Spurenstoffeinträge aus Baumaterialien in Gewässer

Prof. Dr. Michael Burkhardt

HSR Hochschule für Technik Rapperswil,
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC),

8640 Rapperswil, Schweiz

E- Mail: michael.burkhardt@hsr.ch

Berlin, 7. November 2018

HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

UMTEC INSTITUT FÜR UMWELT- UND VERFAHRENSTECHNIK

Baumaterialien: Dach, Fassade, Wegen etc.

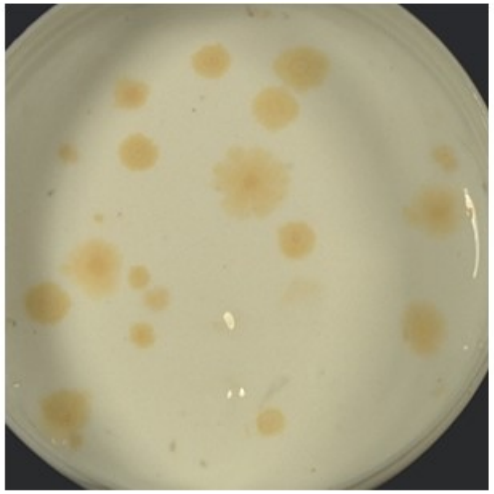
Baumaterialien: Verschiedenste Stoffe

- Stoffe in Baumaterialien, z.B.
  - Metalle (Metallflächen)
  - Weichmacher
  - Biozide
  - UV-Filter
  - Flammschutzmittel
  - Vulkanisationsbeschleuniger
  - Durchwurzelungsschutz
  - Stabilisatoren
  - Korrosionsschutz
  - Nanomaterialien

Baumaterialien werden organischer

Baumaterialien: Relevante Verordnungen

- Bauproduktenverordnung (CPR)
  - Bewertung und CE-Kennzeichnung vom Bauprodukt (Leistungserklärung)
- Biozidprodukteverordnung (BPR)
  - 23 Produktarten, Biozidprodukte (Risiko bewerten) und behandelte Waren (Risiko kennzeichnen)
- Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung (CLP-Verordnung)



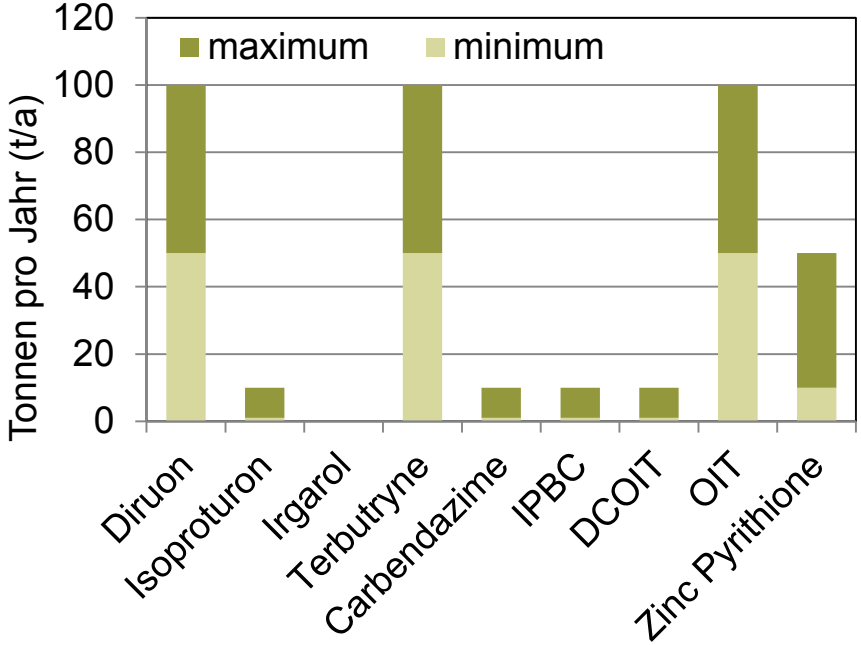
Auswaschung: Einflussfaktoren der Auswaschung

- Witterung löst Stoffe – Material altert und verliert Funktionalität
  - Sonne: UV-Strahlung (Exposition)
  - Temperatur: -20 bis +70°C (Jahreszeit, Tag/Nacht)
  - Feuchte: Kondensation (Beschichtungssystem, Materialart)
  - Regen: 300 bis 2000 L/m^2 Niederschlag pro Jahr (Schlagregen)

Auswaschung nur bei Regenwetter (Feuchte)

Auswaschung: Putz und Farbe mit Filmschutzmitteln (PA 7)

- Biozide gegen Algen und Pilze auf Putz und Farbe (Fassade, Dach)
- Deutschland 250 bis 400 t/a[2] (248'000 t/a), Schweiz 10 bis 30 t/a[1]
  - 2-4 Biozide in Kombination, pro Wirkstoff 200-1500 mg/m²

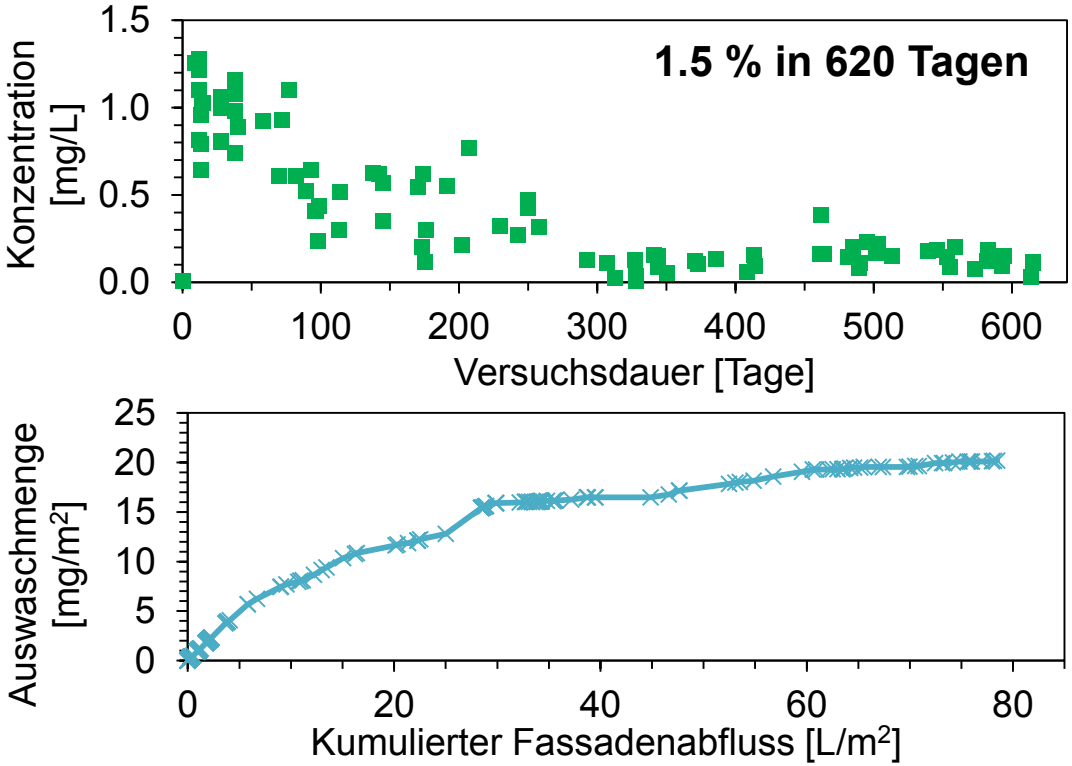


Wirkstoff	WL (mg/L)	logKow	Persistenz (DT50)
Terbutryn	22	3.7	hoch
Diuron	35	2.7	hoch
Isoproturon	70	2.5	hoch
DCOIT	14	4.9	gering
OIT	480	2.4	gering
IPBC	168	2.4	gering
Carbendazim	8	1.6	mittel
Zinkpyrithion	8	0.9	gering

1 Burkhardt, et al. (2016): Biozidprodukte – Eintrag in Gewässer. Aqua und Gas, 4: 46-54.
2 Gartiser et al. (2015): Reduction of environmental risks from the use of biocides. Report, UBA, Dessau-Rosslau.

