

Dezentrale Behandlungsanlage zum Rückhalt von gewässerrelevanten Substanzen aus Niederschlagswasser von Gründächern und Fassaden

Daniel Nieß¹, Brigitte Helmreich¹

¹ Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München,
Am Coulombwall 3, D-85748 Garching

Kurzfassung: Niederschlagswasser befestigter Flächen kann gewässerrelevante Substanzen wie Schwermetalle, Biozide/Pestizide und Nährstoffe enthalten und muss vor Einleitung ins Grundwasser behandelt werden. Für den dezentralen Einsatz für Gründach- und Fassaden-Abflüsse wurde ein Substratfilter entwickelt und optimiert. Laboruntersuchungen zeigen, dass insbesondere der Rückhalt von Bioziden/Pestiziden (z.B. Diuron, Terbutryn, Mecoprop) und von Nährstoffen (Nitrat, Phosphat) von Bedeutung sind. Verschiedene Filtermaterialien, vor allem granuliert Aktivkohle (GAK), wurden im Batchverfahren getestet. GAK zeigte einen sehr guten Rückhalt für Pestizide und Nitrat; ortho-Phosphat wurde ebenso effektiv entfernt. Im Gegensatz dazu war der Rückhalt von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) niedrig. Aufgrund ihres breiten Rückhaltepektrums wurde reine GAK für weitere Untersuchungen im technischen Maßstab ausgewählt. Bevor der Einbau in eine Pilotanlage erfolgt, wurde die GAK auf ihre hydraulische Leitfähigkeit, sowie die Adsorptions-Kapazität und -Kinetik getestet.

Key-Words: Diuron, Mecoprop, Terbutryn, Niederschlagswasser-Behandlung, Granulierte Aktivkohle, Gründächer und Fassaden

1 Hintergrund

Es ist bekannt, dass Niederschlagswasser aus urbanen Gebieten erhebliche Mengen an Schadstoffen enthält (Wicke et al. 2021). Die meist diffusen Stoffquellen lassen sich in vier Kategorien einteilen: Dachflächen, Verkehrsflächen, versiegelte Flächen, Freiflächen (Buyck et al. 2021). Im Fokus stehen Schadstoffe wie Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und organische Spurenstoffe (Gasperi et al. 2014; Eriksson et al. 2007). Die Einleitung von Niederschlagswasser ins Grundwasser kann zu einer stofflichen Beeinträchtigung des Wasserkörpers führen. Um diese Belastung der aquatischen Lebewesen zu minimieren, muss das Niederschlagswasser vor der Einleitung behandelt werden.

Jede Art von Niederschlagswasser enthält verschiedene Schadstoffe mit diversen Eigenschaften. Daher müssen Behandlungsanlagen für Niederschlagswässer unterschiedlicher Herkunft an das jeweilige Stoffspektrum, der gewässerrelevanten Substanzen angepasst werden. Während bei Niederschlagswasser von Verkehrsflächen vor allem die Sedimentation, Leichtstoffabscheidung und Sorption gelöster Schwermetalle wichtig sind, sind im Niederschlagswasser von Dächern und Fassaden überwiegend gelöste Schwermetalle, Biozide/Pestizide und Nährstoffe zu finden.

Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Evaluierung eines Substratfilters einer dezentralen Behandlungsanlage für Niederschlagswasser von Gründächern und Fassaden. Durch die Zusammenarbeit mit Industriepartnern war der Aufbau der Behandlungsanlage bereits vorgegeben. Bei der Entwicklung ging es ausschließlich um die Optimierung und Anpassung des Substrates an das charakteristisch Schadstoffprofil.

2 Vorgehen

Nach einer ausführlichen Literaturrecherche zu gewässerrelevanten Substanzen in Niederschlagswasser von Gründächern und Fassaden stehen folgende Substanzen im Vordergrund: Biozide wie Diuron und Terbutryn aus Fassadenanstrichen, das Pestizid Mecoprop (MCP) aus wurzelfesten Dichtungsbahnen, Nährstoffe (Nitrat und Phosphat) sowie gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) aus Gründachsubstraten.

