

Entwicklung eines Partikelabscheiders zur Abtrennung von Mikroplastik aus Waschmaschinen-Abwasser

Simon Leitner¹, Thomas Senfter¹, Manuel Berger¹, Sandro Holzer¹, Christian Mayerl¹, Tobias Kofler¹, Martin Pillei¹

¹Department Umwelt-, Verfahrens- und Energietechnik, MCI - Die Unternehmerische Hochschule

Abstract. Bereits im Jahr 2016 konnte in über 690 Tierarten Mikroplastik nachgewiesen werden. Diese Tatsache ist auf die enorme Präsenz dieser Partikel auf unserem Planeten zurückzuführen. Neben Kosmetika und Reinigungsprodukten spielt der Waschprozess von synthetischen Textilien in Bezug auf Mikroplastik im häuslichen Abwasser die bedeutendste Rolle. In einem durchschnittlichen Waschgang, können 3,2-17 Mio. Fasern verloren gehen. Für Europa wird daher geschätzt, dass jährlich 18.430 bis 46.175 Tonnen Mikroplastik durch das Waschen von synthetischer Kleidung freigesetzt werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich daher mit einer Möglichkeit, Mikroplastik beim Waschprozess direkt an der Quelle (der Waschmaschine) abzutrennen. Das Ziel der Arbeit ist die Ausarbeitung eines Konzeptes, bei welchem ein möglichst regeneratives Filtrationssystem in eine Waschmaschine der Marke Bosch integriert werden sollte. Zuerst wurden die durch die Waschmaschine vorgegebenen Rahmenbedingungen erhoben. Dabei wurde das Abwasser und der zur Verfügung stehende Platz betrachtet. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen erfolgte die Konzeption und Konstruktion eines Partikelabscheider-Systems. Die Entscheidung über den zu integrierenden Trennapparat fiel auf einen Trommelbandfilter. Dieser nutzt den unter der Waschtrommel zur Verfügung stehenden Platz bestmöglich aus und kann kontinuierlich betrieben werden. Durch die Möglichkeit einer Kuchenfiltration ist bei der Wahl des richtigen Filtermediums ein regenerativer Prozess vorstellbar. Um erste Versuche durchführen zu können, wurde ein Prototyp/Versuchsstand entworfen und gefertigt. Der erste Versuch sollte Auskunft über den Durchsatz, sowie den erzielten Abscheidegrad geben. Zusätzlich sollten Optimierungspotentiale aufgezeigt werden.

Nach ersten Erkenntnissen funktioniert der Filter wie geplant. Mit einem Abscheidegrad von ca. 41%, würde sich der Filter im Mittelfeld der bislang am Markt zu erwerbenden Produkte befinden. Es besteht noch erhebliches Optimierungspotential.

Die vorliegende Arbeit ist ein erster Grundstein für die Entwicklung eines Partikelabscheidesystem für den gegebenen Anwendungsfall. Anders als bei den Konkurrenzprodukten ist ein kontinuierlicher sowie regenerativer Prozess vorstellbar. Zusätzlich handelt es sich um die erste integrierte Variante. Zukünftige Untersuchungen zu den Filtermedien, der Betriebsart, der zugeführten Suspension und weiteren Merkmalen, sollen letztlich zu einer Leistungsevaluierung für das Abscheidesystem führen.

Keywords: Mikroplastik, Waschmaschine, Kuchenfiltration

1 EINLEITUNG

Wasser ist die Grundlage allen Lebens [1]. Nichtsdestotrotz „entsorgt“ der Mensch laut einer Schätzung der Vereinten Nationen jährlich rund 400 Millionen Tonnen an Schadstoffen in den Gewässern weltweit. Hierbei bilden verschiedene Kunststoffe mit rund drei Viertel den größten Anteil [2].

Der mit freiem Auge erkennbare Kunststoff ist nur ein Teil des Gesamten. Kunststoffe werden mit fortschreitendem Alter nicht abgebaut, vielmehr verspröden sie und zerfallen zu immer kleiner werdenden Partikeln [3]. Ab einer Größe von 5 mm werden die Kunststoffpartikel als Mikroplastik bezeichnet [4] [5] [6] [7] [8]. Dieses entsteht nicht nur durch die Zersetzung von größeren Kunststoffen. Es dient beispielsweise auch als Abrasionspartikel in Kosmetikprodukten wie Peelings oder Zahnpasten [6].