Auswaschung: Auswaschung von Bioziden aus Fassaden

- West-Fassade mit verkapseltem Terbutryn (auswaschoptimiert)
  - Konzentrationen stark abnehmend, Transformationsprodukte (Photoabbau)
  - Ökotoxizität nur durch Biozide bedingt[1]



1 Vermeirssen, E., et al. (2018): Ecotoxicological Assessment of Immersion Samples from Facade Render Containing Free or Encapsulated Biocides. Environ. Tox. Chem., 37, 2246-2256

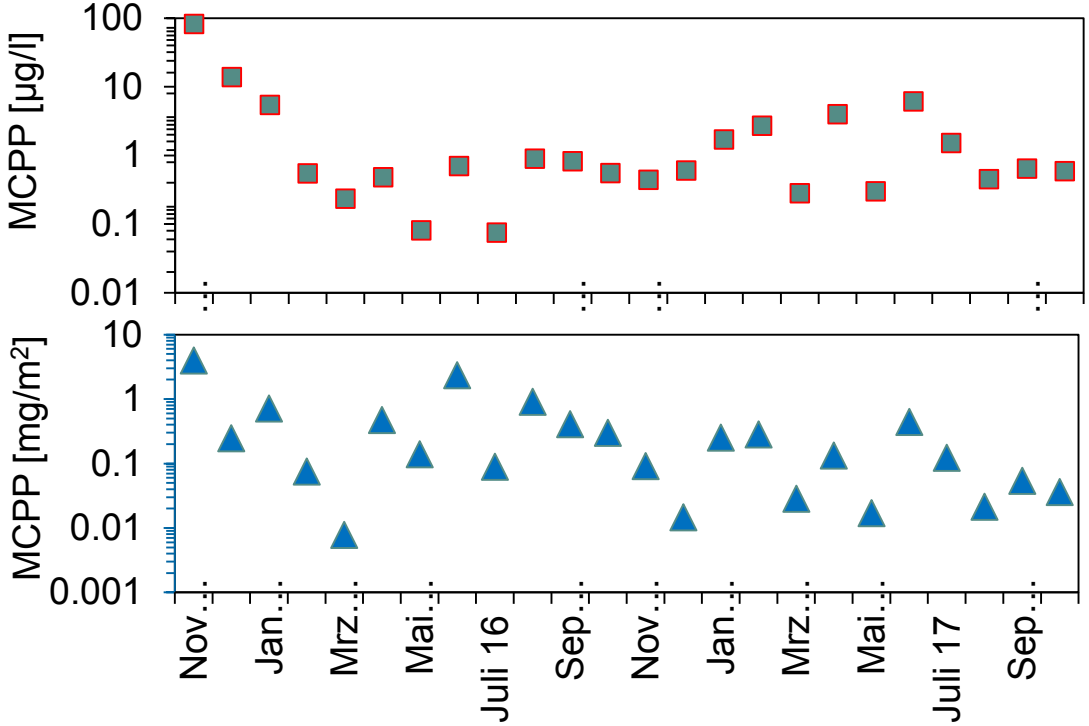
Auswaschung: Durchwurzelungsschutzmittel[1]

- Wurzelfeste Bitumendichtungsbahnen (WF)
  - Ester von Mecoprop (10-20 g/m^2) oder MCPA
  - Herbitect und Tectogreen-P (Ethylhexylester), Preventol B5 (n-Octylester)
- Freisetzung durch Hydrolyse und Auswaschung bei Regenwetter
  - Auswaschrate durch Rezeptur beeinflusst

Burkhardt, M., et al. (2008): Mecoprop in Bitumenbahnen - Auswaschung von Mecoprop aus Bitumenbahnen und Vorkommen im Regenabwasser. BAFU, S. 28.

Auswaschung: Bitumendichtungsbahnen[1]

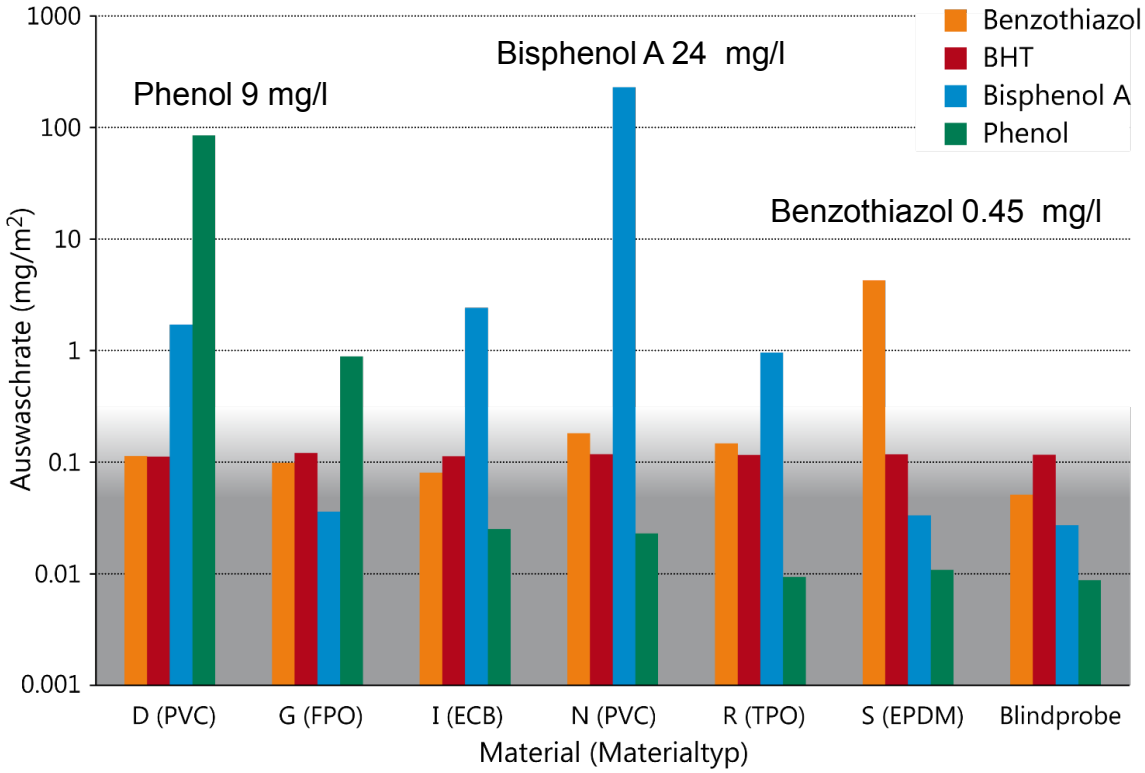
- Wurzelfeste Bitumendichtungsbahnen unter extensivem Gründach
  - MCPP als Ethylhexylester
  - Konzentrationen stark abnehmend (Abwaschung und Diffusion)



1 Burkhardt, M., et al. (2008): Mecoprop in Bitumenbahnen - Auswaschung von Mecoprop aus Bitumenbahnen und Vorkommen im Regenabwasser. BAFU, S. 28.

Auswaschung: Kunststoffdichtungsbahnen[1]

- Produkt- und materialgruppenspezifische Auswaschung
  - PVC, EPDM, TPO/FPO – viele Produkte mit verschiedensten Rezepturen



1 Burkhardt, M., et al. (2010): Auswaschung von Additiven aus Kunststoffdachbahnen unter Einwirkung von Wasser. Eawag/Empa, S. 38.

