

Mikroplastik in der Umwelt



analytik



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Mikroplastik in der Umwelt

Statuskolloquium am 03.07.2014

UmweltSpezial

Impressum

Mikroplastik in der Umwelt
Statuskolloquium am 03.07.2014

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Redaktion:

LfU Referat 12

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

Druck:

Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

Juli 2014

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Mikroplastik – ein neues Umweltproblem	5
Prof. Dr. Christian Laforsch, Tierökologie I, Universität Bayreuth	
Vom Kunststoff zum Mikroplastik	6
Prof. Dr. Andreas Greiner, Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie	
Analytischer Nachweis von Mikroplastik mittels FTIR	7
Dr. Martin Löder, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	
Analytischer Nachweis von Mikroplastik mittels Raman Imaging Mikrospektroskopie	8
Dr. Dieter Fischer, Andrea Käßler, Klaus-Jochen Eichhorn, Leibniz-Institut für Polymerforschung, Dresden	
Fernerkundungsverfahren – Möglichkeiten und Grenzen der Analytik mittels HySpex	9
Dr. Mathias Bochow, Universität Bayreuth/Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ	
Untersuchung von Mikroplastik in marinen Ökosystemen: Das Pilot-Projekt MICROPLAST	10
Dr. Gunnar Gerdtts & Dr. Martin Löder, Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung, Biologische Anstalt Helgoland	
Mikroplastik und Mikrobiome: Von den Ozeanen zu den „Great Lakes“	11
Dr. Sonja Oberbeckmann, Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)	
Mikroplastik in Fließgewässern am Beispiel der Donau	12
Dr. Aaron Lechner, Hubert Keckeis, Franz-Lumesberger-Loisl, Bernhard Zens, Reinhard Krusch, Michael Tritthart, Martin Glas, Elisabeth Schludermann	
Mikroplastik in Seen: Untersuchungen am Gardasee	13
Hannes Imhof ^{1,2} , Natalia P. Ivleva ³ , Christian Laforsch ²	
Untersuchungsergebnisse aus der Umweltprobenbank	14
Dr. Jan Koschorreck, Andrea Körner, Claus Gerhard Bannick, Umweltbundesamt	
Aufnahme und Wirkung von Mikroplastik in Muscheln	16
Prof. Dr. Angela Köhler in Kooperation mit Nadja von Moos*, Julia Fritsch**, Martin Löder***	
Auswirkungen von Mikroplastik auf limnische Invertebraten	18
Isabella Schrank ¹ , Hannes Imhof ^{1,2} , Christian Laforsch ¹	

Mikroplastik: Transportvehikel für die Aufnahme von Mikroorganismen und Pathogene?	19
Priv. Doz. Dr. habil. Matthias Labrenz; Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)	
Systemarer Ansatz zur Überwindung von Umweltproblemen	20
Prof. Dr. Peter Wilderer, TU München-IAS – IESP-Projekt	
Tagungsleitung / Referenten	25

Mikroplastik – ein neues Umweltproblem

Prof. Dr. Christian Laforsch, Tierökologie I, Universität Bayreuth

Technische Kunststoffe sind ein wichtiger Bestandteil unseres Alltags geworden und haben aufgrund ihrer flexiblen Materialeigenschaften eine Vielzahl von technischen und medizinischen Innovationen erst ermöglicht. Die weltweite Produktion von technischen Kunststoffen ist seit den 50er Jahren von 1,5 Millionen Tonnen auf 288 Millionen Tonnen im Jahr 2012 angestiegen, wobei weiterhin steigende Produktionsraten prognostiziert werden. Das Hauptsegment aus der großen Palette technischer Kunststoffe (~40 %) bilden Einwegprodukte der Verpackungsindustrie. Dementsprechend ist auch der Prozentsatz an anfallendem Plastikmüll rapide angestiegen. Geraten Kunststoffe jedoch in die Umwelt, können sie dort lange Zeit verbleiben ohne abgebaut zu werden. Verunreinigungen aquatischer Ökosysteme mit Kunststoffmüll stellen demzufolge ein Umweltrisiko dar, das immer stärker in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses rückt. Aufgrund von Degradationsprozessen zerfällt der Müll zu sogenanntem „Mikroplastik“. Mikroplastikpartikel können zudem aus Kunststoffbekleidung oder Kosmetika über das Abwasser und die Kläranlagen in aquatische Ökosysteme gelangen. Die bisherigen Untersuchungen richteten ihren Schwerpunkt stärker auf die marine Umwelt inklusive ihrer Habitate aus. Dabei wurde festgestellt, dass die marinen Ökosysteme mit enormen Mengen von Plastikmüll belastet sind - mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die Biota. Allerdings zeigen aktuelle Studien dass auch limnische Ökosysteme durch Mikroplastik gefährdet sind.

Vom Kunststoff zum Mikroplastik

Prof. Dr. Andreas Greiner, Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie

Als Mikroplastik versteht man kleine Partikel, die vorwiegend aus Kunststoffen bestehen. Kunststoffe wiederum gehören zu der chemischen Stoffklasse der Polymere, die wiederum aus sogenannten Makromolekülen bestehen. Makromoleküle sind Moleküle die meistens kettenförmige Struktur haben und damit sich deutlich in Größe und Eigenschaften gegenüber kleinen Molekülen, z. B. Wasser, unterscheiden. Auch die Natur nutzt Polymere. Beispiele sind Zellulose, Proteine, Desoxyribonukleinsäure, die unsere Erbinformation trägt). Polymere zeichnen sich auf Grund der Vielfalt und der chemischen Struktur der Makromoleküle durch ganz besondere Eigenschaften aus, die unser alltägliches biologisches und technisches Leben, so wie wir es heute kennen, überhaupt erst ermöglichen und gerade vor dem Hintergrund drängender Fragestellung wie Energieeinsparung, Energieerzeugung, Ernährung, Wasseraufbereitung, Transport, Medizin, Pharmazie, Kleidung die notwendigen Lösungen anbieten kann. Es ist fraglos unmöglich auf Polymere bzw. Kunststoffe zu verzichten. Makromoleküle für Kunststoffe werden vorwiegend aus Erdöl-basierenden Rohstoffen gewonnen (ca. 4 % der Erdölproduktion) und stellen somit quasi eine Veredlung von Erdöl dar. Es ist daher fahrlässig, Erdöl zu einem so großen Anteil (ca. 90 %) für die Energieerzeugung zu nutzen, da Erdöl einerseits der entscheidende Rohstoff für die meistens chemischen Produkte (Medikamente, Dünger, Nahrungsmittel, Baustoffe, Textilien, Farbstoffe) darstellt aber andererseits begrenzt vorhanden ist.

In natürlichen Systemen werden definitiv Kunststoffe in Form von Mikroplastik gefunden. Die Vielfalt der Kunststoffe und möglicher Additive in Kunststoffen erschweren die qualitative und quantitative Analyse von Mikroplastik und die Struktur-Wirkungsbeziehungen mit natürlichen Systemen ungemein. Es ist ein klares Ziel dieses Beitrages mit der Fachkompetenz der wissenschaftlichen Disziplin der Makromolekülforschung unter Berücksichtigung technischer Aspekt zu einer Versachlichung der Diskussion um Mikroplastik beizutragen und wenn notwendig, nach Lösungswegen zu suchen.

Analytischer Nachweis von Mikroplastik mittels FTIR

Dr. Martin Löder, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Heutzutage ist eine Welt ohne Kunststoffe kaum mehr vorstellbar. Die Weltproduktion an Kunststoffen wächst exponentiell und gleichzeitig gelangt immer mehr Kunststoffmüll in die Weltmeere. Unter natürlichen Bedingungen werden Kunststoffe kaum abgebaut und akkumulieren deswegen in der marinen Umwelt. Neben dem direkten Eintrag führt der Zerfall von größerem Material zu einer Anhäufung von mikroskopischen Kunststoffpartikeln, sogenanntem Mikroplastik.

