Mikroschadstoffe im Regenwasser: Erkenntnisse und Behandlungsmöglichkeiten

Michael Burkhardt

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

E- Mail: michael.burkhardt@hsr.ch

Hamburg, 18. September 2019

HSR HOCHSCHULE FÜR TECHNIK RAPPERSWIL
FHO Fachhochschule Ostschweiz

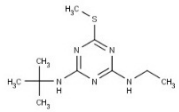
UMTEC INSTITUT FÜR UMWELT- UND VERFAHRENSTECHNIK

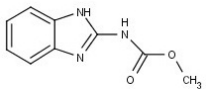
Gliederung

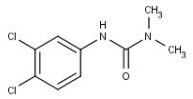
- Eintragswege
- Regenwasserbelastung
- Massnahmen
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

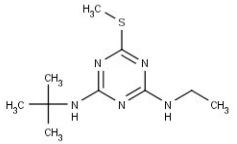
Eintragswege: Aus Siedlungen in Boden und Gewässer

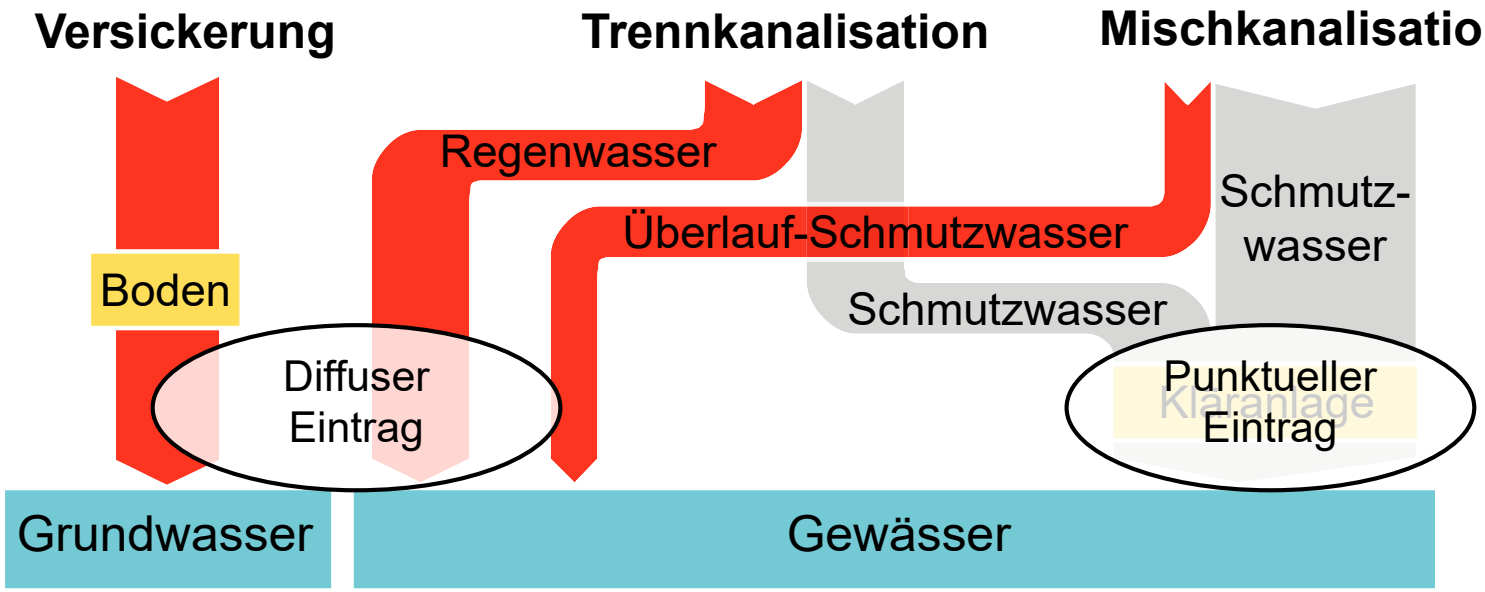
Siedlung



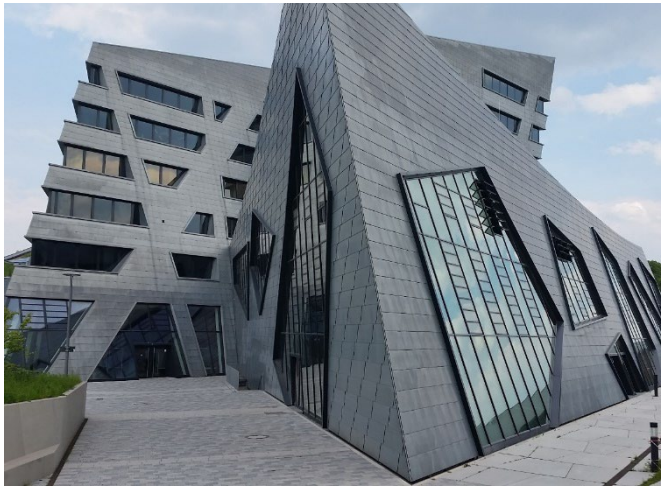








Eintragswege: Siedlung - Dach, Fassade, Wegen etc.