Auswaschung: Organische Korrosionsschutzmittel

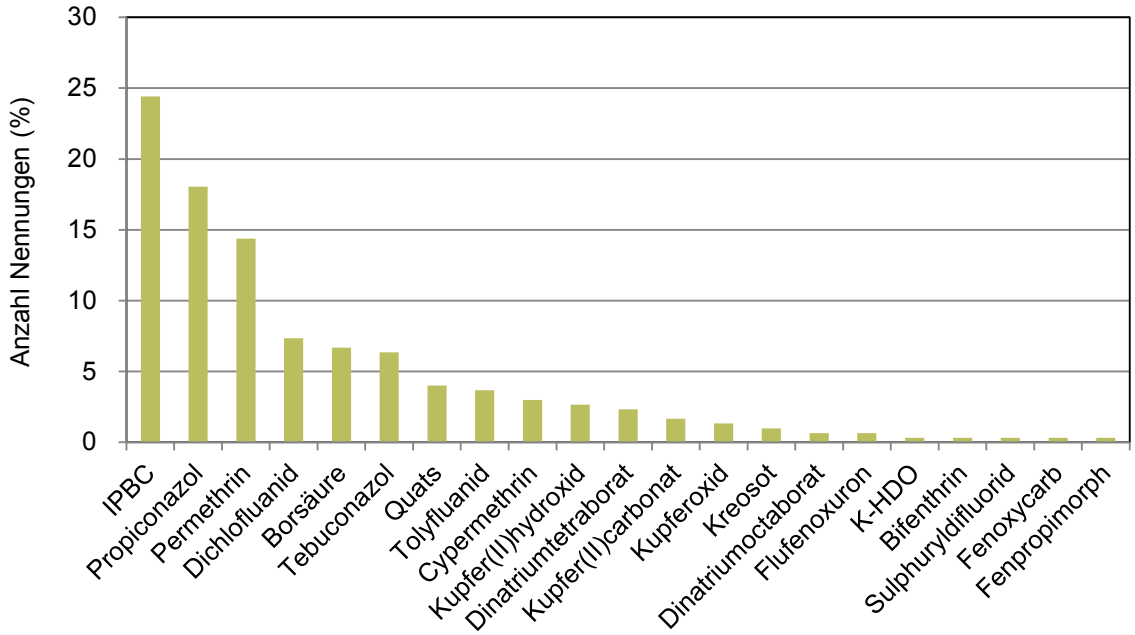
- Für Stahlhoch- und Stahlwasserbau 310 bis 490 t/a in der Schweiz[1]
  - 80-100 t/a Epoxydharze für Stahlhochbau
  - BPA und Transformationsprodukte auswaschbar
  - Ökotox der Epoxydharze beruht vor allem auf BPA
- BPA-Vorschlag für Gewässer 1.5 µg/L[2]
  - SVHC-Substanz

Eluate von Produkten	Bisphenol A [µg/L]	BADGE [µg/L]	BADGE-H_2O [µg/L]	BADGE-2H_2O [µg/L]
Produkt 1	2	3	8	10
Produkt 2	2	18	37	26
Produkt 3	6'890	<100	<100	<100
Produkt 4	<100	268	565	246

1 Burkhardt et al. (2017): Corrosion protection products as a source of bisphenol A and toxicity to the aquatic environment. Wat. Res., 123:586-593.
2. www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien

Auswaschung: Biozidprodukte für den Holzschutz (PA 8)[1]

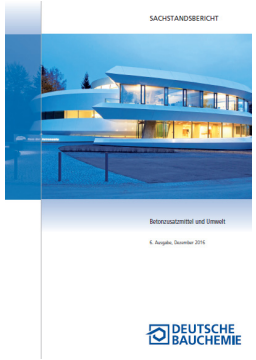
- 4800 t/a Holzschutzmittel mit 5-50 t/a Biozide in der Schweiz
  - 2700 t/a für Lagerung, 2100 t/a für Holzprodukte
  - 4-40 t/a von IPBC, Propiconazol, Tebuconazol, Dichlofluanid u.a.
  - Biozidgehalte 1000 – 10'000 ppm



1 Burkhardt, et al. (2016): Biozidprodukte – Eintrag in Gewässer. Aqua und Gas, 4: 46-54.

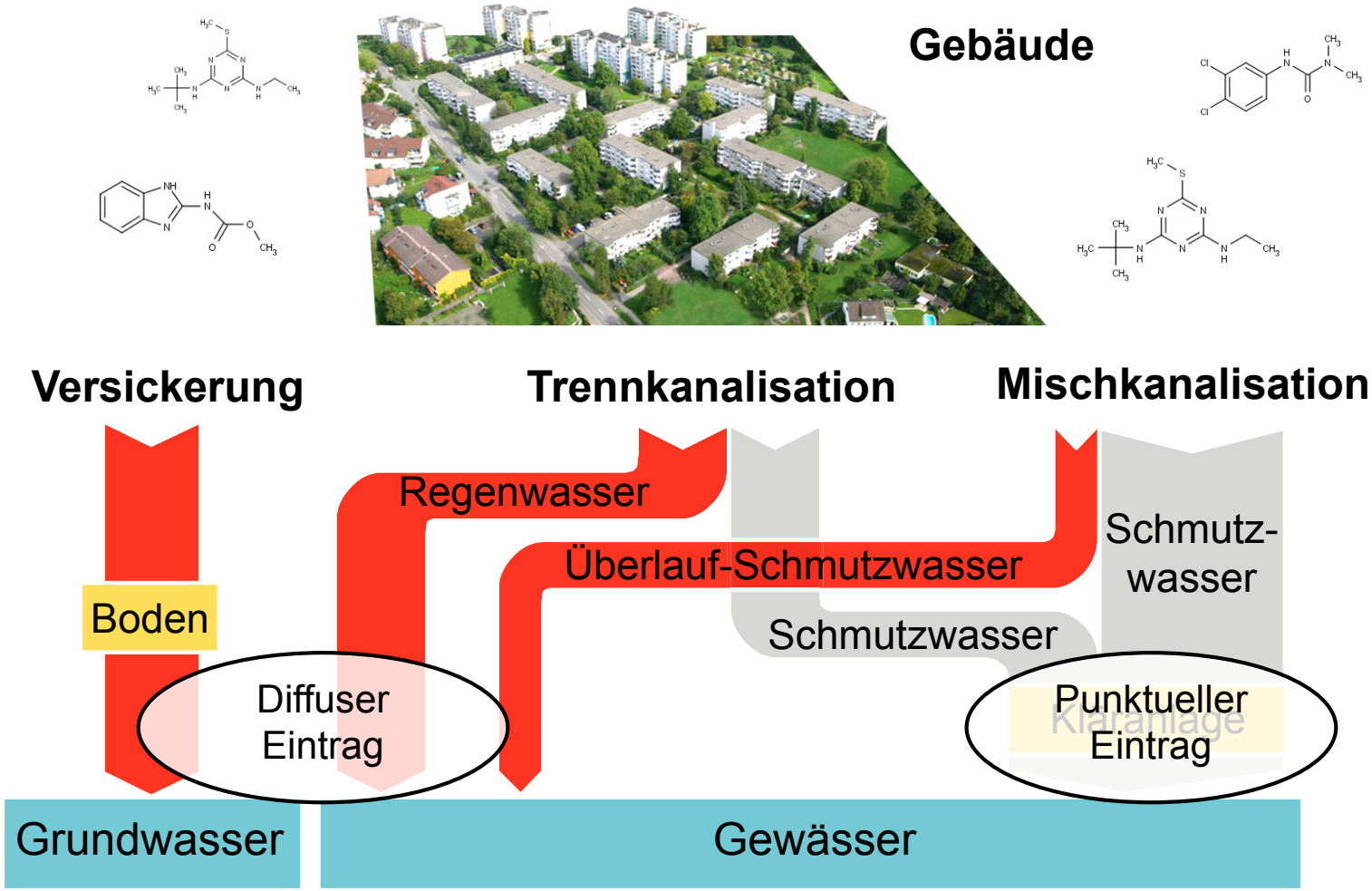
Auswaschung: Organisch vergütete Betone (Zusatzmittel)

- Betonzusatzmittel, bis 5% eingesetzt (1995: 15’000 t in CH)
  - Verflüssiger, Fließmittel, z.B. Lignin-, Naphtalin-, Melaminsulfonate
  - Verzögerer, z.B. Phosphatverbindungen, Formiate, Fluoride
  - Entschäumer, z.B. Tri-iso-butylphosphat, ethoxylierte Alkohole
  - Schaumbildner, z.B. Aminoxide, Polyglykolsulfate
  - Biozide, z.B. Quartäre Ammoniumverbindungen, CMI/MI, Bronopol
  - Mikrohohlkugeln, Schwindreduzierer, Luftporenbildner etc.



