



Auswirkungen von synthetischen und natürlichen Mikropartikeln auf Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) und Felsengarnelen (*Palaemon varians*)

M. Weidung^{1,2} (mara.weidung@awi.de), L. Gutow² (ars.gutow@awi.de),

R. Saborowski² (reinhard.saborowski@awi.de)

¹ Universität Duisburg-Essen, Universitätsstr. 2, 45141 Essen /D

² Alfred-Wegener-Institut, Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven/D

Zusammenfassung

Mikroplastik (< 5 mm) ist in Gewässern allgegenwärtig. Je kleiner die Partikel sind, desto leichter können sie von aquatischen Lebewesen aufgenommen werden. Verbleib und Wirkweisen im Organismus variieren stark zwischen verschiedenen Arten. Partikel, die kleiner als 1 µm sind, können in die Zellen gelangen und induzieren dort oxidativen Stress. Diese Studie umfasst den Nachweis der Aufnahme und Akkumulation von Mikropartikeln in marinen Invertebraten (*Mytilus edulis* und *Palaemon varians*) sowie die Identifizierung physiologischer und zellulärer Effekte. Zum Vergleich werden neben der Wirkung von Mikroplastik unterschiedlicher Größe auch die Effekte natürlicher Partikel (Kieselalgen) und von Titandioxidpartikeln untersucht.

1. Einleitung

Die Verschmutzung aquatischer Lebensräume durch Mikroplastik ist ein fortschreitendes Umweltproblem und führt weltweit zu Besorgnis. Die stetig ansteigende Kunststoffproduktion führt zu einer zunehmenden Menge an Plastikabfällen in Flüssen, Seen und Ozeanen. Im Jahr 2015 erreichte die weltweite Kunststoffproduktion 322 Millionen Tonnen [1]. Obwohl Kunststoffabfälle recycelt, in Müllverbrennungsanlagen für die Energieerzeugung genutzt oder auf Deponien entsorgt werden können, gelangt immer noch ein Großteil in die Umwelt und letztlich in die Meere. Marine Plastikabfälle stammen hauptsächlich vom Festland; jedoch findet auch ein direkter Eintrag durch Schifffahrt und Fischerei statt. Mikroplastikpartikel (< 5 mm), die durch den Zerfall von Kunststoffprodukten entstehen, werden als sekundäres Mikroplastik bezeichnet. Primäres Mikroplastik wird industriell gefertigt und findet Verwendung als Granulat für die Weiterverarbeitung, als synthetische Fasern in Kleidung oder als Zusatz in Kosmetikprodukten. Plastikpartikel sind in Gewässern allgegenwärtig. Je kleiner sie sind, desto leichter können sie von aquatischen Organismen aufgenommen werden. Mikroplastik wird von einer Vielzahl von Vertebraten und Invertebraten aufgenommen und verursacht unterschiedlichste Schäden wie Entzündungsreaktionen, Verstopfung des Verdauungstraktes und eine Fehlsteuerung des Sättigungsempfindens [2].

Lebensart, Habitateigenschaften, Physiologie und Anatomie der Tiere beeinflussen die Aufnahme von Mikroplastik wie auch den Verbleib der Partikel im Organismus. Fütterungsexperimente zeigten scheinbar widersprüchliche Wirkungen in Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) und Meerasseln (*Idotea emarginata*). In Miesmuscheln gelangten die Plastikpartikel bis in die Zellen

der Verdauungsorgane und verursachten Entzündungsreaktionen [3]. Im Gegensatz dazu konnten Meerasseln aufgenommene Partikel ohne Akkumulation im Verdauungstrakt wieder ausscheiden [4]. Die Filtersysteme im Magen der Asseln verhindern den Eintrag großer Partikel in die Mitteldarmdrüse, dem wichtigsten Organ der Nährstoffresorption und Enzymsekretion. Bei Zebrafischen (*Danio rerio*) führte die Aufnahme von Mikroplastik zu Leberschäden, einem gestörten Lipid- und Energiestoffwechsel und zu oxidativem Stress, welcher auf erhöhte Aktivitäten antioxidativer Enzyme zurückzuführen ist [5].