Eintragswege: Stoffvielfalt in Baumaterialien

- Metalle (Metallflächen)
- Biozide
- Durchwurzelungsschutz
- Korrosionsschutz
- Vulkanisationsbeschleuniger
- Weichmacher
- UV-Filter
- Flammschutzmittel
- Nanomaterialien
- Mikroplastik

Baumaterialien werden organischer

Eintragswege: Einfluss der Witterung

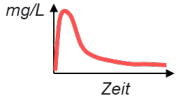
- Sonne: UV-Strahlung (Exposition)
- Temperatur: -20 bis +70°C (Jahreszeit, Tag/Nacht)
- Feuchte: Kondensation (Beschichtungssystem, Materialart)
- Regen: 300 bis 2000 L/m^2 Niederschlag pro Jahr (Schlagregen)

Eintragswege: Versickerung und Direkteinleitung

- Prioritär bei Trennkanalisation: Versickerung und Direkteinleitung
  - Qualität findet wenig Aufmerksamkeit im Vergleich zum Schmutzwasser
  - Hohe Abfluss- und Stoffdynamik

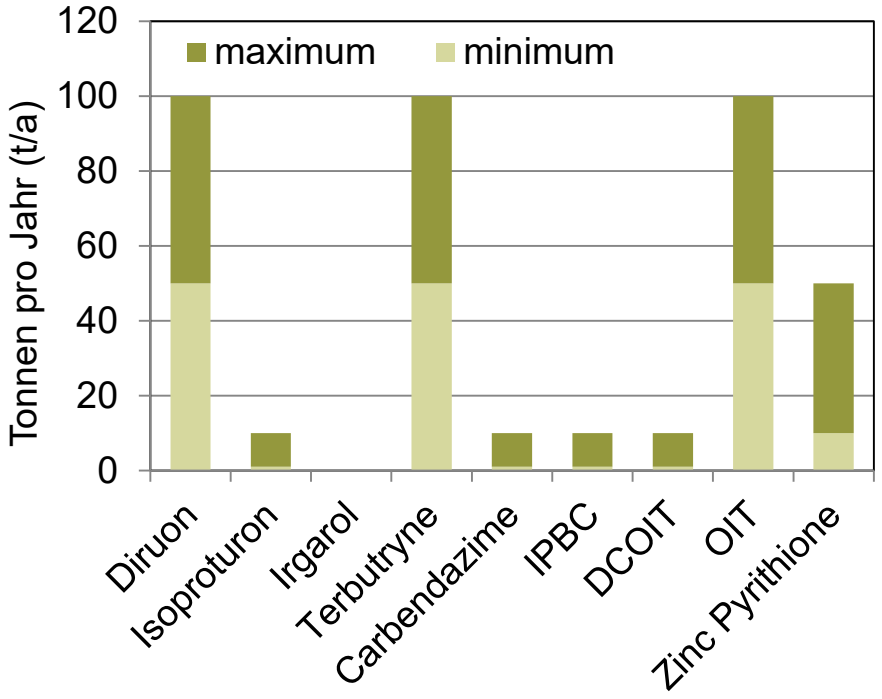
Versickerung: Anreichung

Einleitung: Peak-Konzentrationen



Regenwasserbelastung: Putz und Farbe (PA 7)

- Biozide gegen Algen und Pilze auf Putz und Farbe (Fassade, Dach)
- In Deutschland, 250 bis 400 t/a[2] Biozide in 248'000 t/a Putz/Farbe[1]
- 2-4 Biozide in Kombination, pro Wirkstoff 500-6000 mg/m^2

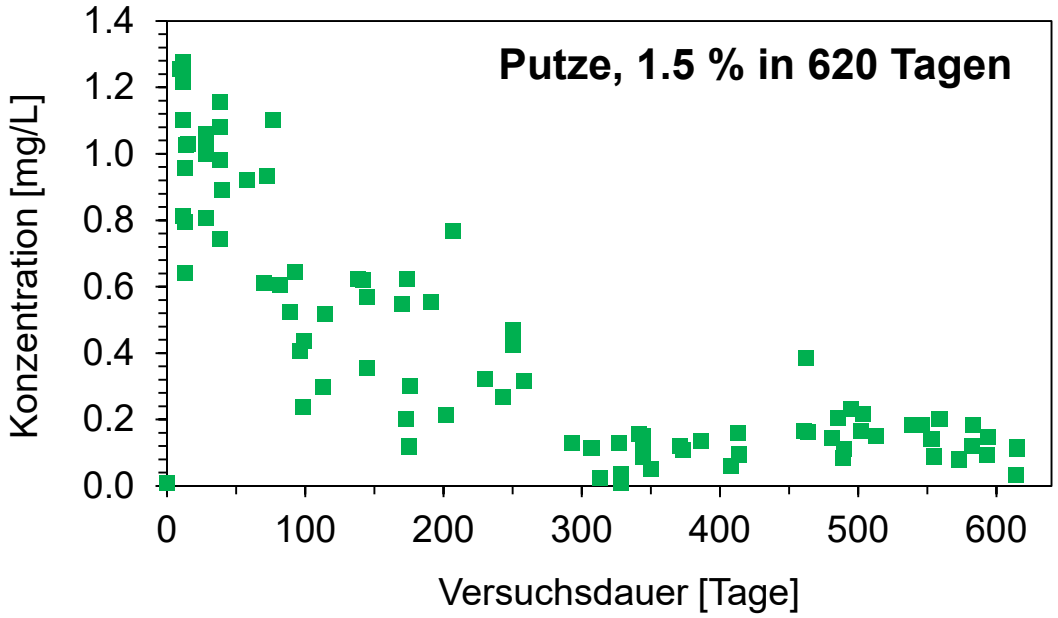


Wirkstoff	Persistenz (DT50)
Terbutryn	hoch
Diuron	hoch
Isoproturon	hoch
DCOIT	gering
OIT	gering
IPBC	gering
Carbendazim	mittel
Zinkpyrithion	gering

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.

