

# Organische Schadstoffe in Regenwasserabflüssen und technische Behandlungsmaßnahmen

Michael Burkhardt<sup>1</sup>, János Bode<sup>1</sup>, Jean-Marc Stoll<sup>1</sup>, Markus Boller<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HSR Hochschule für Technik, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Oberseestraße 10, 8640 Rapperswil, Schweiz

<sup>2</sup> aQa.engineering, Grundackerstraße 3a, 8304 Wallisellen, Schweiz

**Kurzfassung:** Es ist bekannt, dass abfließendes Regenwasser mit zahlreichen Stoffen verschmutzt sein kann. Eine Belastung wird nicht mehr als Ausnahme erwartet. Maßnahmen an der Quelle, die die Emissionen reduzieren, zeigen nicht immer einen messbaren Erfolg. Für eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung wird daher eine wirksame Technologie zur Behandlung von Regenwasser gefordert, die die Belastung von Boden und Gewässern reduziert. Erste Resultate zeigen, dass es leistungsstarke technische Adsorbentmaterialien gibt, die die Eliminationsleistung von Boden für Pestizide weit übersteigt. Platzsparende Behandlungsanlagen mit sorptionsstarken Adsorbentern werden damit möglich.

**Key-Words:** Technische Adsorbent, Pestizide, Regenwasserbehandlung, Schwermetalle

## 1 Regenabwasserbehandlung

### 1.1 Belastete Regenwasserabflüsse

Der Gesetzgeber ging 1991 bei der Erstellung der Schweizer Gewässerschutzverordnung davon aus, dass oberflächlich abfließendes Regenwasser in der Regel nicht verschmutzt ist. Eine Belastung wurde eher als Ausnahme erwartet. Untersuchungen über die letzten zwei Jahrzehnte zeigen aber, dass Regenwasserabflüsse aus Siedlungsgebieten durchaus häufig verschmutzt sind (Abbildung 1). Zu den geläufigeren Belastungsparametern zählen Schwermetalle, polyzyklische aromatische Koh-

lenwasserstoffe (PAK) oder der Benzinzusatz Methyltertiär-butylether (MTBE). Vor allem diffuse Einträge von Schwermetallen aus dem Straßenverkehr und Metalloberflächen an Bauten sind bekannt [Wunderlin *et al.* 1999, Langbein *et al.* 2005]. Relativ neu ist, dass auch Biozide, Pflanzenschutzmittel, Flammenschutzmittel, Vulkanisationsbeschleuniger oder UV-Schutzmittel vorkommen können [Burkhardt *et al.* 2011]. Beispielsweise gelangen Biozide aus Gebäudefassaden mit dem Regen in Boden und Gewässer [Burkhardt *et al.* 2009]. Neben Pflanzenschutzmitteln werden im Liegenschaftsbereich hochproblematische Insektizide gegen unerwünschte Schadorganismen eingesetzt. Über andere weitere Verschmutzungsquellen in Siedlungsgebieten gibt es keine genaueren Informationen.



Abbildung 1: Direkte Einleitung von oberflächlich abfließendem Regenabwasser ohne vorherige Behandlung in ein kleines Fließgewässer.

## 1.2 Behandlungsgebot für schmutziges Regenwasser

Die Vollzugsbehörden der Schweizer Kantone zeigen sich besorgt, dass diese Problemstoffe unkontrolliert in die Umwelt gelangen, obwohl für verschmutztes Abwasser grundsätzlich ein Behandlungsgebot gilt (gemäß Art. 7 des Schweizer Gewässerschutzgesetzes). Als Stand der Technik gilt, dass Regenwasser je nach Belastungsklasse über bepflanzten und biologisch aktiven Oberboden, noch besser über eine Kombination von Ober- und Unterboden, oder gemäß VSA-Richtlinie über Böden mit bestimmter Zusammensetzung versickert werden soll [VSA 2002]. Die Behandlung soll eine Belastung des Grundwassers vor-

beugen. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass Böden entweder eine hohe Wasserleitfähigkeit und geringe Adsorptionskapazität aufweisen (sandige Böden, Substrate), oder die Beladungskapazität hoch und die hydraulische Leitfähigkeit gering (bindige Böden, Substrate) sind.

