

BEHANDLUNG VON REGENWASSER IM SIEDLUNGSRAUM

RÜCKHALT ORGANISCHER SPURENSTOFFE

In urbanen Gebieten kann abfließendes Regenwasser belastet sein, insbesondere auch mit gelösten organischen Spurenstoffen und Schwermetallen. Diese Substanzen werden von Gebäuden sowie Verkehrsflächen abgewaschen und können über Versickerungen in das Grundwasser gelangen. Mit einem neuen Adsorbersubstrat wurden Schwermetalle, organische Spurenstoffe und deren Transformationsprodukte aus dem Regenwasser so gut entfernt, dass sich damit neue Anwendungsbereiche für Schwammstadtkonzepte im urbanen Raum eröffnen.

Rudolf Töws; Franziska Steinweg, Funke Kunststoffe GmbH*

Daniel Wicke; Pascale Rouault, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Michael Burkhardt, OST – Ostschweizer Fachhochschule

RÉSUMÉ

TRAITEMENT DE L'EAU DE PLUIE DANS LES ZONES URBAINES

Afin d'éliminer les polluants dissouts des eaux pluviales urbaines, un concept a été développé qui consiste à concentrer les pollutions dans un petit volume de substrat et à utiliser ou évacuer l'eau de pluie nettoyée. Des tests en colonne ont été réalisés avec plusieurs matériaux et un cocktail de substances (biocides, métaux lourds) et le mélange optimal a fait l'objet d'analyses dans des filtres asséchés à écoulement vertical directement au niveau d'une source d'émission ou dans un petit bassin versant pendant une année. Le filtre à colonnes a été alimenté en eau d'écoulement d'une façade qui avait été préalablement recouverte d'un biocide (terbutryne) au début de l'étude. Le filtre pilote était raccordé à des parties de surfaces, telles qu'une façade recouverte de biocides (diuron, terbutryne), un toit en graviers avec un lé bitumeux (mécoprop), un toit en graviers avec une membrane d'étanchéité en EPDM (benzothiazole, zinc) ou encore des surfaces métalliques en zinc et cuivre. Les quantités d'alimentation et d'écoulement ont été saisies, les substances ont fait l'objet d'une analyse chimique et un bilan du rendement a été dressé. Le nouveau substrat de mélange présente un niveau de rétention des métaux lourds et composés traces organiques très élevé (supérieur à 90%) tant en laboratoire que dans les installations de filtration.

HINTERGRUND

Die Qualität von urbanem Regenwasserabfluss gewinnt für blau-grüne Infrastrukturen im Siedlungsraum an Bedeutung, weil anfallendes Regenwasser nach Möglichkeit verdunstet, genutzt oder versickert werden soll. Neben Massnahmen an der Quelle zur Reduzierung von Schadstoffemissionen stellt die Behandlung von belastetem Regenwasserabfluss einen zentralen Baustein der Regenwasserbewirtschaftung dar [1, 2]. Mittlere und hohe Belastungen erfordern meistens eine Behandlung mit Bodenpassage oder Adsorberanlagen. Die Behandlungsziele konzentrieren sich hauptsächlich auf klassische Schadstoffe des Verkehrs, wie ungelöste Stoffe (GUS/AFS), Schwermetalle und Mineralöle, und nur vereinzelt auf andere gelöste Schadstoffe. Seit einigen Jahren ist das Vorkommen von organischen Spurenstoffen im Regenabwasser in den Fokus gerückt. Das liegt vor allem an ihrer hohen ökotoxikologischen Relevanz, der Bildung von Transformationsprodukten und am Auftreten verschiedenster Stoffe in urbanen Oberflächengewässern oder im Grundwasser [3–7]. Transformationsprodukte entstehen aus organischen Ausgangsmolekülen meistens durch mikrobiellen Abbau oder unter dem Einfluss von Sonnenlicht (UV-Abbau).

* Kontakt: r.toews@funkegruppe.de

Eine besondere Herausforderung ist, solche Bruchstücke der Ausgangsstoffe in Boden oder Substrat zu binden, weil sie klein und vielfach polar geladen sind. Die Stoffeigenschaften lassen folglich eine hohe Mobilität erwarten. Hinzu kommt, dass Transformationsprodukte noch eine relevante Ökotoxizität und Langlebigkeit (Persistenz) aufweisen können. Verglichen mit Schwermetallen sind Spurenstoffe mobiler und vielfach toxischer. Daher sind sie von hoher Relevanz für die Wasserqualität.

Wie für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte gilt auch für jedes Transformationsprodukt im Grundwasser ein allgemeingültiger Grenzwert von 0,1 µg/l pro Stoff und 0,5 µg/l für die Summe der Wirkstoffe und Transformationsprodukte. Zwar ist der Grundwasserschutz in Abhängigkeit von den Schutzzonen unterschiedlich stark ausgeprägt, Verschmutzungen sollten aber auch im urbanen Raum trotz zunehmender Regenwasserversickerungen vermieden werden.

