

# Mikroplastik – relevant für die Papierindustrie?

## Eine Bestandsaufnahme

Regelmäßig ist Mikroplastik Thema in der öffentlichen Berichterstattung. Mikroplastik wurde am Meeresgrund, in Nahrungsmitteln und sogar in menschlichen Stuhlproben nachgewiesen. Aufgrund dieser Omnipräsenz in den Medien sind viele Menschen verunsichert. Wo kommt das Mikroplastik her und gefährdet es unsere Gesundheit? Und ist die Mikroplastik-Thematik auch für die Papierbranche relevant? Auf diese und andere Fragen wird im Folgenden eingegangen.

Bild: 123rf / max5128

### Was ist Mikroplastik?

Unter dem Begriff Mikroplastik werden verschiedene kleine Partikel und Fasern, bestehend aus thermoplastischen, duroplastischen oder elastomeren Kunststoffen, zusammengefasst. Eine einheitliche Definition der Partikel nach ihrer Größe gibt es nicht, jedoch wird meist eine obere Grenze von 5 mm angesetzt<sup>[1]</sup>. Rechtlich ist Mikroplastik ebenfalls noch nicht definiert, jedoch beschreibt ein Dokument der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA)<sup>[2]</sup> Mikroplastik als alle festen, polymerhaltigen Partikel, denen Additive oder andere Substanzen zugesetzt worden sein können, von denen mindestens 1 Prozent der Gesamtmasse eine Größe zwischen 1 nm und 5 mm aufweisen, im Falle von Fasern eine Länge von 3 nm bis 15 mm und die ein Längen- zu Durchmesser-Verhältnis von größer als drei aufweisen.

Mikroplastik kann nach seiner Herkunft in drei Klassen unterteilt werden: Primäres Mikroplastik Typ A und B und sekundäres Mikroplastik. Primäres Mikroplastik Typ A wird als solches hergestellt und verwendet oder weiter verarbeitet. Beispiele hierfür sind Reibkörper in Kosmetika und Reinigungsmitteln oder Kunststoffpellets für die Weiterverarbeitung in der Industrie. Primäres Mikroplastik Typ B entsteht während der Nutzungsphase eines Produktes. Beispiele hierfür sind Reifenabrieb oder beim Waschen von Textilien freigesetzte synthetische Fasern. Sekundäres Mikroplastik entsteht nach der Nutzungsphase eines Produktes durch Verwitterung und Fragmentierung aus größeren Kunststoffteilen, dem sogenannten Makroplastik, in der Umwelt<sup>[3]</sup>.

### Wieso ist Mikroplastik ein Problem und wie gelangt es in die Umwelt?

Mikroplastik besitzt einige kritische Eigenschaften, die sein Vorhandensein in der Umwelt zu einem Problem machen. Man geht davon aus, dass Kunststoffpartikel mehrere Jahrhunderte bis zur Zersetzung in der Umwelt verbleiben, wodurch sie sich bei fortwährendem Eintrag immer weiter verbreiten können. Zudem können sich Kunststoffpartikel auf Grund ihrer geringen Größe leicht über Wind und Strömungen in der Umwelt verteilen und sind kaum wieder zu entfernen.

Bereits in den 1970er Jahren wurden kleine Kunststoffpartikel am und im Meer gefunden<sup>[4,5]</sup>. Und auch heute wird die Mikroplastik-Thematik vor allem im marinen Umfeld untersucht. Mikroplastik-Partikel wurden in allen Kompartimenten der marinen Umwelt identifiziert<sup>[6-8]</sup>. Ihre geringe Größe und das Vorhandensein sowohl in Meerwasser als auch Sedimenten macht die Aufnahme durch eine große Bandbreite von Meeresbewohnern möglich. Diese verwechseln die Partikel mit Nahrung und können so große Mengen an Kunststoffpartikeln zu sich nehmen. Besonders betroffen sind dabei kleine Organismen des Zooplanktons und Wirbellose, da sie unterschiedslos Partikel im µm-Größenbereich aus der Umgebung filtern. Da diese kleinen Lebewesen Fischen, Krustentieren und Seevögeln als Nahrung dienen, können sich die aufgenommenen Kunststoffpartikel innerhalb der Nahrungskette anreichern. Bei den marinen Lebewesen kann es in der Folge zur Blockierung des Verdauungstraktes oder zu verminderter Energieaufnahme durch ein falsches Sättigungsgefühl kommen<sup>[9]</sup>. Aber nicht nur in den

Autoren: Silvia Lang<sup>1</sup>, Antje Kersten<sup>2</sup>, Antje Harling<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Papiertechnische Stiftung (PTS) Heidenau, <sup>2</sup> Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik



Weltmeeren, auch in Süßgewässern wie Flüssen wurde Mikroplastik nachgewiesen. Diese können zum Teil stark belastet sein und dienen somit als Eintragswege von Mikroplastik vom Land ins Meer<sup>[10]</sup>. Eine besonders hohe Belastung wurde zwar an Industriestandorten festgestellt<sup>[11]</sup>, doch wurden auch schon in abgelegenen Seen Mikroplastik-Partikel gefunden<sup>[12]</sup>, die höchstwahrscheinlich über die Luft durch Verwehungen dorthin gelangt sind. Eine Belastung des Bodens mit Mikroplastik ist ebenfalls festgestellt worden, jedoch ist hier die Datengrundlage noch nicht so umfassend wie für die Belastung von Gewässern<sup>[13]</sup>. Verschiedene Quellen für Mikroplastik sind bisher identifiziert worden. Eine wichtige Quelle für Mikroplastik in Deutschland ist Reifenabrieb, der durch Windverwehungen und Regenauswaschung in großen Mengen in die Umwelt gelangt. Aber auch Abrieb von Bitumen, Kunststoff-Schuhsohlen und Kunststoffverpackungen gelangt als Mikroplastik in die Umwelt. Bei der Herstellung von Produkten, die Kunststoffe enthalten, kommen meist kleine Kunststoff-Pellets als Ausgangsprodukt zum Einsatz, auch für spezielle Anwendungen wie den 3D-Druck. Beim Transport und beim Umfüllen der Pellets kann es zu Verlusten kommen, ebenso bei der Lagerung. Achtlos weggeworfener Plastikmüll kann unter dem Einfluss von Witterung wie Temperatur, Feuchtigkeit, UV-Strahlung und mechanischer Beanspruchung zu Mikroplastik zerfallen. Dies ist insbesondere auch im Bausektor der Fall, wo vermehrt Folienfragmente und kleine Styroporkugeln in die Umwelt gelangen können. Von Sport- und Spielplätzen kommt es zu Verwehungen von Kunststoffpartikeln, die Bestandteil von Kunstrasen sind<sup>[3,14]</sup>.

## Hat Mikroplastik Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit?

Das Vorhandensein von Mikroplastik in praktisch allen Umweltkompartimenten wirft die Frage auf, ob auch Menschen Mikroplastik aus der Umwelt aufnehmen und ob dieses einen Einfluss auf die menschliche Gesundheit hat.

Die europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) hat sich in einer Stellungnahme<sup>[15]</sup> unter anderem mit der Aufnahme von Mikroplastik über die Nahrung auseinandergesetzt, nachdem in verschiedenen Studien Mikroplastik in Mineralwasser<sup>[16]</sup>, Honig<sup>[17]</sup>, Bier<sup>[18]</sup>, Tafelsalz<sup>[19]</sup> und Meeresfrüchten<sup>[20]</sup> nachgewiesen wurde. Die EFSA kommt zu dem Schluss, dass nur Partikel kleiner als 150 µm das Darmepithelium durchdringen können und höchstens 0,3 % dieser Partikel im Darm absorbiert werden können. Ein Eindringen in das Gewebe und andere Organe ist nur bei Partikeln von 1,5 µm Größe und kleiner möglich. Da aber keine ausreichenden Daten zur Wirkung von mit der Nahrung aufgenommenen Mikroplastik-Partikeln auf die menschliche Gesundheit vorliegen, ist der EFSA (Stand 2016) eine abschließende gesundheitliche Bewertung nicht möglich.

Die Studienlage zu Auswirkungen von Mikroplastik auf die menschliche Gesundheit ist nicht eindeutig. Eine Studie an menschlichen Gehirn- und Epithelzellen in vitro zeigte eine Zunahme des oxidativen Stresses, nachdem die Zellen Mikropartikeln aus Polyethylen und Polystyrol ausgesetzt wurden<sup>[21]</sup>. Eine Studie an Mäusen zeigte nach oraler Gabe von Mikropartikeln aus Polystyrol eine Akkumulation der Partikel in der Leber, Niere und im Darm der Tiere. Es wurden zudem Störungen im Lipidstoffwechsel der Mäuse und neurotoxische Effekte beobachtet<sup>[22]</sup>. Eine weitere Studie sowohl an menschlichen Zellen in vitro als auch an Nagern in vivo leitete jedoch kein relevantes akutes Risiko für die Gesundheit von Säugetieren nach oraler Exposition gegenüber Polystyrol-Mikropartikeln ab<sup>[23]</sup>.

Thematisiert wird außerdem das mögliche Potenzial von Mikroplastik-Partikeln, kritische Substanzen wie Additive abzugeben, welche den Kunststoffen bei der Herstellung zugesetzt werden. Kunststoffe enthalten neben dem Polymer durchschnittlich 4 % Additive, die zur Verbesserung der Materialeigenschaften zugesetzt werden, wie z. B. Weichmacher, Flammschutzmittel oder UV-Schutzmittel. Auch Restmonomere können noch in den Kunststoffen enthalten sein<sup>[14]</sup>. Einige dieser Substanzen können eine negative Wirkung auf die menschliche Gesundheit haben. Bestimmte, als Weichmacher eingesetzte Phthalate, wirken als endokrine Disruptoren, stören also das Hormonsystem des Menschen. Da diese Substanzen nicht chemisch an die Polymere gebunden sind, können sie aus dem Material freigesetzt werden und gelangen so in die Umwelt. Eine weitere hormonell wirksame Substanz ist Bisphenol A, das als Monomer bei der Herstellung von Polycarbonat-Kunststoffen eingesetzt wird. Als UV-Schutzmittel für Kunststoffe werden unter anderem auch Derivate des Benzophenons eingesetzt. Aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften und ihrer schlechten Abbaubarkeit können sich diese Substanzen im Gewebe von Lebewesen anreichern. Einige Substanzen dieser Klasse stehen im Verdacht, krebserregend zu sein. Bromierte organische Verbindungen werden als Flammschutzmittel in Kunststoffen eingesetzt. Auch sie können sich auf Grund ihrer schlechten Abbaubarkeit in der Umwelt und auch in Lebewesen anreichern<sup>[1]</sup>. Die in Fachkreisen ebenfalls diskutierte Carrierhypothese, d. h. der Transfer von Umweltchemikalien wie PCB, PAKs etc. in Organismen über Mikroplastik, scheint nach aktuellem Kenntnisstand eher vernachlässigbar zu sein<sup>[24]</sup>.