1.1 MIKROPLASTIK BEIM WASCHPROZESS

Neben Kosmetika und Reinigungsprodukten, spielt der Waschprozess von synthetischen Textilien in Bezug auf Mikroplastik in häuslichen Abwasser die bedeutendste Rolle [8] [9] [10]. Der tatsächliche Umfang, geht sehr gut aus einer Kernaussage des Statusberichtes bezüglich Mikroplastik in der Umwelt (2019) [11], des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, hervor. Hierbei wurde auf Daten von *Hann et. al* [8] zurückgegriffen.

„Aufgrund von Literaturdaten wurde berechnet, dass bei einem durchschnittlichen Waschgang (5,4 kg; 45% natürliche und 34% synthetische Fasern) 3,2–17 Mio. Fasern verloren gehen können. Für Europa wird daher geschätzt, dass jährlich 18.430–46.175 t Mikroplastik durch das Waschen von synthetischer Kleidung freigesetzt werden [11].“

Derzeit gelangt Mikroplastik, welches beim Waschvorgang entsteht, nahezu im vollen Ausmaß in die Umwelt. In bestehenden Reinigungsstufen (Rechengut, Sandfanggut, Klärschlamm und Kläranlagenablauf) wird Mikroplastik bereits zum Teil als Nebeneffekt mit anderen Stoffen entfernt. Dieses Mikroplastik gelangt jedoch zumeist über Umwege ebenfalls in die Umwelt, da beispielsweise Klärschlamm des Öfteren als nährreicher „natürlicher“ Dünger am Feld verteilt wird [11].

1.2 GEFAHR VON MIKROPLASTIK

Auch wenn über die Folgen von Mikroplastik noch wenig bekannt ist, so kann von einer nicht zu unterschätzenden Gefahr für Tier, Mensch und die gesamte Umwelt ausgegangen werden. Während viele Auswirkungen bisher nur vermutet werden, so konnte bereits im Jahre 2002 nachgewiesen werden, dass Mikroplastik als Transportvektor für Bakterien oder andere Organismen dienen kann [6] [12]. Auch Additive wie Weichmacher und Flammschutzmittel, welche dem Kunststoff bereits bei der Produktion beigegeben werden und angelagerte hydrophobe Schadstoffe aus dem Wasser, können mit Mikroplastik transportiert werden. Viele dieser Stoffe stehen im Verdacht krebserregend zu sein, das Hormonsystem zu beeinflussen, die Fruchtbarkeit zu beeinträchtigen, oder auch Verhaltensstörungen hervorzurufen [9]. Am 03.10.2016 veröffentlichte die Royal Society Of Chemistry ein Paper, laut welchem in über 690 Tierarten Mikroplastik nachgewiesen wurde [5]. Beim Verzehr dieser Tiere kann dieses auch vom Menschen aufgenommen werden [13].

1.3 MIKROPLASTIKABTRENNUNG BEIM WASCHPROZESS

In Bezug auf Mikroplastik existieren derzeit nur Trennapparate, welche zusätzlich zur Maschine erworben werden müssen und eine periodische Wartung erfordern. Zumeist müssen diese mit der Wäsche direkt in die Trommel gelegt werden, wo sie das freigesetzte Mikroplastik direkt binden, oder sie sind separat zur Waschmaschine installiert, um Mikroplastik aus dem abfließenden Wasser zu filtern. Integrierte Filter werden noch nicht verbaut.

Das Ziel dieser Arbeit ist daher die Ausarbeitung eines Konzeptes, bei welchem ein möglichst regeneratives Filtrationssystem in eine Waschmaschine der Marke Bosch (Serie 6 VarioPerfect) integriert werden soll.

2 METHODIK

Die Methodik besteht aus 5 Teilbereichen.

Im ersten Abschnitt werden die Rahmenbedingungen erhoben. Hierfür wird das Abwasser und der zur Verfügung stehende Platz betrachtet. Im zweiten Abschnitt wird aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen aus Abschnitt 1 ein Partikelabscheider-System konzipiert und konstruiert. Anschließend wird im dritten Abschnitt ein Prototyp/Versuchsstand des Filters gefertigt. Dieser wird aufgrund einer einfacheren Handhabung zuerst von der Waschmaschine separiert. Im vierten Abschnitt wird ein erster Versuch am Prototyp/Versuchsstand durchgeführt. Dieser soll Auskunft über den erzielten Abscheidegrad geben und mögliche Optimierungspotenziale aufzeigen. Als Filtermedium wurde *Filtralight 20030* getestet. Im fünften und somit letzten Abschnitt wird nach einem alternativen Aufgabegut gesucht, welches die im Abwasser befindlichen Feststoffpartikel ersetzen kann, um zukünftige Versuche mit einer erhöhten Beladung durchführen zu können.