In Beschichtungen für Fassaden kommen Biozide wie Diuron, Terbutryn, OIT und DCOIT vor, in wurzelfesten Bitumendichtungsbahnen Mecoprop und MCPA, in Kautschukabdichtungen Benzothiazole und Zink. Bei Regenwetter werden diese sukzessive freigesetzt und gelangen so in die Umwelt [8-11]. Um zu verhindern, dass solche Stoffe durch Versickerung ins Grundwasser oder über die Regenkanalisation in Oberflächengewässer gelangen, werden auf innerstädtischen Flächen mit wenig Platz für Flächenversickerungen geeignete Substrate mit kompakten Anlagen benötigt. Dieser nachgeschaltete Ansatz ist ein weiterer Baustein zur Reduzierung der Umweltbelastung durch urbanen Regenwasserabfluss und zur nachhaltigen Umsetzung von Schwammstadt-konzepten bei belasteten Regenwasserabflüssen [12].

ENTWICKLUNG EINES ADSORBER-SUBSTRATS

Für den effektiven und zuverlässigen Rückhalt von partikulären Stoffen (GUS/AFS), Schwermetallen und gelösten organischen Spurenstoffen sowie deren Transformationsprodukten sollte ein universell einsetzbares Filtersubstrat mit hoher Wasserdurchlässigkeit (geringes Kolmationsrisiko) entwickelt werden. Basierend auf einer gründlichen Literaturrecherche zum Stand der Technik

Substanz	Herkunftsflächen und Bedeutung der Stoffe
Diuron	Biozid im Filmschutzmittel der Fassadenfarbe
Diuron-desmethyl (DesM-Diuron)	Transformationsprodukt von Diuron
Terbutryn	Biozid im Filmschutzmittel der Fassadenfarbe
Terbutryn-2-hydroxy (OH-Terbutryn)	Transformationsprodukt von Terbutryn
Terbutryn-desethyl (DesE-Terbutryn)	Transformationsprodukt von Terbutryn
Mecoprop (MCP)	Durchwurzelungsschutzmittel in der Bitumenbahn
Benzothiazol	Vulkanisationsbeschleuniger in der Kautschukbahn (EPDM)
Zink (gesamt, gelöst)	Abschwemmung von Zinkblech, Vernetzungsstoff in EPDM, Bestandteil in Zinkpyrithion und zur Stabilisierung der Verbindung
Kupfer (gesamt, gelöst)	Abschwemmung von Kupferblech

Tab. 1 Analytierte Substanzen und Transformationsprodukte und deren Herkunftsflächen bei der Pilotinstallation.

und Erfahrungswerten aus der Praxis wurden potenziell geeignete Materialien beschafft [13]. Im Labor wurden verschiedene Substratmischungen schrittweise getestet. Für die Mischung mit dem besten Rückhalt wurde die Leistungsfähigkeit unter realen Anwendungsbedingungen in Säulen an einer Gebäudefassade und in einem kleinen Einzugsgebiet bilanziert.

Die Schwermetalle Zink und Kupfer (gesamt, gelöst) wurden mittels ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma), die organischen Stoffe mit LC-MS/MS (Liquid-Chromatografie-Massenspektrometrie/Massenspektrometrie) analysiert.

Zusätzlich zu den Wirkstoffen Diuron und Terbutryn wurden im Feld auch deren Transformationsprodukte Diuron-desmethyl (DCPMU) sowie Hydroxy-Terbutryn und Desethyl-Terbutryn (M1) gemessen (Tab. 1).

SUBSTRATVERSUCHE IM LABOR

Anlehnend an die VSA-Leistungsprüfung wurden in einer Serie von Säulenversuchen (Materialfüllung: 200 mm Höhe, 85 mm Innendurchmesser) Wirkungsgrade für Biozidmischungen aus Mecoprop (MCP), Diuron, Terbutryn und DCOIT ermittelt [14]. Nach mehreren Entwicklungsschritten wurden zwei Mischungen im Vergleich zu Oberboden in fünf Säulenversuchen auf den Rückhalt von den Terbutryn, Diuron und MCP untersucht. In der besten Substratmischung wurde im Mittel über drei verschiedene Filtergeschwindigkeiten Terbutryn zu 83%, MCP zu 78% und Diuron zu 84% zurückgehalten. Mit zunehmender Wasserkontaktzeit nimmt der Stoffrückhalt zu. Im Oberboden hingegen lag der mittlere Rückhalt von Terbutryn nur bei 38% (Fig. 1).