Die Datenlage zur Behandlung von Niederschlagswasser mit diesem Schadstoffprofil ist sehr gering. Eine Literaturrecherche zu möglichen Filtersubstraten hat ergeben, dass granuliert Aktivkohle (GAK), Eisenhydroxid, Kalzit und Eisenspäne infrage kommen. GAK ist aufgrund ihrer porösen Struktur und der Ausbildung funktioneller Gruppen an ihrer Oberfläche insbesondere vielseitig einsetzbar. Sie kann sowohl organische Stoffe als auch in begrenztem Umfang Schwermetalle zurückhalten. Die anderen Filtermaterialien werden dagegen hauptsächlich zum Rückhalt von Nährstoffen und DOC eingesetzt.

Im ersten Schritt der Filtersubstratentwicklung wurden Batchversuche mit elf GAKs von 5 verschiedenen Herstellern miteinander verglichen und hinsichtlich ihres Pestizid-/Biozid-Rückhalts getestet. Dazu wurden in Anlehnung an Spahr et al. (2022) verschiedene Adsorbermengen von 5, 20 und 40 mg der GAK mit 200 ml deionisiertem Wasser für 24 Stunden auf einem Orbitalschüttler bei 150 rpm vorkonditioniert. Anschließend wurde ein Pestizid-/Biozid-Gemisch mit je 200 µg/L Diuron, MCP und Terbutryn zugegeben. Nach sieben Tagen wurden Proben für die Pestizid-/Biozid-Analyse entnommen.

Aus den Ergebnissen ging hervor, welche GAKs sich am besten für den Rückhalt von Pestiziden und Bioziden eignen. Im nächsten Schritt wurde der Batchversuch um weitere gewässerrelevante Substanzen erweitert. Vor allem Nitrat, Phosphat und DOC

wurden hinzugegeben, sodass das Schadstoffprofil einer Mischung aus Gründach- und Fassadenabfluss ähnelt. Aus den zuvor getesteten GAKs wurde die beste ausgewählt und sowohl pur als auch in Mischungen mit Eisenhydroxid, Kalzit und Eisenspänen in verschiedenen Verhältnissen (Tabelle 1), auf ihren Pestizid-, Nährstoff- und DOC-Rückhalt getestet.

Tabelle 1: Untersuchte granulierte Aktivkohlen verschiedener Hersteller und die verwendeten Abkürzungen.

Hersteller	Produkt	Abkürzung
Aqua Air Adsorbers	AQUA BC 63/830	ABC
Aqua Air Adsorbers	AQUA S 830 N	AS
Carbotech	DGF 8x30 GL	DGF
Chemviron	Cyclecarb 301	CA
Chemviron	Cyclesorb 40	CS
Chemviron	Filtrisorb 300	FS_300
Chemviron	Filtrisorb 400	FS
Chemviron	GPP-20	GPP_20
Chemviron	HPC super 830	HS
Jacobi	AquaSorb 630 8x30	JA
RWE	Herdofenkoks HOK	HOK

Zur Prüfung des Rückhaltevermögens wurde diesmal jeweils 1, 2 und 5 Gramm der Probenmischungen verwendet und im Batchversuch geprüft. Nach der 24 Stunden langen Vorkonditionierung mit deionisiertem Wasser wurden zusätzlich zu den 500 µg/L Pestizid-/Biozid-Gemisch noch 5 g/L Nitrat, 2 g/L Phosphat und 200 mg/L DOC hinzugegeben. Nach weiteren 24 Stunden auf dem Orbitalschüttler wurden Proben für die zur Pestizid-/Biozid-, Nährstoff- (DIN EN ISO 10304-1, DEV D19) und DOC-Analyse (EN 1484, DEV H3) entnommen.

Tabelle 2: Bezeichnungen für unterschiedliche Mischungsverhältnisse mit jeweils 1 g (M1). Höherer Materialeinsatz ist entsprechend mit M2 (2 g) und M5 (5g) bezeichnet.

