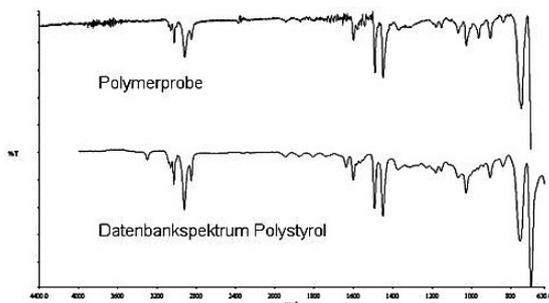
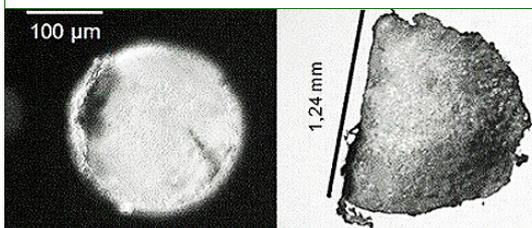


Sascha Klein, Thomas P. Knepper und Eckhard Worch

Seit den 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts sind Kunststoffe fast überall in der Welt verfügbar, und die Nachfrage sowie die Produktion von Kunststoffen haben sich in den letzten 60 Jahren um das 150-fache gesteigert [1]. Die weltweite Produktion für Kunststoffe lag im Jahr 2012 bei 288 Millionen Tonnen, davon wurden allein 7% in Deutschland hergestellt [2]. Im Alltag begegnen uns Kunststoffe in vielen Bereichen, und ein Leben ohne Plastikprodukte ist kaum mehr vorstellbar. So finden Kunststoffe hauptsächlich Einsatz in der Verpackungsindustrie und im Bauwesen, aber auch als Zusätze in Reinigungsmitteln und Kosmetikartikeln werden sie verwendet. Die hohe Attraktivität von Kunststoffen erklärt sich durch die vielen Vorzüge, die mit diesem Werkstoff einhergehen. Sie sind günstig herzustellen, lassen sich einfach verarbeiten und weisen dabei außergewöhnliche Materialeigenschaften wie eine hohe mechanische und chemische Stabilität und eine geringe Dichte auf. Jedoch sind es gerade diese Eigenschaften, die ein großes Problem für die Umwelt darstellen. Viele der großtechnisch eingesetzten synthetischen Polymere sind nur sehr langsam abbaubar, und so wird berichtet, dass über 25 Millionen Tonnen Kunststoffmüll pro Jahr in der Umwelt gelangen [3, 4].



**Abbildung 1:** IR-Spektrum einer aus Sediment separierten Polymerprobe und Referenzspektrum von Polystyrol



**Abbildung 2:** Kunststoffpartikel aus Sedimentproben

Trotz einiger Studien über die ökologische Bedenklichkeit von Kunststoffen in den 1970er Jahren ist vor allem die Verschmutzung der Ozeane durch Kunststoffe erst in den letzten 15 Jahren immer mehr in den Fokus der Wissenschaft geraten. Seit Mitte der 90er Jahre gibt es zahlreiche Berichte über Funde von Kunststofffragmenten an Küsten und in Ozeanen [5]. Ein Großteil der Plastikabfälle wird jedoch nicht im Ozean selbst, durch z.B. Fischfang, Tourismus oder Öl- und Gasplattformen eingetragen, sondern stammt von landbasierten Quellen. So gelangen die Kunststoffe auf vielen verschiedenen Wegen wie unsachgemäße Müllentsorgung, Hochwasser und Regen oder Deponieabläufe in mannigfaltigen Sorten, Formen und Größen in den Wasserkreislauf. Natürlich sind nicht nur Ozeane und Meere von der Verschmutzung mit Kunststoffen betroffen, sondern auch Süßwassersysteme wie Flüsse und Seen, für die bislang jedoch nur sehr wenige Daten über das Ausmaß der Verschmutzung zur Verfügung stehen.

