

## Schadstoffrückhalt von Pflanzsubstraten im Straßenraum

M. Burkhardt, M. Patrick, A. Englert

OST – Ostschweizer Fachhochschule, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Oberseestraße 10, 8640 Rapperswil, Schweiz

**Kurzfassung:** Pflanzsubstrate kommen in Baumgruben entlang von Straßen zunehmend zum Einsatz, um der Bepflanzung optimale Standortbedingungen zu bieten. Substrate für die Straßenabwasserbehandlung (z.B. Boden, Sand-/Kiesfilter) dienen der schnellen Wasserableitung und -behandlung. In Säulentests wurde nachgewiesen, dass drei untersuchte Pflanzsubstrate einen eher geringen Rückhalt für gelöste Schadstoffe aufweisen, wenn der Feinkornanteil gering ist. Kompostierte Pflanzenkohle scheint dahingehend positiv zu wirken. Substrate für die Behandlung von Straßenabwasser und Oberboden sind sehr gut im Rückhalt von Schwermetallen, jedoch ebenfalls schwach beim Rückhalt von organischen Spurenstoffen, mit Ausnahme eines Oberboden-Sandgemischs. Sollen insbesondere Spurenstoffeinträge in die Gewässer vermieden werden, sind vermutlich Anpassungen in der Planung vorzusehen. Zudem ist bei einer effektiven Risikobetrachtung auch der Gesamtaufbau zu berücksichtigen.

**Key-Words:** Straßenabwasser, Pflanzsubstrate, Adsorbentmaterialien, Baumrigolen, organische Spurenstoffe, Gewässerschutz

### 1 Hintergrund

Der städtische Raum soll mit Schwammstadt-Elementen gegen die zunehmende Hitze und Starkregenereignisse vorbereitet werden. Aufgrund der konkurrierenden Flächenansprüche besteht ein hoher Druck auf Freiflächen. Natürliche Böden fehlen, sind anthropogen überprägt oder belastet. Deshalb werden in Pflanzgruben spezielle Substrate eingesetzt, die sich aus mineralischen Gerüstmaterialien und organischen Komponenten (z.B. Kompost) zusammensetzen.

Die Pflanzsubstrate halten Niederschlagswasser zurück, leiten es durch die Grobporen rasch ab, und bieten den Pflanzen einen Wurzelraum. Eingebaut werden die grobkörnigen, strukturstabilen Pflanzsubstrate schichtweise verdichtet in Pflanzgruben. Substrate in Anlagen zur Straßenabwasserbehandlung können in der Schweiz reiner Sand, Sand-Kiesgemische oder mit Sand gemagerte natürliche Böden sein. Eine wesentliche Gemeinsamkeit aller Substrate stellt die hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit dar. In älteren Straßenabwasserbehandlungsanlagen wurden auch natürliche Böden eingesetzt. Diese weisen aber eine deutlich geringere Wasserleitfähigkeit aus.

Mit dem Straßenabwasser gelangen auch Schadstoffe in die Pflanzgruben. Aus Untersuchungen von Straßenabwasserbehandlungsanlagen ist bekannt, dass sich eine Filterschicht aufbaut, die die Schwermetalle gut zurückhält. Der hohe Rückhalt ist auch darauf zurückzuführen, dass mehr als 50 % der Schwermetalle an Partikeln gebunden vorliegen und diese herausgefiltert werden. Die partikulären Stoffe dürften durch Pflanzsubstrate deshalb ebenfalls mittels Filtration aus dem versickernden Niederschlagswasser entfernt werden. Zu den partikulären Stoffen gehören auch Reifenabrieb oder anderes Mikroplastik. Völlig unklar ist aber das Verhalten von organischen Spurenstoffen (in CH: Mikroverunreinigungen), die im

Straßenabwasser vorkommen können (z.B. 6PPD-Quinon, 2-Mercaptobenzothiazol und Benzothiazol aus Reifenabrieb). Welche Relevanz diese Stoffgruppe im Straßenabwasser und für den Grundwasserschutz effektiv darstellen, ist ebenfalls noch offen.

