

Mikroplastik:

- Sieben der acht untersuchten Meerwasserproben enthielten Mikroplastik mit einer Konzentration von mindestens einer Mikroplastik-Faser pro Liter. Da es bisher nur wenige Daten über das Vorhandensein von Mikroplastik in antarktischen Gewässern gibt, sind diese Erkenntnisse eine wertvolle Ergänzung zu den bereits verfügbaren Daten und bestätigen die Verschmutzung dieser Region.
- Darüber hinaus wurden neun Proben untersucht, die mithilfe eines sogenannten Manta Trawls genommen wurden – einem Spezialnetz zur Beprobung der Wasseroberfläche.
- In zwei dieser Proben wurden Mikroplastik-Fragmente gefunden.

Chemikalien:

- An fast allen Orten, an denen Proben für die Untersuchung auf per- und polyfluorierte alkylierte Substanzen (PFAS) genommen wurden, fand Greenpeace nachweisbare PFAS-Konzentrationen. Insgesamt wurden neun Schneeproben und sechs Wasserproben für die PFAS-Analyse entnommen. Sieben der neun Schneeproben enthielten nachweisbare PFAS-Konzentrationen.²

- PFAS sind eine Gruppe von Chemikalien, die in Industrie- und Konsumgütern weit verbreitet sind, zum Beispiel als Oberflächenschicht in wasserfester und schmutzabweisender Funktionsbekleidung. Da es sich bei den Schneeproben auch um Neuschnee handelt, ist anzunehmen, dass die Chemikalien über die Atmosphäre und nicht über mögliche lokale Verschmutzungsquellen in die Region gelangt sind. Die Chemikalien sind extrem langlebig und bauen sich in der Natur nur sehr langsam oder gar nicht ab.

Die vorliegende Greenpeace-Untersuchung soll einen Beitrag zur laufenden Forschungsarbeit rund um die Umweltverschmutzung der Antarktis liefern. Die Ergebnisse bestätigen eine Kontamination durch Mikroplastik und persistente Chemikalien (PFAS) in abgelegenen Regionen rund um die Antarktische Halbinsel und die Bransfieldstraße. Darunter befinden sich auch Gebiete, die wegen ihrer Bedeutung für die Tierwelt als schützenswert eingestuft werden.

Die Mengen des gefundenen Mikroplastiks liegen im Bereich anderer wissenschaftlicher Untersuchungen von Meerwasser in abgelegenen Regionen. Da es nur wenige Daten für Mikroplastik in antarktischen Gewässern gibt, liefern diese Untersuchungen neue Informationen über die Verschmutzung in der Region.

Der antarktische Zirkumpolarstrom, eine Ringströmung um den antarktischen Kontinent hat einen nur minimalen Austausch von Meereswasser zwischen Süden und Norden zur Folge und wirkt wie eine natürliche Barriere. Die Ergebnisse legen jedoch nahe, dass der Seetransport von Mikroplastik durch diese Barriere nicht vollständig unterbunden wird.

Die in den Schneeproben gefundenen PFAS bestätigen die Ergebnisse früherer Greenpeace-Expeditionen in entlegene Gebiete in Asien, Europa und Südamerika.³ Wenn PFAS freigesetzt werden, legen sie weite Strecken in der Atmosphäre zurück und lagern sich im Schnee auch in abgechieden Teilen der Welt ab.

Sowohl Mikroplastik als auch PFAS sind künstlich hergestellte Materialien mit einem breiten Anwendungsspektrum, von Verpackungen bis zur Ausrüstung von wetterfester Funktionskleidung. Weltweit werden sie in Gewässern nachgewiesen und können Wasserorganismen schädigen.

Während der Antarktis-Expedition von Greenpeace fanden in den Monaten Januar, Februar und März 2018 Probenahmen für PFAS in Schnee und Wasser statt. Die Wasserproben für die Untersuchung auf Mikroplastik wurden im Februar 2018 entnommen.

Orte der Probenahmen

Januar 2018, PFAS:

Die im Januar besuchten Orte waren Hope Bay auf der Trinity Peninsula, Kinnes Cove auf Joinville Island (beide flankieren den Antarctic-Sund) und Lecointe Island vor Brabant Island (Gerlachstraße). An jedem Standort wurden zwei Schnee- und zwei Wasserproben entnommen. Diese Proben wurden auf PFAS untersucht.

Februar 2018, PFAS und Mikroplastik:

Im Februar wurden in der Maxwell Bay zwischen King George Island und Nelson Island (Bransfieldstraße) Wasserproben für PFAS gesammelt. Am gleichen Ort wurden Meerwasserproben für die Untersuchung auf Mikroplastik entnommen.

Proben wurden auch auf Cuverville Island in der Gerlachstraße und Yankee Harbour auf Greenwich Island in der Bransfieldstraße entnommen. Diese Proben wurden auf Mikroplastik untersucht.

März 2018, PFAS:

Im März wurden in der Discovery Bay auf Greenwich Island (Bransfieldstraße) Schnee- und Wasserproben genommen und auf PFAS untersucht.

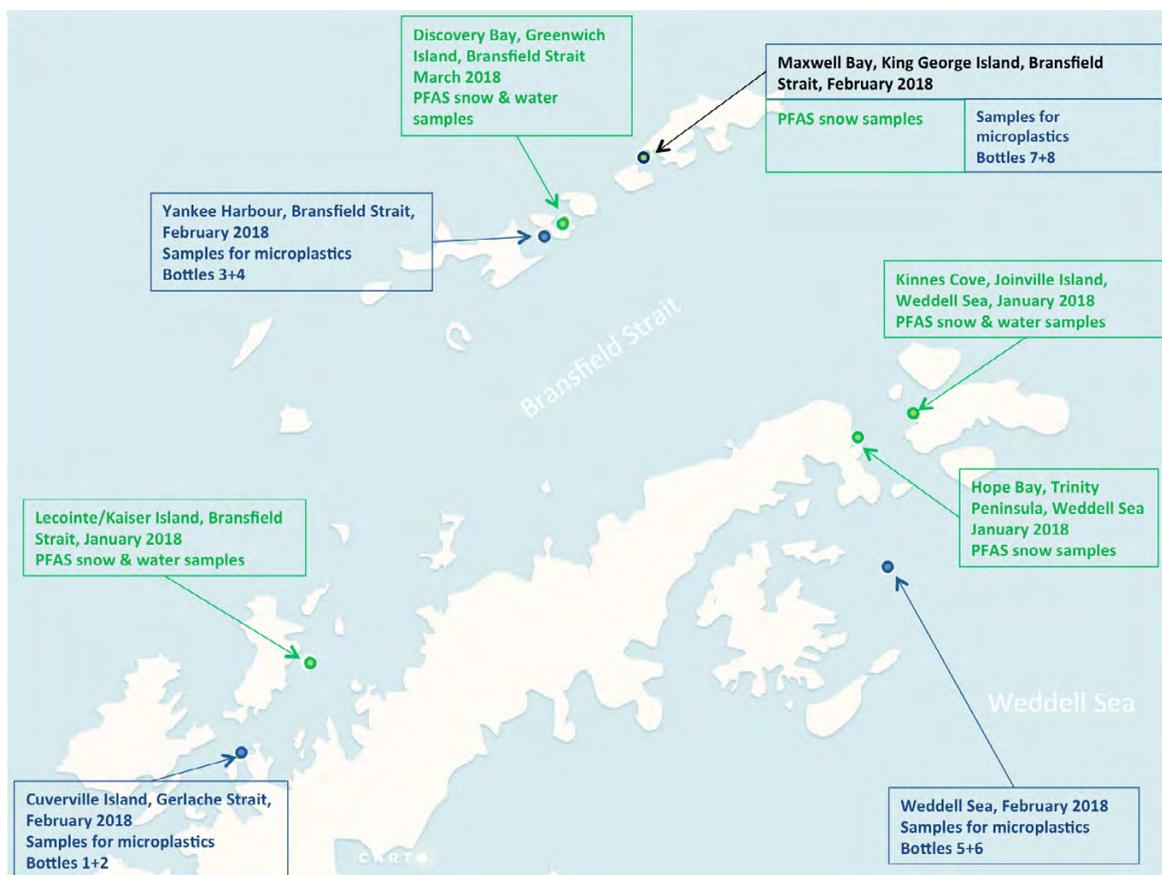
Einige der Proben wurden an Orten entnommen, die von möglichen lokalen Verschmutzungsquellen entfernt sind, z. B. Joinville Island und Lecointe Island. Andere Proben wurden in Gebieten gesammelt, in denen Wissenschaftler*innen und Tourist*innen Zugang haben, wie zum Beispiel King George Island oder Greenwich Island.

Insgesamt wurden neun Schnee- und sechs Meerwasserproben auf PFAS untersucht. Acht Meerwasserproben wurden auf Mikroplastik untersucht. Weitere neun Meerwasserproben wurden mit einem Manta Trawl entnommen und auf Mikroplastik untersucht.

