



TEXTILES MIKROPLASTIK REDUZIEREN

ERKENNTNISSE AUS EINEM INTERDISZIPLINÄREN FORSCHUNGSPROJEKT

- +++ URSACHEN FÜR MIKROPLASTIKAUSTRAG
- +++ RÜCKHALT IN KLÄRANLAGEN
- +++ TEXTILTECHNISCHE LÖSUNGSANSÄTZE

IMPRESSUM

Herausgeber:
Bundesverband der Deutschen Sportartikel-Industrie e.V.
Adenauerallee 134
53113 Bonn
Geschäftsführer: Stefan Rosenkranz
Registergericht Bonn 20 VR 2277

Ansprechpartner:
Alexander Kolberg - Projektkoordinator
Referent | Bundesverband der Deutschen Sportartikel-Industrie e.V.
E-Mail: alexander.kolberg@bsi-sport.de

Diese Publikation wurde im Rahmen des Verbundprojektes „TextileMission“ erstellt und ist nicht für den gewerblichen Vertrieb bestimmt. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen: 13NKE010A

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren: Ellen Bendt, Maike Rabe (Hochschule Niederrhein); Stefan Stolte, Ya-Qi Zhang (TU Dresden); Robert Klauer (VAUDE); Caroline Kraas (WWF Deutschland); Taher Alrajoula, Alexander Kolberg (BSI e.V.)

Grafisches Konzept: Stockhausen Kommunikation & Gestaltung GmbH
Layout: Alexander Kolberg (BSI)

Bildnachweise Titelseite: Adobe Stock / Fotolia: antic, alphaspirt, bohbeh, chiarafomasar, Chiannapong, nomadsoul; Cristian Alvarez

1. Auflage, Juni 2021.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Sozial-ökologische Forschung

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Plastik
in der **Umwelt**

Quellen • Senken • Lösungsansätze



13 DIE URSACHEN VON TEXTILEM MIKROPLASTIK

Was sich aus umfangreichen Wasch- und Trocknungsversuchen ableiten lässt.



35 EMISSIONSÄRMERE MATERIALIEN: GARN- UND MASCHINENPARAMETER

Welche alternativen Herstellungsmethoden für textile Flächenkonstruktionen Erfolg versprechen und welche Rolle die Textilveredlung spielt.



19 UMWELTEINTRAG UND RÜCKHALT IN KLÄRANLAGEN

Erkenntnisse zu Abwasseraufbereitung und biologischem Abbau verschiedener Fasermaterialien.



29 ALTERNATIVE FASER- MATERIALIEN IM NACHHALTIGKEITSCHECK

Chancen und Risiken von PET, recyceltem PET und Celluloseregeneratfasern im Vergleich.

INHALT

ZIELE, PARTNER, ANSÄTZE	4
Vorstellung des TextileMission-Projektes und der wichtigsten Forschungsfragen	
TEXTILES MIKROPLASTIK ALS UMWELTPROBLEM	8
Folgen für die Umwelt und Anforderungen an Lösungsansätze	
MASSENILANZANALYSE	25
Abschätzung des Faseraustrags aus Sportoberbekleidung in Deutschland	
AUSWIRKUNGEN AUF DIE AQUATISCHE UMWELT	28
ALTERNATIVE ZUSCHNITT- UND FÜGETECHNIKEN	40
Optimierungspotenziale bei der Konfektion von Kleidungsstücken	
GLOSSAR	44
DIE PROJEKTPARTNER	46
Vorstellung der beteiligten Organisationen	

40 ALTERNATIVE ZUSCHNITT- UND FÜGEVERFAHREN

Konfektionsprozesse als Hebel zur Senkung der Mikroplastikemission.





FORSCHUNGSPROJEKT TEXTILEMISSION ZIELE, PARTNER, FORSCHUNGSANSÄTZE

Textilien aus Synthefasern wie Polyester können bei der Produktion und beim Waschvorgang kleinste Fragmente emittieren. Hiervon sind auch Sporttextilien – vom Running Shirt bis zur Outdoor-Jacke – betroffen. Diese Umweltbelastung besser zu verstehen und zu ihrer Minimierung beizutragen, haben sich die Partner des Forschungsprojektes TextileMission zur Aufgabe gemacht. Hier ein Überblick über Ziele, beteiligte Organisationen und zentrale Forschungstätigkeiten.

Ein Großteil unserer Bekleidung, auch bei Sport- und Outdoor-Textilien ist dies der Fall, besteht aus synthetischen Materialien wie Polyester. Sowohl in der Produktion als auch in der Haushaltswäsche setzen diese Kleidungsstücke textiles Mikroplastik frei (Abb. 1), das über Abwasser oder Abluft in die Umwelt gelangen kann. Die daraus resultierende Umweltproblematik war nicht zuletzt durch eine Reihe internationaler und nationaler Studien – etwa durch das Umweltbundesamt – und die Informationsarbeit von Umweltorganisationen bekannt, als sich im Jahr 2016 das Konsortium des TextileMission-Projektes bildete.

PROJEKTPARTNER, ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN

Neun Organisationen aus der Textilforschung, der Wasserchemie, des Umweltschutzes sowie der Sportartikel-, Haushaltsgeräte- und Waschmittelindustrie wollten einen Beitrag dazu leisten, die Umweltproblematik „textiles Mikroplastik“ besser zu verstehen und zu reduzieren. Zusammen bewarben sie sich letztendlich erfolgreich um die Förderung im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Plastik in der Umwelt“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Namentlich waren dies als Verbundpartner:

- Bundesverband der Deutschen Sportartikel-Industrie e.V.,
- Hochschule Niederrhein – Forschungsinstitut für Textil und Bekleidung,
- TU Dresden – Institut für Wasserchemie,
- VAUDE Sport GmbH & Co. KG,
- WWF Deutschland.

Als assoziierte Partner unterstützten folgende Organisationen das Vorhaben:

- adidas AG,
- Henkel AG & Co. KG aA,
- Miele & Cie,
- Polartec LLC.

Die Bandbreite der Partner macht deutlich, dass den beteiligten Organisationen von Anfang an bewusst war, dass nur ein interdisziplinärer Ansatz Erfolg verspricht, der a) unterschiedliche Stufen der Produktionskette und des Lebenszyklus von Textilien in den Blick nimmt und b) Industrie- und Forschungsdisziplinen-übergreifend arbeitet. Der Projektname „TextileMission“ wiederum spielt sowohl auf die ökologische Herausforderung (eMission) als auch den Wunsch an, einen Beitrag zur Lösung zu leisten (Mission). Einen spannenden Einstieg in die Herausforderun-



Abb. 1: Faserfragmente aus einem PES Fleece-Stoff unter dem Mikroskop.
Foto: Hochschule Niederrhein

gen durch textiles Mikroplastik und Anforderungen an Lösungsansätze aus Sicht des Partners WWF Deutschland lesen Sie ab Seite 8.

Als im August 2017 der Startschuss für TextileMission fiel, hatten sich die Partner folgende übergeordnete Ziele gesetzt:

1. Ein besseres Verständnis der Umweltproblematik erhalten. Fragen waren u.a.: Was sind die Gründe für den Mikroplastikverlust bei Textilien? Welche Mengen werden freigesetzt? Wie

BMBF-FORSCHUNGSSCHWERPUNKT „PLASTIK IN DER UMWELT“

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

**Plastik
in der Umwelt**

Quellen • Senken • Lösungsansätze

Trotz zahlreicher Aktivitäten und Ansätze ist unser Wissen über das gesamte Ausmaß der Umweltverschmutzung mit Plastik noch begrenzt: Es liegen noch wenige gesicherte Erkenntnisse über die Herkunft von Kunststoffen in Meeren, Binnengewässern und Böden sowie über ihre Auswirkungen auf Mensch und Umwelt vor.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) nahm sich dieser Problematik mit dem Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt – Quellen • Senken • Lösungsansätze“ an. Damit will das BMBF den Übergang zu einer ressourcen- und umweltschonenden Wirtschaftsweise unterstützen, die im Mittelpunkt der Leitinitiative „Green Economy“ des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA) steht.

Im Zeitraum 2017–2022 wurden und werden insgesamt 20 Verbundprojekte und ein wissenschaftliches Begleitvorhaben mit rund 37 Mio. € gefördert. Davon entfielen auf TextileMission rund 1,7 Millionen Euro. Mehr als 100 Institutionen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis sind an diesem aktuell weltweit größten Forschungsschwerpunkt im Bereich der Wirkungen von Plastik auf die Umwelt beteiligt.

Weitere Informationen: <https://bmbf-plastik.de/de>

lassen sich die Partikel klassifizieren (bsp. nach Größenfraktionen)?

2. Einen Beitrag zur Optimierung der Abwasseraufbereitung leisten. Fragen waren u.a.: Wie wird textiles Mikroplastik in einer Kläranlage zurückgehalten? Durch welche Verfahren und mit welchem Aufwand könnte ggfs. der Rückhalt (noch weiter) erhöht werden?

3. Erkenntnisse zur Produktion emissionsärmerer Textilien gewinnen. Fragen waren u.a.: Wie lassen sich textile Flächenkonstruktionen entwickeln, die weniger Mikroplastik emittieren? Welche Reduktionspotenziale gibt es bei Ausrüstungsprozessen sowie bei Schnitt- und Fügeverfahren? Inwieweit könnten biologisch abbaubare Fasermaterialien zur Lösung des Problems beitragen?

PROJEKTSETTING: WASCHVERSUCHE UND ANALYSE

Um zu Teilziel 1 aussagekräftige Daten zu sammeln, führten die Projektpartner eine Vielzahl von Wasch- und Trocknungstests mit marktgängigen Textilien durch. Diese mit hohem personellem

und zeitlichem Aufwand verbundene Arbeit erfolgte vor allem in den Laboren der Hochschule Niederrhein, in Teilen auch an der TU Dresden. Der Projektpartner Miele stellte hierfür sowohl die Waschautomaten als auch sein Know-how zu Waschprozessen zur Verfügung, ebenso wie sich Henkel mit dem notwendigen Waschmittel und entsprechender Expertise beteiligte. Die Testtextilien (insbesondere Sportoberbekleidung aus Fleece-Material, aber auch ungeraute Artikel) wurden vorwiegend von den Projektpartnern VAUDE, adidas und Polartec, aber auch weiteren Unternehmen aus den Reihen des BSI, bereitgestellt. Das während der Waschreihen emittierte textile Mikroplastik fingen die Forschenden über spezielle Filter auf und bestimmten ihre Masse. Anhand der gesammelten Erkenntnisse konnten die Projektpartner Waschparameter sowie Produktionsverfahren identifizieren, die den Mikroplastikaustrag beeinflussen. Auch konnten Hinweise zum Waschverhalten abgeleitet werden, mit denen Verbraucher bei der Haushaltswäsche ihrer Sport- und Outdoorbekleidung einen Beitrag zur Minimierung von

textilem Mikroplastik leisten können. Mehr zu den Testergebnissen lesen Sie ab Seite 13. Eine weitere, tiefere Analyse der aufgefangenen Partikel hinsichtlich Form, Anzahl und Aufteilung in Größenfraktionen wurde vor allem durch die TU Dresden durchgeführt.

RÜCKHALT IN KLÄRANLAGEN UND MASSENBILANZ

Die entsprechenden Ergebnisse sollten insbesondere in die dortigen Forschungsarbeiten zu o.g. Teilziel 2 (Abwasseraufbereitung) einfließen. Denn was passiert mit textilem Mikroplastik, nachdem es über die Haushaltswäsche in das Abwasser gelangt ist? Um mehr über die entsprechenden Stoffströme zu erfahren, untersuchten die Forschenden den Rückhalt von textilem Mikroplastik auf verschiedenen Stufen einer Laborkläranlage. Die Befunde lieferten interessante Hinweise zum Status quo der Effizienz der Abwasseraufbereitung. Mehr dazu im Artikel ab Seite 19. Auf der Basis der an der Hochschule Niederrhein und der TU Dresden ermittelten Erkenntnisse zur Menge des Mikroplastikaustrags wurde eine Mas-

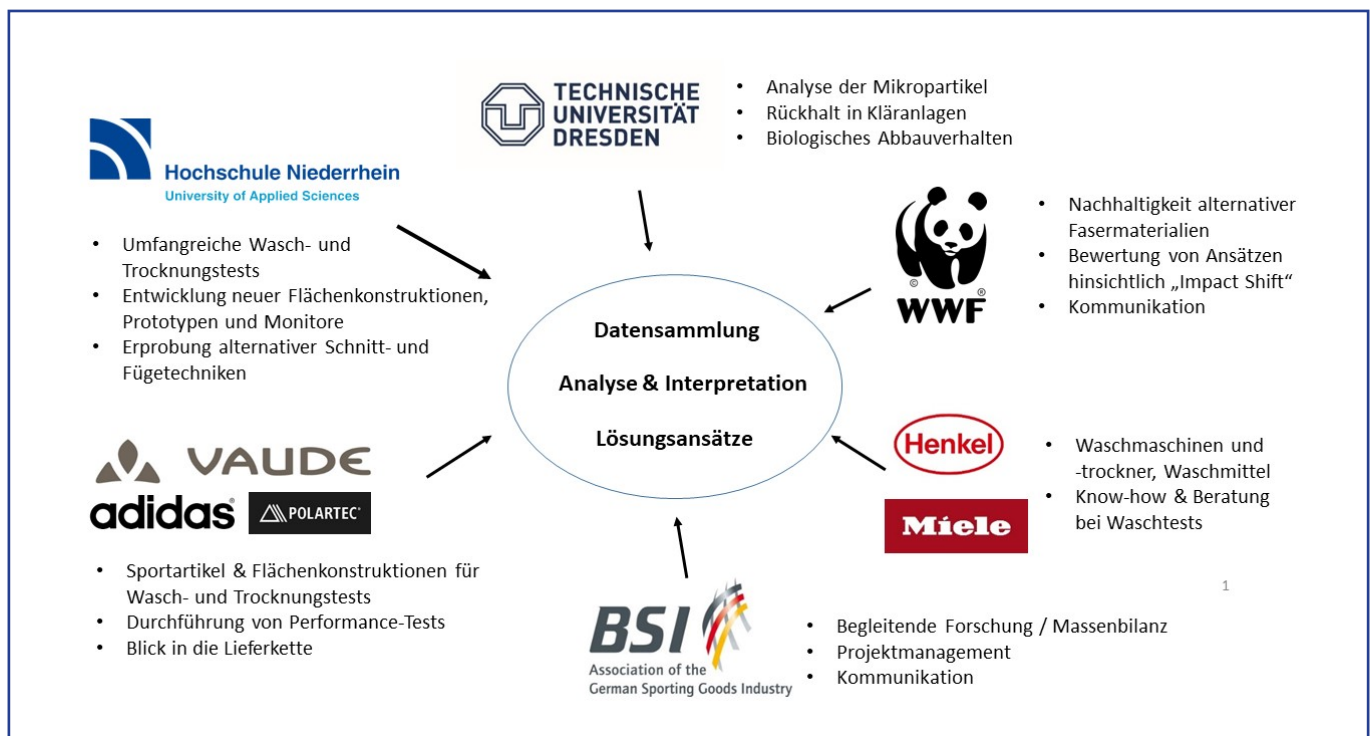


Abb. 2: Als Projektpartner brachten neun Organisationen aus der Sportartikel-Industrie, der Haushaltsgeräte- und der Waschmittelbranche, der Forschung und dem Umweltschutz ihr jeweiliges Know-how in das TextileMission-Projekt ein.



Abb. 3: Bewegtbilder zur Forschungsarbeit der Projektpartner und O-Töne der jeweiligen Expertinnen und Experten gibt es im offiziellen TextileMission-Video. Einfach auf den Pfeil in der Mitte der Grafik klicken. Grafik: FIUMU GmbH

senbilanzanalyse durchgeführt, die das Ausmaß des textilen Mikroplastiks aus Sportoberbekleidung, das deutschlandweit in die Umwelt gelangt, abschätzt (siehe Artikel ab Seite 26).

POTENZIALE UND RISIKEN ALTERNATIVER FASERN

Als mögliche nachhaltige Alternativen zu herkömmlichem Polyester werden Fasern aus recyceltem Polyester und solche aus biologisch abbaubaren Rohstoffen gehandelt. Mit den Potenzialen, aber auch ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsrisiken, die mit der Verwendung solcher Garne einhergehen, haben sich die Projektpartner WWF Deutschland und VAUDE im Projektverlauf auseinandergesetzt. Ihre Empfehlungen zum Einsatz und zur Auswahl alternativer Fasern – auch unter Berücksichtigung von Versuchen zur biologischen Abbaubarkeit unterschiedlicher Fasermaterialien an der TU Dresden – finden Sie ab Seite 29.

WENIGER MIKROPLASTIK DURCH TEXTILFORSCHUNG

Speziell die Erkenntnisse aus den Waschtesten dienen als Basis für tex-

tiltechnische Experimente, welche die Forschenden an der Hochschule Niederrhein zur Entwicklung emissionsärmerer Textilien durchführten (Teilziel 3). Im Fokus standen unter anderem alternative Herstellungsmethoden für Flächenkonstruktionen, wobei neben verschiedenen Materialien auch unterschiedliche Maschinenparameter im Strickprozess getestet wurden sowie der Einfluss mechanischer und nasser Ausrüstungsprozesse unter die Lupe genommen wurde. Der Schwerpunkt lag auf Fleeceartikeln, die einen besonders beanspruchenden mechanischen Ausrüstungsprozess durchlaufen. Welche vielversprechenden Ansätze sich ergeben, erfahren Sie ab Seite 35.

Die Ursachenforschung zeigte auch: Nicht nur die Haushaltswäsche und die Produktion der Flächenkonstruk-

tion beeinflussen den Mikroplastikaus-trag, sondern auch die Konfektion zum fertigen Bekleidungsstück. Daher führte die Hochschule Niederrhein in enger Zusammenarbeit mit VAUDE verschiedene Experimente mit alternativen Zuschnitt- und Fügetechniken durch. Außerdem wurden die entwickelten Materialien hinsichtlich ihrer Performance sowie möglicher Schadstoffe überprüft. So bleibt eine Markttauglichkeit der erstellten Prototypen gewährleistet. Mehr zu diesem Aspekt lesen Sie ab Seite 40.



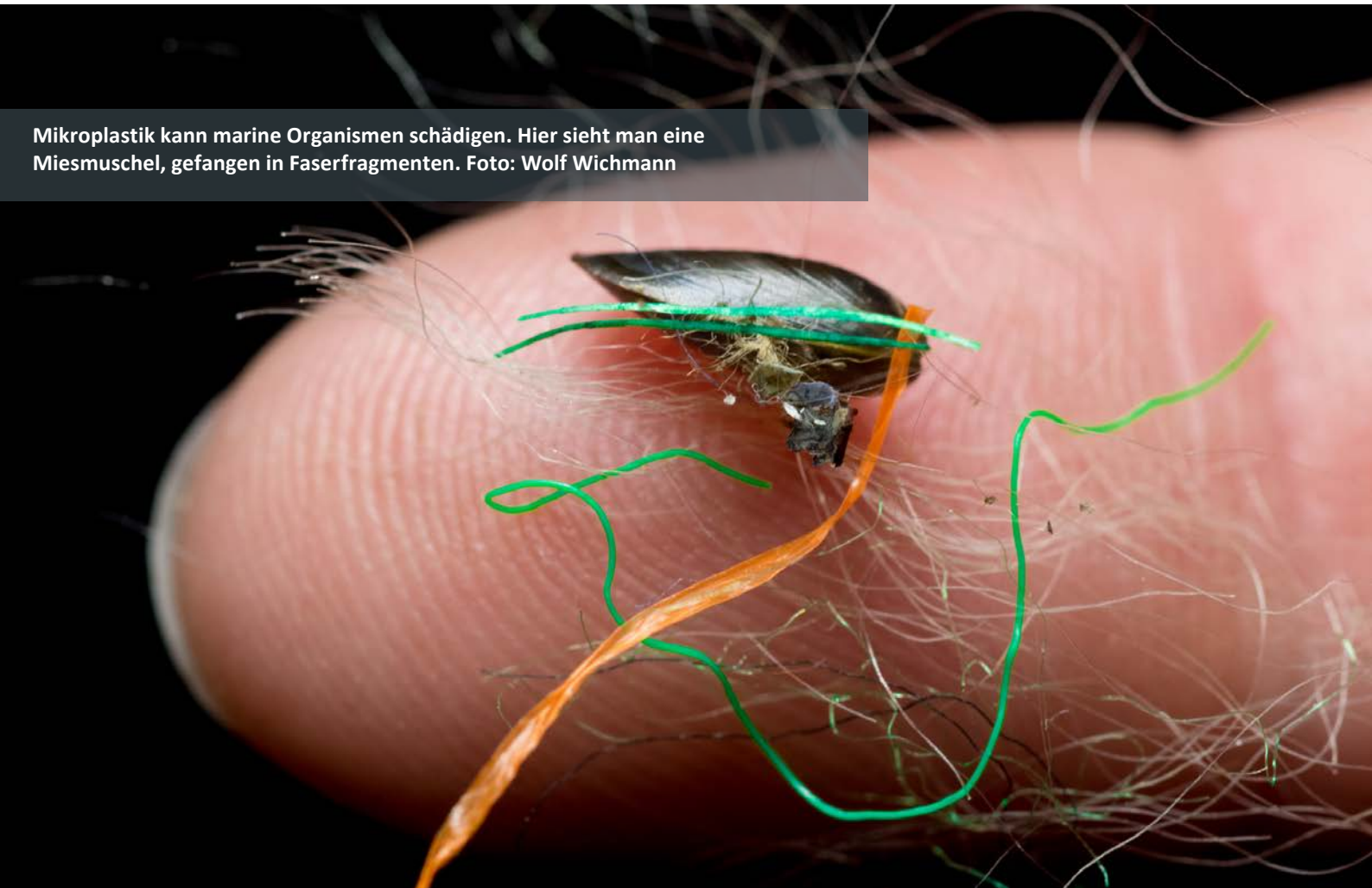
Alexander Kolberg

Referent

Bundesverband der Deutschen
Sportartikel-Industrie e.V.

alexander.kolberg@bsi-sport.de

Mikroplastik kann marine Organismen schädigen. Hier sieht man eine Miesmuschel, gefangen in Faserfragmenten. Foto: Wolf Wichmann



TEXTILES MIKROPLASTIK ALS UMWELTPROBLEM QUELLEN, AUSWIRKUNGEN, LÖSUNGSANSÄTZE

Wissenschaftlich bekannt ist die Problematik um Mikroplastik in der Umwelt bereits seit den 1970er Jahren. In der breiteren Öffentlichkeit Beachtung gefunden hat sie jedoch erst in der vergangenen Dekade. Seitdem steht das Thema immer wieder im Mittelpunkt umweltrelevanter Diskussionen. Nicht zuletzt durch verstärkte Forschungsarbeit und zunehmende Berichterstattung sind Ausmaß und die Komplexität der Problematik greifbarer geworden. Gleichzeitig bleibt ein großer Bedarf an weiteren Erkenntnissen zum tatsächlichen Umfang der ökologischen Herausforderung, zur Wirkung und zur Vermeidung von Mikroplastik. Denn nur auf dieser Basis können langfristige, nachhaltige Lösungsansätze entwickelt werden.

Mikroplastik ist inzwischen überall zu finden – in allen Umweltkompartimenten wie Wasser, Boden, Luft und in allen Ökosystemen. Kurzum: überall dort, wo danach gesucht wurde, konnte es nachgewiesen werden. Und dort, wo nicht gesucht wurde, wird es vermutet. Valide Daten zu realen Konzentrationen und, darauf aufbauend, gesicherte Aussagen zum Verhalten in und Auswirkungen auf die Umwelt sind zur Zeit jedoch nur ansatzweise vorhanden und variieren teilweise. Dies zeigt, wie komplex der wissenschaftliche Nachweis über Vorhandensein und Wirkung von Mikroplastik in der Umwelt ist. Viele Aussagen bewegen sich daher im Bereich der Annäherungen und Schätzungen. Diese Tatsache sollte jedoch nicht als Ausrede dafür genutzt werden, das Thema zu ignorieren und nicht jetzt schon präventive Maßnahmen zu ergreifen.

AUSMASS VON MIKROPLASTIK IN DER UMWELT

2017 schätzte die Weltnaturschutzunion (IUCN), dass jährlich zwischen 1,8 bis 5 Millionen Tonnen Mikroplastik in die Umwelt eingetragen werden. Zwischen 0,8 und 2,5 Millionen Tonnen davon gelangen in die Ozeane. Hierbei spielen eine Vielzahl von Eintragsquellen eine Rolle, die sich hinsichtlich ihrer freigesetzten Mengen teils stark unterscheiden.

Neben primärem trägt besonders sekundäres Mikroplastik zur starken Umweltverschmutzung durch Mikroplastik bei. Mikroplastik also, das durch den Abrieb und die Zerkleinerung diverser Kunststoffprodukte und -teile entsteht – von Autoreifen über Baubeschichtungen, Sport- und Spielplätzen und Kunststoffabfall in der Umwelt („Littering“) bis hin zu Textilien. Regionale und nationale Unterschiede im Lebensstil und Konsumverhalten beeinflussen den Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt bezüglich der Menge und der Eintragspfade. Global betrachtet scheinen der Abrieb von städtischer Infrastruktur wie zum Beispiel Fahrbahnmarkierungen und Reifenabrieb, Littering sowie Mikroplastikemissionen von Textilien besonders relevante Quellen zu sein.

Etwa 98 Prozent der Emissionen von Mikroplastik in die Umwelt werden an Land verursacht (siehe Abb. 1). Ist Mikroplastik einmal in der Umwelt, kann es sich überall hin verteilen. Hierbei sorgen vor allem Luft und (Ab-)Wasser dafür, dass die kleinen Fragmente über weite Strecken hinweg transportiert werden und somit auch in entlegenen, von Menschen nicht besiedelten Gebieten nachgewiesen werden konnten. Hinzu kommt, dass das in Kläranlagen zurückgehaltene Mikroplastik über die Ausbringung von Klärschlamm ebenfalls in die Umwelt eingebracht werden kann.

Mikroplastik ist inzwischen überall in der Umwelt angekommen. Problematisch ist Plastik in der Umwelt, weil es sich je nach Material und Umweltbedingungen nur äußerst langsam (bis zu mehreren Jahrhunderten) zersetzt.