Aufgrund seiner Größe (< 5 mm) birgt Mikroplastik das Risiko in die Nahrungskette zu gelangen. Neben rein physikalischen Schädigungen ist auch die Aufnahme und Akkumulation von Schadstoffen aus den Mikroplastik-Partikeln zu erwarten. Wie sich dies auf den einzelnen Organismus bzw. das Nahrungsnetz auswirkt, ist bislang nicht untersucht, jedoch sind negative Folgen zu befürchten. Für die zuverlässige Evaluierung der biologischen Risiken von Mikroplastik im Meer sind zuallererst gesicherte Daten zu Konzentrationen, die Polymer-Zusammensetzung und den Verbleib von Mikroplastik notwendig.

Eine zuverlässige Technik zur Bestimmung von Kunststoffen bietet die FTIR Spektroskopie, diese wird mittlerweile auch zur Detektion von Mikroplastikpartikeln in Umweltproben angewendet. Trotzdem müssen die Kunststoffpartikel vor der Messung mittels konventioneller FTIR Methoden in arbeits- und zeitintensiven Schritten optisch aus Umweltproben aussortiert werden. Die neue Generation der FTIR Mikroskope wiederum macht eine solche Vorsortierung überflüssig. Sie erlaubt die Detektion kleinster Mikroplastik-Partikel und bieten gleichzeitig die Möglichkeit der high-throughput Analyse mittels FTIR-Imaging. Eine Grundvoraussetzung für die Messung von Umweltproben ist jedoch die Reduzierung der Matrix.

Innerhalb des BMBF Projektes „Microplast“ wurde die Methodik des FTIR-Imaging für die Analyse von Mikroplastik-Partikeln evaluiert und in einem weiteren Schritt wurden geeignete Extraktions- und Aufreinigungsmethoden für Mikroplastik aus marinen Umweltproben etabliert. In Kombination steht nun ein Verfahren zur Verfügung das zur routinemäßigen Anwendung von FTIR-Imaging für die Messung von Mikroplastik in Umweltproben geeignet ist.

Analytischer Nachweis von Mikroplastik mittels Raman Imaging Mikrospektroskopie

Dr. Dieter Fischer, Andrea Käppler, Klaus-Jochen Eichhorn, Leibniz-Institut für Polymerforschung, Dresden

Raman Spektroskopie und Imaging sind sehr gut geeignete Methoden um chemische Informationen aus mikroskopischen Proben zu erhalten. Im Vortrag werden zunächst kurz die Grundlagen der konfokalen Mikrospektroskopie und des Raman Imaging dargelegt. Weitergehend werden die Vorteile der Raman Spektroskopie im Vergleich zur FTIR-Spektroskopie, wie z. B. die hohe Ortsauflösung von 400 nm, diskutiert.

An zwei ausgewählten Beispielen werden zunächst die exzellenten Möglichkeiten, die die Raman-Mikrospektroskopie zur qualitativen und quantitativen Analyse von Mikro- und Nanopartikeln in der Materialanalytik bietet, vorgestellt. Erstes Beispiel ist die Untersuchung des Einflusses eines Vertraglichkeitsvermittlers auf die Phasentrennung und die Partikelgröße des Kunststoffblends Polypropylen / Polyamid 6 und zweites Beispiel ist die Untersuchung der selektiven Lokalisierung von Nanopartikeln (Graphen Nanoschichten) im Kunststoffblend Polycarbonat / Styren-Acryl-Nitril.

Im Weiteren werden, im Rahmen des Projektes MikrOMIK, erste Ergebnisse zur Identifizierung, Partikelverteilung und Partikelgrößenbestimmung im Mikroplastik-Modellsystem Polyethylen / Polystyren / Sand und erste orientierende Messungen an realen Mikroplastikproben vorgestellt.

Fernerkundungsverfahren – Möglichkeiten und Grenzen der Analytik mittels HySpex

Dr. Mathias Bochow, Universität Bayreuth/Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Neben der Thermalspektroskopie (FTIR) und der Ramanmikrospektroskopie bildet die VNIR-SWIR-Spektroskopie das dritte spektroskopische Verfahren, das eine Identifizierung und Unterscheidung von Plastikarten ermöglicht. Im Unterschied zu den ersten beiden Verfahren existieren für die VNIR-SWIR-Spektroskopie bildgebende Sensoren in Form von Zeilenscannern, die es ermöglichen zu untersuchende Oberflächen innerhalb kurzer Zeit abzuscannen. Das abbildende Spektrometer HySpex ist ein Beispiel eines solchen Sensors. Eine Bildzeile umfasst hier 320 Pixel, wobei jedes Pixel eine einzelne spektrale Messung im visuellen Spektralbereich des Lichts (VIS), sowie im nahen (NIR) und kurzwelligen Infrarot (SWIR) darstellt. Die Pixelgröße ist abhängig vom Messabstand, so dass sich bei Anwendungen im Labor und Feld typische Pixelgrößen ab ca. 200 µm bis zu wenigen Zentimetern realisieren lassen. Bei Befliegungen per Flugzeug können hyperspektrale Bilddaten der Erdoberfläche mit räumlichen Auflösungen im Meterbereich aufgezeichnet werden.

Im derzeit in Kooperation durch die Uni Bayreuth und der RSS GmbH durchgeführten Forschungsprojekt „Belastung aquatischer Ökosysteme mit Kunststoffmüll: Globales und lokales Monitoring mittels Satelliten-gestützter Methoden“ wird der HySpex Sensor auf allen drei Skalenebenen (Labor, Feld, Flugzeug) eingesetzt, um die Möglichkeiten und Grenzen der abbildenden VNIR-SWIR-Spektroskopie zur Quantifizierung der Plastikmüllverschmutzung unserer Gewässer zu erforschen. Nach einer einführenden Vorstellung des Gesamtvorhabens sowie in die Grundprinzipien der VNIR-SWIR-Spektroskopie werden die Anwendungsgebiete dieser Technik vorgestellt und die Möglichkeiten und Grenzen diskutiert.

Untersuchung von Mikroplastik in marinen Ökosystemen: Das Pilot-Projekt MICROPLAST

Dr. Gunnar Gerds & Dr. Martin Löder, Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung, Biologische Anstalt Helgoland

Seit den 50iger Jahren des letzten Jahrtausend ist die Weltproduktion an Kunststoffen massiv angestiegen. Damit einhergehend nahm die Menge an Plastikmüll in den Weltmeeren kontinuierlich zu. Das Plastikmaterial ist biologisch inert, kaum einer Mineralisation unterworfen und fragmentiert in der Umwelt, sodass Plastikpartikel kontinuierlich kleiner und häufiger werden (Mikroplastik). Eine Folge der zunehmenden Belastung der Meeresumwelt mit Mikroplastik ist, dass Partikel auch in das marine Nahrungsnetz gelangen können mit möglicherweise erheblichen Auswirkungen auf einzelne Tiere aber wahrscheinlich auch auf Gemeinschaften. Eine Evaluierung der biologischen Risiken von Mikroplastik-Partikeln in der Meeresumwelt erfordert ein besseres Verständnis ihrer Aufnahme und Akkumulation (bzw. Elimination). Hier ist es von entscheidender Bedeutung zu wissen, wie stark und an welcher trophischen Stufe Mikroplastik-Partikel/Schadstoffe in das marine Nahrungsnetz gelangen können. Dies wiederum hängt direkt mit dem Fragmentierungsgrad, mithin von der Größe der Partikel und deren Konzentration zusammen. Gegenwärtig fehlen für Deutsche Küsten und Küsten-Gewässer aber valide Daten über den Ist-Zustand der Belastung verschiedener Ökosystem-Komponenten (Pelagial, Benthos) mit Mikroplastik-Partikeln. Bislang publizierte Studien nutzen zudem sehr unterschiedliche Methoden für die Extraktion, Detektion, Identifikation & Quantifizierung der Partikel und sind mithin kaum vergleichbar. Ziele des Projektes MICROPLAST sind es daher, a) geeignete Methoden zur Extraktion von Mikroplastik-Partikeln aus komplexen Matrices (z.B. Sediment, Plankton) zu entwickeln und zu optimieren, b) die Methodik der Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FT-IR) bzw. das FT-IR Imaging für die Analyse von Mikroplastik-Partikeln in komplexen Matrices (z. B. Sediment, Plankton, Gewebe) zu evaluieren, c) für Deutsche Küsten und Küsten-Gewässer erstmals valide Daten über den Ist-Zustand der Belastung verschiedener Ökosystem-Komponenten (Pelagial, Benthos) mit Mikroplastik-Partikeln zu gewinnen.