In Bezug auf den Grundwasserschutz sind Pflanzsubstrate kritisch zu beurteilen. Als Substratkomponenten werden zudem teilweise rezyklierte Bestandteile eingesetzt, welche Schadstoffe freigegeben könnten. Die heutigen Baumrigolen-Systeme sind auch nicht auf einen Schadstoffrückhalt ausgelegt. Die Eignung für mittlere und hohe Belastungen in Straßenabwässern ist daher zu klären.

In welchem Masse Substrate wassermobilisierbare Stoffe enthalten und wie gut Substrate partikuläre Stoffe sowie gelöste Schadstoffe zurückhalten, ist im Sinne des Grundwasserschutzes zu klären. Damit die Resultate vergleichbar sind, wäre ein standardisierter Versuchsablauf vorteilhaft.

## 2 Ziel

Drei Pflanzsubstrate und vier Substrate zur Straßenabwasserbehandlung wurden mit dem Ziel untersucht, den Rückhalt von gelösten Schadstoffen zu erfassen. Ein Säulentest diente dazu, reproduzierbare Ergebnisse zu erarbeiten und damit eine gemeinsame Datenbasis für nachfolgende Fragestellungen bereitzustellen.

Im Schweizer Merkblatt für Adsorberanlagen sind ein Säulentest zur Bestimmung des Rückhalts gelöster Schadstoffe durch Adsorbentmaterialien sowie ein Bewertungsschema für die Ergebnisse beschrieben, der nun für Substrate erstmals verwendet wurde (VSA, 2023). Die empfohlenen Säulenlänge umfasst 15 cm und der Durchfluss erfolgt unter gesättigten Bedingungen von unten nach oben. Im Säulentest sind drei Wasserkontaktzeiten (Durchströmungsgeschwindigkeiten), zwei Schwermetalle (Kupfer, Zink) und zwei Pestizide (Diuron, Mecoprop), sowie die Remobilisierung durch Tausalz berücksichtigt. Die Pestizide dienen als Leitsubstanzen für organische Spurenstoffe unterschiedlicher physikochemischer Eigenschaften. Diuron dient beispielsweise als Leitsubstanz für unpolare Stoffe mit ähnlichem Bindungsverhalten und kommt auch verbreitet im urbanen Niederschlagswasser als Biozid vor.

## 3 Vorgehen

In der Stadt Zürich werden zwei nichtüberbaubare Baumsubstrate (A1, A2) sowie ein überbaubares Baumsubstrat (B) eingesetzt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Tabelle 1). Sie enthalten eine Mischung aus Mischgestein/-schotter, Blähschiefer, Bruchsand, kompostierte EBC-Pflanzenkohle und Land- oder Schwarzerde.



Abbildung 37: Drei Pflanzsubstrate, die in der Stadt Zürich für Baumrigolen eingesetzt und im Labor auf deren Schadstoffrückhaltevermögen untersucht wurden. Von links nach rechts: A1, A1 und B (vergleichbar mit Stockholm-Substrat).

Der zugesetzte Blähschiefer und die Pflanzenkohle verbessern die Wasserhaltekapazität und Nährstoffzufuhr für die Bäume. Darüber hinaus sorgen die Land- und Schwarzerde, allenfalls die kompostierte Pflanzenkohle, für eine Bindungskapazität. Substrate A1 und A2 unterscheiden sich nur durch die Größe des Schotter. Das überbaubare Substrat B hingegen weist 60 % Steinanteil, den höchsten Pflanzenkohleanteil und einen Anteil an Schwarzerde auf (Tabelle 1).

Tabelle 15: Zusammensetzungen der drei Pflanzsubstrate von Zürich (GSZ, Merkblatt Baumgrube 1000-M-003).

