

Mikroplastik in der Umwelt – Quellen, Folgen und Lösungen

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass Kunststoffe einen großen Anteil an der „Vermüllung“ der Ozeane ausmachen. Im Meeresschutz werden Kunststoffpartikel mit einem Durchmesser kleiner als fünf Millimeter als Mikroplastik bezeichnet. Dabei kann es sich um Fragmente handeln, die durch die Zersetzung größerer Kunststoffteile wie Verpackungen entstehen oder als Fasern aus Textilien ausgewaschen werden. Es können jedoch auch primäre Kunststoffpartikel sein, die bereits in mikroskopischer Größe hergestellt werden. Dazu gehören Granulate, die in kosmetischen Mitteln, Wasch- und Reinigungsmitteln sowie weiteren Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Im folgenden Artikel werden Quellen von Mikroplastik beschrieben, Folgen für Ökosysteme und Menschen aufgezeigt und Lösungsmöglichkeiten diskutiert. Erstmals wird sich diesem Thema eine Konferenz in Deutschland widmen, am 1. Juli 2014 in Köln im Maternushaus (bio-based.eu/mikroplastik).

Abfälle in den Ozeanen und in Binnengewässern werden von Kunststoffen dominiert (Barnes et al. 2009). Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen nimmt an, dass auf jedem Quadratkilometer Ozean bis zu 18.000 Plastikteile schwimmen (UNEP 2006). Es kann Jahrhunderte dauern, bis Kunststoffe durch physikalische, chemische und biologische Abbauprozesse in den Meeren zerkleinert werden (UBA 2010). Dabei werden neben großformatigen Abfällen wie Plastikflaschen oder Plastiktüten auch stetig mehr Mikropartikel aus Kunststoffen – in der öffentlichen Debatte ‘Mikroplastik’ genannt – in Meereswirbeln, Sedimenten und an Stränden beobachtet sowie in Meeresorganismen nachgewiesen.

Der Begriff ‘Mikroplastik’ wird jedoch nicht einheitlich genutzt. Anwender von Mikroplastik in der Kosmetikindustrie sprechen bei dem Begriff Mikroplastik von Granulaten aus Kunststoff, deren Größe zum Teil deutlich unter einem Millimeter liegt. Im Meeresschutz werden dagegen Kunststoffpartikel mit einem Durchmesser kleiner als fünf Millimeter als Mikroplastik bezeichnet (Arthur et al. 2009). Andererseits verwenden Browne et al. (2011) den Begriff für Kunststoffpartikel mit einem Durchmesser kleiner einem Millimeter. Beide Referenzen geben zudem keinen unteren Wert für den Durchmesser der Partikel an, sodass unter dem Begriff ‘Mikroplastik’ auch Partikel mit deutlich kleineren Dimensionen zusammengefasst werden (Leslie et al. 2011). Mikroplastik ist somit ein Sammelbegriff für verschiedene Partikel aus Kunststoff allein auf Basis deren Größe (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Klassifizierung von Kunststoffabfällen im Meer auf Basis deren Größe (Quelle: eigene Darstellung nach JRC 2013, STAP 2011)

Englischer Begriff	Durchmesser der	Typische	Typische
--------------------	-----------------	----------	----------

der Kunststoffabfälle im Meer	Kunststoffabfälle im Meer	Dimensionen aquatischer Lebewesen	Dimensionen von Kunststoffen in der Industrie
Macroplastic	> 25 mm	Fische, Schalentiere, Muscheln, etc.	
Mesoplastic	5 – 25 mm		Produktion von Kunststoffgranulaten
Large microplastic particle	1 – 5 mm		
Small microplastic particle	< 1mm	Plankton	Anwendung von Mikroplastik in der Kosmetikindustrie

Im Folgenden werden entsprechend dieser Definition alle Kunststoffpartikel, deren Durchmesser kleiner als 5mm ist, als Mikroplastik bezeichnet.