1 von Arx, U. (1999): Bauprodukte und -inhaltsstoffe, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, CH
2. Wolfseher und Partner AG; Ökoscience (1999): Beton und Betonzusätze. Informationsblatt 5.3, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Zürich, CH

Eintragswege: Aus Baumaterialien in Boden und Gewässer



Eintragswege: Niederschlagswasser im Siedlungsraum

- Hohe Abflussmengen vom Niederschlagswasser, weil hoher Versiegelungsgrad und geringe Abflussretention

Eintragswege: Dränagen entlang von Gebäuden

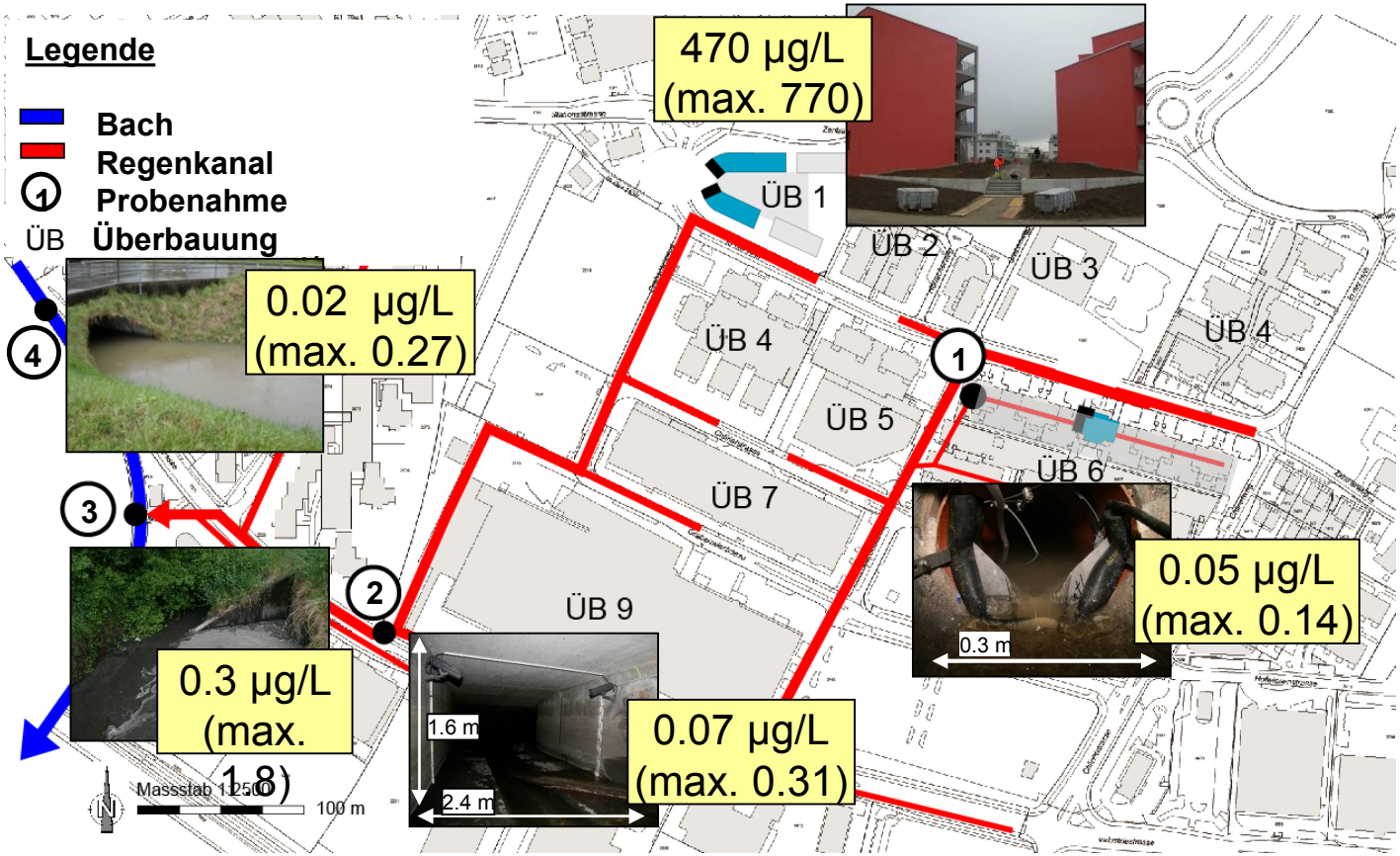
- Schnelle Ableitung des Niederschlagswassers steht meistens im Vordergrund der Entwässerungsplanung

Eintragswege: Direkte Einleitung in Oberflächengewässer

Diffuse Einleitungen gewinnen an Bedeutung

Gewässer: Terbutryn im Regenwasserabfluss[1]

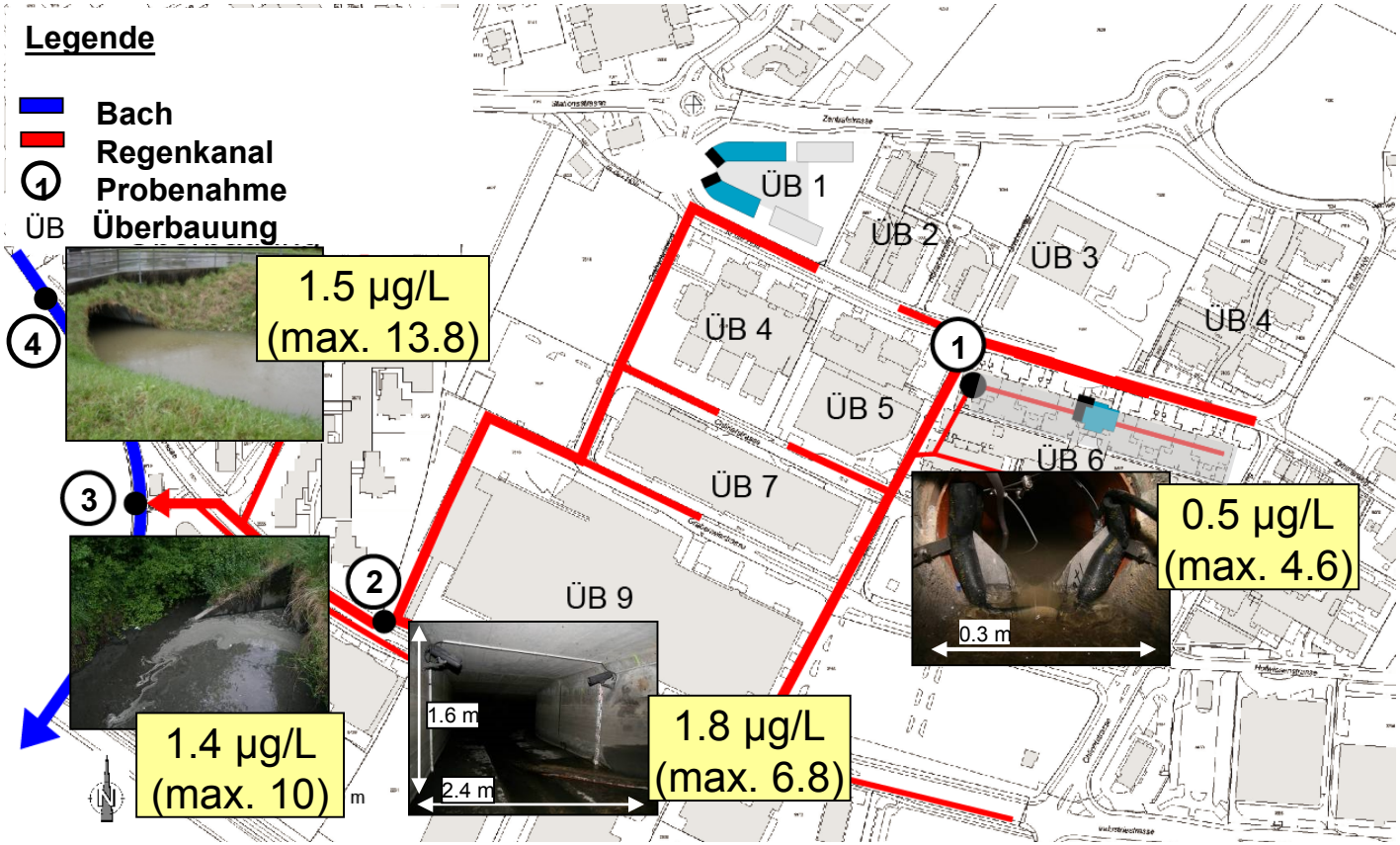
- Zahlreiche Gebäude mit Kompaktfassaden (Terburyn, nicht verkapselt)



1 Burkhardt, M., et al. (2011): Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water Science & Technology, 63(9):1974-1981

Gewässer: Mecoprop im Regenwasserabfluss[1]

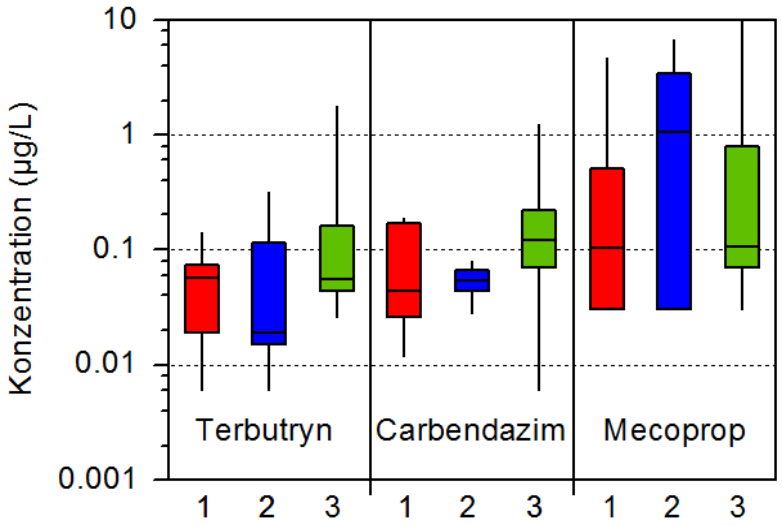
- >20’000 m² WF-Bitumenbahnen auf Grün/Tiefgaragendächern