## Wie kann Mikroplastik analytisch bestimmt werden?

Um vergleichbare und belastbare Daten zum Vorhandensein von Mikroplastik in verschiedenen Umweltkompartimenten, Materialien oder biologischen Proben zu erhalten, muss eine geeignete Methodik für die Bestimmung der Mikroplastik-Menge angewendet werden. Einige Eigenschaften von Mikroplastik stellen dabei spezielle Herausforderungen an Probenahme, -aufarbeitung und Analyse dar.

Da Kunststoffe häufig als Materialien in der Analytik eingesetzt werden und es über verschiedene Quellen, beispielsweise Staub über die Laborluft, während der Probenahme und -aufarbeitung zu Kontamination des Probenmaterials mit Mikroplastik kommen kann, muss auf ein möglichst kunststoffarmes Arbeitsumfeld geachtet werden, und tagesaktuell ein Verfahrensblindwert ermittelt werden<sup>[24]</sup>. Mikroplastik liegt zudem oft gemeinsam mit anorganischen und organischen Partikeln und Fasern natürlicher Herkunft derselben Größenordnung vor. Es muss also eine Abtrennung der Mikroplastik-Partikel erfolgen. Um anorganische Matrixbestandteile zu entfernen, kann eine chemische Abtrennung mit Hilfe verdünnter Säuren, Dichte-Separation oder die Feldflussfraktionierung genutzt werden. Organische Matrixbestandteile werden entweder enzymatisch oder oxidativ abgebaut, wobei es auch zur Degradation der Kunststoffpartikel kommen kann. Im Gegensatz zu anderen Stoffen in der Umwelt handelt es sich bei Mikroplastik nicht um einen spezifischen chemischen Stoff oder eine Stoffklasse, sondern um eine komplexe Mischung aus Partikeln und Fasern unterschiedlicher Größe, Zusammensetzung und physikalisch-chemischen Eigenschaften. Eine geeignete Messmethode muss somit in der Lage sein, dieses breite Spektrum zu erfassen, oder man muss die Messaufgabe bzw. die analytische Fragestellung auf einzelne Aspekte beschränken.

Die Probenvorbereitung ist im Falle von Abwasserproben sehr aufwändig. Für die Untersuchung von feststoffarmen Wasserproben, wie z. B.



Kläranlagenabläufen (1–100 mg/L abfiltrierbare Stoffe) wird in<sup>[24]</sup> ein Probenahmevolumen von 15 m<sup>3</sup> empfohlen. Die Anreicherung der Mikroplastik-Partikel erfolgt dann über Filterkerzen- oder Siebkaskaden. Dabei ist insbesondere die Ausprägung eines Filterkuchens mit der daraus folgenden Reduzierung der Filtergängigkeit problematisch. Bei einem hohen Gehalt an Partikeln mit einer Partikelgröße kleiner als 10 µg kann außerdem eine Druckfiltration erforderlich werden, um die erforderliche Filtrationsgeschwindigkeit zu erreichen.

Bei der eigentlichen Messung der Mikroplastik-Partikel kommen vor allem spektroskopische und thermoanalytische Verfahren zum Einsatz<sup>[24]</sup>. Als spektroskopische Methoden sind vor allem die Infrarot(IR)-Spektroskopie und die Raman-Spektroskopie relevant, die mit mikroskopischen Imaging-Techniken kombiniert werden können. Bei der Raman-Spektroskopie wird die Probe mit einem Laser bestrahlt. Im Spektrum des gestreuten Lichts treten nicht nur die eingestrahlte Frequenz, sondern auch andere Frequenzen auf, die materialabhängig sind. Aus dem erhaltenen Spektrum lassen sich somit Rückschlüsse auf die untersuchte Substanz ziehen. Bei der IR-Spektroskopie werden materialspezifische Absorptionen im Infrarotbereich gemessen. Die spektroskopischen Methoden arbeiten zerstörungsfrei und erlauben, wenn sie mit mikroskopischen Techniken kombiniert werden, sowohl eine Charakterisierung der morphologischen Eigenschaften der Mikroplastik-Partikel, z. B. deren Größe, als auch ihrer chemischen Zusammensetzung. Vor der Messung muss jedoch eine aufwändige Abtrennung von Begleitsubstanzen erfolgen, die die Messung beeinträchtigen können. Zudem kann es zur Störung der Messung durch Oberflächenveränderung der Partikel durch z. B. Alterung und Oxidation kommen. Die räumliche Auflösung der spektroskopischen Messung beträgt bis zu 10 µm für die IR-Spektroskopie und 1 µm für die Raman-Spektroskopie, wobei bei einer Messung eine Fläche von mehreren mm Kantentlänge erfasst wird<sup>[25]</sup>. Die Auswertung der Daten zur Partikelgröße und -zusammensetzung muss sorgfältig statistisch betrachtet werden. Um einen repräsentativen Querschnitt der Probenzusammensetzung zu bekommen, müssen häufig die Ausschnitte zahlreicher Filterblätter ausgewertet werden. Je nach Größe und Dichte der Mikroplastik-Partikel sind z. B. in 100 mg Mikroplastik bis zu 430 Partikel (Größenklasse 500–1.000 µm) oder bis zu 109 Partikel (Größenklasse 1–5 µm) enthalten<sup>[24]</sup>.