AUSWIRKUNGEN VON MIKROPLASTIK

Einmal in die Umwelt gelangt, kann es möglicherweise Schädwirkungen auf die belebte Umwelt ausüben. Besonders problematisch an Mikroplastik ist die geringe Größe. Sie führt dazu, dass die kleinen Fragmente ohne Weiteres

DEFINITION VON MIKROPLASTIK

Bis heute gibt es keine einheitliche Definition des Begriffs „Mikroplastik“. Innerhalb des BMBF-Forschungsschwerpunktes „Plastik in der Umwelt“ wird der Begriff als „feste Kunststoffemissionen kleiner als 5 mm“ verwendet, wobei je nach Größenklasse in Nanoplastik (< 1 µm), Mikroplastik (1-1000 µm) und großes Mikroplastik (1-5 mm) unterschieden wird. Feste Kunststoffemissionen können als Partikel, Fasern, Folien oder Stückgut vorkommen.

Mikroplastik wird zudem in primäres und sekundäres Mikroplastik unterschieden. Diese Typisierung geht auf den Ursprung des Mikroplastiks zurück: Während primäres Mikroplastik eigens in der kleinen Größe hergestellte und in Produkten bewusst eingesetzte Mikroplastikpartikel sind (z.B. als Peeling in Kosmetik oder als Schleifmittel in der Luftstrahltechnik), entsteht sekundäres Mikroplastik erst durch die Zerkleinerung oder den Zerfall größerer Plastikteile (z.B. Abrieb von textilen Mikroplastik aus synthetischer Kleidung oder Zerfall von Plastik(-müll) in der Umwelt).

Quelle: J. Bertling et al.: Kunststoff in der Umwelt - Ein Kompendium (2021)

Bis dato lag der Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen vor allem auf dem maritimen Raum, und Mikroplastik konnte in der gesamten Wassersäule von der Wasseroberfläche bis hin zu Tiefseesedimenten, in Küstengebieten und sogar im Eis nachgewiesen werden – jeweils in unterschiedlichen Konzentrationen und Zusammensetzungen der Kunststoffarten. Die Akkumulation von Mikroplastik an Land und in anderen Umweltkompartimenten ist noch nicht tiefergehend untersucht, erste wissenschaftliche Untersuchungen zeigen aber, dass Mikroplastik auch hier, zum Beispiel in Böden, vorkommt.

von Organismen aufgenommen werden können. Zugleich erschwert sie den Nachweis in der Umwelt und macht auch ein Entfernen technisch nahezu unmöglich.

In den vergangenen Jahren hat sich eine Vielzahl an Studien mit den konkreten Auswirkungen von Mikroplastik auf die Umwelt auseinandergesetzt. Vieles lässt sich nicht verallgemeinern, aber folgendes kann zum jetzigen Zeitpunkt gesagt werden: Mikroplastik wurde in vielen Organismengruppen, wie Säugetieren, Krebs- und Weichtieren, Insekten und Vögeln nachgewiesen, vor allem im Magen-Darm-Trakt.

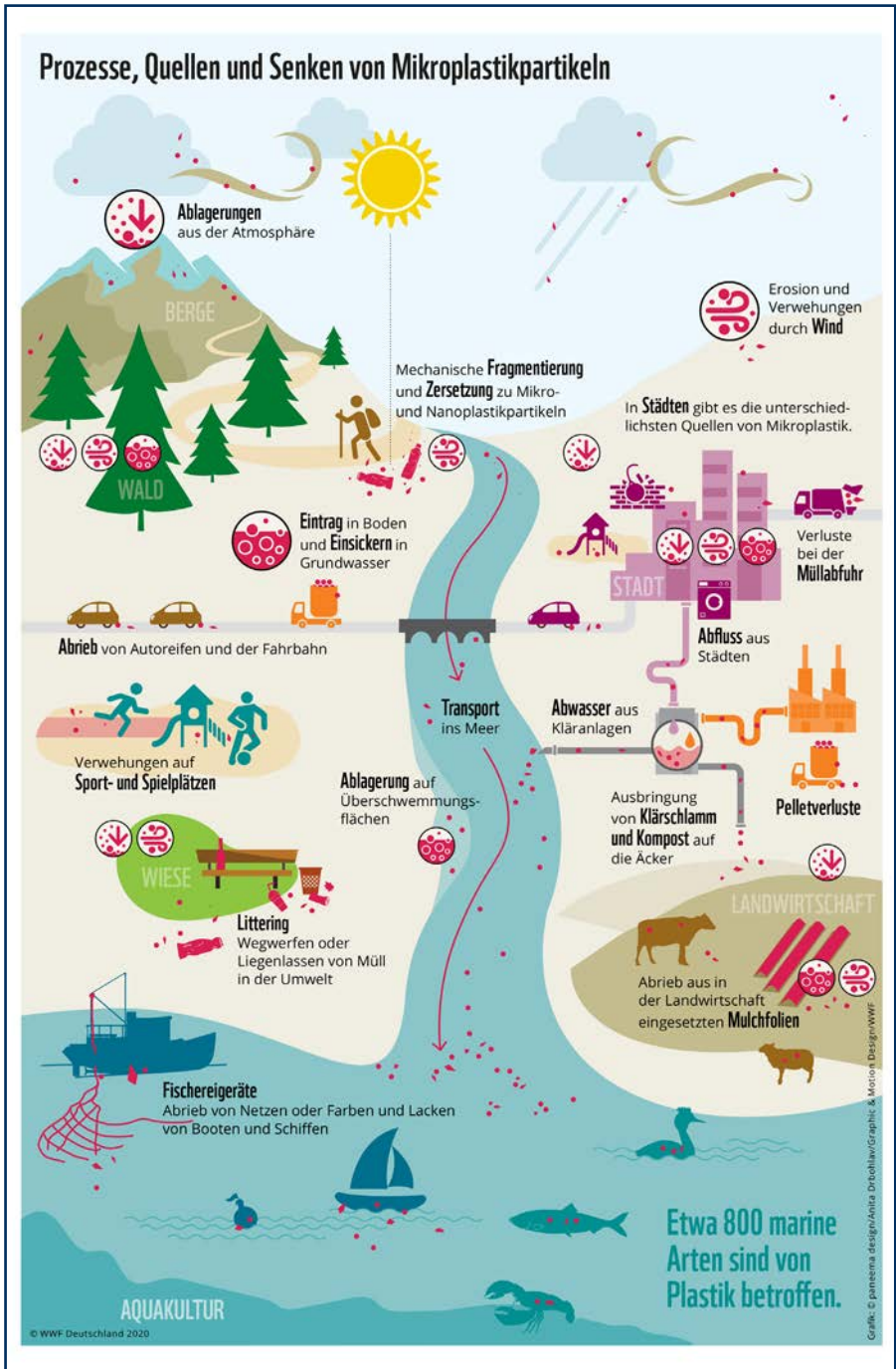


Abb. 1: Mikroplastik hat viele Quellen und gelangt auf unterschiedlichen Wegen in die Umwelt. Grafik: WWF Deutschland

Selbst bei neu entdeckten Spezies an entlegenen Orten, wie im mehr als 10.000 m tiefen Marianengraben, wurde Mikroplastik entdeckt.

Die geringe Größe und hohe Verfügbarkeit erleichtern Tieren auch kleinster Größe die Aufnahme von Mikroplastik, etwa über ihre Nahrung. Mikroplastik kann Organismen auf zwei

Wegen schädigen: auf mechanische Weise und indirekt durch die beigefügten Zusatzstoffe (Additive).

Auf mechanische Weise führen die Partikel zu inneren Verletzungen, indem Organe beispielsweise durch scharfe Kanten verletzt werden. Indirekt können sich Additive, die chemisch nicht fest an die Kunststoffe gebunden sind, aus dem aufgenommenen Mikroplastik

lösen und zu Reizungen oder Entzündungen im Körper führen.

UNTERSUCHUNGEN ZU SCHADWIRKUNGEN

Mögliche Schädwirkungen werden zurzeit wissenschaftlich untersucht. Bisherige Studien zeigen, dass Mikroplastik bei einigen Organismen ohne einen offensichtlichen Effekt ausgeschieden wird, während bei anderen Organismen zum Beispiel eine verringerte Energiezufuhr durch weniger Nahrung, geringeres Wachstum oder erhöhte Sterblichkeit nachgewiesen wurden. Studien haben zudem gezeigt, dass ein Übergang von Additiven ins Blut, in Organe sowie auch ins Fett- und Muskelgewebe erfolgen kann und einige Additive hormonähnliche Wirkung erzielen und somit Auswirkungen auf die Fortpflanzung und die Geschlechtsentwicklung haben können. Teilweise allerdings beruhen diese Ergebnisse auf Laborversuchen mit höheren Konzentrationen. Es wird diskutiert, inwiefern möglicherweise auch weitere schädliche Substanzen, Viren oder Bakterien an Plastik gebunden werden können und bei einer Aufnahme in den Körper der Tiere übergehen können. Über die Auswirkungen von Mikroplastik auf einzelne Individuen eines Organismus hinaus ist davon auszugehen, dass auch ganze Populationen und Ökosysteme beeinflusst werden können und somit auch die Biodiversität beeinträchtigt werden kann.

Beim Menschen kann Mikroplastik auf zwei Wegen in den Körper gelangen: über die Nahrung und über die Atmung. Welche Auswirkungen das auf Menschen hat, ist noch weitgehend unbekannt und es besteht großer Forschungsbedarf. Eine negative Wirkung auf die Gesundheit kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

SONDERFORM „TEXTILES MIKROPLASTIK“

Textiles Mikroplastik stellt eine Sonderform von Mikroplastik dar. Dies hängt vor allem mit der spezifischen länglichen Form zusammen. Textiles Mikroplastik entsteht, wenn sich kleinste Fa-

DEFINITION: „FASERARTIGES“ TEXTILES MIKROPLASTIK



Innerhalb des BMBF-Forschungsschwerpunktes werden als faserförmiges Mikroplastik Partikel mit einer Länge von < 5 mm bezeichnet, die bei der Produktion, Pflege und Nutzung sowie der Entsorgung eines Stoffes/ Textils unbeabsichtigt in die Umwelt gelangen. Sie können aus synthetischen Polymeren (v.a. Polyester, Polyacrylate, PA) oder auch auf regenerierten natürlichen Polymeren aufgebaut sein.

Oftmals wird der Begriff „Mikrofaser“ oder englisch „Microfiber“ synonym mit „textilem Mikroplastik“ verwendet. „Mikrofaser“ bezieht sich jedoch zunächst auf die Feinheit der Faser von weniger als 1dtex (lineare Dichte der Fasern von 1g/10000 m) und nicht auf die Materialeigenschaft. Mikrofasern können dementsprechend textiles Mikroplastik sein, müssen es aber nicht. Daher sollte der Begriff nicht synonym verwendet werden. Foto: Hochschule Niederrhein, Julius Bonkhoff.

sern aus (halb-)synthetischer Kleidung vom Textilkörper lösen. Dies kann bei jeglicher Form der Beanspruchung passieren. In der Regel sind das die Nutzung beziehungsweise das Tragen des Textils sowie die Reinigung, worauf sich bis dato die meisten Studien beziehen. Prozesse wie der Faserverlust beim Trocknen, während der Produktion, des Transports sowie auch der Entsorgung müssen jedoch ebenfalls berücksichtigt werden, da sie weitere relevante Quellen für Mikroplastik in der Umwelt darstellen können. Über das (Ab-)Wasser, Klärschlamm oder die Luft können die kleinen Fasern anschließend in die Umwelt gelangen.

Untersuchungen zeigen, dass der Anteil von Mikroplastik-Fasern in der marinen Umwelt etwa bei 20-35 Prozent liegt. In küstennahen Sedimenten konnte die Faserform mit 91 Prozent des analysierten Mikroplastiks noch deutlich häufiger nachgewiesen werden. Etwa 70 Prozent davon wurden als synthetisch (v.a. Polyester) oder halbsynthetisch identifiziert, aber auch natürliche Fasern waren vertreten. Die Dominanz der synthetischen Fasern in der Umwelt spiegelt auch die globale Faserproduktion wider, bei der synthetische Fasern mit nahezu 65 Prozent, allen voran Polyester, den Markt dominieren.

BESONDERE FORM - BESONDERE PROBLEME?

Die Auswirkungen von faserförmigem Mikroplastik sind dem des partikulären Mikroplastiks grundsätzlich äh-

lich. Allerdings wird angenommen, dass die spezifische Form möglicherweise zu größeren Umweltschäden führt als runde beziehungsweise regelmäßig geformte Partikel. Dies hat vor allem den Grund, dass Fasern im Vergleich zu Partikeln ein größeres Verhältnis von Oberfläche zu Volumen haben. Die relativ größere Oberfläche könnte dazu führen, dass Fasern mehr Schadstoffe an sich binden und sie eine längere Verweildauer im Darm haben, so dass auch mehr Zeit zum Austreten der Additive zur Verfügung steht. Hinzu kommt, dass die längliche Form Verknotungen und Verstrickungen begünstigen kann, die wiederum zu inneren Schäden oder Verstopfungen im Verdauungstrakt sowie zu eingeschränkter Fortpflanzung oder zum Hungertod führen kann. Außerhalb des Körpers kann die Schwimmfähigkeit von Tieren beeinträchtigt werden.

DIE ROLLE VON ADDITIVEN

Ein wichtiger Aspekt, der bei textilem Mikroplastik ebenfalls zu bedenken ist, ist das Ausgangsprodukt, aus dem sich die kleinen Fasern lösen: Textilien sind durch ihre vielfältigen – teilweise intransparenten – Produktions- und Veredelungsschritte oftmals mit einer Vielzahl an Additiven und Chemikalien ausgestattet. Emittieren aus dem Textil Fasern, so lösen sich die entsprechenden Chemikalien mit und können ebenfalls in die Umwelt gelangen. Textiles Mikroplastik kann daher in besonderem Maße für einen Transfer schädlicher Additive in die Umwelt sorgen.

Gerade im Kontakt mit Wasser, so konnte in einer Studie festgestellt werden, lösen sich teilweise persistente, bioakkumulierbare und toxische Substanzen und werden in die Umwelt eingetragen.

VIELE FAKTOREN BEINFLUSSEN EMISSIONEN

Über die Höhe der Emissionen von textilem Mikroplastik entscheiden eine Vielzahl an Faktoren: die Art des Fasertyps, Art und Qualität der textilen Fläche, das Alter, die Ausrüstung und Veredelung des Textils, die Behandlung und vieles mehr. Beim Waschen kommen weitere Faktoren, wie beispielsweise das Waschprogramm, Waschmaschinentyp oder die Art des Waschmittels hinzu. Über den Eintrag in die Umwelt entscheiden zudem auch mögliche Filter und die Effektivität der Kläranlagen. All diese Aspekte müssen berücksichtigt werden, wenn Emissionen verringert werden sollen.

ANFORDERUNGEN AN LÖSUNGSANSÄTZE

Vor dem Hintergrund einer stetig wachsenden (synthetischen) Faser- und Textilproduktion ist es von besonderer Bedeutung, schnellstmöglich zu handeln – mit dem klaren Ziel, jegliche Emissionen von Mikroplastik in die Umwelt zu jeder Zeit und in allen Bereichen des Produktions- und Lebenszyklus zu verhindern. Aufgrund der komplexen Lieferkette, verschiedenster Herstellungsprozesse und vielfältiger Einflussfaktoren, die eine Emission von Mikroplastik aus Textilien (in die Umwelt) bedingen, müssen

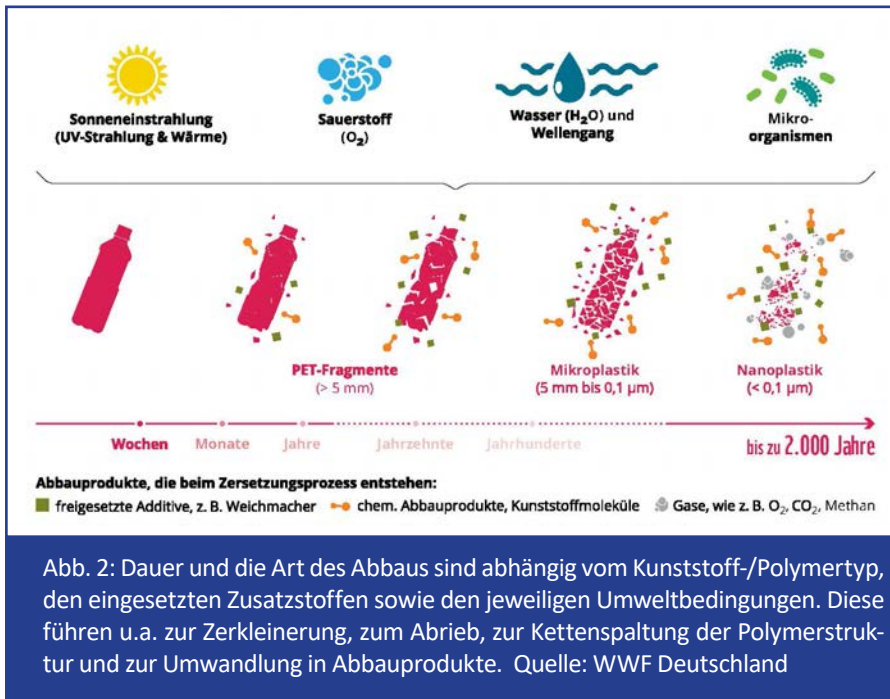


Abb. 2: Dauer und die Art des Abbaus sind abhängig vom Kunststoff-/Polymertyp, den eingesetzten Zusatzstoffen sowie den jeweiligen Umweltbedingungen. Diese führen u.a. zur Zerkleinerung, zum Abrieb, zur Kettenspaltung der Polymerstruktur und zur Umwandlung in Abbauprodukte. Quelle: WWF Deutschland

jedoch gewisse Anforderungen an Lösungsansätze erfüllt sein, um nachhaltig zu wirken. Noch sind viele Faktoren nicht bekannt und es besteht dringender Bedarf an einem tieferen Verständnis und konkreten Zahlen.

1. Die gesamte Lieferkette in den Blick nehmen. Für sinnvolle Lösungsansätze müssen die komplette textile Kette betrachtet und alle möglichen Leckagestellen berücksichtigt werden. Bei jedem Produktionsschritt besteht die Möglichkeit, dass ein Faserverlust stattfindet – von der Faserherstellung bis hin zur Entsorgung des Textils. End-of-pipe-Lösungen alleine sind nicht sinnvoll, können aber das Lösungsportfolio ergänzen. Ebenso wenig eignen sich Lösungen, die nicht an der Ursache ansetzen. Lösungsansätze, die früh im Produktionsprozess ansetzen, können unter Umständen spätere Emissionen verhindern oder verringern. Die größten Emissionsquellen sollten zudem vorrangig angegangen werden.

2. Die globale Dimension der Herausforderung beachten. Die textile Produktionskette als globaler Prozess mit weiten Transportstrecken und national unterschiedlichen Herstellungsweisen und -bedingungen benötigt möglichst

einfache und übertragbare Lösungen, die in unterschiedlichen Settings wirksam zum Einsatz kommen können. Im besten Fall sollten zudem branchenübergreifende Lösungen gefunden werden.

3. Alle Konsequenzen einer „Lösung“ bedenken. Die entsprechenden Maßnahmen sollten möglichst ganzheitlich wirken. Dafür ist sicherzustellen, dass keine negativen Auswirkungen an anderer Stelle erzeugt werden („Impact-Shift“). Oder aber, dass andere umweltschonende Ansätze und -maßnahmen (z.B. Wiederverwendung oder Recycling) nicht behindert werden. Am besten sind Ansätze, die gleichzeitig eine weitere Umweltproblematik mit angehen.




Caroline Kraas
Project Manager Microplastics
WWF Deutschland
Caroline.Kraas@wwf.de

4. Alle Stakeholder müssen in den Überlegungen bedacht werden. Hinsichtlich der Maßnahmen stehen vor allem Hersteller und Lieferanten in der Pflicht, Textilien möglichst emissionsarm zu gestalten und zu produzieren.

5. Sensibilisieren und kommunizieren. Eine entsprechende Kommunikation über die Umweltproblematik und die Lösungsansätze ist wichtig, um Bewusstsein für beides zu erzeugen.

Literatur:

- Kraas, C. und Bauske, B. (2020): *Mikroplastik in der Umwelt. Hintergrundpapier*, Berlin.
- J. Bertling, C. G. Bannick, L. Brinkmann, L. Barkmann et. al. (2021): *Kunststoff in der Umwelt – ein Compendium*, 1. Auflage 2021.
- De Sa, L., Oliviera, M., Ribeiro, F. et al. (2018): *Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future?* In: *The Science of the total environment* 15. S. 1030.



Mikroplastikprüfstand an der Hochschule Niederrhein.
Foto: Carlos Albuquerque

WASCH- UND TROCKNUNGSVERSUCHE MIKROPLASTIKVERLUST WÄHREND DER HAUSHALTSWÄSCHE - EINFLUSSFAKTOREN

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Haushaltswäsche ein wichtiger Eintragspfad für Mikroplastik textilen Ursprungs in die Umwelt ist. Hierbei werden synthetische Fasern freigesetzt, die über das Abwassersystem in Kläranlagen und darüber in die Gewässer gelangen können. Das Forschungsinstitut für Textil und Bekleidung an der Hochschule Niederrhein hat im Rahmen von TextileMission in einer breit angelegten Versuchsreihe untersucht, welche Wasch- und Textilparameter die Freisetzung von textilem Mikroplastik durch die Haushaltswäsche begünstigen. Daraus ergeben sich interessante Erkenntnisse für Industrie und Verbraucher.

Produktion und Konsum von Sport- und Outdoor-Textilien sind in den vergangenen Jahrzehnten auch vor dem Hintergrund eines gewandelten Lifestyles kontinuierlich gestiegen. Und mit ihnen die Ansprüche der Verbraucher. Diese erwarten von den Produkten nicht zuletzt hohen Komfort und Funktionalität. Die geforderten Eigenschaften wie Atmungsaktivität und Wasserundurchlässigkeit lassen sich unter anderem durch die Materialauswahl und die Konstruktion, aber auch durch die Veredlung des Textils erreichen.

PERFORMANCE-EIGENSCHAFTEN VON TEXTILIEN

Je nach Einsatzgebiet sind Textilien sehr unterschiedlich konstruiert. Für den Outdoorbereich werden beispielsweise Textilien mit wärmeisolierender Wirkung benötigt, die einen hohen Luftabschluss aufweisen. Jacken und Sweater werden deshalb häufig aus Fleece-Materialien gefertigt. Sie sind bauschig und voluminös, wärmen und sind gleichzeitig sehr leicht. Dies wird durch das mechanische Rauhen der Oberfläche in der Ausrüstung erreicht. Sportshirts und -hosen haben im Gegensatz dazu oft eine glatte Oberfläche, die den Schweiß ableitet, schnell trocknend und funktional sein soll. Häufig werden Fasern mit

sehr feinem Faserdurchmesser (Mikrofasern) verwendet, um bei geringem Gewicht eine hohe Oberflächendichte, Kapillarwirkung und damit ein gutes Feuchtmanagement zu erzielen.

Polyester (Polyethylenterephthalat, PET oder PES) gehört in diesem Sektor zu den am meisten eingesetzten Fasermaterialien, da mit ihm die unterschiedlichen Funktionen erzielt werden können. Im Jahr 2019 wurden allein in Deutschland 187.000 Tonnen PES produziert. Weltweit lag die PES-Produktion in diesem Zeitraum bei circa 60 Millionen Tonnen. So ist es auch nicht verwunderlich, dass Polyester den größten Anteil beim gefundenen Mikroplastik textilen Ursprungs hat. Textilien aus diesen Fasern weisen über die oben genannten Funktionen hinaus eine hohe Gebrauchsbeständigkeit und eine lange Nutzungsdauer auf. Genau hier kommt es zu einem ökologischen Konflikt, der Bestandteil der vorliegenden Untersuchungen ist: Hierbei muss die Langlebigkeit des Produkts sichergestellt werden und das Abbauverhalten bei Faserverlust in den verschiedenen Umgebungsbedingungen geprüft werden

Das Ausmaß dieses Konflikts äußert sich unter anderem im Austrag von Fasern und Faserbruchstücken während Gebrauch und Pflege. Die Größenord-

nung der Emissionen galt es im Rahmen von TextileMission am Forschungsinstitut für Textil und Bekleidung der Hochschule Niederrhein zu untersuchen. Um den Einfluss der Produktherstellung auf die Freisetzung von Mikropartikeln zu erkennen, wurden typische Textilien und daraus hergestellte Bekleidungsstücke für den Outdoor- und Sportsektor untersucht. Es handelte sich dabei überwiegend um Maschenware aus Polyesterfilamentgarnen und Polyesterstapelfasergarnen mit unterschiedlichen Garn- und Flächenkonstruktionen und Ausrüstungseffekten.

MIKROPLASTIKEMISSION BEIM WASCHPROZESS

Wäsche dient allgemein dazu, Textilien aufzufrischen und störende Substanzen, wie Fette, Proteine und Salze zu entfernen. Während des Tragens entsteht zusätzlich Materialabrieb, der zusammen mit dem Schmutz aus dem Textil entfernt und in das Waschwasser überführt wird. Aber auch das Waschen selbst führt zu Materialabrieb und damit zur Freisetzung von Mikroplastik. Insgesamt wird die Menge der emittierten Fasern aus Textilien durch die Haushaltswäsche durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst und wurde bereits in einer Reihe von Studien untersucht. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der einzelnen Studien ist schwierig, da Wasch- und Textilparameter zu unterschiedlich sind.

AUFBAU UND ABLAUF DER WASCHVERSUCHE

Die Waschparameter (Zeit, Temperatur, Mechanik und Waschmittel/Weichspüler) stehen in einem abgestimmten Verhältnis zueinander. Je nach Waschaufgabe und -ladung müssen sie unterschiedlich ausgeprägt sein, um einerseits einen hohen Wascheffekt zu erzielen und andererseits das Waschgut nach Möglichkeit zu schonen. In den Laboren der Hochschule Niederrhein wurde untersucht, welchen Einfluss diese Parameter auf den Mikroplastikaustrag haben. Dazu wurden unterschiedliche Funktionstextilien und -bekleidungsstücke (Fleecejacken und Sportshirts) aus PES betrachtet.



Abb. 1: Das bei den verschiedenen Waschversuchen aufgefangene Abwasser wurde von den Forschenden der Hochschule Niederrhein durch diese Filterkaskade filtriert. Das Filtrat wurde gewogen und anschließend weiter analysiert. Foto: Carlos Albuquerque

Es ist bekannt, dass mechanische Belastung bei Textilien häufig zu Faserbrüchen und Abrieb führt. Beim Waschen werden die Textilien vor allem beim Schleudern und durch Kontakt der einzelnen Wäschestücke miteinander belastet. Zur Bestimmung des Mikroplastikaustrages aus Polyester-Textilien während einer Haushaltswäsche wurden sortenreine Waschladungen mit unterschiedlichen Bedingungen in Haushaltswaschmaschinen bei 40 °C mit Flüssigwaschmittel gewaschen. Es wurden folgende Waschparameter variiert:

- Schleuderrzahl (900 und 1200 rpm)
- Beladungsmenge (3,5 und 1,5 kg)
- ± Weichspüler
- Zeit (Pflegeleicht- und Express-Programm)

Nach jedem Waschzyklus wurden die Waschmaschinen zweimal im Kaltwaschprogramm gereinigt. Zur Kontrolle wurden die dabei entstandenen Flotten exemplarisch gefiltert, um die Faserbelastung des Wassers zu messen. Am Ende einer Arbeitswoche wurden die Waschmaschinen mit einem Reinigungsprogramm bei 90 °C gereinigt.

IM FOKUS: DER TROCKNUNGSPROZESS

Nach dem Waschprozess erfolgte eine Trocknung des Waschgutes auf zwei Arten: Leinentrocknung oder Trocknung im Wäschetrockner. Bei der Trocknung auf der Leine wurden die Textilien, um sie vor Partikeln aus der Umgebung zu schützen, in Wäschesäcken für 48 Stunden bei Raumtemperatur getrocknet. Die Trocknung im Trockner fand in handelsüblichen Haushaltstrocknern mit dem Programm Pflegeleicht statt. Da das Textilgut anschließend noch leicht feucht war, wurde 20 Minuten mit Lüften warm nachgetrocknet. Bei der Trocknung im Wäschetrockner wurde der Partikelaustrag über einen Faserfilter der Trenngrenze 200 µm erfasst und in mg/kg Trocknungsgut bestimmt. Die Untersuchungen wurden, wenn nicht anderes angegeben, mit einem Probenumfang (n) von 3 durchgeführt, um eine statistische Auswertung durchzuführen.

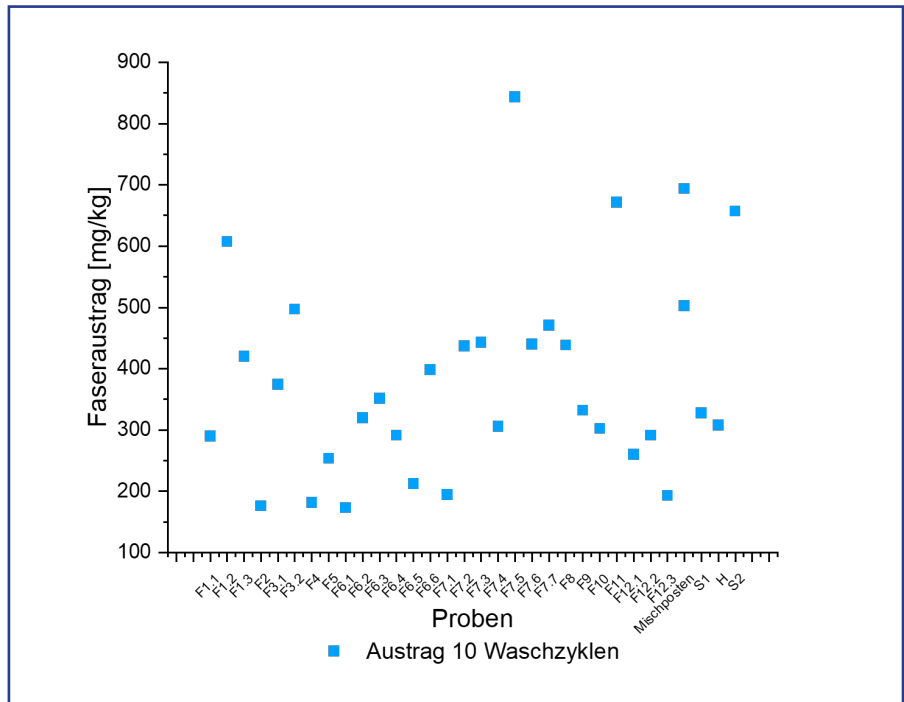


Abb. 2: Übersicht über die Austragswerte [mg/kg] der untersuchten Materialien als Summe von 10 Wäschen (F: Fleece-Ware, H: glatte Hose, S: glattes Shirt). Quelle: Hochschule Niederrhein

5-STUFIGE FILTERKASKADE

Zur Probenanalytik wurde die gesamte Flotte des Waschprozesses gesammelt und filtriert. Dabei wurden Edelstahlfilter mit Trenngrenzen von 1500 µm, 500 µm, 150 µm, 50 µm und 5 µm verwendet (Abb. 1). Die Menge der ausgetragenen Fasern wurde bestimmt und der relative Faseraustrag in mg/kg Textil ermittelt. Die Filtrationskaskade wurde nach jedem Filtrationszyklus durch ausgiebige Spülgänge gereinigt. Nach den Spülgängen wurde das Röhrensystem mittels Druckluft von wässrigen Rückständen befreit. Am Ende einer Arbeitswoche wurde eine mechanische Reinigung des Röhrensystems durchgeführt, um die Biofilmbildung zu vermeiden und entstandenen Biofilm abzureinigen. Für ausgewählte Proben wurden zudem weitere analytische Methoden wie µFTIR, Mikroskopie und externe TED-GC/MS-Messungen vorgenommen (FTIR = Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer). Auch wurden die Textilien einem Materialschnelltest unterzogen, der eine Erstaussage über die Textilqualität zulässt.

Insgesamt wurden 23 Materialien in mehr als 850 Waschversuchen untersucht. Die durchgeführten Tests lassen ein breites Spektrum an Emissionsmengen erkennen, für die vorliegende Materialauswahl sind akkumuliert über 10 Wäschen Werte von 173 mg/kg bis 843 mg/kg je nach untersuchtem Prozessen ermittelt worden (Abb. 2). Bei Einzelwäschen lag der höchste Wert bei circa 275 mg/kg und der niedrigste bei circa 6 mg/kg.

Die Analyse der Filterrückstände mittels µFTIR sowie Thermoextraktion und Desorption-Methoden (TED-GC/MS) ergab, dass 99 Prozent der Fasern auf den Filteroberflächen Polyester-basiert waren. Die restlichen ein Prozent bestanden aus anderen Polymeren, die zum Beispiel in den Reißverschlussmaterialien zu finden waren. Diese Ergebnisse werden mit Blick auf die unterschiedlichen Untersuchungsaspekte nachfolgend genauer vorgestellt.

PROGNOSE VON PARTIKELAUSTRAG BLEIBT SCHWIERIG

Zur Herstellung von Fleece-Material wird die rundgestrickte Meterware ein- oder beidseitig geraut (Beschädigung der Textilstruktur und gegebenenfalls

auch der Faseroberfläche) und optional geschoren, so dass eine weiche und voluminöse Oberfläche entsteht, um eine ausreichende Luftisolation zu erreichen (siehe Abb. 3). Die Arbeitshypothese ließ eine höhere Partikelemission für mechanisch ausgerüstete Ware wie Fleecematerialien erwarten als für Textilien und Bekleidungsartikel wie Sportshirts aus Filamentgarnen ohne mechanische Ausrüstung und mit intakter Faseroberfläche. Um diese These zu bestätigen oder zu widerlegen, wurden die Austragswerte neben den Fleece-Materialien auch an PES-Waren ohne mechanische Ausrüstung untersucht.

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich wird, gibt es sowohl bei den Fleece-Waren als auch bei den ungerauten Waren Proben, die einen hohen beziehungsweise niedrigen Faseraustrag (Summe über 10 Wasch- und Trockenzyklen) zeigen. Das Fleecematerial F1 und das Sportshirt S2 zeigen sowohl in den Wasch- als auch in den Trockenzyklen einen vergleichbaren Faseraustrag. Im Vergleich dazu zeigen die Materialien F6 und S1 einen deutlich niedrigeren Austrag. Es kann also nicht anhand einer aufgerauten beziehungsweise intakten Faseroberfläche bestimmt werden, ob das Material einen hohen oder niedrigen Faseraustrag zeigt.



Abb. 3: Darstellung von Fleece-Material mit aufgerauter Faseroberfläche (A) und mechanisch unbehandeltem Material mit intakter Faseroberfläche (B).
Quelle: Hochschule Niederrhein

MEISTE FASERFRAGMENTE AUF DEM KLEINSTEM FILTER

Die Auswertung der verschiedenen Waschzyklen zeigte sehr unterschiedliche Ergebnisse. Jedoch wurde deutlich, dass nach der Filtration der Waschflotte die meisten Fasern auf dem kleinsten Filter (5 µm) zu finden waren. Dies bedeutet, dass die freigesetzten Fasern bei den in diesen Untersuchun-

gen eingesetzten Materialien Größen im unteren Mikrometerbereich haben und unter die Kategorie „Mikroplastik textilen Ursprungs“ fallen. Die Faseraustragsmenge wurde jeweils über 10 Wasch- und Trockenzyklen analysiert. Dabei wurden die Wäscheposten mit dem Pflegeleicht-Programm gewaschen und anschließend mit einem Trockner getrocknet. Sowohl die Fasermenge aus dem Waschprozess als auch aus dem Trocknungsprozess wurden bestimmt und sind für die einzelnen Wäscheposten recht unterschiedlich. Einen deutlichen Effekt zeigte aber die Beladungsmenge, wie in Abb. 5 erkennbar.

GERINGERE EMISSIONEN BEI VOLLER BELADUNG

Es ist ersichtlich, dass der Faseraustrag bei geringer Beladung der Waschtrommel immer höher ist als im Vergleich zur vollen Waschtrommelbeladung. Im Schnitt führte die geringere Beladung nahezu zu einer Verdoppelung des Faseraustrages. Dies ist auf die höhere Mechanik im Waschprozess zurückzuführen, da die Fallhöhe der Textilien in der Trommel bei geringerer Beladung deutlich größer ist als in einer voll beladenen Waschtrommel. Zudem ist bei geringeren Beladungen das Verhältnis von Waschwasser zu Textil höher, was zu einer besseren Durchflutung der Textilien und somit höherem Austrag führt.

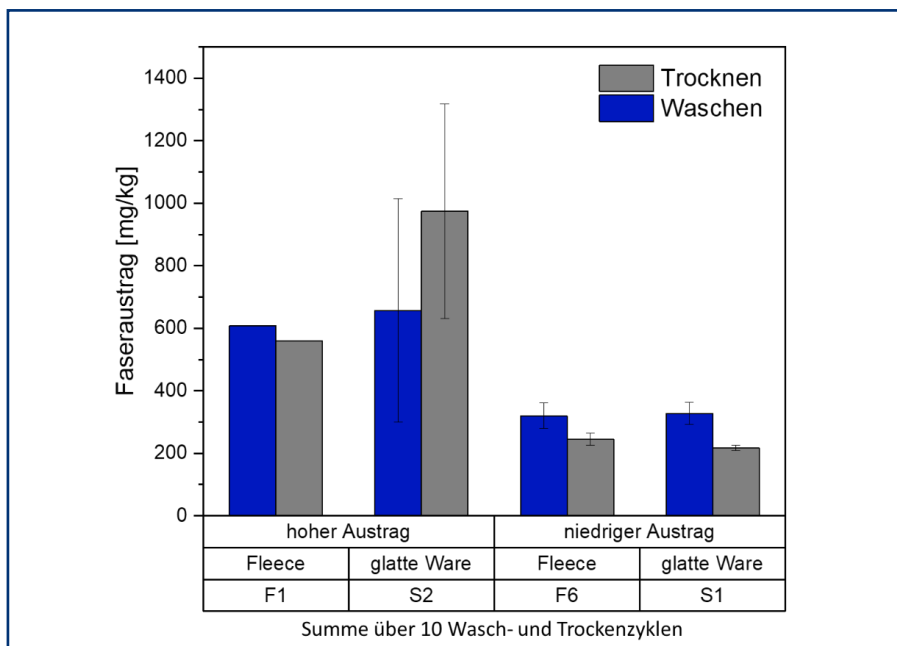


Abb. 4: Sowohl bei Fleece-Waren als auch bei ungerauten Waren gibt es Proben, die einen hohen bzw. niedrigen Faseraustrag zeigen (Summe über 10 Wasch- und Trockenzyklen). Quelle: Hochschule Niederrhein

Es ist zudem auffällig, dass der Austrag aus dem Trockner mit einer zwei- bis vierfachen Menge generell höher war als der Austrag durch die Wäsche. Auch die Trocknerprozesse tragen somit zum Austrag von Faserpartikeln in die Umwelt bei, auch wenn diese nicht unmittelbar ins Abwasser gelangen.

HÖCHSTER PARTIKELAUSTRAG BEI ERSTER WÄSCHE

Bei der genaueren Betrachtung der einzelnen Wäschen, zum Beispiel des Artikels F6 (Abb. 5, intergriertes Bild), zeigte sich, dass der Partikelaustrag im ersten Wasch- beziehungsweise Trocknungszyklus am höchsten war und im Verlauf der weiteren Zyklen immer weiter abnahm, bis er bei diesem Textil bei circa 10 mg/kg stagnierte. Dieser Verlauf ist charakteristisch für alle Wäschen, wobei die niedrigsten Werte ab Wäsche 8 in der Regel zwischen 20 mg/kg und 10 mg/kg lagen. Es konnte bei allen Waschversuchen über die Abfolge von zehn Waschzyklen nicht beobachtet werden, dass der Faseraustrag wieder zunahm. Eine Steigerung des Plastikaustrags durch Materialalterung oder erhöhten Abrieb in der Waschmaschine scheint bei den betrachteten Materialien aus sehr strapazierfähigen Polyesterfasern im Verlauf von 10 Wäschen nicht einzutreten. Eine Trocknung im Wäschetrockner führte insgesamt zu einem höheren Faseraustrag (Wasch- und Trocknungsprozess). Die durchgeführten Untersuchungen lassen ein breites Spektrum an Emissionen erkennen.

DIE EFFEKTE VON TROCKNER, WEICHPÜLER UND WASCHPROGRAMM

Für die vorliegende Materialauswahl wurden akkumuliert über 10 Trocknungs-

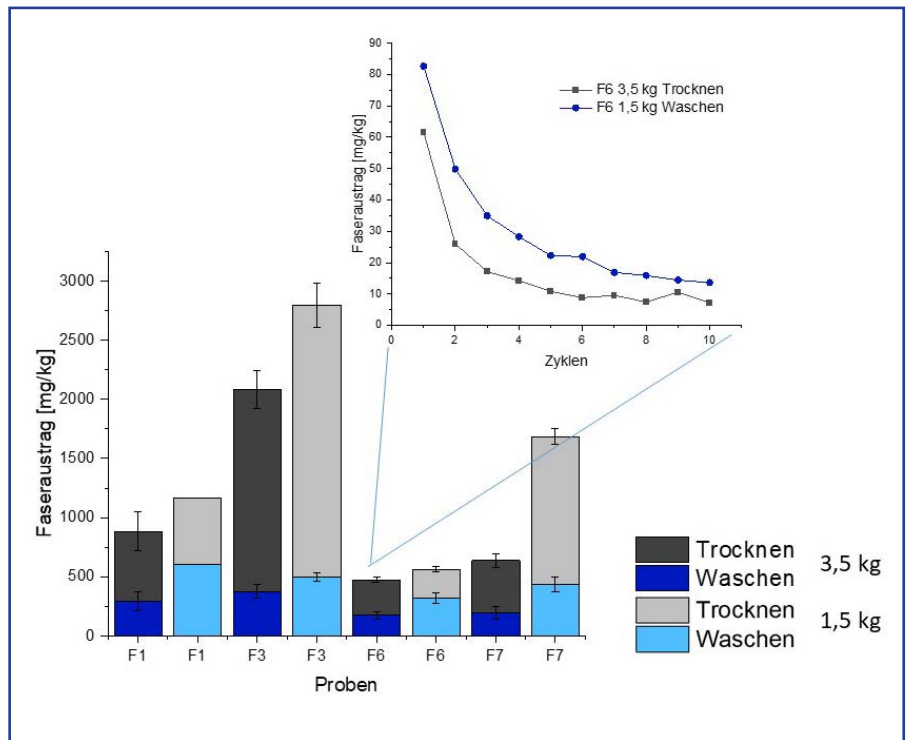


Abb. 5: Faseraustrag von verschiedenen Fleece-Waren bei unterschiedlicher Beladung der Waschmaschine (1,5 kg und 3,5 kg) und durch den Trockner, summiert über jeweils 10 Zyklen. Integriertes Bild: Aufschlüsselung der Faserfreisetzung pro Zyklus am Beispiel einer Fleece-Ware.

Quelle: Hochschule Niederrhein

zyklen je nach untersuchtem Parameter Werte von 75 mg/kg bis 3948 mg/kg ermittelt. Wurde die Wäsche auf der Leine getrocknet, so war der Gesamtfaseraustrag niedriger als bei der Trocknung im Trockner. Allerdings gelangten im nachfolgenden Waschprozess mehr Fasern in das Waschwasser, da lose Faserfragmente, die nicht während des Waschprozesses herausgespült wurden, im Material verblieben und nicht durch den Trockner herausgelöst wurden. Bei der Trocknung im Trockner wurden diese Fasern im Flusensieb aufgesammelt und konnten nicht ins Abwasser gelangen. Ein Effekt von Weichspüler auf die Faserfreisetzung konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Auch

die Erhöhung der Schleuderrzahl von 900 rpm auf 1200 rpm führte nicht zu einem erhöhten Faseraustrag. Die Auswahl des Waschprogramms hingegen kann einen leichten Einfluss auf den Faseraustrag aufweisen. Die Verwendung des Expressprogramms bei niedriger Waschzeit (Laufzeit 30 min, Schleuderrzahl 1200 rpm) zeigte im Vergleich zum Pflegeleichtprogramm (Laufzeit 1:59 h, Schleuderrzahl 1200 rpm) einen etwas geringeren Faseraustrag. Wahrscheinliche Erklärung: Bei einer verringerten Waschzeit wird die Wäsche weniger mechanisch belastet, was für den verringerten Faseraustrag verantwortlich sein kann.

VERBRAUCHERTIPP - WASCHMASCHINE VOLL BELADEN!

Die Beladung der Waschmaschine sollte so gewählt werden, dass das Textilgut keinen hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt wird, der Wascheffekt aber ausreichend vorhanden ist. Für den Mikroplastikaustrag gilt: je voller, desto besser! Kürzere Waschzeiten tragen ebenfalls zu einem verminderten Austrag bei, aber auch hier gilt: der Wascheffekt muss stimmen.

ERGEBNISSE DEUTEN AUF PRODUKTIONSRÜCKSTÄNDE

Der Verlauf der Kurven zum Partikelaustrag in Wäschen zeigt für alle untersuchten Materialien einen charakteristischen Verlauf. Die ersten beiden Wäschen decken circa 54 Prozent des Gesamtfaseraustrags von 10 Wäschen ab, während die 3. bis 10. Wäsche lediglich 46 Prozent des Mikroplastikaustrags verantworten und im Durchschnitt bei der letzten Wäsche einen Partikelaustrag um die 10 mg/kg aufweisen. Dieses Verhältnis ist für alle Konstruktionen und Ausrüstungsrouten zu beobachten. Dies lässt den Rückschluss zu, dass die durch die Wäsche in die Umwelt eingetragenen Faserfragmente in erster Linie Rückstände aus der Produktion sind.

Die Tatsache, dass die polymerchemische Zusammensetzung der Filterrückstände eindeutige Hinweise auf Polyester enthält, lässt darüber hinaus vermuten, dass es sich um materialeigene Rückstände und nicht um Fremdfasern oder Verunreinigungen aus Transport oder Lagerung handelt. Für die hier betrachteten Muster ist darüber hinaus festzuhalten, dass Artikel mit einer mechanisch zerstörenden Ausrüstung wie dem Rauern und Scheren nicht schlechter abschneiden als Artikel, die keine mechanische Ausrüstung erfahren haben.

Werden alle im Projekt identifizierten Eintragswege für Mikroplastik zusammengetragen, ergibt sich das in Abbildung 6 dargestellte Bild.

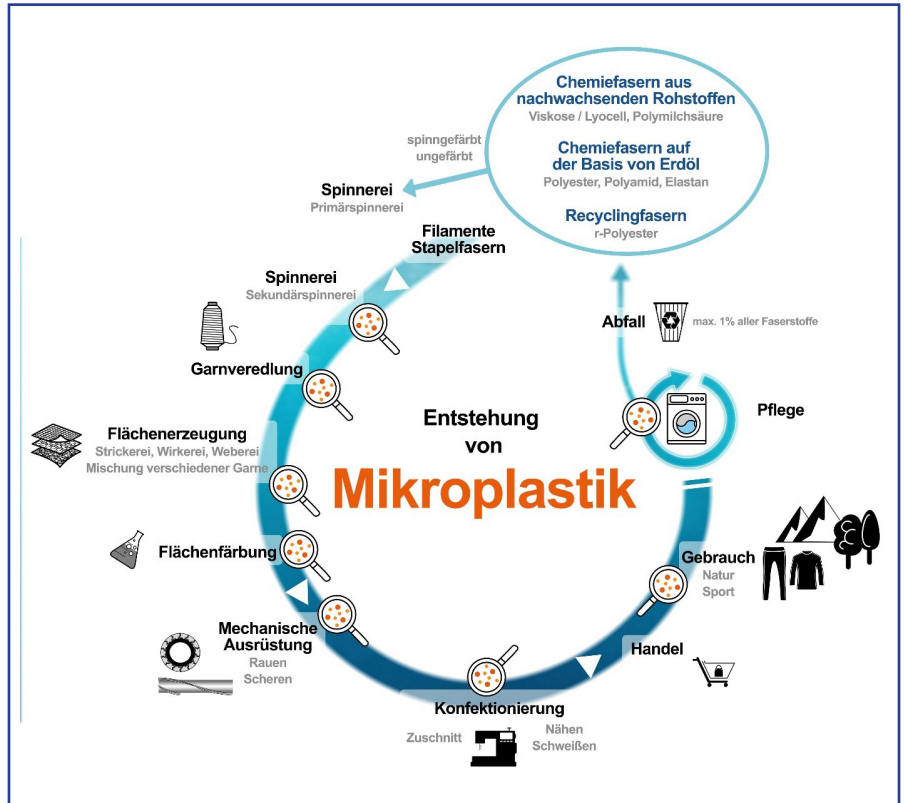


Abb. 6: Textiles Mikroplastik wird auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette und während der Nutzungsphase eines Kleidungsstücks freigesetzt. Quelle: Hochschule Niederrhein

Literatur:

- [https://www.cirfs.org/statistics/key-statistics/world-production-fibre, Stand 01.03.2021](https://www.cirfs.org/statistics/key-statistics/world-production-fibre,Stand 01.03.2021)
- www.statista.com
- J. Bertling, C. G. Bannick, L. Brinkmann, L. Barkmann et. al. (2021): *Kunststoff in der Umwelt – ein Kompendium, 1. Auflage 2021.*



Prof. Dr. Maïke Rabe

Leiterin des Forschungsinstituts für Textil und Bekleidung, Hochschule Niederrhein
maïke.rabe@hs-niederrhein.de



Prof. Dipl.-Des. Ellen Bendt

Dozentin am Fachbereich für Textil und Bekleidung Hochschule Niederrhein
ellen.bendt@hs-niederrhein.de

Weitere Autoren: Dr. Sabrina Kolbe, Dr. Kristina Klinkhammer, Stefan Brandt, Dr. Jens Meyer



UMWELTAUSWIRKUNGEN TEXTILEN MIKROPLASTIKS QUANTIFIZIERUNG, FRAKTIONIERUNG UND RÜCKHALT IN KLÄRANLAGEN

Wie verhält sich textiles Mikroplastik, nachdem es über die Haushaltswäsche in das Abwasser gelangt ist? Ist der Rückhalt von textilem Mikroplastik in Kläranlagen abhängig von der Größe der Fragmente? Mit diesen Fragen beschäftigte sich das Institut für Wasserchemie an der TU Dresden. Darüber hinaus wurde auch zur biologischen Abbaubarkeit verschiedener Fasertypen und zum Einfluss verschiedener Additive aus der Produktion geforscht.

Synthetische Textilien, die bei der Produktion und dem Tragen und Waschen mikropartikeläre Faserfragmente freisetzen, gelten als eine wesentliche Quelle von Mikroplastik, welches ubiquitär in der Umwelt gefunden wird. Zu Projektbeginn war unklar, in welchem Maße Mikroplastik über die Haushaltswäsche aus Textilien freigesetzt wird und in die Umwelt gelangt. Hiervon leiteten sich die Kernfragen der Forschungstätigkeiten am Institut für Wasserchemie der TU Dresden ab: Wird textiles Mikroplastik von Kläranlagen im Labormaßstab effizient zurückgehalten? Und welchen Einfluss hat dabei die Größe der Partikel?

METHODENENTWICKLUNG

Um diese übergeordneten Fragestellungen bearbeiten zu können, wurde eine Methode entwickelt, Faserfragmente der Größe nach zu fraktionieren und zu charakterisieren (u.a. nach Größe, Anzahl, Polymertyp, ...). Hierbei wurde sich auf Polyester (genau: Polyethylenterephthalat, PET) beschränkt, dem mengenmäßig am meisten verwendeten synthetischen Polymer für Textilien. Darüber hinaus wurde die biologische Abbaubarkeit unterschiedlicher Fasermaterialien und der Einfluss von Textil-

additiven (Farbstoffen, Weichmacher, antimikrobielle Ausrüstung) untersucht.

GEWINNUNG DER FASERFRAGMENTE

Zunächst galt es, eine ausreichende Menge an Faserfragmenten zu gewinnen, die sich später auch unter dem Fluoreszenzmikroskop analysieren ließen. Dafür wurden in zahlreichen Waschgängen handelsübliche weiße Fleece-Pullover gewaschen und das Abwasser über eine fünfstufige Filterkaskade gefiltert, wobei die Maschenweite 1500 bis 5 µm betrug. Entsprechend der Maschenweite der Filter konnten die ausgestoßenen Faserfragmente in fünf Nenngrößenfraktionen getrennt werden:

- > 1500 µm
- 1500 - 500 µm
- 500 - 150 µm
- 150 - 50 µm und
- 50 - 5 µm.

Die aufgefangenen Partikel wurden mittels FTIR-Analyse als PET-Polymere identifiziert. So konnte eine Kontamination der Proben durch Fremdstoffe ausgeschlossen werden.

Dies erlaubte, das spezifische Verhalten textiler Mikropartikel differenzierter zu untersuchen (siehe Abbildung 1).

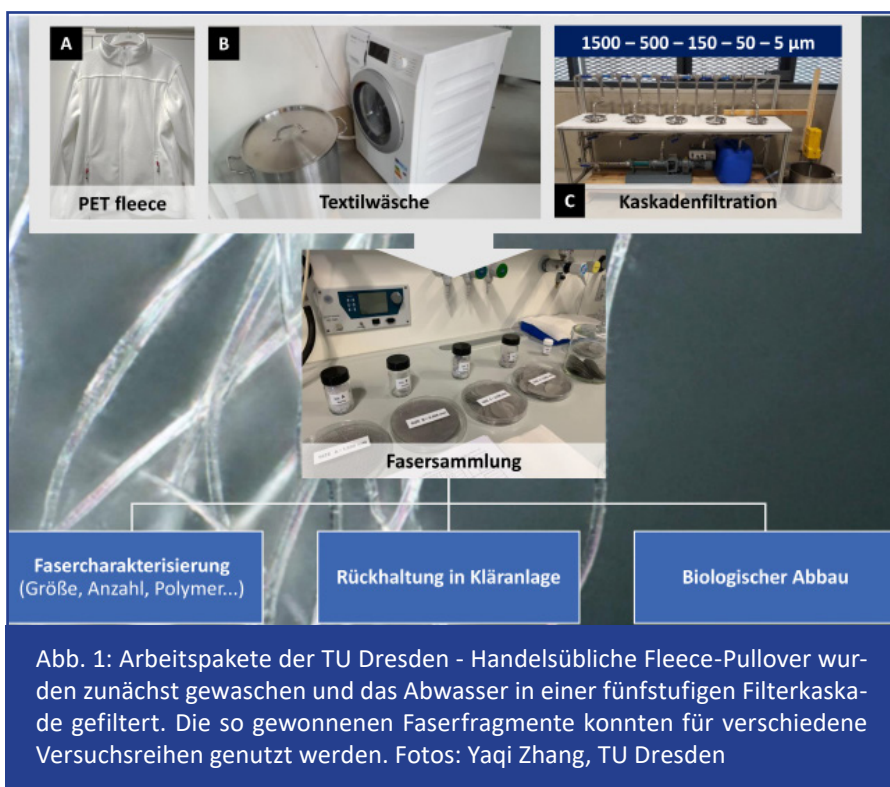
ANALYSE DER MIKROPARTIKEL: GRÖSSENFRAKTIONEN

Das Mikroplastik auf den Filtern mit der Maschenweite von 150, 50 und 5 µm wurde hinsichtlich ihrer tatsächlichen Größenverteilung mikroskopisch charakterisiert. Hierfür wurde eine umfangreiche Methodvalidierung durchgeführt, um unter anderem den Einfluss der Resuspendierung, der Partikelkonzentration und der Größe der auszuzählenden Stichprobe zu erhalten. In Abbildung 2 ist Faserhäufigkeit gegen die Fasergröße (bzw. Größenbereich) aufgetragen. Auf den Filtern mit unterschiedlichen Maschenweiten lassen sich Fasern finden, die einen sehr weiten Größenbereich abdecken. Das Maximum der Faserhäufigkeit liegt zum Beispiel bei 150-200 µm auf dem 150 µm Filter, bei 100-150 µm für den 50 µm Filter und bei >0-50 µm auf dem 5 µm Filter. Die charakterisierten Größenfraktionen wurden für die weiteren Experimente herangezogen. Die Gewinnung von wenigen Gramm der Größenfraktionen und deren Charakterisierung hat viele Monate in Anspruch genommen.

RÜCKHALT VON FASERN IN DER LABORKLÄRANLAGE

Kläranlagen verfügen über unterschiedliche mechanische, chemische und biologische Reinigungsstufen. In Laborversuchen wurden diese nachgestellt. Darunter zum Beispiel die Co-Sedimentation der PET-Größenfraktionen mit Primär- und Belebtschlamm. Das Ziel dieses Experiments war es, den Anteil der PET-Fasern zu bestimmen, der in der Schlammatrix einer Kläranlage zurückgehalten wird, und ob die Größe der Fasern den Rückhalt beeinflusst.

Die Ergebnisse zeigen, dass die durchschnittliche Masse der Fasern im abgesetzten Belebtschlamm 98 Prozent für die Größenfraktion B (1500 - 500 µm) und 87 Prozent für die Größe D (150 - 50 µm) betrug. Im Primärschlamm betrug die durchschnittliche Co-Sedimentation



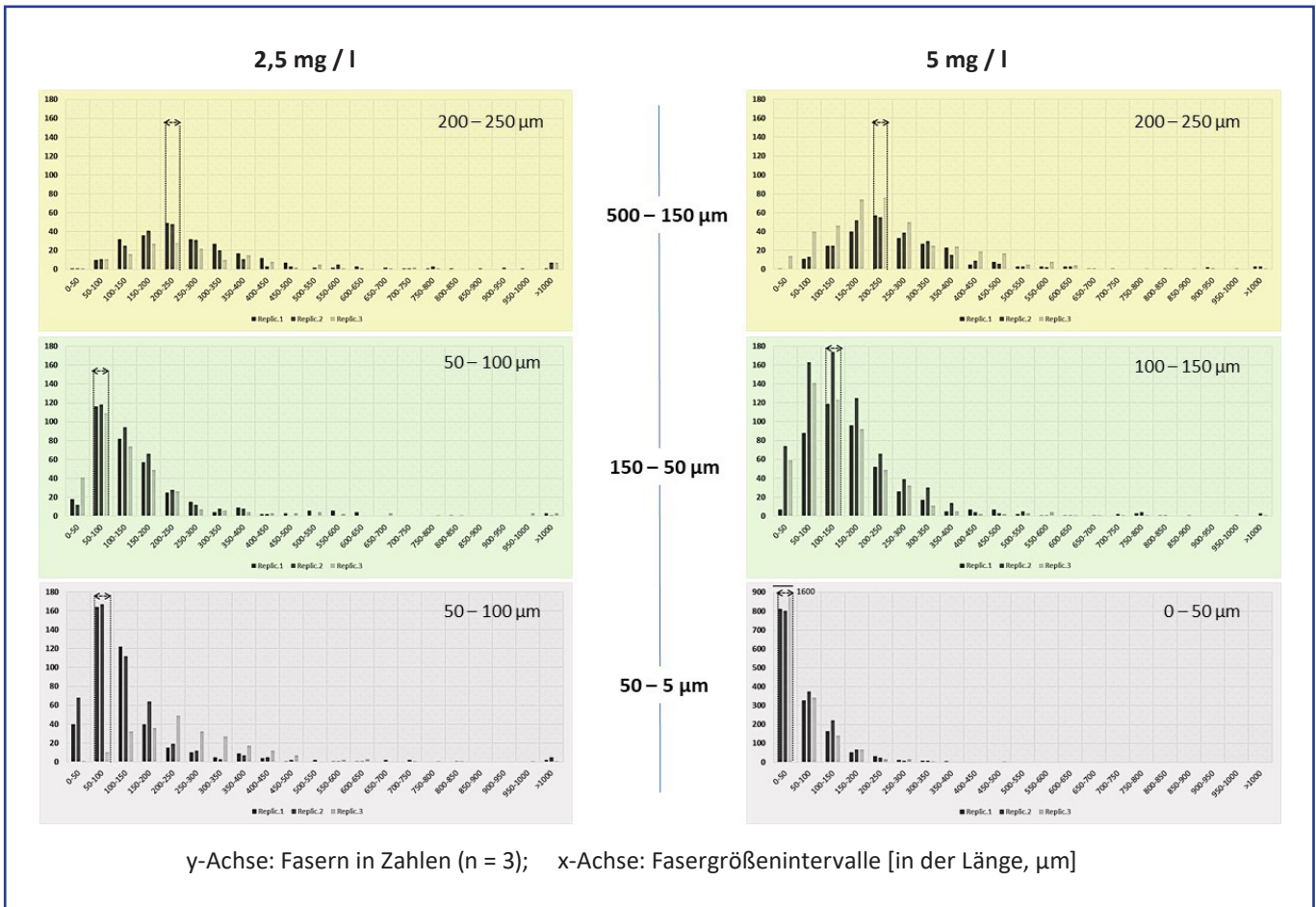


Abb. 2: Beispiel einer Filtrationsanalyse von PET-Faserfragmenten, die aus der Haushaltswäsche von Fleece stammen. Die Fasern wurden durch kaskadenförmige Edelstahlfilter (1500 - 5 µm) gesammelt. Zurückgehaltene Fasern wurden in Suspensionen aufbereitet und die Faserlängen durch Unterproben charakterisiert (n=3). Die Spitzenwerte der Faserhäufigkeit jeder Bearbeitung sind in den Diagrammen dargestellt. Quelle: TU Dresden

der Fasern 97 Prozent für die Größenfraktion B und 99 Prozent für die Größenfraktion D. Insgesamt war die Menge der im Schlamm zurückgehaltenen Fasern signifikant höher ($p < 0,05$) als die der Fasern im Abwasserabfluss (d. h. Überstand 1 - 10 Prozent). Die Größe der Fasern hatte keinen Einfluss auf ihre mögliche Entfernung durch Feststoffe ($p > 0,05$).

In der Wasseraufbereitung werden sogenannte Koagulate wie Aluminiumsulfat ($Al_2(SO_4)_3$) eingesetzt um partikuläre Störstoffe zu entfernen. In den durchgeführten Experimenten wurde unter anderem über die Einschlussfällung und unterschiedlichen Konzentrationen des Koagulanten (1 mg/L, 7 mg/L und 15 mg/L) die Entfernung von den unterschiedlichen Größenfraktionen untersucht.

79 bis 94 Gewichtsprozent der PET Faserfragmente konnten hierdurch entfernt werden.

BIOLOGISCHER ABBAU AUSGEWÄHLTER FASERMATERIALIEN

Weiterer Untersuchungsgegenstand war die biologische Abbaubarkeit von unterschiedlichen Textilpolymeren in Form von Faserfragmenten, darunter:

- 1) PET,
- 2) oxo-abbaubares PET,
- 3) Mischfaserprobe aus PET/Baumwolle,
- 4) Baumwolle,
- 5) Viskose.

Die Viskosefragmente wurden zusätzlich mit sogenannten Textilveredlungsmitteln (Farbstoffe, Weichmacher und antimikrobielle Ausrüstung) versehen, um

deren Einfluss auf die biologische Abbaubarkeit von Fasern besser zu verstehen.

Abbau von Fasern, die üblicherweise in der Textilindustrie verwendet werden:

In Tests zur raschen biologischen Abbaubarkeit konnten für Baumwoll- und Viskosefaser eine Mineralisierung von etwa 70 Prozent innerhalb von 60 Tagen unter aeroben Bedingungen festgestellt werden (Abbildung 3). Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass diese Faserfragmente auch in der Umwelt abbaubar sind, wenn vergleichbare Bedingungen wie im Labortest vorliegen. Für PET und „oxo-abbaubares PET“ wurde unter gleichen Bedingungen kein biologischer Abbau festgestellt. Die Mischfaserprobe aus PET/Baumwolle (Verhältnis 60:40) zeigt einen prozentualen Abbau, der sich auf den Baumwollanteil der Faser zurückführen lässt (Abb. 3).

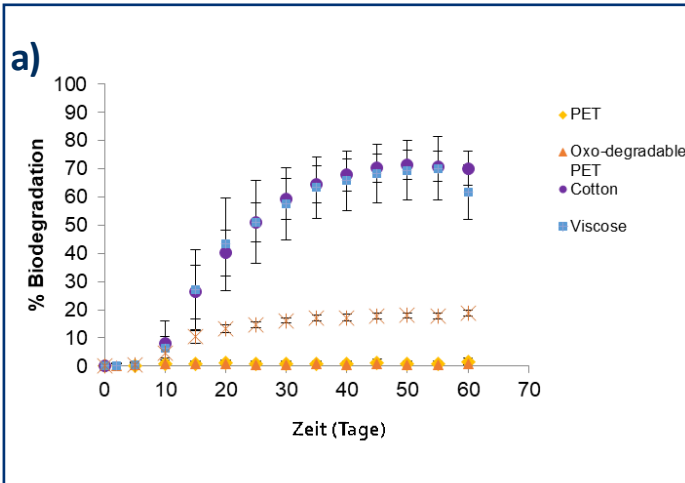


Abb. 3: Biologischer Abbau verschiedener Fasermaterialien, die üblicherweise in der Textilindustrie verwendet werden, über einen Testzeitraum von 60 Tagen. Die Ergebnisse wurden jeweils als Mittelwerte von zwei Sätzen von Triplikaten berechnet. Die schwarzen Balken stellen den Standardfehler dar (n = 6). Quelle: TU Dresden

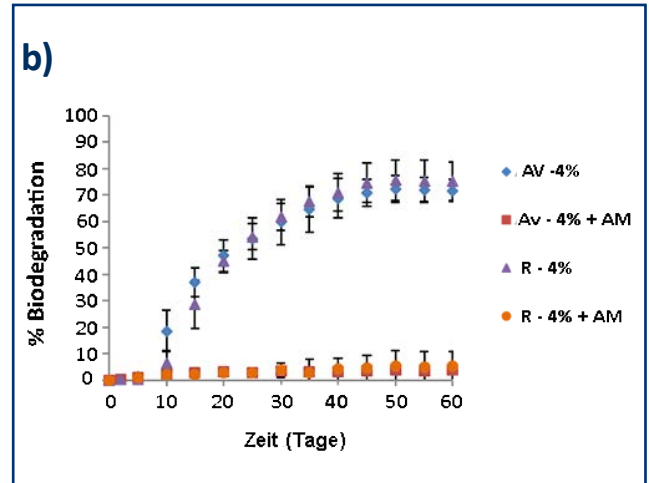


Abb. 4: Biologische Abbaugrade von zwei mit den Farbstoffen Avitera (Av-) und Remazol (R-) sowie zwei zusätzlich mit antimikrobiellem Mittel (RUCO-BAC) ausgerüsteten Viskosefasern über einen Zeitraum von 60 Tagen. Die schwarzen Balken stellen den Standardfehler dar (n=6, außer für R-0,25% AM mit n=3). Quelle: TU Dresden

Degradation von modifizierten Fasern, die mit verschiedenen Textilveredlungsmitteln behandelt wurden: Die biologische Abbaubarkeit von Viskosefasern und Viskosefasern, behandelt mit zwei verschiedenen chemischen Farbstoffen, namentlich Avitera (Av-) und Remazol (R-), und einem Weichmacher, wurden verglichen. Die biologische Abbaubarkeit der Viskosefasern wurde durch diese Additive nicht beeinflusst (siehe Abb. 4). Am Beispiel von RUCO-BAC, einer antimikrobiellen Ausrüstung, die die Geruchsbildung von zum Beispiel Sporttextilien reduziert, konnte gezeigt werden, dass die Textilveredlung einen starken Einfluss auf die biologische Abbaubarkeit – und somit auf die Persistenz der Fasern – haben kann. In diesem Beispiel wurde die biologische Abbaubarkeit der Viskosefaser fast vollständig gehemmt.

durchgeführten Versuchen konnte hierbei keine oder nur eine geringe Größenabhängigkeit festgestellt werden; allerdings beziehen sich beide Aussagen nur auf die untersuchten Größenfraktionen.

Dennoch steht zu vermuten, dass ein kleiner Teil der gesamten Mikropartikel fracht über den Kläranlagenablauf in die aquatische Umwelt emittiert werden kann. In diesem Zusammenhang wurde die Emission von Faserfragmenten in natürliche Gewässer über die Kläranlage abgeschätzt (Abb. 5). Dazu wurden publizierte Emissionen von textilem Mikroplastik aus Waschversuchen synthetischer Textilien herangezogen und auf eine Kohorte von 100 000 Einwohner bezogen. In dieser Abschätzung wurde nur der Faserabrieb im ersten Waschgang berücksichtigt. Da in der

Regel die erste Wäsche mit der größten Emission von Fasern einhergeht, stellt diese Abschätzung ein „Worst-case-Szenario“ dar. Für die Kläranlage wurde eine Entfernung von 95 Prozent der textilen Mikropartikel fracht angenommen. Abgeschätzt werden pro Tag und 100 000 Einwohner 0,04 bis 11,8 kg textiles Mikroplastik über Kläranlagen in die aquatische Umwelt emittiert. Für Deutschland mit 83 Millionen Einwohnern leitet sich daraus eine Emission von 2 bis 49 Tonnen pro Jahr ab. Die Mikropartikel emissionen, die über die Aufbringung von Belebtschlamm auf Feldern in der Landwirtschaft resultieren, waren nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Durch Versuche zur biologischen Abbaubarkeit konnte bestätigt werden, dass PET-Faserfragmente aus der Fleece-Wä-

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die eingangs formulierte Kernfrage aufgreifend kann aus den Laborversuchen geschlossen werden, dass textiles Mikroplastik aus PET vermutlich nahezu vollständig von Kläranlagen zurückgehalten wird (> 95 %) – dies deckt sich gut mit anderen aktuellen Studien zu Mikroplastik in Kläranlagen. In den



Prof. Dr. Stefan Stolte

Leiter des Instituts für Wasserchemie
TU Dresden
stefan.stolte@tu-dresden.de

Weitere Autorinnen: Dr. Ya-Qi Zhang,
Dr. Marta Markiewicz, Marianna Lykaki

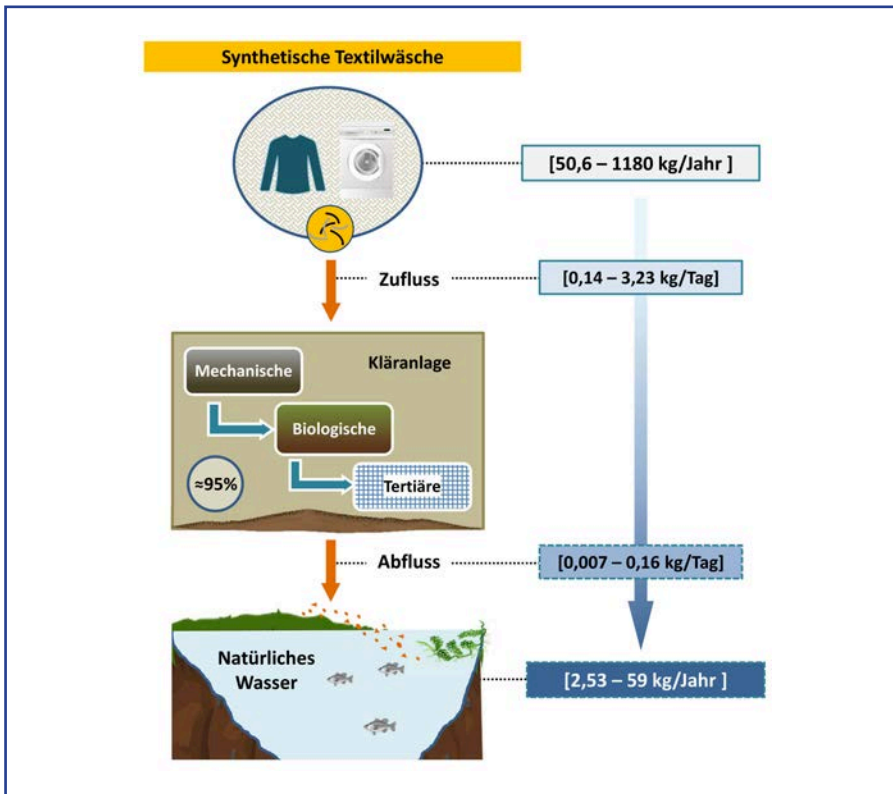


Abb. 5: Geschätzte Gesamtmenge der Faseremission aus der Haushaltswäsche synthetischer Textilien, die pro 100.000 Einwohner über Kläranlagen in die aquatische Umwelt eingetragen wird. Quelle: TU Dresden

sche während der Testzeit über 60 Tage nicht biologisch abbaubar waren. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Fasern wie reine Viskose erwartungsgemäß biologisch abbaubar waren, jedoch mit einer Oberflächenveredlung (wie den in der Studie getesteten Farbstoffen, Weichmachern und antimikrobiellen Mitteln) die biologische Abbaubarkeit der Materialien reduziert wurde.

Insbesondere das Vorhandensein von antimikrobiellem Mittel verringerte die biologische Abbaubarkeit von Viskose deutlich. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Verbleib der freigesetzten Fasern in der Umwelt aufgrund unterschiedlicher Oberflächenadditive während der Herstellung unterschiedlich sein könnte. Dies sollte in zukünftigen Forschungen berücksichtigt werden, um die Umweltauswirkungen von faserartigem Mikroplastik aus synthetischen Textilien besser zu verstehen.

EMPFIEHT SICH EINE ZUSÄTZLICHE REINIGUNGSSTUFE IN KLÄRANLAGEN?

Der Ausbau der bestehenden Kläranlagen mit einer vierten Reinigungsstufe mit dem Ziel der weiteren Eliminierung von Mikroverunreinigungen wird derzeit in Deutschland diskutiert. Favorisierte Technologien sind meist die Oxidation mit Ozon oder die Adsorption mit granulierter oder pulverisierter Aktivkohle. Einige Kläranlagen sind bereits entsprechend aufgerüstet worden.

Die granulierten Aktivkohle hat etwa 61 Prozent des Mikroplastikgehalts aus dem Wasser entfernt (Wang, et al. 2020). Hidayaturrehman und Lee (2019) haben zudem festgestellt, dass die Verwendung von Ozon ein vielversprechender Ansatz zur Entfernung von Mikroplastik ist. Dennoch empfehlen sich weitere Untersuchungen zur Effizienz dieser Aufbereitungsarten, da die Entfernung von Mikroplastik hauptsächlich von der Größe und Form der Partikel abzuhängen scheint.

Darüber hinaus kann eine solche technische Erweiterung von Kläranlagen mit erheblichen Investitions- und Wartungskosten verbunden sein, da mehr Energie und Chemikalien oder Materialien benötigt werden. Ein solcher Schritt könnte besonders für Regionen in Betracht kommen, die unter einer besonders hohen Mikroplastikbelastung leiden. Für eine entsprechende Entscheidung wäre eine systematische Umweltüberwachung und Risikobewertung notwendig, um ein besseres Verständnis für das jeweils (noch) umweltverträgliche Emissionsniveau zu erlangen.

Ein Szenario, in dem die Mikroplastik-Emission schlagartig beträchtlich erhöht werden kann, ist der Überlauf in Kläranlagen, der aufgrund mangelnder hydraulischer Kapazität in Zeiten starker Regenfälle auftreten kann. In diesem Zusammenhang scheint die Anpassung der vorhandenen Infrastruktur hinsichtlich

der Kontrolle und Reduzierung von Abwasserüberläufen ein wichtiger Punkt zu sein (ECHA und US Environmental Protection Agency).

Autoren:
Dr. Ya-Qi Zhang, TU Dresden
Taher Alrajoula, BSI e.V.

Quellen:

- H. Hidayaturrehman and T.-G. Lee, A study on characteristics of microplastic in wastewater of South Korea: Identification, quantification, and fate of microplastics during treatment process. Mar. Pollut. Bull., 2019, 146, 696–702.
- Z. Wang, T. Lin and W. Chen, Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). Sci. Total Environ., 2020, 700, 134520.
- The European Commission: Evaluation of the Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991, Concerning Urban Waste-Water Treatment; Brussels, 2019.

MASSENBILANZANALYSE

WIE VIEL MIKROPLASTIK AUS SPORTOBERBEKLEIDUNG IN DIE UMWELT GELANGT

Um ein genaueres Bild vom Ausmaß der Umweltbelastung durch textiles Mikroplastik in Deutschland zu erhalten, das beim Waschen von Sportbekleidung entsteht, wurde eine Massenbilanzanalyse durchgeführt. In die Berechnungen flossen die Ergebnisse einer eigens im Rahmen von TextileMission durchgeführten Konsumentenbefragung zum Waschverhalten sowie verschiedene weitere im Projektverlauf erhobene Daten ein.

Wie häufig kaufen Konsumenten in Deutschland neue Sportbekleidung? Wie waschen und trocknen sie die Artikel? Und wie lange nutzen Sie die Kleidungsstücke im Schnitt? Diese und weitere Fragen waren Teil einer Konsumentenbefragung, die der Bundesverband der Deutschen Sportartikel-Industrie im Rahmen von TextileMission durchführte. Die Ergebnisse sollten Daten für die Berechnung des Mikroplastik-

ausstoßes in Deutschland liefern, für den speziell Sportoberbekleidung aus Polyester verantwortlich ist. Der Schwerpunkt auf Fleece-Jacken und Laufshirts wurde deshalb gesetzt, da diese im Verlauf des Projektes auch an anderer Stelle besonders im Fokus standen.

Die Konsumentenbefragung konzentrierte sich auf die Zielgruppe der aktiven Sportler. Etwa 67 Prozent der Befragten treiben regelmäßig (mehrmals

pro Woche) Sport, etwa 19 Prozent von ihnen tun dies zumindest einmal pro Woche. Die insgesamt 260 Teilnehmer hatten ein Alter zwischen 16 und 70 Jahren, 58 Prozent waren Frauen, 42 Prozent Männer. Die Umfrage beinhaltete unter anderem Fragen zur Häufigkeit des Waschens dieser Artikel und zu ihrer Entsorgung, um die effektive Lebensdauer der Kleidungsstücke und das Ausmaß ihres Beitrags zum Gesamt-

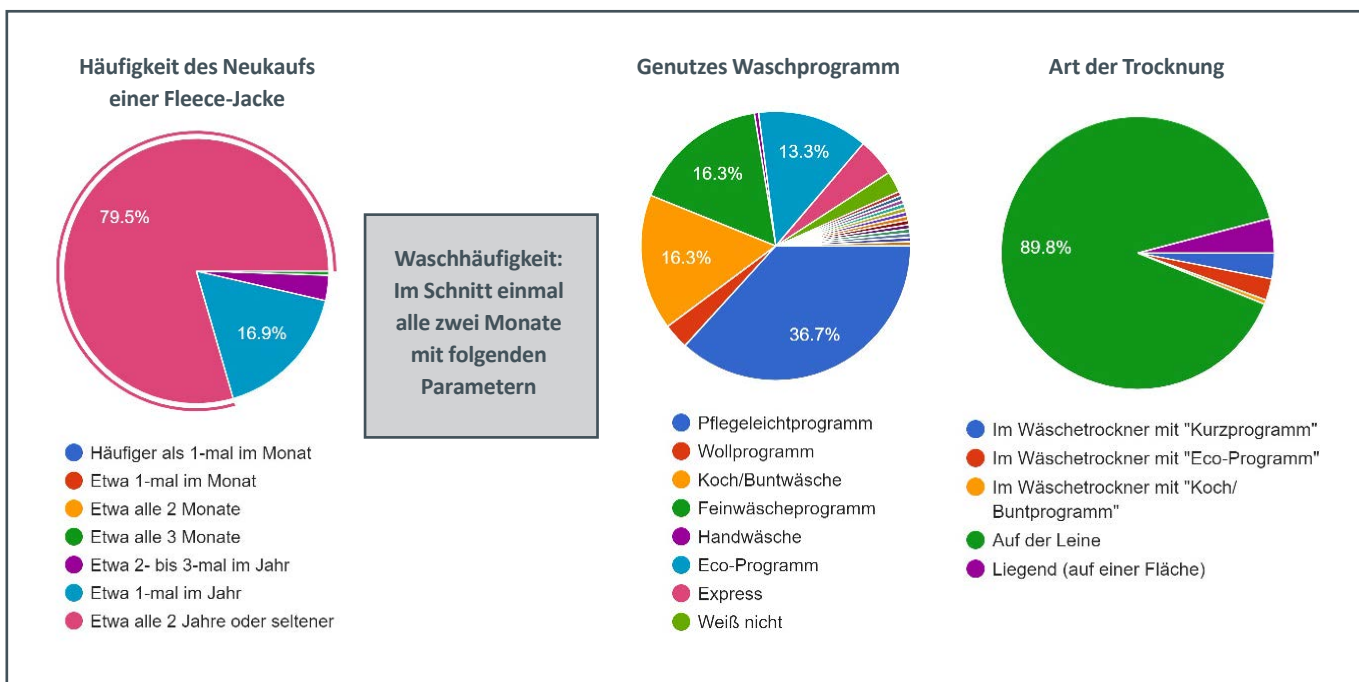
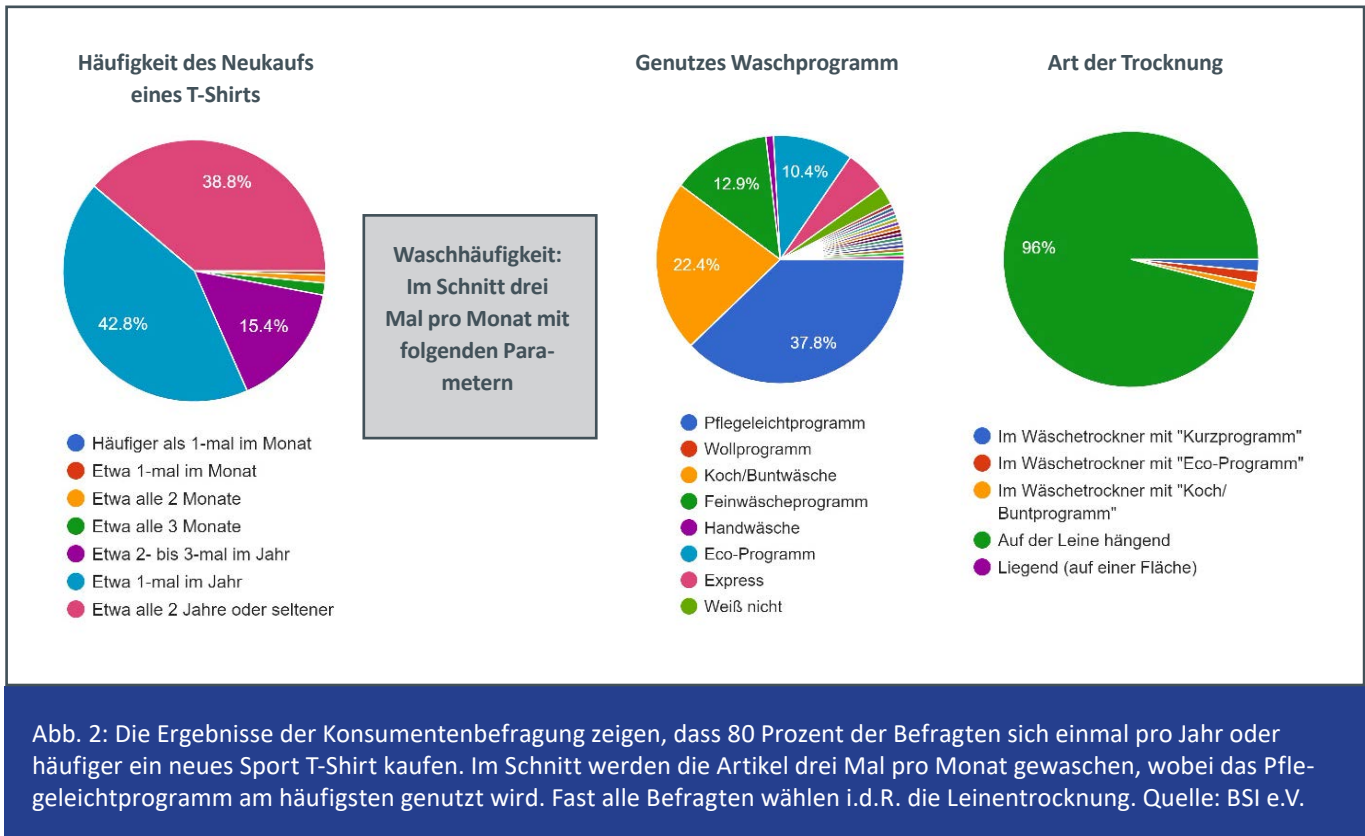


Abb. 1: Die Ergebnisse der Konsumentenbefragung zeigen, dass die Befragten Fleece-Jacken nur alle zwei Jahre oder seltener neu kaufen. Im Schnitt werden die Artikel einmal alle zwei Monate gewaschen, wobei das Pflegeleichtprogramm am häufigsten genutzt wird. Neun von zehn Befragten wählen i.d.R. die Leinentrocknung. Quelle: BSI e.V.



partikelaustrag abschätzen zu können. Hier einige zentrale Ergebnisse:

- Die Mehrheit der Befragten gab an, dass sie ihre Artikel vor dem ersten Gebrauch wäscht;
- Fleece-Jacken werden im Durchschnitt einmal alle zwei Monate und Lauf-T-Shirts drei Mal im Monat gewaschen;
- Etwa 37 Prozent der Besitzer beider Sportbekleidungen verwenden beim Waschen das Pflegeleichtprogramm. Der Rest verwendet verschiedene andere Waschprogramme;
- 90 Prozent der Verbraucher trocknen ihre Wäsche üblicherweise auf der Leine;
- 76 Prozent der Befragten beladen die Waschmaschine voll, lediglich 24 Prozent tun dies nur zur Hälfte.

Darüber hinaus sollten die Befragten auch Angaben zur Anzahl der einzelnen Artikel, die sie besitzen, sowie zur Häufigkeit des Kaufs und zur Entsorgung machen:

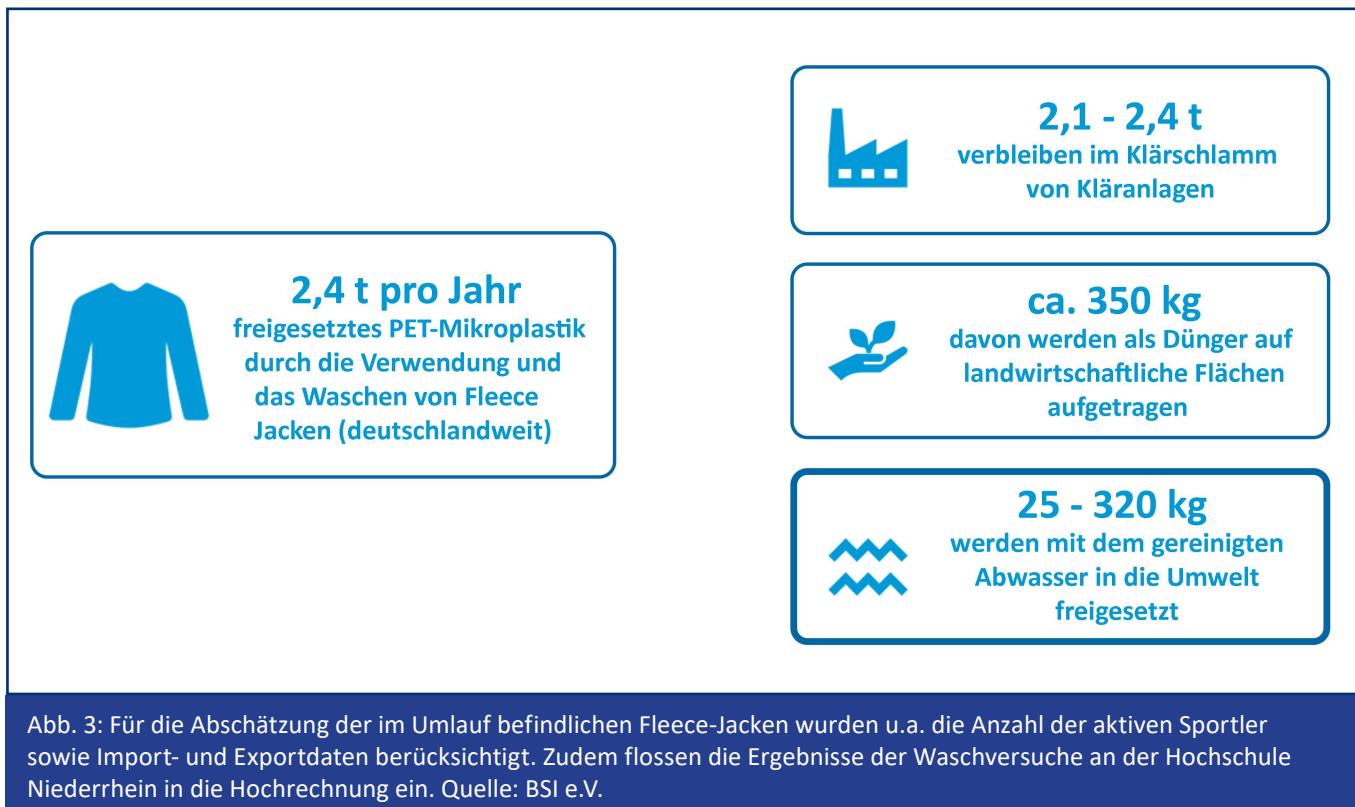
- Gut 80 Prozent kaufen sich innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren oder seltener eine neue Fleece-Jacke;
- 43 Prozent der Besitzer von Running Shirts kaufen ein solches einmal pro Jahr, 39 Prozent tun dies alle zwei Jahre oder seltener;
- 54 Prozent der Fleece-Jacken-Besitzer entsorgen sie im Altkleidercontainer, 17 Prozent spenden die Jacken und etwa 14 Prozent geben sie an andere weiter.
- Für Running T-Shirts fielen die Ergebnisse ähnlich aus, wobei in diesem Fall 56 Prozent der Besitzer diese in den Altkleidercontainer werfen.

HOCHRECHNUNG AUF DIE NATIONALE EBENE

Die Ergebnisse der Erhebung dienen als Basis für die Berechnung der Gesamt-PET-Freisetzung durch die Haushaltswäsche in Deutschland. Dabei mussten verschiedene weitere Einflussgrößen berücksichtigt werden.

Um zunächst die Gesamtzahl der im Umlauf befindlichen Polyester-Oberkörper-Sportbekleidung und deren Waschhäufigkeit abzuschätzen, wurde die Anzahl der aktiven Sportler innerhalb der deutschen Bevölkerung im Jahr 2019 herangezogen: Laut Statistischem Bundesamt waren 11,67 Millionen Personen mehrmals pro Woche sportlich aktiv, 15,27 Millionen immerhin mehrmals pro Monat.

Zudem wurde die Differenz der importierten und exportierten Sportoberbekleidung für das Jahr 2019 in die Berechnung einbezogen, und zwar für jeden im Projekt behandelten Typ Sportoberbekleidung. Darüber hinaus sind weitere Daten eingeflossen, wie die angenommene Anzahl der Sporttextilien, die auch von Nicht-Sportlern bspw. als Freizeitkleidung getragen werden, sowie die geschätzte Häufigkeit ihres Waschens. Die Ergebnisse der Umfrage wurden im weiteren Verlauf mit den Ergebnissen der Waschversuche an der Hochschule Niederrhein verknüpft.



Für die Massenbilanzanalyse waren folgende Aspekte von besonderem Interesse.

Bei Fleece-Materialien: Im Rahmen dieses Projekts sowie in anderen früheren Studien wurde im Labor gezeigt, dass die Ablösung von textilem Mikroplastik mit der Anzahl der aufeinanderfolgenden Waschzyklen abnimmt. Danach stabilisiert sich der Austrag an einem bestimmten Punkt, der für Fleece-Materialien nach dem zehnten Waschgang gefunden wurde (Pirc et al. 2016). Dies deckt sich auch mit den Laborversuchen im Rahmen von Textile-Mission. Die Lebens- beziehungsweise Nutzungsdauer von Fleece-Jacken spielt insofern eine Rolle für ihre Mikroplastikbilanz. Durch einen möglichst langen Gebrauch des Produktes leisten Konsumenten einen positiven Beitrag. Für Fleece-Jacken wurde angenommen, dass sie nach sechs Jahren Gebrauch (36 Wäschen) entsorgt werden.

Die ersten zehn Waschgänge der Fleece-Jacken an der Hochschule Niederrhein setzten einen Durchschnittswert von 250 mg/kg an Mikroplastikfasern frei,

wenn zwischen jeweils zwei Waschgängen einmal der Trockner verwendet und die Haushaltswaschmaschine mit hoher Beladung beladen wurde. Der durchschnittliche Austrag lag dann bei etwa 10 mg/kg pro Waschgang.

Bei Laufshirts: Für die Berechnungen zu Laufshirts aus Polyester wurden die Daten zum Mikroplastikausstoß von De Falco et al. (2019) berücksichtigt. Die Untersuchung ergab, dass die Sportler die T-Shirts im Durchschnitt drei Mal pro Monat waschen. Weitere Überlegungen zur Stabilität der Emissionen nach dem zehnten Waschgang, der Entsorgung bis zum 36. Waschgang und den Faktoren Wäschetrocknung und Waschlagerung (unten beschrieben) wurden ebenfalls für diesen Artikel herangezogen.

Andere Oberkörper-Bekleidungsstücke aus Polyester standen nicht im Mittelpunkt des Projekts und es wurden nur wenige aussagekräftige Laborversuche für sie durchgeführt. Um jedoch ein vollständiges Bild der PET-Freisetzung beim Waschen zu liefern, wurden diese Stoffe in die Untersuchung einbezogen und eine Abschätzung auf der Grund-

lage der ersten Versuche und einiger zusätzlicher Annahmen vorgenommen.

VERKNÜPFUNG MIT ANDEREN PROJEKTERGEBNISSEN

Die bei den Laborexperimenten der Hochschule Niederrhein angewendeten Waschparameter (Temperatur, Schleuderdrehzahl, Art des verwendeten Waschmittels und der Verzicht auf Weichspüler) zur Untersuchung der PET-Freisetzung bei der Wäsche von Fleece-Jacken waren mit den von den Befragten meist verwendeten Waschparametern kompatibel. Die Ergebnisse der Laborexperimente können daher als repräsentativ und skalierbar angesehen werden.

Die Experimente im Labor wurden mit zwei Verfahren durchgeführt: Mit voller Beladung der Waschmaschine und mit halber Beladung, wobei sich herausstellte, dass die Emissionen bei halber Beladung um den Faktor 1,9 höher waren als bei der vollen Beladung. Dies könnte einerseits durch die erhöhten mechanischen Effekte erklärt werden, die durch die geringere Belastung ent-

stehen. Eine weitere Erklärung könnte andererseits die Auswirkung der erhöhten Wassermenge auf das Textil sein. Kelly et al. (2019) berichteten, dass das hohe Wasser-Volumen-zu-Textil-Verhältnis der einflussreichste Faktor für die Freisetzung von Mikroplastikfasern sei und nicht die mechanische Reibung (Faser-Faser). Für die Massenbilanzanalyse ist am Ende die Alltagspraxis relevant. Laut der Umfrage beladen 76 Prozent der Menschen die Waschmaschine vollständig und lediglich der Rest nur zur Hälfte. Dieses Verhältnis wurde in der Hochrechnung entsprechend berücksichtigt.

Die Laborexperimente an der Hochschule Niederrhein zeigten auch, dass das Wäschetrocknen auf der Leine - das laut Umfrage von mehr als 90 Prozent der Befragten genutzt wird - zu einem erhöhten Faktor des PET-Ausstoßes von 1,5 führte. In der Hochrechnung wurde mit diesem Faktor gerechnet (unter der vereinfachten Annahme, dass alle Personen Leinen-Trocknung verwenden).

Die Laborversuche an der Hochschule Niederrhein deuten darauf hin, dass preisgünstige Fleece-Jacken in der Regel eine geringere Qualität aufweisen und somit mehr Faserfragmente ausstoßen. Allerdings bezeichneten die meisten Befragten in der o.g. Umfrage die Qualität der von ihnen verwendeten Fleece-Jacke als „hoch“. Bei der Berechnung wurde insofern der oben genannte Durchschnittswert der Faserabgabe berücksichtigt, da er mit den Ergebnissen der Umfrage sowie der repräsentativen Anzahl von Versuchen mit marktgängiger Bekleidung kompatibel ist. Anschließend wurde die Gesamtmenge an PET-Mikroplastik, die durch den Gebrauch und das Waschen von Fleece-Jacken auf nationaler Ebene (bei einer

Einwohnerzahl von 83 Millionen) verursacht wurde, auf etwa 2,4 Tonnen pro Jahr geschätzt. Die Zahl für Lauf-T-Shirts liegt bei etwa 2,5 Tonnen pro Jahr. Addiert man die anzunehmenden Emissionen der anderen Oberkörper-Sportbekleidungsstücke hinzu, ergibt sich eine Menge von etwa 10,3 Tonnen pro Jahr.

GESAMTPARTIKELAUSTRAG

Die Simulation der Abwasserreinigung im Labormaßstab an der TU Dresden ergab, dass das gereinigte Abwasser immer noch 1,0 - 13 Prozent der für die Experimente hinzugegebenen PET-Fasern im Bereich von 50 bis 1500 µm Länge enthält und der Rest sich im Klärschlamm absetzt. Wenn man bedenkt, dass – abgesehen von Ausnahmefällen wie dem Überlauf bei Starkregenereignissen – fast das gesamte Abwasser in Deutschland letztlich den Weg in die Kläranlagen findet, dann liegt die entsprechende Jahresmenge an PET, das über Kläranlagen in die Umwelt gelangt, im Bereich von jeweils circa 25 - 320 kg für Fleece-Jacken und Lauf-T-Shirts und 100 - 1340 kg für die gesamte Oberkörper-Sportbekleidung.

Angesichts der großen Menge an gereinigtem Abwasser im gesamten Bundesgebiet (ca. 9000 Millionen m³ pro Jahr lt. Statistischem Bundesamt) wird die resultierende Konzentration von Gesamt-PET im Bereich von 0,011 µg/L - 0,15 µg/L liegen. Sicherlich handelt es sich hierbei nur um eine Quelle von PET und es ist zu beachten, dass es sich hierbei um einen akkumulierenden Wert handelt, der von Jahr zu Jahr ansteigt, da diese Partikel persistent sind, wie auch die Untersuchungen der TU Dresden zeigen. Das gereinigte Abwasser mit einer solchen PET-Konzentration wird auf dem Land hauptsächlich in Süßgewäs-

ser eingeleitet, wo sich der Inhalt weiter verdünnt. Ein Teil dieser Partikel wird auch in Flüssen zurückgehalten (je nach Flusslänge, Hydrologie, Partikeldichte, etc.), wird über die Entnahme von Süßwasser für verschiedene Nutzungen exportiert oder gelangt schließlich in die Meeresumwelt. Die Abschätzung des Umweltrisikos für unterschiedliche Milieus ist daher schwierig und bedarf zusätzlicher Forschung zum Transport und dem Schicksal dieser Partikel.

Literatur:

- Statistisches Bundesamt (De-statis)
- Pirc, U., Vidmar, M., Mozer, A., and Kržan, A. 2016. Emissions of microplastic fibers from microfiber fleece during domestic washing. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23.
- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M., and Avella, M. 2019. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports*, 9: 6633.
- Kelly, M. R., Lant, N. J., Kurr, M., Burgess, J. G. 2019. Importance of Water-Volume on the Release of Microplastic Fibers from Laundry. *Environ. Sci. Technol.*, 53, 20, 11735-11744.



Taher Alrajoula
Referent
Bundesverband der Deutschen
Sportartikel-Industrie e.V.
taher.alrajoula@bsi-sport.de

AUSWIRKUNGEN VON TEXTILEM MIKROPLASTIK – PET-KONZENTRATION IN DER AQUATISCHEN UMWELT

Die Toxikologie von textilem Mikroplastik ist ein Gebiet, auf dem bislang noch relativ wenig geforscht wurde. Erste Studien liefern jedoch bereits heute eine Vorstellung davon, ab welcher Konzentration von PET in aquatischen Umwelten negative Auswirkungen auf die dort lebenden Organismen zu erwarten sind. Bei den hier angeführten Studien werden Schädwirkungen nicht durch die Einnahme der Teilchen verursacht, sondern durch Stress bei physischem Kontakt.

Jemec et al. (2016) fanden heraus, dass beim Großen Wasserfloh *Daphnia magna* eine 48-stündige Exposition mit PET-Mikroplastik textilen Ursprungs in einer Konzentration von 12,5 bis 100 mg/L (Faserlänge 62 - 1400 µm) in Süßwasserumgebung zu einer Mortalität von 20 bis 40 Prozent (ohne Vorfütterung) bzw. < 10 Prozent (mit Vorfütterung) führte. Ziajahromi & Kumar et al. (2017) untersuchten die Toxizität von Mikroplastik-Fleece-Partikeln (100 % Polyester) der Länge 26 - 1150 µm (dominant im Bereich 100 - 400 µm) in Süßwasserflöhen *Ceriodaphnia dubia*. Sie zeigten folgende Toxizität auf:

- LC50 (halbe letale Konzentration, 48 h-Exposition): 1500 µg/L
- EC50 (halbe maximal wirksame Konzentration, Reproduktion, 8 Tage-Exposition): 429 µg/L
- LOEC; die niedrigste beobachtete Wirkkonzentration (Wachstum bei adulten Individuen, 48 h-Exposition): 500 µg/L

MIKROPLASTIK ALS TRÄGER WEITERER SCHADSTOFFE

Es sollte zudem beachtet werden, dass einige Mikroplastikpartikel potenzielle Träger für Schadstoffe sind, die sich an ihnen anreichern. Beispiele sind Pharmazeutika, PAKs (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), organische Stoffe, Metalle wie Cadmium (Cd), Blei (Pb) und Zink (Zn) aufgrund ihrer negativen Ladung und pathogene Bakterien. Zudem sind andere schädliche Additive, die in der Textilindustrie Verwendung finden, wie Wasserabweiser, Stabilisatoren, Weichmacher und Flammschutzmittel, teilweise nicht chemisch an die Kunststoffe gebunden und können daher leicht herausgelöst werden und die Umwelt belasten.

Die entsprechende Gesamtoberfläche der Partikel bei oben genannter Konzentration (unter der Annahme, dass alle PET-Faserfragmente eine zylindrische Form haben) beträgt drei bis 46 mm² pro Kubikmeter Wasser bei einer durchschnittlichen PET-Faserdichte von 1,3 g/cm³ und einem Faserdurchmesser von 10 µm. Gleichzeitig ist jedoch anzumerken, dass die Adsorption dieser Schadstoffe und die Fähigkeit zur Übertragung auf Organismen noch nicht gut untersucht ist und weitergehende Forschungen erfordert.

PET-KONZENTRATION IM KLÄRSCHLAMM

Die Ausbringung von getrocknetem Klärschlamm auf Flächen in der Landwirtschaft in Deutschland nimmt – aus Sicherheitsbedenken – von Jahr zu Jahr ab. Die landwirtschaftliche Verwertung wird durch die Novellierung der Klärschlammverordnung von 2017 weiter eingeschränkt. Bis zum Ablauf einer Übergangsfrist für Anlagen bis zu einer Ausbaugröße von 50.000 Einwohnern bleibt das Ausbringen auf Felder zulässig. Die Übergangsfrist endet am 01.01.2029 für Anlagen, die auf mehr als 100 000 Einwohner ausgelegt sind und am 01.01.2032 für Anlagen für mehr als 50 000 Einwohner. Im Jahr 2018 betrug die Gesamtmenge an Klärschlamm in Trockenmasse circa 1.750.000 t, wovon ca. 280.000 t (16 Prozent) auf Flächen aufgebracht wurden. Geht man davon aus, dass die Behandlung des Klärschlammes vor der Ausbringung auf Böden (z.B. Schlamm-eindickung) den Mikroplastikgehalt nicht reduzieren, würde die über diesen Pfad eingetragene Menge an PET aus Sportoberbekleidung im Bereich von 0,005 g/kg liegen (siehe die o.g. Berechnungen). Nach der Klärschlammverordnung (Abf-KlärV) dürfen pro Hektar nur bis zu fünf Tonnen trockener Klärschlamm über

einen Zeitraum von drei Jahren aufgebracht werden. Dies entspricht 25 g PET pro Hektar in drei Jahren. Dies scheint auf den ersten Blick eine sehr geringe Menge zu sein, doch sollte bedacht werden, dass dies nur eine Quelle für nicht biologisch abbaubares Mikroplastik ist, das sich zudem Jahr für Jahr ansammelt. Geht man von einer Durchdringung des Bodens mit dem Klärschlamm bis zu einer Tiefe von 30 Zentimetern und einer Bodendichte von 1500 kg/m³ aus, so ergibt sich ein Gehalt an PET-Fasern von etwa 5 µg/kg.

Die Forschung zu den Auswirkungen von Mikroplastik in der Bodensäule befinden sich noch in der Anfangsphase. Song et al. (2019) bezogen sich auf die Exposition von terrestrischen Schnecken (*Achatina fulica*) mit 0,14 - 0,71 g PET-Faserfragmenten pro Kilogramm Boden für 28 Tage. Dies führte zu einer um circa 25 bis 35 Prozent verringerten Nahrungsaufnahme und nachteiligen Auswirkungen auf die Fortpflanzungsfähigkeit der Tiere.

Autoren:

Dr. Ya-Qi Zhang, TU Dresden
Taher Alrajoula, BSI e.V.

Quellen:

- Jemec, A., Horvat, P., Kunej, U. Bele, M., and Kržan, A. 2016. Uptake and effects of microplastic textile fibers on freshwater crustacean *Daphnia magna*. *Environ. Pollut.*, 219, 201–209.
- Ziajahromi, S., Kumar, A., Neale, P. A., and Leusch, F. D. L., 2017. Impact of Microplastic Beads and Fibers on Waterflea (*Ceriodaphnia dubia*) Survival, Growth, and Reproduction: Implications of Single and Mixture Exposures. *Environ. Sci. Technol.*, 51 (22), 13397–13406.
- Song, Y., Cao, C., Qiu, R., Hu, J., Liu, M., Lu, S., Shi, H., Raley-Susman, K. M., and He, D. 2019. Uptake and adverse effects of polyethylene terephthalate microplastics fibers on terrestrial snails (*Achatina fulica*) after soil exposure. *Environ. Pollut.*, 250, 447–455.



Beispiel für die Verwendung von alternativen Fasermaterialien in der Praxis: Green Core Fleece Jacket mit ungefärbten Lyocell-Stoff auf der Innenseite. Foto: VAUDE Sport.

ALTERNATIVE FASERMATERIALIEN

NACHHALTIGKEIT & PERFORMANCE

Fasern aus recyceltem Polyester und solche aus biologisch abbaubaren Rohstoffen gelten als mögliche Alternativen, die zur Lösung der Umweltproblematik des textilen Mikroplastiks beitragen könnten. Ihre Potenziale, aber auch ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsrisiken wurden im Rahmen von TextileMission analysiert und wesentliche Aspekte zur Auswahl geeigneter Materialien zusammengetragen.

Ein möglicher Lösungsansatz zur Verringerung von Mikroplastikemissionen aus Textilien kann sein, Fasermaterialien einzusetzen, die a) aufgrund des eingesetzten Rohstoffs selbst kein Plastik emittieren oder b) im Textil eingesetzt zu weniger Mikroplastik-Emissionen führen. Damit alternative Fasermaterialien jedoch ihrerseits nicht in anderen Bereichen umso schädlichere (Umwelt-)Wirkungen haben, war ein Ziel des Projekts, diese auf potentielle Nachhaltigkeitsrisiken zu analysieren.

AUSWAHL DER FASERMATERIALIEN

Auf Basis ausgewählter Kriterien wie Markttauglichkeit, Skalierbarkeit, Funktionalität und vor dem Hintergrund neuester Entwicklungen auf dem Fasermarkt fiel die Auswahl innerhalb des Projektes auf recyceltes Polyester (rPET), Polymilchsäure (PLA) und die Cellulose regeneratfasern Viskose (CV), Modal (CMD) und Lyocell (CLY). Alle Fasern wurden in Bezug auf den zugrundeliegenden Rohstoff, den Produktionsprozess bis hin zum End-of-Life auf Nachhaltigkeitsrisiken hin untersucht, wobei wissenschaftliche Literatur und Expertengespräche als Basis dienten. Zugleich wurden die genannten Materialien in verschiedenen Kombinationen in textilen Flächen eingesetzt, um sie auf ihr Emissionspotential hinsichtlich Mikroplastik zu untersuchen. PLA fand im Laufe des Projektes keine weitere Berücksichtigung, da schnell absehbar war, dass sich die erhofften Vorteile im Bereich der Nachhaltigkeit und die gewünschten Performance-Eigenschaften nicht würden realisieren lassen. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über wesentliche Nachhaltigkeitsrisiken sowie die Performance der genannten Fasern gegeben und aufgezeigt, welche Hebel für eine nachhaltigere Produktion der Fasern gesetzt werden können und sollten.

POLYESTER MIT HÖCHSTEM MARKTANTEIL

Hinter dem Begriff „Polyester“ (PES) verbirgt sich in der Regel nichts anderes als einer der weltweit am häufigsten eingesetzten Kunststoffe Polyethylentereph-

thalat (PET). Mit rund 52 Prozent Marktanteil (2019) ist Polyester die häufigste Faser auf dem globalen Fasermarkt und damit maßgeblich an der Verschmutzung der Umwelt und Meere durch (textiles) Mikroplastik beteiligt.

NACHHALTIGKEITSRISIKEN DER POLYESTER-PRODUKTION

Ausgangsstoffe für die Produktion von PES sind Erdöl und Erdgas, also fossile, nicht erneuerbare Energierohstoffe, deren Exploration, Förderung, Transport sowie die weitere Verarbeitung erhebliche Risiken für Mensch und Umwelt bergen. Diese reichen von sozioökonomischen Risiken, der Zerstörung von natürlichen Lebensräumen, Emissionen verschiedenster Art über Ölverschmutzungen bis hin zu geopolitischen Konfliktpotentialen. In ihrer Gesamtheit können sie ganze Gemeinschaften und Ökosysteme bedrohen. Global werden die allein durch Ölförderung freigesetzten, energiebedingten Treibhausgase auf einen Anteil von circa zwei Prozent geschätzt. Die bisher steigende Nachfrage nach Erdöl führt zudem zum Ausbau neuartiger Fördermethoden wie Fracking, das durch den Einsatz von Chemikalien als human- und ökotoxikologisch riskant eingestuft wird.

Mit ähnlich vielen Risiken ist die Weiterverarbeitung zu Polyester verbunden, die unter anderem mit einem hohen (nicht-erneuerbaren) Energieeinsatz und Luftemissionen (z.B. CO₂, Methan, Stick-, Schwefel- und Kohlenmonoxiden, Kohlenwasserstoffe) einhergeht. Letztere können bei unkontrollierter Verbrennung über die Atemwege aufgenommen und zur gesundheitlichen Gefahr werden. Zusatzstoffe wie UV-Stabilisatoren oder Flammschutzmittel sowie auch als Katalysator eingesetzte und möglicherweise karzinogen wirksame Schwermetalle (bspw. Antimontrioxid) kommen in der Produktion zum Einsatz und können über die Abwässer in die Umwelt gelangen. Solche wasserbasierten Emissionen (auch z.B. Säuren, Ammoniak) sowie Emissionen gelöster Feststoffe können zu erheblichen Umweltschäden führen.

Auf der Suche nach einer nachhaltigeren Option zu Polyester aus Neumaterial (vPET) wird immer wieder die recycelte Variante (rPET) genannt und dabei auf die gute Rezyklierbarkeit des Materials verwiesen, so dass rPET inzwischen einen Marktanteil von rund 14 Prozent der globalen Polyesterproduktion (2019) hat. Gerade letztere Aussage gilt in Bezug auf den Einsatz in Textilien jedoch nur bedingt: Der (mechanische) Recyclingprozess stellt in den allermeisten Fällen eine Kaskade dar, da das recycelte Produkt in eine andere, „minderwertige“ Anwendung überführt wird.

NACHHALTIGKEITSRISIKEN BEI DER HERSTELLUNG VON rPET

Ausgangsmaterial für recyceltes Polyester sind PET-Flaschen, die eine möglichst hohe Materialreinheit aufweisen müssen. Um diese zu erreichen, ist eine sortenreine Sortierung wichtig, da stärker verschmutztes Material einer intensiveren Reinigung (und damit erhöhten Einsatz von Wasser, Energie und Chemikalien) bedarf. Ebenso kann – wenn die Farbkonsistenz nicht gewährleistet ist – ein Nachfärben notwendig sein, was erneut Energie- und Chemikalienaufwand (z.B. Chlorbleichmittel) bedeutet. Gängige Praxis zum Erhalt der Materialreinheit ist auch, Flaschen aus dem bepfandeten Flaschenstrom zu nehmen und somit die eigentliche – und aus Nachhaltigkeitsperspektive sinnvolle – Wiederverwendung als Flasche zu verhindern. Ein anderes Risiko kann der vermehrte Einsatz von Einweg-Flaschen oder von neuen, noch unbenutzten Flaschen sein, um den Titel „Recyclingmaterial“ nutzen zu können.

PROBLEMATISCHE BEDINGUNGEN BEI SAMMLUNG UND SORTIERUNG

Sowohl die Sammlung als auch die Sortierung erfolgen – je nach Standort – manuell und sind in Entwicklungs- und Schwellenländern häufig im informellen Sektor angesiedelt. Kritische Arbeitsbedingungen und geringe Löhne sind hier ein großes Problem. Während das Sammeln von PET hauptsächlich auf lokaler Ebene stattfindet, erfolgt der Transport zu den Sortier- und Produktionsanlagen

SOZIALE UND ÖKOLOGISCHE ANFORDERUNGEN AN DIE HERSTELLUNG VON rPET

Übersteigen die Risiken ein gewisses Maß, können mögliche Vorteile von rPET aus Nachhaltigkeitsperspektive aufgehoben werden. Die Beachtung folgender Anforderung kann soziale und ökologische Risiken im Zusammenhang mit rPET reduzieren und im Vergleich zu vPET zu einer nachhaltigeren Produktion führen:

1. Die Herkunft des Recyclingguts sollte bekannt und eine Entnahme aus dem bepfandeten Flaschenstrom sowie Post-Industrial-Material ausgeschlossen sein. Stattdessen sollte Post-Consumer-Material eingesetzt werden.
2. Der Einsatz von als „Ocean Plastic“ deklarierten Materialien erhöht zwar das Image von Produkten, stellt aber im Grundsatz keinen Lösungsansatz dar. Unternehmen sollten eher in großem Maße anfallende Post-Consumer-Recyclingmaterialien einsetzen.
3. Das Inputmaterial wurde in seiner ursprünglichen Form bereits maximal häufig im Kreislauf geführt (wiederverwendet oder recycelt).
4. Eine möglichst hohe Qualität des Inputmaterials kann erhöhten Energie- und Chemikalieneinsatz sowie Emissionen zur Aufbereitung verhindern.
5. Kritische Chemikalien wie Antimon sollten durch geprüfte unkritische Alternativen ersetzt, der Einsatz reglementiert, im Kreislauf geführt oder zumindest die Entsorgung sozial und ökologisch abgesichert sein.
6. Die sozialen Bedingungen bei der Abfallsammlung und -verwertung sind bekannt und durch Maßnahmen sozial abgesichert. Transportprozesse sind auf ein Minimum reduziert.
7. Der Recyclinganteil im Endprodukt sollte möglichst hoch sein, solange die Umweltbilanz für das Produkt sich nicht verschlechtert.
8. Die recycelte Ware ersetzt Neuware und erweitert nicht das bisherige Produktportfolio.
9. Geeignete Zertifizierungen mit möglichst hohen sozialen und ökologischen Standards können Teilbereiche der Produktion abdecken – auch spezifisch für recycelte Materialien.
10. Nach dem Lebensende des Textils wird die Sammlung der Textilien eine (Wieder-) Verwendung koordiniert, so dass kein Textil in der Umwelt landet.

teilweise über globale Strecken und stellt damit eine weitere Umweltbelastung dar. Abhängig von der Produktionsart kann hier auch fester Abfall (bis circa ein Prozent des Gesamtvolumens) anfallen, der entweder auf einer Deponie entsorgt, zur Gewinnung von Elektrizität eingesetzt wird oder als Plastikmüll unkontrolliert in die Umwelt gelangt und zu Mikroplastik wird.

MÖGLICHE VOR- UND NACHTEILE VON rPET

Als wesentliche ökologische Vorteile von rPET gegenüber vPET werden in mehreren Studien sowohl Einsparungen von Energie als auch verringerte Emissionen angeführt. Diese sind jedoch zum Teil der guten Verwertungsstruktur der jeweiligen Länder geschuldet und variieren stark. Unterschiede, wie Produktionsfaktoren, nationale Regelungen und Grenzwerte oder der nationale Energiemix haben ebenfalls Einfluss, genauso der Umgang mit Abwasser und Produktionsabfällen. So kann beispielsweise Antimon, welches teilweise bei der Herstellung von vPET eingesetzt wird und

auch aus Polyesterfasern oder zu recycelnden Flaschen austreten kann, bei hohen Temperaturen möglicherweise in karzinogen wirkendes Antimontrioxid umgewandelt und zur Aufnahme von Lebewesen verfügbar gemacht werden, wenn es über das Abwasser in die Umwelt gelangt.

Die Entsorgung von Textilien aus recyceltem Polyester hat aus Nachhaltigkeitsperspektive in der Regel die gleichen beziehungsweise sehr ähnliche Herausforderungen wie neue Materialien: Weltweit werden nur bis zu ein Prozent der Textilien zu einem Produkt gleicher Art und Qualität recycelt, Post- und Pre-Consumer-Abfall aus der Textilproduktion inkludiert. Der Rest der Kleidung wird entweder deponiert, verbrannt oder landet in der Umwelt und steht damit einer weiteren (Wieder-) Verwendung nicht mehr zur Verfügung. Ein Recycling gebrauchter synthetischer Kleidung ist also quasi nicht existent. Ein Grund dafür ist unter anderem, dass in Textilien häufig Materialmischungen verwendet werden. Hinzu kommen Herausforderungen wie die Anreicherung

von Additiven (z.B. Acetaldehyd-Reducer oder chemische Sauerstoffbarrieren) oder ins Material migrierte Stoffe. Letztere können im Recyclingprozess nicht vollständig entfernt werden und schränken somit eine mögliche andere Anwendung ein.

NACHHALTIGKEITASPEKTE VON CELLULOSEFASERN

Cellulosefasern (man-made cellulose fibres (MMCF)) gehören zu den Chemiefasern aus regenerierten Naturstoffen. Je nach Herstellungsverfahren werden einzelne Fasertypen unterschieden. Viskose, Modal und Lyocell wurden im Projekt näher betrachtet und zählen zu den Cellulose regeneratfasern. Mit einem jährlichen Produktionsvolumen von 7,1 Millionen Tonnen (2019) haben Cellulosefasern einen Marktanteil von 6,4 Prozent an der gesamten Faserproduktion. Viskose ist mit einem Marktanteil von rund 79 Prozent an allen MMCF die bedeutendste Cellulosefaser, Lyocell liegt mit rund vier Prozent auf dem dritten Platz und Modal mit 2,8 Prozent dahinter.

Der primäre Rohstoff für die Herstellung von Cellulosefasern ist Zellstoff. Dieser kann aus nahezu allen Pflanzen gewonnen werden, in den meisten Fällen werden jedoch Bäume eingesetzt. Häufig verwendete Holzarten sind Buche, Eukalyptus, Fichte, Pinie oder Bambus. Welche Holzart verwendet wird, hängt vom jeweiligen Endprodukt, dem Produktionsstandort sowie vom Hersteller ab. Bei Viskose und Modal werden vornehmlich Buchenholz und bei Lyocell Eukalyptus eingesetzt. Studien zur Nachhaltigkeit der drei Fasern im Vergleich zu synthetischen Fasern (v.a. Polyester) und Baumwolle ergeben Einsparpotentiale beim Einsatz erneuerbarer Energien und bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen. Hinzu kommen Vorteile in Verbindung mit einer möglichen Kreislaufführung der eingesetzten Chemikalien sowie die zusätzliche End-of-life-Option der biologischen Abbaubarkeit. Die einzelnen Vorteile können in ihrer konkreten Ausprägung jedoch zwischen den Fasertypen stark variieren und somit Einfluss auf die Umweltverträglichkeit haben.

DER ROHSTOFFANBAU ALS UMWELTRISIKO

Wälder übernehmen viele essentielle Funktionen: Sie speichern Kohlendioxid und tragen zur Kontrolle des Klimawandels bei und beherbergen eine große Anzahl an (gefährdeten und geschützten) Arten. Abholzung und Entwaldung verringern diese Kapazität und können Auswirkungen auf die Lebensweise indigener Völker und auf ganze Ökosysteme haben. So wird geschätzt, dass allein für die Viskoseproduktion jährlich etwa 120 Millionen Bäume gefällt werden, von denen einige aus gefährdeten und alten Wäldern stammen, wie zum Beispiel Wälder in Indonesien oder Kanada.

Mit der Rohstoffgewinnung können zudem Kahlschläge, Durchforstungen, Entfernen der natürlichen (Boden-)Vegetation oder der Einsatz von Agrochemikalien einhergehen. Auch Bodenerosion und die Verschlechterung der Wasserqualität durch organisches Material, das durch Entrindung und Transport entsteht, sind weitere Risiken, die zu beachten sind.

SOZIALE UND ÖKOLOGISCHE ANFORDERUNGEN AN DIE HERSTELLUNG VON VISKOSE, MODAL UND LYOCELL

Um mögliche Vorteile von Viskose, Modal und Lyocell aus Nachhaltigkeitsperspektive sicherzustellen, müssen gewisse Anforderungen erfüllt sein.

1. Der Rohstoff Holz wird ausschließlich aus zertifizierter nachhaltiger Forstwirtschaft bezogen. Dabei sollte der höchste Standard als Orientierung dienen.
2. Im besten Fall wird der verwendete Zellstoff als Beiprodukt gewonnen, so dass eine Kaskadennutzung umgesetzt ist.
3. Die Arbeitsbedingungen orientieren sich mindestens an Standards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO).
4. Eingesetzte Chemikalien (u.a. CS₂, H₂S, ZnSO₄) werden im geschlossenen Kreislauf geführt und gelangen nicht in die Umwelt. Rückgewinnungsanlagen oder anderweitige Verwendung können hier eine Lösung darstellen. Gleiches gilt für Abfälle und Luftemissionen jeglicher Art.
5. Der Standort der Produktion ist mit Bedacht gewählt und regionale und nationale Bedingungen sind bekannt, da Umweltbilanzen hier stark variieren können.
6. Die Produktionsprozesse orientieren sich stets am EU-BAT-Standard (best available technology) oder – falls nicht verfügbar – an den fortschrittlichsten Standards in der Branche.
7. Trotz möglicher biologischer Abbaubarkeit ist nach Gebrauchsphase sicherzustellen, dass die Textilien nicht in der Umwelt landen oder Emissionen (ungenutzt) entweichen. Eine Wiederverwendung oder Recycling des Textils (im besten Fall aus Post-Consumer-Materialien) ist angestrebt, sofern es die Umweltbilanz zulässt.

Die Verwendung von Eukalyptusholz birgt das Risiko, dass die Art aufgrund ihrer Schnellwüchsigkeit, Anpassungsfähigkeit und Holzqualität inzwischen in mehr als 90 Ländern angebaut wird und somit einheimische Arten verdrängen kann. Brasilien fördert den Anbau inzwischen so weit, dass seit 2015 genetisch veränderte Eukalyptusarten für den kommerziellen Anbau zugelassen sind. Hinzu kommt, dass die ätherischen Öle bei Eukalyptus die Waldbrandgefahr erhöhen können.

Buchen werden in der Regel aus heimischen Gebieten bezogen. Kritisch können hier zeitaufwendige Waldarbeiten und eine anspruchsvolle Verarbeitung sein, so dass für eine langfristig nachhaltige Nutzung eine enge Zusammenarbeit zwischen den verzahnten Wirtschaftsbereichen (von der Forstwirtschaft bis hin zur Kunststoffindustrie) unerlässlich ist. Grundsätzlich muss bei Holz als Rohstoff die Frage gestellt werden, wie die nachhaltigste Nutzung aussehen kann, da die

energetische und stoffliche Nutzung in Konkurrenz zueinanderstehen können. Auch das Potenzial für Kaskadennutzung muss bedacht werden, um gegebenenfalls die Rohstoffproduktivität zu steigern.

SOZIALE UND ÖKOLOGISCHE RISIKEN

Im Zusammenhang mit der Viskoseherstellung sind die wichtigsten Umwelt- und Sozialaspekte Luft- und Wasserverschmutzung, feste Abfälle, Energieverbrauch sowie die Gesundheit und Sicherheit der Arbeiter. Grundsätzlich hat Viskose zwar das Potenzial auf nachhaltige Weise hergestellt zu werden, vielfach werden die entsprechenden Praktiken jedoch nicht umgesetzt. Die Herstellung von Lyocell unterscheidet sich in einigen Aspekten und muss separat betrachtet werden.

Sowohl die Zellstoffproduktion als auch die Faserherstellung können zu Emissionen in Luft und Wasser führen. Schwefel-

dioxid, Stickoxide, Staub und Kohlenmonoxid sowie auch Chlorverbindungen, die während des Bleichprozesses (Zellstoff oder Faser) verwendet werden, können in die Atmosphäre gelangen. Bei Emissionen in das Wasser dominieren organische und anorganische Stoffe (Natriumsulfat und Zink bei der Viskose) sowie Abwässer aus der Bleichanlage. Chlorbleiche zum Beispiel kann zu Dioxinmissionen führen, die wiederum als persistente organische Schadstoffe eingestuft werden und für Mensch und Umwelt hochgiftig sind. Gleiches gilt für Chemikalien wie Schwefelkohlenstoff (CS₂) oder Zinksulfat (ZnSO₄). Hier unterscheiden sich die Praktiken je nach Faser und Hersteller teils stark voneinander. Zum Beispiel kann der Zellstoff im Lyocell-Produktionsverfahren mithilfe des organischen Lösungsmittels N-Methylmorpholin-N-oxid (NMMO) ohne weitere chemische Zugaben oder Veränderungen gelöst und in einem geschlossenen Kreislauf zu > 99 Prozent zurückgewonnen und dem Produktionsprozess erneut zugeführt werden. Der Lyocell-Prozess ist daher umweltfreundlicher als der Viskose- und Modalprozess, wenn entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden.

In Bezug auf das Lebensende bestehen bei Textilien auf Basis von Cellulosefasern grundsätzlich dieselben Nachhaltigkeitsrisiken wie bei synthetischen, was unter anderem an der Entsorgung über den Hausmüll beziehungsweise an der gebündelten Sammlung liegt. Allerdings verfügen Cellulosefasern über eine weitere End-of-life-Option: die biologische Abbaubarkeit. Viskose, Modal und Lyocell sind im Boden, Kompost und im Süß- und Meerwasser nachweislich biologisch abbaubar. Die Abbaupzeiten beider Fasertypen sind jedoch von den Umgebungsbedingungen und vom Hersteller abhängig.

	Zelluloseregenerat ¹ (Viskose, CV)	Lyocell ² (LYC)	Polyester ¹ (PES)
Dichte (g cm ⁻³)	1,52	1,50	1,37
Feuchtigkeitsaufnahme bei 21°C, 65 Prozent rH (Prozent)	13	11	0,4
Feuchtigkeits-Rückhaltevermögen (Prozent)	103	-	4
Festigkeit (cN dtex ⁻¹)	25	-	33
Reißfestigkeit (cN dtex ⁻¹)	2,7	3,6-4,0	4,5
Elastizität bei 2 Prozent Dehnung (Prozent)	83	-	94
Schrumpf in 95°C Wasser (Prozent)	5	-	1
Beständigkeit therm. Behandlung Heißluft, 120°C (Prozent)	30	-	95
Biologische Beständigkeit	nicht beständig gegen Bakterien	nicht beständig gegen Bakterien	Sehr gut

Tabelle 1: Ausgewählte Performance-Werte von Celluloseregeneratfasern und Fasern aus rPET im Vergleich. Eigene Darstellung [Denkendorfer Fasertafel (1986)]¹ und Lenzing Fibers² (2021)]

PERFORMANCE VON POLYESTER UND CELLULOSE

In Tabelle 1 sind ausgewählte Eigenschaften von Cellulosefasern am Beispiel von Viskose denen von Polyester gegenübergestellt. Ergänzend dazu sind die Eigenschaften von Lyocell aufgeführt, um die Vergleichbarkeit zwischen Viskose und Lyocell deutlich zu machen und zudem den Bezug zu den im Projekt eingesetzten Fasern herzustellen: Cellulosefaser (Lyocell) und rPET.

Polyester als das am häufigsten eingesetzte Fasermaterial zeichnet sich durch eine hohe Langlebigkeit aus, ist leicht zu verarbeiten und pflegeleicht. Dies hat u.a. damit zu tun, dass Polyester sehr wenig Feuchtigkeit aufnimmt und durch eine hohe (Reiß-)Festigkeit und geringen Schrumpf sehr strapazierfähig ist. Eine verminderte Aufnahmefähigkeit von Bakterien führt bei Polyester dazu, dass die Bakterien an der Oberfläche bleiben und es zu einer stärkeren Geruchsbildung kommen kann. In der Haptik wirkt Polyester durch seinen syn-

thetischen Ursprung künstlich. Für recyceltes Polyester sind die aufgeführten Eigenschaften aufgrund der identischen Polymerbasis vergleichbar. Unterschiede können sich durch das verwendete Recyclingverfahren ergeben, das sich auf die Festigkeit der Faser auswirken kann.

Aufgrund der einfachen Anwendung, sowohl bei der Herstellung als auch bei der Pflege, hat sich Polyester in den vergangenen Jahren für den Einsatz von Fleece-Produkten etabliert. Jedoch wagen sich immer mehr Hersteller auch an Produkte, die aus natürlichen Fasern (z.B. Baumwolle) oder Cellulosefasern hergestellt werden. Im Vergleich zu Polyester nimmt beispielsweise Lyocell viel Feuchtigkeit auf und ist mit einer geringeren Festigkeit sowie einem erhöhten Schrumpf nicht so strapazierfähig. Jedoch fühlt sich die Faser besonders weich und natürlich auf der Haut an. Somit wirkt die Cellulosefaser feuchtigkeitsregulierend und nimmt aufgrund ihrer natürlichen Basis weniger stark Gerüche auf. Durch die natürliche Basis und die damit fehlende Beständigkeit



Caroline Kraas

Project Manager Microplastics
WWF Deutschland
Caroline.Kraas@wwf.de



Robert Klauer

Project Manager Textile
Innovation - Microplastics
VAUDE Sport GmbH & Co. KG
robert.klauer@vaude.com

LEITFADEN ZUR EINSCHÄTZUNG DER NACHHALTIGKEIT VON FASERN

Wesentliche Aspekte bei der Bewertung auf Nachhaltigkeit sind unter anderem der zugrundeliegende Rohstoff, die Anbauregion, die Anbaumethoden, eingesetzte Technologien und Energiequellen, Transport-, Produktions- und Verarbeitungsprozesse, die Nutzungsphase sowie der End-of-Life-Umgang. Folgende Aspekte können bei der Einschätzung der Nachhaltigkeit von Fasern hilfreich sein.

1. Die Produktionsanlagen und Betriebsweisen sind bekannt und unterliegen strengen Auflagen und regelmäßigen Audits. Ebenso sind lokale Bedingungen bekannt – auch beim Rohstoffanbau. Hier kann Rückverfolgbarkeit ein geeignetes Tool sein.
2. Wichtige Stellschrauben für eine nachhaltigere Produktion sind ein erhöhter und effizienterer Einsatz erneuerbarer Energien, optimierte Sammelsysteme für Altkleider, verbessertes Produktdesign, Verkürzung der Transportwege und die Minimierung von Abfall.
3. Alle eingesetzten Chemikalien sind bekannt und auf toxikologische und ökologische Aspekte hin bewertet. Der Einsatz ist auf ein Minimum begrenzt und Chemikalien werden möglichst lange im Kreislauf gehalten. Sie gelangen nicht in die Umwelt, sondern werden sachgerecht entsorgt.
4. Textilien sind auf eine lange Wiederverwendbarkeit und gute und häufige Recyclingfähigkeit (in gleichartige Produkte) ausgelegt.
5. Ausgewählte Zertifizierungen mit hohen Anforderungen und regelmäßigen Audits können gewisse Standards in Teilen der Herstellung abdecken. Bisher deckt keine Zertifizierung die komplette textile Kette ab. Nationale oder regionale Zertifizierungen oder Initiativen können ergänzend in Betracht gezogen werden.
6. Bei Recyclingprodukten wird kein als „Ocean Plastic“ oder „Meeresmüll“ deklariertes Material eingesetzt, sondern nachweisbar Post-Consumer-Material verwendet.
7. Fasern und Textilien auf Basis natürlicher Rohstoffe müssen nicht zwangsläufig eine nachhaltigere Alternative darstellen, sondern haben zunächst einmal andere Risiken, die z.B. mit dem Anbau der Rohstoffe zusammenhängen. Hier sind neben allgemeinen agrarökologischen Risiken auch konkrete rohstoffbasierte Risiken, landes- und regionsspezifische Risiken sowie evtl. Lieferkettenspezifische Risiken zu beachten. Unter Einhaltung genannter Kriterien kann ein Umweltvorteil erlangt werden.
8. Bei biobasierten Alternativen ist zu beachten, dass sich die Herstellung bisher vielfach auf lokale Märkte bezieht. Ein starkes Wachstum kann internationale Warenströme und damit einhergehend bisher unbekannte soziale und ökologische Auswirkungen verursachen.
9. Aus Nachhaltigkeitsperspektive sollte bei nachwachsenden Rohstoffen die Frage nach der sinnvollsten Nutzung gestellt werden. Oftmals stehen dabei die energetische und die stoffliche Nutzung in einer Konkurrenzsituation zueinander. Im besten Fall kann durch eine Kaskadennutzung oder die Nutzung von Beiprodukten beides miteinander verbunden und Einsparungen bei Treibhausgas und Energieeinsatz erzielt werden.
10. Das Lebensende von Textilien ist unabhängig von ihrem Material meist mit den gleichen Risiken verbunden. Ein geeignetes Sammel- und Sortiersystem sollte daher angewendet werden, um entsprechende nachhaltige End-of-Life-Optionen umsetzen zu können.

gegen Bakterien kann die Zellulosefaser zudem in verschiedenen Habitaten als biologisch abbaubar bezeichnet werden (siehe Seite 23).

ZUSAMMENFASSUNG UND HANDLUNGSEMFEHLUNGEN

Sowohl recyceltes PET als auch Cellulose regeneratfasern haben hinsichtlich ihrer Rohstoffgewinnung, Herstellung und Entsorgung das Potenzial, eine nachhaltigere Alternative zu Neupolyester (vPET) darzustellen. Dies hängt jedoch stark von den genannten, spezifischen Bedingungen wie Anbau- und Produktionsstandort, Betriebsweise, Energiemix, Abfallmanage-

ment ab. Setzt man diese Erkenntnisse in den Kontext möglicher textiler Mikroplastikemissionen, so kann recyceltes Polyester im Vergleich zu Neupolyester zwar Nachhaltigkeitsvorteile bei der Produktion erzielen, es trägt allerdings nach wie vor zur Mikroplastikproblematik bei. Cellulose regeneratfasern hingegen können Nachhaltigkeitsvorteile bei der Herstellung erreichen und bieten durch ihre grundsätzliche biologische Abbaubarkeit zudem die Möglichkeit, Mikroplastik-Emissionen in die Umwelt zu reduzieren.

Zu beachten ist jedoch, dass diese Aussage nur für die reinen Fasern gilt. Fasern unterliegen einer Vielzahl an Verarbeitungs- und Veredelungsschritten, die

auch Einfluss auf ihr Verhalten in der Umwelt haben. Aus diesem Grund kann eine realistische und möglichst alle relevanten Aspekte umfassende Nachhaltigkeitsbewertung grundsätzlich nur individualisiert für das spezifische Endprodukt und über die gesamte textile Kette erfolgen. Fasern allein stellen lediglich ein Zwischenprodukt dar. Das Design und die Ausrüstung des Textils haben große Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit und die Umweltwirkung.



Wie man Fleece-Material so herstellt, dass es möglichst wenig Mikroplastik emittiert, wurde an der Hochschule Niederrhein erforscht. Foto: Susanne Küppers.

MATERIALENTWICKLUNG

NEUE FLÄCHENKONSTRUKTIONEN: GARN- UND MASCHINENPARAMETER

Alternative Herstellungsmethoden für Flächenkonstruktionen sind eine Möglichkeit, den Eintrag von textilem Mikroplastik in die Umwelt zu reduzieren. Welche Verfahren dabei die erfolgversprechendsten sind, haben die Wissenschaftler an der Hochschule Niederrhein untersucht. Der Schwerpunkt lag dabei auf Fleeceartikeln, die einen stark beanspruchenden mechanischen Ausrüstungsprozess erfahren, um bei einem geringen Materialgewicht besonders voluminös und wärmend zu sein.

Fleece basiert auf einer dreilagigen Flächenkonstruktion, die typischerweise auf Großrundstrickmaschinen hergestellt wird. Das Herstellungsverfahren wird auch als Umkehrplattierung bezeichnet und verwendet zwei Fadenmaterialien, die in der Fläche platziert werden können: einem Polfaden, der auf beiden Warensseiten außen liegt, und einem Grundfaden, der die Basiskonstruktion in der Mittelschicht bildet (siehe Abb. 1). Die voluminöse Oberfläche entsteht maßgeblich durch die Bindungstechnik in Kombination mit mechanischen Ausrüstungsprozessen, die die Oberfläche zerstören und bereits in der Produktion zu einem Faserverlust von bis zu 20 Prozent führen können.

Die Herstellung eines Fleece besteht aus einer Abfolge unterschiedlicher Produktionsprozesse, die je nach gewünschtem Ergebnis und Anforderungsprofil variiert werden können (Abb. 2). Bei dieser Art der Textilveredlung werden die Textilien zunächst mit Metallhaken bearbeitet, die auf rotierenden Rauwalzen (Abb. 1 C), angeordnet sind. Dadurch werden die Fasern und Garnschlingen der Gestricke aufgerissen. Der Polfaden wird in einen Faserflor überführt. Im Anschluss kann dieser Flor durch Scherprozesse auf eine gewünschte, einheitliche Faserlänge gekürzt werden. Abgetrennte Faserbruchstücke werden durch maschinenintegrierte Absaugeinrichtungen aus dem Textilgut entfernt.

Die Erkenntnisse der Waschversuche mit marktgängigen Produkten (siehe Beitrag ab Seite 13) wurden zur Optimierung von Textilien für denselben Einsatzzweck herangezogen. Dabei wurden einzelne Schritte der Wertschöpfungskette gesondert betrachtet, um das Risiko späterer Emission von Mikroplastik in Gebrauch und Pflege des Endprodukts zu reduzieren.

STRATEGIEN ZUR MATERIALENTWICKLUNG

PES-Fleece wurde aufgrund seiner Eigenschaften und der starken Marktpräsenz für die Materialentwicklung in den Fokus genommen. Zur Redu-

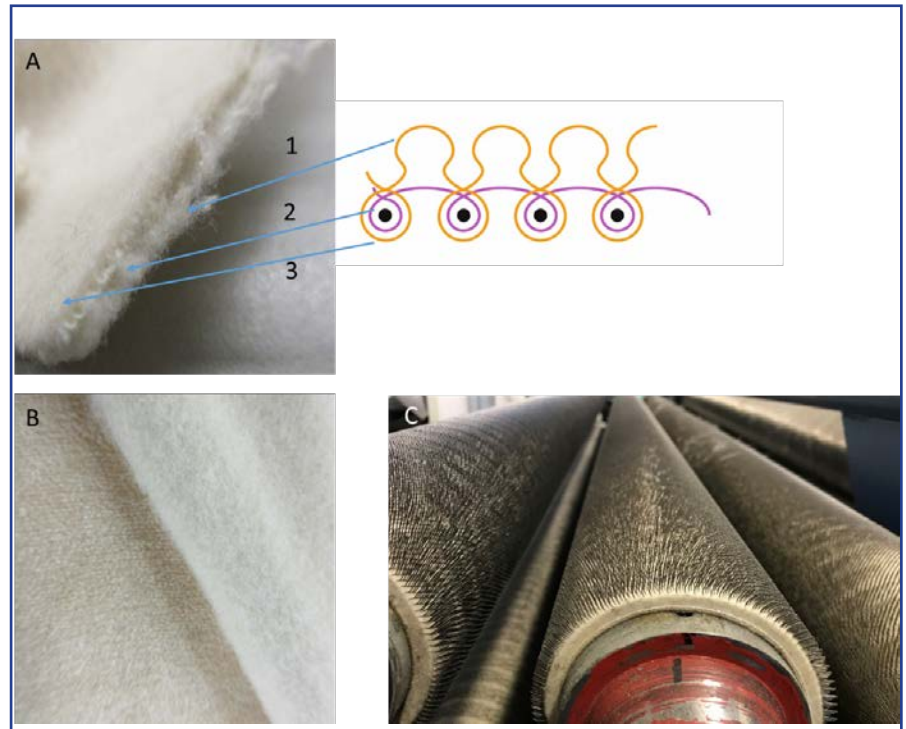


Abb. 1: Schichtartiger Aufbau der Flächenkonstruktion für einen Fleecestoff. Garnverteilung innerhalb der Umkehrplattierung: Bild A, 1+3=Polfaden, außen auf rechter und linker Warensseite, hier beidseitig geraut, Bild B: Grundfaden (innenliegend), im Rauprozess weitgehend unbeschadet, Beispiel für ein Fleece material, Darstellung der Rauwalzen (C) Abbildungen: Hochschule Niederrhein

zierung des Austrags von nicht biologisch abbaubarem Mikroplastik wurden zwei Strategien gewählt:

- Erstens:** Die Optimierung von Fleece-Materialien aus 100 Prozent PES (in Pol- und Grundfaden). Hierbei wurden neben klassischen virgin PES-Typen auch Polyesterfasern aus recyceltem PES (rPET) untersucht.
- Zweitens:** Die Kombination biologisch abbaubarer, cellulosischer Materialien im Polfaden auf den Außenseiten mit Polyester im Grundfaden der Mittelschicht für die Warenstabilität.

Bei der Auswahl der cellulosischen Fasern wurden mit Lyocell- und Modalfasern nachhaltige Regeneratfasern gewählt, die umweltfreundlicher als Baumwollfasern sind, welche als Agrarprodukte aufgrund eines hohen Wasserverbrauchs und Pestizideinsatzes beim Faseranbau in der Kritik stehen.

Lyocell und Modal bestehen aus demselben pflanzlichen Polymer wie Baumwolle, der Cellulose, und weisen deshalb ein ähnliches hygroskopisches Verhalten wie Baumwolle auf, d. h. sie nehmen Feuchtigkeit auf. Zudem sind die Fasern biologisch abbaubar. Das bedeutet, dass freigesetzte Fasern mit der Zeit und je nach Umweltbedingungen zu Wasser und CO₂ abgebaut werden können. Das gute Feuchteabsorptionsverhalten ist jedoch nicht uneingeschränkt positiv: Textilien aus Lyocell oder Modal weisen nämlich keinerlei Barrierewirkung gegenüber Wasser auf, d. h. beim Wetterschutz sind sie den synthetischen Polyesterfasern in der Performance unterlegen.

OPTIMIERUNGSANSÄTZE IM PRODUKTIONSPROZESS

Um die möglichste größte Reduzierung des Mikroplastikaustrages zu erreichen, wurde jeder Schritt in der Prozesskette separat betrachtet und untersucht:

Übersicht eines Produktionsprozesses von PET Fleece

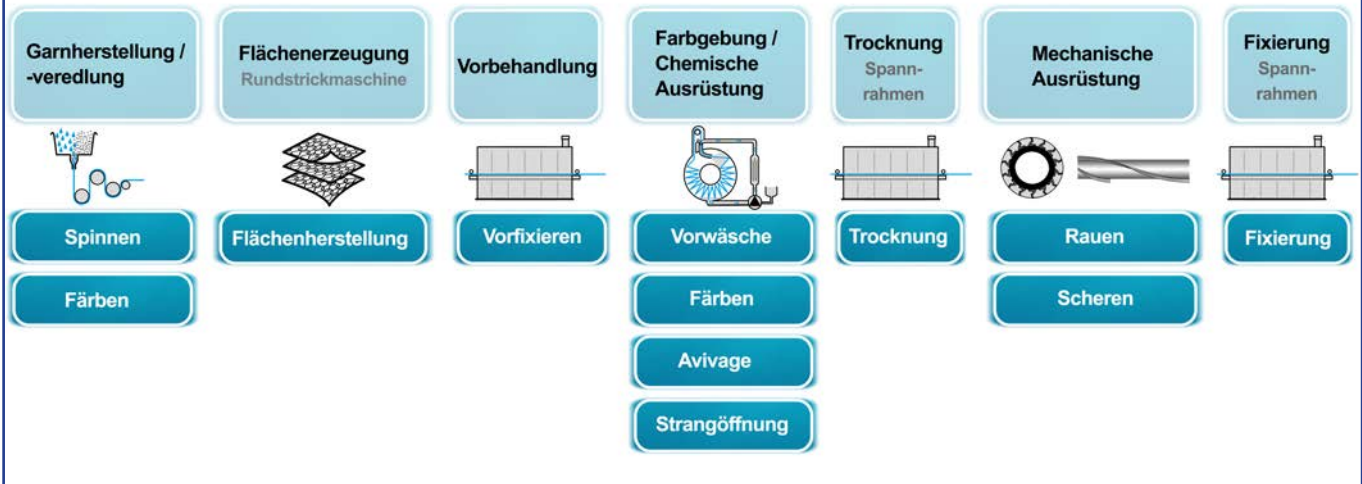


Abb 2: Übersicht für einen typischen Produktionsprozess von Fleece-Material. Grafik: Hochschule Niederrhein

Garne: Handels- und produktionsübliche Garntypen wurden untersucht: PES-Garne wurden als Endlosfilamente mit unterschiedlicher Filamentzahl und die cellulosischen Garne in Form von Lyocell- und Modal-Garnen als Stapelfasergarne verwendet. Bei Letzteren wurden unterschiedliche Spinnprozesse (Ringspinnprozess und Kompaktspinnprozess) mit derselben Garnfeinheit (Nm 40/1) und derselben

Drehung (664 T/m) gewählt. Weiterhin wurden speziell vernetzte Lyocell Fasern, die eine Fibrillation in der Färberei und Ausrüstung und in Folge einer Oberflächenhaarigkeit und verstärkten Pillingneigung im Gebrauch vorbeugen, betrachtet. Das Modalfasergarn und ein Polyesterfilamentgarn wurden zudem exemplarisch als spindüsengefärbte Garne eingesetzt, d. h. sie wurden bereits während der Faserherstel-

lung mit Farbpigmenten versehen. Dies erleichterte die differenzierte Betrachtung des Faseraustrags, ein separater Ausziehfarbeprozess konnte entfallen.

Von allen Garnen, die als Polfaden im Fleece eingesetzt wurden, wurden die technologischen Eigenschaften Höchstzugkraft, Dehnung und Schlingenfestigkeit untersucht. Weiterhin wurden sie zu Einfaden-Testgestriken verarbeitet, an denen die Scheuerbeständigkeit trocken und nass und der Faserpartikelaustrag in der Laborwäsche ermittelt wurden (Die Materialien wurden von verschiedenen europäischen Faser- und Garnherstellern, wie zum Beispiel der Lenzing AG, TWD Fibres GmbH und Trevira GmbH bezogen, beziehungsweise von diesen zur Verfügung gestellt). Polymilchsäure (PLA) und andere biobasierte Kunststoffe wurden ausgeschlossen. Die Gründe hierfür waren: Sie verhalten sich in der Umwelt wie herkömmliche Kunststoffe, Recyclingmöglichkeiten fehlen, der sehr harte Griff des Materials passt nicht zum Anforderungsprofil der angestrebten Ware und ist sehr teuer.

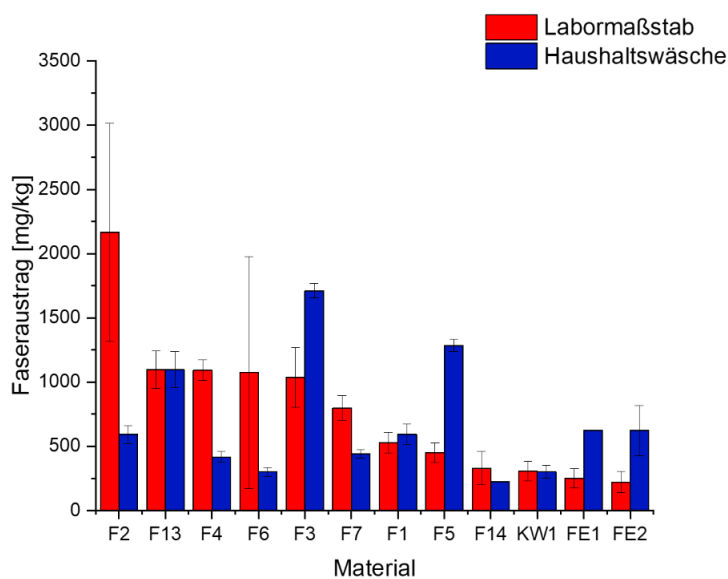


Abb. 3: Vergleichende Untersuchungen von Wäschen im Labormaßstab (Schnelltest) und Haushaltswäschen (von hohem Austrag im Labormaßstab zu niedrigem Austrag) | F = Fleece aus dem Markt, FE = Fleece Eigenentwicklung, KW = Kettenwirkware geraut. Quelle: Hochschule Niederrhein

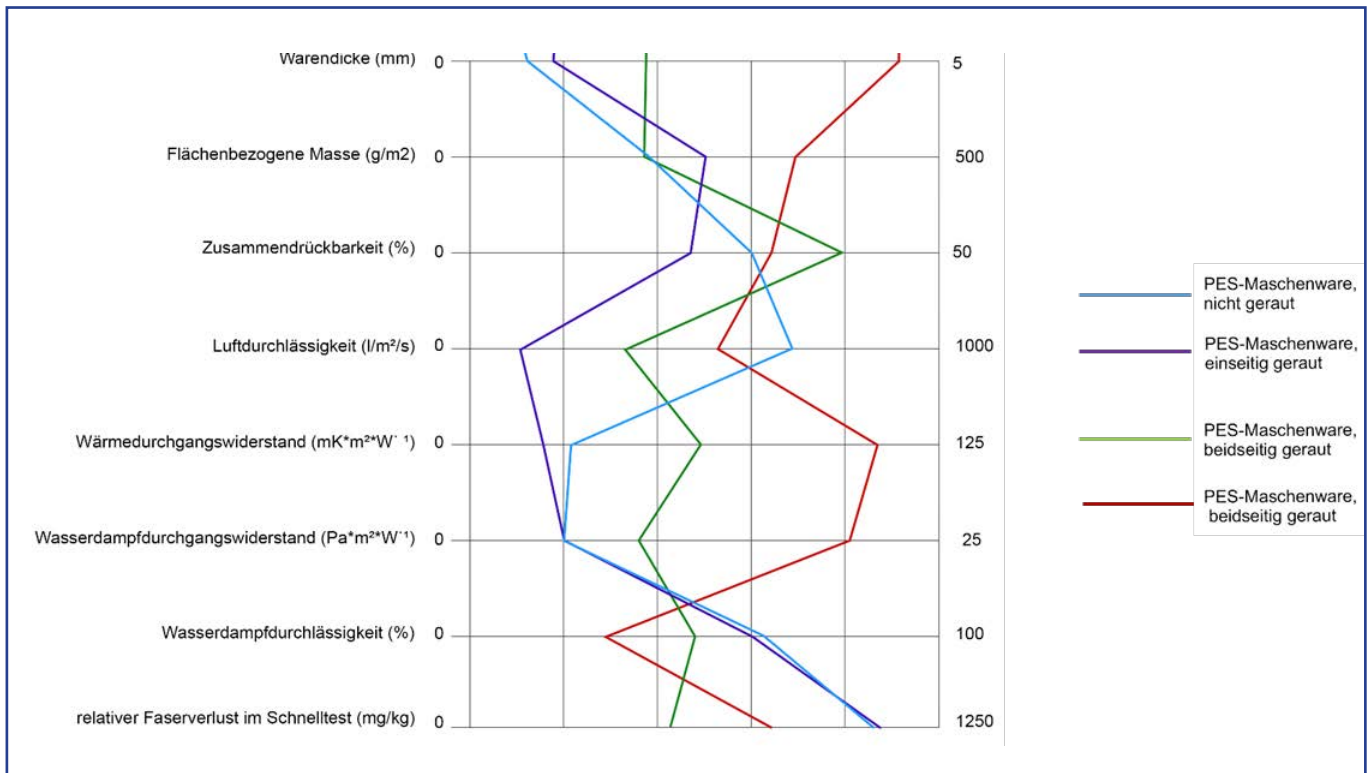


Abb. 4: Darstellung der Performance-Werte und Eigenschaften unterschiedlicher Materialien im Vergleich zum Mikroplastikaustrag. Quelle: Hochschule Niederrhein

und -kombination sowie der Prozessparameter Fadenspannung, Kuliertiefe und Warenabzug erzeugt. Neben verschiedenen 100 Prozent PES-Flächenkonstruktionen (im Pol- und im Grundfaden) wurden auch Kombinationen von PES-Garnen im Grundfaden mit cellulosischen Materialien im Polfaden kombiniert (Cellulosefaseranteil 68 Prozent und Polyesterfaseranteil 32 Prozent)..

Veredlung: Darüber hinaus wurden die Farbgebung sowie die chemische und mechanische Ausrüstung variiert, um die Textilien auf ihre Funktion als Outdoorartikel einzustellen. Bei den im Zentrum dieser Studie stehenden Fleece-Materialien wurde erst an dieser Stelle in der textilen Verarbeitung der voluminöse, funktionsgebende, d. h. wärmeisolierende Charakter der Ware ausgebildet. Dazu wurden der jeweils effektivste mechanische Ausrüstungsprozess (Rau- und/oder Scherprozess) erarbeitet und schließlich umgesetzt. Die 100% PES-Muster wurden technologischen und physikalischen Prüfungen unterzogen, um die Eignung des Materials für den Outdoorbereich zu ermitteln (siehe Abb. 4).

ERGEBNISSE

Garne: Bereits im Strickprozess war zu erkennen, dass Stapelfasergarne aus Lyocellfasern einen hohen Faseraustrag verursachten, der sich an den verschiedenen Teilen der Strickmaschine absetzte. Garne aus Modalfasern zeigten weniger Faserflug oder Faserabrieb. Gestricke mit Ringgarn im Pol zeigten einen deutlich höheren Austrag als solche mit Kompaktgarnen, Garne mit Low Fibrillation-Ausrüstung deutlich geringere Austragswerte als Standardgarne. Die Gestricke mit cellulosischem Anteil trugen insgesamt im Waschtest wesentlich mehr Faserbruchstücke aus als die Materialien aus PES-Filamentgarnen. Im Rahmen der Eigenentwicklung wurde bei den 100 Prozent PES-Waren festgestellt, dass eine höhere Filamentanzahl im Polfaden des Garnes (100 dtex mit 72 Filamenten und 110 dtex mit 36 Filamenten) bei ansonsten gleichbleibenden Parametern im Herstellungsprozess einen weicheren und angenehmeren Griff ergibt. Die Rauenergie kann geringer ausfallen.

Gestricke aus gleichfeinen Garnen mit feineren Einzelfasern zeigen in Laborwaschversuchen mittels eines Schnelltests einen höheren Faseraustrag. Dieser Effekt kann bei Waschtestes auf Haushaltswaschmaschinen nicht beobachtet werden, zum Teil sind gegenteilige Ergebnisse zu beobachten. Die quantitativen Vergleiche der Gewichte ausgetragener Fasermengen im Filterrückstand lassen noch keinen Rückschluss auf die Art der Faserfragmente zu, feinere Fasern werden zwangsläufig zu feineren Faserfragmenten führen. Untersuchungen im Labor- und Haushaltsmaßstab zeigen generell erhebliche Differenzen, wie Abb. 3 zeigt.

Der Schnelltest darf nach dem Stand der hier durchgeführten Untersuchungen nicht alleine zur Ableitung des Verhaltens eines Textilguts in der Haushaltswäsche herangezogen werden. Ein signifikanter Unterschied von recyceltem Polyester zu virgin Polyester konnte nicht festgestellt werden.

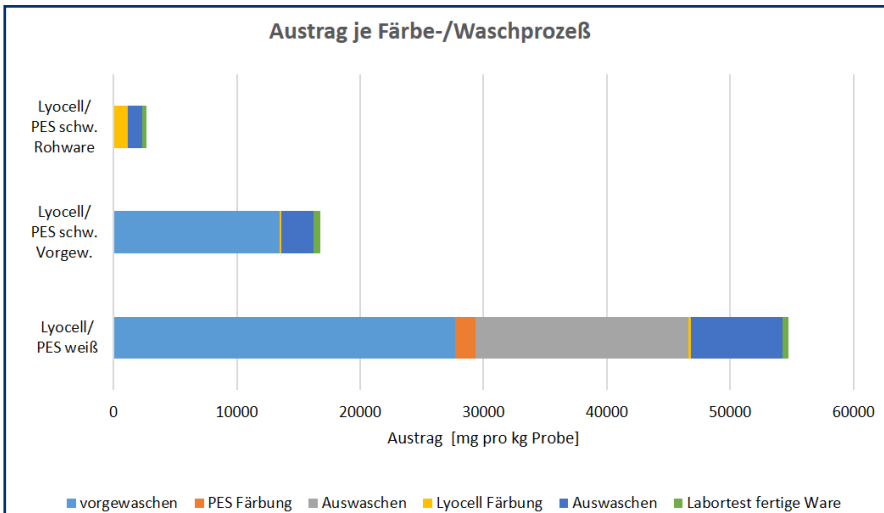


Abb. 5: Übersicht über den Partikelaustrag bezogen auf einzelne Wasch- und Färbeschritte in der Textilveredlung. Quelle: Hochschule Niederrhein

Eine besondere Position unter den cellulosischen Materialien nimmt das spinndüsengefärbte schwarze Modalgarn ein. Bei den verschiedenen Garntests und auf beiden Strickmaschinen (Labor- und Industriemaßstab) ist deutlich weniger Faseraustrag zu sehen, als bei den anderen Cellulosegarnen. Somit können verschiedene Faktoren schon beim Garn benannt werden, die den Faseraustrag insgesamt im Produktionsprozess maßgeblich beeinflussen.

Flächenkonstruktion: Es wurden die Eigenschaften von 100 Prozent Polyestergerickten mit unterschiedlichem Erscheinungsbild und Materialcharakter (einseitig geraut, beidseitig geraut, gar nicht geraut) analysiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 zusammengestellt. Die verschiedenen Eigenschaften hängen u.a. stark vom Ausrüstungsprozess ab. Dieser hat auch Auswirkungen auf den Faseraustrag im Laborwaschtest. Grundsätzlich kann jede Veränderung der Strick- und mechanischen Ausrüstungsparameter nicht nur den Faseraustrag verändern, sondern sie verändert auch die Funktionalität beziehungsweise die Performance des Materials. Ein Zusammenhang von bestimmten Funktionalitäten wie Luftdurchlässigkeit oder ähnlichem mit dem Partikelaustrag konnte nicht festgestellt werden. Verschiedene Gestricke wurden direkt nach dem Strickprozess mit dem Laborwaschtest auf ihren Faseraustrag getes-

tet, dabei wurde einheitlich festgestellt, dass bereits in dieser Prozessstufe ein deutlicher Faseraustrag – zum Teil dem einer Fertigware entsprechend – erfolgt.