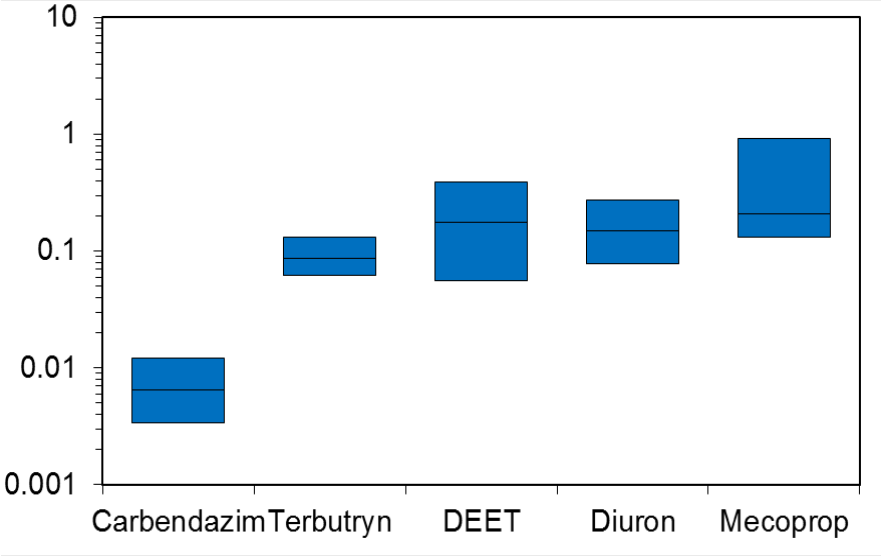


1 Burkhardt, M., et al. (2011): Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water Science & Technology, 63(9):1974-1981

Gewässer: Spurenstoffe im Regenwasserabfluss [1,2]

- Zahlreiche Stoffe, hohe Streuung der Konzentrationen
  - Einzugsgebiet, Entwässerungsnetz, ohne First-Flush
  - Konzentrationen und Frachten haben in den letzten Jahren zugenommen





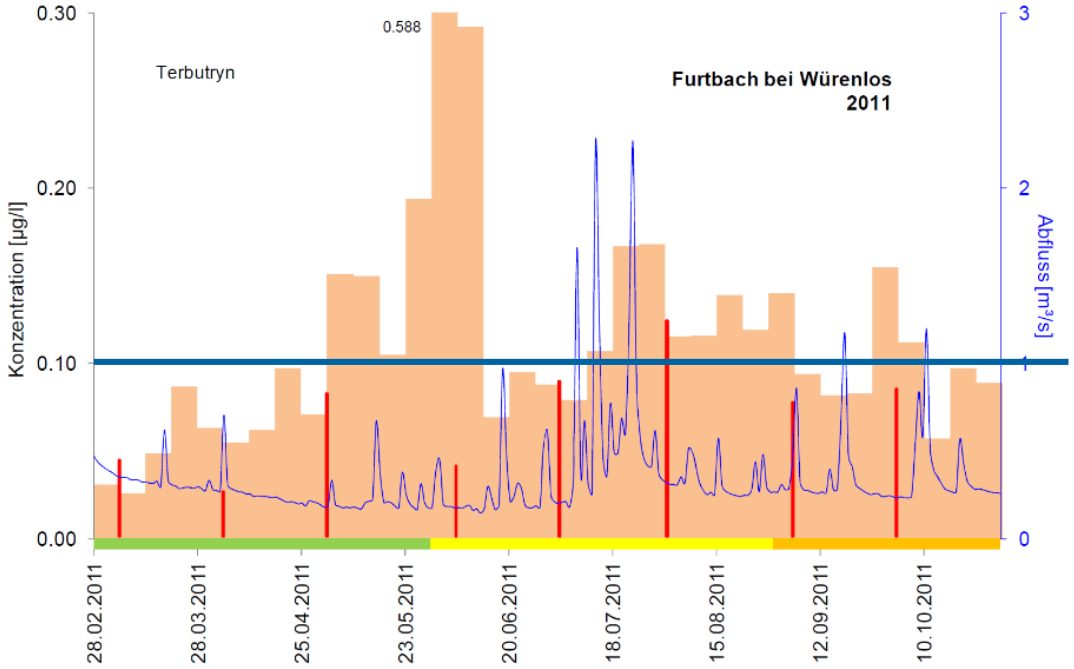
IPBC und OIT im Regenwasser nicht nachgewiesen

1 Burkhardt, M., et al. (2011): Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water Science & Technology, 63(9), 1974-1982.

2 Burkhardt, M., et al. (2017): Behandlung von Regenwasser - Grosstechnische Erfahrung mit unterirdischer Retention und nachgeschaltetem Adsorberfilter. Aqua und Gas, 4:78-85.

Gewässer: Terbutryn im Fliessgewässern Kt. Zürich[1]

- Eintrag bei Regenwetter (Konzentrationsspitzen)
  - Auswaschung von Beschichtungen
- Eintrag bei Trockenwetter (Basisbelastung)
  - Einleitungen von Malereibetrieben, Herstellern



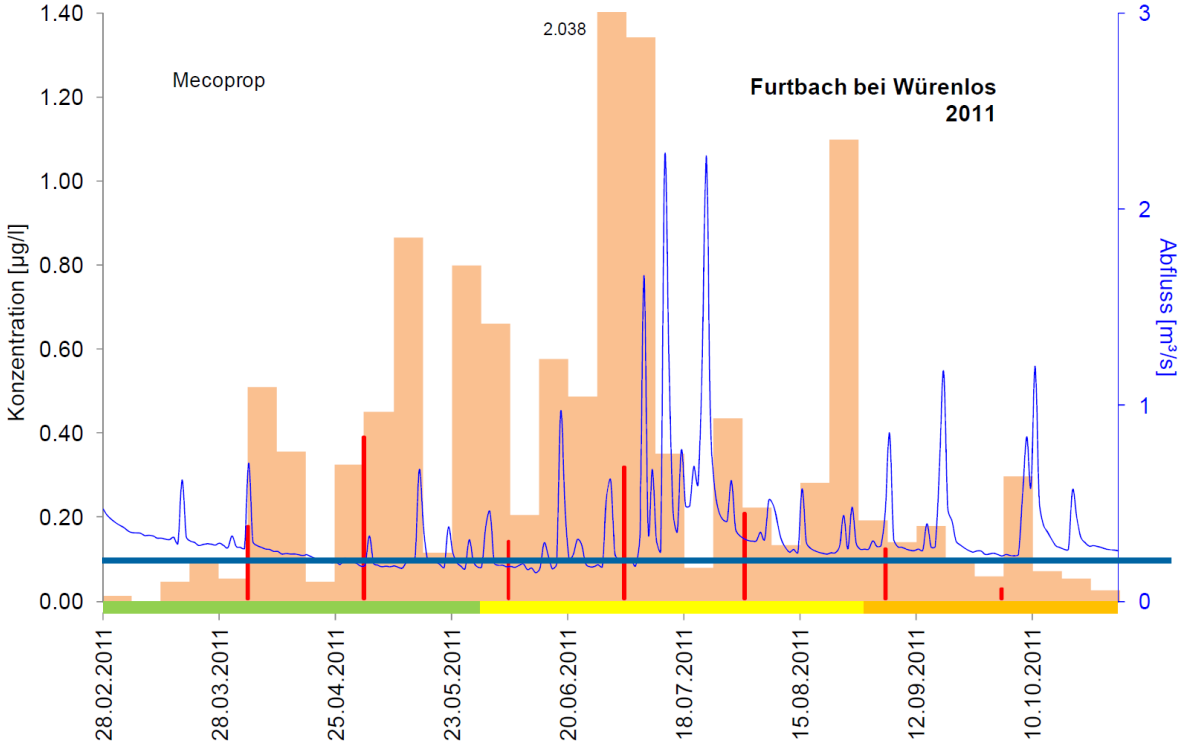
Furtbach

0.1 µg/l in Grund- und Oberflächenwasser;
0.065 µg/l gemäss WRRL

Sinniger et al. (2012): Pestiziduntersuchung, AWEL, Zürich.