Anstelle von natürlichem Bodenmaterial werden künstliche Adsorbermaterialien als effizientere Möglichkeit der Regenwasserbehandlung vorgeschlagen. Boller & Häflinger hoben schon 1996 hervor, dass solche Materialien beim Schwermetallrückhalt neue Möglichkeiten eröffnen werden [Boller und Häflinger 1996]. Behandlungsanlagen mit künstlichen Adsorbermaterialien zeichnen sich durch ein definiertes Leistungsprofil, überschaubare Kosten und geringe Platzansprüche aus und machen diese für den Vollzug interessant. Knappe Flächenressourcen in Siedlungsräumen dürften die Nachfrage nach technischen Adsorbersystemen weiter erhöhen. Wie beispielsweise in der Gemeinde Ostermundigen BE, wo eine unterirdisch platzierte Behandlungsanlage mit technischem Filtermaterial und 700 m<sup>3</sup> Retentionsbecken errichtet wurde, auf der die oberirdische Fläche zukünftig noch anderweitig genutzt wird. Darüber hinaus ist die Anlage auch sicherer für die Bewohner des Quartiers, besonders für Kinder. Denn alternativ wäre ein grosses Versickerungsbecken gebaut worden, das zeitweilig mit Wasser gefüllt ist. In der Diskussion gilt es zu beachten, dass selbst die Abwasserreinigungsanlagen gegenwärtig nicht in der Lage sind, zahlreiche Pestizide umfassend zurückzuhalten. Dies gilt im besonderen Masse bei Regenwasserabfluss.

### **1.3 Bestehende Anlagen filtern nicht alle Schadstoffe**

Bisher verfügbare Adsorber sind nur für Schwermetalle und ausgewählte Kohlenwasserstoffe entwickelt worden. Dazu zählen Zeolithe, Bentonit und Eisenhydroxide. Am Beispiel von Metalloberflächen zeigt sich sehr schön, dass mit Kenntnis der emittierenden Quellen zielführende Behandlungsmassnahmen möglich wurden. Die Schweizer Richtlinie Regenwasserentsorgung verlangt bei Dächern mit erhöhten Anteilen an Metalloberflächen (z.B. Kupfer, Zink oder Blei) ein technisches Adsorbersystem [VSA 2002]. Hier hat sich künstliches Adsorbermaterial auf Basis von Eisenhydroxid bewährt [Steiner und Boller 2006]. Weitere Behandlungstechniken sind für Straßenabwasser definiert. Diese Festlegung ist praxisnah und stellt die von Behörden, Bauherren und Anlagen-

herstellern geforderte Eindeutigkeit für die Planung sowie Erfolgskontrolle dar.

Während also für entsprechend belastetes Straßen- und Dachabwasser technische Lösungen vorhanden sind, gibt es vor allem für zahlreiche organische Schadstoffe noch keine befriedigende Lösung. Dazu zählen beispielsweise organische Pestizide, zu denen wiederum die Pflanzenschutzmittel und Biozide gerechnet werden. Technisch erprobte und wirksame Regenwasserbehandlungsanlagen mit innovativen Barrierefiltern rücken daher in den Mittelpunkt eines nachhaltigen Boden- und Gewässerschutzes. Insbesondere im Bereich von Liegenschaften, wo zahlreiche organische Problemstoffe mit dem Regen abgewaschen werden, erscheinen technische Massnahmen vordringlich.

## **2 Innovative Adsorbertechnik entwickeln**

Im Rahmen eines Entwicklungsprojekts wird eine Adsorbertechnik zur Elimination von Pestiziden und Schwermetallen entwickelt. Dafür wird im Labor die Stoffelimination getestet (Abbildung 2) sowie unter realitätsnahen hydraulischen und stofflichen Belastungsbedingungen optimiert. Ziel ist es, mit einer geeigneten Adsorbertechnologie mehr als 90% der Schadstoffmischung zurückzuhalten. Hauptaugenmerk liegt auf den organischen Schadstoffen.

Als technisch geeignet im Sinne der Zielsetzung wird die Technologie befunden, wenn:

- Die ausgewählten anorganischen und organischen Zielverbindungen im Laborversuch effizienter als mit natürlichem Bodenmaterial eliminiert werden.
- Die hydraulische Leistung auch bei geringen Retentionsvolumina sichergestellt ist. Die abgeschätzte Standzeit, resultierend aus der Belastung des Regenwassers, der Adsorptionskapazität und der hydraulischen Leitfähigkeit der Anlage, rund 3 bis 5 Jahre erreichen dürfte.

- Die Voraussetzungen für den störungsfreien Betrieb von entsprechenden Anlagen bekannt sind.



Abbildung 2: Adsorbentmaterialien im Laborversuch (Sorptionsversuch im Überkopfschüttler). Anschließend werden mit den besten Materialien Kolonnenversuche durchgeführt.