Material	Substrat A1	Substrat A2	Substrat B
Mischgestein 64/125	-	-	30%
Mischgestein 32/64	-	-	30%
Mischgesteinsschotter 16/32	40%	-	-
Mischgesteinsschotter 8/16	-	45%	-
Bruchsand 1/4	10%	5%	10%
Blähschiefer 8/16	25%	30%	15%
EBC-Pflanzenkohle konditioniert mit z.B. Komposttee oder gleichwertig	5%	5%	10%
Landerde	10%	15%	-
Schwarzerde	-	-	5%

Von vier Standorten, an denen Straßenwasser versickert und behandelt wird, wurden weitere Substrate beprobt und gleichartig untersucht wie die Pflanzsubstrate. Dabei handelt es sich um Materialien aus zwei Straßenwasserbehandlungsanlagen (SABA Bülach West mit Sand-/Kiesfilter, SABA Egg mit sandigem Boden), einem Autobahnbankett (Kies-/Sand-Gemisch mit erhöhtem Mittelsandanteil) und einem Mulden-Rigolen-System (Oberboden-Sandgemisch).

Bei den SABAs und dem Mulde-Rigolen-System wurden ungestörte Proben für den VSA-Säulenversuch entnommen. Die vier anderen Substrate wurden homogenisiert in den Säulen eingebaut, wobei Baumsubstrat B vorgängig auf < 32 mm abgesiebt und an den Steinen anhaftender Feinanteil mit einer Bürste abgewischt wurde. Damit fehlen 60 bis 80 % Massenanteil im Substrat B, bzw. die Feinanteile mit der Pflanzenkohle und Schwarzerde treten überproportional stark auf.

## 4 Ergebnisse

Die vier Stoffe werden von den Pflanzsubstraten A1, A2 und B stoffspezifisch und in Abhängigkeit zur Kontaktzeit (Fließgeschwindigkeit) zurückgehalten (Abbildung 2).

Kupfer wird besser eliminiert als Zink, möglicherweise aufgrund von pH- und Löslichkeitseffekten, und Diuron stets besser als Mecoprop, was auf die Unterschiede in der Polarität der beiden Stoffe zurückzuführen ist.

Insbesondere fällt auf, dass bei geringerer Fließgeschwindigkeit die Elimination aufgrund der längeren Kontaktzeit höher ist. Dies ist deutlich sichtbar bei den verschiedenen Tests für Substrat A1 und A2. Zum Beispiel betrug die Elimination von Kupfer in Substrat A2 im Test 1 (Fließgeschwindigkeit 8.95 m/h) ca. 38 %, gefolgt von 48 % in Test 2 (2.15 m/h) und 63 % in

Test 3 (0.98 m/h). In der Realität ist die höchste Geschwindigkeit aufgrund der Anschluss-/Versickerungsflächenverhältnisse und der Sieblinien der Pflanzsubstrate eher nicht zu erwarten.

Die Elimination im Pflanzsubstrat B war mit mehr als 95 % für alle vier Stoffe deutlich höher als bei den beiden anderen Substraten (A1, A2). Dabei gilt es zu beachten, dass beim Substrat B nur der Feinanteil (< 32 mm) untersucht wurde. Das Gesamtsubstrat mit dem hohen Steinanteil (60 %) lässt folglich ein anderes Ergebnis erwarten.

Für alle Pflanzsubstrate wurde keine relevante Remobilisierung der Stoffe festgestellt. Damit ist nicht zu befürchten, dass durch den Einfluss von Tausalz die zurückgehaltenen Stoffe wieder freigesetzt werden.

Die Substrate A1 und A2 zeigen bei einer Schichtstärke von 15 cm einen geringen Schadstoffrückhalt und erfüllen die für Adsorber entwickelte geringste Anforderungsstufe "Standard" (70 – 90 %) nicht, weder für Schwermetalle noch für Spurenstoffe. Die eingesetzte Landerde und der Pflanzenkohleanteil (5 %) haben diesbezüglich keine wesentliche Bedeutung. Das Ergebnis bedeutet, dass der Schichtaufbau in Pflanzgruben unter Berücksichtigung der Belastungsklassen vom Straßenabwasser sorgfältig auszulegen ist. Die Feinfraktion des Substrats B hingegen weist einen sehr hohen Rückhalt für Schwermetalle und Pestizide (Mikroverunreinigungen) auf und erfüllt sogar die Adsorber-Anforderung "Erhöht" (>90 %). Diese Fraktion wird durch konditionierte Pflanzenkohle und Schwarzerde dominiert. Würde diese Art von Feinanteil auch in den beiden anderen Substraten stärker eingesetzt, dürfte sich auch dort der Stoffrückhalt verbessern lassen.