Als thermoanalytische Methoden für die Mikroplastik-Analytik werden vor allem die simultane thermogravimetrische Analyse und dynamische Differenzkalorimetrie (TGA-DSC) sowie die Pyrolyse-Gaschromatographie-Massenspektrometrie (Py-GC-MS) angewendet. Bei der TGA-DSC wird die Veränderung der Wärmekapazität beim Phasenübergang des Polymers von fest zu flüssig gemessen und daraus Rückschlüsse auf das Material gezogen. Die Methode ist einfach und günstig, erlaubt aber bis heute nur die Identifizierung der Polymere PE und PP. Die Übergangstemperaturen mancher Polymere überlappen sich und diese werden zudem durch Unreinheiten oder Additive beeinflusst. Bei der Pyrolyse-GC-MS wird die Probe zunächst pyrolysiert, anschließend die Verbrennungs- und Pyrolyse-Produkte mit Hilfe der Gaschromatographie aufgetrennt und massenspektrometrisch detektiert. Die Probenvorbereitung für diese Methode ist vergleichsweise einfach, jedoch kann nur eine sehr begrenzte Probenmenge zur Untersuchung eingesetzt werden. Zudem müssen die charakteristischen Marker für die einzelnen Polymere vor der Messung bestimmt werden. Mit thermoanalytischen Methoden ist eine Quantifizierung des Massenanteils einzelner Polymere in der Probe möglich, die nicht durch die Partikelgröße limitiert

ist. Zudem ist die Messzeit in der Regel kürzer als bei spektroskopischen Imaging-Methoden. Es handelt sich jedoch um destruktive Methoden, eine weitere Untersuchung der Proben ist somit nach der Analyse nicht mehr möglich. Außerdem liefern thermoanalytische Methoden keine Informationen zu Partikelzahl oder Größenverteilung der Partikel<sup>[25]</sup>.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Mikroplastikanalytik spezielle Anforderungen an Probenahme und -aufarbeitung stellt. Die verwendeten Messmethoden haben unterschiedliche Stärken und Schwächen, die Wahl der geeigneten Methode ist somit stark abhängig von der analytischen Fragestellung. Eine Standardmethode zur Mikroplastikanalytik existiert (noch) nicht, weshalb die Vergleichbarkeit der analytischen Ansätze und Ergebnisse zum Teil sehr schwierig ist.

## Gibt es rechtliche Regelungen zu Mikroplastik?

Die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) hat vorgeschlagen, die Verwendung von Mikro Kunststoffpartikeln in kosmetischen Mitteln ab 2020 zu verbieten<sup>[33]</sup>. Auf Bitte der Europäischen Kommission hat die ECHA zudem gemäß REACH Anhang XV Verfahren zur Beschränkung von Stoffen, von denen eine Gefahr für die Umwelt oder die Gesundheit ausgeht, einen Beschränkungsvorschlag für absichtlich zugesetztes primäres Mikroplastik in Produkten erarbeitet (z. B. in Kosmetik- und Körperpflegeprodukten, Wasch- und Reinigungsmitteln, Farben etc.)<sup>[34]</sup>. Dieser Vorschlag befindet sich derzeit in der Kommentierung<sup>[35]</sup>. Damit könnten zukünftig auf EU-Ebene regulatorische Maßnahmen zu bewusst zugesetztem Mikroplastik erfolgen. Im Rahmen eines Projekts der Europäischen Kommission werden derzeit weitere Möglichkeiten untersucht, wie die Freisetzung von Mikroplastik in Gewässer verringert werden kann<sup>[34]</sup>.

## Ist Mikroplastik relevant für die Papierindustrie?

Im Prozess der Papiererzeugung kommen die Faserstoffe bzw. die Faserstoffsuspensionen in Kontakt mit verschiedenen Anlagenteilen aus Kunststoffen. Hierbei sind insbesondere die Siebe der Papiermaschine zu nennen. Diese bestehen heute zum überwiegenden Teil aus Polyestern oder Polyamiden und müssen aufgrund ihres Abrieb-Verhaltens regelmäßig ausgetauscht werden. Zum Verbleib der Abrieb-Partikel, ihrer Größenzusammensetzung etc. liegen keine publizierten Daten vor. Auch ist anzunehmen, dass die Abriebmenge je nach Papierprodukt stark variiert. Aber auch Förderbänder, Dichtungen, Lagerbehälter und andere Anlagenteile können, wie in vielen anderen industriellen Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen auch, für einen Eintrag von Mikroplastik-Partikeln in den Produktionskreislauf sorgen. In der Papierindustrie werden verschiedene synthetische Polymere bei der Papierherstellung und -verarbeitung eingesetzt. Dispersions-Kunststoffe kommen in der Herstellung und Verarbeitung von Papier zum Einsatz, um die Eigenschaften des Papiers zu verändern oder Veredelungen für grafische Papieranwendungen durchzuführen. Beispielsweise können bei der Formulierung von Streichfarben synthetische Polymere wie Styrol-Butadien-Copolymere, Polyvinylalkohole oder Polyvinylacrylate als Bindemittel zum Einsatz kommen. Auch werden Polyurethan-Dispersionen als Oberflächenleimungsmittel eingesetzt<sup>[26]</sup>. Um fett- und wasserdichte Papiere herzustellen, werden diese z. B. mit einer Beschichtung aus Polymeren wie PE, PP oder PET versehen<sup>[27]</sup>. Bei der Weiterverarbeitung von Papier werden Polyethylen- oder Polypropylen-Wachse eingesetzt, beispielsweise als Bestandteil von Druckfarben, Tinten und Toner für Laserdruck oder als Additive in Heißkleber<sup>[27,28]</sup>.



