

BIOFILMBILDUNG AUF REIFENABRIEB ALS GRUNDLAGENUNTERSUCHUNG FÜR DEN WASSERRÜCKHALT IN SCHWAMMSTADTPROJEKTEN – KOOPERATION MIT DER MAKE SCIENCE HALLE

Einleitung

In Deutschland haben die Wetterextreme in den vergangenen zehn Jahren stark zugenommen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) registrierte u. a. eine gestiegene Anzahl an Hitzewellen, die auch zu längeren Trockenzeiten führten. Daraus abgeleitet wird von einer gleichbleibenden jährlichen Niederschlagsmenge ausgegangen, wobei sich die Verteilung im Verlaufe des Jahres zu verändern scheint ^[1]. Dies führt zu einer räumlichen und zeitlichen Ungleichverteilung von Regen im ganzen Land. Intelligente Wassermanagement- bzw. Wasserrückhaltesysteme sind deshalb erforderlich, um z. B. Kanalisationsysteme zu entlasten oder in trockenen Perioden Nutz- bzw. Brauchwasser zur Verfügung zu stellen. Ein mögliches Konzept ist die sogenannte Schwammstadt. Dabei ist ein wichtiger Aspekt die Speicherung von Regenabflusswasser, z. B. von der Straße, u. a. in Teichen.

Regenabfluss von der Straße enthält neben Regenwasser diverse partikuläre und gelöste Substanzen, die u. a. durch den Verkehr bedingt sind. Diese Substanzen können die Qualität des zurückgehaltenen Regenwassers z. T. erheblich beeinflussen. Einer dieser Partikel ist der Reifenabrieb.

Über 100.000 t werden davon im Jahr in Deutschland laut BAENSCH-BALTRUSCHAT et al. ^[2] emittiert. Damit würde der Reifenabrieb einem Drittel der Mikroplastik-Emissionen entsprechen

^[3]. Der Regenabfluss von Straßen enthält bis zu 8,2 % Reifenabrieb, was einem Vielfachen von anderen Mikroplastikpartikeln auf der Straße entspricht ^[4]. Da bisher nicht davon auszugehen ist, dass sich die Reifenabrieb-Emissionen reduzieren, hat die Europäische Kommission einen Gesetzentwurf für eine neue Euro-7 Norm angekündigt ^[5], die erstmals auch den Reifenabrieb regulieren und begrenzen soll.

Der Regenabfluss aus dem urbanen Raum und von Autobahnen ist die größte Eintragsquelle von Reifen- und Straßenabrieb in deutsche Fluss- und Gewässersysteme. Abschätzungen belaufen sich aktuell auf bis zu 20.000 t im Jahr ^[2]. In einer Studie der INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN) kommt man zum Schluss, dass der Reifenabrieb-Anteil an Mikroplastik auch im Gewässer bei ca. 30 % liegt, was in etwa der Menge an Mikroplastik entsprechen würde, die über das Waschen von Kleidung mit Synthetikfasern ins Oberflächen-gewässer gelangen.

Über das Verhalten von Reifenabrieb im Gewässer ist bisher wenig bekannt. Forschungsschwerpunkte sind neben der Quantifizierung und Charakterisierung ^[6,7], der Abbau in der Umwelt ^[8] und vor allem die Ökotoxikologie mit Bezug zu aquatischen Organismen. Dabei können sowohl die Partikel als solches ökotoxikologisch relevant sein ^[9] als auch organische Substanzen, die aus den Partikeln auslaugen, wie bspw. 6-PPD und das in der Umwelt daraus entstehende 6-PPD Chinon ^[10,11].

Gelangt der Reifenabrieb ins Oberflächengewässer, so wird er, bedingt durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit im Zusammenhang mit dem Regenereignis, zunächst als Schwebstoff transportiert und kann mit anderen Bestandteilen im Wasser interagieren. Im Gewässer gelöste Spurenelemente können an die Partikel-Oberfläche adsorbieren. Unter Laborbedingungen u. a. von FAN et al. ^[12] und HUANG et al. ^[13] wurde dies für Cd und Pb nachgewiesen. Eigene Untersuchungen anhand naturnaher Experimente mit filtriertem Flusswasser der Freiburger Mulde (Mittelsachsen) bestätigten dies und konnten auch für Cr und Ni Adsorptionen nachweisen ^[14]. Diese Adsorption könnte dazu führen, dass sich die Gewässergüte des Schwebstoffes um mindestens eine Klasse verschlechtert.