Regenwasserbelastung: Auswaschung von Bioziden

- Konzentrationen abnehmend, Transformationsprodukte (Photoabbau)
- Schlagregen ist relevant (Windrichtung, -geschwindigkeit)
- Ökotoxizität nur durch Biozide bedingt[1]
- Bsp.: West-Fassade mit verkapseltem Terbutryn (auswaschoptimiert)



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

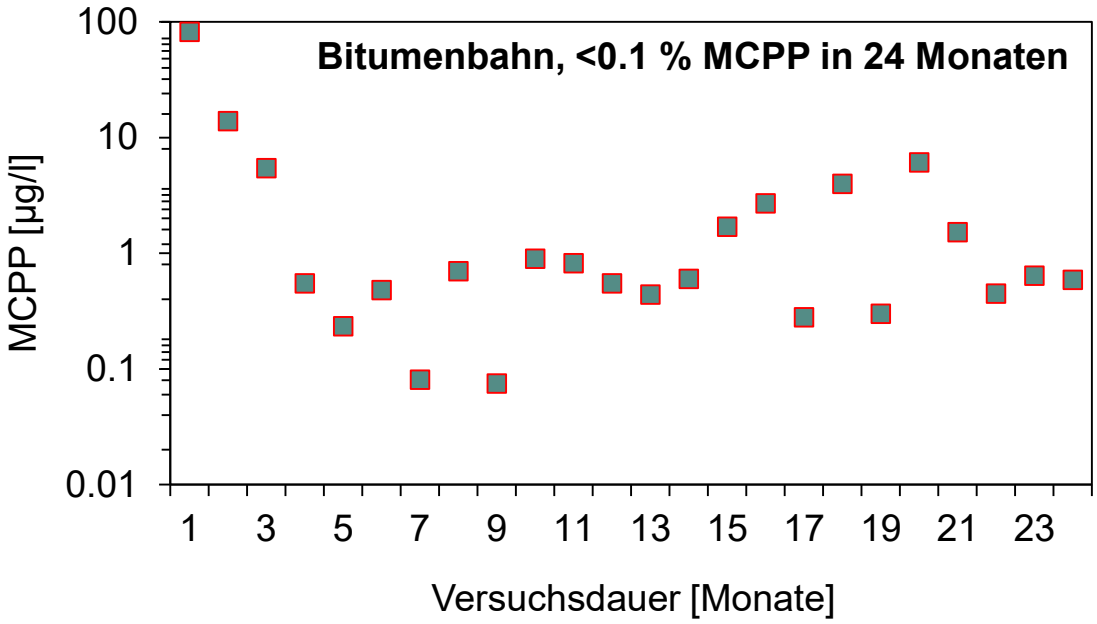
Regenwasserbelastung: Durchwurzelungsschutzmittel[1]

- 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.

Regenwasserbelastung: Auswaschung aus Bitumen[1]

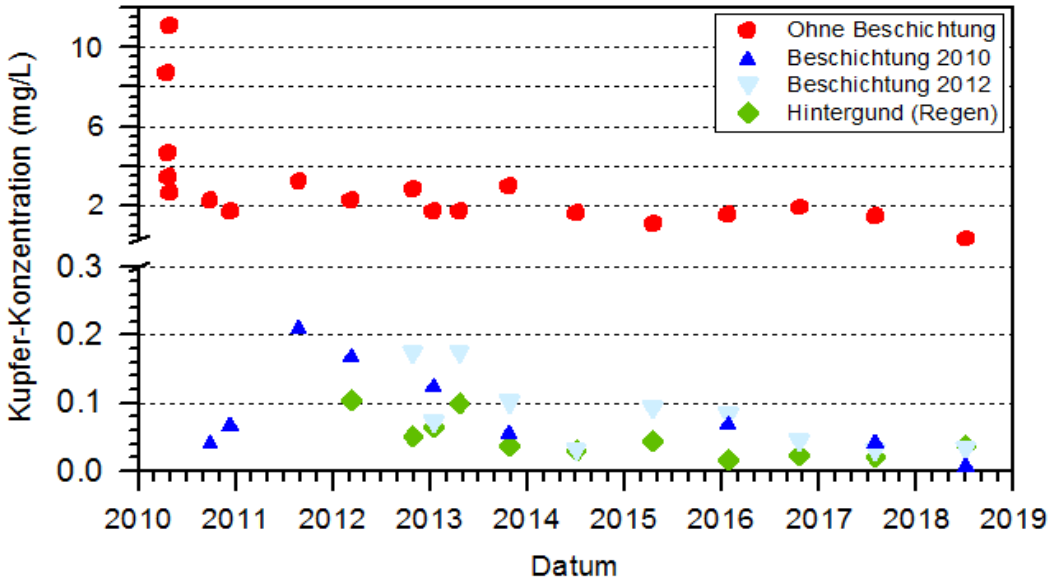
- Konzentrationen stark abnehmend (Abwaschung und Diffusion)
- Abflussmenge ist relevant (Abflussbeiwert)
- Gründacher und begrünte Tiefgaragendächer
- Bsp.: MCPP-P aus extensivem Gründach (Ethylhexylester)



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

Regenwasserbelastung: Metallflächen

- Metalleintrag in Gewässer zu 60 % diffus (49 t/a)[1,2,3]
- 50 % von Gebäuden, 30 % vom Strassenverkehr
- Dächer 1.8 g/m^2 a Kupfer, 3.6 g/m^2 a Zink
- Bsp.: Abschwemmung von Kupfer blank und mit org. Beschichtung