Papiere und weiter verarbeitete Papiererzeugnisse für den Verpackungsbereich enthalten besonders häufig synthetische Polymere, sei es in Form einer Beschichtung aus Kunststoff oder als Bestandteil von Verklebung und Druckfarben. Zudem gelangen diese Papiererzeugnisse auch mit höherer Wahrscheinlichkeit über Littering in die Umwelt, man denke nur an achtlos weggeworfene PE-beschichtete Getränkebecher aus Pappe. Durch etablierte Sammel- und Sortiersysteme von Papier, Pappe und Karton ist dies aber nur für einen äußerst geringen Anteil an Papierprodukten relevant. Verpackungspapiere machen 53 % der jährlichen Papierproduktion aus, Tendenz steigend (Stand 2018). Insgesamt werden pro Jahr fast 7,5 Mio t Verpackungspapiere in Deutschland verbraucht<sup>[28]</sup>. Der Polymeranteil beträgt in den häufigsten Fällen unter 5 %, nicht zuletzt um eine Entsorgung über das Altpapier-Recycling zu ermöglichen<sup>[39]</sup>. Bei einem so abgeschätzten Anteil von 5 % synthetischen Polymeren ergäbe sich eine gesamte Menge von 375 000 t Kunststoffmaterial, das bei der Herstellung von Verpackungspapieren und Erzeugnissen daraus zum Einsatz kommt. Bei einem jährlichen Kunststoffverbrauch pro Kopf in Deutschland von 176 kg<sup>[3]</sup> (entsprechend ca. 14 604 480 t/a) macht dieser Beitrag nur einen geringen Anteil von 2,6 % der Gesamtkunststoffmenge aus. Als potentieller Verursacher von Mikroplastik kommt Papier damit schon rein rechnerisch nur auf sehr tiefe Tabellenplätze.

Betriebe der Papierherstellung und Weiterverarbeitung kommen jedoch in Kontakt mit Kunststoffen. Diese werden im Rahmen eines industriellen Prozesses meist in Form von Kunststoffpellets im µm-Bereich eingesetzt. In Betrieben, die Kunststoffe verarbeiten, kann es vor allem bei Reinigungs- und Spülprozessen, aber auch beim innerbetrieblichen Transport und Lagerung zu Pellet-Verlusten kommen. Der Austrag über das Abwasser ist in der Regel klein, da durch die Abwasserreinigung etwa 96 % der Mikroplastik-Partikel entfernt werden<sup>[40]</sup>, doch konnten bereits mehrere Studien Kunststoffpellets in Gewässern in der Nähe industrieller Anlagen feststellen<sup>[29–31]</sup>. Auch im geklärten Abwasser einer kommunalen Kläranlage wurden Mikroplastik-Partikel, vor allem in der Größe 50–100 µm gefunden, wobei bei mehrfacher Messung die Partikelanzahl sehr stark schwankte<sup>[41]</sup>. Zudem kann bei Nutzung einer Mischkanalisation die Kapazität von Kläranlagen bei starken Regenergegnissen überschritten werden, wodurch sich der Rückhalt von Mikroplastik-Partikeln verringerte<sup>[40]</sup>. Auch könnten Mikroplastik-Partikel über das Abwasser aus dem Papier-Recycling in die Umwelt gelangen<sup>[28]</sup>. Untersuchungen deuten darauf hin, dass bis zu 1 % der Mikroplastik-Emissionen in Norwegen aus dem Papier-Recycling stammen könnten<sup>[27]</sup>. Abwasser einer Anlage für Papierrecycling wurde 2013 in einer Studie auf den Gehalt an Mikroplastik untersucht. Es wurden in einem Zeitraum von vier Stunden Gehalte zwischen 3 und 33 mg Mikroplastik pro Liter bestimmt, eine genaue Bestimmung der Partikelzahl wurde indes nicht durchgeführt<sup>[32]</sup>.

Eine potentielle Quelle für sekundäres Mikroplastik ist der Prozess des Papier-Recyclings oder auch der Abbau von beschichteten Papier-Erzeugnissen in der Umwelt – biologisch, oxidativ, mechanisch, durch Feuchtigkeit oder UV-Strahlung beschleunigt. Bestimmte Sorten Altpapier können bis zu mehreren Prozent Kunststoffe enthalten. Diese stammen aus den in Druckfarben enthaltenen Polymerpartikeln, kunststoffbeschichteten Papieren, z. B. Hochglanzpapieren, und Verpackungen aus Papier, die mit einer Barriere-Schicht aus Kunststoffen versehen wurden, um sie undurchlässig für Fett und/oder Wasser zu machen. Bei der Stoffaufbereitung wird der überwiegende Kunststoff-Anteil über das Grob- und Feinrejekt ausgetragen. Dies ist für sehr kleine Kunst-

# neue maßstäbe beim prägen von verpackungs- papieren

## Q.dynamiX

Bei hohen Maschinengeschwindigkeiten und damit sehr kurzen Verweilzeiten des Papiers im Walzenspalt bleibt den Prägewalzen nicht viel Zeit, um eine erstklassige Prägequalität zu erzielen. Hohes dynamisches Verhalten und möglichst lange Standzeiten der Prägegegenwalze stehen somit im Vordergrund für jeden Maschinenbetreiber.