Die vielversprechendste Mischung wurde im Mischungsverhältnis nochmals

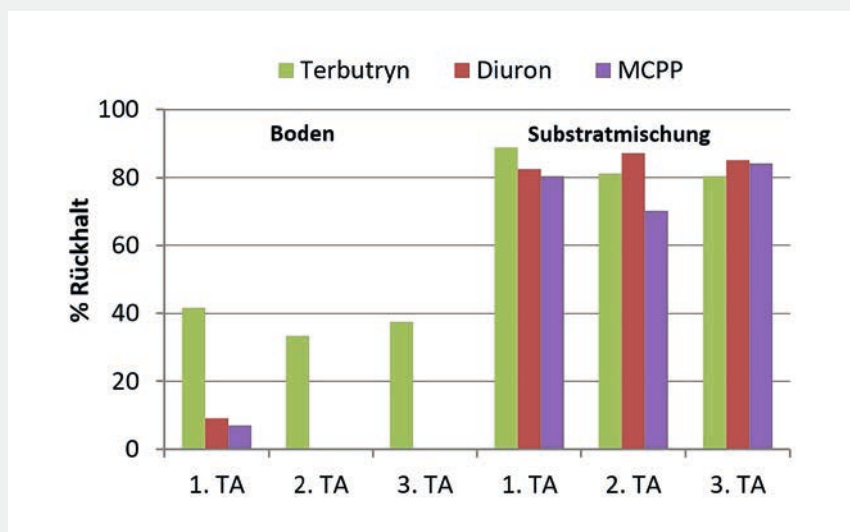


Fig. 1 Stoffrückhalt für die Zielmischung und Boden bei drei Filtergeschwindigkeiten gemäss VSA im Labor (TA=Teilabschnitt).

optimiert und in zehn weiteren Säulenversuchen auf den Rückhalt von MCP, Diuron und DCOIT analysiert. Mit dieser Substratmischung wurden mittlere Wirkungsgrade von 99% für DCOIT und Diuron sowie 90% für MCP erreicht.

Auf Grundlage des hohen Stoffrückhalts wurde die leistungsfähigste Mischung für eine Anwendung unter realen Anwendungsbedingungen im Feld ausgewählt.

STOFFRÜCKHALT AN DER QUELLE

Das optimierte Substrat wurde in zwei Filtern (Substrathöhe je 20 cm, Innendurchmesser je 8 cm) an Fassaden eingesetzt (Fig. 2, links). Zuvor wurden zwei nach Südwesten ausgerichtete Fassadenflächen (4 m hoch, 1,8 m breit) neu beschichtet (Putz und Farbe): Probefläche 1 mit Wirkstoff Terbutryn, Probefläche 2 mit OIT als Hauptwirkstoff.

Das Ablaufwasser der angeschlossenen Fassadenflächen wurde jeweils durch die abwärtsdurchströmten Substratfilter geleitet, ereignisbezogen aufgefangen und umgehend chemisch analysiert. Aus den Konzentrationen im Zu- und Ablauf des Filters wurden die Stoffeliminationen ermittelt. Die Filter waren trockenfallend. Das Verhältnis der Fassadenfläche (jeweils 7,2 m²) zum Filterquerschnitt (0,005 m²) betrug ~1500:1. Typischerweise gelangen an Fassaden nur < 1% des Jahresniederschlags zum Abfluss. Bezogen auf die beiden Versuchsflächen betrug der Anteil über die Versuchsdauer von ca. 1 Jahr aufgrund der windexponierten Lage der Versuchsflächen sogar ca. 7%. Damit lag ein Verhältnis

der Anschluss-/Versickerungsfläche von ca. 100:1 vor. Über die Versuchsdauer wurden der Niederschlag und der Fassadenabfluss erfasst.

Über den Versuchszeitraum von 13 Monaten emittierten von den Fassadenflächen bezogen auf die aufgebrauchte Menge 0,2% Terbutryn (8 mg/m²) und 10,5% OIT (27 mg/m²) in den Fassadenabfluss. Die Zulaufkonzentrationen zeigen in den ersten Monaten einen stetigen Konzentrationsrückgang, ausgehend von hohen Anfangskonzentrationen (Anfangsauswaschung). Nach einem anhaltend niedrigen Konzentrationsniveau in den Sommermonaten stiegen die Konzentrationen im Herbst wieder leicht an. Die geringeren Konzentrationen im Sommer deuten auf einen relevanten photolytischen Abbau der Wirkstoffe an der Oberfläche durch UV-Strahlung hin, wie dieser auch aus anderen Untersuchungen bekannt ist [3, 10]. Die Ablaufkonzentrationen des Filters (blaue Messpunkte) waren unabhängig von der Dynamik der Zulaufkonzentrationen (orangene Messpunkte) auf gleichbleibend niedrigem Niveau (Fig. 2, rechts: Terbutryn). Die Ergebnisse zeigen zudem, dass Terbutryn und OIT vom neu entwickelten Substrat sehr wirksam über den Untersuchungszeitraum von 13 Monaten zurückgehalten werden. So ergibt sich ein Frachtrückhalt von 94% für Terbutryn und von >98% für OIT.

Auf Grundlage dieser Resultate lassen sich nun für beliebig grosse und lange Fassadenflächen quellennahe Behandlungskonzepte vorschlagen, sofern das von Bauherren oder bewilligenden Behörden gewünscht wird.