Zeitlich verzögert zur Adsorption von Spurenelementen wird erwartet, dass sich Biofilm auf der Partikeloberfläche bildet, wie auf nahezu allen Oberflächen in Oberflächengewässern. Inwieweit diese Biofilmbildung auf dem Reifenabrieb die Adsorption von Spurenelementen beeinflusst, soll im folgenden Projekt untersucht werden. Gemeinsam mit dem Bürgerforschungsschiff Make Science Halle sollen naturnahe Experimente in der Saale durchgeführt werden, um zum einen das Biofilmwachstum zu untersuchen und zum anderen den Einfluss auf die Adsorption von Spurenelementen zu ermitteln. Mit den gewonnenen Daten wären zumindest qualitative Aussagen möglich, inwieweit der Reifenabrieb mit Biofilmaufwuchs die Gewässergüte verändert. Dies kann insbesondere für Wasserrückhaltesysteme im Schwammstadtkonzept mit zu implementierenden Rückhalteteichen

von Interesse sein, die – wie oben erwähnt – auf Regenabflusswasser angewiesen sind, das u. a. Reifenabrieb und Spurenelemente enthält.

Warum Bürgerforschungsschiff Make Science Halle? ^[15]

Das Bürgerforschungsschiff wurde bereits auf der vergangenen SOMAK 2022 vorgestellt ^[16]. Eine kurze Beschreibung soll dennoch in diesem Absatz erfolgen. Weitere Informationen können auf der Internetseite <https://ms-halle.science> abgerufen werden.

Die Make Science Halle (s. Abb. 1) hat als erstes Bürgerforschungsschiff in Deutschland den Auftrag, Wissenschaft und Forschung für jeden Menschen greifbar und erlebbar zu machen. So können an Bord eigene Experimente und Forschungsvorhaben durchgeführt werden. Schulklassen, die die MS Halle als Lehr-Lern-Plattform nutzen können, stehen besonders im Fokus.

Das Projekt des Bürgerforschungsschiffs wird von verschiedenen Akteuren aus Wissenschaft und Politik gefördert und unterstützt, u. a. von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, der Hochschule Magdeburg-Stendal sowie dem Bundesministerium für Bildung und Forschung. Für seinen Beitrag zur Wissenschaftskommunikation erhielt die MS Halle zuletzt am 06.12.2023 einen Förderbescheid für das Projekt „Wissenschaftskubus für (H)ALLE“, überreicht vom Ministerpräsident Sachsen-Anhalts.



Abb. 1: MS Halle

Insbesondere die Nahbarkeit der Forschung und die vielseitigen und kreativen Ideen der Mitarbeitenden sowie das Kennenlernen auf der vergangenen SOMAK 2022 haben mich dazu bewegt, die Kooperation mit der MS Halle zu suchen und ein gemeinsames Projekt im Rahmen meiner Dissertation, die von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wird und ebenfalls auf der SOMAK 2022 vorgestellt wurde ^[17], durchzuführen.

Experimenteller Ansatz

Die Biofilmbildung auf Reifenabrieb-Partikeln wurde zunächst in einem Vorexperiment untersucht. Dabei wurde im Labor Reifenabrieb zu

Flusswasser aus der Alten Elbe zugesetzt und diese Probe über einen Zeitraum von mehreren Wochen mit Nährstoffen versorgt. Als Kontrolle diente eine Flusswasser-Probe ohne Reifenabrieb. Nach etwa einem Monat waren deutliche Unterschiede bereits mit der Kamera sichtbar. Unter dem LASER-Scanning Mikroskop konnten die Unterschiede durch zugesetzte Fluoreszenzmarker anhand der mikrobiologischen Kolonie verdeutlicht werden (s. Abb. 2). Offensichtlich führt der Reifenabrieb zu einer vergleichsweise geringen Vielfalt an Mikroorganismen des gebildeten Biofilms. Bisher ist ungeklärt, was die Ursache ist.

