

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

---

Plastik-Vermeidung:  
Welche smarten Lösungen gibt es?

---

von

Katharina Bach

Matrikelnummer: 2190020

# Inhalt

1. Einleitung .....	3
1.1 Smart Cities .....	3
1.2 Plastik .....	3
1.3 Umweltschäden durch Plastik .....	4
2. Smarte Lösungen.....	6
2.1 Fraunhofer ISC: Bioverpackung .....	6
2.2 Fraunhofer: Synthesekautschuk .....	6
2.3 Fraunhofer: Mikroplastikfilter für Waschmaschinen.....	7
2.4 Kläranlagenfilter .....	8
2.5 Enzym MHETase .....	9
2.6 Mikroplastik als Wasserfilter .....	9
3. Fazit.....	11
4. Literaturverzeichnis.....	12

# 1. Einleitung

## 1.1 Smart Cities

Der Begriff Smart City steht für ein Städtekonzept, welches als Ziel hat die Forschung, Wirtschaft, den Umwelt- und Klimaschutz, sowie die Sicherung und Förderung des sozialen Lebens durch smarte Technologien zu verbessern. Ein weiteres Ziel besteht darin, die Stadt dadurch nachhaltig und intelligenter zu gestalten. Es lassen sich sechs Bereiche ausmachen, welche beeinflussen ob eine Stadt smart ist oder nicht: Ressourcen und Energie, Transport und Mobilität, Gebäude, Leben, Regierung, sowie Wirtschaft und Leute (Neirotti et al. 2014; Lim et al. 2019). Der Bereich Ressourcen und Energie umfasst alle Aufgaben rund um die Strom-, Wasser-, Nahrungsmittelversorgung und Landwirtschaft der Stadt. Es geht in diesem Bereich aber auch um die Müllentsorgung, Abwasserabführung und effiziente Nutzung von Energie. Die zunehmende Vermüllung, vor allem von Megastädten, ist ein wachsendes Problem. Besonders für den Plastikmüll können viele smarte Lösungen gefunden und in Zukunft realisiert werden

## 1.2 Plastik

Synthetisch hergestellte Kunststoffe werden umgangssprachlich als Plastik bezeichnet. Diese besitzen die Eigenschaften flexibel, widerstandsfähig und leicht formbar zu sein. Vor allem aber sind sie ein günstiges Produkt, welches vielseitig eingesetzt werden kann, zum Beispiel in der Autoindustrie, im Sport und in der Medizin-, Elektro-, sowie Haustechnik. Allerdings sind Kunststoffe durch ihre chemische Herstellung nicht abbaubar und besitzen eine Verrottungszeit von mehreren Tausend Jahren. Durch die Widerstandsfähigkeit des Plastiks zerfällt es nur sehr langsam in kleinere Stücke und schließlich zum Mikroplastik (Fath 2019).

Bei Mikroplastik handelt es sich um Partikel aus Kunststoffen, die einen Durchmesser bis zu fünf Millimetern haben (Betts 2008; Barnes et al. 2009). Diese Partikel stammen entweder aus primären oder sekundären Kunststoffabfällen. Bei Primärkunststoffen handelt es sich um bereits sehr kleine und verwendete Partikel, die beispielsweise aus Kosmetika generiert werden (Fendall and Sewell 2009). Sekundärkunststoffe dagegen sind große Kunststoffobjekte, die durch biologische, chemische und physikalische Witterungsprozesse auf diese Größe reduziert wurden (Cole et al. 2011). Weitere große Mikroplastikquellen sind Fasern von synthetischer Kleidung oder der Reifenabrieb.