2. Material und Methoden

In der Studie werden zwei Invertebratenarten, Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) und Felsengarnelen (*Palaemon varians*), mit Partikeln verschiedener Größe und Zusammensetzung inkubiert. Die beiden Spezies wurden anhand ihrer unterschiedlichen Anatomie der Verdauungssysteme ausgewählt (Abb. 1 und 2). Fluoreszierende Polystyrolpartikel von 0,1 µm, 2,1 µm und 9,9 µm Durchmesser sowie Siliciumdioxidpulver (Kieselalgen) und Titandioxidpartikel werden verwendet. Siliciumdioxidpulver eignet sich, um die Effekte von künstlichen mit natürlichen Partikeln zu vergleichen. Titandioxid wird häufig in Form von weißem Pigment als Lebensmittelzusatzstoff und in Kosmetikartikeln verwendet. Die Studie umfasst den Nachweis der Aufnahme und Akkumulation von Mikroplastikpartikeln in marinen Invertebraten sowie die Identifizierung physiologischer und zellulärer Effekte. Erste Versuche zur Bestimmung der Aufnahme und Akkumulation von Mikroplastik im Verdauungstrakt wurden bereits durchgeführt. Dazu wurden Miesmuscheln und Felsgarnelen für 24 Stunden mit hohen Konzentrationen an fluoreszierenden Polystyrolpartikeln inkubiert. Anschließend wurde die Verteilung der Partikel in den Verdauungsorganen mittels Fluoreszenzmikroskopie untersucht und fotografiert. Zelluläre Effekte werden anhand von oxidativem Stress bestimmt. Die Aktivitäten der antioxidativen Enzyme Katalase und Superoxiddismutase (SOD) werden als Biomarker für oxidativen Stress gemessen.

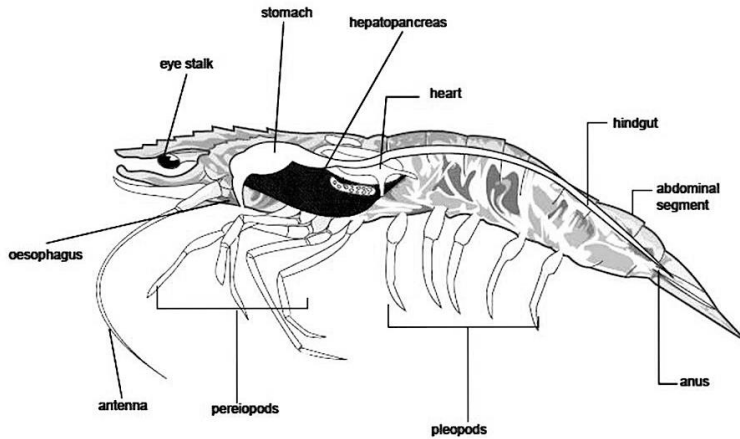


Abbildung 1: Anatomie einer Garnelle [6]

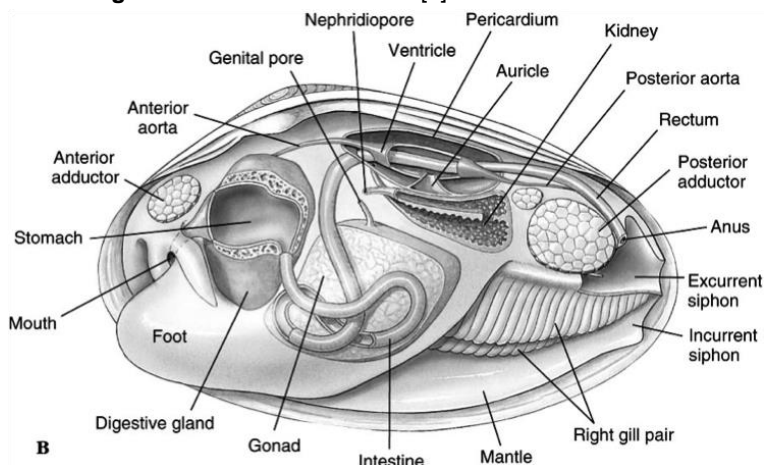


Abbildung 2: Anatomie einer Muschel [7]