1 Burkhardt, M., et al. (2019): Abschwemmung von Metallflächen und Eintrag ins Grundwasser - Literaturrecherche und Messungen unter Berücksichtigung von drei urbanen Pestiziden. BAFU, S. 44
2 Von Arx, U. (2006): Kupfer. Verbrauch, Umwelteinträge und -vorkommen. Umwelt-Wissen Nr. 0601, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.163 S.
3 Huber, M. et al. (2015): Belastung von Verkehrsflächenabflüssen mit Schwermetallen – ein europäischer Vergleich gwf – Wasser / Abwasser, 63-7

Regenwasserbelastung: Organische Korrosionsschutzmittel

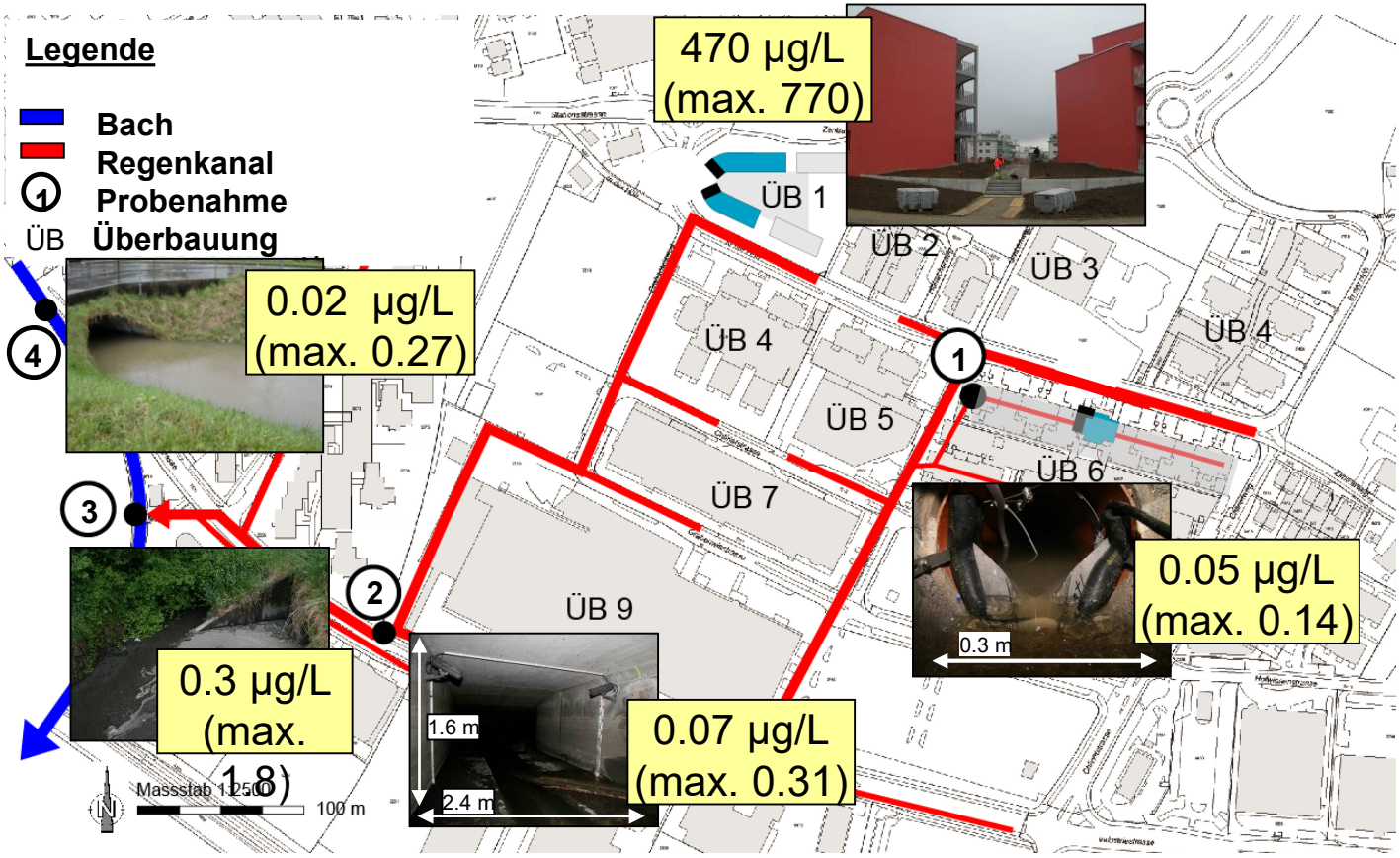
- Stahlhoch-/Stahlwasserbau: 310 bis 490 t/a PU/Epoxydharze in CH[1]
- Bisphenol A (BPA) und Transformationsprodukte
- Ökotox beruht vor allem auf BPA
- SVHC-Substanz
- Bsp.: Zwei Produkte mit Auswaschung und Effekten

Eluate	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 Vermeirssen, E., et al. (2017): Corrosion protection products as a source of bisphenol A and toxicity to the aquatic environment. Wat. Res., 123:586-593.

