

Modellierung der Auswaschung und Umweltexposition von Bauinhaltsstoffen

M. Burkhardt, F. Hochstrasser, O. Tietje, D.
Engelke, S. Gehrig, F. Mehta, P. Nigg, P. Meier

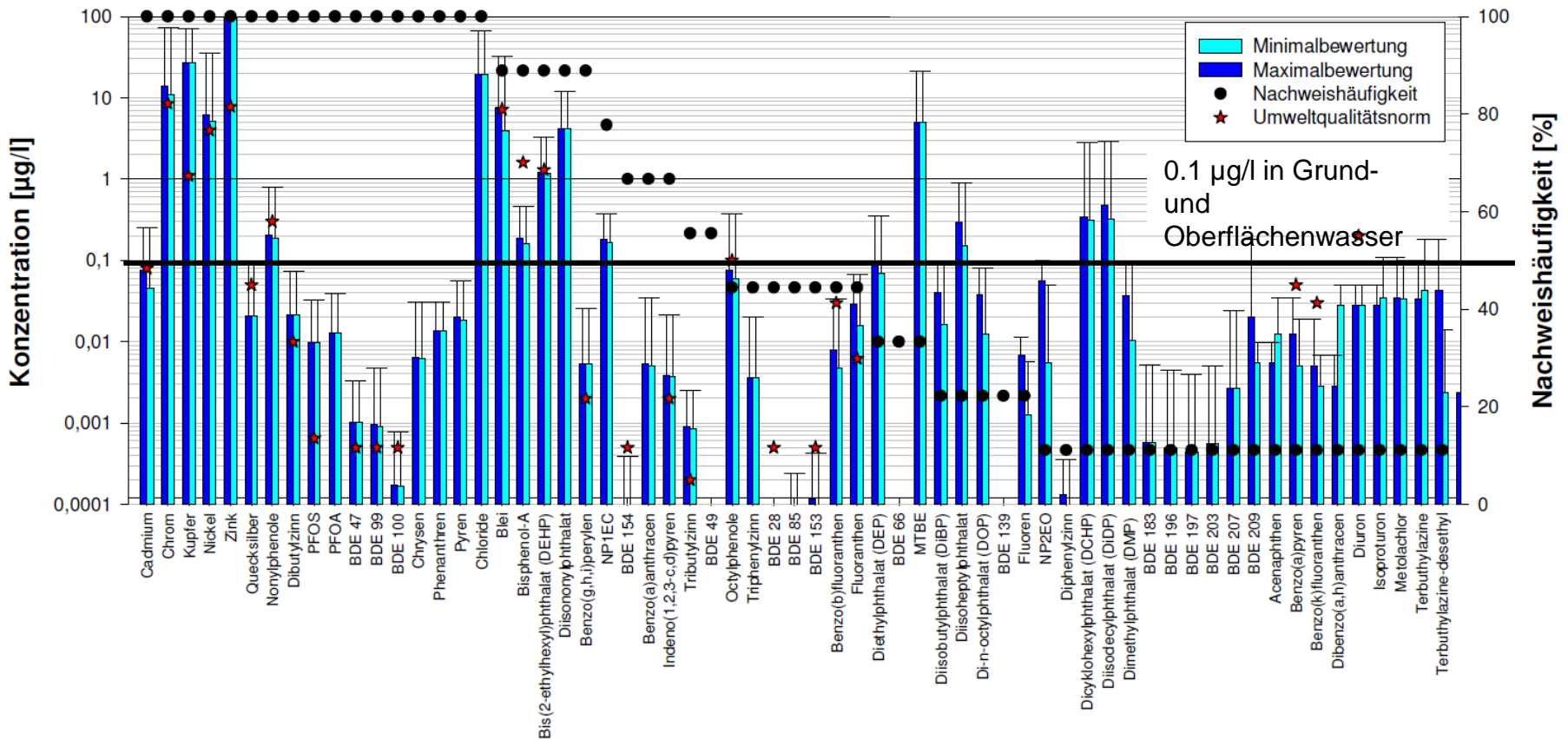
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil

Ittigen, 15. Dezember 2015

- **Ausgangslage**
- Fallstudie Fassaden
- COMLEAM Modell
- Validierung
- Modellanwendung
- Test von Szenarien
- Schlussfolgerungen

Umwelt: Vorkommen von Stoffen im Strassenwasser ¹

Metalle und organische Stoffe im Strassenwasser von Österreich

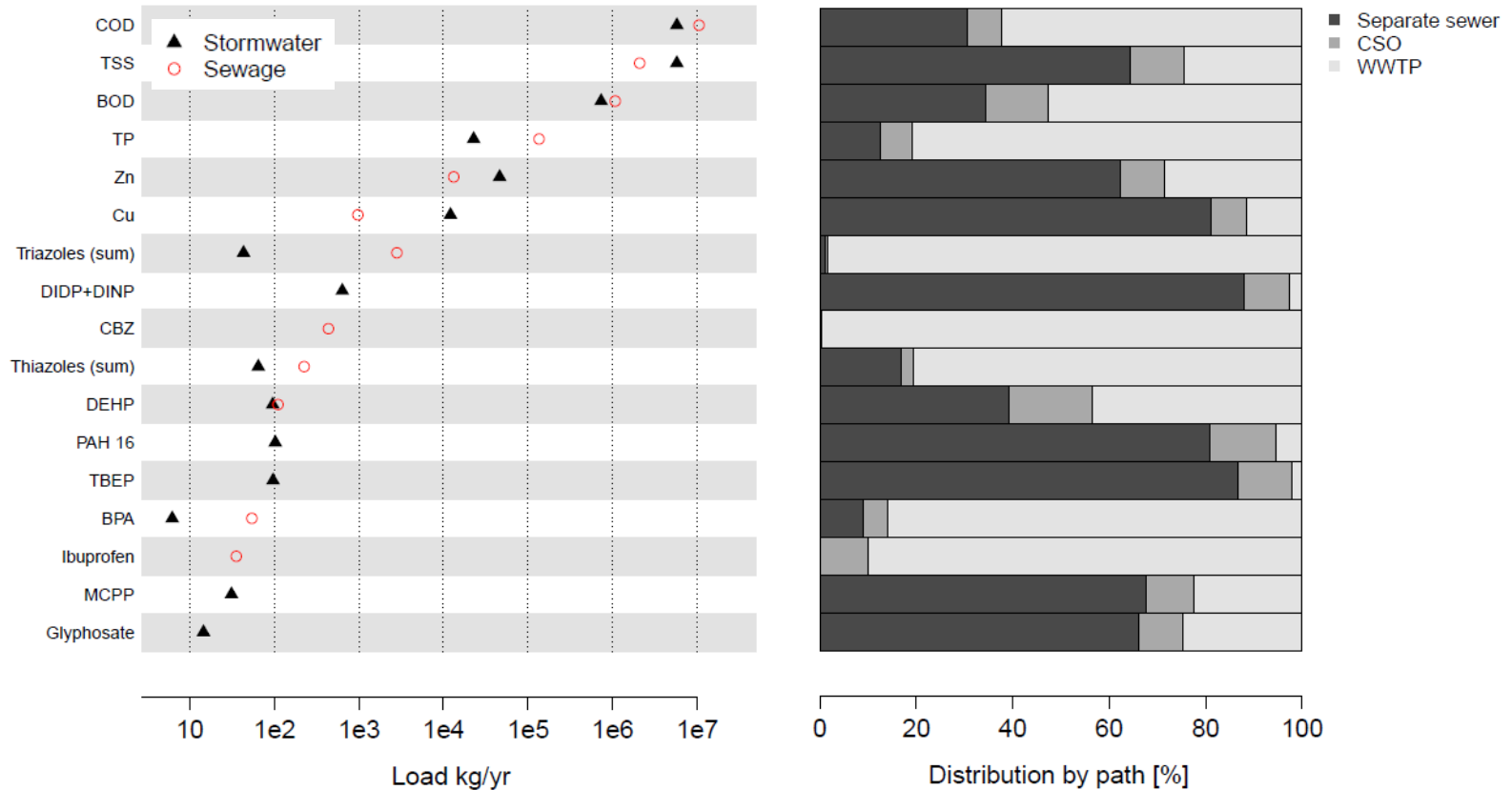


¹ Clara et al. (2014), Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen, Umweltbundesamt, Wien