Mit **Q.dynamiX** hat SchäferRolls einen neuen Bezug entwickelt, der hervorragende Abriebbeständigkeit und mechanische Eigenschaften auch bei höheren Temperaturen sowie ein exzellentes dynamisches Verhalten vorweist. Somit wird die Laufzeit bei konstant hoher Prägequalität erheblich verbessert.

Möchten Sie mit **Q.dynamiX** ebenfalls neue Maßstäbe für die Leistungsfähigkeit Ihres Prägekalenders setzen? Fragen Sie uns! Die SchäferRolls-Experten zeigen Ihnen, wie Sie Ihre Maschine optimieren können.

SchäferRolls GmbH & Co. KG  
Benzstraße 40  
71272 Remmigen  
Germany  
Tel. +49 / 7159-806-0  
Fax +49 / 7159-806-300  
info@schaeferrolls.com  
www.schaeferrolls.com

 **SchäferRolls**  
Rundum Präzision.



stoffpartikel und bestimmte Polymerarten jedoch aufgrund ihrer spezifischen Dichte nicht immer vollständig möglich, wodurch sich Probleme bei der Herstellung von Recyclingpapieren ergeben können. Lagern sich die kleinen Polymerpartikel bei der Stoffaufbereitung zu größeren Aggregaten zusammen, können klebrige Verunreinigungen im Gutstoff, sogenannte Stickies, entstehen. Diese können mit Hilfe einer Screening Methode nach INGEDE oder mittels NIR quantifiziert werden<sup>[43, 44]</sup>. Durch die Untersuchung von Stickies kann die (Mikro-)Plastik-Belastung bei der Altpapieraufbereitung grob abgeschätzt werden. Jedoch können mit dieser Methodik nur Agglomerate synthetischer Polymere erfasst werden, eine Partikel-Bestimmung und originäre Größenverteilung der Partikel ist nicht möglich. Zudem werden auch natürliche Polymere wie Harze mitbestimmt.

Aber nicht nur bei der Herstellung von Recyclingpapier können kleine Kunststoffpartikel, die aus kunststoffhaltigen Verpackungspapieren freierwerden, Fragen aufwerfen. So wurden in einer Studie neben PP-, PE- und PET- Mikropartikeln (wovon deutlich mehr als 75 %  $\leq 5 \mu\text{m}$  klein waren) auch signifikante Mengen an sehr kleinen Farbpigmentpartikeln in Mineralwasser aus Mehrweg-PET-Flaschen nachgewiesen. Diese Farbpigmente wurden v.a. in jenen Flaschen mit bedruckten Papieretiketten gefunden und konnten chemisch den Etikett-Druckfarben zugeordnet werden. Dieses deutet darauf hin, dass diese Pigmentpartikel über den Spülvorgang in die Flaschen gelangt sein könnten. Auch gespülte Glasflaschen zeigten in dieser Untersuchungsstudie einen Eintrag über Flaschenreinigungsprozess, vermutlich durch Abrieb im Prozess<sup>[42]</sup>. Jedoch war der Probenumfang der genannten Studie sehr gering und das Versuchsdesign nicht in allen Punkten schlüssig, so dass die Evidenz der abgeleiteten Hypothese umstritten ist. In einer anderen Studie wurde nachgewiesen, dass Mikroplastik-Partikel beim Aufbrühen von Kunststoff-Teebeuteln aus Nylon oder Polyethylenterephthalat freigesetzt wurden<sup>[37]</sup>. Auch Teebeutel aus Papier enthalten Polymere in Form von Nassfestmitteln, über deren Freisetzung unter vergleichbaren Bedingungen jedoch aktuell keine Daten publiziert sind.

Diese Studien zeigen, dass auch ein Übergang von Mikroplastik-Partikeln aus Lebensmittelverpackungen aus Papier auf Lebensmitteln möglich ist, zumindest unter drastischen Bedingungen. In dieser Hinsicht besteht jedoch noch großer Forschungsbedarf. Der direkte Beitrag durch Verpackungen an der Gesamtmenge Mikroplastik ist jedoch vernachlässigbar – hier scheint sich die Wissenschaft derzeit einig zu sein. Die Aufnahme von Mikroplastik (Faserabrieb) durch den täglichen Hausstaub beim üblichen Lebensmittelverzehr ist um Größenordnungen relevanter<sup>[45]</sup>.

Ein weiterer derzeit noch offener Punkt ist, inwiefern Mikroplastik bei der Kompostierung bzw. beim biologischen Abbau von polymerhaltigen Papieren entstehen kann. Hierzu werden derzeit Daten zum Abbau von Papiererzeugnissen unter industriellen Kompostierungsbedingungen gesammelt.

## Fazit

Obwohl das Thema Mikroplastik so präsent in der öffentlichen Wahrnehmung ist, besteht tatsächlich ein großer Mangel an validen Untersuchungsergebnissen. Eine potentielle Wirkung auf die menschliche Gesundheit ist aktuell nicht belegt. Weder gibt es standardisierte Analysenmethoden für Papiererzeugnisse noch rechtliche Regelungen für Papiere. Für einen möglichen Eintrag von Mikroplastik über den Abwasserpfad in die Oberflächengewässer gelten diese Aussagen analog. Bei der Papierherstellung, Verarbeitung, sowie der anschlie-

Benden Kompostierung oder im Recycling besteht prinzipiell die Möglichkeit, dass sekundäres Mikroplastik entstehen könnte – die Datelage hierzu ist aktuell jedoch äußerst gering und es besteht weiterer Forschungsbedarf. Die Papiertechnische Stiftung (PTS) als Forschungsinstitut der Papierindustrie sowie das Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik (PMV) der TU Darmstadt arbeiten an einer Übertragung der Methoden aus anderen Bereichen für die spezifischen Belange der Papierbranche und an der Erstellung einer soliden Datenbasis zum Thema.

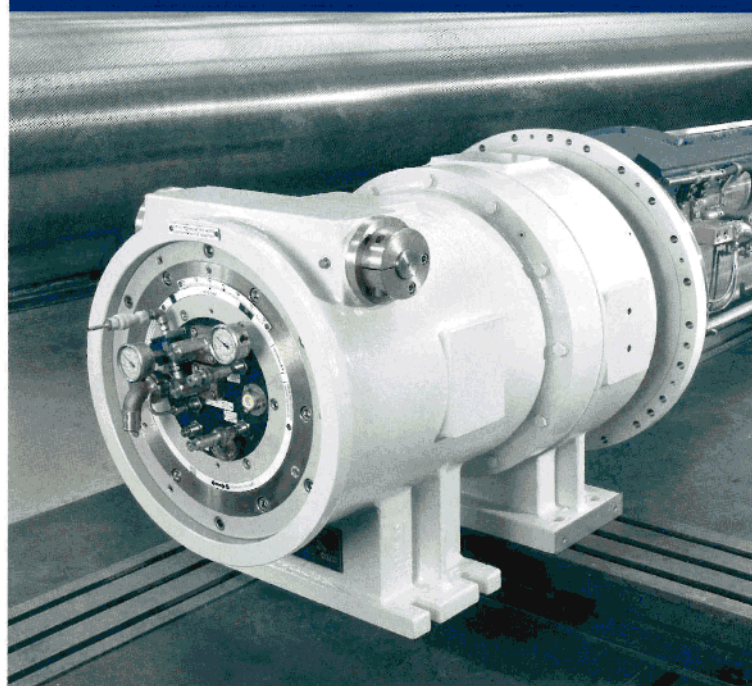
## Literaturverzeichnis

- [1] **Fath A** (2019) Mikroplastik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. ISBN: 978-3-662-57852-0
- [2] <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18244cd73>
- [3] **Bertling, Jürgen; Bertling, Ralf; Hamann, Leandra**: Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Oberhausen, Juni 2018
- [4] **Gregory MR** (1977) Plastic pellets on New Zealand beaches. *Marine Pollution Bulletin* 8 (4):82-84.
- [5] **Buchanan JB** (1971) Pollution by synthetic fibres. *Marine Pollution Bulletin* 2 (2):23.
- [6] **Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A., Moloney, C.L.**, 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364, 1999-2012
- [7] **Claessens, M., Meester, S.D., Landuyt, L.V., Clerck, K.D., Janssen, C.R.**, 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2199-2204.
- [8] **Browne, M.A., Galloway, T.S., Thompson, R.C.**, 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science & Technology* 44, 3404-3409.
- [9] **M. Cole et al.**, 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62 (2011) 2588-2597
- [10] **Lebreton, Laurent CM**, et al. „River plastic emissions to the world's oceans.“ *Nature communications* 8 (2017): 15611.
- [11] **Mani, Thomas, et al.** „Microplastics profile along the Rhine River.“ *Scientific reports* 5 (2015): 17988.
- [12] **Fath, Andreas** (2016). Rheines Wasser: 1231 Kilometer mit dem Strom. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG. ISBN: 978-3-44644-871-1
- [13] **Rillig, Matthias C.** „Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil?“ *Environmental Science & Technology* 46 (2012): 6453-6454.
- [14] **Liebmann B** (2015) Mikroplastik in der Umwelt – Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf. Umweltbundesamt GmbH. ISBN: 978-3-99004-362-7
- [15] **Chain EPanel oCITF** (2016) Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal* 14 (6):e04501.
- [16] **Schymanski D, Goldbeck C, Humpf H-U, Fürst P** (2018) Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research* 129:154-162.
- [17] **Liebezeit G, Liebezeit E** (2013) Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food additives & contaminants Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 30(12).
- [18] **Liebezeit G, Liebezeit E** (2014) Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Additives & Contaminants: Part A* 31 (9):1574-1578.
- [19] **Karami A, Golieskardi A, Keong Choo C, Larat V, Galloway TS, Salamatinia B** (2017) The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Scientific Reports* 7:46173.
- [20] **Van Cauwenberghe L, Janssen CR** (2014) Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution* 193:65-70.
- [21] **Schirrinzi GF, Perez-Pomeda I, Sanchis J, Rossini C, Farre M, Barcelo D** (2017) Cytotoxic effects of commonly used nanomaterials and microplastics on cerebral and epithelial human cells. *Environmental research* 159:579-587.