Regenwasserbelastung: Terbutryn im Regenkanal[1]

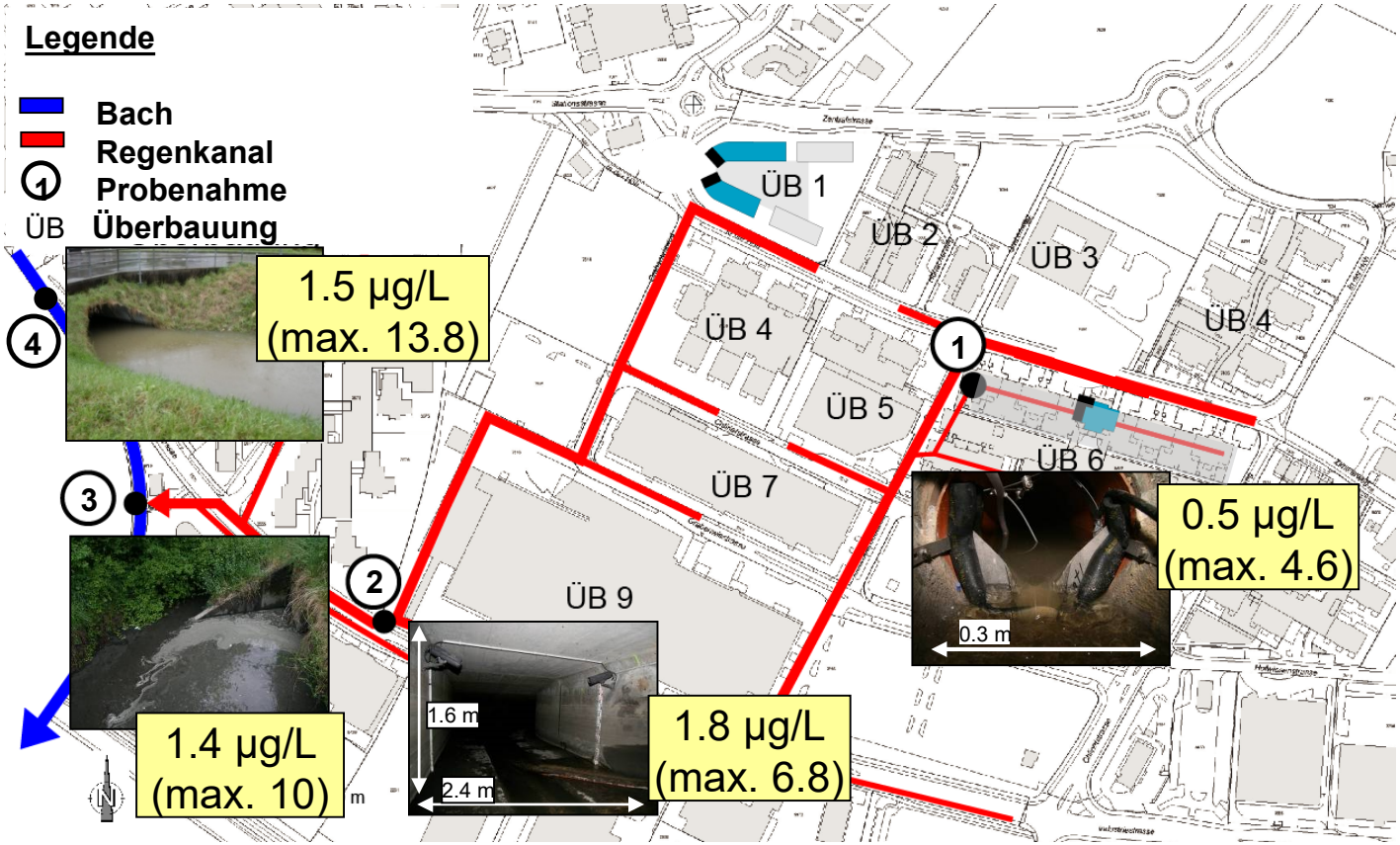
- Zahlreiche Gebäude mit Kompaktfassaden (Terburyn, nicht verkapselt)



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

Regenwasserbelastung: Mecoprop im Regenkanal[1]

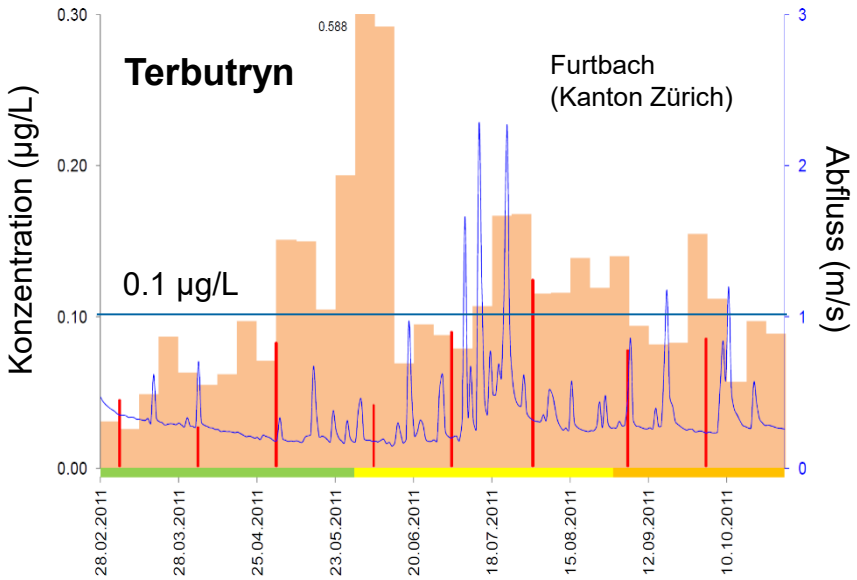
- >20’000 m^2 WF-Bitumenbahnen auf Grün/Tiefgaragendächern