Zu den für die Adsorberversuche ausgewählten Substanzen zählen zwölf Pestizide, z.B. Metamitron, Bromacil, Terbutryn, Mecoprop und Diuron, und die zwei Schwermetalle Kupfer und Zink. Die Pestizide decken ein Spektrum von Wasser/Octanol-Verteilungskoeffizienten zwischen 0,8 und 4,0 und Wasserlöslichkeiten zwischen 7 und 7000 Milligramm pro Liter ab. Die Zielverbindungen sollen in jedem Fall effizienter als mit natürlichem Bodenmaterial entfernt werden. Durch Vermischen und Schichten der mehr als 30 Adsorptionsmaterialien wird die hydraulische Leistung soweit verbessert, dass trotz guten Durchströmens mit kurzer Kontaktzeit ein hoher Rückhalt der Stoffe sichergestellt ist. Genau diese gegenläufigen Anforderungen stellen die technische Herausforderung dar. Bei der Gesamtbeurteilung der Materialmischungen werden auch die Kosten für Einbau, Unterhalt und Entsorgung berücksichtigt. Die Entwicklung von einer solchen Anlagentechnik für Regenwasserbehandlungsanlagen stellt die Grundlage für neue Optionen im Boden- und Gewässerschutz dar.

### 3 Erste Resultate

Die bisher vorliegenden Resultate deuten an, dass Pestizide an Böden vergleichsweise schwach binden und die Böden geringe Beladungskapazitäten aufweisen. Ganz anders dagegen die technischen Materialien, die im Labor teilweise Kapazitäten von mehr als 100 Gramm Pestizide pro Kilogramm Adsorber aufweisen und >90% der eingesetzten Pestizide eliminieren (Abbildung 3). Für platzsparende Hochleistungsadsorbersysteme sind solche Kennwerte ausgezeichnete Voraussetzungen für eine lange Lebensdauer. Dagegen weist versickerungsfähiger Boden, wie er typischerweise in Strassenabwasserbehandlungsanlagen eingesetzt wird, nur eine Elimination von im Mittel 10% auf (Abb. 3: BO6).