3. Ergebnisse und Diskussion

Während der Inkubation zeigten beide Arten unterschiedliche Verhaltensweisen. Die Felsengarnelen nahmen die Partikel stetig auf, die Muscheln wiederum reduzierten ihre Filtrationsrate. Abhängig von der Partikelgröße, zeichnete sich ein unterschiedliches Verteilungsmuster im Verdauungssystem der Tiere ab. Die größeren Partikel (2,1 μm und 9,9 μm) verblieben im Magen und den Lumen des Darms. Die kleineren Partikel (0,1 μm) scheinen in das umliegende Gewebe vorgedrungen zu sein (Abb. 3).

In *M. edulis* waren Partikel aller Größen im Darm vorzufinden. Die größeren Partikel von 2,1 μm und 9,9 μm wurden ausschließlich im Darm gefunden. Die kleineren Partikel wurden zudem im umliegenden Gewebe der Mitteldarmdrüse gefunden (Abb. 3 a-c). In *P. varians* gelangten die größeren Partikel in den Magen, die kleineren Partikel drangen bis zur Mitteldarmdrüse vor (Abb. 3 d-f).

Es ist davon auszugehen, dass Muscheln aufgrund ihrer Anatomie zwischen verschiedenen Partikelgrößen nicht differen-

zieren können. Allerdings können sie die Filtrerrate reduzieren, wenn sie unverdauliches Material wahrnehmen. Krebstiere besitzen einen Magen mit feinmaschigen Filterstrukturen, die die Aufnahme von Partikeln größer als 1 μm in die Mitteldarmdrüse verhindern. Diese Partikel gelangen in den Darm und können ausgeschieden werden. Partikel kleiner als 1 μm dringen in die Mitteldarmdrüse ein. Möglicherweise werden sie dort von den angrenzenden Zellen resorbiert und induzieren oxidativen Stress. Die Aufnahme von Partikeln in die Zelle kann über Phagozytose, Endozytose oder Makropinozytose erfolgen [8]. Das dabei involvierte Enzym NADPH-Oxidase generiert Sauerstoffradikale in Phagosomen und im Cytoplasma um die eingeschlossenen Fremdkörper abzubauen (Abb. 4) [9]. Die Sauerstoffradikale wie auch deren Reaktionsprodukte, Hydroxylradikale und Wasserstoffperoxid, führen zu oxidativem Stress in der Zelle. Als Schutzmechanismus wird die Synthese antioxidativer Enzyme erhöht, welche den Abbau reaktiver Sauerstoffspezies katalysieren. Die ausstehenden Messungen der SOD- und Katalase-Aktivität werden Aufschluss über die Induktion von oxidativem Stress durch unterschiedliche Mikro-partikel geben.