Gewässer: Mecoprop im Fliessgewässer (Kt. Zürich)[1]

- Vorkommen an Regenwetter gebunden (nicht im Basisabfluss)
- Anwendung in Bitumenbahnen, auf Wiesen und in der Landwirtschaft

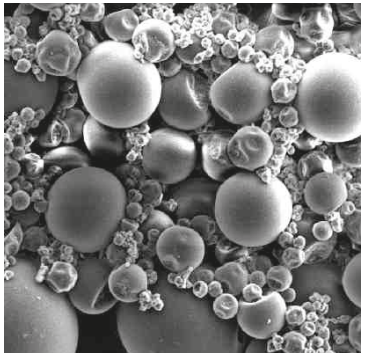


0.1 µg/l in Grund-/ Oberflächenwasser

Massnahmen: Putze und Farben

- Umweltverträglichere Produkte
  - Verkapselung führt zu 5-10mal geringerer Auswaschung (70 % Produkte)[1]
  - Schnell abbaubare Biozide (z.B. OIT, DCOIT)[2]
  - Retentionsstarke Bindemittel
- Umweltverhalten: Verweilzeit von Bioziden in Gewässern[3]
  - Klasse A/A- und B: keine Biozide für Filmschutz
  - Klasse C: verkapselte und schnell abbaubare Biozide

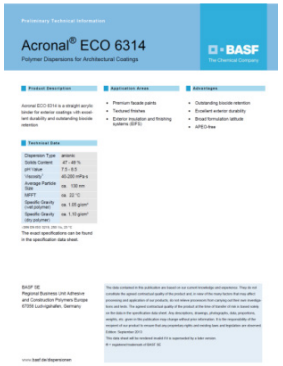
Verkapselung



Schnell abbaubare Biozide

Intelligente Matrix ohne Algizide
IMAGE®
technology
Die nachhaltige Beschichtung

Bindemittel



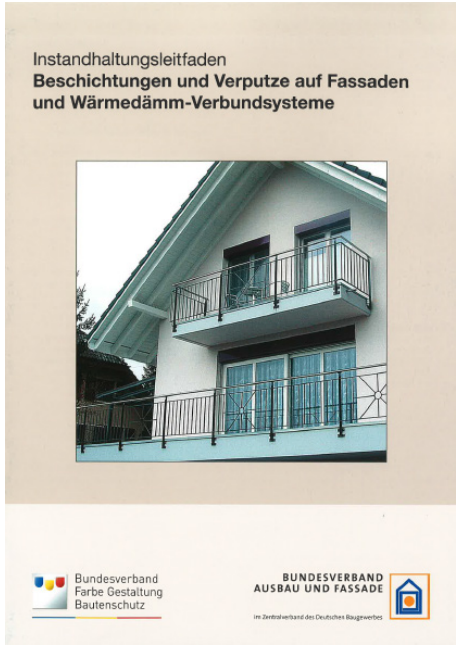
Umweltetikette IV

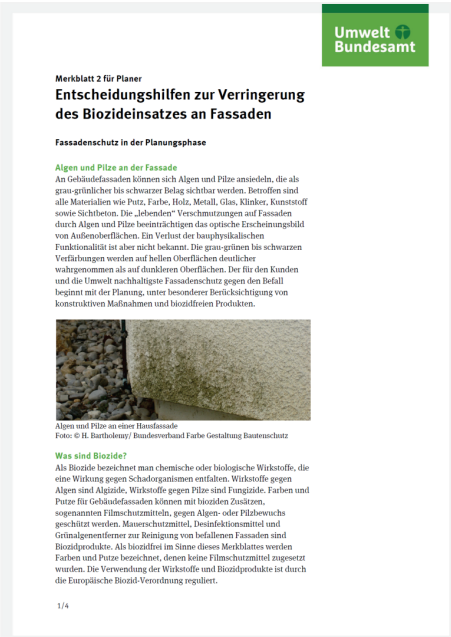
UMWELT-ETIKETTE • ÉTIQUETTE ENVIRONNEMENTALE
www.stiftungfarbe.org
A B C D E F G
A
zertifiziert durch certifié par
Schweizer Stiftung Farbe • Fondation Suisse Couleur

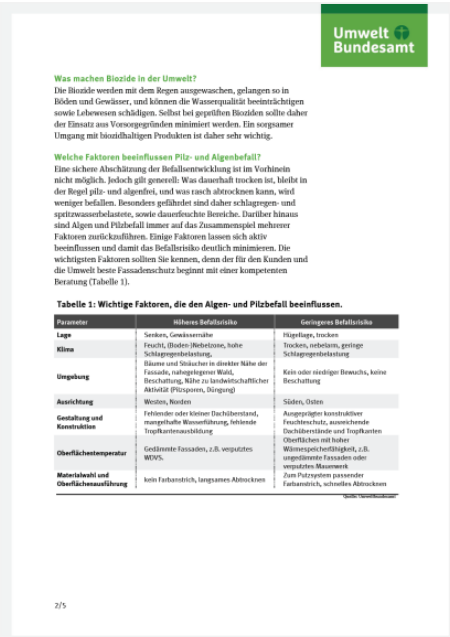
1 Burkhardt, M., Vonbank, R. (2011): Auswaschung von verkapselten Bioziden aus Fassaden. BAFU-Bericht, 13 Seiten.
2 Vermeirssen, E., et al. (2018): Ecotoxicological Assessment of Immersion Samples from Façade Render Containing Free or Encapsulated Biocides.

Massnahmen: Information

- Ökologisch nachhaltige Architektur
  - Instandhaltungsleitfaden (Bauweise, Materialwahl)[1]
  - UBA-Entscheidungshilfen[2] (für Planer, Architekten, Maler)



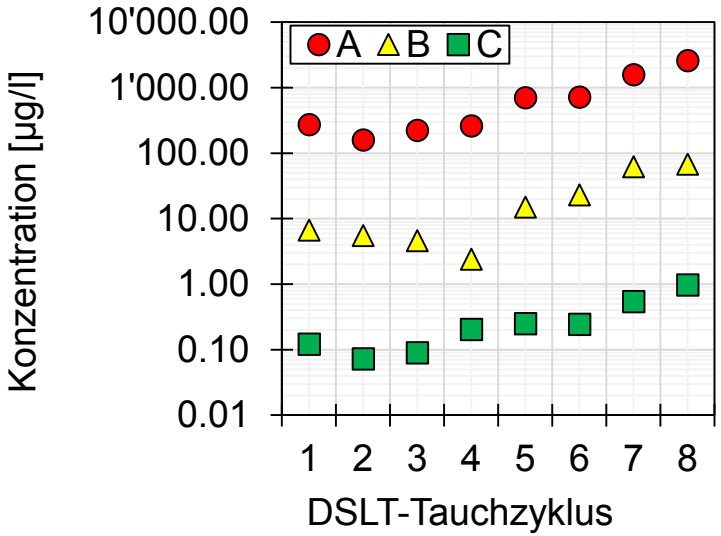


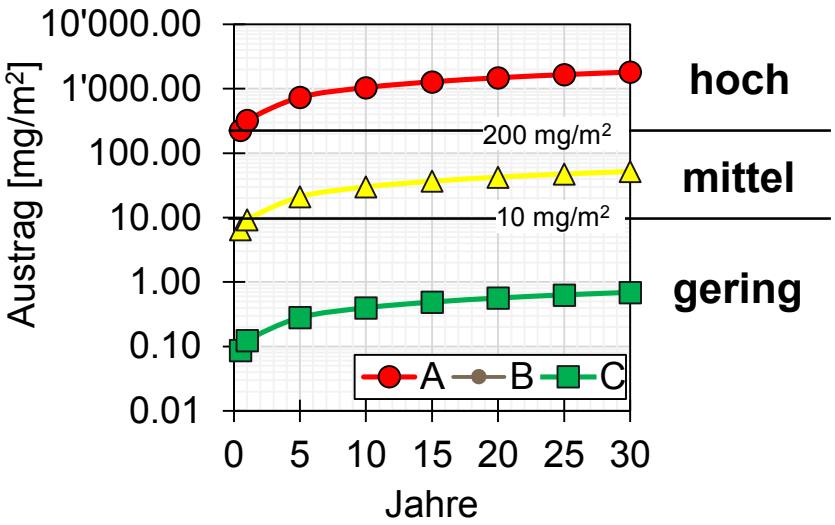


1 https://www.schwepa.com/sites/default/files/brosch.instandhaltungsleitfaden_entw_0.pdf
2 UBA (2015): Entscheidungshilfen zur Verringerung des Biozideinsatzes an Fassaden. www.umweltbundesamt.de/dokument/merkblaetter-zur-verringerung-des-biozideinsatzes