### 1.3 Umweltschäden durch Plastik

Durch das Vorkommen von Plastik in der Umwelt steigt auch die Freisetzung der im Plastik enthaltenen Chemikalien. Oftmals werden Additive zur Modifikation von Polymeren eingesetzt, welche niedermolekular und reaktiver als Polymere sind und daher eine höhere Toxizität besitzen (Fath 2019). Zum einen können Tiere Makroplastik verzehren und werden aufgrund der Unverdaulichkeit geschädigt. Weiterhin können sich die entstanden Mikroplastikpartikel im Gewebe von Tieren und Pflanzen anlagern, wodurch dieses durch einen Transfer innerhalb der Nahrungskette bis hin zum Menschen gelangen könnte. Ein konkretes Beispiel ist hierfür die Ablagerungen von Kunststoffen in den Ozeanen, so gelangen im Jahre 2010 ein Prozent des globalen Plastikmülls in die Meere (Barnes et al. 2009; van Sebille et al. 2015). Durch ihren sehr langsamen Abbau werden sie häufig von filtrierenden Organismen aufgenommen. (Arthur et al., 2008a, Galgani et al., 2010, Andrady, 2011). Auf diese Weise gelangt Mikroplastik in die Nahrungskette und wird zur Gefahr für alle Lebewesen, unter anderem auch für den Menschen. Beispielweise gelangt durch den Verzehr

betroffener Meeresfrüchte Mikroplastik in die menschliche Nahrungskette (Moore 2008; Barboza et al. 2018).

Die jährliche Plastikproduktion steigt weltweit und somit auch die davon ausgehenden Gefahren für die Umwelt. Mit zunehmenden Bedarf vergrößert sich auch die entstehende Abfallmenge, so wird bis 2030 eine Zunahme von 28% prognostiziert, wenn sich keine Recycling-Alternative findet (Bertling et al. 2018). In dieser Arbeit sollen smarte Lösungen zur Plastikvermeidung aufgezeigt werden.

## 2. Smarte Lösungen

### 2.1 Fraunhofer ISC: Bioverpackung

Das Fraunhofer ISC bietet innovative Verarbeitung von Kunststoffen an, durch welche eine umweltfreundliche und bioabbaubare Verpackung erschaffen wurde. Die Materiallösung mit dem Namen *bioORMOCER*® verbessert die Barriereleistung von konventioneller Bioverpackungen gegenüber Wasserdampf, Sauerstoff, Aromen und Weichmachern deutlich. Außerdem haben sie zusätzliche Eigenschaften wie antistatisch, anti-adhäsiv und abriebfest. Eine besonders wichtige Funktionalität ist, dass die biologische Abbaubarkeit zeitlich einstellbar ist. Das Produkt ist verwendbar für frischen Fisch-, Fleisch-, Käse- und Wurstwaren. Aber auch sensible Produkte aus dem Pharma- und Kosmetikbereich können produktadäquat geschützt werden (Neunerplatz and Amberg-Schwab).

### 2.2 Fraunhofer: Synthesekautschuk

Natürlicher Kautschuk aus Kautschukbäumen ist ein begrenzter Rohstoff. Synthetisch hergestellter Kautschuk reicht bisher im Abriebverhalten jedoch nicht an das natürliche Produkt heran und eignet sich daher nicht für LKW-Reifen. Ein neuartiger Synthesekautschuk erzeugt nun erstmals 30 bis 50 Prozent weniger Abrieb als Naturkautschuk, wodurch Mikroplastik in der Umwelt vermieden werden kann. Die Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymerforschung IAP, für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME, für Werkstoffmechanik IWM und für Silicatiforschung ISC konnten zusammen einen neuen und optimierten biomimetischen Synthesekautschuk, kurz BISYKA, erarbeiten. Reifen aus Synthesekautschuk verlieren 30 Prozent weniger Masse als das Äquivalent aus Naturkautschuk, der Profilverlust beträgt sogar nur noch die Hälfte. Die Produktion sei auch in einem großen Maßstab für die Automobilindustrie

möglich, wodurch Synthekautschuk eine hervorragende Alternative zum Naturkautschuk bietet. Besonders bei diesem neuen Synthekautschuk ist, dass als Vorlage nicht aus Baum- Kautschuk untersucht wurde, sondern Löwenzahn, welcher nur eine dreimonatige Generationsfolge hat. Um die Biokomponenteneigenschaften von Kautschuk herauszufinden schalteten die Wissenschaftler die involvierten Schlüsselbiokomponenten gezielt aus (Fraunhofer).