Zur naturnahen Untersuchung der Biofilmbildung auf Reifenabrieb im Oberflächengewässer



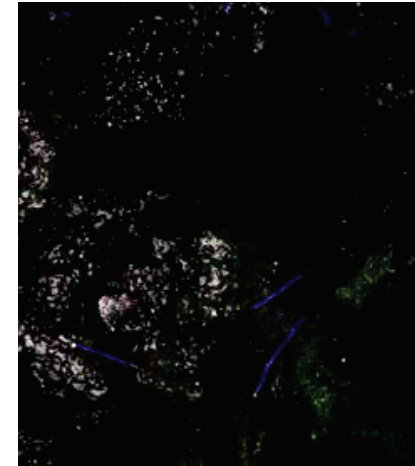
Abb. 2: Foto Flaschen mit Biofilm

bedarf es der Lösung des folgenden Problems: Wie kann Reifenabrieb in einen Wasserkörper eingebracht werden, sodass sich ein Biofilm bilden und die mit Biofilm überzogenen Partikel zur Untersuchung wieder aus dem Gewässer herausgeholt werden können?

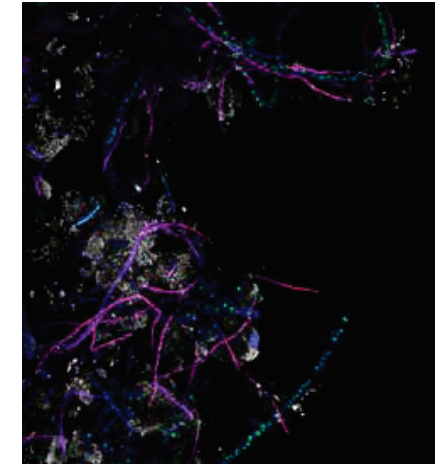
Reifenabrieb im Gewässer hat typischerweise eine Größe von 10 bis ca. 200 μm ^[18], sodass es nicht möglich ist, die Partikel ins Gewässer zu hängen und nach einer Inkubationszeit wieder herauszuholen. In Anlehnung an WANG et al. [19] sollen die Partikel deshalb in einem Quarzglasröhrchen „eingesperrt“ werden, die vorne und hinten mit 15- μm -Filtern verschlossen sind. Diese sorgen zum einen dafür, dass die Partikel nicht aus den Röhrchen entweichen

können, und zum anderen, dass ein Durchfluss gewährleistet ist und Mikroorganismen an den Reifenabrieb gelangen. Dass ein Durchfluss unter diesen Umständen stattfindet, wurde zuvor mit dem Austrag einer gefärbten Lösung aus den mit Filtern verschlossenen Röhrchen nachgewiesen. Dieser Austrag basiert auf diffusiven und Strömungseffekten.

Die Quarzglasröhrchen sollen deshalb mit Reifenabrieb zunächst an der MS Halle in die Saale gehängt und nach einer Woche wieder herausgeholt werden, um zu schauen, ob sich Biofilm gebildet hat. Wesentlich längere Inkubationszeiten sind für Reifenabrieb als Schwebstoff nicht sinnvoll, da dieser bedingt durch seine Dichte von bis zu 1,8 g cm^{-3} spätestens nach



Biofilm ohne Reifenabrieb



Biofilm mit Reifenabrieb

einer Woche auf den Grund eines Flusses abgesunken sein wird, wie dies PANKO et al. für die Seine postulieren ^[20].

Je nach Erfolg der Experimente würden diese auf charakteristische Flüsse im Elbeinzugsgebiet ausgeweitet: z. B. Freiberger Mulde (hohe Spurenelementkonzentration), Bode (hohe Salzkonzentration), Schlenze (hohe Spurenelement- und Salzkonzentration) und Elbe bei Magdeburg als Referenz.

Literatur

- ^[1] F. Kaspar, F. Imbery, K. Friedrich, F. Böttcher, M. Herbst, T. Deutschländer, A. Friedrich, B. Tinz, Was Wir Heute Über Das Extremwetter in Deutschland Wissen, Offenbach Am Main, 2021.