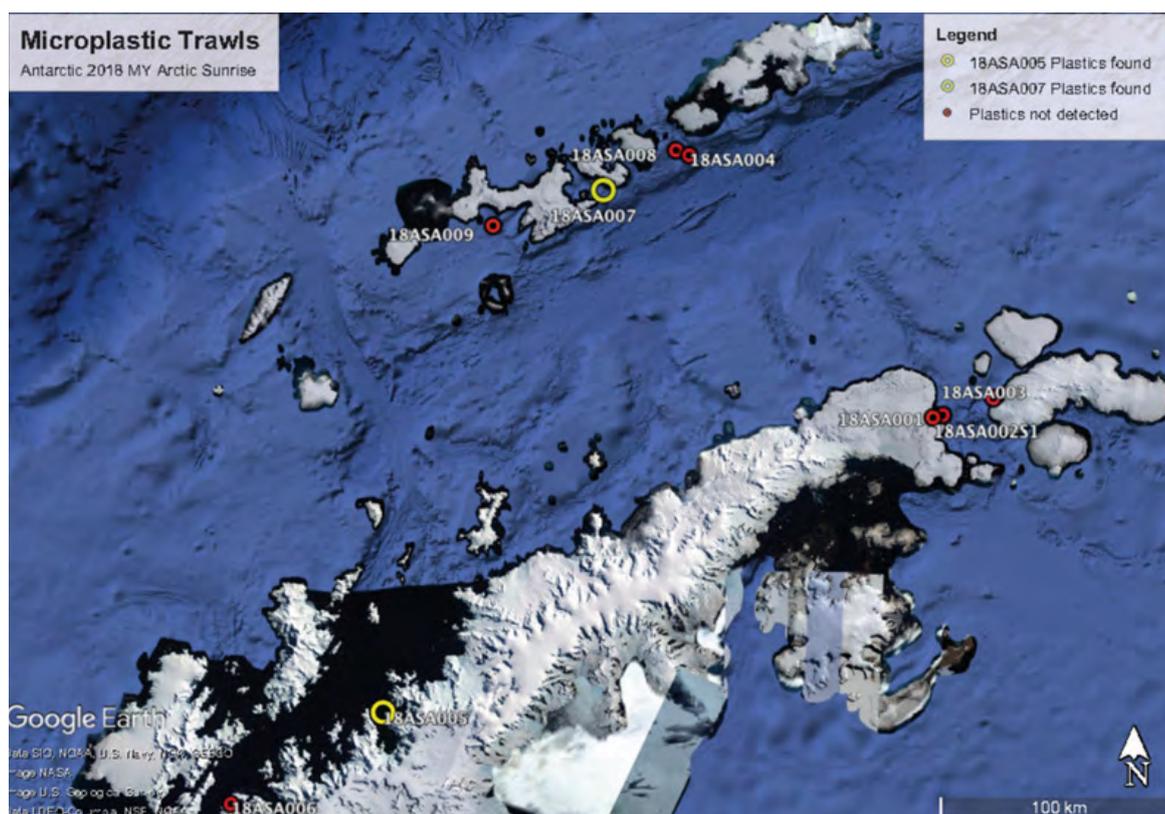


Mithilfe eines Manta Trawls werden Meerwasserproben für die Untersuchung auf Mikroplastik entnommen
© Christian Åslund / Greenpeace

Die folgende Karte zeigt die Orte, an denen die Meerwasser- und Schneeeproben entnommen wurden:



Hier wurden die neun Mikroplastik-Proben mithilfe des Manta Trawls entnommen:



Mikroplastik: Das Problem

Bisher lag das Augenmerk in der Debatte um die Meeresverschmutzung durch Plastikmüll überwiegend sichtbaren Plastikteilen, von dem jährlich zwischen 4,8 und 12,7 Millionen Tonnen in die Ozeane gelangen.⁴ Es gibt jedoch wachsende Bedenken hinsichtlich Mikroplastik – nach gängiger Definition Kunststoffteilchen mit einem Durchmesser von fünf Millimeter oder weniger⁵ – das potenziell negative Auswirkungen auf Meerestiere hat. Dies liegt an der direkten physikalischen Wirkung der Kunststoffe, wenn sie von Meerestieren aufgenommen werden, aber auch an potenziell gefährlichen chemischen Zusätzen und Verunreinigungen, die sie mit sich führen können. Zu Mikroplastik zählen:

- Fragmente größerer Kunststoffteilchen im Meer, die durch natürliche Prozesse wie Wellen, Sedimentabrieb und Abbau im Sonnenlicht in kleinere Stücke zersetzt wurden;⁶
- Kunststoffteilchen, die bewusst in diesem Größenbereich hergestellt wurden, wie Mikroperlen in Kosmetika und Körperpflegeprodukten;
- Fragmente aus landgestützten Quellen wie Reifenabrieb oder auch Fasern aus synthetischer Kleidung, die beim Waschen durch den Verbraucher in die Abwassersysteme gelangen.

Während größere Plastikteile ein sehr offensichtliches Symptom der Meeresverschmutzung sind, sind Mikrokunststoffe ein weitaus weniger sichtbarer Teil desselben Problems. Die Quelle des Kunststoffs kann Onshore und Offshore sein, wie beispielsweise Abwassereinleitungen vom Land und auf See, städtische Abwässer, windgetriebene Abfälle und sogar verlorene oder aufgegebene Fischernetze.

Aufgrund ihrer synthetischen Herkunft und ihrer Neigung, Chemikalien vom umgebenden Meerwasser anzuziehen und auf ihren Oberflächen zu konzentrieren, kann Mikroplastik auch erheblich mit chemischen Zusätzen und Verunreinigungen belastet sein,⁷ was dazu beiträgt, dass Meerestiere gefährlichen chemischen Belastungen ausgesetzt sind.⁸

Mikroplastik wurde bereits in den Eingeweiden und anderen Geweben einer Vielzahl von Meerestierarten nachgewiesen, einschließlich Fischen und Schalentieren,⁹ Seevögeln, die sich von Plankton ernähren,¹⁰ Walen und Delfinen,¹¹ sowie im Plankton selbst, das die Grundlage für das marine Nahrungsnetz bildet.¹² Die genaue Art und das Ausmaß der Gefahren, die Mikroplastik für die marinen Ökosysteme darstellt, sind noch nicht vollständig geklärt.¹³ Es ist jedoch bereits jetzt klar, dass Mikroplastik, das von Meerestieren entweder durch passives Filtern oder auch aktive Nahrungssuche aufgenommen wird, physiologische und verhaltensbedingte Folgen haben kann. Dazu gehören Entzündungen

des Verdauungstraktes und anderer Gewebe, Auswirkungen auf Energiebilanz und Wachstumsraten sowie Veränderungen im Ernährungsverhalten und in der Leistungsfähigkeit.¹⁴

Das Ausmaß der Plastikverschmutzung in der Antarktis ist zwar noch nicht so ausgeprägt wie in anderen Teilen der Welt, allerdings wurde bereits eine Verschmutzung durch Mikroplastik im Südpolarmeer festgestellt. Relativ hohe Konzentrationen von Mikroplastik in Tiefseesedimenten und Oberflächengewässern, die denen der nördlichen Hemisphäre ähneln, wurden an zwei von fünf Stationen in der Antarktis entdeckt.¹⁵ Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass Krill Mikroplastik aufnimmt und es so in die Nahrungskette gelangt.¹⁶

Mikroplastik: Wichtigste Ergebnisse

Mikroplastik in Meerwasserproben

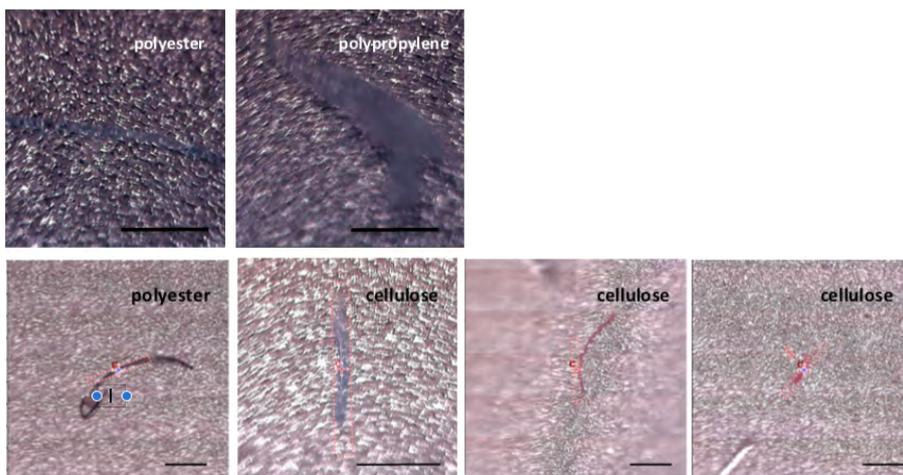
Im Februar 2018 wurden insgesamt 8 x 2,5 Liter Oberflächenwasser als Duplikate an vier verschiedenen Orten in antarktischen Gewässern gesammelt (ANT18001-8). Für die Analyse wurde ein Liter davon durch einen Silberfilter mit einer Porengröße von 5 µm gefiltert. Mögliches von den Filtern zurückgehaltenes Mikroplastik wurde zunächst unter einem Dissektionsmikroskop identifiziert und anschließend mittels FT-IR-Mikroskopie identifiziert. Zwei Blindproben wurden unter den gleichen Bedingungen hergestellt, um die Hintergrundverunreinigung der Luft zu kontrollieren (Filterung einer äquivalenten Menge an deionisiertem Wasser), aber es wurde keine gefunden.