Mikroplastik und Mikrobiome: Von den Ozeanen zu den „Great Lakes“

Dr. Sonja Oberbeckmann, Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)

Mikroplastik sammelt sich in Gewässern weltweit an, in Seen, Flüssen und Ozeanen, von der Tiefsee bis zur Meeresoberfläche, von der Arktis bis zur Antarktis. Es wurde gezeigt, dass aquatische Organismen aller Größen Mikroplastik mit ihrer natürlichen Nahrungsquelle verwechseln und es aufnehmen. Die weitreichenden ökologischen Konsequenzen dieser Mikroplastik-Akkumulation in den aquatischen Nahrungsnetzen konnte bislang allerdings nicht aufgeklärt werden. Kaum etwas ist beispielsweise bekannt über mikrobielle Biofilme auf Mikroplastik, obwohl diese sich assoziiert mit den Partikeln in den Ökosystemen anreichern. Grundlegende Daten zur Zusammensetzung, Dynamik und Funktion der Plastik-assoziierten mikrobiellen Gemeinschaften sind essentiell, um die ökologischen Auswirkungen der Mikroplastik-Anreicherung in ihrer Gesamtheit zu erfassen. Die Anheftung an Partikel in Form von Biofilmen ist eine bei aquatischen Mikroorganismen weit verbreitete Lebensform, da das Leben in Biofilmen Schutz und eine effektive Ausnutzung der Nährstoffressourcen bietet. Zudem können sich Mikroorganismen angeheftet an Partikel energieeffizient verbreiten. Auch Mikroplastik-Partikel sind auf Grund ihrer Haltbarkeit und hohen Abundanz in aquatischen Lebensräumen von großer Bedeutung für kolonisierende Mikroorganismen. Erste Studien zeigen dass das „Plastik-Mikrobiom“ aus einer diversen Gemeinschaft von pro- und eukaryotischen Mikroorganismen besteht. Die Biofilm-Gemeinschaften auf Plastik weisen taxonomische Unterschiede zu den mikrobiellen Gemeinschaften auf anderen Oberflächen und im Wasser auf. In international verknüpften Projekten, beispielweise anhand der Ökosysteme „Nordsee, Großbritannien“ und „Great Lakes, USA“, wird derzeit untersucht, welche Rolle diese Mikroplastik-Biofilme für die marinen und limnischen Ökosysteme spielen und was die Akkumulation von Mikroplastik in Seen, Flüssen und Ozeanen für die mikrobiellen Gemeinschaften bedeutet. Konzepte und erste Ergebnisse dieser Studien werden im Statuskolloquium „Mikroplastik in der Umwelt“ exemplarisch vorgestellt.

Mikroplastik in Fließgewässern am Beispiel der Donau

Dr. Aaron Lechner, Hubert Keckeis, Franz-Lumesberger-Loisl, Bernhard Zens, Reinhard Krusch, Michael Tritthart, Martin Glas, Elisabeth Schludermann

Plastikmüll, der sich seit Jahrzehnten in sämtlichen Ökosystemen akkumuliert, ist zu einem globalen Umweltproblem geworden. Im Mittelpunkt diesbezüglicher Untersuchungen stehen häufig die Weltmeere als Endstation und Sammelbecken für den in die Natur eingebrachten Kunststoff. Man geht davon aus, dass ein Großteil des marinen Plastiks nicht direkt, also vor Ort, in die Ozeane eingebracht wird, sondern vom Festland stammt. Fließgewässer können bedeutsame Transportvektoren dieser kontinentalen Müllfracht darstellen. Quantifizierende Studien hierzu sind allerdings kaum vorhanden.

In einer zweijährigen Untersuchung (2010, 2012) an der österreichischen Donau östlich von Wien wurde die Menge an mitgeführten kleinen Plastikteilen (0.5 mm -2 cm) in Europas zweitgrößtem Fluss erhoben. Die intensive Besammlung (951 Proben) mit feinmaschigen Driftnetzen zeigte eine starke Kontamination des Gewässers durch Mikroplastik-Partikel (< 5mm). Demnach transportiert die Donau in diesem Abschnitt durchschnittlich 316 Plastikteile pro 1000 m³ Wasser. Der höchste gemessene Wert belief sich auf 141.647 Partikel pro 1000 m³. Ein guter beträchtlicher Teil der Plastikfracht (86% in 2010, 31 % in 2012) setzte sich aus industriellem Rohmaterial (Pellets, Granulat, Flocken) zusammen.

Eine gleichzeitig durchgeführte Erhebung der Jungfischdichte zeigte, dass die Donau in ihren Uferbereichen bereits mehr Plastik als kleine Fische befördert. Dieser Befund ist auch deswegen bedenklich, weil eine Verwechslung der Kunststoffteilchen mit potentiellen Nahrungsobjekten durch die Jungfische nicht auszuschließen ist. Die negativen Folgen einer Plastikaufnahme durch Organismen sind zahlreich dokumentiert.

Anhand der gemessenen Werte und unter Berücksichtigung der Bevölkerungsdichte im Einzugsgebiet wurde versucht eine Abschätzung des gesamten Plastikeintrages über die Donau ins Schwarze Meer vorzunehmen. Dieser dürfte sich auf rund 48.2 Gramm pro Sekunde belaufen (das entspricht einer Menge von 4.2 Tonnen pro Tag).

Mikroplastik in Seen: Untersuchungen am Gardasee

Hannes Imhof^{1,2}, Natalia P. Ivleva³, Christian Laforsch²

¹ Department of Animal Ecology I, University of Bayreuth, Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth, Germany

² Department of Biology II, Ludwig-Maximilians-University Munich, Großhaderner Str. 2, 82152 Planegg-Martinsried, Germany

³ Institute of Hydrochemistry (IWC), Chair for Analytical Chemistry, Technische Universität München (TUM), Marchioninistr. 17, 81377 Munich, Germany

Kunststoffe sind für den Alltag moderner Gesellschaften unerlässlich. Es ist davon auszugehen, dass der Bedarf an Kunststoffen in den kommenden Jahrzehnten sowohl global als auch national weiter stark ansteigen wird. Die Belastung der Weltmeere mit Kunststoffmüll wurde in den letzten Jahren intensiv dokumentiert. Große Mengen an Kunststoffpartikeln haben sich bereits im Sediment sowie im Pelagial der Ozeane angereichert und werden von verschiedensten Organismen aufgenommen. Dadurch akkumulieren diese im Nahrungsnetz und stellen so eine Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Dem gegenüber gibt es nur wenige Untersuchungen bezüglich der Kunststoffbelastung in limnischen Gewässern. Hier besteht noch ein großer Forschungsbedarf über den Eintrag sowie die potentielle Gefährdung dieser Ökosysteme durch Kunststoffpartikel.

In einem Pilotprojekt wurde die Häufigkeit von Plastikpartikeln in Strandsedimenten von limnischen Ökosystemen am Beispiel des subalpinen Gardasees untersucht.