Die Säulentests sind Materialtests und spiegeln nicht den realen Einbau in den Baumrigolen direkt wider. Die frachtbezogene Rückhalteleistung des Gesamtaufbaus dürfte höher sein, weil je Substrat 30 bis 50 cm Schichtdicken eingebaut werden (Raumfilterwirkung). Zudem nimmt im Gesamtaufbau die Verweilzeit wegen höherer Transportdistanz deutlich zu, wodurch der Stoffrückhalt in der Summe ebenfalls steigt.

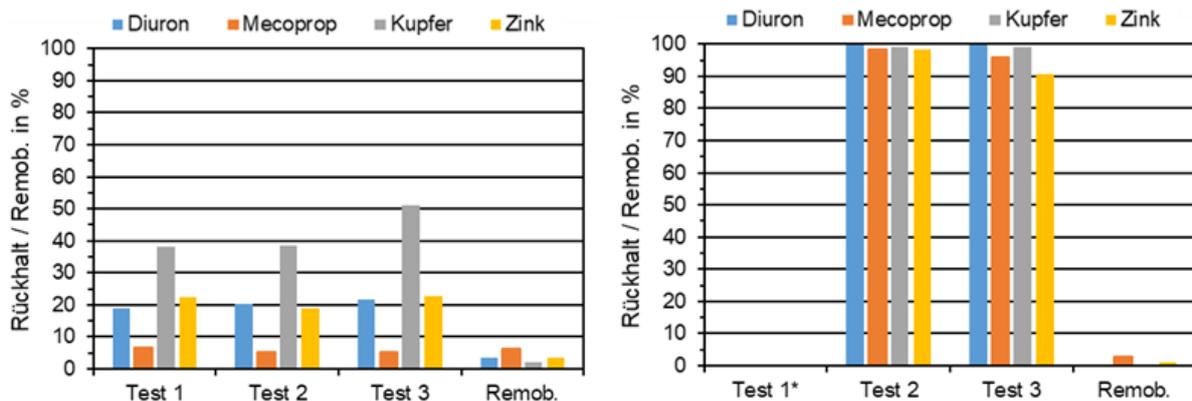


Abbildung 38: Pflanzsubstrat A1 (links) und Substratanteil von Substrat B (< 32 mm), die beide in der Stadt Zürich für Baumrigolen verwendet werden.

Die Resultate für die Substrate SABA Bülach West und Mulde-Rigole Wädenswil sind in Abbildung 3 dargestellt. Beide Materialien sind geeignet, Schwermetalle im Straßenabwasser zurückzuhalten. Die Spurenstoffe hingegen werden durch die SABA Bülach West kaum gebunden (< 5 % Rückhalt). Der geringe Rückhalt ist vermutlich auf einen geringen Tonanteil

zurückzuführen. Durch das Substrat der Mulde-Rigole werden dagegen Spurenstoffe stark gebunden, weil vermutlich erhöhte Anteile der Tonfraktion und/oder organischen Substanz vorliegen. Die Ergebnisse für die drei anderen Substrate weisen darauf hin, dass klassische Substrate für die Straßenabwasserbehandlung organische Spurenstoffe eher schlecht binden. Zum effektiven Rückhalt unter Einbaubedingungen liegen hierzu aber noch keine aussagekräftigen Resultate vor.

Die Remobilisierung für alle Stoffe ist gering. Die leicht erhöhte relative Remobilisierung von Diuron ist von untergeordneter Bedeutung, weil die absolut gebundenen Stoffmengen sehr gering sind.