Bezeichnung	Kalzit [%]	Zeolit [%]	Eisenspäne [%]	GAK [%]
M1_1	5		25	70
M1_2		5	25	70
M1_3	10	10		80
M1_4	5	5	25	65
M1_5			30	70
M1_AC				100

3 Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Vorversuche im Batchverfahren zum Rückhalt von Diuron, MCPP und Terbutryn durch verschiedene GAKs in unterschiedlichen Mengen an Filtermaterial.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, steigt der Rückhalt für alle Pestizide/ Biozide mit der Menge des verwendeten GAK an. Lediglich die GAK-HPC kann bei einer Menge von 5 mg jeden der getesteten Stoffe bestmöglich zurückhalten. Der Großteil der anderen GAKs schafft bei einer Menge von 5 mg maximal einen 85% Rückhalt für Pestizide/ Biozide. Abgesehen von den GAKs ABC, AS, JA und HOK, die unabhängig von der Menge einen schlechten Rückhalt aufweisen, schaffen die meisten GAKs bei einer Menge von 20 bzw. 40 mg auf einen Rückhalt von über 98% für Pestizide/ Biozide.

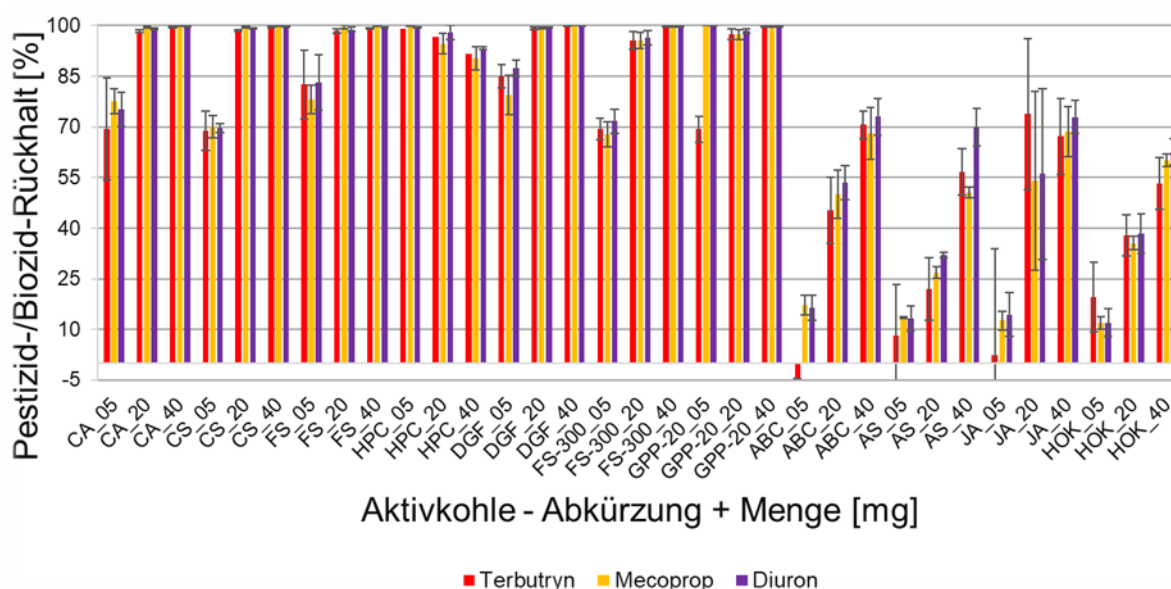


Abbildung 1: Voruntersuchungen mit verschiedenen Aktivkohlen zum Rückhalt von Pestiziden und Bioziden

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des zweiten Batch-Tests, bei dem neben dem Pestizid-Rückhalt auch der Nährstoff- und DOC-Rückhalt mittels Filtermaterialmischungen getestet wurde. Diuron, Mecoprop und Terbutryn werden von allen Filtermaterialmischungen 1 bis 5, unabhängig von der verwendeten Menge (1g (M1), 2 g (M2) oder 5 g (M5)), bestmöglich zurückgehalten werden.