BARRIEREKONZEPT IM EINZUGSGEBIET

VORGEHEN

Der Pilotfilter wurde in Berlin (Mai 2020) installiert und über den Zeitraum von 400 Tagen getestet. Aufgebaut und angeschlossen an den Filter wurden mehrere Flächenmaterialien, deren Freisetzung von Spurenstoffen in Regenwasserabfluss bekannt ist. Die Flächen wurden neu erstellt und setzten sich aus zwei Metallflächen (Kupfer 2,8 m², Zink 2,1 m², unbeschichtet), zwei Kiesdächern mit Bitumen- und EPDM-Dichtungsbahnen (je 5 m²) und einer biozidbeschichteten Fassade (150 m²) zusammen.

Die wurzelfeste Bitumenbahn enthielt den Wirkstoff MCP und die EPDM-Abdichtungsbahn die auswascherelevanten Stoffe Benzothiazol und Zink. MCP ist ein weit verbreitetes Durchwurzelungsschutzmittel in Bitumenbahnen und seit Jahrzehnten bekannt als Quelle von Gewässerbelastungen [9]. In wurzelfesten Bitumenbahnen wird neben MCP mittlerweile auch MCPA eingesetzt. Benzothiazol und Zink kommen als Vulkanisationsbeschleuniger und Vernetzer in EPDM-Bahnen vor. Je nach Vernetzungsgrad schwanken die Einsatzkonzentrationen. Die Fassade war vor Untersuchungsbeginn mit einer biozidhaltigen Farbe neu gestrichen worden, die die Wirkstoffe Diuron, Terbutryn und OIT enthielt.

Der Pilotfilter (Innendurchmesser 0,375 m, Substrathöhe 0,2 m, 22 Liter Substrat) war in einem Schacht unweit der Emissionsquellen unterirdisch installiert (Höhe 1,75 m) (Fig. 3).

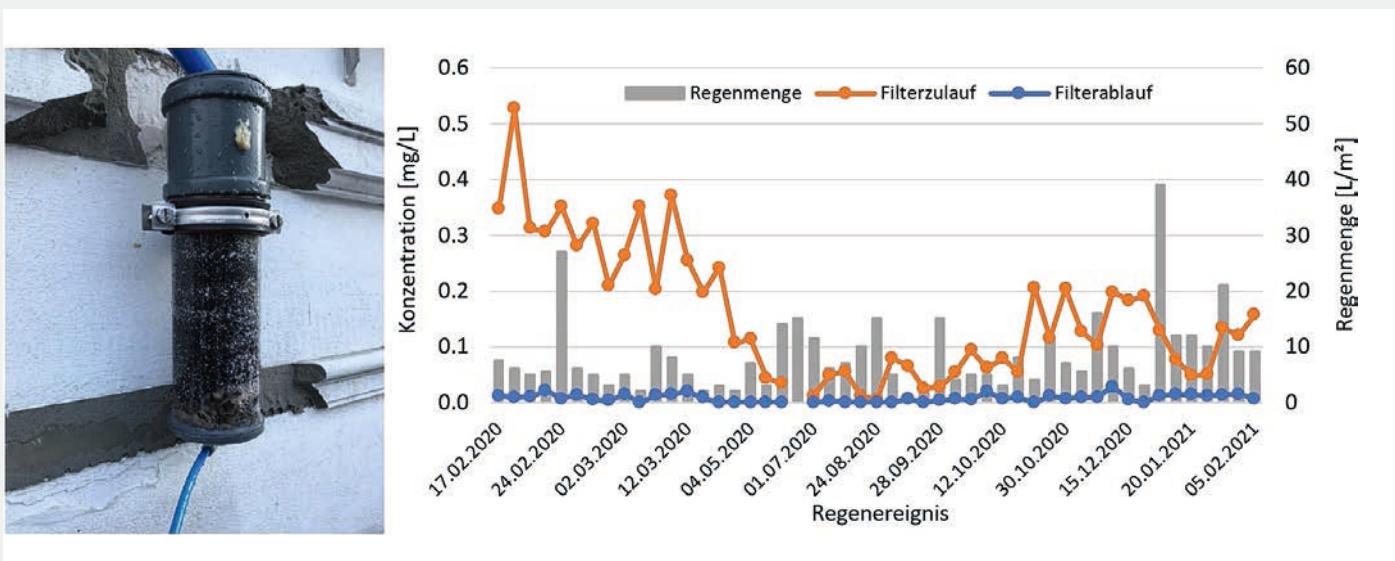


Fig. 2 Filterinstallation an der Gebäudefassade (links) und Stoffrückhalt von Terbutryn über die Versuchsdauer (rechts).



Fig. 3 Pilotfilter zur Regenwasserbehandlung am Standort Berlin. Links: Blick in den geöffneten Schacht, rechts: Aussenansicht des Schachtes mit angeschlossenen Flächen.

Die an den Pilotfilter angeschlossene Gesamtfläche umfasste 165 m², davon 15 m² horizontale und 150 m² vertikale Flächen. Der Fassadenabfluss gelangte über die Zink- und Kupferflächen sowie die Dachentwässerung ohne weitere Verdünnung direkt in das trockenfallend betriebene Adsorbersubstrat (Fig. 3, rechts). Das gereinigte Regenwasser versickerte über eine Rigole (10001) in den anstehenden Untergrund.