Alle acht Proben (vier Ortsduplikate) enthielten mindestens eine Industriefaser mit einer Konzentration von 0,8 bis 5,6 Fasern pro Liter, wobei in sieben der acht Proben mindestens eine dieser Fasern durch FT-IR als Mikroplastik bestätigt wurde. Identifizierte Mikrokunststoff-Fasern waren:

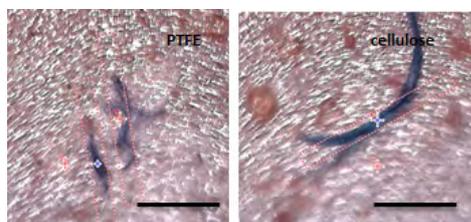
- Polyester (vier Fasern in drei Proben, schwarz, blau oder transparent)
- Polypropylen (eine transparente Faser in einer Probe),
- Nylon (vier Fasern in vier Proben, schwarz, blau oder transparent),
- PTFE (zwei dunkelblau verzweigte Fasern in zwei Proben) und
- Acetat (eine transparente Faser in einer Probe).

Probe ANTI8001-2

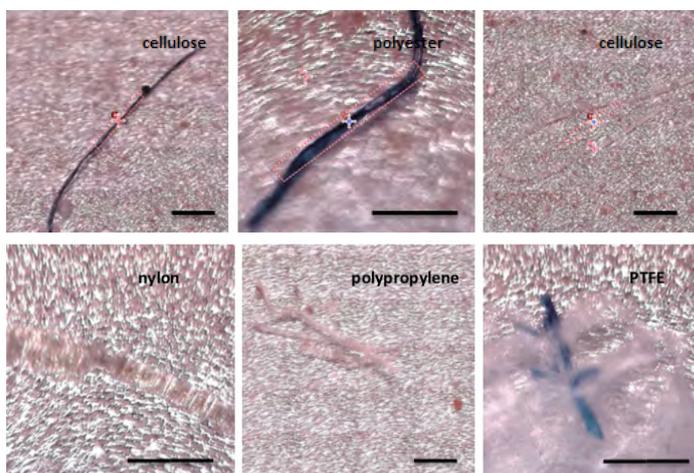
Position: 64°38.496 S;
062°36.910 W
Datum: 15/02/18 – Zeit der
Probenahme: 1839hrs GMT
Fund:
ANTI8001 2,0 Fasern/Liter;
ANTI8002 3,6 Fasern/Liter

**Probe ANTI8003-4**

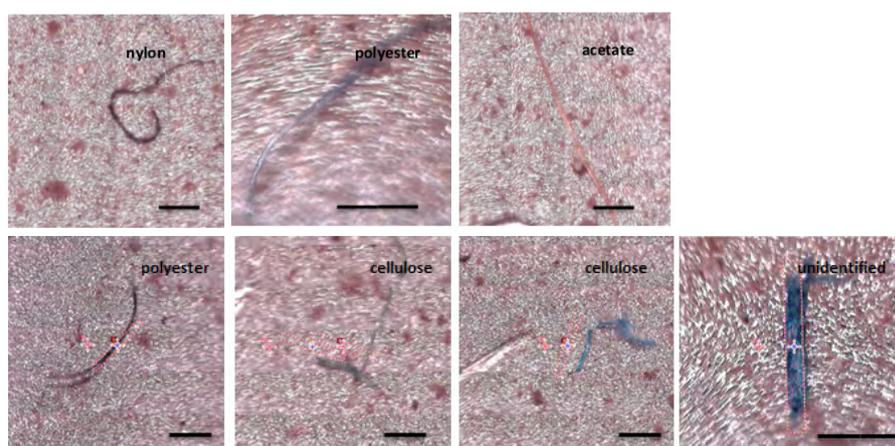
Position: 62°32.073 S;
059°51.377 W
(Yankee Harbour)
Datum: 18/02/18 – Zeit der
Probenahme: 1412hrs GMT
Fund:
ANTI8003 4,0 Fasern/Liter;
ANTI8004 0,8 Fasern/Liter

**Probe ANTI8005-6**

Position: 63°54.053 S;
056°42.496 W (Weddell
Sea)
Datum: 22/02/18 – Zeit der
Probenahme: 2215hrs GMT
Fund:
ANTI8005 2,8 Fasern/Liter;
ANTI8006 3,2 Fasern/Liter

**Probe ANTI8007-8**

Position: 62°12.145 S;
058°56.488 W
(King George Island)
Datum: 26/02/18 – Zeit der
Probenahme: 1856hrs GMT
Fund:
ANTI8007 5,6 Fasern/Liter;
ANTI8008 2,8 Fasern/Liter



Alle Balken entsprechen 0,2mm oder 200µm

Zusätzlich enthielt die Probe ANT18002 ein kleines, unregelmäßiges Fragment aus hellblauem Polypropylen mit einem Durchmesser von etwa 300 µm. Die Probe ANT18008 enthielt eine hochtransparente Faser, die ein Infrarotspektrum (FT-IR) aufweist, das dem von Glasfasern entspricht und möglicherweise durch den Abbau eines faserverstärkten Kunststoffs entsteht.

Alle Proben enthielten eine oder mehrere Fasern, die unter der FT-IR-Mikroskopie als Cellulose identifiziert wurden, obwohl sie in den meisten Fällen stark gefärbt waren (blau oder rot). In vielen Proben bildeten diese die Mehrheit der vorhandenen Fasern. Es ist zwar nicht auszuschließen, dass diese Cellulosefasern natürlichen Ursprungs sind, aber ihre Farbe deutet stark darauf hin, dass es sich um Fasern aus stark verarbeiteten oder künstlichen Celluloseprodukten wie Rayon oder Viskose oder vielleicht Baumwolle handelt.

Eine Reihe anderer Fasern und Fragmente, die auf den Filtern gefunden wurden, wurden mittels FT-IR-Mikroskopie als natürlichen Ursprungs bestimmt, darunter unregelmäßige, transparente Zellulosefasern, Chitin-Fragmente und anorganische Stoffe. Ein kleiner Teil der Fasern konnte nicht in ausreichender Qualität mit dem verfügbaren Spektrenkatalog verglichen werden.

Die zuvor dargestellten Mikroskopaufnahmen zeigen die verifizierten oder potentiell künstlichen Mikrofasern, die in den Proben gefunden wurden.

Mikroplastik in Manta Trawl-Meerwasserproben

Neun Proben wurden mithilfe eines sogenannten Manta Trawls an sieben Stellen entnommen. Zwei verschiedene Manta Trawls wurden verwendet, der erste mit einer Öffnung von 0,185 m x 0,600 m, der zweite war mit 0,155 m x 0,870 m etwas größer (siehe Anhang 3). In zwei der Proben wurde ein Mikroplastik-Fragment gefunden, eines in jeder Netzart. Die Mikrokunststoffe wurden als Polyethylen hoher Dichte (18ASA005) und Polypropylen (18ASA007) identifiziert.



Das Greenpeace-Schiff Arctic Sunrise auf dem Weg in Richtung Weddellmeer, Februar 2018
© Daniel Beltrá / Greenpeace

PFAS: Das Problem

In einem kürzlich erschienenen Report über die Auswertung von Wasser- und Schneeproben aus acht abgelegenen Berggebieten fand Greenpeace Spuren von per- und polyfluorierten alkylierten Substanzen (PFAS – auch PFC genannt).¹⁷ Sie waren im Schnee, der im Winter 2014/2015 fiel, sowie im Wasser von Bergseen vorhanden, wo sich diese Substanzen über mehrere Jahre angesammelt hatten.

PFAS werden in vielen industriellen Prozessen und Konsumgütern eingesetzt und sind bekannt für ihren Einsatz in der Outdoor-Bekleidungsindustrie in wasser- und schmutzabweisenden Oberflächen. PFAS kommen in der Natur nicht vor. Sie sind langlebig und bauen sich nur sehr langsam oder gar nicht ab – einige bleiben für immer in der Umwelt.¹⁸ Einmal freigesetzt, verteilen sie sich über den gesamten Globus.

Wie einige PFAS über lange Distanzen in entlegene Gebiete gelangen, wird seit mehreren Jahren wissenschaftlich untersucht. Insbesondere bestimmte PFAS-Verbindungen – wie die langkettige perfluorierte Alkylsäure PFOA oder das Sulfonat PFOS, mit bekannten toxischen Eigenschaften – kommen häufig in Schnee und Wasser vor.

Studien diskutieren drei mögliche Wege der Verbreitung von PFAS in der Umwelt.

- Einige PFAS können sich an Schwebstoffe binden, die durch die Atmosphäre transportiert und bei Regen und Schnee ausgewaschen und abgelagert werden.
- Flüchtige PFA-Verbindungen, wie polyfluorierte Fluorotelomer-Alkohol (FTOH) und Sulfonate, können in der Atmosphäre über weite Strecken transportiert werden. Sie werden als Vorläufersubstanzen bezeichnet, da sie während ihres Transports einer atmosphärischen Oxidation unterliegen, die sie in persistente PFAS wie PFOA umwandelt, die dann in hohen Bergen oder in kalten Regionen wie z.B. die Antarktis abgelagert werden können.
- Schließlich können auch Meeresströmungen eine wichtige Rolle spielen. Sie können PFAS weltweit auch in abgelegene Regionen wie die Antarktis und die Arktis transportieren.