- [22] Deng Y, Zhang Y, Lemos B, Ren H (2017) Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Scientific Reports* 7:46687.
- [23] Stock V, Böhmert L, Lisicki E, Block R, Cara-Carmona J, Pack LK, Selb R, Lichtenstein D, Voss I, Henderson CJ, Zabinsky E, Sieg H, Braeuning A, Lampen A (2019) Uptake and effects of orally ingested polystyrene microplastic particles in vitro and in vivo. *Arch Toxicol* 93 (7):1817-1833.
- [24] Braun, U., et al., Mikroplastik-Analytik: Probenahme, Probenaufbereitung und Detektionsverfahren, Bundesministerium für Bildung und Forschung, <https://bmbf-plastik.de/sites/default/files/2018-10/Diskussionspapier%20Mikroplastik-Analytik.pdf>, 10.05.2019.
- [25] Huppertsberg, Sven, and Thomas P. Knepper. „Instrumental analysis of microplastics – benefits and challenges.“ *Analytical and bioanalytical chemistry* 410.25 (2018): 6343-6352.
- [26] Miklos, D., N. Obermaier, and M. Jekel. „Mikroplastik: Entwicklung eines Umweltbewertungskonzepts.“ Erste Überlegungen zur Relevanz von synthetischen Polymeren in der Umwelt“, zu finden unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/mikroplastik-entwicklung-eines> (2016).
- [27] Sundt P, Schulze P-E, Syversen F. (2014) Sources of microplastics-pollution to the marine environment. Mepex for the Norwegian Environment Agency.
- [28] Lassen, C., Hansen, S. F., Magnusson, K., Hartmann, N. B., Rehne Jensen, P., Nielsen, T. G., & Brinch, A. (2015). Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. Copenhagen K: Danish Environmental Protection Agency.
- [29] Vianello, A., et al. „Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification.“ *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 130 (2013): 54-61.
- [30] Zbyszewski, Maciej, and Patricia L. Corcoran. „Distribution and degradation of fresh water plastic particles along the beaches of Lake Huron, Canada.“ *Water, Air, & Soil Pollution* 220:1-4 (2011): 365-372.
- [31] Lechner, Aaron, et al. „The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river.“ *Environmental pollution* 188 (2014): 177-181.
- [32] Dubaish F, Liebezeit G. Suspended Microplastics and Black Carbon Particles in the JadeSystem, Southern North Sea. *Water, Air, & Soil Pollution* (2013) 224: 1352.
- [33] Mikroplastik: Fakten, Forschung und offene Fragen, FAQ des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) vom 5. Juni 2019, <https://www.bfr.bund.de/cm/343/mikroplastik-fakten-forschung-und-offene-fragen.pdf>, abgerufen am 24.9.2019
- [34] Registry of restriction intentions until outcome, <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/details/0b0236e18244cd73>, abgerufen am 24.9.2019
- [35] <https://echa.europa.eu/de/restrictions-under-consideration/-/substance-rev/22921/term>, abgerufen am 24.9.2019
- [36] BfR Forum Mikroplastik, 6. -7. Juni 2019, Dr. Andrea Haase, <https://www.bfr-akademie.de/media/wysiwyg/2019/VBSMP/mikro-und-nanoplastik-als-carrier.pdf>
- [37] Laura M. Hernandez, Elvis Genbo Xu, Hans C. E. Larsson, Rui Tahara, Vimal B. Maisuria, Nathalie Tufenkji, Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea, DOI: 10.1021/acs.est.9b02540, *Environ. Sci. Technol.*, 2019.
- [38] Papier 2019: Ein Leistungsbericht; herausgegeben vom Verband Deutscher Papierfabriken e.V.
- [39] <https://www.verpackungswirtschaft.de/news/media/5/fachve-faltscha-indus-e.v.-faitschac-uneingesch-rlc-47910.pdf>, abgerufen am 17.10.2019
- [40] Hohenblum P., Frischenschlager H., Reisinger H., et al: PLASTIK IN DER DONAU. Untersuchung zum Vorkommen von Kunststoffen in der Donau in Österreich. Wien, 2015 ISBN: 978-3-99004-358-5, 120 S.
- [41] [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/92032/Studie\\_zu\\_Mikroplastik\\_im\\_Auftrag\\_des\\_OOWV\\_und\\_des\\_NLWKN.pdf](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/92032/Studie_zu_Mikroplastik_im_Auftrag_des_OOWV_und_des_NLWKN.pdf), abgerufen am 17.10.2019
- [42] Oßmann, Barbara E., et al. „Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water.“ *Water research* 141 (2018): 307-316.
- [43] <https://www.ingede.com/ingindex/methods/ingede-method-04-2013.pdf>, abgerufen am 17.10.2019
- [44] [https://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/01\\_Ueber\\_uns/Dokumente/Newsarchiv/Makrosticks.pdf](https://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/01_Ueber_uns/Dokumente/Newsarchiv/Makrosticks.pdf), abgerufen am 17.10.2019
- [45] Präsentation Dr. Ingo Ebner, BfR, Verpackungsmaterial und Mikroplastik, BfR Forum Verbraucherschutz, 6.6.2019

## MASSGESCHNEIDERTE PREMIUM LÖSUNGEN



SAUGWALZEN  
FUNKTIONSWALZEN  
CFK - WALZEN  
BREITSTRECKWALZEN

**mwn**  
MASCHINENFABRIK

MWN NIEFERN MASCHINENFABRIK GMBH  
Bahnhofstr. 51 - 53, D - 75223 Niefern Öschelbronn Germany  
Telefon: +49(0) 7233 / 75 - 0 Telefax: +49(0) 7233 / 75 - 11  
Internet: [www.mwn-niefern.de](http://www.mwn-niefern.de) Email: [info@mwn-niefern.de](mailto:info@mwn-niefern.de)