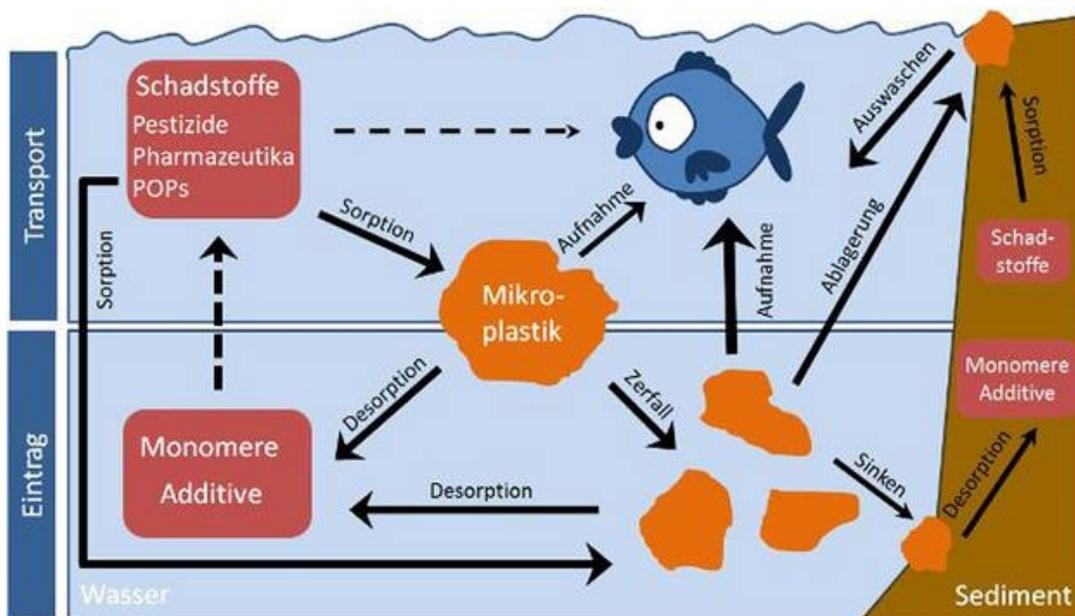
War zu Beginn die Forschung noch stark auf Makroplastik beschränkt, konzentrierte sich die Forschung in den letzten Jahren immer mehr auf die sogenannten Mikroplastikpartikel. Der Begriff Mikroplastik bezeichnet kleine Kunststofffragmente, deren Obergrenze der Größe jedoch auf Grund einer fehlenden allgemein anerkannten Definition je nach Studie variiert. Je nach Autor wird in der Literatur der Begriff Mikroplastik für Kunststoffpartikel mit Größen von kleiner 1 mm bis kleiner 10 mm verwendet [5]. Studien auf der ganzen Welt bestätigen das Vorkommen von

Mikroplastik an Stränden, Küsten und in Ozeanen. Auch in Europa, wie zum Beispiel an der belgischen und portugiesischen Küste [6, 7] oder auf griechischen und deutschen Inseln [8, 9], wurde Mikroplastik separiert, qualifiziert und quantifiziert. Je nach Belastung bewegt sich dabei die Menge an Mikroplastik in Sedimenten zwischen 0,21 und über 77000 Partikel pro m<sup>2</sup> [5]. Daher ist es nicht verwunderlich, dass auch Flüsse und Seen im Landesinneren mit Mikroplastik belastet sind, wie zum Beispiel Untersuchungen der Großen Seen in Nordamerika oder eine Untersuchung von Sedimenten des Gardasees zeigen [10]. Aber auch Rheinsedimente sind offenbar mit Mikroplastik belastet [11].