### 2.3 Fraunhofer: Mikroplastikfilter für Waschmaschinen

Beim Waschen lösen sich Mikrofasern vorwiegend durch Abrieb aus synthetischer Kleidung und gelangen mit dem Waschmaschinenablauf ins Abwasser. Von Kläranlagen werden die Mikrofasern nicht vollständig herausgefiltert, so dass sie mit dem Kläranlagenablauf weiter in die Gewässer strömen. Es fehlt bisher ein technisches Verfahren bzw. Produkt zum Rückhalt von Mikrofasern, die aus Waschmaschinen und bei industriellen Herstellprozessen ins Abwasser gelangen. Fasern, die beim Waschen ins Abwasser gelangen, liegen mit etwa 78 Gramm pro Kopf und Jahr auf Platz 10 der Mikroplastikemissionen (Bertling et al. 2018). Um die Emissionen von Mikroplastik und synthetischen Mikrofasern in der Umwelt zu reduzieren, wird ein spezielles Filtermodul für Waschmaschinen vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen entwickelt. Dieses soll druckverlustfrei betrieben und aus biologisch abbaubaren Polymeren gefertigt werden. Der Mikroplastikfilter namens *FibrEX* reduziert Mikrofaseremissionen für Waschmaschinen. Das Filterkonzept soll auf Anwendungen in Textilfabriken, Großwäschereien und für Kläranlagen übertragbar sein.

## 2.4 Kläranlagenfilter

Indem die Toilette als Abfall genutzt wird gelangt viel Plastik in Form von Makro- und Mikroplastik in die Abwassersysteme. Aber auch durch Peelings oder Waschmittel gelangt Mikroplastik in die Kanalisation. Die Zuströme einer Kläranlage werden aufgeteilt in das Rechengut, das Sandfanggut, den Klärschlamm und in den gereinigten Kläranlagenablauf. Makroplastik wird zum Rechengut ausgeschleust. Mikroplastik hingegen gelangt in den Klärschlamm oder sogar in den gereinigten Kläranlagenablauf. Klärschlamm wird häufig in der Landwirtschaft als Düngemittel genutzt. So kann sich das Mikroplastik weiter in der Umwelt verbreiten (Michielssen et al. 2016; Lares et al. 2018). Bisher sind in Deutschland keine Technologien zur Elimination von Mikroplastik politisch verpflichtend. Die am häufigsten verwendeten Abwassertechnologien sind mittels Membranen, galvanischer Abscheidung und Koagulation. Nimmt man die Meinung einzelner Wissenschaftler aus dem Wassersektor, so ist der Membranbioreaktor (MBR), die Kombination eines Membranverfahrens wie Mikrofiltration oder Ultrafiltration mit einer biologischen Abwasserbehandlung, eines der vielversprechendsten Verfahren (Talvitie et al. 2017; Eerkes-Medrano et al. 2019). Es bietet die höchste Abscheiderate (99,4 %) und entfernt laut Studienergebnissen 0,5 Mikroplastikpartikel pro Liter.

Daneben zeigen sogenannte biologisch aktive Filter (BAF) ebenfalls eine hohe Effizienz bei der Entfernung von Mikroplastik (Talvitie et al. 2017). Diese Filter ermöglichen das Wachstum von kontaminationsabbauenden Mikroorganismen.

Eine neue Methode ist ein Verfahren namens *Wasser 3.0 PE-X®*, welches von einer Arbeitsgruppe der Universität Koblenz-Landau erforscht wurde. Es handelt sich um einen zweistufigen Prozess, der sich einteilt in eine Wasser induzierte Agglomeration und eine anschließende Aggregation mit chemischer Fixierung von Mikroplastik-Partikeln im Mikrometerbereich über einen physikochemischen Prozess (A.F. Herbort, M.T. Sturm 2018; M. Sturm, M. Rudloff, P. Bimmler, A. Herbort, B. Ney, N. Poppelreiter 2018; Schuhen 2019). Dieses Verfahren ist



neben dem Abwasser auch in anderen Wassersystemen anwendbar. Es kann sowohl für Mikroplastik als auch für die Entfernung anderer Mikroschadstoffe, pharmazeutische Rückstände, polyfluorierte Verbindungen und Organophosphate, eingesetzt werden (Schuhen 2019).