Umwelt: Vorkommen von Stoffen in Siedlungsgebieten¹

■ Organische / anorganische Stoffe im Niederschlagswasser von Berlin

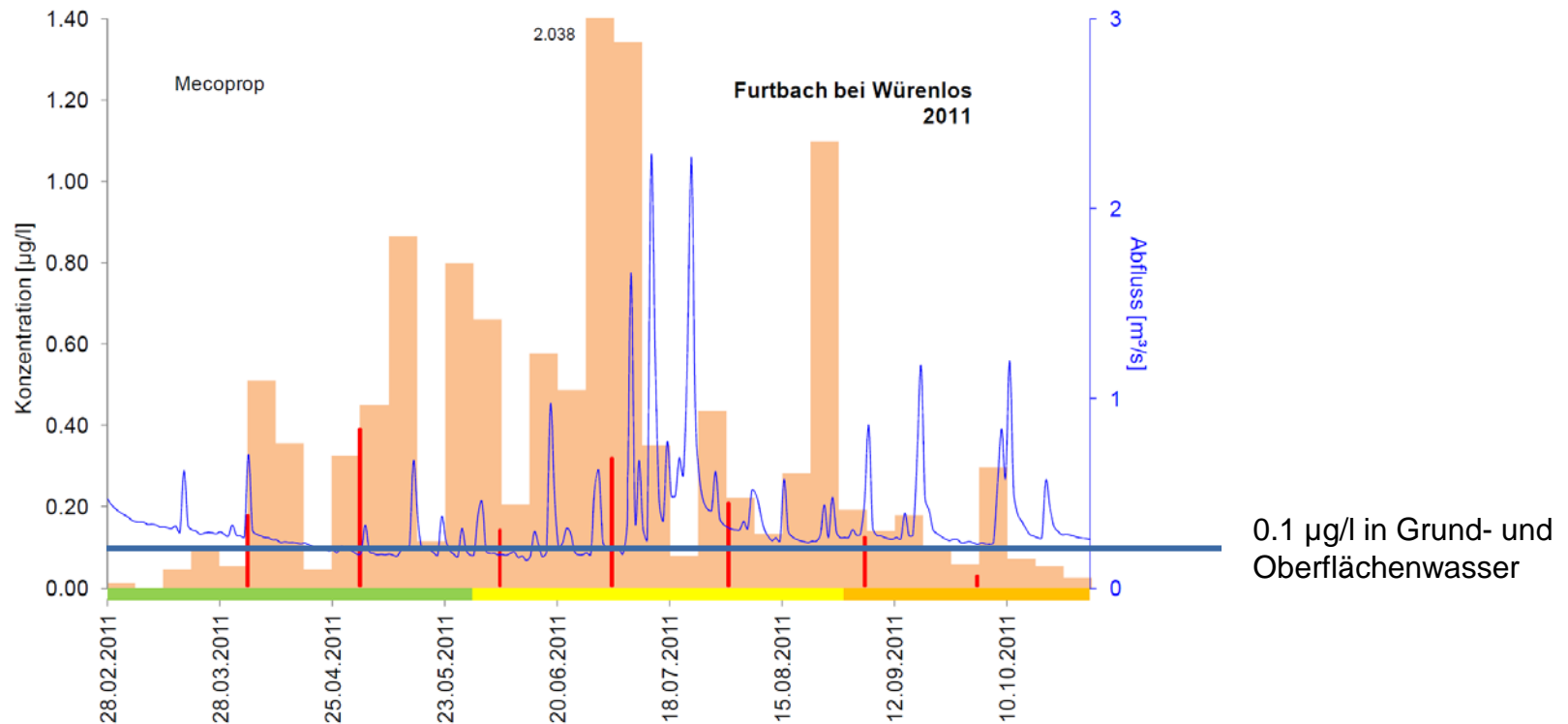
■ Emission lässt sich Bauzonen, Immission dem Abwassernetz zuordnen