Zu- und Abflussmengen wurden erfasst, jeweils 0,5% volumenproportional in Mischproben (101, Glasflaschen) gesammelt und über die Versuchsdauer je 19 Proben vom Zu- und Abfluss des Filters auf die Zielsubstanzen chemisch analysiert (Tab. 1). Rund 90% des Regenwasserabflusses sind damit erfasst worden. Mit der Probenahme-strategie waren nicht nur ein grosses Spektrum unterschiedlicher Abflussmengen, sondern auch die jahreszeitlichen Schwankungen abgedeckt,

um Aussagen zum Schadstoffrückhalt des Substrats bei unterschiedlichen hydraulischen Belastungen zu treffen. Der Niederschlag wurde vor Ort fortlaufend erfasst (Regenmenge 561 mm).

ERGEBNISSE

Figur 4 zeigt die Zulaufkonzentrationen in den Filter. Die höchsten mittleren Konzentrationen wurden für Zink (2200 µg/l), gefolgt von Kupfer mit einer rund 10-mal geringeren mittleren Konzentration (220 µg/l) ermittelt. Bis zum Ende der Versuchsdauer waren die Konzentrationen der beiden Schwermetalle im Zulauf des Filters hoch, mit 1000–2000 µg/l Zink und 100–200 µg/l Kupfer (Fig. 5). Die gelösten Anteile lagen jeweils bei rund 50% der Gesamtkonzentrationen.

Bei den organischen Spurenstoffen lagen die mittleren Konzentrationen von Diuron und Mecoprop bei je rund 70 µg/l, gefolgt von Terbutryn und Benzothiazol

mit 7 und 4 µg/l. Die Spurenstoffe zeigten abnehmende Konzentrationshöhen über die Zeit (Fig. 5), beispielsweise im Zulauf 250 µg/l Diuron im ersten Monat und 20 µg/l nach zwölf Monaten. Diese zeitliche Abnahme korreliert mit der abnehmenden Auswaschung der Fassadenfarbe.

Die Konzentrationen der analysierten Transformationsprodukte DesM-Diuron, DesE-Terbutryn und OH-Terbutryn bewegen sich in einem ähnlichen Konzentrationsbereich wie die Wirkstoffe (Fig. 4). Sie gelangen folglich in relevanten Konzentrationen in den Fassadenabfluss und eine Regenwasserbehandlung sollte auch diese berücksichtigen [12, 13].

Für Mecoprop und Benzothiazol aus den Dichtungsbahnen bestätigte sich ebenfalls die abnehmende Auswaschung. Nach Anfangskonzentrationen von mehr als 400 µg/l Mecoprop sanken diese nach fünf Monaten auf weniger als 1 µg/l. Die rasche Abnahme weist darauf hin, dass vor allem zu Beginn Mecoprop von der Dachbahnoberfläche abgewaschen wurde und nicht aus dem Material diffundierte. Je nach Produkt ist die Höhe der Freisetzung rezepturbedingt sehr verschieden. Produkte können höhere oder geringere Stoffmengen über die Zeit der Exposition freisetzen [3].

Bezogen auf die Quellflächen wurden im Versuchszeitraum 3 mg/m² Diuron, 0,3 mg/m² Terbutryn, 60 mg/m² Mecoprop und 5 mg/m² Benzothiazol emittiert.

Der mittlere Stoffrückhalt, ermittelt aus der Summe der ereignisbezogenen Differenzen von Zu- und Abflussfrachten, erreicht