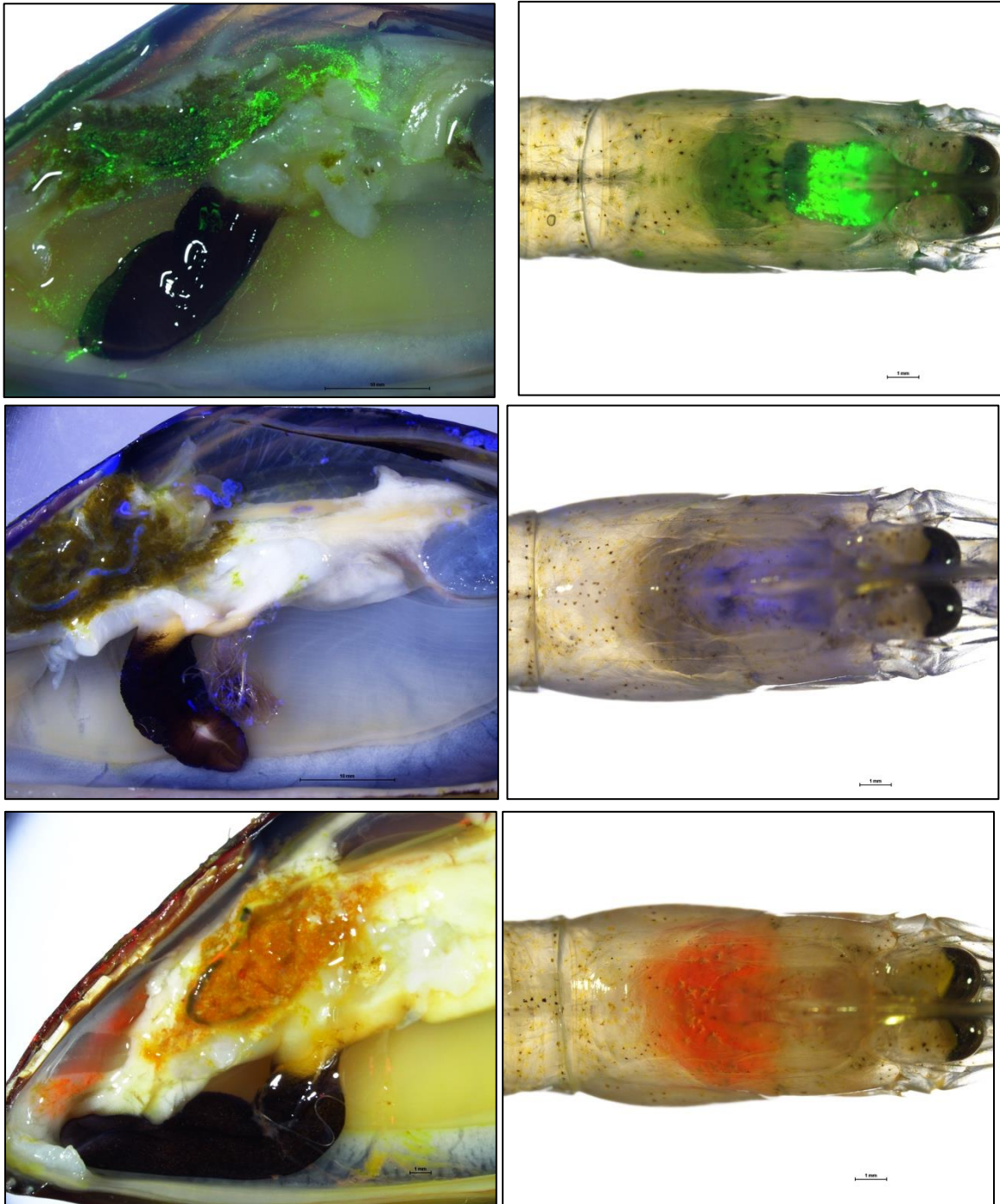


Abbildung 3: Akkumulation von fluoreszierenden Mikroplastikpartikeln verschiedener Größe in Miesmuscheln (*Mytilus edulis*, a - c) und in Felsengarnelen (*Palaemon varians*, d - f) nach 24 Stunden Inkubation. Partikelgrößen: a) und d) 9.9 µm; b) und e) 2.1 µm; c) und f) 0,1 µm. Maßstäbe: a) und b) 10 mm; c) bis f) 1mm.