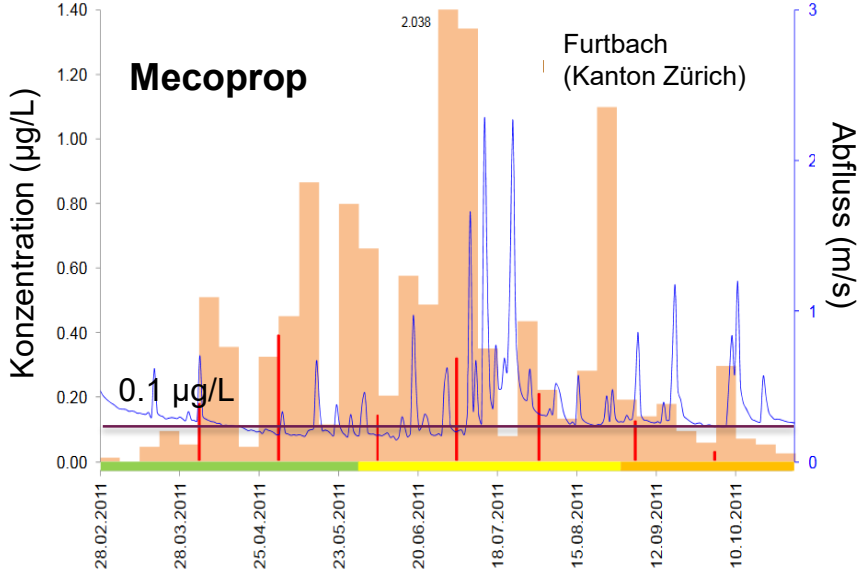


1 Burkhardt, M., et al. (2011): Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water Science & Technology, 63(9):1974-1981

Regenwasserbelastung: Spurenstoffe im Fliessgewässer[1]

- Terbutryn: Ganzjähriges Vorkommen mit Spitzen bei Regenwetter
- Mecoprop: aus WF-Bitumenbahnen und Herbizid auf Wiesen, Vorkommen quasi nur bei Regenwetter





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

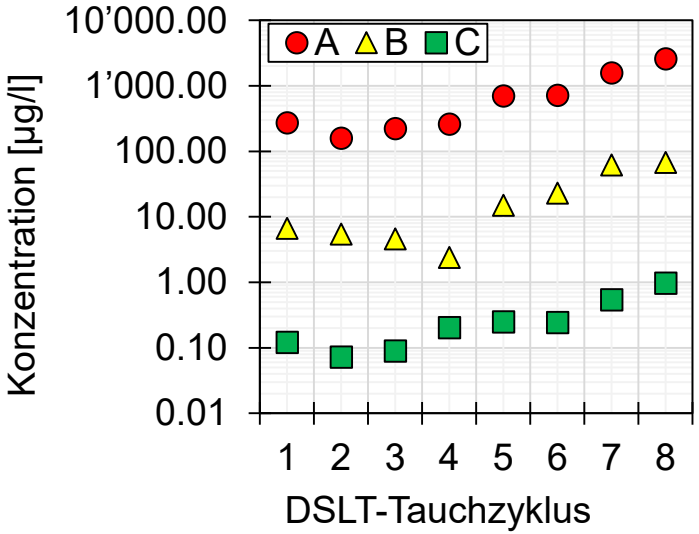
Massnahmen: Belastungsklassen[1]

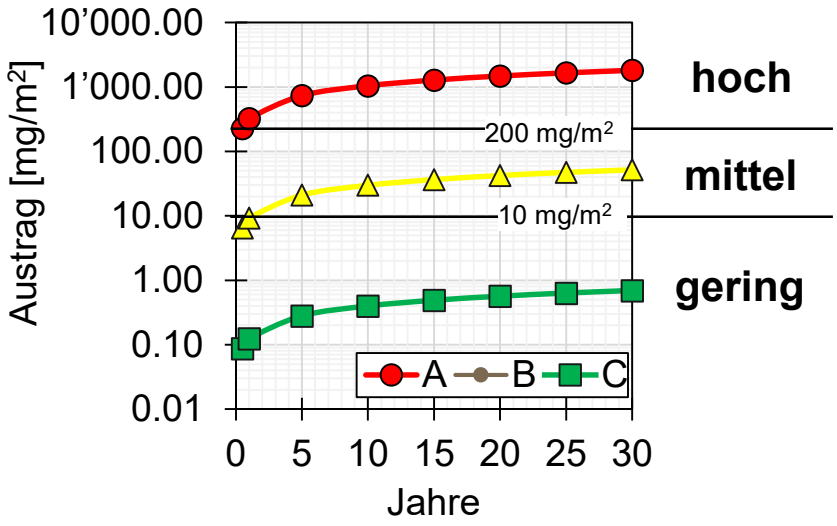
	Herkunftsfläche	Belastungs-klassen	Bemerkungen
Metalle	Dächer oder Fassaden[2] mit erhöhten Anteilen an **beschichteten Metallflächen**	**mittel**	Massgebend für die Klassierung ist die Gesamtfläche der beschichteten Blei-, Kupfer-, Zink- und Zinninstallationen, mit der das Niederschlagswasser in Kontakt kommt. **Die Dauerhaftigkeit der Beschichtung über die gesamte Lebensdauer der Installation ist durch den Hersteller glaubwürdig zu belegen.[1]** Als erhöhte Anteile pro Anlage/Einleitung gelten: • Bei Versickerung: > 50 m² • Bei Einleitung in ein Oberflächengewässer: > 500 m²
	Dächer oder Fassaden[2] mit erhöhten Anteilen an **unbeschichteten Metallflächen**	**hoch**	Massgebend für die Klassierung ist die Gesamtfläche der Blei-, Kupfer-, Zink- und Zinninstallationen, mit der das Niederschlagswasser in Kontakt kommt. Als erhöhte Anteile pro Anlage/Einleitung gelten: • Bei Versickerung: > 50 m² • Bei Einleitung in ein Oberflächengewässer: > 500 m²
Pestizide	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 (www.vsa.ch/regenwetter), so sind diese für die Klassierung massgebend. Zu solchen Materialien gehören beispielsweise Bitumenbahnen, deren nachweisliche Wurzelfestigkeit auf chemischen Schutzmitteln beruht. Niederschlagsabwasser von solchen Bitumenbahnen ist gering bis hoch belastet. Hinweise zur Einstufung liegen in der BAFU-Information vor.[3]