Quellen von Mikroplastik

Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) veröffentlichte im Februar 2014 eine Liste mit kosmetischen Produkten, die Mikropartikel aus Kunststoff enthalten. Die am häufigsten in kosmetischen Produkten verwendeten Polymere sind Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyamide (PA). Daneben werden jedoch auch Ethylen-Vinylacetat-Copolymere (EVA), Polyurethan (PUR) und Copolymere von Acrylnitril mit Ethylacrylat oder andern Acrylaten (ANM) genutzt. Das niederländische 'Instituut voor milieuvraagstukken' (IVM) wies in kosmetischen Produkten darüber hinaus Mikropartikel aus Polyethylenterephthalat (PET) und Polymethylmethacrylat (PMMA) nach (Leslie et al. 2012).

Die Hersteller setzen kosmetischen Produkten synthetische Polymere aus mehreren Gründen zu: Einige helfen, wasser- oder öllösliche Substanzen fein zu verteilen, andere tragen dazu bei, dass kosmetische Produkte beim Auftragen auf Haut, Haar oder Nagel einen zusammenhängenden Film bilden. Polyethylen (PE) etwa besitzt nach der Internationalen Nomenklatur für kosmetische Inhaltsstoffe (INCI) filmbildende und viskositätsregelnde Eigenschaften. Zudem verwenden die Hersteller Mikropartikel aus Kunststoff als Abrasiva. Sie sollen helfen, Verunreinigungen von der Haut zu entfernen oder Zähne zu reinigen. Gouin et al. (2011) veröffentlichten eine Abschätzung, wie viele Mikropartikel aus Polyethylen US-Bürger im Jahr 2009 in flüssiger Seife und Duschgel verbrauchten. Rund 300 Millionen US-Bürger benutzten danach insgesamt 261 Tonnen an solchen Mikropartikeln in flüssiger Seife und Duschgel. Das entspricht einem täglichen Verbrauch von Mikropartikeln aus Polyethylen in Höhe von 2,4 mg pro US-Bürger.

Neben dem Einsatz in der Kosmetikindustrie gibt es weitere Anwendungen für Mikropartikel aus Kunststoffen. Sie werden als abrasive Perlen in Wasch-, Säuberungs- und Pflegemitteln und als Strahlmittel in der Oberflächenreinigung etwa von Edelstahl genutzt. Sie werden als Gleit- oder Trennmittel in der Kunststoffverarbeitung genauso eingesetzt wie als Trägermaterial von Pigmenten oder als Zusatzstoff, um die Zähflüssigkeit von Heißklebern einzustellen. Ferner werden sie sowohl als Beschichtungsmittel für Hochglanzzeitschriften zugesetzt als auch, um Obst vor Druckstellen zu schützen. Auch Wasserenthärter können solche Mikropartikel aus

Kunststoffen enthalten. Spezielle Mikropartikel werden darüber hinaus als Vektor für Arzneimittelwirkstoffe verwendet.

Neben dem Einsatz von Mikroplastik, das direkt in mikroskopischer Größe hergestellt wird und in kosmetischen Mitteln und anderen Produkten zur Anwendung kommt, kann es sich bei Mikropartikeln auch um sekundäre Fragmente handeln, die durch die Zersetzung makroskopischer Kunststoffteile entstehen. Mikropartikel aus Kunststoff können zum Beispiel von in der Umwelt entsorgten Kunststoffverpackungen wie Plastiktüten oder Plastikdosen stammen, von Kunststofffasern aus Textilien oder vom Reifenabrieb. Auch beim Herstellen und Recycling von Kunststoffen fallen Partikel an. Ryan et al. (2010) beschreiben zudem direkte Einträge von Makroplastik aus den Abfällen von Schiffen.

Obwohl die Quellen von Mikroplastik zu einem großen Teil bekannt sind, fehlen bisher belastbare Angaben darüber, welche Menge an Mikroplastik aus kosmetischen Mitteln, anderen Anwendungen und weiteren Quellen tatsächlich in die Umwelt gelangt.

Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen verweist auf eine Schätzung aus dem Jahr 1997, dass in den 1990er Jahren jährlich rund 6,4 Millionen Tonnen Plastikmüll in die Weltmeere eingetragen wurde, wovon knapp 5,6 Millionen Tonnen von Schiffen stammt (UNEP, 2006). Wright et al. 2013 vermuten, dass insgesamt rund zehn Prozent der weltweit hergestellten Kunststoffe irgendwann in Ozeane eingetragen werden. Damit würden von den im Jahr 2012 nach Schätzungen von PlasticsEurope weltweit hergestellten 288 Millionen Tonnen knapp 30 Millionen Tonnen früher oder später in die Weltmeere gelangen und als potenzielle Quelle für Mikroplastik dienen (vgl. Abbildung 1).

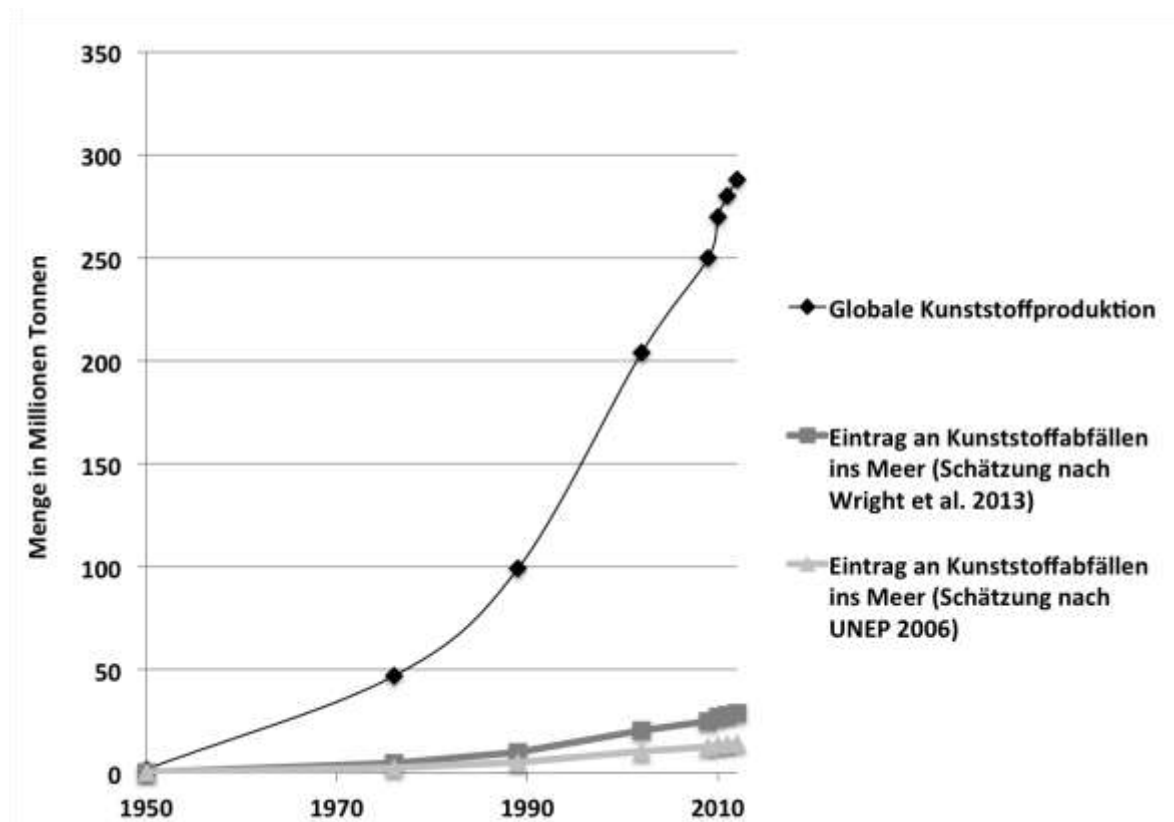


Abbildung 1: Weltweite Produktion von Kunststoffen im Zeitraum von 1950 bis 2012 und geschätzte Einträge von Kunststoffabfällen ins Meer (Quelle: Eigene Darstellung nach PlasticsEurope 2013, UNEP 2006, Wright et al. 2013)