Massnahmen: Auswaschung bei Bitumenbahnen

- Drei Belastungsklassen: DSLT und Extrapolation über 30 Jahre
  - Hoch: Bahnen z.B. mit Polyglykolester >200 mg/m² MCPP (rot)
  - Mittel: heutige Bahnen 10 bis 200 mg/m² MCPP (gelb; Regelfall)
  - Gering: innovative Produkte <10 mg/m² MCPP (grün)





1 BAFU-Info: www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/publikationen-studien/studien.html

Massnahmen: Behandlung bei Bitumenbahnen

- Behandlungsbedarf orientiert sich an den drei Belastungsklassen
  - Hohe Belastung: in Kläranlage oder mit hoch wirksamen Substrat
  - Mittlere Belastung (Regelfall): Behandlung mit Boden oder Substrat
  - Geringe Belastung: ohne Behandlung einleiten oder versickern

Belastungs-klasse	30 Jahre MCPP-P Freisetzung (mg/m^2)	Behandlungsbedarf
Gering	< 10	Die direkte Ableitung und Versickerung vom Niederschlagswasser ins Gewässer ist **ohne Behandlung** möglich. Solche Bitumenbahnen sind aus Sicht des Gewässerschutzes ökologisch empfehlenswert. Dies Produkt muss nachweislich wurzelfest sein.
Mittel	10 bis 200	Das Niederschlagswasser ist durch eine mikrobiell aktive **Bodenschicht** oder ein vergleichbar wirksames Substrat zu behandeln und dann zu versickern oder **einzuleiten**. In der Regel dürften sich die Produkte mit Ethylhexyl- und Octylestern dieser Belastungsklasse zuordnen lassen.
Hoch	> 200	Das Niederschlagswasser ist in **die Schmutzwasser-kanalisation** zu leiten oder dezentral mit nachweislich **hoch wirksamen Substrat** zu behandeln. Eine Freisetzung > 200 mg/m^2 Wirkstoff über 30 Jahre ist z.B. beim Polyglykolester B2 zu erwarten.

1 BAFU-Info: www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/publikationen-studien/studien.html

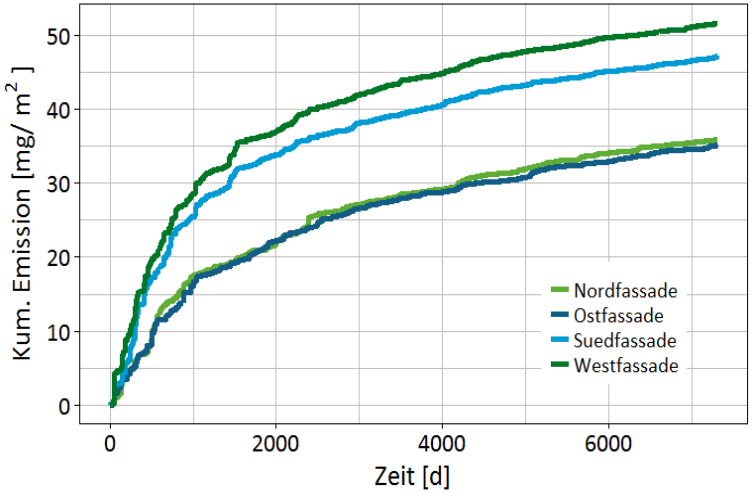
Massnahmen: Belastung und Behandlung[1]

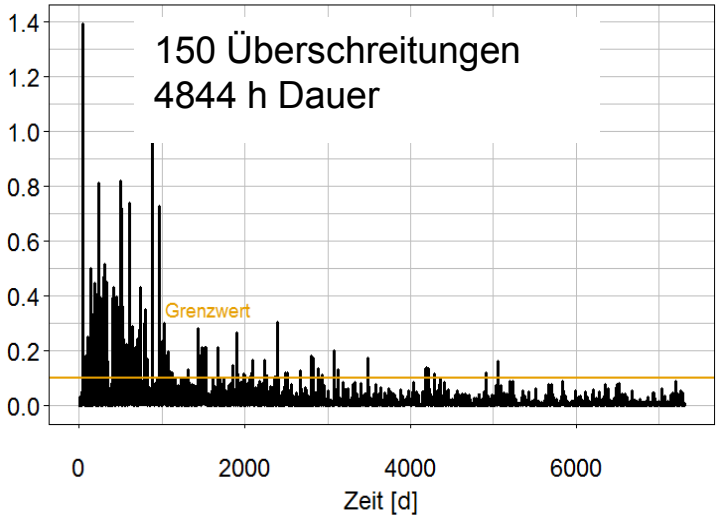
Herkunftsfläche	Belastungs-klasse	Bemerkungen
Grün- /Kiesdächer ohne pestizidhaltige Materialien und Dächer oder Fassaden[2)] aus überwiegend inerten Materialien mit geringen Anteilen an Blei-, Kupfer-, Zink- und Zinninstallationen , Terrassen, Balkone, Dachterrassen	**gering**	Ähnlicher Verschmutzungsgrad des Abflusses wie der Regen selbst. Bei Versickerung in Anlagen (Verhältnis Abflussfläche zu Versickerungsfläche A_E/A_V> 5:1) ist aufgrund der geringen Belastungsklasse die Anreicherung von Schadstoffen von untergeordneter Bedeutung. Die Einleitung in oberirdische Gewässer ist in der Regel unproblematisch. Voraussetzung für die Klassierung in der Belastungsklasse gering ist der Verzicht auf pestizidhaltige Materialien. Bei Blei-, Kupfer-, Zink- und Zinninstallationen darf der Anteil nicht 5% der gesamten Kontaktfläche des Regens überschreiten. Wo immer möglich sind Legierungen mit einer geringen Auswaschrate zu bevorzugen (z.B. Chromnickelstahl, siehe KBOB-Empfehlung Nachhaltiges Bauen [308]). Gründächer reduzieren zusätzlich die Abflussmenge und die Abflussspitzen. Sie entlasten so die Kanalisation und fördern einen naturnahen Wasserkreislauf.
Dächer oder Fassaden mit pestizidhaltigen Materialien	**mittel (gering, hoch)**	Zu den pestizidhaltigen Materialien zählen Beschichtungen (z.B. Folien, Bahnen, Anstriche, Putze), die auswaschbare Pestizide (Biozide, Pflanzenschutzmittel) enthalten. Generell gilt für solche Materialien die Belastungsklasse mittel. Eine Klassierung in der Belastungsklasse gering ist zulässig, sofern der Hersteller die geringe Belastung glaubwürdig belegen kann[1)]. Existieren für bestimmte Materialien weiterführende Hinweise zur Produkteinstufung (siehe aktuelle Liste auf der VSA-Homepage (link)), so sind diese für die Klassierung massgebend. Zu solchen Materialien gehören beispielsweise Bitumenbahnen, deren nachweisliche Wurzelfestigkeit auf chemischen Schutzmitteln beruht. Niederschlagswasser von solchen Bitumenbahnen ist gering bis hoch belastet. Hinweise zur Einstufung liegen in der BAFU-Information vor [3)] .