## 2.5 Enzym MHETase

Forscher der Universität Greifswald und des Helmholtz-Zentrums Berlin gelang es, die Struktur des Enzyms MHETase aufzuklären, welches gemeinsam mit dem Enzym PETase den Kunststoff Polyethylenterephthalat (PET) in seine Bestandteile Terephthalsäure und Ethylenglykol zerlegen kann. Diese beiden sind wichtige Bausteine für die Neusynthese von PET (Yoshida et al. 2016; Palm et al. 2019). Auf diese Weise könnte ein Recycling-Kreislauf geschaffen werden, der die Versorgung mit Plastik sicherstellt, ohne dass dabei Müll entsteht oder Rohöl eingesetzt werden muss.

Weiterhin wurde bereits herausgefunden, dass auch eine eukaryotische Mikroalge anstelle eines Bakteriums als Modellsystem verwendet werden kann. Mittels der Kieselalge *P. tricorutum* soll es in Zukunft möglich sein PET verschmutztes Meeresswasser zu reinigen (Moog et al. 2019).

## 2.6 Mikroplastik als Wasserfilter

An Mikroplastik lagern sich organische Schadstoffe an (Wedler 1970). Wie ein Magnet könnte Mikroplastik gezielt in Gewässern eingesetzt werden um Schadstoffe zu entfernen (Fath 2019). Im Moment wird noch geforscht, ob diese Idee realisierbar ist. Die Adsorptionseigenschaft hängt von der Größe und der Struktur des Mikroplastiks ab. Wichtig hierbei wäre, ob es selektive Anlagerungen an verschiedene Kunststofftypen gibt. Als Grundmaterial steht ungenutzter Plastikmüll zur Verfügung. Durch das Filtern von Wasser würde dem

Plastik eine neue Funktion zugesprochen und es würde weniger Plastikmüll entstehen (Fath 2019). Muhandiki et al. 2008 und Matsuzawa et al. 2010 haben bereits gezeigt, dass Polymere zur Schadstoffreinigung im Wasser genutzt werden können. Durch eine anschließende Desorption könnten die organischen Verbindungen, welche oft wertvolle Wirkstoffe sind, zurückgewonnen werden.

### 3. Fazit

Es gibt viele neue smarte Lösungen für die Vermeidung von Mikroplastik. Allerdings sind diese Innovationen nicht staatlich verpflichtend, obwohl Kunststoffemissionen sehr persistent sind. Zur globalen Wahrnehmung dieser, ist es sinnvoll, dass Kunststoffe in die Gefahrenklasse „very very persistent“ eingeführt werden. Außerdem könnte Makro- und Mikroplastik als chronisch wassergefährdend eingestuft werden. Ein weiterer Punkt ist, dass Kunststoffe nicht ausreichend im Chemikalienrecht aufgeführt werden. So sind die meisten Polymere nicht registrierungspflichtig bei REACH. Eine Ressourcen- und Kunststoffsteuer könnte die Menge des verbrauchten Kunststoffes reduzieren. Weiterhin sinnvoll wären Maßnahmen zur Verlängerung der Nutzungsdauer, durch beispielsweise einer Verlängerung der Gewährleistungspflicht oder eine Reparierbarkeitsgarantie. Letztendlich müssen Kunststoffemissionen als ein generationsübergreifendes Problem besser verstanden werden und mit Hilfe einer staatlichen Unterstützung die smarten Innovationen weiterhin gefördert und umgesetzt werden.