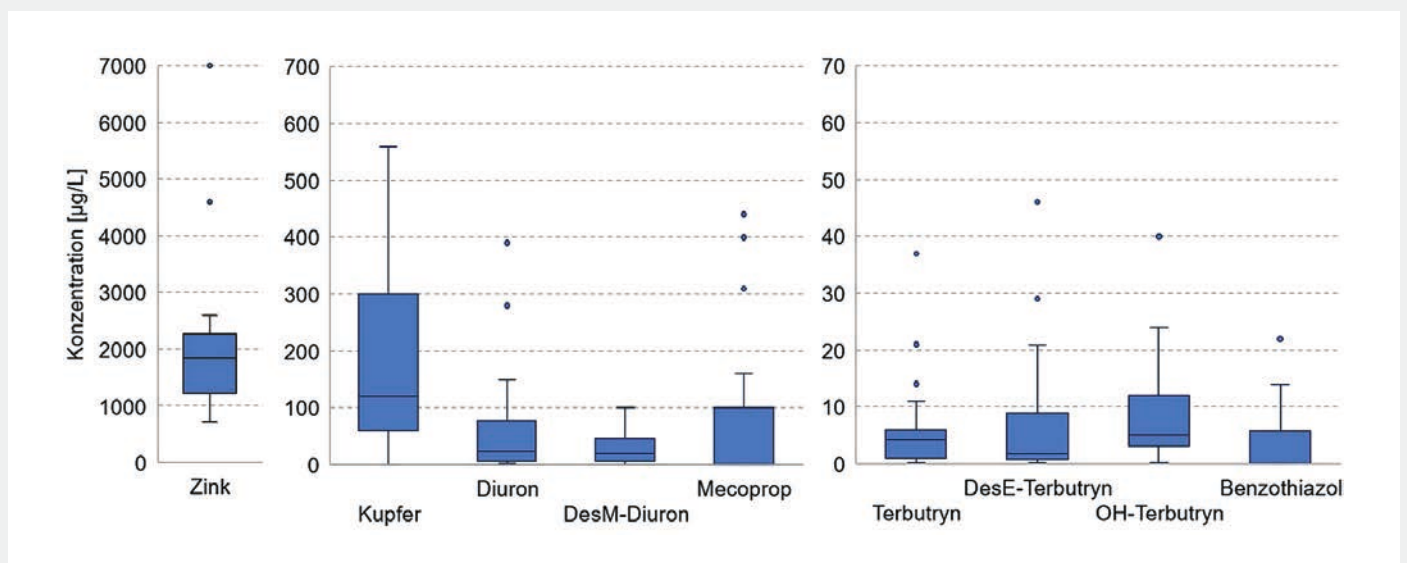


Fig. 4 Zulaufkonzentrationen für Zink, Kupfer, vier Spurenstoffe und drei Transformationsprodukte am Standort der Pilotinstallation in Berlin (n=19).

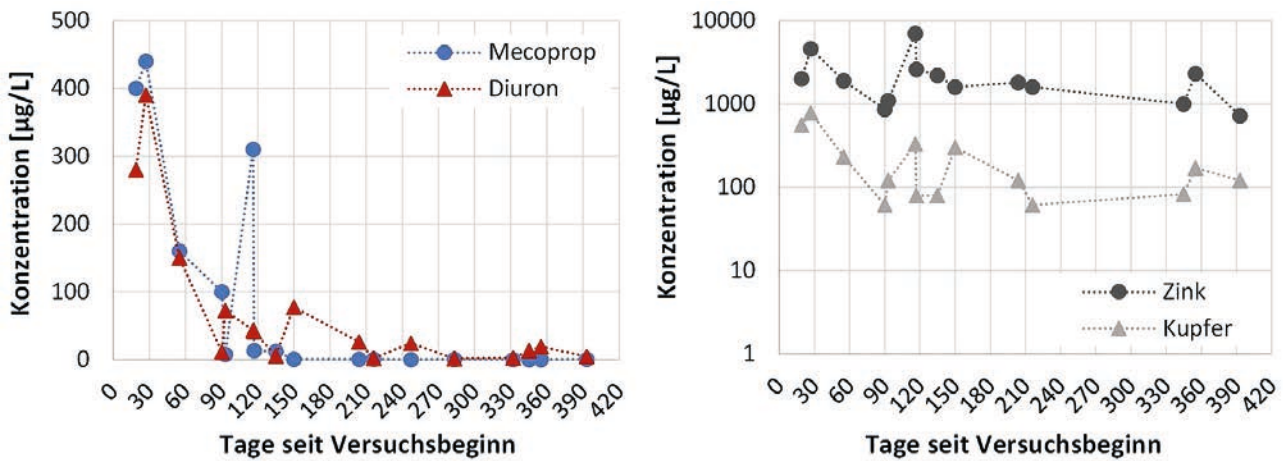


Fig. 5 Konzentrationen von Mecoprop und Diuron (links) sowie Zink und Kupfer (rechts, Konzentrationen mit log-Skala) im Zulauf zum Filter. Die gepunktete Linie dient einer besseren Lesbarkeit des Diagramms und repräsentiert keine Messwerte.

je >90% für die Schwermetalle und Spurenstoffe. Die Einzelstoffe und Transformationsprodukte zeigen eine Spannweite des Rückhalts von 85% für Mecoprop bis 97% für Diuron, Desmethyl-Diuron und Benzothiazol (Fig. 6). Im Beprobungszeitraum von 13 Monaten wurden durch die 22 Liter Substrat etwa 16 000 mg (1300 mg/kg) Zink, 1400 mg (120 mg/kg) Kupfer sowie 1100 mg (90 mg/kg) der analysierten Spurenstoffe zurückgehalten.

Bemerkenswert ist, dass die untersuchten Transformationsprodukte von Diuron und Terbutryn genauso gut aus dem Regenwasser entfernt wurden wie die Wirkstoffe, und dies über eine nur 20 cm lange Filterstrecke. Dies ist zudem der erstmalige experimentelle Nachweis für eine Regenwasserbehandlungsanlage, dass sich Transformationsprodukte wirksam

entfernen und Grundwasserbelastungen vermeiden lassen.

Für den gelösten Anteil der Metalle liegt der Rückhalt bei Kupfer etwas niedriger als für den Gesamtgehalt (85 vs. 90%), ist aber für Zink gleich hoch (je ca. 93%). Der Rückhalt der Schwermetalle beruht sowohl auf dem Rückhalt durch Filtration bzw. der Anlagerung des partikulären Anteils an der Oberfläche des Substrats, als auch der Adsorption der gelösten Metallfraktionen am Substrat. Weniger relevant war im Filter der Einfluss des pH-Werts auf die Schwermetallmobilität.