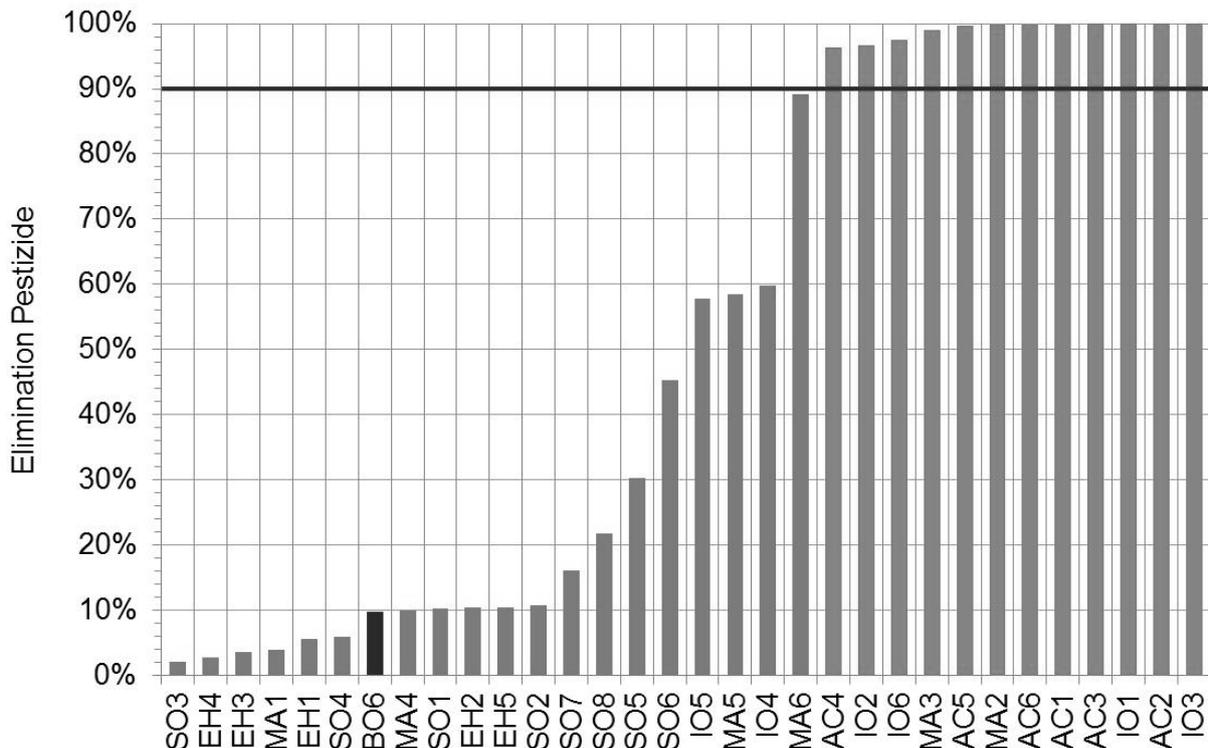


Abbildung 3: Elimination von 12 Pestiziden mittels Adsorbermaterialien und Boden (BO6). Einige technische Materialien zeigen eine außerordentlich hohe Leistungsfähigkeit und erreichen im Mittel >90% Elimination für alle Pestizide, dagegen ein typischer Boden für Versickerungsanlagen nur 10%.

Eisenhydroxid, welches für die gelösten Schwermetalle Kupfer und Zink geprüft wurde, ist für Pestizide wie erwartet nicht geeignet (Abb. 3: EH1-5). Hierfür braucht es andere hochwirksame Materialien. Dazu zählt ne-

ben Aktivkohle beispielsweise mikroporöses Adsorberharz. Dessen Elimination mit mehr als 99,9% erstreckt sich sowohl auf unpolare als auch polare Pestizide. Mit einem geeigneten Regenerationsmittel lässt sich die Leistungsfähigkeit einiger solcher Materialien sogar wiederherstellen. Für Schwermetalle und Pestizide zusammen betrachtet bieten vor allem Materialmischungen die höchsten Beladungskapazitäten.

#### **4 Welchen weiteren Nutzen?**

Den erwarteten Referenzdatensatz zum Sorptionsverhalten von fast 40 Adsorbentien und Böden können die beteiligten Kantone und Gemeinden nutzen, um in Bauvorhaben vorgeschlagene Behandlungsanlagen hinsichtlich deren Eliminationsleistung zu vergleichen oder für neue Materialien ähnliche Tests zu verlangen. Die erarbeiteten Kenntnisse sind auch geeignet, bestehende Richtlinien und Verordnungen durch neue Empfehlungen für die Massnahmenplanung zu ergänzen. Die beteiligten Hersteller werden zudem in die Lage versetzt, die besten Materialien weiter zu entwickeln und wirtschaftliche Lösungen anbieten zu können.

#### **5 Danksagung und Unterstützung**

Das Projekt «Entwicklung einer Technologie zur Entfernung von Pestiziden aus Regenwasserabflüssen (ADREG)» wird gefördert durch das Schweizer Bundesamt für Umwelt (Umwelttechnologieförderung), die Kantone Aargau, Bern, Fribourg, Genf, Solothurn, Thurgau und Zürich, sowie die Gemeinden Ostermundigen/BE und Lyss/BE. Unterstützung leisten ferner die Firmen Watersys AG und CREABETON BAUSTOFF AG (MÜLLER-STEINAG Baustoff AG), beide Schweiz, und Funke Kunststoffe GmbH, Deutschland. Beratend beteiligt sind die Ingenieurbüros wst21, Zürich, und aQa.egineering, Wallisellen.

## Literatur

- Boller und Häflinger (1996). Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. Gas, Wasser Abwasser GWA, S. 3–15.
- Burkhardt et al. (2009). Biozide in Gebäudefassaden – ökotoxikologische Effekte, Auswaschung und Belastungsabschätzung für Gewässer. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung (UWSF), 21, 1, S. 36–47.
- Burkhardt et al. (2011). Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water Science & Technology, 63, 9, S. 1974–1981.
- Langbein et al. (2005). Wasser- und Materialflüsse bei der Entwässerung von Metall-, Ziegel-, Kies- und Gründächern. Bericht, Eawag, Dübendorf.
- Steiner und Boller (2006). Copper and zinc removal from roof runoff: from research to full-scale adsorber systems. Water Science & Technology, 53, 3, S. 199–207.
- VSA (2002). Regenwasserentsorgung – Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Zürich.
- Wunderlin et al. (1999). Emissionsfaktoren ausgewählter nichtlimitierter Schadstoffe im Strassenverkehr. SRU Nr. 255, Bundesamt für Umwelt, Bern.

## Korrespondenz an:

### Michael Burkhardt

HSR Hochschule für Technik

Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC)

Oberseestraße 10,

CH-8640 Rapperswil

Tel: +41 55 222 48 70

Email: michael.burkhardt@hsr.ch