Der Säulenversuch mit dem Material Mulde-Rigole konnte nur beim geringsten Durchfluss (Testabschnitt 3) und die Remobilisierung mit reduziertem Durchfluss (1 l/h) durchgeführt werden, weil das Material hydraulisch stark limitiert ist. Die gute Bindung von Schadstoffen geht folglich einher mit einer sehr geringen Wasserdurchlässigkeit, vermutlich auf einem erhöhten Tonanteil beruhend. Die Durchlässigkeit bei einem Sickerversuch mit Doppelring-Infiltrometer im Feld war hingegen hoch.

Die Substrate für die Straßenabwasserbehandlung halten Schwermetalle sehr gut zurück. Drei Substrate erfüllen die höchste Anforderungsstufe (> 90 % Rückhalt) und nur ein Substrat aus dem Bankettbereich lediglich die Anforderung "Standard" (70 – 90 % Rückhalt). Diese Substrate zeigten sich im Säulentest beim Spurenstoffrückhalt aber genauso schwach wie die Pflanzsubstrate. Eine Ausnahme bildet das gering durchlässige Substrat Mulde-Rigole Wädenswil, welches sowohl bei Schwermetallen als auch den Spurenstoffen die erhöhte Anforderung erfüllt (> 90 % Rückhalt).

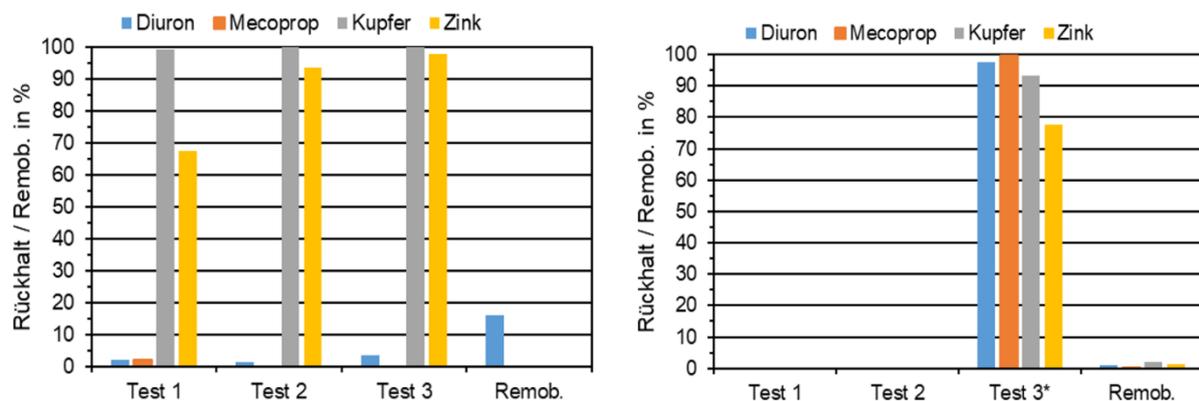


Abbildung 39: Rückhalt sowie Remobilisierung (%) von Kupfer, Zink, Mecoprop und Diuron in den Tests 1 bis 3 (drei Fließgeschwindigkeiten) für SABA Bülach West (links) und Mulde-Rigole Wädenswil (rechts). \*Aufgrund der geringen Durchlässigkeit konnte nur Testabschnitt 3 und die Remobilisierung mit reduziertem Durchfluss von 1 l/h durchgeführt werden.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Der VSA-Säulentest dient primär der Materialcharakterisierung und wurde für technische Adsorbentmaterialien konzipiert. Aufgrund der Versuchsbedingungen (Fließgeschwindigkeiten, Säulenlänge) sind die Resultate nicht unmittelbar auf eingebaute Substrate übertragbar. Dennoch bietet die Methodik einen guten Ansatz, um vergleichbare und vertiefte Ergebnisse zu erarbeiten und weitergehende Versuche zu priorisieren.