1 Baumgartner, D. et al. (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg, S. 68.

Massnahmen: Produktauswahl - Bitumenbahnen

- Drei Belastungsklassen (belegen durch DSLT-Labortest)
  - Hohe Belastung: in Kläranlage oder mit hoch wirksamen Substrat
  - Mittlere Belastung (heute Regelfall): Behandlung mit Boden oder Substrat
  - Geringe Belastung: ohne Behandlung einleiten oder versickern (auswaschreduzierte Produkte, z.B. Swisspor BIKUTOP Pro Aqua)





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

Massnahmen: Behandlung von Niederschlagswasser[1]

Versickerung

Gewässerschutzbereich A_U, S1–S3, S_h, S_m, üB gemäss Gewässerschutzkarte	Bodenpassage (Aufbau gemäss Modul DA Kap. 1.3)	Art der zu entwässernden Fläche: Dach- und Fassadenflächen – Belastungsklasse des Niederschlagsabwassers gemäss Tabelle B6: gering	mittel	hoch	Platz- und Verkehrsflächen – Belastungsklasse des Niederschlagsabwassers gemäss Tabelle B7 und B8: gering	mittel	hoch
übrigen Bereich üB	mit	+	+	+[2]	+	+	+[2]
	ohne	+	+	$B_{erhöht}$	$B_{standard}$[3]	$B_{standard}$	$B_{erhöht}$
Bereich A_U	mit	+	+	+[2]	+	+	+[2]
	ohne	+	$B_{standard}$[1]	$B_{erhöht}$	$B_{standard}$[4]	$B_{standard}$	$B_{erhöht}$
S3, S_h, S_m	mit	+	–	–	+	–	–
	ohne	–	–	–	–	–	–
Schutzareal/S2/S1	nicht relevant	–	–	–	–	–	–

Legende

+	Versickerung zulässig
$B_{standard}$	Versickerung zulässig mit Behandlung in Anlage der Anforderungsstufe «standard» oder «erhöht»
$B_{erhöht}$	Versickerung zulässig mit Behandlung in Anlage der Anforderungsstufe «erhöht»
–	Versickerung nicht zulässig

Informationen zu Behandlungsanlagen und Anforderungsstufen siehe Kap. 7 im vorliegenden Modul.

1 Baumgartner, D. et al. (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg, S. 68.

Massnahmen: Leistungsnachweis für Behandlungsanlagen

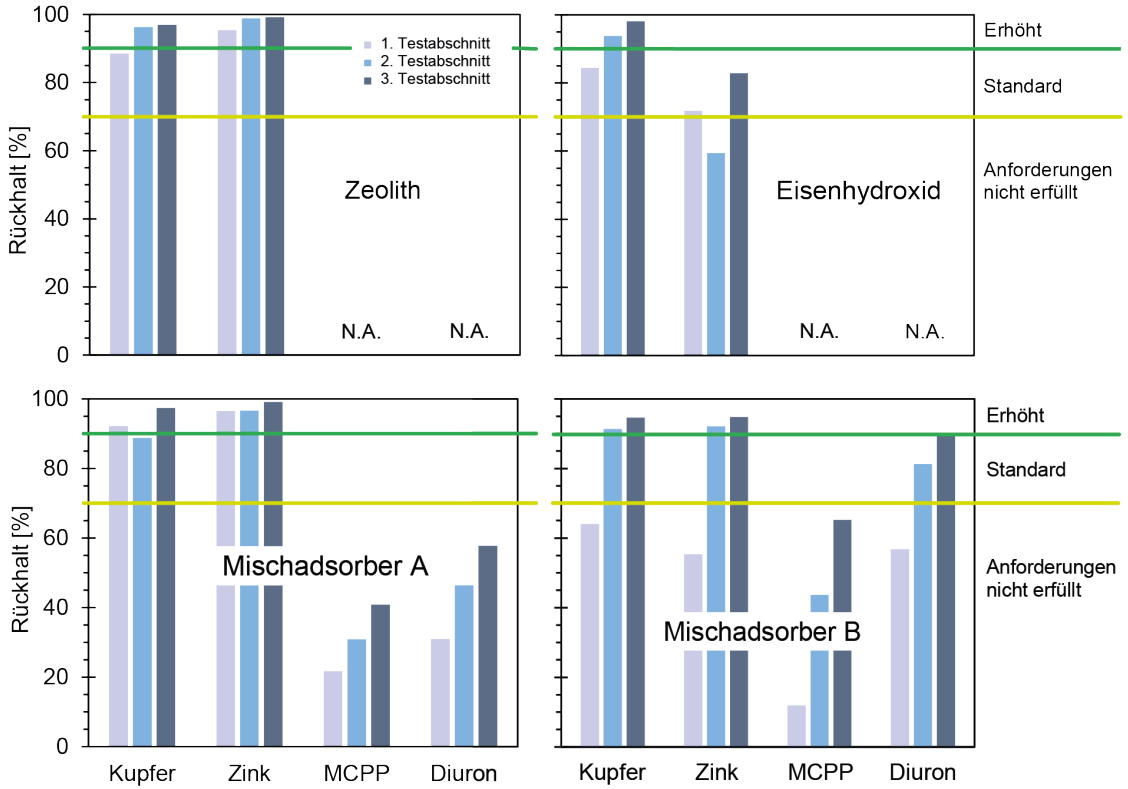
- Anlagen für Behandlung von Dach-/Fassade-, Strassen-/Platzwasser[1]
  - Schacht-, Kompaktanlagen, Rinnensysteme
  - Anforderungsstufen "Standard" und "Erhöht" vom VSA empfohlen, "Erleichtert" erfüllt Anforderung nicht
- 2-stufiges Verfahren: Labor- und Feldtest an zwei Standorten[2]
  - Labor: Rückhalt und Remobilisierung von Kupfer, Zink, Diuron, Mecoprop
  - Feld: Hersteller legt Einsatzbereiche und Stoffe fest