Folgen von Mikroplastik

Mikroplastik in der Umwelt ruft zahlreiche Folgen für Mensch und Natur hervor. Nehmen Tiere kleine oder größere Teile von Kunststoffen auf, weil sie das für Nahrung halten, kann sich bei ihnen ein dauerhaftes Sättigungsgefühl einstellen – und sie verhungern. Bei Muscheln konnten Forscher in Fütterungsexperimenten mit Mikroplastik zeigen, dass Plastikpartikel durch die Magenwand ins Blut gelangen können. Viele Kunststoffteile enthalten Chemikalien wie Weichmacher oder Flammschutzmittel. Einige dieser Zusatzstoffe sind fruchtbarkeitsschädigend oder wirken wie natürliche Hormone. Solche Zusatzstoffe sind nicht fest in die Kunststoffmatrix eingebunden, können entweichen und auf Lebewesen einwirken. An Mikropartikeln aus Kunststoffen können hydrophobe langlebige Schadstoffe haften und sich anreichern. Nehmen Lebewesen diese Partikel auf, können diese Schadstoffe in die Nahrungskette gelangen (Teuten et al. 2007) und letzten Endes Schäden beim Menschen verursachen.

Biokunststoffe als Lösung des Problems?

Primäre Mikropartikel aus kosmetischen Produkten machen mengenmäßig einen kleinen Teil des Plastiks in den Ozeanen aus. Strategien für eine Verringerung der zunehmenden ‘Vermüllung’ der Weltmeere sollten sich daher nicht allein auf den Einsatz solcher Mikropartikel beziehen, sondern alle Kunststoffabfälle betreffen.

Es gibt viele Möglichkeiten, künftig mehr Plastikabfälle zu vermeiden oder, falls sie anfallen, möglichst viel von ihnen stofflich zu nutzen. Die EU setzt dabei auf die fünfstufige Abfallhierarchie, die sie in Artikel 4 der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG vom 19. November 2008 festgelegt hat. Abfälle sind danach zuallererst zu vermeiden. Ist das nicht möglich, sind sie wieder zu verwenden; ist dies wiederum nicht praktikabel, sind sie stofflich zu recyceln. Erst in der vierten und vorletzten Stufe sind Abfälle thermisch zu verwerten und die letzte Option ist, sie zu deponieren.

Hersteller kosmetischer Produkte können zudem auf langlebige Mikropartikel aus Kunststoffen verzichten oder sie durch Mikropartikel aus anderen Materialien ersetzen. Viele dieser Unternehmen suchen zurzeit nach Ersatzprodukten. Chemikalienhersteller und Chemikalienhändler bieten bereits einige Ersatzprodukte an (Cellulose, Holzspäne, Mineralien).

Ob bio-basierte, biologisch abbaubare Polymere eine Option sein könnten, ist eine spannende und wichtige Frage. Interessant wäre ihr Einsatz vor allem deshalb, weil dann die bestehenden Prozessketten weitgehend unverändert genutzt werden könnten und auch die Funktionen der Mikropartikel den bisher eingesetzten Kunststoffen stark ähneln würden.

Polyhydroxyalkanoate (PHA), und bio-basiertes Polybutylensuccinat (PBS), sind potenzielle Kandidaten, wie auch Polymilchsäure (PLA) aus Maisstärke, Chitosan aus Chitin oder Casein aus tierischen Proteinen. Aktuelle Studien zeigen, dass Polymilchsäure wahrscheinlich keine optimale Lösung darstellt, während Polyhydroxyfettsäuren eine echte Zukunftsoption sind (CalRecycle 2012). PHA ist ein natürliches Thermoplast, das von Bakterien und auch höheren Lebewesen als Energiespeicher verwendet wird und unter praktisch allen Umweltbedingungen (auch im Meer) schnell abgebaut wird. Die größte Herausforderung ist, dass der Abbau noch nicht im Produkt, sondern erst nach seiner Nutzung erfolgt – sowie eine Massenproduktion.

So genannte ‘oxo-abbaubare’ Kunststoffe sind dagegen keine Lösung, sondern eine Quelle des Problems. Diese Kunststoffe werden nicht biologisch abgebaut, sondern besitzen nur „Sollbruchstellen“, die zu einer Fragmentierung der Polymere führen, also zu Mikropartikeln. Bis zu 80 Prozent der Bestandteile (bezogen auf das ursprüngliche Gewicht der Produkte) verbleiben in der Umwelt und können dort toxische Wirkungen entfalten (Narayan 2009).

Bio-basierte Kunststoffe, die möglichst sofort nach Gebrauch in der Umwelt abgebaut werden, haben gegenwärtig noch keine Relevanz am Markt. Die Suche danach entspricht für den Meeresbiologen Richard Thompson von der Universität Plymouth dem Hinterherlaufen eines Gespenstes: „Chasing a ghost: Is it possible that we produce a plastic product, which vanishes if it is not utilized anymore!“ (Thompson 2014). Solche Kunststoffe sollen zwar Anforderungen etwa hinsichtlich Stabilität, Oberflächenstruktur, Farbe oder Geruch erfüllen, andererseits sollen diese Eigenschaften sofort verloren gehen, wird der Kunststoff nicht mehr gebraucht. Er soll dann in einer trockenen und heißen Wüste genauso zerfallen wie im kalten salzigen Meerwasser. Dies ist zumindest eine große Herausforderung für Materialwissenschaftler und Ingenieure.

Schon heute sind, wie oben beschrieben, mit PHA bio-basierte Kunststoffe bekannt, die diesen Ansprüchen grundsätzlich genügen könnten. Mit entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen, weiteren Optimierungen ihrer Eigenschaften sowie einer Massenproduktion, könnte dieser Kunststoffklasse eine große Zukunft beschert sein.

Schlussfolgerungen

Genaue Angaben über Einsatzmengen von Mikropartikeln aus Kunststoff in kosmetischen Produkten und andere Anwendungen sind nur ungenügend vorhanden. Welche Mengen dieser Partikel in die Umwelt gelangen und welche Eintragspfade und Transportmechanismen vorherrschend sind, ist ebenfalls aufgrund mangelnder Daten nur grob zu beziffern. Die Akkumulation in den Ozeanen, am Meeresboden und an den weltweiten Stränden und in zahlreichen Organismen und die davon ausgehenden Konsequenzen für Mensch und Natur findet in der Öffentlichkeit immer größere Beachtung und verlangt Lösungen.

Fragmente von Kunststoffabfällen im Meer sind die weitaus größere Schadensquelle. Um die Zahl von Mikroplastik in der Umwelt und vor allem in den Weltmeeren zu verringern, genügt es daher nicht, sich auf Mikroplastik in Kosmetika zu fokussieren. Stattdessen braucht es Maßnahmen, die die Menge an Kunststoffabfälle in der Umwelt generell drastisch verringern – und dass nicht nur in Deutschland oder der EU, sondern weltweit. Die EU gibt hierzu den richtigen Weg mit der fünfstufigen Abfallhierarchie vor: Danach hat das Vermeiden von Abfällen Vorrang.

Gleichzeitig sollten andere Strategien verfolgt und ausgebaut werden. Der Ersatz von herkömmlichen Kunststoffen durch biologisch abbaubare Biokunststoffe, das sogenannte Substitutionsprinzip, ist eine Möglichkeit, die in einigen Anwendungen zum Tragen kommen kann. Hier gibt es viel versprechende Ansätze mit bio-basierten Kunststoffen wie PHA, die unter praktisch allen Umweltbedingungen rasch biologisch abgebaut werden.

Autor:

Dipl.-Umweltwissenschaftler Roland Essel

Veranstaltungshinweis

Das nova-Institut führt einen Kongress mit dem Titel „Mikroplastik in der Umwelt - Quellen, Folgen und Lösungen“ durch. Der Kongress findet am 01. Juli von 09:00 bis 18:00 Uhr im Maternushaus in Köln, Deutschland statt. Weitere Informationen zu dieser Veranstaltung finden Sie unter: www.bio-based.eu/mikroplastik

Literatur

- Arthur, C.; Baker, J. & H. Bamford (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-QR&R-30.
- Barnes, D.K.A.; Galgani, F.; Thompson, R. C. & M. Barlaz (2009): Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environment. In: Philosophical Transaction of the Royal Society B (biological sciences) 364: 1985-1998
- Browne, M.A.; Crump, P.; Niven, S.J.; Teuten, E.; Tonkin, A.; Galloway, T. & R. Thompson (2011): Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. In: Environmental Science & Technology 45: 9175-9179
- CalRecycle – California Department of Resources Recycling and Recovery (2012): PLA and PHA Biodegradation in the Marine Environment. State of California, Department of Resources Recycling and Recovery, Sacramento, California
- Gouin, T.; Roche, N.; Lohmann, R. & G. Hodges (2011): A thermodynamic approach for assessing the environmental exposure of chemicals absorbed to microplastic. In: Environmental Science & Technology 45: 1466-1472
- JRC – Joint Research Centre (2013): Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas – A guidance document within the Common Implementation Strategy for the Marine Strategy Framework Directive. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter. European Union, 2013
- Leslie, H.; van der Meulen, M. D.; Kleissen, F. M. & A. D. Vethaak (2011): Microplastic Litter in the Dutch Marine Environment – Providing facts and analysis for Dutch policymakers concerned with marine microplastic litter. Deltares, the Netherlands
- Narayan, R. (2009): Biodegradability... In: bioplastics MAGAZINE [01/09] Vol. 4: 28-31
- PlasticsEurope – Association of Plastics Manufacturers (2013): Plastics – the Facts 2013. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. PlasticsEurope, Brussels
- Ryan, P.G.; Moore, C.J.; van Franeker, J.A. & C.L. Moloney (2010): Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B 364, pp: 1999 - 2012
- STAP – Scientific and Technical Advisory Panel (2011): Marine Debris as a Global Environmental Problem: Introducing a solutions based framework focused on plastics. Global Environment Facility, Washington, DC.
- Teuten, E.L., Rowland, S.J., Galloway, T.S. & Richard C. Thompson (2007): Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. In Environmental Science and Technology 41, 7759-7764
- Thompson, Richard C. (2014): The challenge: Plastics in the marine Environment. Environmental Toxicology and Chemistry 33: 6-8
- UBA - Umweltbundesamt (2010): Abfälle im Meer – ein gravierendes ökologisches, ökonomisches und ästhetisches Problem. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- UNEP – United Nations Environment Programme (2006): Ecosystems and Biodiversity in Deep Waters and High Seas. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 178. UNEP /IUCN, Switzerland
- Wright, S. L.; Thompson, R. & T. S. Galloway (2013): The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. In: Environmental Pollution 177: 483-492

Verantwortlicher im Sinne des Presserechts (V.i.S.d.P.):

Dipl.-Phys. Michael Carus (Geschäftsführer)

nova-Institut GmbH, Chemiepark Knapsack, Industriestraße 300, DE-50354 Hürth

Internet: www.nova-institut.de und www.bio-based.eu

Email: contact@nova-institut.de

Telefon: +49 (0) 22 33-48 14 40

Das nova-Institut wurde 1994 als privates und unabhängiges Institut gegründet und ist im Bereich der Forschung und Beratung tätig. Der Fokus liegt auf der bio-basierten und der CO₂-basierten Ökonomie in den Bereichen Rohstoffversorgung, technisch-ökonomische Evaluierung, Marktforschung, Ökobilanzen (LCA), Öffentlichkeitsarbeit, B2B-Kommunikation und Politik. Mit einem Team von mehr als 20 Mitarbeitern erzielt das nova-Institut einen jährlichen Umsatz von 2 Mio. €.