#### 4. Literaturverzeichnis

- A.F. Herbort, M.T. Sturm KS (2018) A new approach for the agglomeration and subsequent removal of polyethylene, polypropylene, and mixtures of both from freshwater systems -a case study. *Environ Sci Pollut Res international*
- Barboza LGA, Dick Vethaak A, Lavorante BRBO, Lundebye A-K, Guilhermino L (2018) Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Mar Pollut Bull* 133:336–348
- Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Barlaz M (2009) Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 364:1985–1998
- Bertling J, Bertling R, Hamann L (2018) *Kunststoffe in der Umwelt : Mikro- und Makroplastik Kunststoffe in der Umwelt : Mikro- und Makroplastik.*
- Betts K (2008) Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans. *Environ Sci Technol* 42:8995–8995
- Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS (2011) Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar Pollut Bull* 62:2588–2597
- Eerkes-Medrano D, Leslie HA, Quinn B (2019) Microplastics in drinking water: A review and assessment. *Curr Opin Environ Sci Heal* 7:69–75
- Fath A (2019) *Einleitung: Mikroplastik – eine wachsende Gefahr für Mensch und Umwelt. Mikroplastik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 1–13*
- Fendall LS, Sewell MA (2009) Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Mar Pollut Bull* 58:1225–1228

Fraunhofer VOM NATÜRLICHEN KAUTSCHUK ZUM BIOMIMETISCHEN  
SYNTHESEKAUTSCHUK.

Lares M, Ncibi MC, Sillanpää M, Sillanpää M (2018) Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water Res* 133:236–246

Lim Y, Edelenbos J, Gianoli A (2019) Identifying the results of smart city development: Findings from systematic literature review. *Cities* 95:102397

M. Sturm, M. Rudloff, P. Bimmler, A. Herbort, B. Ney, N. Poppelreiter KS (2018) Neue Ansätze zur Reduktion anthropogener Stressoren aus dem aquatischen Umfeld. *WWT*

Matsuzawa Y, Kimura Z-I, Nishimura Y, Shibayama M, Hiraishi A (2010) Removal of Hydrophobic Organic Contaminants from Aqueous Solutions by Sorption onto Biodegradable Polyesters. *J Water Resour Prot* 02:214–221

Michielssen MR, Michielssen ER, Ni J, Duhaime MB (2016) Fate of microplastics and other small anthropogenic litter (SAL) in wastewater treatment plants depends on unit processes employed. *Environ Sci Water Res Technol* 2:1064–1073

Moog D, Schmitt J, Senger J, Zarzycki J, Rexer K-H, Linne U, Erb T, Maier UG (2019) Using a marine microalga as a chassis for polyethylene terephthalate (PET) degradation. *Microb Cell Fact* 18:171

Moore CJ (2008) Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environ Res* 108:131–139

- Muhandiki VS, Shimizu Y, Adou YAF, Matsui S (2008) REMOVAL OF HYDROPHOBIC MICRO-ORGANIC POLLUTANTS FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT EFFLUENTS BY SORPTION ONTO SYNTHETIC POLYMERIC ADSORBENTS: UPFLOW COLUMN EXPERIMENTS. *Environ Technol* 29:351–361
- Neirotti P, De Marco A, Cagliano AC, Mangano G, Scorrano F (2014) Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities* 38:25–36
- Neunerplatz SISC, Amberg-schwab S BIOABBAUBARE BESCHICHTUNG FÜR LEBENSMITTELVERRACKUNGEN. F RAUNHOFER - I N S T I T U T FÜR S I C A T Forsch I S C
- Palm GJ, Reisky L, Böttcher D, Müller H, Michels EAP, Walczak MC, Berndt L, Weiss MS, Bornscheuer UT, Weber G (2019) Structure of the plastic-degrading *Ideonella sakaiensis* MHETase bound to a substrate. *Nat Commun* 10:1717
- Schuhen K (2019) Nachhaltige Entfernung von Mikroplastik aus Abwasser. 1–5
- van Sebille E, Wilcox C, Lebreton L, Maximenko N, Hardesty BD, van Franeker JA, Eriksen M, Siegel D, Galgani F, Law KL (2015) A global inventory of small floating plastic debris. *Environ Res Lett* 10:124006
- Talvitie J, Mikola A, Koistinen A, Setälä O (2017) Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Res* 123:401–407
- Wedler G (1970) Adsorption. [s.n.],
- Yoshida S, Hiraga K, Takehana T, Taniguchi I, Yamaji H, Maeda Y, Toyohara K, Miyamoto K, Kimura Y, Oda K (2016) A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate). *Science* 351:1196–9