Anforderung	Geforderte Wirkungsgrade			
	hydraulisch	GUS	Metalle (Kupfer, Zink)	Pestizide (Mecoprop, Diuron)
Standard	≥ 90 %	≥ 80 %	≥ 70 %	≥ 70 %
Erhöht	≥ 90 %	≥ 90 %	≥ 90 %	≥ 90 %
Erleichtert*	≥ 90 %	≥ 70 %	–	–

1 Baumgartner, D. et al. (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg, S. 68.
2 https://www.vsa.ch/adsorber/

Massnahmen: Labortest mit Marktprodukten

- Material- und Stoffeigenschaften: Klare Differenzierung
- Kontaktzeit: Je geringer Geschwindigkeit, desto besser Rückhalt

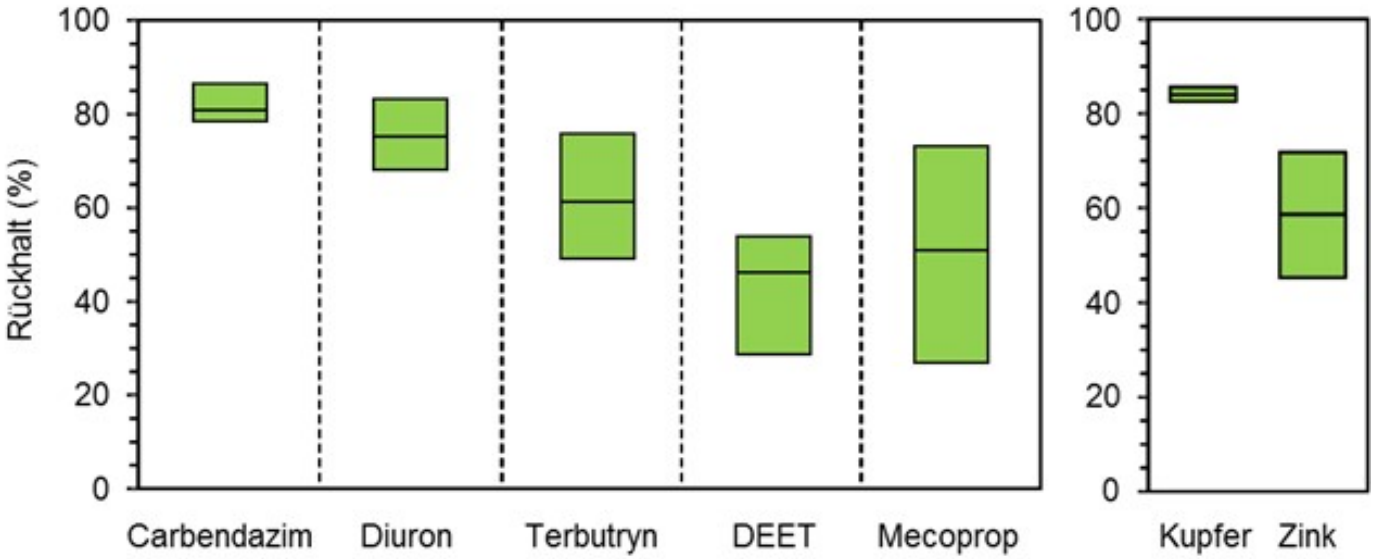


Massnahmen: Dezentrale Regenwasserbehandlung

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

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.

Schlussfolgerungen

- Abfließendes Niederschlagswasser kann zu diffusem Stoffeintrag in kleinen Oberflächengewässern und Grundwasser führen
  - Heutige Baupraxis basiert auf organischen Stoffen
  - Freisetzung besonders aus neuen Materialien bei Regenwetter
  - Eintrag in urbanes Grundwasser und kleine Gewässer unklar

- Maßnahmen
  - Vorsorgeprinzip an der Quelle: Auswaschreduzierte Produkte verwenden / entwickeln (Stoffsubstitution, geringe Auswaschung)
  - Nachgeschaltet end-of-pipe: Regenwasserbehandlung mit nachweislich geeigneten Anlagen
  - Modellbasierte Expositionsabschätzung zur Risikominimierung (www.comleam.ch)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!