3 ERGEBNISSE

Die ausgewählte Waschmaschine weist die Innenmaße von 590x800x460 (BxHxT in mm) auf. In diesem zur Verfügung stehenden Raum mussten alle, für die Funktion erforderlichen Komponenten, sowie die Filtrationseinheit, untergebracht werden.

Eine Literaturrecherche sowie die gewonnenen Erkenntnissen aus Abschnitt 1 führte zu dem Entschluss, dass sich ein Trommelbandfilter für diese Aufgabe am besten eignet. Ein Trommelbandfilter nutzt den unter der Waschtrommel zur Verfügung stehenden Platz bestmöglich aus und kann kontinuierlich betrieben werden. Durch die Möglichkeit einer Kuchenfiltration bei der Wahl des richtigen Filtermediums ist ein regenerativer Prozess vorstellbar.

Die Filtration geschieht in ständiger Wechselwirkung der zu filtrierenden Suspension mit dem Filter. Die charakteristischen Eigenschaften des Filters hängen somit, neben seinen eigenen Merkmalen, auch vom herrschenden Prozess und den Parametern der zu filternden Suspension ab. Dies macht die Auswahl eines passenden Filters nicht immer einfach [29].

Auch wenn nach dem Vorversuch bereits einige Parameter des Abwassers bekannt sind, so lassen sie doch noch keine Entscheidung bezüglich der Wahl des Filtermediums zu. Die Wahl muss in späterer Folge anhand von Tests mit verschiedenen Filtermedien auf dem dafür konstruierten Prototyp/Versuchsstand durchgeführt werden.

In Abbildung 1. Ist ein 3D-Modell des fertigen Konzeptes ersichtlich.

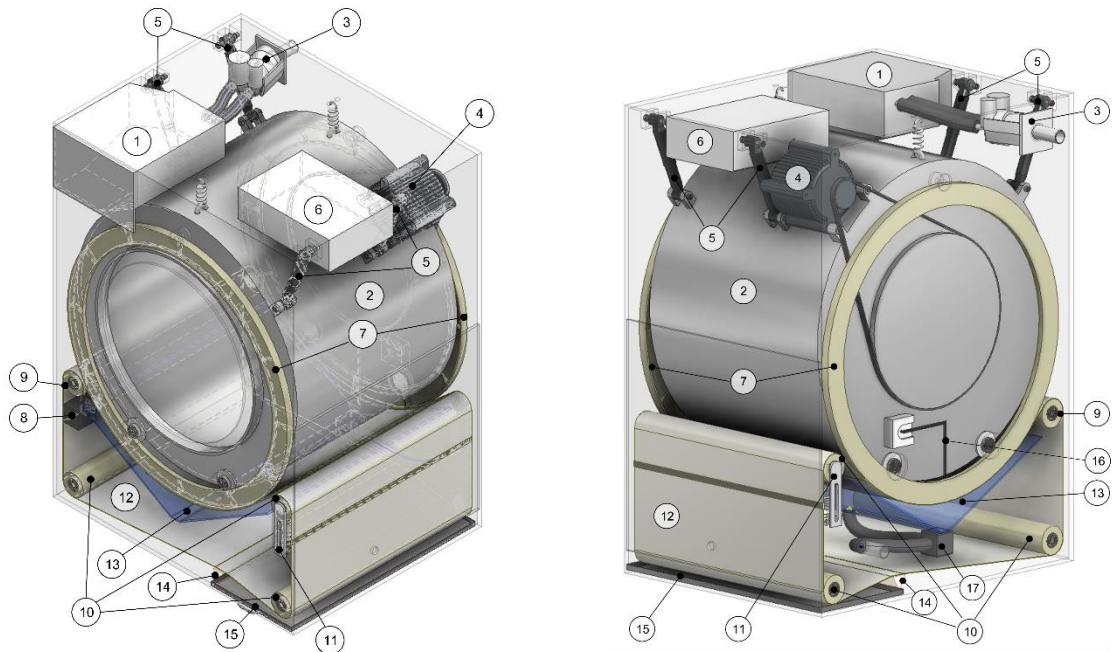


Abbildung 1.: 3D-Modell des Konzeptes; 1 Waschmittelfach, 2 Waschtrommel, 3 Einlassventile, 4 Motor (Trommel), 5 Stoßdämpfer, 6 Steuereinheit, 7 Dichtring, 8 Motor-Antriebsrolle, 9 Antriebsrolle, 10 Umlenkrolle, 11 Spanneinheit, 12 Filterflies, 13 Auffangrinne, 14 Abstreifer, 15 Feststofflade, 16 Schwimmer (Füllstandskontrolle), 17 Pumpe