Zur Quantifizierung müssen die Plastikpartikel zuvor jedoch über ein Netz direkt an der Wasseroberfläche gesammelt oder von den Sedimentpartikeln abgetrennt werden. Eine häufig eingesetzte Möglichkeit ist eine Dichtentrennung mittels gesättigter Salzlösung, meist wird hier eine gesättigte Kochsalzlösung eingesetzt. Plastikpartikel mit einer geringeren Dichte als Kochsalzlösung schwimmen an der Oberfläche und können abfiltriert werden. Nachteilig ist jedoch, dass Kunststoffe mit einer Dichte größer 1,20 g/cm<sup>3</sup> (Dichte der Kochsalzlösung) nicht oder nicht vollständig erfasst werden können, darunter fallen etwa Kunststoffe wie Polyethylenterephthalat und Polyvinylchlorid. Eine Identifizierung des Kunststofftyps ist zum Beispiel durch die Anwendung von Infrarot- oder Raman-Spektroskopie möglich. Bei diesen Techniken können die festen Polymerproben direkt und ohne sie zu zerstören gemessen und über die daraus erhaltenen Spektren mit einem Datenbankabgleich einem Polymertyp zugeordnet werden (Abbildung 1). Differenziert man die so separierten Kunststoffpartikel zwischen Makro- und Mikroplastikpartikeln, ist festzustellen, dass der größte Anteil der Kunststoffmasse zwar durch wenige große Partikel getragen wird, die Mikroplastikpartikel aber die viel größere Anzahl an Partikeln darstellen. Das erhöhte Vorkommen von Mikroplastik im Vergleich zu Makroplastik lässt sich unter anderem durch die vielfältigen Eintragspfade in die Umwelt erklären. Mikroplastikpartikel entstehen entweder durch Zerfall großer Kunststoffteile bedingt durch Abrieb und Alterungsprozesse oder werden direkt in die Umwelt eingetragen. So findet sich Mikroplastik zum Beispiel in Form industrieller Pellets, die zur Herstellung von Kunststoffartikeln wie Folien dienen, oder Mikroplastikpartikel, die in Reinigungsmitteln und Kosmetika Verwendung finden, in der Umwelt wieder [12]. Durch das breite Anwendungsgebiet von Kunststoffen sind Formen der Plastikteile vielfältig, oft werden hier kleine Partikel oder Kugeln, aber auch Fasern und Granulate gefunden (Abbildung 2). Trotz unzähliger produzierter Kunststofftypen finden sich nur wenige in größeren Mengen tatsächlich in der Umwelt wieder. Das liegt vor allem an den unterschiedlichen Produktionszahlen der verschiedenen synthetischen Polymere. So entfallen ca. 80% der Weltproduktion auf die Polymere Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polystyrol, Polyurethan und Polyethylenterephthalat, und ist es leicht zu erklären, dass genau diese Polymere häufig in Umweltproben gefunden werden [12].

Da die synthetischen Polymere an sich keine toxischen Eigenschaften haben, stellt sich die Frage, welche Folgen die Kunststoffverschmutzung auf die aquatische Umwelt hat (Abbildung 3). Zum einen sind hier natürlich ästhetische und ökonomische Aspekte zu nennen. Verschmutzte Gegenden verlieren deutlich an Attraktivität, wodurch vor allem Urlaubsregionen und die Tourismusindustrie betroffen sind. Schwerer wiegen die Auswirkungen auf Lebewesen, die sich in Kunststoffabfällen verfangen oder Mikroplastik mit der Nahrung aufnehmen aber nicht mehr ausscheiden können und daran verenden. Ein weiteres Problem ist, dass die Kunststoffpartikel zum anderen als Quelle und Transportmittel für Schadstoffe fungieren können. Zum Teil werden für die Produktion der Kunststoffe giftige Monomere (wie z.B. Vinylchlorid) oder hormonell wirksame Additive (z.B. Bisphenol A) verwendet und können von den Polymeren im Wasser abgegeben

werden. Zudem können die Mikroplastikpartikel aber auch Schadstoffe aus dem Wasser aufnehmen. Durch den hydrophoben Charakter vieler synthetischer Polymere kommt es zu einer Anreicherung der Schadstoffe am Polymerpartikel, die so einen Transporter für diese Schadstoffe in weniger verschmutzte Gebiete oder gar Organismen darstellen. Vor allem sehr unpolare Stoffe sorbieren an Kunststoffe und werden dort dann in Konzentrationen nachgewiesen, die mehrere Größenordnungen über der Konzentration des umgebenden Wassers liegen. So finden sich zum Beispiel hohe Konzentrationen von krebserregenden Verbindungen wie polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe oder polychlorierten Biphenylen in untersuchten Mikroplastikproben [13]. Ob es durch die Sorption der Schadstoffe zu einer erhöhten Toxizität gegenüber aquatischen Organismen kommt oder ob dies eventuell positive Auswirkungen hat, ist bisher noch nicht geklärt. So führten Tests mit juvenilen Fischen zu keinem eindeutigen Ergebnis, zeigten jedoch, dass es durch die Kombination von Mikroplastik und Schadstoffen zu einer veränderten Verfügbarkeit und Abbau der Schadstoffe kommt [14].