Hierbei konnte gezeigt werden, dass selbst die Strände subalpiner Seen ähnlich stark mit Mikroplastik kontaminiert sind wie marine Sedimente. Dies weist darauf hin, dass Flüsse und Seen nicht nur eine Quelle von Plastikmüll für das marine Ökosystem darstellen, sondern dass die Kontamination von Makro- und Mikroplastik auch in Süßgewässerökosystemen bedeutende Ausmaße angenommen hat. Zudem zeigt die Studie, dass unterschiedlichste Organismen diese Plastikpartikel mit der Nahrung aufnehmen können und somit die Gefahr einer Bioakkumulation mit all den für das marine System beschriebenen Gefahren besteht.

Des Weiteren wurde im Rahmen dieses Projektes eine verbesserte Methode der Dichtentrennung speziell für Mikroplastikpartikel entwickelt (Munich Plastic Sediment Separator - MPSS). Diese erlaubt eine erfolgreiche Trennung von Mesoplastikpartikeln (20 – 5 mm), „Large Microplasticparticles“ (L-MPP, 5 - 1 mm) und auch „Small Microplasticparticles“ (S-MPP, 1 mm - 1 µm).

Diese Probennahmemethode bietet die Voraussetzung für eine einfache, repräsentative und standardisierte Beprobung aquatischer Ökosysteme.

Untersuchungsergebnisse aus der Umweltprobenbank

Dr. Jan Koschorreck, Andrea Körner, Claus Gerhard Bannick, Umweltbundesamt

Die deutsche Umweltprobenbank des Bundes wurde bereits in den 1980er Jahren konzipiert. Seitdem sammelt und archiviert die Umweltprobenbank Belege für den Zustand der Umwelt und die Belastung der Bevölkerung. Heute lagern in den Archiven über eine halbe Million Proben von Mensch und Umwelt. Sie werden vor allem genutzt, um Belastungsvergleiche für Chemikalien zwischen verschiedenen taxonomischen Gruppen, in der Fläche oder zwischen unterschiedlichen Umweltmedien und Zeiträumen zu ermöglichen. Umweltprobenbanken haben einen besonderen Wert für die Umweltbeobachtung, da nur sie für einen Probenstock sorgen, der retrospektive Untersuchungen ermöglicht. So können die Proben jederzeit auf Stoffe untersucht werden, die zum Zeitpunkt der Probenahme entweder gänzlich unbekannt waren, für die es keine geeignete Messmethode gab oder die irrtümlich für unbedenklich gehalten wurden.

Die Leitung der deutschen Umweltprobenbank liegt bei dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Die administrative und wissenschaftliche Steuerung übernimmt das Umweltbundesamt. Die anspruchsvollen Arbeiten der Probenahme, der Aufbereitung, der Lagerung sowie der chemischen Routineanalytik für den Umweltteil der Umweltprobenbank übernehmen Auftragnehmer: die Universität Trier (Probenahme Biota), das Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (Probenahme Boden, Probenaufbereitung, Routineanalytik Elemente und Archiv), die Freie Universität Berlin (Probenahme Schwebstoffe) sowie Eurofins GfA Lab Service (Routineanalytik Organika).



UPB_Probenentnahme

Das Hauptmerkmal einer Umweltprobenbank ist das Archiv mit seinen Proben, die so gesammelt, aufgearbeitet und gelagert werden, dass sie die authentische Umweltbelastung abbilden und dauerhaft bewahren. Durch die ultra-tiefen Lagertemperaturen von mindestens minus 150°C verändern sich die chemische und biologische Information in den Proben auch über sehr lange Zeiträume nicht.

Um sicherzustellen, dass die Proben nicht von Fremdeinflüssen betroffen sind, liegt ein großes Augenmerk der Umweltprobenbank auf der Standardisierung aller Arbeitsschritte. Spezielle Standardarbeitsanweisungen helfen dabei, die Proben auch über große Zeitabschnitte hinweg Jahrgänge vergleichbar zu halten. Diese Protokolle sind zusammen mit ausführlichen Beschreibungen der Probenahmeflächen und Probenarten auf www.umweltprobenbank.de abgelegt. Dort können auch die Ergebnisse der chemisch-analytischen sowie der biometrischen Untersuchungen online abgefragt und entweder direkt grafisch dargestellt oder für spätere Vergleiche exportiert werden können.

Derzeit laufen erste Versuche, um zu ermitteln in wie weit die Proben der deutschen Umweltprobenbank helfen können, die zeitliche und räumliche Belastung der Umwelt mit Mikroplastik abzubilden.

Aufnahme und Wirkung von Mikroplastik in Muscheln

Prof. Dr. Angela Köhler in Kooperation mit Nadja von Moos*, Julia Fritsch,
Martin Löder*****

In der Meeresumwelt ist die Verbreitung von Makroplastik gut dokumentiert, während das Wissen über die Verbreitung und Wirkungen von mikroskopisch-sichtbarem Mikroplastik jung und bislang eher rudimentär ist. Nur wenige Daten existieren über die tatsächliche Aufnahme von Mikroplastik in Organe und Zellen von marinen Organismen (Browne et al., 2007). Um zu analysieren, ob Mikroplastikpartikel (< 1 mm) überhaupt in Zellen von zentralen Stoffwechselorganen eindringen, exponierten wir die Miesmuschel *Mytilus edulis* (L.) mit konstant hohen Konzentrationen von High-Density-Polyethylene (HDPE), einem primären Plastikpulver mit einer Partikelgröße von bis zu 80 µm in Zeitintervallen von 3h, 6h, 12h usw. bis zu 96 h. In einem neuen Ansatz kombinierten wir die Diagnose toxischer Effekte mithilfe etablierter Biomarker (OSPAR) in Kombination mit einer neuen Methode zur Detektion von Mikroplastikpartikeln mit polarisiertem Licht und IR-Spektroskopie an unfixierten Gefrierschnitten der Mitteldarmdrüse der Miesmuschel.

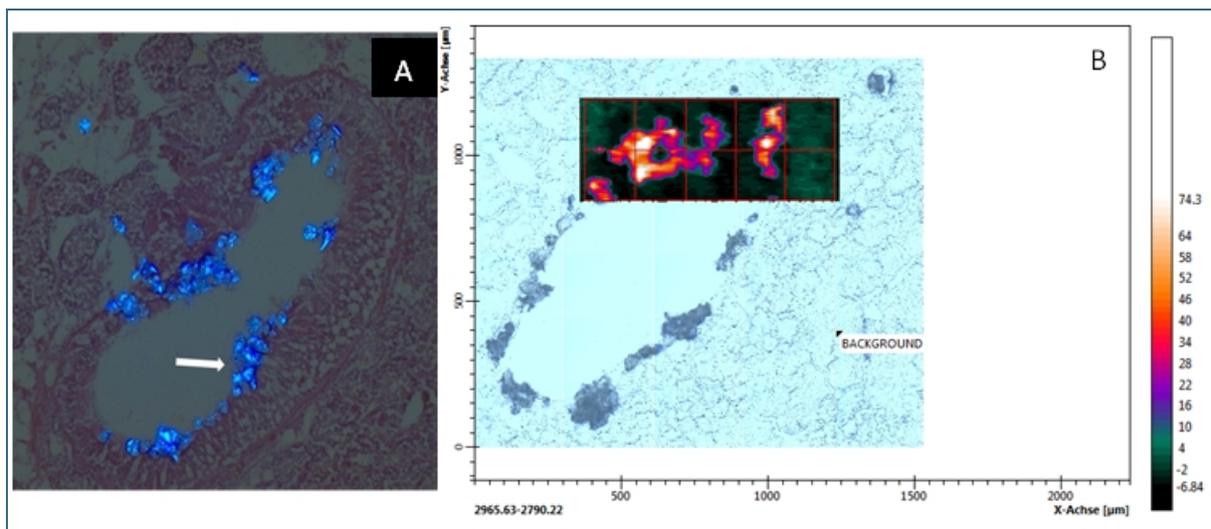


Abb.: A. Kryoschnitt eines Tubulus (Mitteldarmdrüse) in polarisiertem Licht und B. Serien-Kryoschnitt mit IR-Scan / integriert mit signifikantem Absorptionspeak für HDPE.