1 VSA, 2019. Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA, Zürich.

Massnahmen: Emissionsbasierte Produktbewertung

- Kennzeichnung der Bauprodukte (CE, EPD) nach Auswasch-Modellierung mit COMLEAM
  - Abschätzung von Auswaschung und Gewässereintrag
  - Einheitliche Szenarien erarbeiten
  - Klassierung von Bauprodukten
- Benutzerfreundliche Software in Java

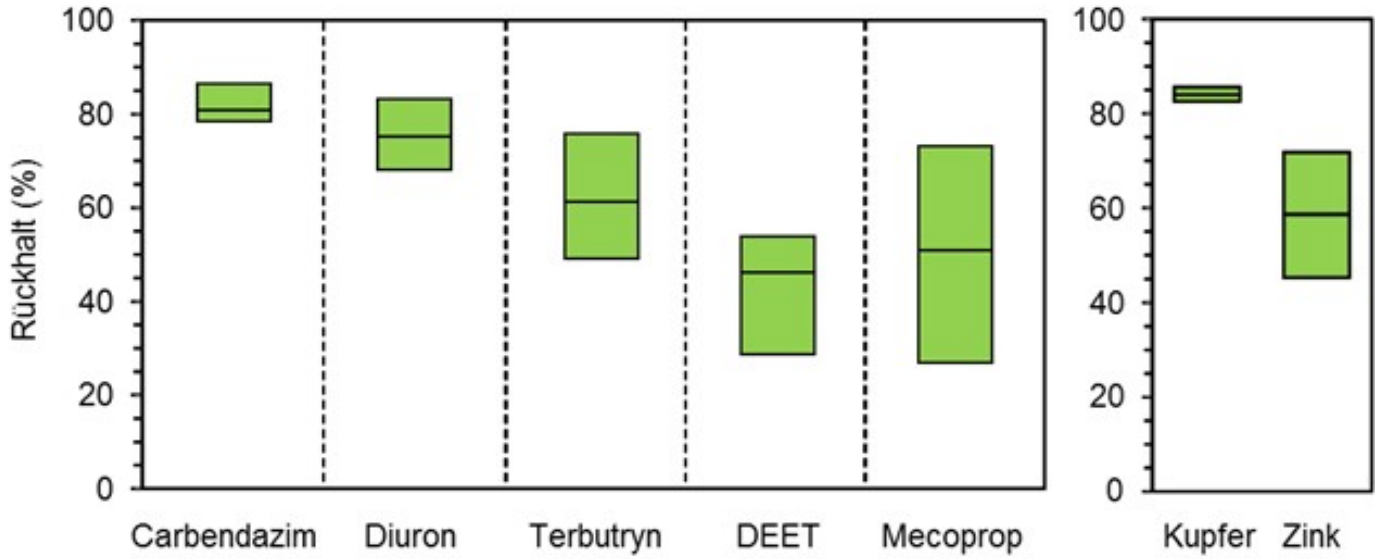




Massnahmen: Dezentrale Regenwasserbehandlung

Massnahmen: Breiter Stoffrückhalt

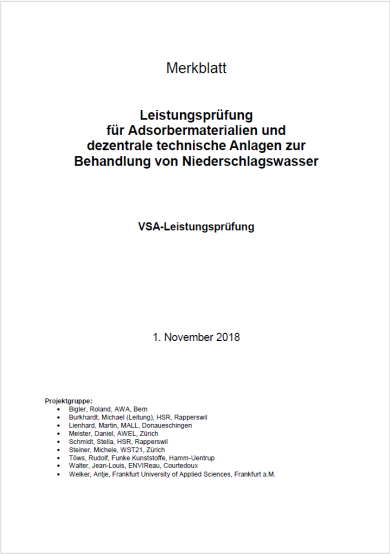
- Mischadsorber mit granulierter Aktivkohle (40 cm Schichthöhe)
  - Carbendazim, Diuron und Kupfer 80%
  - Terbutryn und Zink 50-80%
  - MCPP und DEET 30-70%
- Keine Abnahme der Durchlässigkeit über 4 Jahre (9×10^{-4} m/s)



Burkhardt, M., et al. (2017): Behandlung von Regenwasser - Grosstechnische Erfahrung mit unterirdischer Retention und nachgeschaltetem Adsorberfilter. Aqua und Gas, 4:78-85.

Massnahmen: VSA-Leistungsprüfung für Behandlungsanlagen[1]

- Dezentrale Kompaktanlagen für Niederschlagswasserbehandlung
  - Behandlungsoptionen für Versickerung und Direkteinleitung festgelegt
  - Labortest mit Adsobermaterialien und Anlagentest an zwei Standorten
  - Rückhalt von GUS, Kupfer, Zink, Mecoprop, Diuron (Pestizide)
  - Anlagen >70% Stoffrückhalt werden durch VSA empfohlen



Merkblatt

Leistungsprüfung für Adsorbermaterialien und dezentrale technische Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser

VSA-Leistungsprüfung

1. November 2018

Projektgruppe:
- Bigler, Roland, AWA, Bern
- Burkhardt, Michael (Leitung), HSR, Rapperswil
- Lienhard, Martin, MALL, Donaueschingen
- Meister, Daniel, AWEL, Zürich
- Schmidt, Stella, HSR, Rapperswil
- Steiner, Michele, WSTZ1, Zürich
- Tóths, Rudolf, Funke Kunststoffe, Hamm-Uentrup
- Walter, Jean-Louis, ENVIReau, Courtedoux
- Welker, Antje, Frankfurt University of Applied Sciences, Frankfurt a.M.

AQUA & GAS N° 11 | 2017 — FACHARTIKEL | 33

VSA-LEISTUNGSPRÜFUNG

LEISTUNGSERMITTLUNG IN LABOR- UND FELDTESTS FÜR ANLAGEN ZUR NIEDERSCHLAGSWASSERBEHANDLUNG

Damit die Leistungsfähigkeit von Kompaktanlagen, Schacht- und Rinnenfiltersystemen für die Behandlung von Dach-, Fassaden-, Platz- und Strassenabwasser vergleichbar ermittelt werden kann, wurde die VSA-Leistungsprüfung erarbeitet. Das zweistufige Vorgehen umfasst Labor- und Feldtests, in denen der Stoffrückhalt von Kupfer, Zink, Diuron und Mecoprop – im Feld auch von gesamten ungelösten Stoffen – bilanziert wird. Anlagen mit mindestens 70 % stofflichem Wirkungsgrad werden durch den VSA für die Praxis empfohlen.

Michael Burkhardt; Stella Schmidt, HSR Hochschule für Technik Rapperswil*
Roland Bigler, Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA)

RÉSUMÉ

CONTRÔLE DES PERFORMANCES D'INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES

HINTERGRUND

Abfliessendes Niederschlagswasser von Gebäuden, Strassen, Wegen und Plätzen umfasst je nach örtlichen Verhältnissen einen ganzen Cocktail von anorganischen und organischen Schadstoffen [1-4]. Von Metallflächen und -fassaden und im Strassenabwasser sind Schwermetalle (z. B. Kupfer, Zink) zu erwarten. Organische Stoffe gelangen aus Baumaterialien (z. B. Flammschutzmittel, Weichmacher, Pestizide), dem Unterhalt von Wegen und Grünflächen (z. B. Pflanzenschutzmittel, Insektizide) oder über den Strassenverkehr (z. B. Schwermetalle, Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Vulkanisationsmittel, Stabilisatoren, Tensaden) ins Wasser. Die Stoffbeiträge in Gewässer umfassen beispielsweise das Herbizid Glyphosat aus der Anwendung in Gärten, Plätzen und auf Bahngleisen, Benzothiazol als Vulkanisationsbeschleuniger im Abrieb von Pneus und anderen Kautschukprodukten oder Mecoprop (MCPP) aus verunreinigten Bitumendachbahnen und aus der Anwendung als Herbizid auf privaten und öffentlichen Grünflächen. Dabei spielen nicht nur die Ausgangssubstanzen, sondern auch deren Transformationsprodukte eine Rolle. Die partikuläre Fracht, die gegenwärtig Ursprungs ist oder aus Abrieb- und Verbrennungsprozessen stammt, wird mit der gesamten ungelösten Stofffraktion (GUS)

*Kontakt: michael.burkhardt@hsr.ch

Burkhardt, M., et al. (2017): Behandlung von Regenwasser - Grosstechnische Erfahrung mit unterirdischer Retention und nachgeschaltetem Adsorberfilter. Aqua und Gas, 4:78-85.
Burkhardt, M., et al. (2017): VSA-Leistungsprüfung – Leistungsermittlung im Labor- und Feldtests für Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung. Aqua & Gas, 11:33-41.

Schlussfolgerungen

- Abfließende Niederschlagswasser kann zu diffusen Stoffeintrag in kleine Oberflächengewässer und Grundwasser führen
  - Versickerung und Direkteinleitung in Gewässer
  - bei Regenwetter, bei neuen Materialien
  - Stoffe und Freisetzungsfaktoren häufig unklar

- Maßnahmen an der Quelle oder nachgeschaltet, z.B.
  - Produktverbesserungen (Verkapselung, Ester-Substitution etc.)
  - Produktbewertung mit modellgestütztem Konzept (z.B. Schweizer Methodik für Bitumenbahnen, Software COMLEAM)
  - Regenwasserbehandlung auch für Spurenstoffrückhalt
  - Maßnahmen mit Vorsorgegebot begründen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!