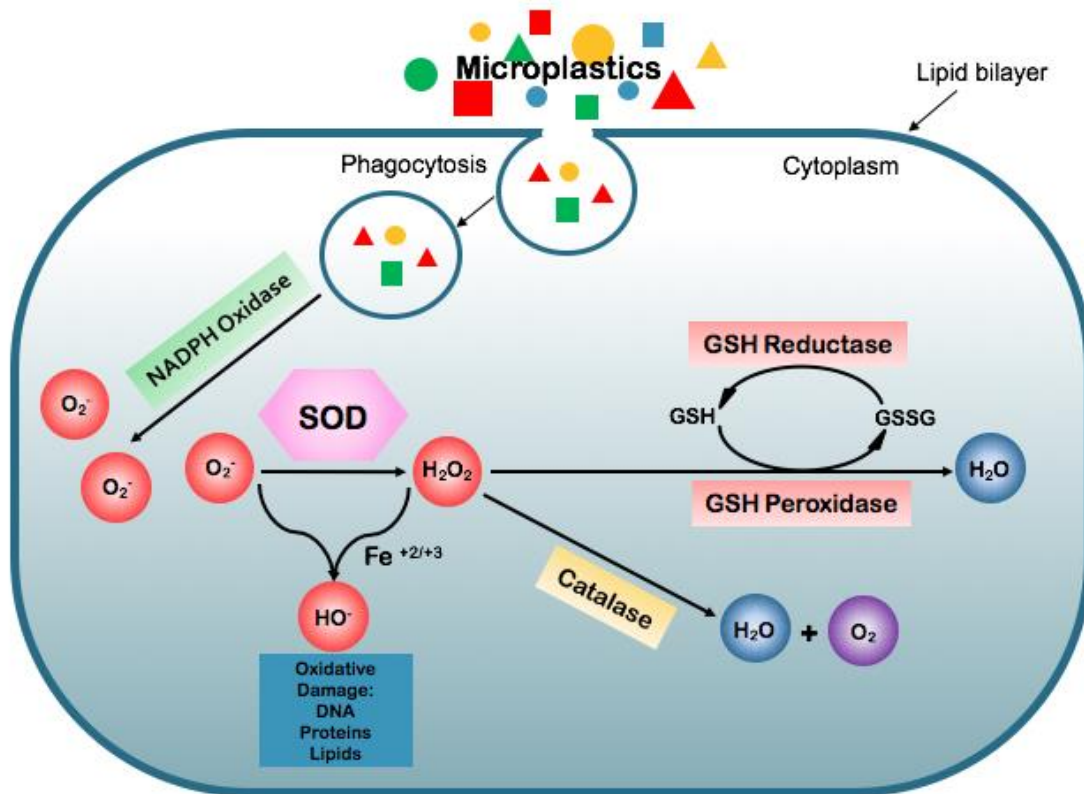


Abbildung 4: Aufnahme von Mikroplastik in eine Zelle durch Phagozytose, Induktion von oxidativem Stress und Schutzmechanismen in Form von antioxidativen Enzymen. Superoxid Dismutase (SOD), Katalase und Glutathion (GSH) Peroxidase katalysieren den Abbau reaktiver Sauerstoffspezies (rote Kugeln).

Literatur

- [1] Plastics - the Facts 2016. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics Europe: Brussels, Belgium, 2016. <http://www.plasticseurope.de/Document/plastics---the-facts-2016.aspx>
- [2] Zoeter Vanpoucke M (2015) Impact of microplastic uptake: contamination in sprat and microplastic-mediated uptake of PAHs by European shore crab. Institute of Agricultural and Fisheries Research (ILVO) Ghent, EMBC+. MSc thesis.
- [3] Von Moos N, Burkhardt-Holm P, Köhler A (2012) Uptake and effects of microplastic on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology* 46: 11327-11335.
- [4] Hämer J, Gutow L, Köhler A, Saborowski R (2014) Fate of microplastics in the marine isopod *Idotea emarginata*. *Environmental Science and Technology* 48: 13451-13458.
- [5] Lu Y, Deng Y, Jiang W, Zhao Y, Geng J, Ding L, Ren H (2016) Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver. *Environmental Science and Technology* 50: 4054-4060.
- [6] Kaur R, The freshwater prawn *Palaemon*. Department of Zoology, Chandigarh. <http://player.slideplayer.com/12/3461742/data/images/img5.jpg>
- [7] Acadia University, Department of Biology, Wolfville. <https://classconnection.s3.amazonaws.com/862/flashcards/2083862/png/untitled9-1449CFF4A7A1DEC5BF9.png>
- [8] Stern S, Adiseshaiah P, Crist R (2012) Autophagy and lysosomal dysfunctions as emerging mechanisms of nanomaterial toxicity. *Particle and Fibre Toxicology* 9: 20
- [9] Bedard K, Krause K (2007) The NOX family of ROS-generating NADPH oxidases: physiology and pathophysiology. *Physiological Review* 87: 245-313.

Korrespondenzadresse:

Mara Weidung
 Alfred-Wegener-Institut
 Am Handelshafen 12
 27570 Bremerhaven