Figur 7 zeigt die Frachtreduktion für die Einzelereignisse über die Durchflussmenge bezogen auf das Bettvolumen. Die Variabilität des Stoffrückhalts ist ausserordentlich gering. Der Zusammen-

hang zeigt, dass der hohe Wirkungsgrad weitgehend unabhängig von den Zulaufkonzentrationen und der hydraulischen Belastung ist (Fig. 7).

Für MCPP variiert der Rückhalt am stärksten, beeinflusst durch stark schwankende Zulaufkonzentrationen (Fig. 5). Hohe MCPP-Frachten zu Beginn werden sehr effektiv zurückgehalten. Bei Zulaufkonzentrationen <1 µg/l, die nach mehr als 900 Bettvolumen auftraten, sinkt der prozentuelle Rückhalt. Hier spielt aber zusätzlich die analytische Genauigkeit hinein. Über die Versuchsdauer sinken die Ablaufkonzentrationen in den Bereich der Bestimmungsgrenze, entsprechend nimmt die Genauigkeit der Messungen ab, sodass der berechnete MCPP-Rückhalt weniger aussagekräftig wird. Der Rückhalt von Benzothiazol, Diuron, Terbutryn und den Transformationsprodukten liegt über die gesamte Untersuchungszeit mit mehr als 1500 Bettvolumen Betriebsdauer auf konstant hohem Niveau. Eine hohe Stoffelimination ist folglich sowohl bei hohen als auch bei geringen Zulaufmengen bzw. -konzentrationen überwiegend zu erwarten.

Das Filtersubstrat wurde im Untersuchungszeitraum mit knapp 11 m³ Regenwasser beschickt. Die Substratoberfläche betrug im Pilotversuch insgesamt ca. 0,11 m². Bezogen auf die angeschlossene Fläche von 15 m² Dachfläche (150 m² vertikale Fassadenfläche sind weniger abflusswirksam) ergibt sich ein Anschluss-Versickerungsverhältnis von ca. 150:1 bei einer Einstauhöhe von ca. 20 cm. Im Regelbetrieb kam es über den Bepro-

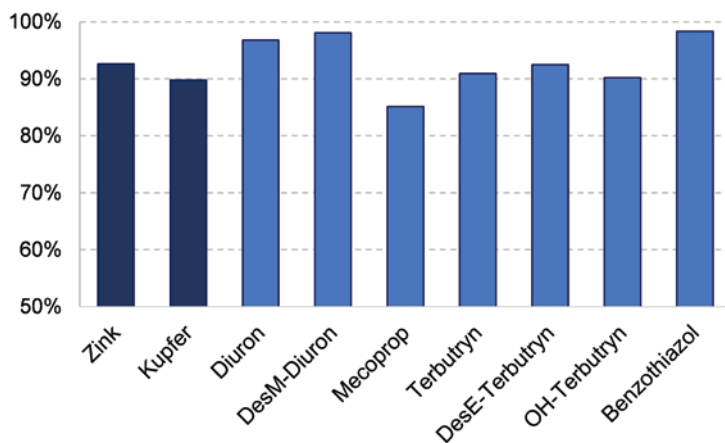


Fig. 6 Stoffrückhalt der Gesamtfracht über den Versuchszeitraum von 13 Monaten.

bungszeitraum zu keinem hydraulischen Versagen und auch zu keinem stofflichen Durchbruch.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Gesamtrückhalt aller untersuchten Schwermetalle und Spurenstoffe ist mit rund 90% im Labor, an der Fassade sowie im Einzugsgebiet mit einer Mischbelastung sehr hoch. Bemerkenswert ist auch, dass die untersuchten Transformationsprodukte der beiden Biozide Diuron und Terbutryn mit >90% gleich effektiv entfernt werden. Die Länge der Filterstrecke und das Anschluss-/Versickerungsflächenverhältnis bestimmen den effektiven Gesamtwirkungsgrad sowie die Standzeit der Anlage in der Praxis. Das neu entwickelte System mit einer Substratpassage ist sehr gut geeignet, die klassischen Schwermetalle und gewässerproblematische organische Spurenstoffe mit deren Transformationsprodukten zurückzuhalten. Die Stoffe können aus der Gebäudehülle (Dach, Fassade), dem Unterhalt von Plätzen und Wegen oder dem Verkehr stammen.

Der polare Wirkstoff MCPP (geringe Sorptionsfähigkeit), für den als einzigem Parameter ein schwankender Rückhalt beobachtet wurde, sollte – wie auch andere mobile und langlebige Stoffe – bevorzugt an der Quelle substituiert werden (z.B. auswaschfreie Bitumenbahnen). Selbst in Kläranlagen mit vierter Reinigungsstufe auf Aktivkohlebasis kann MCPP weniger gut als andere Spurenstoffe entfernt werden.