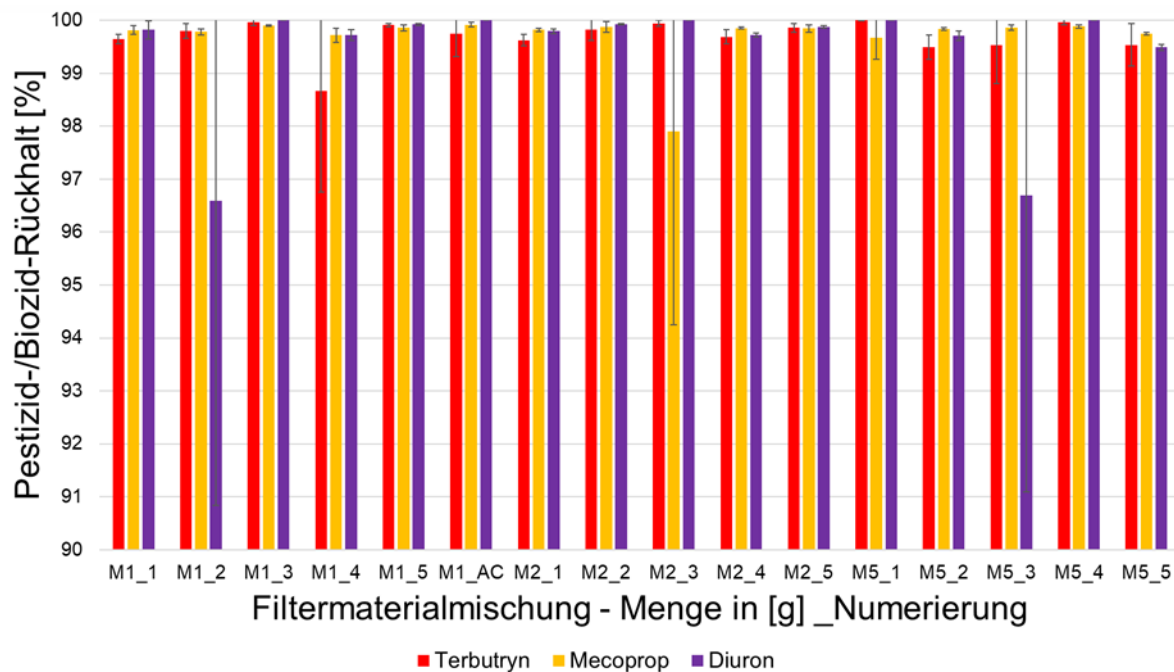


Abbildung 2: Pestizid-/ Biozid-Rückhalt der verschiedenen Filtermaterialmischungen

Abbildung 3 zeigt den Rückhalt von DOC, Nitrat und ortho-Phosphat. Wie aus der Abbildung hervorgeht, wird DOC mit einem durchschnittlichen Rückhalt von ca. 19 % von allen Mischungen sehr schlecht zurückgehalten. Mit steigender Substratmenge steigt auch der Rückhalt, allerdings nur bis zu einem Wert von maximal 35 % für Material M5_2. Ausreißer bereinigt beträgt der durchschnittliche Rückhalt von Nitrat ca. 57 % für alle Mischungen. Am besten wird Nitrat von der reinen GAK (M1_AC) mit 98 % zurückgehalten. Ortho-Phosphat hat, abgesehen von einem Ausreißer, einen durchschnittlichen Rückhalt von ca. 93 % bei allen Mischungen. Mit über 99 % wird es von den Substratmischungen M1_AC, M2_1, M5_1 und M5_2 am besten zurückgehalten.

Aufgrund des durchschnittlich sehr guten Rückhalts von M1_AC sowohl für die Pestizide und Biozide (siehe Abbildung 2) als auch für die Nährstoffe Nitrat und Ortho-Phosphat wird dieses Material für weitere Untersuchungen verwendet.

Vor dem Einbau in die Pilotanlage, wurden im Labor weitere Untersuchungen zur hydraulischen Leitfähigkeit mittels eines Permeameters sowie weitere Untersuchungen zur maximalen Adsorptions-Kapazität und -Kinetik durchgeführt.