Bestimmte PFAS können sich dann in lebenden Organismen anreichern und wurden z.B. in der Leber von Eisbären nachgewiesen. Erstmals in den 1950er Jahren eingeführt, wurden PFAS seither überall – von fötalem Nabelschnurblut bis hin zur Muttermilch und in der Wildnis – gefunden. Aus Untersuchungen an Tieren geht hervor, dass einige PFAS die Fortpflanzung schädigen, das Wachstum von Tumoren fördern und das Hormonsystem

beeinflussen.¹⁹ Im Jahr 2015 unterzeichneten mehr als 200 Wissenschaftler*innen die Madrider Erklärung, in der sie forderten, dass bestimmte PFC nicht mehr verwendet werden dürfen.²⁰ PFAS-Ersatzstoffe sind für Bekleidungsprodukte weit verbreitet und werden bereits von vielen Outdoor-Marken verwendet.²¹

PFAS: Wichtigste Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass PFAS auch in abgelegenen Region der Antarktis im Schnee vorkommen, da einige Proben an Orten genommen wurden, an denen potentielle lokale Verschmutzungsquellen ausgeschlossen sind. Nachweisbare PFAS-Konzentrationen wurden an fast allen gewählten Proben-Standorten in Neuschnee gefunden. In der folgenden Ergebnisdiskussion werden nur Proben mit signifikanten PFAS-Konzentrationen betrachtet.²² Es wurden auch Wasserproben entnommen, deren Ergebnisse hier jedoch nicht enthalten sind, da die Möglichkeit einer Kontamination bei zwei Schlüsselproben nicht ausgeschlossen werden konnte.²³

- Die sechs PFAS-Verbindungen, die mindestens einmal in einer signifikanten Konzentration zwei- oder mehrmals über die Blindprobe nachgewiesen wurden, waren: PFBA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFUnA, PFHxS²⁴
- In Schneeproben reicht die Summe der PFAS in dieser Studie von der Nachweisgrenze (LOQ) bis 2,521 ng/l²⁵, wobei die höchsten Konzentrationen im Schnee von Maxwell Bay (King George Island) und Hope Bay (Trinity Peninsula) gefunden wurden. Diese Ergebnisse liegen im Bereich vergleichbarer Studien, die 1,129-2,491 ng/l in Schnee von King George Island zeigen.²⁶ Konzentrationen von 0,760-3,60 ng/l wurden in Neuschnee von Coastal Livingston Island (Maritime Antarktis) in der Nähe einer Station gefunden, während die Konzentrationen im Oberflächenschnee weit entfernt von der Station bei 0,082-0,430 ng/l lagen.²⁷
- Die am häufigsten nachgewiesene Chemikalie war PFOA, die in bedeutenden Konzentrationen in fünf von neun Schneeproben gefunden wurde. PFOA wurde in vergleichsweise unberührten Gebieten wie Lecoite/Kaiser Island sowie an Orten, an denen es Wissenschaft und Tourismus gibt, wie King George Island und Hope Bay gefunden.
- Die höchsten Konzentrationen für PFOA im Schnee wurden in Hope Bay/Trinity Peninsula (S-A.I.3. – 1,84 ng/L²⁸) und in Maxwell Bay/King George Island (S-B.II.3. – 1,86 ng/l²⁹) gefunden.

- Die C6-Verbindung PFHxA wurde in signifikanten Konzentrationen in Schneeproben aus Hope Bay und Discovery Bay gefunden.
- Die Konzentrationen von PFHxA lagen in 3 von 9 Schneeproben zwischen 0,053 – 0,075 ng/l³⁰ (Hope Bay) und 0,081ng/l³¹ (Discovery Bay) signifikant über dem Wert der Blindprobe.
- In der Schneeprobe von Maxwell Island (King George Island) wurde PFHxS in einer Konzentration von 0,139 ng/l nachgewiesen.³²
- PFBA (kurzkettige C4 PFAS) wurde in einer signifikanten Konzentration in der Schneeprobe von King George Island (S-B.II.3 – 0,325 ng/l)³³ und in einer Schneeprobe von Discovery Bay (S-B.II 3 0,468 ng/l) nachgewiesen.³⁴

Da es sich um Neuschnee handelt, ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse der Schneeproben nicht auf eine lokal verursachte Verunreinigung durch Forschungsaktivitäten oder Tourismus zurückzuführen sind.³⁵ Die im Schnee gefundenen Chemikalien könnten in der Atmosphäre über weite Strecken transportiert, durch Niederschläge ausgewaschen und dann im antarktischen Schnee abgelagert worden sein.

Ergebnisdiskussion

Die Proben für die PFAS-Analyse wurden sowohl an abgelegenen und unberührten Orten wie Joinville Island und Lecoite Island entnommen, als auch an Orten, an denen Forschung oder Tourismus stattfindet. Hierzu gehören Hope Bay (Trinity Peninsula), mit einer nahe gelegenen Forschungsstation, und Maxwell Bay in der Bransfieldstraße mit zwei Forschungsstationen in der Nähe und regelmäßigen Besuchen von Wissenschaftler*innen und Tourist*innen. Proben wurden auch in der Discovery Bay auf Greenwich Island (Bransfieldstraße) genommen, wo Fang-, Kühl- und andere Schiffe ankern. Die chilenische Regierung betreibt auch eine dauerhaft bewohnte Station an Land. An allen diesen Standorten wurden entweder Schnee- oder Wasserproben für die PFAS-Analyse entnommen.

Meerwasserproben für die Analyse auf Mikroplastik wurden in der Maxwell Bay und an zwei weiteren abgelegenen Orten entnommen: Cuverville Island in der Gerlachstraße und Yankee Harbour auf Greenwich Island in der Bransfieldstraße.

Die Ergebnisse der Untersuchung auf PFAS zeigen im Vergleich zu Kinnes Cove (Joinville Island) und Lecoite auf Kaiser Island generell höhere Werte bei Schneeproben mit potentiellen lokalen Verschmutzungsquellen.

Ergebnisdiskussion: Mikroplastik

Obwohl Mikroplastikstoffe in allen Ozeanen identifiziert wurden, sind für die Gewässer um die Antarktis und das weitere Südpolarmeer bemerkenswert wenig Daten verfügbar.³⁶ Eine kürzlich durchgeführte Literaturstudie zu Mikroplastik in den Polarmeeren³⁷ zeigt, dass sich die meisten verfügbaren Daten auf die Arktis beziehen, dort wurde die Verteilung und der Transport von Mikroplastik bisher am intensivsten untersucht. Andere Studien³⁸ setzen sich für einen stärkeren Forschungsfokus auf die Antarktis und eine Standardisierung der Methoden ein, um einen Ergebnisvergleich zu ermöglichen.

Vor fast einem Jahrzehnt wurde bereits über das Vorhandensein größerer Stücke Plastiktreibgut in antarktischen Gewässern berichtet.³⁹ In neueren Studien wurde Mikroplastik in Flach- und Tiefwassersedimenten im Weddell-⁴⁰ bzw. Rossmeer⁴¹ dokumentiert. Im Falle des Rossmeeres befinden sich die bisher untersuchten Standorte in der Nähe von Forschungsstationen in der Bucht von Terra Nova bzw. auf King George Island und gelten zumindest teilweise als von diesen lokalen Quellen beeinflusst (durch Abwassereinleitungen, Abfluss und Ablagerung von Luft-Kunststoffpartikeln).

Zwei weitere Studien⁴² berichten über Mikroplastik in der Wassersäule des Südpolarmeers südlich des antarktischen Zirkumpolarstroms (ACC). Allerdings wurden verschiedene Standorte mit unterschiedlichen Methoden analysiert und es wurde Mikroplastik in unterschiedlichen Größenbereichen quantifiziert. Basierend auf insgesamt fünf Manta Trawl-Netzfängen, die auf einem Transekt von der Antarktis nach Tasmanien gesammelt wurden, berichtete die erste dieser Studien⁴³ über höhere Konzentrationen von Mikroplastik (> 350 µm) in Gewässern südlich des ACC (zwei der Proben) als in jenen weiter nördlich (drei Proben), und argumentierte, dass aufgrund der Art der identifizierten Fragmente ihre Mehrheit offenbar aus Quellen außerhalb der Antarktis stammt. Die Autoren kamen auch zu dem Schluss, dass die Konzentrationen an den beiden südlichen Standorten ähnlich hoch waren wie in Meeresgebieten einer vergleichbaren Größe (rund 100.000 Teile pro km²).

Im Gegensatz dazu wurde in der zweiten Studie⁴⁴ an 18 Stationen im Rossmeer ein großvolumiges Filtrationssystem eingesetzt, das zwischen 600 und 2.000 m³ Meerwasser pro Probe aus einer Tiefe von fünf Meter unter der Oberfläche filterte. Die Autoren berichteten über durchschnittliche Konzentrationen von Mikroplastik pro Volumen. Allerdings fanden sie im Durchschnitt nur 0,17 +/- 0,34 Partikel (im Größenbereich > 60 µm) pro Kubikmeter Meerwasser. Das ist den Autoren zufolge ein niedrigerer Wert als in anderen Meeresgebieten, in denen die gleiche Probenahmetechnik angewandt wurde.