Die unspezifische und breit gefächerte Stoffelimination basiert auf einer ausgeklügelten Substratrezeptur und lässt sich zur Behandlung von Strassen-, Platz- und Wegabflüssen, Dach- und Fassadenabflüssen einsetzen. Besonders interessant dürfte der Einsatz in Rinnensystemen sein, weil sich diese als Barrieremaßnahmen mit Pflanzgruben in Schwammstadt-Konzepten kombinieren lassen. Damit stellt das System einen wichtigen Baustein für den Umgang mit belasteten Regenwasserabflüssen in der wassersensiblen Stadtentwicklung dar.

Das Projekt wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

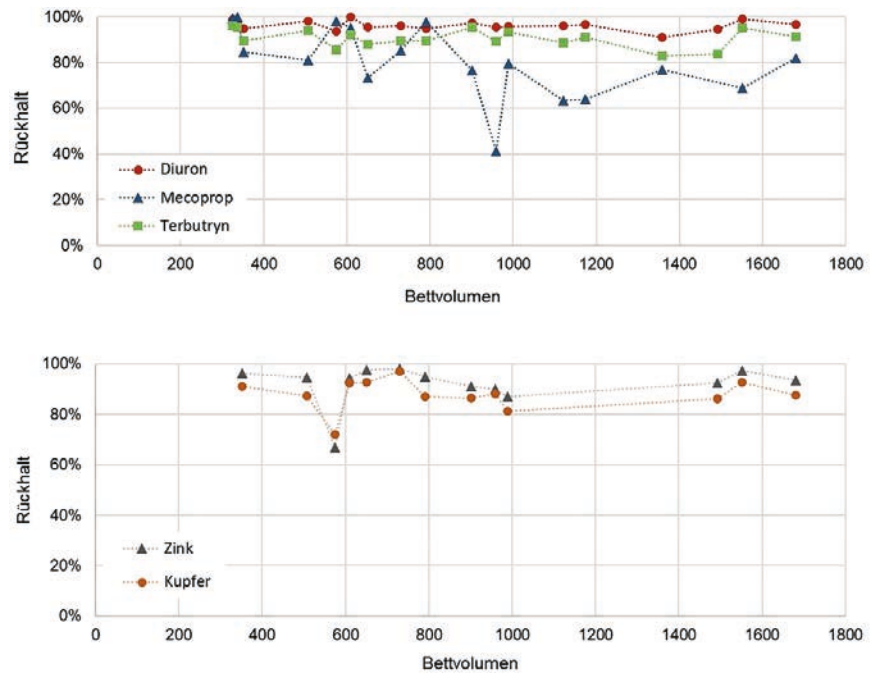


Fig. 7 Verlauf der Frachtreduktion der Einzelereignisse für Diuron, Mecoprop und Terbutryn (oben) und Zink und Kupfer (unten). Die gepunktete Linie dient einer besseren Lesbarkeit des Diagramms und repräsentiert keine Messwerte.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2020): Arbeitsblatt DWA-A 102-2 – Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen
- [2] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter
- [3] Wicke, D. et al. (2021): Bauen und Sanieren als Schadstoffquelle in der urbanen Umwelt. – Abschlussbericht. Texte 155/2021, Deutsches Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- [4] Wicke, D. et al. (2021): Micropollutants in urban stormwater runoff of different land uses. *Water* 13 (9):1312
- [5] Gasperi, J. et al. (2014): Micropollutants in urban stormwater: Occurrence, concentrations, and atmospheric contributions in three French catchments. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8):5267–5281
- [6] Lange, J. et al. (2017): Urbane Regenwasserversickerung als Eintragspfad für biozide Wirkstoffe in das Grundwasser? *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 2017, 4, 198–202
- [7] Steiner, M.; Gosse, P. (2022): Gelöste organische Mikroverunreinigungen im Strassenabwasser. Vorstudie, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
- [8] Burkhardt, M. et al. (2012): Leaching of biocides from façades under natural weather conditions. *Environmental Science and Technology*, 46(10): p. 5497–5503
- [9] Burkhardt, M. et al. (2008): Mecoprop in Bitumenbahnen – Auswaschung von Mecoprop aus Bitumenbahnen und Vorkommen im Regenabwasser. *Forschungsbericht, Bundesamt für Umwelt*, S. 28
- [10] Bollmann, U.E. et al. (2016) Leaching of Terbutryn and Its Photodegradation Products from Artificial Walls under Natural Weather Conditions. *Environmental Science and Technology* 50 (8): 4289–4295
- [11] Wicke, D. et al. (2022) Emissions from Building Materials – A Threat to the Environment? *Water* 14(3): 303
- [12] Burkhardt, M.; Kulli, B.; Saluz, A. (2022): Schwammstadt im Strassenraum – Herausforderungen und Lösungen für blau-grüne Massnahmen. *Aqua und Gas*, 10, 13–29
- [13] Burkhardt, M. et al. (2007): Behandlung von Regenwasser – Grosstechnische Erfahrung mit unterirdischer Retention und nachgeschaltetem Adsorberfilter. *Aqua und Gas*, 4, 78–85
- [14] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) (2019): VSA-Leistungsprüfung für Behandlungsanlagen, Merkblatt «Leistungsprüfung für Adsorbentmaterialien und dezentrale technische Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser»