

Feldstudie zur Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Regenwasserbehandlungsanlagen

S. Schmidt¹, M. Burkhardt^{1,*}, M. Gohl¹, A. Zenker² und M. Boller³

¹HSR Hochschule für Technik, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil, Schweiz

²FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Ecopreneurship, Gründenstrasse 40, 4132 Muttenz, Schweiz

³aQa.engineering, Grundackerstrasse 3a, 8304 Wallisellen, Schweiz

*Email des korrespondierenden Autors: michael.burkhardt@hsr.ch

Kurzfassung Das von bebauten oder befestigten Flächen abfliessende Niederschlagswasser gilt gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) der Schweiz in der Regel als nicht verschmutztes Abwasser. Verschiedene Studien haben aber gezeigt, dass Niederschlagswasser von Quartieren und Liegenschaften eine ganze Reihe organischer Schadstoffe umfassen kann. Je nach Empfindlichkeit des Bodens, des Grundwassers oder des Oberflächengewässers gilt dieses Niederschlagswasser als verschmutztes Abwasser und kann mit dezentralen Adsorberanlagen behandelt werden. Unklar ist aber, ob solche Anlagen die geforderte Ablaufqualität einhalten, wie lange die tatsächliche Standzeit und wie hoch der Aufwand des Betriebsunterhalts ist. Vor diesem Hintergrund wurden zwei verschiedene Adsorbermaterialien in einer Regenwasserbehandlungsanlage im Kanton Bern (Schweiz) getestet. Verglichen wurden vor allem die hydraulischen Parameter und der stoffliche Rückhalt.

Schlagwörter: Pestizide, Regenwasserbehandlungsanlage, Adsorber, Versickerung

1 REGENWASSERBELASTUNG UND -BEHANDLUNG

In den letzten Jahrzehnten ist das Auftreten von Mikroverunreinigungen in Gewässern zu einem weltweiten Problem geworden. Eine große Anzahl von organischen Spurenstoffen aus unterschiedlichen chemischen Gruppen und mit vielfältigen physikalisch-chemischen Eigenschaften wurden in Oberflächenwasser (Wittmer et al., 2014; Matzinger et al., 2015) und im Grundwasser (Awel, 2005; Hanke et al., 2007) nachgewiesen. Dazu gehören Pestizide, Industriechemikalien, Körperpflegemittel, Hormone sowie deren Transformationsprodukte. Das Auftreten von Mikroverunreinigungen in Gewässern beeinträchtigt aquatische Organismen und die Rohwasserqualität für die Trinkwassernutzung. Der Kläranlagenablauf wurde als Haupteintragsweg für Mikroverunreinigungen in Gewässer identifiziert (Kasprzyk-Hordern et al. 2009; Abegglen C., Siegrist H. 2012). Allerdings wird auch Niederschlagswasser als relevanter Eintragsweg für Spurenstoffe beschrieben (Boller et al., 1996; Clara et al., 2014; Wicke et al., 2015). Bei Dächern und Fassaden kann das abfliessende Niederschlagswasser den Boden, das Grundwasser oder Oberflächengewässer mit Schwermetallen (z.B. Kupfer, Zink) oder Bioziden beeinträchtigen (Boller et al., 2006; Burkhardt et al., 2011). Je nach Empfindlichkeit des Bodens, des Grundwassers oder des Oberflächengewässers gilt dieses Niederschlagswasser als behandlungsbedürftig. Bei klar lokalisierbaren Niederschlagsabläufen mit problematischen Stoffbelastungen lassen sich zur Behandlung dezentrale technische Adsorberanlagen einsetzen.

Aus diesem Grund haben Maßnahmen zur Behandlung von Regenwasserabflüssen aus Siedlungsgebieten mit technischen Adsorbern in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Heute werden auf dem Schweizer Markt zahlreiche Produkte zur Schwermetallentfernung aus Dach-, Fassaden- und Strassenabwasser erfolgreich verbaut. Problematisch ist aber, dass diese Anlagen in der Praxis nicht immer die Erwartungen an Ablaufwasserqualität, Betriebsunterhalt oder Standzeit erfüllen. Ausserdem werden nur wenige Anlagen für den Rückhalt von Pestiziden angeboten.

Vor diesem Hintergrund wurden, im Rahmen eines anwendungsorientierten Projekts zwei verschiedene Materialien in einer grosstechnischen Regenwasserretentions- und Versickerungsanlage in Ostermundigen (Kanton Bern, Schweiz) getestet und unter die hydraulischen und stofflichen Belastungsbedingungen verglichen.

2 FELDSTUDIE

Die unterirdische Pilotanlage (Abbildung 1, links) ist an ein 8.5 ha Einzugsgebiet, vor allem Wohnhäuser mit Wegen, Plätzen und Strassen, angeschlossen, davon sind 3.3 ha abflusswirksame Fläche. Aus dem Einzugsgebiet abfließendes Regenwasser gelangt über einen Schlammsammler (20 m³) in die Anlage. Im Schlammsammler wird die Zuflussmenge zur nachfolgenden Retention (700 m³) mittels Drucksonde und definierter Überfallkante kontinuierlich gemessen. Nach der Retentionsanlage gelangt das Wasser über einen Zwischenschacht, durch einen mechanischen Schieber gedrosselt, mit maximal 10 l/s auf eine Filterfläche. Im Zwischenschacht ist die Probenahme für den Zulauf der Adsorber installiert.

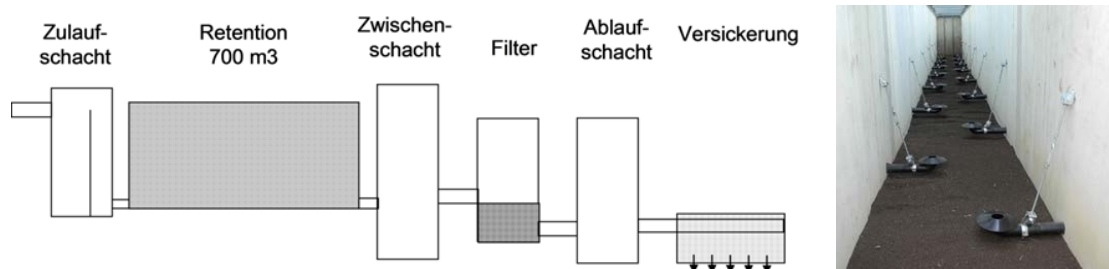


Abbildung 1: Links: Schema zur Regenwasserbehandlung im Kanton Bern (Schweiz); rechts: 18 m Filterstrecke mit Verteilstützen.

Die 20 m lange und 1 m breite Filterstrecke ist in 3 Teilbereiche aufgeteilt. Die Fläche Meter 1-18 (M1-18) ist mit dem Adsorbermaterial 1 (AD1) 40 cm hoch befüllt (Abbildung 1, rechts). Diese Fläche wird nicht beprobt und ist zum angrenzenden Meter 19 (M19) und Meter 20 (M20) hydraulisch getrennt. M19 und M20 sind mit zwei separaten Testsystemen (je 1 m Länge und 1 m Breite) ausgerüstet. M19 ist mit AD1 40 cm hoch und M20 mit Hochleistungs-Adsorber 2 (AD2) 10 cm gefüllt (Abbildung 2). Beide Testsysteme wurden separat beprobt, um den materialspezifischen Stoffrückhalt zu bilanzieren. AD1 ist eine marktübliche Adsorbiermischung, AD2 ist ein vollsynthetischer Adsorber, welcher in Kissen verpackt eingebaut wurde.



M20 einen Zufluss von 0.2 l/s. Ablaufproben setzen sich jeweils alle 0.4 m³ der Abflussmessung und die Anlagenleistung

Auf die Filterfläche M1-18 wird das Wasser über eine Ringleitung und Zulaufstutzen verteilt. Die Zulaufmengen von M19 und M20 werden über eine pneumatische Abflussregelung eingestellt und die Zulaufmenge mit einem MID kontinuierlich erfasst.

Sobald durch die benachbarte Wetterstation Niederschlag gemeldet und darauffolgend innerhalb von 15 min ein Zulauf zur Gesamtanlage von > 0.5 l/s detektiert wird, stellt die pneumatische Regelung von M19 und

Abbildung 2: Testflächen M19 und M20, während eines Regenereignisses

l/s ein. Die ereignisbezogenen aus 100 ml Teilproben zusammen, die Durchfluss entnommen wurden. Mit Hilfe abflussproportionalen Probenahme wurden abgeschätzt und Stoffbilanzen ermittelt.

Im Feld wurden die Trübung im Zu- und Ablauf sowie die elektrische Leitfähigkeit im Zulauf kontinuierlich im 1 min Takt online aufgezeichnet. Im Labor wurden die Pestizide Mecoprop, Terbutryn, Carbazim, Diuron und DEET mittels LC-MS/MS sowie die Schwermetalle Kupfer und Zink mit ICP-OES analysiert.

3 ERGEBNISSE

3.1 Hydraulische Belastung

Im Feldversuch wurde über die Versuchsdauer von 15 Monaten bei beiden Adsorbiermaterialien keine Verschlechterung der hydraulischen Leitfähigkeit bei der Beschickung von oben nach unten (0.2 l/s frei dränend) festgestellt. In Abbildung 3 sind der Niederschlag, der kumulierte Niederschlag, der Zufluss zur Regenwasserbehandlungsanlage sowie der kumulierte Zufluss dargestellt. Die Niederschlagsmenge von 750 mm entspricht in etwa dem kumulierten Zufluss bei einer ablaufwirksamen Fläche von 3.3 ha, wobei

der Abflussbeiwert zwischen 0.6 bis 1 schwankte. Zufluss zur Anlage ohne Niederschlag trat im Winter von Januar bis März aufgrund der Schneeschmelze auf. Dies verzögert auftretende Wasser wurde nicht beprobt, sondern über M1-18 geleitet.

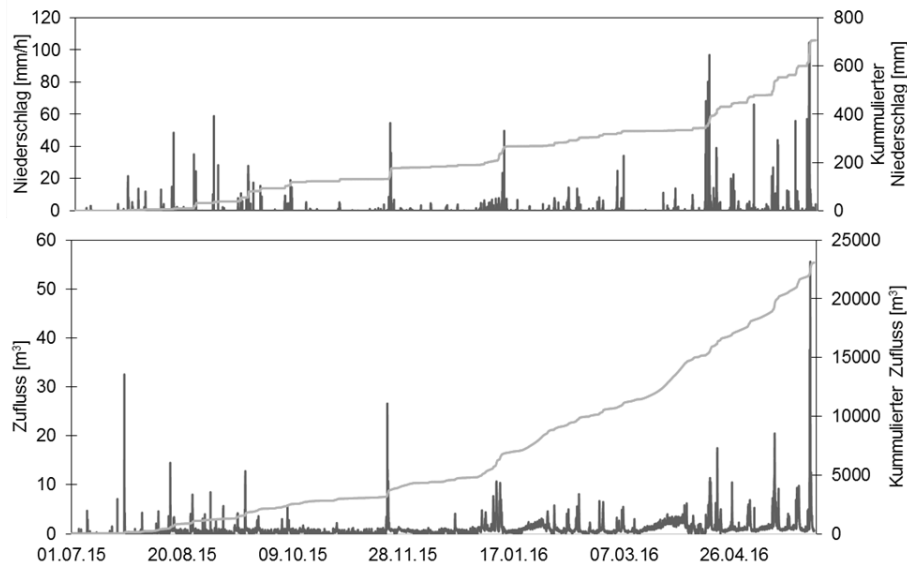


Abbildung 3: Niederschlag und Zuflussmenge zur Regenwasserbehandlungsanlage dargestellt über 10 Monate.

3.2 Physikalische Parameter

In Abbildung 4 sind Niederschlag, Trübung im Zu- und Ablauf von AD1 / AD2 sowie Leitfähigkeitsmessung im Zulauf exemplarisch für 3 Monate Versuchsdauer dargestellt. Bei Niederschlagsereignissen steigt nach dem Schlammfang bzw. im Zulauf zu den Adsorberflächen die Trübung schlagartig von 1 bis 5 FNU auf 30 bis 40 FNU an und die Leitfähigkeit sinkt um 50 bis 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dies sind charakteristische Eigenschaften des First-flush. Zu sehen ist ebenfalls, dass die Trübung über die Adsorbermaterialien um 80 % eliminiert worden ist. Die beiden Materialien halten ungelöste Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaft als Raumfilter zurück. Ausserdem lässt sich daraus folgern, dass das Material nicht selber Feinanteile freisetzt, die bei der Versickerung ins Grundwasser Probleme bereiten könnten.

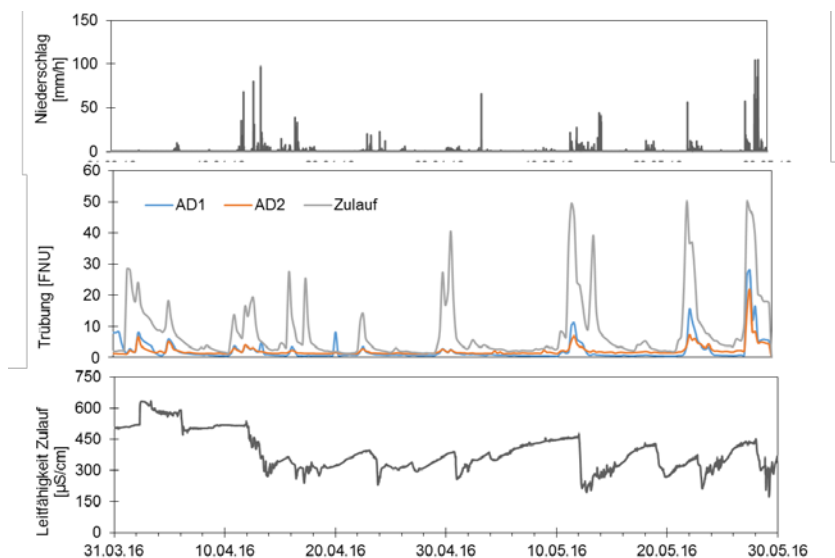


Abbildung 4: Messungen von Trübung, Leitfähigkeit und Niederschlag über einen Zeitraum von 2 Monaten.

3.3 Stofflicher Rückhalt

In Abbildung 5 sind die Zu- und Ablaufkonzentrationen für die fünf gemessenen Pestizide dargestellt. Auffällig sind die grossen Schwankungen, die auf die Art der Quellen und das weit verzweigte Trennsystem zurückzuführen sind. Nicht jedes Regenereignis mobilisiert die Stoffe aus Dach und Fassaden gleichermassen. Mecoprop weist deutlich die höchste Zulaufkonzentration (maximal 4.0 µg/l) und Abflusskonzentrationen (maximal 2.6 µg/l) auf, gefolgt von DEET (maximal 0.9 µg/l). Beide Substanzen weisen einen bekanntermassen geringen Rückhalt (schwache Adsorption) aufgrund ihrer Polarität und ihrem kleinem Kow auf. Umgekehrt liegen bei gut adsorbierenden Pestiziden nur geringe Konzentrationen im Ablaufwasser nach der Behandlung vor, die den Grenzwert für Grundwasser gemäss Schweizer Gewässerschutzverordnung (GSchV) von 0.1 µg/l unterschreiten.

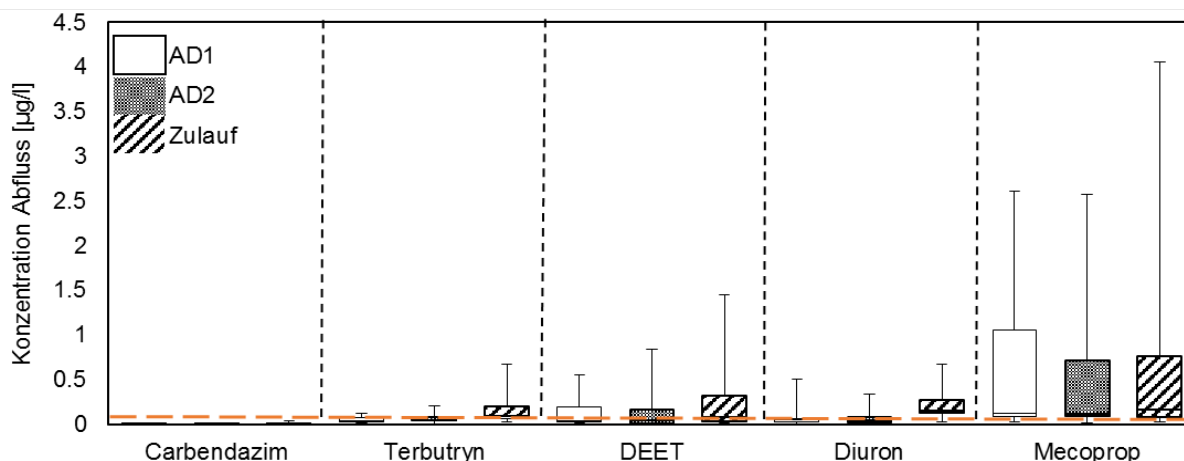


Abbildung 5: Boxplots der Zu- und Abflusskonzentrationen der fünf gemessenen Mikroverunreinigungen für AD1 und AD2 (n=17 Proben). Die rot gestrichelte Linie repräsentiert den Grenzwert von 0.1 g/l pro Pestizid für Grundwasser gemäss GSchV.

Die mittlere Eliminationsleistung beruht auf der Bilanzierung von 17 Proben für beide Adsorbermaterialien. Dabei schneidet das Marktprodukt AD1 sogar im Mittel 5-10 % besser ab als das Hochleistungsmaterial (Abbildung 6). Vermutlich kommt zum Tragen, dass von AD2 nur 10 cm Sickerstrecke realisiert wurden und Kurzschlussströmungen auftreten können. Beide Adsorber zeigen aber durchweg mit 70 – 80 % einen hohen Rückhalt für Carbendazim und Diuron (gut adsorbierende Pestizide) und mit 30 – 40 % deutlich schlechtere für die polaren Substanzen DEET und Mecoprop. Terbutryn liegt zwischen den beiden Gruppen.

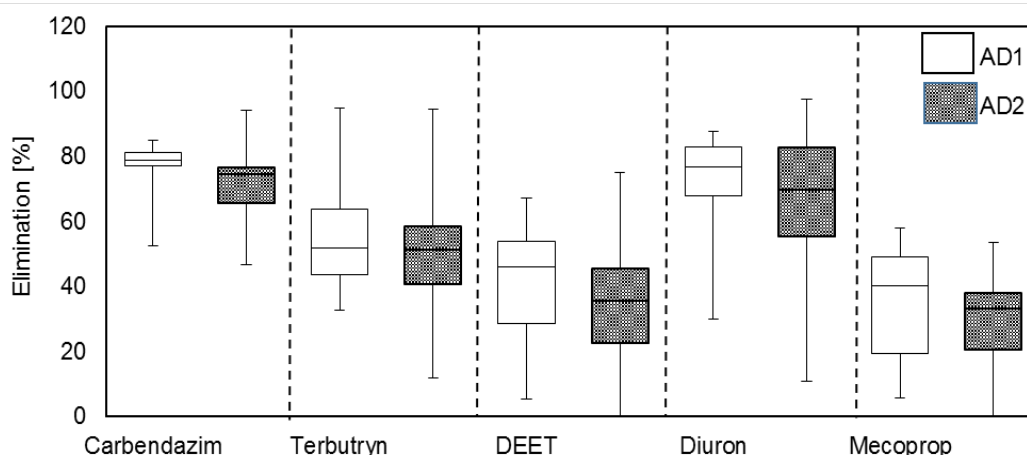


Abbildung 6: Boxplots der Eliminationsleistung der fünf gemessenen Mikroverunreinigungen für AD1 und AD2; n=17 Analysen.

4 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Beide getesteten Adsorbermaterialien zeigen vielversprechende Ergebnisse. Die hydraulische Leitfähigkeit nimmt trotz extremer Niederschlagsmengen sowie stetiger Zufuhr von ungelösten Stoffen (Trübung) über die Untersuchungsdauer nicht ab und kann daher als hydraulisch gut geeignet eingestuft werden. Die hohe Reduktion der Trübung um mindestens 80 % ermöglicht erst die nachfolgende technische Versickerung in den Untergrund.

Die Pestizide Carbendazim, Terbutryn und Diuron können mit der Behandlung so weit reduziert werden, dass die Konzentrationen unterhalb von 0.1 µg/l liegen. Mecoprop und DEET liegen teilweise darüber. Mecoprop wurde allerdings vom Schweizerischen Zentrum für Ökotoxikologie (2013) mit einer maximalen akzeptablen Konzentration von 187 µg/l beurteilt und liegt damit ausserhalb des toxikologisch relevanten Bereichs. Noch wichtiger ist aber, dass Mecoprop und DEET schlecht adsorbierbar sind und weit verbreitet in Gewässern vorkommen. Daher sollten bei diesen Stoffen weniger die end-of-pipe Massnahmen im Vordergrund stehen, sondern viel mehr der Fokus auf Massnahmen an der Quelle gelegt werden. So sind auswaschreduzierte Bitumenbahnen, in denen Mecoprop-Ester gegen die Durchwurzelung eingesetzt werden, auf Flachdächern die wirksamste Reduktionsmassnahme. Bei DEET, einem Repellent, ist das Vorkommen im Regenwasser nicht schlüssig. Gegenwärtig scheint der alleinige Eintragsweg über Mückenschutzmittel nicht die Regelmässigkeit des Auftretens zu erklären.

Der Einsatz künstlicher Adsorberanlagen zur zentralen Reinigung von Niederschlagsabwasser aus einer Wohnsiedlung hat die Eignung hinsichtlich Betriebssicherheit und Wirksamkeit im grosstechnischen Betrieb bestätigt. Die Entfernung der Trübung sowie die gute Reduktion der Pestizide durch derartige Adsorberanlagen können massgeblich zu einer Entlastung der Umwelt beitragen. In diesem Sinne soll auch das vorgesehene VSA-Testverfahren für Adsorbermaterialien und dezentrale Anlagen dazu dienen, vergleichbare Aussagen zu erhalten und schweizweit eine hohe Leistungsfähigkeit sicherzustellen.

5 DANKSAGUNG

Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU), die Gemeinde Ostermundigen, Watersys AG und aQa.engineering. Die Projektpartnerschaft verdeutlicht, dass sich das geplante Vorgehen an realen Bedürfnissen orientiert und stark lösungs- und umsetzungsorientiert ausgerichtet ist.

6 REFERENZEN

- Abegglen C., Siegrist H. 2012: Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr.1214: 210 S.
- Baudirektion des Kantons Zürich, AWEL (Juni 2005): Organische Spurenstoffe im Grundwasser des Limmattals – Ergebnisse der Untersuchungskampagne 2004, 37 s., mit Anhang.
- Boller and Häflinger, Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. Gas, Wasser, Abwasser GWA, pp. 3-15, 1996.
- Boller et al., Copper and zinc removal from roof runoff: from research to full scale adsorber systems. Water Science & Technology, vol. 3, no. 53, pp. 199 - 2007, 2006.
- Burkhardt et al., Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water Science & Technology, vol. 63, no. 9, pp. 1974-1981, 2011.
- Clara, M., Ertl, T., Giselbrecht, G., Gruber, G., Hofer, T., Humer, F., Kretschmer, F., Kolla, L., Scheffknecht, C., Weiß, S. und Windhofer, G. (2014). Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Österreich.
- Hanke I., Singer H., McArdell-Bürgisser C.S., Brennwald M., Traber D., Murali R., Herold T., Oechsli R. und Kipfer R. 2007: Arzneimittel und Pestizide im Grundwasser. Gas-Wasser-Abwasser 3/2007: s. 187–196
- Kasprzyk-Hordern B., Dinsdale R.M., Guwy A.J., The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters. *Water Research*, pp. 363-380, 2009
- Matzinger et. al., Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme. Kompetenzzentrum Wasser Berlin, 2015.
- Schweizerisches Zentrum für Ökotoxikologie, EQS - Vorschlag für: Mecoprop-p; 2013
- Wicke, D.; Matzinger, A.; Rouault, P., Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins. Kompetenzzentrum Wasser Berlin, Berlin, 2015.
- Wittmer, I. et al., Über 100 Pestizide in Fliessgewässern. Aqua&Gas, pp. 32-43, 2014.