Im Vergleich dazu waren die Konzentrationen an Mikroplastik- und anderen künstlichen Fasern an

den vier von Greenpeace untersuchten Standorten mit 0,8 bis 5,6 Partikeln pro Liter (entspricht 800 bis 5600/m³) mit durchschnittlich 3,1 +/- 1,4 Partikeln pro Liter deutlich höher. Es gibt eine Reihe von möglichen Gründen für diesen scheinbar deutlichen Unterschied, einschließlich der geringen Größen der Fasern, die die in unserer Studie gefundenen Partikel dominierten (mit Durchmessern, deutlich kleiner als das von Cincinelli et al. (2017) verwendete Minimum von 60 µm). Außerdem wurden die oberen 0,5 Meter der Meerwassersäule beprobt, die voraussichtlich höhere Konzentrationen von kleinen treibenden Fasern als Wasser in fünf Meter Tiefe aufweisen. Es ist auch möglich, dass die untersuchten Proben einfach stärker mit Mikroplastik und anderen Chemiefasern kontaminiert waren als die von Cincinelli et al. (2017) im Rossmeer, mit Einträgen aus lokalen Quellen, darunter Schiffe und/oder Forschungsstationen. Es wurde festgestellt,⁴⁵ dass die Schifffahrt in der Antarktis zwar einen relativ geringen Beitrag zur Mikroplastikbelastung im Südpolarmeer leistet, solche direkten Quellen, jedoch lokal relevant sein könnte.

Weder die in unseren Proben gefundenen Konzentrationen von Mikroplastik und anderen künstlichen Fasern noch die Häufigkeit der identifizierten Polymertypen oder anderen Materialien zeigten klare Muster in Bezug auf den Ort der Probenahme. Die Daten für die an jeder Station gesammelten Doppelproben waren sehr unterschiedlich, wie es bei kleinen, weit verstreuten, einzelnen Partikeln oder Fasern zu erwarten ist, die als passive Verunreinigungen der Wasserbewegung mitgeführt werden. Jede gesammelte Probe, auch wenn sie von einer einzigen Probenahmestation repliziert wird, wird unweigerlich eine einzigartige Momentaufnahme der Verteilung von Mikroplastik sein. Die Unterschiede in Fülle und Zusammensetzung spiegeln lediglich die tatsächliche Variabilität in der Verteilung dieser Schadstoffe in Oberflächengewässern wider.

Ein interessantes Merkmal unserer Daten ist der relativ hohe Anteil an Cellulosefasern in den meisten Proben und ihr ausschließlicher Fund in der Probe ANTI8008. Ähnliche Ergebnisse wurden von anderen Autoren für Fasern in Oberflächengewässern sowie in den Eingeweiden mariner Arten berichtet. Eine Studie⁴⁶ berichtet beispielsweise, dass etwa zwei Drittel aller Partikel, die in ihren Oberflächenwasserproben entlang eines ausgedehnten atlantischen Transektes gefunden wurden, auf Cellulose basierten und von den Autoren als Rayon (englisch für Viskose) identifiziert wurden. Obwohl nicht ausgeschlossen werden kann, dass es sich zum Teil um Naturfasern handelt, erscheint dies für die Mehrheit angesichts des einheitlichen Durchmessers und der intensiven Farben der meisten identifizierten Cellulosefasern – darunter schwarze, blaue und rote – unwahrscheinlich. Es scheint wahrscheinlicher zu sein, dass die meisten Fasern aus verarbeitetem Material auf Cellulosebasis bestehen, wobei dies weiter untersucht werden sollte.

Zwei Quellen für Mikroplastik-Fasern im Meer sind mit hoher Wahrscheinlichkeit ihre Verwendung in Textilien und in Fischernetzen. Synthetische Fasern, insbesondere Polyester, sind in Textilprodukten weit verbreitet. So ist derzeit beispielsweise über 60 Prozent des für Kleidung verwendeten Materials Polyester – ein Großteil davon steckt in kurzlebigen Kleidungsstücken (Fast Fashion)⁴⁷. Die Modebranche plant, ihren jährlichen Polyester-Verbrauch bis zum Jahr 2030 auf 76 Millionen Tonnen zu verdoppeln.⁴⁸

Der Fund zweier Mikroplastik-Fragmente ist besorgniserregend und vergleichbar mit Analysen anderer aktueller Studien.⁴⁹ Die im Manta Trawl gefundenen Mikroplastik-Fragmente kommen häufig und insbesondere als Einwegplastik in Wegwerf-Konsumgütern vor.

Ergebnisdiskussion: PFAS

PFAS kommen ursprünglich nicht in der Natur vor und sollten daher auch nicht in der Wildnis gefunden werden. Dennoch können sie in der Atmosphäre um die Welt reisen, entweder als Gas oder an Staubpartikel gebunden, bis sie bei Regen oder Schnee ausgewaschen werden. Die Tatsache, dass PFAS in Proben von fast allen besuchten Orten gefunden wurden (siehe Fußnote 22), gibt Anlass zur Sorge und zeigt, dass diese persistenten Chemikalien selbst in den entlegensten Teilen des Planeten angekommen sind.

Es gibt nur wenige wissenschaftliche Studien über das Vorkommen von PFAS in Schnee und Wasser aus der Antarktis.⁵⁰

Untersuchungen von Schnee aus abgelegenen Gebieten in Europa zeigen, dass die Konzentrationen in Schnee aus Schweden 0,0665 ng/l für PFOA betrug, während Schnee aus den Alpen⁵¹ 0,23-0,63 ng/l für PFOA enthielt. Diese Werte sind vergleichbar mit anderen Studien, für die Oberflächenschnee aus den tibetischen Bergen⁵² und der Antarktis⁵³ analysiert wurden.

In einigen Fällen sind die in dieser Studie gefundenen Konzentrationen für PFOA im Schnee etwas höher als die Ergebnisse der vorherigen Greenpeace-Studie⁵⁴ über PFAS in abgelegenen Gebieten, wo PFOA in Proben aus der Slowakei (0,107 und 0,348 ng/l), der Schweiz (0,087 ng/l) und Italien (0,209 ng/l) nachgewiesen wurde.

Kurzkettige PFA-Chemikalien, einschließlich PFBA, wurden in fünf Proben gefunden. Die in dieser Studie festgestellten Konzentrationen von kurzkettigen PFAS sind vergleichbar mit anderen Untersuchungen von Schnee aus der Antarktis.⁵⁵

In dieser Studie wurden ausschließlich eine Gruppe von persistenten Chemikalien untersucht: PFAS. Allerdings gibt es viele andere gefährliche Chemikalien-Gruppen, wie z. B. bromierte Flammschutzmittel, die in der Vergangenheit verwendet wurden oder noch heute verwendet werden. Eine kleine

Anzahl der bekanntesten gefährlichen und persistenten Chemikalien wurde durch die globale Stockholmer Konvention⁵⁶ von 1998 verboten. Frühere Studien haben andere persistente und gefährliche Chemikalien in der Antarktis gefunden.^{57 58}

Der antarktische Zirkumpolarstrom ist bekanntlich eine Barriere mit geringer Konnektivität zwischen antarktischen Gewässern und ozeanischen Gewässern weiter nördlich. Es wird angenommen, dass die Distanzen, welche PFAS oder andere langlebige Chemikalien in den Meeren zurücklegen können, begrenzt ist.⁵⁹ Eine viel umfassendere Untersuchung wäre erforderlich, um das volle Ausmaß des Problems mit langlebigen gefährlichen Chemikalien in der Antarktis zu erfassen.

Anhang 1

Methodik: Mikroplastik-Proben

Jede Probe wurde durch Schütteln 20 Sekunden lang gut vermischt, bevor ein Liter Wasser in einen sauberen Messzylinder umgefüllt wurde. Dieses wurde sofort unter Vakuum auf einen sauberen Silberfilter (Porengröße 5 µm) gefiltert, bevor es mit gefiltertem deionisiertem Wasser und Pentan gespült, getrocknet und unter einem Hochleistungs-Dissektionsmikroskop untersucht wurde, um Untersuchungsmaterial für die Mikro-FT-IR-Analysen zu identifizieren.

Für jede Probe wurden einzelnes Untersuchungsmaterial (Fasern und Fragmente) auf den Silberfiltern mit einem PerkinElmer Spotlight 400 FT-IR Imaging System (MCT-Detektor, KBr-Fenster) im Reflexionsmodus und mit einer Wellenzahlauflösung von 4 cm⁻¹ untersucht. Insgesamt wurden 16 Scans für mindestens zwei Abschnitte jeder Faser oder jedes Fragmentes über einen Wellenlängenbereich von 4.000 bis 750 cm⁻¹ gesammelt. Die Infrarotspektren wurden mit der Software PerkinElmer Spectrum (Version 10.5.4.738) erfasst, verarbeitet und analysiert, wobei die Polymere folgendermaßen identifiziert wurden: durch automatischen Abgleich in Kombination mit einer Expertenbewertung und einer kommerziell erhältlichen Spektrendatenbank (einschließlich Polymere, Additive, Lösungsmittel usw.) sowie einer zusätzlichen Spektrendatenbank, die in unserem Labor unter Verwendung einer Reihe von Polymerstandards und potenziell kontaminierenden Materialien (z. B. Gewebe, Handschuhe, Laborkittel) erstellt wurde. Zur Identifikation wurden nur Übereinstimmungen von über 70 Prozent akzeptiert.

Die Analyse erfolgte in den Labors der Greenpeace-Wissenschaftsabteilung in Exeter/Großbritannien.

Methodik: PFAS-Proben

Für die Probenahme wurden speziell vorgereinigte und versiegelte Glasflaschen verwendet, die zuvor im Untersuchungslabor gereinigt und erhitzt wurden. Alle für die Probenahme notwendigen Hilfsmittel wurden ebenfalls vorgereinigt, einzeln in Aluminiumfolie verpackt und in PFC-freien Polyethylenbeuteln transportiert.

Die Schneeproben wurden oberflächennah mit vorgereinigten kleinen Edelmessern entnommen. Zwei (doppelte) 2,5-Liter-Weithalsflaschen wurden mit Schnee gefüllt, während versucht wurde, den Schnee zu komprimieren, um das höchstmögliche Probenvolumen zu erreichen.

Jedes Duplikat wurde einzeln analysiert, mit Ausnahme der Proben in den Flaschen, die während des Transports beschädigt wurden (siehe Fußnote 23).

Für alle Schnee- und Wasserproben wurden an allen Standorten Blindproben genommen, um Verunreinigungen während der Probenahme oder aufgrund der verwendeten Geräte feststellen zu können. Jeweils eine 2,5 Liter (für Schnee) bzw. 1 Liter (für Wasser) Glasflasche, identisch mit der Probenahme, wurde zur Probenahmestelle transportiert, dort geöffnet und wieder verschlossen. Im Labor wurden die Flaschen mit gereinigtem Wasser gespült, das anschließend in gleicher Weise wie die Proben analysiert wurde.

Die Verschlüsse aller Probenflaschen wurden an der Probenahmestelle zunächst mit einer Schicht vorgereinigter Aluminiumfolie, einem Schraubverschluss und anschließend außen mit selbstverschließender Thermoplastfolie (Parafilm) verschlossen.

Die Proben wurden zur Analyse an ein unabhängiges, akkreditiertes Labor geschickt.

Anhang 2

Details: PFAS

Abbildung 1: Gehalt an PFAS in Schneeproben

Grüne Markierungen weisen auf signifikante Ergebnisse hin. Spuren einiger PFAS wurden in Blindproben gefunden. Das deutet darauf hin, dass die für die Proben gefundenen Konzentrationen, die auf demselben Niveau liegen, aus anderen Quellen als der Schnee- oder Wasserprobe selbst stammen können. Deshalb werden nur signifikante Konzentrationen, bei denen die Konzentrationen mindestens zweifach über der Blindprobe liegt, für die Ergebnisdiskussion herangezogen.

	Blank	Sample	Sample	Blank	Sample	Sample	Blank	Sample	Sample	Blank	Sample	Blank	Sample	Sample
PFAS	S-A.I.1*	S-A.I.2	S-A.I.3	S-A.II.1*	S-A.II.2	S-A.II.3	S-B.I.1*	S-B.I.2	S-B.I.3	S-B.II.1*	S-B.II.3	S-B.III.1*	S-B.III.3+4	S-B.III.5
	Hope Bay Peninsula	Hope Bay Peninsula	Hope Bay Peninsula	Kinnes Cove Joinville Island	Kinnes Cove Joinville Island	Kinnes Cove Joinville Island	Lecointe Kaiser Island	Lecointe Kaiser Island	Lecointe Kaiser Island	Maxwell Bay King George Island	Maxwell Bay King George Island	Discovery Bay Greenwich Island	Discovery Bay Greenwich Island	Discovery Bay Greenwich Island
	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
PFBA	0,067	0,108								0,13	0,325	0,1	0,468	0,181
PFHxA	0,022	0,053	0,075	0,022		0,034	0,017	0,027	0,022			0,029	0,047	0,081
PFHpA	0,017		0,068				0,013	0,014						
PFOA	0,122	0,793	1,84	0,12	0,181	0,067	0,025	0,056	0,052	0,1	1,86	0,107	0,114	0,085
PFNA	0,017		0,018											
PFDA	0,017		0,021	0,018	0,019	0,019	0,013	0,018	0,014	0,043	0,065	0,025		0,026
PFUnA	0,022	0,024	0,026	0,025	0,031	0,029	0,017	0,022	0,021	0,049	0,132	0,045		0,052
PFHxS	0,035	0,027	0,029	0,036	0,037	0,032	0,023	0,029	0,028	0,04	0,139	0,044	0,022	
Σ PFASs	0,319	1,005	2,077	0,221	0,268	0,181	0,108	0,166	0,137	0,362	2,521	0,35	0,651	0,425

Abbildung 2: Gehalt an PFAS in Wasserproben

Grüne Markierungen weisen auf signifikante Ergebnisse hin. Spuren einiger PFAS wurden in Blindproben gefunden. Das deutet darauf hin, dass die für die Proben gefundenen Konzentrationen, die auf demselben Niveau liegen, aus anderen Quellen als der Schnee- oder Wasserprobe selbst stammen können. Deshalb werden nur signifikante Konzentrationen, bei denen die Konzentrationen mindestens zweifach über der Blindprobe liegt, für die Ergebnisdiskussion herangezogen.

	Blank	Sample	Sample	Blank	Sample	Sample	Blank	Sample	Sample
PFAS	W-A.II.1*	W-A.II.2+W-A.II.3	W-A.II.4	W-B.I.1*	W-B.I.2	W-B.I.3+W-B.I.4	W-B.III.1*	W-B.III.3	W-B.III.4
	Kinnes Cove	Kinnes Cove	Kinnes Cove	Lecointe	Lecointe	Lecointe	Discovery Bay	Discovery Bay	Discovery Bay
	Joinville Island	Joinville Island	Joinville Island	Kaiser Island	Kaiser Island	Kaiser Island	Greenwich Island	Greenwich Island	Greenwich Island
	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
PFBA							0,1	0,108	
PFHxA	0,033		0,025	0,04					
PFHpA									
PFOA	0,038	0,05	0,136	0,033	0,125	0,033	0,089	0,12	0,083
PFNA									
PFDA	0,025	0,018	0,077	0,026	0,035	0,014			
PFUnA	0,04	0,032	0,03	0,037	0,035	0,034	0,053	0,048	
PFHxS	0,046	0,05	0,047	0,046	0,046	0,053	0,045	0,038	0,067
ΣPFASs	0,182	0,15	0,315	0,182	0,241	0,134	0,287	0,314	0,15

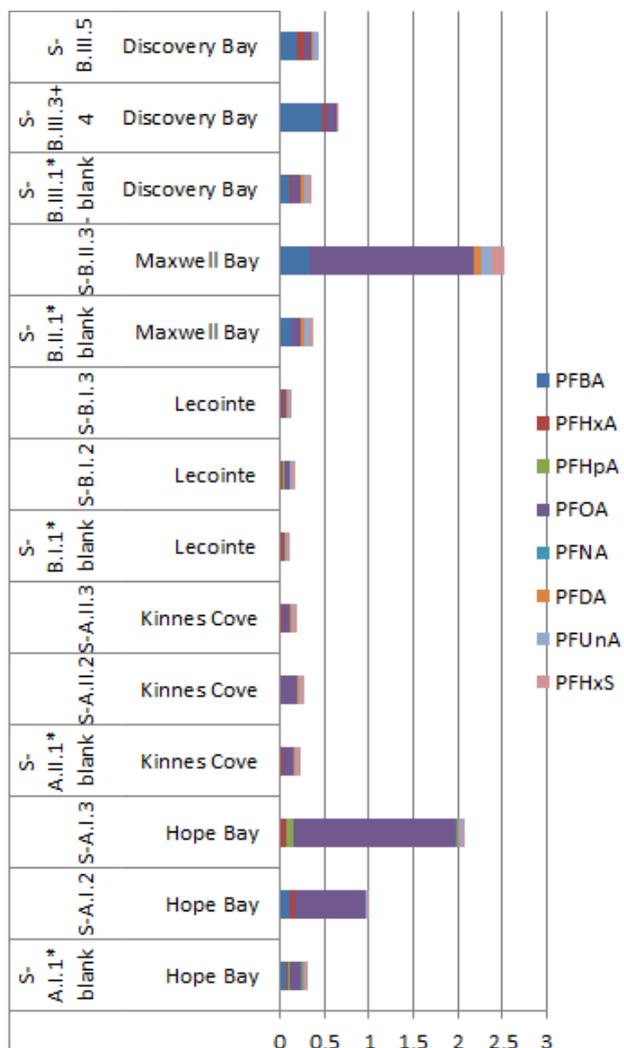


Diagramm 1: PFAS-Funde in Schneeproben

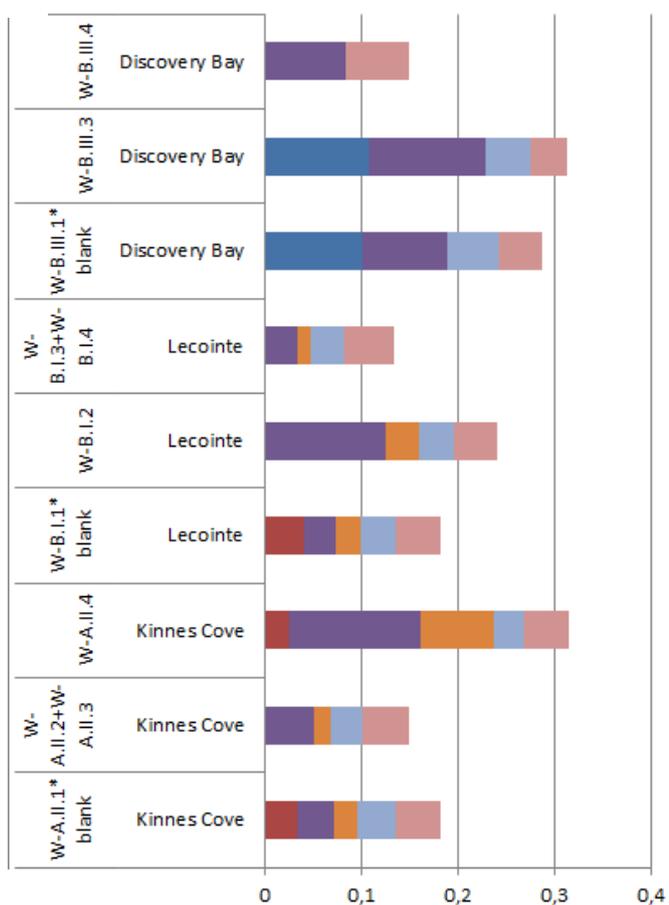


Diagramm 2: PFAS-Funde in Wasserproben

Anhang 3

Details: Manta Trawl – Beprobung und Ergebnisse

5 Gyres net used														
Date	Name	Position	Time start	Time end	Flow start	Flow end	Manta mouth aperture	Fragments found	False contaminates	Marine plastics found	Discrete sample ID	Photo	ATR performed	Sample retained
1/16/2018	18ASA001	S63° 22.741' W56° 56.054'	2055	2135	92600	171700	0.185m x 0.600m	0	0					No
1/19/2018	18ASA002	S63° 23.377' W57° 00.891'	1312	1355	171700	241076	0.185m x 0.600m	0	0					No
2/20/2018	18ASA003	S63° 18.399' W56° 31.251'	1728	1825	241100	339372	0.185m x 0.600m	0	0					No
1/23/2018	18ASA004	S62° 26.079' W59° 03.736'	806	906	339372	461979	0.185m x 0.600m	0	0					No
2/27/2018	18ASA005	S64° 30.594' W61° 39.117'	1020	1113	466553	578835	0.185m x 0.600m	1	0	Yes	18ASA005-1	Yes	Polyethylene High Density	Yes
Net Changed to Exeter Manta														
2/16/2018	18ASA006	S64° 49.861' W63° 00.644'	1237	1337	579005	714329	0.155m x 0.870m	15	15					Yes
2/18/2018	18ASA007	S62° 34.451' W59° 45.255'	11.26	12.28	714330	837428	0.155m x 0.870m	8	7	Yes	18ASA007-7	Yes	Polypropylene	Yes
2/19/2018	18ASA008	S62° 25.011' W59° 10.015'	2300	3	837442	957014	0.155m x 0.870m	4	4					Yes
2/28/2018	18ASA009	S62° 41.872' W60° 38.168'	1332	1428	983743	84704	0.155m x 0.870m	1	1					Yes

Danksagung

Die Autoren danken dem Expeditionsteam und der gesamten Crew des Greenpeace-Schiffes Arctic Sunrise, insbesondere Grant Oakes und Sandra Schöttner, deren Arbeit diesen Bericht ermöglicht hat.

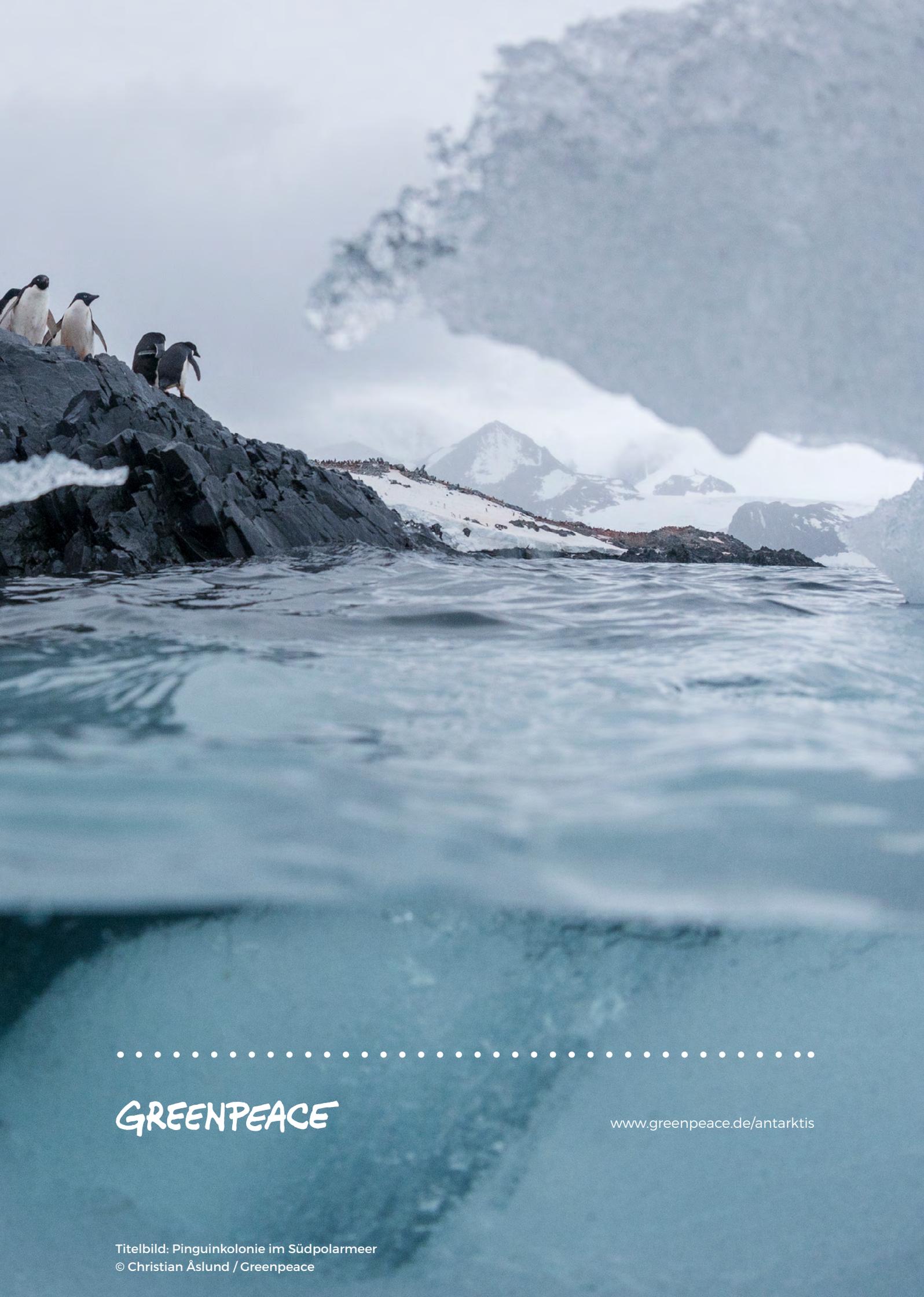
Der Zugang zum PerkinElmer Frontier FT-IR-Spektrometer und dem bildgebenden FT-IR-Mikroskopiesystem Spotlight 400 wurde im Rahmen einer Forschungspartnerschaft zwischen den Greenpeace Research Laboratories und PerkinElmer ermöglicht.



Eselpinguin trifft Weddellrobbe in der Antarktis
© Paul Hilton / Greenpeace

Quellen

- 1 BBC: Antarctica's Weddell Sea 'deserves protected status' – <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-42795208>
- 2 Die Ergebnisse der Wasserproben werden in diesem Report nicht berücksichtigt, da die Möglichkeit einer Kontamination zweier Schlüsselproben nicht ausgeschlossen werden konnte (siehe auch Fußnote 23).
- 3 Greenpeace (2015). „Chemie in unberührter Natur – Greenpeace untersucht die globale Verbreitung gefährlicher per- und polyfluorierter Chemikalien“. <https://www.greenpeace.de/presse/publikationen/chemie-unberuehrter-natur>
- 4 Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 6223, pp768–771 – <http://science.sciencemag.org/content/347/6223/768>
- 5 Arthur, C., Bamford, H. & Baker, J. (Arthur, C., Bamford, H. & Baker, J. (2009) Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. Sept 9-11, 2008. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- 6 Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 185–200). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_7
- 7 GESAMP (2016). „Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment“ (Kershaw, P. J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep.Stud. GESAMP No. 93, 220 pp. <http://www.gesamp.org/publications/reports-and-studies-no-90>
- 8 Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2013). Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. *Current Biology*, 23(23), 2388–2392. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.012>; Rochman, C. M., E. Hoh, B. T. Hentschel and S. Kaye (2013). Long-term field measurement of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: implications for plastic marine debris. *Environmental Science and Technology* 47(3): 1646–1654. <https://doi.org/10.1021/es303700s>
- 9 Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., & Shi, H. (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution*, 221, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>
- 10 Santillo, D., Miller, K. & Johnston, P. (2017). Microplastics as contaminants in commercially important seafood species. *Integrated Environmental Assessment and Management* 13(3), 516–521. <https://doi.org/10.1002/ieam.1909>
- 11 Amélineau et al. 2016
- 12 Besseling, E., Foekema, E. M., Van Franeker, J. A., Leopold, M. F., Kühn, S., Bravo Rebollo, E. L., Koelmans, A. A. (2015). Microplastic in a macro filter feeder: Humpback whale Megaptera novaeangliae. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1), 248–252. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.007>; Lusher, A.L., Hernandez-Milian, G., O'Brien, J., Berrow, S., O'Connor, I. & Officer, R. (2015). Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: The True's beaked whale Mesoplodon mirus. *Environmental Pollution*, 199, 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.023>
- 13 Steer, M., Cole, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2017). Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. *Environmental Pollution*, 226, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.062>; Sun, X., Li, Q., Zhu, M., Liang, J., Zheng, S., & Zhao, Y. (2017). Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1–2), 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.004>
- 14 Ogonowski, M., Gerdes, Z., & Corokhova, E. (2018). What we know and what we think we know about microplastic effects – A critical perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.09.001>
- 15 Von Moos et al. 2012; Besseling et al. 2013, op. cit.; Cole et al. 2015; Xu et al. 2017; Lo & Chan 2018; see Greenpeace UK (2018). *Testing the Waters. Microplastics in Scottish Seas*, page 10. <https://www.greenpeace.org.uk/reports/testing-waters-microplastics-scottish-seas/>
- 16 Isobe A., Uchiyama-Matsumoto K., Uchida K. and Tokai T. (2017). Microplastics in the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 114, Issue 1, 15 January 2017, Pages 623–626
- 17 Waller C. L., Griffiths H. J., Waluda C. M., Thorpe S. E., Alamo I., Moreno, B., Pachterres C. and Hughes, K. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of the Total Environment* Volume 598 15th November 2017, Pages 220–227.
- 18 Greenpeace (2015). *Chemie in unberührter Natur – Greenpeace untersucht die globale Verbreitung gefährlicher per- und polyfluorierter Chemikalien*. <https://www.greenpeace.de/presse/publikationen/chemie-unberuehrter-natur>
- 19 OECD (2013). *Synthesis Paper On Per- and Polyfluorinated Chemicals (PFCS)* http://www.oecd.org/env/ehs/risk-management/PFC_FINAL-Web.pdf
- 20 Steenland, K., Fletcher, T. Savitz D.A. (2010). Epidemiologic Evidence on the Health Effects of Perfluorooctanoic Acid (PFOA). *Environ Health Perspect.* 2010 Aug; 118(8): 1100–1108 – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2920088/>
- 21 Madrid Statement (2015). <http://green-sciencepolicy.org/madrid-statement/> The Madrid Statement is based on: M. Scheringer, X. Trier, I. Cousins, P. de Voigt, T. Fletcher e. Z. Wang, T. Webster. Helsingør Statement on poly- and perfluorinated alkyl substances (PFASs). *Chemosphere*, Volume 114, November 2014, Pages 337–339 – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565351400678X>
- 22 Greenpeace (2017). *PFC revolution in the outdoor sector*, February 2017. <http://www.greenpeace.org/archive-international/Globa/International/publications/detox2017/PFC-Revolution-in-Outdoor-Sector.pdf>
- 23 Grüne Markierungen weisen auf signifikante Ergebnisse hin. Spuren einiger PFASs wurden in Blindproben gefunden. Das deutet darauf hin, dass die für die Proben gefundenen Konzentrationen, die auf demselben Niveau liegen, aus anderen Quellen als der Schnee- oder Wasserprobe selbst stammen können. Deshalb werden nur signifikante Konzentrationen, bei denen die Konzentrationen mindestens zweifach über der Blindprobe liegt, für die Ergebnisdiskussion herangezogen.
- 24 Dieses Versiegelung an zwei Flaschen wurde während des Transports VOR der Probenahme beschädigt, allerdings wurden alle Flaschen NACH der Probenahme wieder versiegelt. Da nicht hundertprozentig ausgeschlossen werden konnte, dass es vor der Probenahme zu einer Kontamination bei diesen beiden Flaschen kam, wurden die Analyseergebnisse in diesem Bericht nicht berücksichtigt.
- 25 PFBA: Pentafluorbenzoesäure, PFHxA: Perfluorhexansäure, PFHpA: Perfluorheptansäure, PFOA: Perfluoroctansäure, PFUNA: Perfluorundecansäure, PFHxS: Perfluorhexansulfonsäure
- 26 Dieses Untersuchungsergebnis sollte mit den Konzentrationen in der Blindprobe verglichen werden. Für diese Stelle zeigte die Blindprobe 0,361 ng/l für die Summe der PFASs.
- 27 Cai M, Yang H, Xie U, Zhao Z, Wang F, Lu Z, Sturm R, Ebinghaus R (2012). Per- and polyfluoroalkyl substances in snow, lake, surface runoff water and coastal seawater in Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. *J. Hazard. Mater.* 209–210: 335–342
- 28 Casal P, Zhang Y, Martin J, Pizarro M, Jimenez B, Dachs J (2017). Role of Snow Deposition of Perfluoroalkylated Substances at Coastal Livingston Island (Maritime Antarctica). *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51, 8460–8470
- 29 PFOA in der Blindprobe nachgewiesen mit 0,122 ng/l
- 30 PFOA in der Blindprobe nachgewiesen mit 0,1 ng/l
- 31 PFHxA in der Blindprobe nachgewiesen mit 0,022 ng/l
- 32 PFHxA in der Blindprobe nachgewiesen mit 0,029 ng/l
- 33 PFHxS in der Blindprobe nachgewiesen mit 0,04 ng/l
- 34 PFOA in der Blindprobe nachgewiesen mit 0,13 ng/l
- 35 PFBA in der Blindprobe nachgewiesen mit 0,1 ng/l
- 36 Casal et al. (2017). op.cit.
- 37 Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, 128, 2–11. <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.012>; Waller, C. L., Griffiths, H. J., Waluda, C. M., Thorpe, S. E., Lozaiza, I., Moreno, B., Hughes, K. A. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of the Total Environment*, 598, 220–227. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>
- 38 Obbard, R. W. (2018). Microplastics in Polar Regions: The role of long range transport. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 24–29. <http://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.004>
- 39 Waller, et al. (2017). op.cit.
- 40 Barnes, D. K. A., Walters, A., & Gonçalves, L. (2010). Macroplastics at sea around Antarctica. *Marine Environmental Research*, 70(2), 250–252. <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.05.006>
- 41 Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, 182, 495–499. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>
- 42 Munari, C., Infantini, V., Scoptoni, M., Rastelli, E., Corinaldesi, C., & Mistri, M. (2017). Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Marine Pollution Bulletin*, 122(1–2), 161–165. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039>; Waller, et al. (2017). op.cit.
- 43 Isobe, A., Uchiyama-Matsumoto, K., Uchida, K., & Tokai, T. (2017). Microplastics in the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 623–626. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.037>; Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsoyiannis, A., Fossi, M.C. & Corsolini, S. (2017). Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere*, 175, 391–400. <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024>
- 44 Isobe et al. (2017). op.cit.
- 45 Cincinelli, et. al. (2017). op.cit.
- 46 Waller et al. (2017). op.cit.
- 47 Kanhai, L. D. K., Officer, R., Lyashevskaya, O., Thompson, R. C., & O'Connor, I. (2017). Microplastic abundance, distribution and composition along a latitudinal gradient in the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1–2), 307–314. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.025>
- 48 Greenpeace (2017). *Fashion at the Crossroads*, 18th September 2017, see Figure 2, p.13: https://www.greenpeace.org/archive-international/en/publications/Campaign-reports/Toxics-reports/FaPulse-of-the-Fashion-Industry_2017shion-at-the-Crossroads/
- 49 Global Fashion Agenda and The Boston Consulting Group (2017). *Pulse of the fashion industry 2017*, p.11: http://globalfashionagenda.com/wp-content/uploads/2017/05/Pulse-of-the-Fashion-Industry_2017.pdf
- 50 Isobe et al. (2017). op.cit.
- 51 Cai M et al. (2012) op.cit. and Casal et al. (2017), op.cit.
- 52 Kirchgorg T, Dreyer A, Gabrieli J, Kehrwald N, Sigi M, Schwikowski M, Boutron C, Ebinghaus R, Barbante G, Ebinghaus R (2013). Temporal variations of perfluoroalkyl substances and polybrominated diphenyl ethers in alpine snow. *Environmental Pollution* 178 (2013) 367–374
- 53 Wang X, Halsall C, Codling G, Xie Z, Xu B, Zhao Z, Xue Y, Ebinghaus R & Jones KC (2014). Accumulation of Perfluoroalkyl Compounds in Tibetan Mountain Snow: Temporal Patterns from 1980 to 2010. *Environ. Sci. Technol.* 2014, 48, 173–181
- 54 Cai et al (2012). op.cit.
- 55 Greenpeace (2015). „Chemie in unberührter Natur – Greenpeace untersucht die globale Verbreitung gefährlicher per- und polyfluorierter Chemikalien“. <https://www.greenpeace.de/presse/publikationen/chemie-unberuehrter-natur>
- 56 Cai et al (2012). op.cit.
- 57 The Stockholm Convention is a global treaty to protect human health and the environment from the effects of Persistent Organic Pollutants (POPs). It entered into force on 17 May 2004. <http://chm.pops.int/Convention/tabid/54/language/en-US/Default.aspx>
- 58 Cipro, C., Vogui, G., Bustamente T., Taniguchi S., Sericano J., Montone R.C. Organic pollutants and their correlation with stable isotopes in vegetation from King George Island, Chemosphere (85/3), Pages 393–398 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511008836>
- 59 Möller A, Hie Z, Cai M, Sturm R, Ebinghaus R: Brominated Flame Retardants and Dechlorane Plus in the Marine Atmosphere from Southeast Asia toward Antarctica. *Environmental Science & Technology* 2012 46 (6), 3141–3148
- 60 Arthur, C., Bamford, H. & Baker, J. (2009) Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. Sept 9-11, 2008. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30



GREENPEACE

www.greenpeace.de/antarktis

Titelbild: Pinguinkolonie im Südpolarmeer
© Christian Åslund / Greenpeace