Als Biomarker für eine Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes durch die Mikroplastikexposition analysierten wir i) den Konditionsindex, ii) die Membranstabilität der Lysosomen, iii) die Lipidosis, iv) das Ausmaß der Partikelakkumulation in Vakuolen als auch v) histopathologische Schädigungen wie Fibrosen mit Granulocytomen, welche Plastikpartikel einschließen. Die Bildung von Granulozytomen nach bereits 12 h Expositionsdauer, wie sie auch in der Humanmedizin in Stadien der Asbestosis diagnostiziert werden, war der auffälligste pathologische Befund zusammen mit dem Einschluss von Plastikpartikeln in Vakuolen (Lysosomen) und einem Verlust der Membranstabilität der Lysosomen. In einem weiteren Versuch entwickelten wir eine Technik, verschiedene Mikroplastiktypen in Geweben mit IR- Spektroskopie zu detektieren und mit polarisiertem Licht zu quantifizieren, wobei sich zeigte, dass die verschiedenen Plastiksarten in unterschiedlichem Ausmaß in die Muscheln aufgenommen werden.

Die Experimente weisen daraufhin, dass eine Aufnahme von Mikroplastik (< 1 mm) in Zellen und sogar in Zellorganellen (Lysosomen/Vakuolen) stattfindet und in den Organen zu schweren pathologischen Veränderungen führt. Mit dem kombinierten Ansatz von IR-Spektroskopie zur Bestimmung von Plastiktypen und der kritischen Anwendung der mikroskopischen Quantifizierung (Image Analyse mit polarisiertem Licht), kann die Aufnahme von verschiedenen Plastiktypen und Ihre Wirkungen analysiert werden.

*Die Masterarbeiten von Nadia von Moos und von Julia Fritsch am Alfred Wegener Institut, Helmholtz – Zentrum für Polar-und Meeresforschung wurden von Prof. Dr. A. Köhler betreut. Die IR-Spektroskopie wurde unter Anleitung von und durch Dr. Martin Löder *** durchgeführt.*

Nadja von Moos: Histopathological and cytochemical analysis of ingested polyethylene powder in the digestive gland of the blue mussel, Mytilus edulis (L.) Master's thesis submitted at the Faculty of Science, University of Basel, Switzerland, 2010.*

*Julia Fritsch**: Method development for identification and quantification of microplastic particles in tissue of marine organisms, using the blue mussel, Mytilus edulis as indicator. Master's thesis submitted at the RWTH Aachen University, Germany, 2014*

Auswirkungen von Mikroplastik auf limnische Invertebraten

Isabella Schrank¹, Hannes Imhof^{1,2}, Christian Laforsch¹

¹ Department of Animal Ecology I, University of Bayreuth, Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth, Germany

² Department of Biology II, Ludwig-Maximilians-University Munich, Großhaderner Str. 2, 82152 Planegg-Martinsried, Germany

Kunststoffe finden sich in einer enormen Vielzahl an Produkten moderner Gesellschaften. Es ist daher davon auszugehen, dass der Bedarf an Kunststoffen in den kommenden Jahrzehnten sowohl global als auch national weiter stark ansteigen wird, wodurch das Aufkommen von Plastikmüll ebenfalls rapide zunehmen wird. Jedoch ist bereits jetzt eine erhebliche Kontamination aquatischer Ökosysteme mit Makro- und Mikroplastik zu verzeichnen, wobei negative Auswirkungen vor allem auf die Fauna mariner Ökosysteme beobachtet werden. In Gegensatz zu marinen Systemen ist in limnischen Ökosystemen noch wenig über die Auswirkungen der Kunststoffkontamination bekannt. Im marinen Bereich konnten gezeigt werden, dass sich Organismen in Plastikmüll verfangen oder diesen mit Nahrung verwechseln und aufnehmen. Dies kann durch mangelnde Nahrungszufuhr zum Hungertod führen oder zu Verletzungen des Magen-Darmtrakts mittels scharfkantiger Fragmente.

Um die vielfältigen Eigenschaften von Kunststoffprodukten zu gewährleisten, werden diesen bei der Produktion verschiedene Additive wie Weichmacher, Stabilisatoren, Farbstoffe oder Flammschutzmittel zugefügt. Diese stehen teilweise in Verdacht toxische Eigenschaften zu besitzen oder auch den Hormonhaushalt zu verändern und damit die Reproduktion zu hemmen.

Plastikpartikel können darüberhinaus sogenannte persisting organic pollutants (POPs) aus dem umgebenden Wasser binden, die dann in erhöhter Konzentration vorliegen und so von Organismen aufgenommen werden können. Auch die Anlagerung von schädlichen Algen an Plastikpartikel konnte bereits gezeigt werden.

Werden die Partikel von Organismen niedrigerer Trophieebenen aufgenommen, können sie über das Nahrungsnetz an höhere Ebenen und damit auch an den Menschen weitergegeben werden.

Gerade im limnischen Bereich sind die Folgen für Organismen allerdings noch kaum untersucht.

Mikroplastik: Transportvehikel für die Aufnahme von Mikroorganismen und Pathogene?

Priv. Doz. Dr. habil. Matthias Labrenz; Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)

Die massive Akkumulation von Mikroplastikpartikeln (Partikel <5mm) in der marinen Umwelt ist von der Wissenschaft erkannt, aber in seiner ökologischen Konsequenz kaum verstanden. Das vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung (IOW) koordinierte WGL-Pakt Projekt „MikrOMIK“ untersucht ab April 2014 erstmalig Konzentration, Verteilung, Transportverhalten, mikrobielle Besiedlung bzw. Aktivität und das damit verbundene Gefährdungspotential von Mikroplastikpartikeln für die Ostsee.

Die weltweite Produktion von Kunststoffen ist von 1,5 Mio. im Jahr 1950 auf 245 Mio. Tonnen in 2008 angestiegen. Dies hat unter anderem zu einer erheblichen Verunreinigung der Weltmeere mit größeren Plastikfragmenten (Makroplastik) geführt. Seit etwa 10 Jahren wird auch Mikroplastik (MP), Plastikpartikel mit einer Größe von <5mm, in der marinen Umwelt zielgerichteter untersucht und stellt sich zunehmend als Gefährdungsfaktor dar.

Die Anreicherung von MP ist für küstennahe und küstenferne marine Systeme nachgewiesen. Senken und Ausbreitungswege dieser Partikel sind aber noch weitgehend unbekannt, was unter anderem an der erschwerten Nachweisbarkeit, sowie unklaren Sedimentationsmechanismen und Verbreitungswegen im Nahrungsnetz liegt. Auch wenn belastbare Einschätzungen zur Bedeutung von MP für das marine Nahrungsnetz noch fehlen, ist dessen Aufnahme durch marine Organismen dokumentiert und reicht von filtrierenden Ruderfußkrebsen bis zu Fischen. Während einige marine Organismen aufgenommenes MP ohne sichtbare Schäden wieder ausscheiden, kann es bei anderen vom Körper absorbiert werden und eine heftige Immunantwort auslösen. Etliche Studien belegen zudem, dass MP häufig stark mit Schadstoffen oder organischen Chlorverbindungen (z. B. DDT) angereichert ist, auch eine Anreicherung von potentiell pathogenen Mikroorganismen auf Mikroplastik wurde bereits nachgewiesen.

In Bezug auf die Ostsee liegen zurzeit keine tragfähigen Daten zur Verbreitung, Abundanz, Art und Besiedlung von MP vor. Da in ihrem Einzugsgebiet aber etwa 80 Mio. Menschen leben, deren Abwässer nahezu alle in die Ostsee abgeführt werden, erscheint es naheliegend, dass auch MP in größeren Mengen in die Ostsee gelangt, sich dort anreichert und als Träger distinkter mikrobieller Populationen bzw. pathogener Keime deren Verbreitung stark beeinflussen kann.