Veredlung: Um einen Eindruck des Partikelaustrags in der Veredlung zu bekommen (Wasch- und Färbeprozesse in der Stoffherstellung), wurden bei den cellulosischen Mischmaterialien Stichproben aus dem Prozesswasser der Textilveredlung genommen. Diese wurden auf Mikroplastik untersucht und wiesen darauf hin, dass bereits in der textilen Prozesskette, vor der Hausaltswäsche, faserbasiertes Mikroplastik in die Hydrophäre eingetragen wird (Abb. 5).

Beim Rauen der cellulosischen Materialien musste der gesamte Ausrüstungsprozess wesentlich verändert werden, da sich die Materialien anders mechanisch bearbeiten ließen. Es ist jedoch grundsätzlich gelungen ein weiches, ähnlich

voluminöses Material zu erzeugen, das vom gesamten Warenausfall und -eindruck dem PES-Fleece stark ähnelt und einen deutlich geringeren PES-Austragaustrag hat als 100 Prozent-PES-Garne.

SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEN ERGEBNISSEN

Die Austragswerte verschiedener Materialien (einseitig/beidseitig geraut) in verschiedenen Produktionsstufen (nach dem Stricken, nach dem Färben und im finalen Stoff) zeigen, dass auf jeder Stufe Mikroplastik ausgetragen wird. Der Strickprozess selbst scheint durch die Umlenkung der Garne in der Fadenführung bereits eine erhebliche mechanische Belastung darzustellen und hinterlässt an der Strickmaschine und im Stoff viel Fasermaterial.

Die Analyse der einzelnen Nassausrüstungsschritte zeigte, dass während der wasserbasierten Prozesse der Veredlung insgesamt eine deutlich größere Menge an faserbasiertem Mikroplastik aus den Textilien ausgetragen wird, als bei der Hausaltswäsche. Dieser Aspekt ist zu berücksichtigen, da die entsprechenden Produktionsstätten oft in Ländern zu finden sind, bei denen das Abwassersystem deutlich weniger entwickelt ist, als in Deutschland.



Prof. Dipl.-Des. Ellen Bendt
Dozentin am Fachbereich für
Textil und Bekleidung
Hochschule Niederrhein
Ellen.Bendt@hs-niederrhein.de

Weitere Autoren: Prof. Dr. Maike Rabe, Dr. Kristina Klinkhammer, Dr. Sabrina Kolbe, Karin Ratovo, Stefan Brandt, Malin Obermann, Susanne Küppers, Maren Berns.

Die Frage interessiert Forschung und Industrie gleichermaßen: Wie könnte man Fleece-Jacken mit alternativen Konfektionstechniken so herstellen, dass sie weniger Mikroplastik emittieren? Foto: VAUDE Sport



PRODUKTENTWICKLUNG

ALTERNATIVE ZUSCHNITT- UND FÜGETECHNIKEN

Neben der Haushaltswäsche und der Produktion der Flächenkonstruktion konnte an der Hochschule Niederrhein im Verlauf von TextileMission auch die Konfektion zum fertigen Bekleidungstextil als weiterer wichtiger Faktor für die Menge des Mikroplastikaustrags identifiziert werden. Infolgedessen wurden verschiedene praktische Versuche mit alternativen Zuschnitt- und Fügeverfahren durchgeführt.

Aufgrund des hohen Faseraustrags in der ersten Wäsche und bei der Trocknung (siehe Beitrag ab Seite 13) ist anzunehmen, dass die Konfektion selbst, insbesondere Zuschneiden und Fügen, sowie das Handling der Textilien in der Produktion (im englischen Cut-Make-Trim – CMT) eine Kontamination der Textilien mit Mikropartikeln verursacht. Ein weiterer Hinweis auf eine solche Kontamination könnte die Tatsache sein, dass nicht nur Fleece-Artikel, son-

dern auch glatte, mechanisch unbehandelte Materialien während der ersten Wäsche stark emittieren. Grund genug, während der Forschungsarbeiten die CMT-Produktionsprozesse – ausgehend von der textilen Fläche bis zum finalen Bekleidungsprodukt – genauer zu untersuchen.

Basis für den Konfektionsprozess eines Bekleidungsproduktes ist die 2D-Konstruktion der Schnittteile, die das ge-

wünschte Design in einen produktionsfähigen Schnitt überführt. Nach Erstellung von Schnittbild und Legeanweisung erfolgt zunächst das Lagenlegen (Übereinanderstapeln von Einzellagen zu einem Lagenstapel zum effizienten Zuschneiden) und danach der eigentliche Zuschnitt (Zerteilen/Trennen der textilen Flächen). Die mehrlagig zugeschnittenen Teile werden wieder separiert, sortiert ggf. fixiert und anschließend in der Näherei zu einem finalen Produkt gefügt.

MECHANISCHE UND THERMISCHE TRENNVERFAHREN

Bei allen trennenden Verfahren wird der Materialzusammenhalt an der Bearbeitungsstelle aufgehoben und das Material lokal zerstört. An der so entstandenen offenen Zuschneidekante können somit bereits während der Konfektion, beim Gebrauch des Produktes oder in der Pflege/Wäsche Fasern austreten. Im Hinblick auf den physikalischen Effekt des Teilens lassen sich die Zuschneide-Technologien differenzieren in:

- mechanisches Trennen durch Messer, Schneiden (Stanzen), Scheren, Hochdruck-Wasserstrahl,
- thermisches Trennen mittels Laserstrahl,
- thermisch-mechanisches Trennen mittels Ultraschallschneiden (Abb. 1).

Diese Technologien werden in CNC-gesteuerten Zuschneideautomaten (Cuttern) oder manuell bedienten Maschinen eingesetzt. In einer Serienproduktion für Bekleidungsprodukte werden aktuell standardmäßig automatische Hochlagencutter (bis zu 80 mm komprimiertes Material können geschnitten werden) mit einem vertikal angeordneten, oszillierenden Stichmesser für den Mehrlagenzuschchnitt eingesetzt. Die Lagenzahl richtet sich nach der Art des Materials und der Auftragsgröße. Erfahrungsgemäß können

INFORMATIONEN ZUM TEXTILMARKT

Aufgrund der Produktionsmengen und der lohnintensiven Herstellung findet die Produktion von Textilien und Bekleidung überwiegend in Serien- oder Massenproduktion in Asien statt, als Zukaufprodukt im Vollgeschäft (full-package-supply oder auch OEM original equipment manufacturing) oder im System der passiven Lohnveredelung. Im Jahr 2019 importierte Deutschland Textilien und Bekleidung aus China mit einem Gesamtwert von etwa 10,6 Milliarden Euro, wovon mehr als drei Viertel auf Bekleidung entfielen (statista.com, 03/2020).

sich bei diesem und anderen mechanischen Schneidverfahren sehr leicht Fasern an der Kante lösen, es kommt auch häufig zum „Verhaken“ von Fasern zwischen den einzelnen Lagen. Ein Vorteil thermischer Trennverfahren ist ein mögliches Versiegeln der Kante bei synthetischen Materialien durch Verschmelzen der Randfasern.

FÜGETECHNIKEN

Fügen ist das Zusammenbringen von zwei oder mehreren Werkstücken. Fügeverfahren für Textilien sind Nähen, Kleben, Schweißen und Nieten. Die Nähtechnik ist dabei ein klassisches und zugleich auch sehr universell und vielseitig einsetzbares Verfahren, sowohl im Hinblick auf die verarbeitbaren Materialien als auch bezüglich der Verfahrensparameter (Vielzahl an Stichtypen, einsetzbaren Nähfäden, Nahtarten etc.) und wird standardmäßig zum Fügen der

im Projekt TextileMission untersuchten Produkte eingesetzt.

Das Schweißen ist ein thermisches Verfahren und verbindet stoffschlüssig thermoplastische Materialien (z.B. Polyester, PES), die im Prozess an beziehungsweise aufgeschmolzen und unter Druck miteinander verbunden werden. Im Rahmen des TextileMission-Projektes wurde die vielseitige kontinuierliche Ultraschallschweißtechnologie als alternative Füge-technik zur konventionellen Nähtechnik identifiziert. Diese Technologie gilt als ein nachhaltiges, wartungsarmes, sortenreines und „sauberes“ Verfahren. Zusatzmaterialien, wie Nähgarne, werden nicht benötigt, ebenso entfallen Verschleißteile wie Nähadeln. Zudem gibt es keine Perforationen des Materials durch die Nadel und ist es möglich, gleichzeitig beim Fügen, die Schnittkanten zu verschmelzen. Damit werden die Kanten thermisch versiegelt und somit erwartungsgemäß ein möglicher Faseraustritt minimiert.

PRAKTISCHE VERSUCHE

Im ersten Untersuchungsschritt wurden umfangreiche Zuschneide- und Nahtproben mit 100 Prozent PES-Fleece-Waren erstellt, um die verschiedenen Technologien im Labormaßstab mit bis zu zehn Waschgängen miteinander zu vergleichen (die cellulosischen Materialmischungen wurden aufgrund anderer Verarbeitungsschritte zunächst nicht in den Test einbezogen): Die Zuschneide- und Fügeverfahren sind Einflussfaktoren für den Partikelaustrag.

Die mit Abstand besten Ergebnisse beim Zuschnitt mit circa 70 Prozent geringerem Mikroplastikaustrag liefert

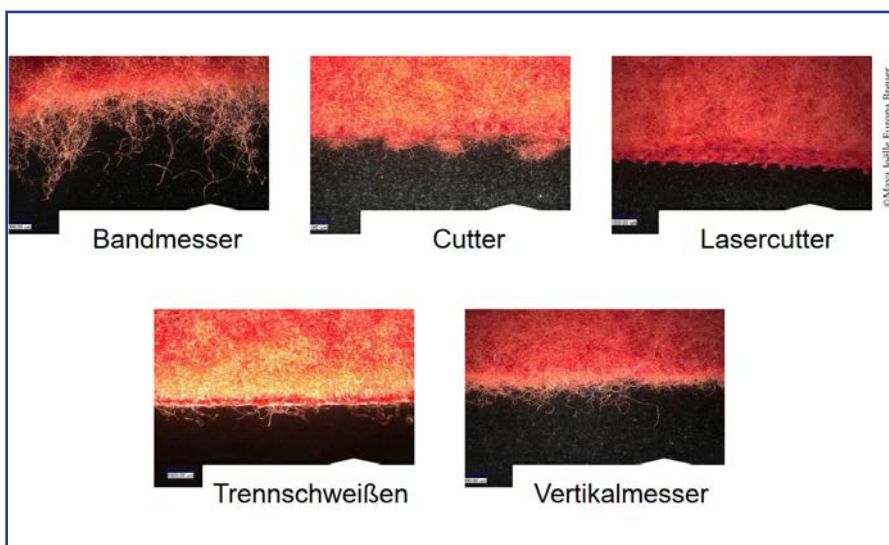


Abb. 1: Vergleich von Kanten eines Fleece-Materials, erzeugt durch unterschiedliche Trennverfahren. Quelle: Hochschule Niederrhein, Maya Breuer

das einzellige Schneiden mit einem Laserstrahl-Cutter (im Vergleich zum mechanischen Mehrlagenzuschnitt). Die Betrachtung der Proben unter dem Lichtmikroskop bestätigt die Verschmelzung der Schnittkanten und somit deren thermische Versiegelung (siehe Abb. 1). Der Faseraustrag war bei den versiegelten oder verdeckten Kantenverarbeitungen im Vergleich mit den konventionell genähten sowie auch im Vergleich mit der reinen Materialfläche am geringsten.

ZERO WASTE-SCHNITT FÜR TESTMONITOR

Zur differenzierten Untersuchung des Einflusses der Fügeverfahren wurde ein Zero-Waste-Schnitt für einen Test-Monitor entwickelt, der sich am Produkt Jacke orientiert, jedoch auf ein Minimum reduziert wurde und ohne Fremdmaterialien (Verschlüsse, Futterstoffe o.ä.) für die Haushaltswäschen eingesetzt werden konnte (Abb. 2). Um die Labor-Monitore mit denen einer Industrieproduktion zu vergleichen, wurden in Zusammenarbeit mit VAUDE und LTP Garment (Litauen), mehrere Materialien aus 100 Prozent PES (Eigenentwicklung und Industrieware) ausgewählt und parallel in der Industriefertigung und in den Laboren der Hochschule konfektioniert. Alle Varianten wurden nach der Haushaltswäsche und Trocknung auf Mikroplastikaustrag untersucht.

Dabei wurde festgestellt, dass der Faseraustrag bei den extern zugeschnittenen Monitoren am höchsten war. Aufgrund der realen Produktionsbedingungen vor Ort scheint es zu Kreuzkontaminationen auf der Ware gekommen zu sein, die zu höheren Werten bei den Waschversuchen führt. Zusätzlich wurden die an der Hochschule Niederrhein zugeschnittenen

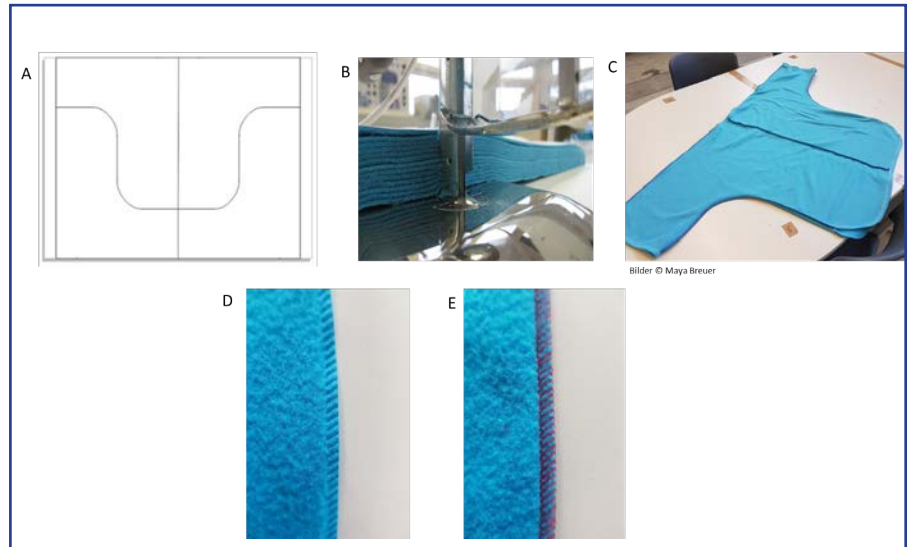


Abb. 2: An der Hochschule Niederrhein (HSNR) entwickeltes Schnittmuster für Zero-Waste-Monitor (A), Mehrlagenzuschnitt mit dem Vertikal-/Stoßmesser (B), finaler Zero-Waste-Monitor (C), geschweißte Naht (D), genähte Naht (E). Quelle: Maya Breuer

Monitore sowohl konventionell durch Nähen zusammengefügt als auch alternativ durch die Ultraschallschweißtechnologie (Abb. 2). Bei diesen Monitoren konnte bei der Haushaltswäsche kein großer Unterschied beim Faseraustrag beim Vergleich der Fügeverfahren festgestellt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Die geschweißten Kanten und Füge-nähte zeigten im Labor-Waschtest bessere Austragsergebnisse als die konventionell zugeschnitten und gefügten Proben. Dies hat sich in der Haushaltswäsche teilweise bestätigt. Zurückzuführen ist dies offensichtlich auf die Mechanik in der Wäsche, wodurch die thermischen versiegelten Kanten in der Wäsche zum Teil wieder aufgebrochen sind. Diesbezüglich sollte es Optimierungsversuche geben. Dabei gilt es insgesamt den Arbeitsaufwand möglichst

gering zu halten, um die Realisierbarkeit bezüglich der Kosten zu gewährleisten. Beim Fügen zeigen insgesamt alle Kantenverarbeitungen mit hoher Abdeckung der Schnittkante die besten Ergebnisse. Hier sollten weitere Nahtkonstruktionen und -parameter evaluiert werden, um die jeweils beste Lösung für ein Material und Produkt zu finden. Der Einsatz thermischer Zuschneideverfahren (Lasercutter) und zusätzlicher Kantenabsicherungen mit Tapes sind weitere mögliche Optimierungsansätze. Insgesamt war der Faseraustrag der in der Industrie gefertigten Monitore aber durchweg größer als bei den im Hochschullabor gefertigten, was eine Kontamination durch das Produktionsumfeld und das Handling grundsätzlich bestätigt.



Prof. Dipl.-Des. Ellen Bendt
Dozentin am Fachbereich für
Textil und Bekleidung
Hochschule Niederrhein
Ellen.Bendt@hs-niederrhein.de



Robert Klauer
Project Manager Textile Innovation –
Microplastics
VAUDE Sport GmbH & Co. KG
robert.klauer@vaude.com

Weitere Autoren: Prof. Dr. Kerstin Zöll, Prof. Dr. Maike Rabe, Dr. Sabrina Kolbe, Dr. Kristina Klinkhammer, Stefan Brandt, Susanne Küppers, Maya Breuer, Maren Berns, Rebekka Rössel, Carolin Wieners (alle HSNR).

GLOSSAR

μ-FTIR	μ-Fourier-Transform-Infrarotspektrometrie
cellulosische Fasern	Fasern aus dem Rohstoff Cellulose. Diese können natürlich vorkommen (z.B. Baumwolle) oder synthetisch hergestellt sein (z.B. Viskose)
Drehung	Garnparameter, z.B. 664 T/m bedeutet: auf einen Meter des Garnes werden 664 Drehungen aufgebracht
Filament	Internationale Bezeichnung für Fasern mit praktisch unbegrenzter Länge. Filamente werden auch als Endlosfasern bezeichnet. Als Filament wird eine Faser von mindestens 1000 m Länge definiert.
Filamentgarn	aus Filamenten hergestellte Garne
Filamentzahl	Anzahl der Filamente in einem Garn
Garnfeinheit	Angabe, welche Masse ein Garn mit einer bestimmten Länge hat, es gibt verschiedene Einheiten: z.B. Nm 40/1 bedeutet 40 m des Garns wiegen 1 g. z.B. 100 dtex bedeutet 10.000 m des Garnes wiegen 100g
Fügen	Zusammenbringen zweier oder mehrerer Werkstücke zu einem festen Verbund
HSNR	Hochschule Niederrhein
Mikroplastik	Plastikpartikel mit einer Größe < 5 mm
Mikroplastik textilen Ursprungs	kleinste Fasern und Faserbruchstücke aus synthetischen Textilien
Monitore / Labor-Monitore	Jacke ohne Fremdmaterialien (Verschlüsse, Futterstoffe o.ä.), die zur differenzierten Untersuchung des Einflusses der Fügeverfahren auf den Mikroplastikaustrag bei der Simulation der Haushaltswäschen eingesetzt werden kann.

PES	Polyester (bei Textilien i.d.R. aus Polyethylenterephthalat)
PET	Polyethylenterephthalat
Pilling	Knötchenbildung an der Oberfläche von Textilien
Regeneratfasern	Fasern, die aus natürlich vorkommenden, nachwachsenden Rohstoffen über chemische Prozesse hergestellt werden
Ringgarn	Nach dem Ringspinnverfahren hergestelltes Garn
rPET	recyceltes PET
Stapelfaser	Natur- oder Chemiefaser begrenzter Länge (< 1000 mm); Langstapelfasern (kürzer als 600 mm), Mittelstapelfasern (kürzer als 60 mm) und Kurzstapelfasern (kürzer als 40 mm)
synthetische Fasern	Fasern aus den Rohstoffen Kohle, Erdgas und Erdöl
TED-GC/MS	Thermo-Extraktion-Desorption-Gaschromatographie/ Massenspektroskopie
Veredlung	Prozesse zur Aufwertung der textilen Fläche, um bestimmte Eigenschaften und Funktionen zu erzielen; mechanische Veredlung: Behandlung des Textils mit Maschinen, z.B. zum Aufrauen oder Scheren; chemische Veredlung: Behandlung des Textils mit Chemikalien, z.B. Färben, Anti-Pill-Ausrüstung inkl. Waschschrte, schmutzabweisende Ausrüstung
virginPET	neues PET auf Erdöl- oder Erdgasbasis
Zero-Waste-Schnitt	Designtechnik, die den Verschnitt von Stoffen und weitere textile Abfälle bereits beim Entwurf und während der Schnittkonstruktion eliminiert

UNSERE PARTNER

VERBUNDPARTNER



BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN SPORTARTIKEL-INDUSTRIE E.V.

BSI – Bundesverband der Deutschen Sportartikel-Industrie e.V. ist der 1910 gegründete Unternehmensverband der deutschen Sportartikelhersteller, -importeure und -großhändler. Der BSI hat derzeit rund 150 Mitgliedsunternehmen. Neben großen internationalen Firmen gehören ihm über 80% klein- und mittelständische Firmen an, die zu den Marktführern in ihren Sportsegmenten gehören. Die Mitglieder im Bundesverband der Deutschen Sportartikel-Industrie erwirtschaften einen Jahresumsatz von rund 35 Milliarden Euro.



HOCHSCHULE NIEDERRHEIN

Die Hochschule Niederrhein ist eine der forschungstärksten Fachhochschulen in NRW. Am Forschungsinstitut für Textil und Bekleidung (FTB), das dem Fachbereich Textil- und Bekleidungstechnik mit über 2000 Studierenden, angeschlossen ist, bearbeiten 23 Professoren und 31 wissenschaftliche Mitarbeiter zusammen mit über 60 Studierenden wissenschaftliche, industrielle und öffentlich geförderte Projekte. Die gesamte textile Wertschöpfungskette von der Garnherstellung bis zur Fläche kann abgebildet werden. Schwerpunktmäßig widmet sich das Institut der chemischen und konstruktiven Funktionalisierung von Textilien, Smart Textiles, der Produktentwicklung und auch der nachhaltigen Fertigung.



TU DRESDEN - INSTITUT FÜR WASSERCHEMIE

Der Gewässer- und Umweltschutz ist das übergeordnete Ziel der Forschungs- und Lehrtätigkeit am Institut für Wasserchemie. Hierbei werden Vorkommen, Eigenschaften und (Umwelt-) Verhalten von überwiegend anthropogen in den Wasserkreislauf eingetragenen Chemikalien und Materialien, wie zum Beispiel Arzneimittel, Mikroplastikpartikel oder Pflanzenschutzmittel, untersucht. Darüber hinaus wird an Konzepten zur Trink- und Abwasseraufbereitung geforscht, um solche Spurenstoffe aus Wässern sicher und effizient zu entfernen.



VAUDE SPORT GMBH & CO. KG

VAUDE bietet funktionelle und innovative Produkte für Berg- und Bikesportler. Als nachhaltig innovativer Outdoor-Ausrüster leistet VAUDE einen Beitrag zu einer lebenswerten Welt, damit Menschen von morgen die Natur mit gutem Gewissen genießen können. Dabei setzt das Familienunternehmen weltweit ökologische und soziale Standards. VAUDE steht für umweltfreundliche Produkte aus fairer Herstellung. Am Firmensitz im süddeutschen Tettngang beschäftigt das Unternehmen rund 500 Mitarbeiter.



WWF DEUTSCHLAND

WWF Deutschland ist Teil der internationalen Umweltschutzorganisation World Wide Fund For Nature (WWF). Seit über 50 Jahren arbeitet das WWF-Netzwerk rund um den Globus daran, die Umweltzerstörung zu stoppen und eine Zukunft zu gestalten, in der Mensch und Natur in Einklang miteinander leben. In mehr als 100 nationalen und internationalen Projekten setzt sich der WWF Deutschland aktuell für den Erhalt der biologischen Vielfalt und unserer natürlichen Lebensgrundlagen ein. Über 500.000 Förderinnen und Förderer unterstützen ihn dabei.

ASSOZIIERTE PARTNER



ADIDAS AG

adidas ist einer der weltweit führenden Anbieter in der Sportartikelindustrie mit der Kernmarke adidas. Das Unternehmen mit Sitz in Herzogenaurach beschäftigt über 60.000 Mitarbeiter weltweit und generierte im Jahr 2019 einen Umsatz von 23,6 Mrd. Euro.



HENKEL AG & CO. KG AA

Henkel verfügt weltweit über ein ausgewogenes und diversifiziertes Portfolio. Mit starken Marken, Innovationen und Technologien hält das Unternehmen führende Marktpositionen – sowohl im Industrie- als auch im Konsumentengeschäft: So ist Henkel Adhesive Technologies globaler Marktführer im Klebstoffbereich. Auch mit den Unternehmensbereichen Laundry & Home Care und Beauty Care ist das Unternehmen in vielen Märkten und Kategorien führend. Im Geschäftsjahr 2020 erzielte Henkel einen Umsatz von 19,25 Mrd. Euro und ein bereinigtes betriebliches Ergebnis von 2,6 Mrd. Euro.



MIELE & CIE. KG

Miele ist der weltweit führende Anbieter von Premium-Hausgeräten für die Produktbereiche Kochen, Backen, Dampfgaren, Kühlen/Gefrieren, Kaffeezubereitung, Geschirrspülen, Wäsche- sowie Bodenpflege. Hinzu kommen Geschirrspüler, Waschmaschinen und Wäschetrockner für den gewerblichen Einsatz sowie Reinigungs-, Desinfektions- und Sterilisationsgeräte für medizinische Einrichtungen und Laboratorien („Miele Professional“). Das 1899 gegründete Unternehmen unterhält acht Produktionsstandorte in Deutschland sowie je ein Werk in Österreich, Tschechien, China und Rumänien. Der Umsatz betrug im Geschäftsjahr 2020 rund 4,5 Milliarden Euro.



POLARTEC LLC

Polartec, LLC ist ein Premiumhersteller von innovativen Textillösungen. Seitdem das Unternehmen 1981 das synthetische Fleece erfunden hat, arbeiten die Ingenieure von Polartec kontinuierlich an neuen Stofftechnologien, die immer wieder bisherige Grenzen überschreiten. Heute liefert Polartec weltweit die fortschrittlichsten Stoffinnovationen. Polartec® bietet ein breites Angebot an Funktionsstoffen, von leichten Baselayern über wärmeisolierende Stoffe bis hin zu Stoffen für extreme Wetterbedingungen. Die Stoffe werden weltweit von führenden Bekleidungsherstellern, vom US Militär, von Workwear Brands und Partnern in der Polster-Industrie zu leistungsstarken Produkten verarbeitet.



TextileMission
c/o Bundesverband der Deutschen
Sportartikel-Industrie e.V. (BSI)
Adenauerallee 134 · D - 53113 Bonn

Tel.: +49 (0) 228 / 926593-0
Fax: +49 (0) 228 / 926593-29
E-Mail: info@bsi-sport.de

<https://textilemission.bsi-sport.de>