- ^[2] B. Baensch-Baltruschat, B. Kocher, C. Kochleus, F. Stock, G. Reifferscheid, Sci. Total Environ. 2021, 752, 141939.

- ^[3] J. Bertling, R. Bertling, L. Hamann, Kunststoffe in Der Umwelt: Mikro- Und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung Der Konsortialstudie, Fraunhofer-Institut Für Umwelt-, Sicherheits- Und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen, 2018.

- ^[4] P. Eisentraut, E. Dümichen, A. S. Ruhl, M. Jekel, M. Albrecht, M. Gehde, U. Braun, Environ. Sci. Technol. Lett. 2018, 5, 608–613.

- ^[5] Europäische Kommission, Kommission Schlägt Neue Euro-7-Normen Zur Verringerung Der Schadstoffemissionen von Fahrzeugen Und Zur Verbesserung Der

-
- Luftqualität Vor, Europäische Kommission, Brüssel, 2022.
- [6] M. L. Kreider, J. M. Panko, B. L. McAtee, L. I. Sweet, B. L. Finley, *Sci. Total Environ.* 2010, 408, 652–659.
- [7] P. Klöckner, B. Seiwert, P. Eisentraut, U. Braun, T. Reemtsma, S. Wagner, *Water Res.* 2020, 185, 116262.
- [8] S. Wagner, P. Klöckner, T. Reemtsma, *Chemosphere* 2022, 288, 132467.
- [9] C. Marwood, B. McAtee, M. Kreider, R. S. Ogle, B. Finley, L. Sweet, J. Panko, *Ecotoxicology* 2011, 20, 2079.
- [10] Z. Tian, H. Zhao, K. T. Peter, M. Gonzalez, J. Wetzel, C. Wu, X. Hu, J. Prat, E. Mudrock, R. Hettinger, A. E. Cortina, R. G. Biswas, F. V. C. Kock, R. Soong, A. Jenne, B. Du, F. Hou, H. He, R. Lundeen, A. Gilbreath, R. Sutton, N. L. Scholz, J. W. Davis, M. C. Dodd, A. Simpson, J. K. McIntyre, E. P. Kolodziej, *Science* 2021, 371, 185–189.
- [11] R. S. Prosser, J. Salole, S. Hang, *Environ. Pollut.* 2023, 337, 122512.
- [12] X. Fan, Z. Ma, Y. Zou, J. Liu, J. Hou, *Environ. Res.* 2021, 195, 110858.
- [13] W. Huang, J. Deng, J. Liang, X. Xia, *Chem. Eng. J.* 2023, 460, 141838.
- [14] F. Glaubitz, A. Rocha Vogel, Y. Kolberg, W. von Tümpling, H. Kahlert, *Environ. Pollut.* 2023, 335, 122293.
- [15] I. Bickmann, "Make Science Halle," //ms-halle.science, 2023.
- [16] U. Kalteich, Kulturstiftung Hohenmölsen, Hrsg. , *Schicht im Schacht? von der Industrie- zur Innovationsregion: 18.-20. September 2022, Hohenmölsen, Sommerakademie, Kulturstiftung Hohenmölsen, Hohenmölsen, 2023.*
- [17] A. Rocha Vogel, in *Schicht Im Schacht? von der Industrie- zur Innovationsregion: 18-20 September 2022 Hohenmölsen Sommerakademie, Kulturstiftung Hohenmölsen, Hohenmölsen, 2023.*
- [18] S. Wagner, T. Hüffer, P. Klöckner, M. Wehrhahn, T. Hofmann, T. Reemtsma, *Water Res.* 2018, 139, 83–100.
- [19] L. Wang, Z. Luo, Z. Zhen, Y. Yan, C. Yan, X. Ma, L. Sun, M. Wang, X. Zhou, A. Hu, *Environ. Pollut.* 2020, 265, 114922.
- [20] K. M. Unice, M. P. Weeber, M. M. Abramson, R. C. D. Reid, J. A. G. van Gils, A. A. Markus, A. D. Vethaak, J. M. Panko, *Sci. Total Environ.* 2019, 646, 1650–1659.