Ziel des Verbundprojektes MikrOMIK ist es, die Bedeutung von MP und seiner mikrobiellen Biofilme für das Ökosystem Ostsee zu ermitteln. Drei grundlegende Fragen soll MikrOMIK beantworten, welche im Rahmen der Vorstellung des Projektes und seiner Partner in dem Vortrag kurz erläutert werden:

- (1) Wie ist die Verteilung von MP in der Ostsee und wo liegen seine Emissionsquellen- und Akkumulationsbereiche?
- (2) Welche mikrobiellen Populationen und Funktionen charakterisieren Biofilme auf MP?
- (3) Welche potentiellen gesundheitlichen Risiken für die Ostseeanrainer stellen MP als potentieller Träger auch pathogener Keime dar?

Systemarerer Ansatz zur Überwindung von Umweltproblemen

Prof. Dr. Peter Wilderer, TU München-IAS – IESP-Projekt

Einführung

Die komplexen Umweltprobleme unserer Zeit erfordern Lösungsansätze, die nur aus einem internationalen, inter-disziplinären und trans-disziplinären Zusammenwirken von Akteuren gewonnen werden können. Dies zumindest war die Botschaft der Teilnehmer eines Workshops, der im Jahr 2008 im Bildungszentrum der Hanns Seidl Stiftung in Wildbad-Kreuth zum Thema „*Earth System Engineering: The Art of Dealing Wisely with the Planet Earth*“ abgehalten wurde. Der Begriff „*Erd-System*“ wurde von den Teilnehmern als Summe der global miteinander interagierenden physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse – die von der Menschheit geformten ökonomischen und gesellschaftlichen Prozesse eingeschlossen. Basierend auf den Forderungen von Hans Jonas (1979) wurde die internationale Expertengruppe zur Bewahrung des Erdsystems (IESP) gegründet mit dem Auftrag, auf ein verantwortungsvolles Handeln der Menschheit hinzuwirken.

Die Teilnehmer des Workshops waren damals über die globale Erwärmung und die daraus resultierende Klimaänderung besorgt. Sieben Jahre später sind unsere Sorgen nicht kleiner geworden. Die Staatengemeinschaft kann sich offensichtlich nicht zu rasch wirksamen und umfassenden Maßnahmen zur Begrenzung der Emission klimaschädlicher Gase durchringen. So kann nicht ausgeschlossen werden, dass es über kurz oder lang dem Ingenieur überlassen bleibt, der Erderwärmung und der dadurch ausgelöste Klimaänderung mit technischen Mitteln zu begegnen. Erste Versuche dazu wurden bereits durchgeführt (The Royal Society, 2009).

Ist unser Wissen über die Funktion des Erdsystems, über Prozesse und Wechselwirkungen und deren zeitlichen Verlauf ausreichend, um global wirksame Eingriffe zu verantworten? Besteht nicht die Gefahr, dass solche, auf unvollständiges Wissen basierende Maßnahmen die Klimaänderung langfristig eher verschlimmern als sie in den Griff zu bekommen? Das Thema „Verantwortung“ wird zu einem zu einer Überlebensfrage.

Die Diskussionen führten während der Tagung in Wildbad-Kreuth über die Klima-Problematik hinaus. Es wurde von verschiedensten fachlichen Standpunkten aus argumentiert, dass die Menschheit im 21. Jahrhundert mit mindestens drei weiteren kritischen Problemfeldern zu kämpfen hat (Wilderer et al, 2013), nämlich:

1. Verlust an ökosystemaren Dienstleistungen
2. Verschmutzung von Gemeingütern wie Boden, Wasser und Luft
3. Destabilisierung von Wirtschafts- und Gesellschaftssystemen

James Lovelock (1979, 2009) erklärte mit seiner Gaia-Hypothese, dass das Leben auf unserem Planeten über die zurückliegende mehr als 2 Milliarden Jahre nur Bestand haben konnte, weil die großen Ökosysteme dank ihrer Fähigkeiten zur Selbst-Regulation dafür gesorgt haben, die Voraussetzungen für das Leben zu erhalten. Gorshkov und Makarieva (2000) zeigten mit ihren Untersuchungen die herausragende Bedeutung der Waldökosysteme für die lebenserhaltenden Bedingungen auf der Erde auf. Vieles spricht dafür (Makarieva et al, 2013), dass zusammenhängende Waldökosysteme einen bedeutenden Einfluss auf den terrestrischen Wasserkreislauf haben. Die steigende Bevölkerungszahl

auf der Erde und die damit einhergehende Steigerung des Bedarfs an Wasser und Lebensmitteln führten allerdings dazu, dass Flächen für natürlich Ökosysteme geopfert werden. Der Mensch beraubt sich damit selbst seiner eigenen Lebensgrundlage.

Der steigende Wasserbedarf vor allem in den städtischen Ballungszentren führt in vielen Regionen zu einer massiven Übernutzung der örtlichen Grundwasservorkommen (Kerr, 2009). Daraus ergeben sich in den betroffenen Gebieten, insbesondere in Indien, China und Kalifornien zwangsläufig empfindliche Wassermangel-Situationen.

Ebenso schlimme Folgewirkungen resultieren aus der Verschmutzung von Grund- und Oberflächen-gewässern durch Schmutzstoffe aus Industrie und Kommunen. Im späten 19ten Jahrhundert und zu Beginn des 20sten Jahrhunderts breiteten Stoffe, die den Sauerstoffverbrauch in aquatischen Ökosystemen übermäßig steigern, die Hauptsorge. In der Folge stellte sich heraus, dass die Gewässergüte durch den Eintrag von Pflanzen-Nährstoffen, vor allem von nitrat- und phosphorhaltigen Substanzen zu einer Verminderung der Nutzbarkeit von Gewässern für den menschlichen Bedarf sowie zu einer Störung der aquatischen Ökologie führt. Damit aber nicht genug. Sorgen bereite zudem der Eintrag von Schwermetallen sowie von Industriechemikalien verschiedenster Art. Seit dem späten 20sten Jahrhundert gilt die Sorge den sogenannten „*contaminants of emerging concern (CEC)*“, den neu ins Visier kommenden Schadstoffen. Sie resultieren beispielsweise aus der Nutzung neuartiger Haushaltschemikalien und der Ausscheidung von Medikamenten und deren Abbauprodukten (Drewes et al, 2012). Das Thema „Mikro-Plastik-Partikel in der Umwelt“ ordnet sich hier nahtlos ein.

Gravierende Folgewirkungen für die Fruchtbarkeit landwirtschaftlich genutzten Böden und die Nutzbarkeit landwirtschaftlich erzeugter Lebensmittel für den menschlichen Gebrauch ergeben sich aus dem Eintrag von Schadstoffen in den Boden. Rachel Carson (1983) hat darauf bereits in den frühen 60er Jahren des 20sten Jahrhunderts aufmerksam gemacht. Die Emission von Luftschadstoffen in die Atmosphäre ist ein weiteres Problem mit empfindlichen Folgen für die menschliche Gesundheit, die Funktionalität von Ökosystemen sowie für das lokale und globale Klima.

Die Verschmutzung von Wasser, Boden und Luft führt zu gesundheitlichen Schäden nicht nur von Menschen, sondern auch von ganzen Ökosystemen. Aus der Unfähigkeit, derartigen Fehlentwicklungen entgegen zu wirken, resultieren Engpässe in Wasser- und Nahrungsmittelversorgung sowie Krankheiten, die durch medizinische Behandlungen in vielen Ländern der Erde kaum überwunden werden können. Derartige Engpässe führen auch zu einer Hemmung der wirtschaftlichen Entwicklung in den betroffenen Regionen, zu Unzufriedenheit in der Bevölkerung, zu Migration und Destabilisierung in den Herkunfts- und Aufnahmeländern.

Die zusammenfassende Darstellung der Probleme, die aus Klimawandel, Zurückdrängen intakter Ökosysteme, Verschmutzung und gesellschaftlichen Instabilitäten resultieren, zeigen, dass Lösungen nur gefunden werden können, wenn die Probleme in ihrer Gesamtheit angegangen werden. Lösungen für ein Teilproblem, beispielsweise die Begrenzung und Reduzierung der Erderwärmung, sind wichtig, dennoch aber unzureichend. Gebraucht wird ein holistischer Lösungsansatz.

Mikro-Plastik und deren Einordnung in das komplexe Ganze

Mikroskopisch kleine Partikel aus synthetisch erzeugten organischen Polymeren, zusammenfassend als Mikro-Plastik bezeichnet, entstehen teilweise durch Zerkleinerung von Plastikmaterialien wie beispielsweise Plastiktüten in Fließ- und Küstengewässern oder durch Abrieb synthetischer Fasern von Kleidungsstücken in Waschmaschinen (Cole et al. 2011). Sie werden als Granulate jedoch auch gezielt erzeugt und zum Erreichen bestimmter Wirkungen eingesetzt. Aufgrund ihrer Rauigkeit wirken sie

abrasiv, beispielsweise in Zahnpasta. Sie werden zum oberflächlichen Abschälen von unerwünschten Hautpartien (Peeling) verwendet, zur Unterstützung des Waschprozesses sowie als Träger von Duftstoffen in Waschpulvern.

Mikro-Plastiks einschließlich der synthetischen Textilfasern werden als Handelsprodukte mit bedeutendem wirtschaftlichem Wert eingestuft. Von den Anwendern werde sie als Nutzen bewertet. Aus ökonomischer und gesellschaftlicher Perspektive gesehen sind sie geschätzte Wertstoffe.

Auf der anderen Seite sind Mikro-Plastiks Schmutzstoffe mit einem hohen Potenzial an Schadwirkungen auf aquatische Organismen, auf die Funktionen ganzer Ökosysteme und letztendlich auch auf den Mensch. Genauere Informationen dazu sind bisher allerdings nur in begrenztem Umfang verfügbar. Forschung ist notwendig, um das Wissen über die genauen Schadwirkungen zu vertiefen.

In die Umwelt gelangen Mikro-Plastik-Granulate sowie der mikroskopisch kleinen Teile synthetischer Textilfasern insbesondere über den Abwasserpfad. Nach bisherigem Kenntnisstand werden diese Stoffe durch herkömmlich konzipierte Kläranlagen nicht oder nur unzureichend zurückgehalten. Biologisch abbaubar sind sie nicht oder allenfalls extrem langsam.

Wenn vom Abwasser abgetrennt werden Mikro-Plastiks Teil des Klärschlammes. In vielen Ländern der Erde werden Klärschlämme landwirtschaftlich genutzt. Dabei kommen die Partikel in den Boden und damit potenziell in die Nahrungskette. Genauere Kenntnisse liegen hierzu bisher ebenfalls nicht vor, sollten aber aus Gründen der Vorsorge durch gezielte Forschung schnellstens gewonnen werden.

Resilienz-Erhaltung: Ein Weg zur Problemlösung

Um die Gefahren abschätzen zu können, die von Mikro-Plastiks direkt oder indirekt ausgehen, ist Forschung notwendig. Das Wissen über die Gefahren ist wichtig, reicht allerdings nicht aus. Es müssen Lösungen gefunden werden, solche Gefahren zu bannen, ohne dabei - ggf. unnötigerweise - auf den Nutzen für die Wirtschaft und die menschliche Gesellschaft zu verzichten. Ein Verbot der Erzeugung und des In-den-Handel-Bringens künstlich hergestellter Mikro-Plastik-Granulate und synthetischer Textilfasern würde ebenso wie die Einführung einer weiteren Reinigungsstufe in Kläranlagen das Problem vermutlich nur begrenzt lösen, da nicht auszuschließen ist, dass erhebliche Gefahren auch von Mikro-Plastiks ausgehen, die durch Zerreiben in Flüssen oder in Küstenregionen entstehen. Welche Möglichkeiten gibt es also sonst?

Die IESP-Arbeitsgruppe schlägt zur Lösung ähnlich gelagerter Problembereiche vor, die Resilienz-Theorie (Walker und Salt, 2006) zu konsultieren. Unter Resilienz versteht man die Fähigkeit eines Systems oder seiner Akteure, sich an die ständig sich ändernden Randbedingungen kontinuierlich anzupassen, ohne dabei die eigene Identität zu verlieren und verletzlich zu werden (Wilderer, 2014). Das Leben auf der Erde besitzt diese Fähigkeit natürlicherweise. Anders ist es kaum zu erklären, dass das Leben über 2,4 Milliarden Jahre Bestand hatte - ungeachtet der massiven Einwirkungen durch den Einschlag von Himmelskörpern, der Änderung der Sonnenaktivität oder durch das Ausbrechen von Vulkanen. Für einzelne Akteure einschließlich der Menschheit und der von ihr geschaffenen System gilt diese Voraussetzung offensichtlich nicht. Dinosaurier sind ausgestorben, weil sich die klimatischen Verhältnisse auf der Erde geändert haben. Das Leben ging dennoch weiter. Für die menschliche Gesellschaft, die überleben will, muss eine Anpassung „gewollt“ sein. Zum Wollen gehört Mut und die Bereitschaft, Risiken einzugehen.

Eine Notwendigkeit, sich an geänderte Randbedingungen anzupassen, wird von außen angestoßen. Für anthropogene Systeme erfolgt ein solcher Anstoß durch das Hinzukommen neuen Wissens, neuer technologischer Möglichkeiten, neuer klimatischer, wirtschaftlicher und politischer Gegebenheiten. Eine Anpassung wird dann zum Vorteil, wenn die Veränderungen im Umfeld als Chance verstanden und zu einem Neuanfang genutzt werden. Die Resilienz-Theorie spricht in diesem Zusammenhang von „adaptiven Zyklen“, die durchlaufen werden müssen, um resilient zu bleiben. Das Beharren auf den Althergebrachten führt dagegen zu einer Steigerung der Verletzlichkeit und letztendlich zum Kollaps.

Die Herstellung und Verbreitung von Mikro-Plastik-Granulaten und synthetischen Textilfasern markiert eine Veränderung der Randbedingungen, innerhalb derer sich die menschliche Gesellschaft ebenso wie die belebte Umwelt befindet. Angesichts der potenziellen Gefahren, die von solchen Stoffen ausgeht, ist eine Anpassung notwendig. Ein Verbot von Plastik-Materialien aller Art sowie der Herstellung von Mikro-Plastik-Granulaten und synthetischen Textilfasern wäre als Versuch zu verstehen, einen früheren Zustand wiederherzustellen. Ähnlich zu beurteilen wären Anstrengungen, durch Hinzufügen zusätzlicher Trennverfahren in Wasserwerken und Kläranlagen, Mikro-Plastiks zurückzuhalten und dann zu vernichten. Das würde von der Industrie und den Nutzern als Freibrief zum Nichts-Tun verstanden. Solche Maßnahmen bergen die Gefahr in sich, auf kurz oder lang in einen destabilisierenden Zustand abzugleiten und im Kollaps zu enden.

Es gilt vielmehr, durch Schaffen neuen Wissens und Innovation in einen Zustand zu gelangen, der die Herstellung und die Verwendung kritisch zu beurteilender Plastik-Materialien unnötig macht. Parallel dazu sollten weltweit das Sammeln und die Wiederverwendung von Plastik-Materialien zum Standard menschlichen Handelns werden. Auch dazu ist Wissen notwendig, aber auch Bildung und zuvorderst das „Wollen“ auf breitester Ebene. Es gilt wie in vielen anderen Fällen, die Resilienz anthropogener Systeme weltweit zu steigern.

Zusammenfassung

Die Anwendung von Verbreitung von Mikro-Plastik stellt eine potenzielle Gefahr dar. Forschung ist notwendig, diese Gefahr genauer zu eingrenzten. Die physikalischen, chemischen und biologischen Detektionsmethoden sind dazu schnellstens weiter zu entwickeln und weltweit zu normen. Es ist notwendig, die Wechselwirkungen mit anderen Umweltschadstoffen sowie die Verbreitungspfade genauer kennenzulernen, ebenso Wirkungen auf den menschlichen Organismus sowie auf pflanzliche, tierische und bakterielle Lebewesen.

Es ist nicht auszuschließen, dass von Mikro-Plastik auf globaler Ebene Gefahren ausgehen, die ähnlich gravierend sind, wie die Gefahrenpotenziale vieler anderer Umweltschadstoffe. Allerdings ist zu konstatieren, dass mit der Herstellung und Verwendung von Mikro-Plastik-Granulaten und synthetischen Textilfasern nicht nur Nachteile verbunden sind, sondern auch Vorteile, die weithin als Kundennutzen verstanden werden (z.B. Zahn-Hygiene) und in mancherlei Hinsicht auch zu einer Senkung des Ressourcen-Verbrauchs und der Emission von Umwelt-relevanten chemischen Stoffe (z.B. Duftstoffe) führen.

Anders verhält es sich mit Mikro-Plastik, die infolge des Wegwerfens von Plastikmaterialien durch natürliche Zerreibungsvorgänge entstehen. Hier gilt es, weltweit das Angebot an getrenntem Sammeln und die Weiterentwicklung von Recycling-Techniken voranzutreiben.

Zur Lösung des Mikro-Plastik-Problems wird empfohlen, die Resilienz-Theorie zu Rate zu ziehen. Die Erforschung und Darstellung von Methoden, die der Verwendung von Mikro-Plastik-Granulaten und synthetischen Textilfasern ebenbürtig sind, erscheint geeignet, einen Neuanfang im Verbraucherverhalten einzuleiten, ohne dass dadurch wirtschaftliche Nachteile entstehen.

Literatur

- Carson RL (1983) *Der Stumme Frühling*. Verlag C.H. Beck, München
- Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS (2011) Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62 (2011) 2588–2597
- Drewes J et al (2012) Integrierter Ansatz zur Wasserforschung und Technologieentwicklung. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 10 pp 907-911
- Grambow M (Hrsg). 2013. *Nachhaltige Wasserbewirtschaftung: Konzept und Umsetzung eines vernünftigen Umgangs mit dem Gemeingut Wasser*. Springer Vieweg, Wiesbaden
- Gorshkov V. G., Gorshkov V. V. and Makarieva A. M. (2000) *Biotic regulation of the environment*. Springer Praxis Publishing
- Jonas H (1979). *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*. Suhrkamp Taschenbuch 3492
- Kerr RA (2009) Northern India's Groundwater Is Going, Going, Going ... *Science* Vol. 325 no. 5942 p. 798
- Lovelock J (1979) *A new look of life on Earth*. Oxford University Press
- Lovelock J (2009) *The vanishing face of Gaia*. Basic Books, New York, USA
- Makarieva AM, Gorshkov VG, Sheil D, A. D. Nobre AD, Li BL (2013) Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. *Atmos. Chem. Phys.* 13, pp 1–18
- The Royal Society (2009) *Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty*. Excellence in Science, ISBN: 978-0-85403-773-5
- Walker B and Salt D (2006). *Resilience Thinking – Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Island Press, Washington D.C.
- Wilderer PA, Grambow M, Meng W (2013) Sustainable Earth System Engineering: Incentives and Perspectives, *Handbook of Sustainable Engineering*, pp 195-209
- Wilderer P (2013) Resilienz und Nachhaltigkeit. In: *Nachhaltige Wasserbewirtschaftung (Martin Grambow, Hrsg).*, 57-66
- Wilderer PA (2014) Stadtnahe Regionen intelligent entwickeln. *Urban 2.0*, 2, pp 38-39

Tagungsleitung / Referenten

Claus Kumutat
Präsident des LfU
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5001
E-Mail: Claus.Kumutat@lfu.bayern.de

Prof. Dr. Christian Laforsch
Tierökologie I
Universität Bayreuth
Universitätsstr. 30
95440 Bayreuth
Tel.: 0921-55–2650
E-Mail: Christian.Laforsch@uni-bayreuth.de

Dr. Julia Schwaiger
Bayer. Landesamt für Umwelt
Dienststelle Wielenbach
Demollstraße 31
82407 Wielenbach
Tel.: 0881 185–153
E-Mail: Julia.Schwaiger@lfu.bayern.de

Dr. Werner Reifenhäuser
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5508
E-Mail: Werner.Reifenhaeuser@lfu.bayern.de

Dr. Mathias Bochow
Universität Bayreuth/Deutsches GeoFor-
schungszentrum GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam
Tel.: 0331 288–1198
E-Mail: Mathias.Bochow@gfz-potsdam.de

Dr. Dieter Fischer
Leibniz Institut für Polymerforschung
Hohe Str. 6
01069 Dresden
Tel.: 0351 4658–268
E-Mail: Fisch@ipfdd.de

Dr. Gunnar Gerdts
Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeres-
forschung, Biologische Anstalt Helgoland
Kurpromenade
27483 Helgoland
Tel.: 04725 819–3245
E-Mail: Gunnar.Gerdts@awi.de

Prof. Dr. Andreas Greiner
Universität Bayreuth
Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie II
Universitätsstraße 30
95440 Bayreuth
Tel.: 0921-55–3399
E-Mail: Greiner@uni-bayreuth.de

Dipl.-Biol. Hannes Imhof
Tierökologie I
Universität Bayreuth
Universitätsstr. 30
95440 Bayreuth
Tel.: 0921-55–2648
E-Mail: Imhof@uni-bayreuth.de

Prof. Dr. Angela Köhler
Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeres-
forschung
Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven
Tel.: 0471 4831–1407
E-Mail: Angela.Koehler@awi.de

Dr. Jan Koschorreck
Umweltbundesamt
Bismarckplatz 1
14193 Berlin
Tel.: 030-8903–5608
E-Mail: Jan.Koschorreck@uba.de

Priv. Doz. Dr. habil. Matthias Labrenz
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemün-
de (IOW)
Sektion Biologische Ozeanographie
Seestraße 15
18119 Rostock-Warnemünde
Tel.: 0381 5197–378
E-Mail: Matthias.Labrenz@io-warnemuende.de

Dr. Aaron Lechner
Universität Wien
Department für Limnologie und Ozeanographie
Althanstraße 14 (UZA I)
A-1090 Wien
Tel.: +43-1-4277-76400 (Sekretariat)
E-Mail: Aaron.Lechner@univie.ac.at

Dr. Martin Löder
Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für
Polar- und Meeresforschung
Kurpromenade
27483 Helgoland
Tel.: 04725 819–3200
E-Mail: Martin.Loeder@awi.de

Dr. Sonja Oberbeckmann
Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde
(IOW)
Seestraße 15
18119 Rostock-Warnemünde
Tel.: 0381 5197-3464
E-Mail: Sonja.Oberbeckmann@io-warnemuende.de

Dipl. Biol. Isabella Schrank
Universität Bayreuth
Tierökologie I
Universitätsstr. 30
95447 Bayreuth
Tel.: 0921-55-2648
E-Mail: Isabella.Schrank@uni-bayreuth.de

Prof. Dr.-Ing. Drs. h.c. Peter A. Wilderer
Soc. Acad. European Academy of Sciences and
Arts
TUM Professor Emeritus of Excellence
TUM Institute for Advanced Study
Amalienstr. 75
80799 München
E-Mail: Peter.Wilderer@mytum.de
Peter@Wilderer.de