Die Pflanzsubstrate und Substrate aus dem Straßenraum weisen Ähnlichkeiten, aber auch deutliche Unterschiede auf. Die Pflanzsubstrate halten Schwermetalle nur halb so gut zurück wie die Substrate zur Straßenwasserbehandlung, stellen aber ausgezeichnete Pflanzenstandorte dar und dienen nicht prioritär als Schadstoffbarrieren. Daher erscheint der Schwermetallrückhalt bemerkenswert gut. Werden diese mit größeren Schichtmächtigkeiten eingebaut, dürfte sich der Schadstoffrückhalt verbessern. Kein wesentlicher Unterschied zu Straßensubstraten besteht bei den Spurenstoffen (Pestiziden). Alle untersuchten Substrate sind verglichen mit Adsorbersubstraten schwach beim Rückhalt. Damit reihen sich die Leistungsfähigkeiten der Pflanzsubstrate in die der Substrate zur Straßenabwasserbehandlung ein.

Eine Ausnahme bilden die Teilfraktion des Substrats B, welche durch Schwarzerde und kompostierte Pflanzenkohle beeinflusst ist, sowie das Substrat aus dem Mulden-Rigolen-System, die beide einen hohen Rückhalt für Schwermetalle und Spurenstoffe aufweisen. Die Ergebnisse zu Substrat B sind aber nur eingeschränkt übertragbar, weil dies zu mehr als 60 % aus Steinen besteht, die in den Tests unberücksichtigt blieben. Das Mulden-Rigolen Material wiederum weist eine geringe Durchlässigkeit auf und ist damit für die Versickerungsansprüche im Straßenraum eher ungeeignet.

Die Laborergebnisse pro Pflanzsubstrat werden nun in einem realen Pflanzgrubenaufbau überprüft, der rund 1.3 m Profilmächtigkeit aufweist. Damit soll der Gesamtaufbau einer Pflanzgrube bezogen auf den Stoffrückhalt noch realitätsnäher beurteilt und ein Übertragungsfaktor zum Labortest abgeleitet werden.

Relativ offen ist noch, welche Relevanz die organischen Spurenstoffe im Straßenabwasser überhaupt haben und ob dadurch eine Grundwasserbelastung zu erwarten ist. Solange entsprechende Untersuchungen nicht abgeschlossen sind, ist eine Gesamtrisikobewertung unsicher. Sofern Handlungsdruck bei organischen Spurenstoffen aber schon jetzt gesehen wird, könnten die Substrate entsprechend weiterentwickelt oder im Einbau durch leistungsstarke technische Adsorbermaterialien ergänzt werden. Zudem ist bei einer effektiven Risikobetrachtung auch der Gesamtaufbau zu berücksichtigen.

## 6 Danksagung

Das Projekt wurde unterstützt durch Grün Stadt Zürich, ERZ Entsorgung + Recycling Stadt Zürich, dem AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft sowie dem TBA Tiefbauamt des Kantons Zürich.

## 7 Literatur

Patrick, M., A. Englert, M. Burkhardt (2023): Schadstoffrückhalt von Baumsubstraten für Pflanzgruben und Substraten für die Behandlung von Strassenabwasser. Bericht im Auftrag von AWEL, ERZ, GSZ und TBA:

VSA (2023): Merkblatt - VSA Leistungsprüfung von Behandlungsanlagen: Simulierter Feldtest. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg, Schweiz.

VSA (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg, Schweiz.

---

**Korrespondenz:**

Michael Burkhardt, Prof. Dr.  
OST – Ostschweizer Fachhochschule  
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik  
Tel: +41 58 257 4870  
michael.burkhardt@ost.ch

---



aquaurbanica

Garching 2023

**„Die wasser- und schadstoffbewusste Stadt –  
Klimaangepasstes Regenwassermanagement trifft  
Schadstoffproblematik“**

Herausgeber:

Prof. Dr. rer. nat. habil. Brigitte Helmreich

M.Sc. Lea Rosenberger

M.Sc. Philipp Stinshoff

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München

Berichtsheft Nr. 227

ISSN 0942-914X

2023

---