**Abbildung 3:** Mögliche Einflüsse von Kunststoffpartikeln auf aquatische Ökosysteme, aufgeteilt in die Eigenschaft als Transporter und Quelle für Schadstoffe

Durch die stetig wachsenden Produktionszahlen der Kunststoffe und die extreme Langlebigkeit mit Halbwertszeiten von über 100 Jahren wird sich die Verschmutzung der Umwelt durch Kunststoffe in den kommenden Jahren und Jahrzehnten nicht verringern. Auch der Einsatz biologisch abbaubarer Kunststoffe stellt aufgrund hoher Produktionskosten und somit geringer produzierter Mengen zurzeit noch keine Alternative dar. Aus diesem Grund bleibt eine Überwachung der Kunststoffabfälle notwendig, und auch über eine Regulierung des Einsatzes synthetischer Polymere muss nachgedacht werden.

## Kontakt:



### Sascha Klein

Hochschule Fresenius - University of Applied Sciences  
IFAR - Institute for Analytical Research  
Limburger Str. 2  
65510 Idstein  
Tel.: +49 (0)6126 9352-238  
Fax: +49 (0)6126 9352-173  
E-Mail: [sascha.klein@hs-fresenius.de](mailto:sascha.klein@hs-fresenius.de)

### Prof. Dr. Thomas P. Knepper

Hochschule Fresenius - University of Applied Sciences  
Limburger Str. 2  
65510 Idstein  
E-Mail: [knepper@hs-fresenius.de](mailto:knepper@hs-fresenius.de)

### Prof. Dr. Eckhard Worch

Technische Universität Dresden  
Institut für Wasserchemie  
01062 Dresden  
E-Mail: [eckhard.worch@tu-dresden.de](mailto:eckhard.worch@tu-dresden.de)

## Schlauer Fuchs

Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete:

Was versteht man unter dem Begriff "Mikroplastik"?



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

[http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_forst\\_geo\\_und\\_hydrowissenschaften/fachrichtung\\_wasserwesen/ifw](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/ifw)



HOCHSCHULE  
FRESENIUS  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

<http://www.hs-fresenius.de/die-hochschule/forschung/institute-for-analytical-research-ifar/>

## Literatur:

- [1] Andrady, A.L. and M.A. Neal, Applications and societal benefits of plastics. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2009. **364**(1526): p. 1977-84.
- [2] PlasticsEurope, *Plastics - the Facts 2013: An analysis of European latest plastics production, demand and waste data*. 2013.
- [3] Orhan, Y. and H. Buyukgungor, Enhancement of biodegradability of disposable polyethylene in controlled biological soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2000. **45**(1-2): p. 49-55.
- [4] Eubeler, J.P., M. Bernhard, and T.P. Knepper, Environmental biodegradation of synthetic polymers II. Biodegradation of different polymer groups. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 2010. **29**(1): p. 84-100.
- [5] Hidalgo-Ruz, V., et al., Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ Sci Technol*, 2012. **46**(6): p. 3060-75.
- [6] Claessens, M., et al., Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 2011. **62**(10): p. 2199-2204.
- [7] Martins, J. and P. Sobral, Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? *Marine Pollution Bulletin*, 2011. **62**(12): p. 2649-2653.

- [8] Karapanagioti, H.K. and I. Klontza, Investigating the properties of plastic resin pellets found in the coastal areas of Iesvos island. *Global Nest Journal*, 2007. **9**(1): p. 71-76.
- [9] Liebezeit, G. and F. Dubaish, Microplastics in Beaches of the East Frisian Islands Spiekeroog and Kachelotplate. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2012.
- [10] Imhof, H.K., et al., Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current biology : CB*, 2013. **23**(19): p. R867-R868.
- [11] Klein, S., E. Worch, and T.P. Knepper, „Microplastics“ in aquatischen Ökosystemen: Untersuchung der Sorption organischer Schadstoffe an synthetische Polymere in Süßwasser. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft, Tagungsband, 2013: p. 142-146.
- [12] Browne, M.A., T.S. Galloway, and R.C. Thompson, Spatial patterns of plastic debris along Estuarine shorelines. *Environ Sci Technol*, 2010. **44**(9): p. 3404-9.
- [13] Rios, L.M., et al., Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre's "eastern garbage patch". *Journal of Environmental Monitoring*, 2010. **12**(12): p. 2226-2236.
- [14] Oliveira, M., et al., Single and combined effects of microplastics and pyrene on juveniles (0+group) of the common goby *Pomatoschistus microps* (Teleostei, Gobiidae). *Ecological Indicators*, 2013. **34**: p. 641-647.