Nach ersten Erkenntnissen funktioniert der Filter wie geplant. Nichtsdestotrotz, konnten sowohl für den Partikelabscheider wie auch für die gewählte Methodik Optimierungspotentiale festgestellt werden.

Mit 5,55 g konnten ca. 41% der sich im Abwasser befindenden Feststoffpartikeln zurückgehalten werden. Damit würde sich der Filter im Mittelfeld der bislang am Markt zu erwerbenden Produkten befinden.

Allerdings wurde der Versuch nicht exakt unter den gleichen Bedingungen durchgeführt, was einen direkten Vergleich nur eingeschränkt zulässt.

Da nur ein einzelner Waschgang betrachtet wurde, und der Filterkuchen dementsprechend noch nicht voll ausgebildet war, könnte die Abtrennleistung mit der Zeit noch steigen. Zusätzlich könnte der Abscheidegrad bei anderen Filtermedien noch entscheidend höher sein. Hierbei handelt es sich bislang jedoch bloß um erste Eindrücke, welche im Zuge weiterer Arbeiten noch belegt werden müssen.

4 CONCLUSIO

Die Arbeit zeigte, dass die Integration eines regenerativen Filtrationssystem zur Mikroplastikabscheidung in Waschmaschinen durchaus möglich ist. Auch wenn der Weg zu einem fertigen Produkt noch lang erscheint, so besteht die Hoffnung, dadurch einen wertvollen Beitrag zur Minimierung des Mikroplastikaufkommens zu leisten.

5 REFERENZEN

- [1] D. Möhlmann, *Wasser: Geheimnisse einer besonderen Flüssigkeit*, Projekte-Verlag Cornelius, 2011.
- [2] W. O. Review, *Ein Problem gigantischen Ausmaßes*.
- [3] H. S. Auta, C. U. Emenike und S. H. Fauziah, „Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions,“ *Environment international*, Bd. 102, p. 165–176, 2017.
- [4] I. E. Napper und R. C. Thompson, „Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions,“ *Marine pollution bulletin*, Bd. 112, p. 39–45, 2016.
- [5] J. F. Provencher, A. L. Bond, S. Avery-Gomm, S. B. Borrelle, E. L. B. Rebolledo, S. Hammer, S. Kühn, J. L. Lavers, M. L. Mallory, A. Trevail and others, „Quantifying ingested debris in marine megafauna: a review and recommendations for standardization,“ *Analytical Methods*, Bd. 9, p. 1454–1469, 2017.
- [6] K. Waldschläger, *Mikroplastik in der aquatischen Umwelt: Quellen, Senken und Transportpfade*, Springer-Verlag, 2019.
- [7] J. P. G. L. Frias und R. Nash, „Microplastics: Finding a consensus on the definition,“ *Marine pollution bulletin*, 2019.
- [8] S. Hann, C. Sherrington, O. Jamieson, M. Hickman, P. Kershaw, A. Bapasola und G. Cole, „Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products,“ *Final Report. London/Bristol*, 2018.
- [9] M. A. Browne, P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway und R. Thompson, „Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks,“ *Environmental science & technology*, Bd. 45, p. 9175–9179, 2011.
- [10] J. Gavigan, T. Kefela, I. Macadam-Somer, S. Suh und R. Geyer, „Synthetic microfiber emissions to land rival those to waterbodies and are growing,“ *PLoS One*, Bd. 15, p. e0237839, 2020.
- [11] B. Liebmann und K. Sexlinger, „Mikroplastik in der Umwelt, Statusbericht 2019,“ *Report REP-0727, Bundesministerium Landwirtschaft, Regionen und Tourismus*, 2020.
- [12] J. G. B. Derraik, „The pollution of the marine environment by plastic debris: a review,“ *Marine pollution bulletin*, Bd. 44, p. 842–852, 2002.
- [13] A. Petersen, „Statement on the presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood,“ *European Food Safety Authority*, 2016.