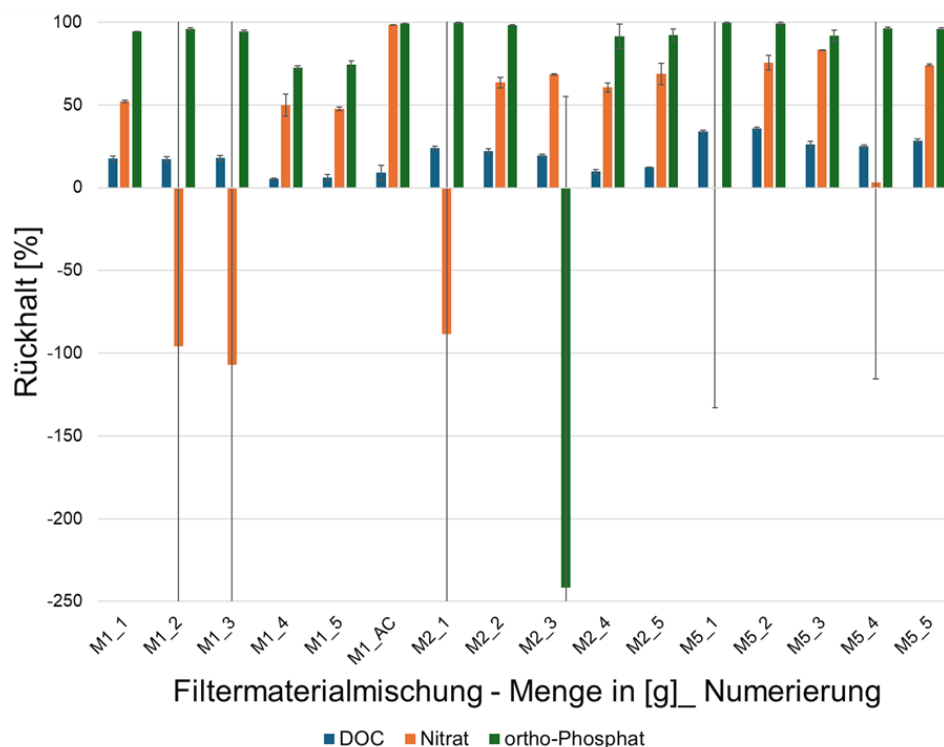


Abbildung 3: Nährstoff- und DOC-Rückhalt der verschiedenen Filtermaterialmischungen. Y-Achse: Rückhalt in Prozent. X-Achse: Filtermaterialmischung in Gramm + Mischungsnummer.

4 Finanzierung

Das Projekt „rain2energy“ wird dankenswerterweise durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. (FKZ: 03EN3045A-K)

5 Literaturverzeichnis

- Buyck, Pieter-Jan de; van Hulle, Stijn W. H.; Dumoulin, Ann; Rousseau, Diederik P. L. (2021): Roof runoff contamination: a review on pollutant nature, material leaching and deposition. In: *Rev Environ Sci Biotechnol* 20 (2), S. 549–606. DOI: 10.1007/s11157-021-09567-z.
- Eriksson, E.; Baun, A.; Scholes, L.; Ledin, A.; Ahlman, S.; Revitt, M. et al. (2007): Selected stormwater priority pollutants: a European perspective. In: *Science of The Total Environment* 383 (1-3), S. 41–51. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2007.05.028.
- Gasperi, J.; Sebastian, C.; Ruban, V.; Delamain, M.; Percot, S.; Wiest, L. et al. (2014): Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations, and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French

catchments. In: *Environ Sci Pollut Res* 21 (8), S. 5267–5281. DOI: 10.1007/s11356-013-2396-0.

Wicke, Daniel; Matzinger, Andreas; Sonnenberg, Hauke; Caradot, Nicolas; Schubert, Rabea-Luisa; Dick, Robert et al. (2021): Micropollutants in Urban Stormwater Runoff of Different Land Uses. In: *Water* 13 (9), S. 1312. DOI: 10.3390/w13091312.

Korrespondenz an:

Daniel Nieß
Am Coulombwall 3, 85748 Garching, Deutschland
Telefon: +49 (0)89 289 13780
E-Mail: daniel.niess@tum.de