¹ Wicke et al. (2015), Towards assessing the relevance of micropollutants in stormwater discharged to Berlin surface waters, Berlin

Umwelt: Pestizide in Fließgewässern ¹

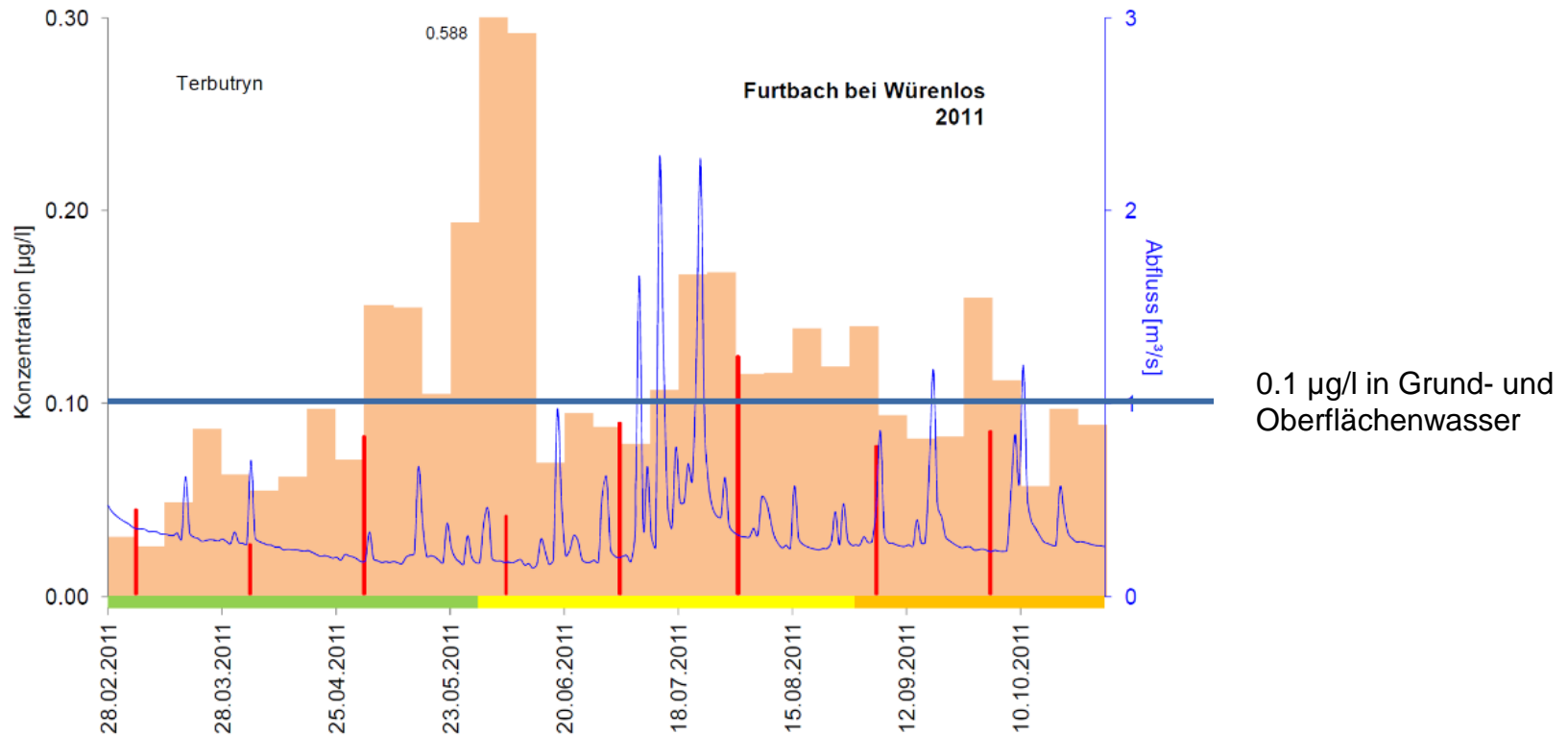
- Mecoprop (Additiv, Ester): ganzjährig, besonders bei Regenwetter
- Quellen: WF-Bitumenbahnen, Wiesen/Grünflächen, Landwirtschaft



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

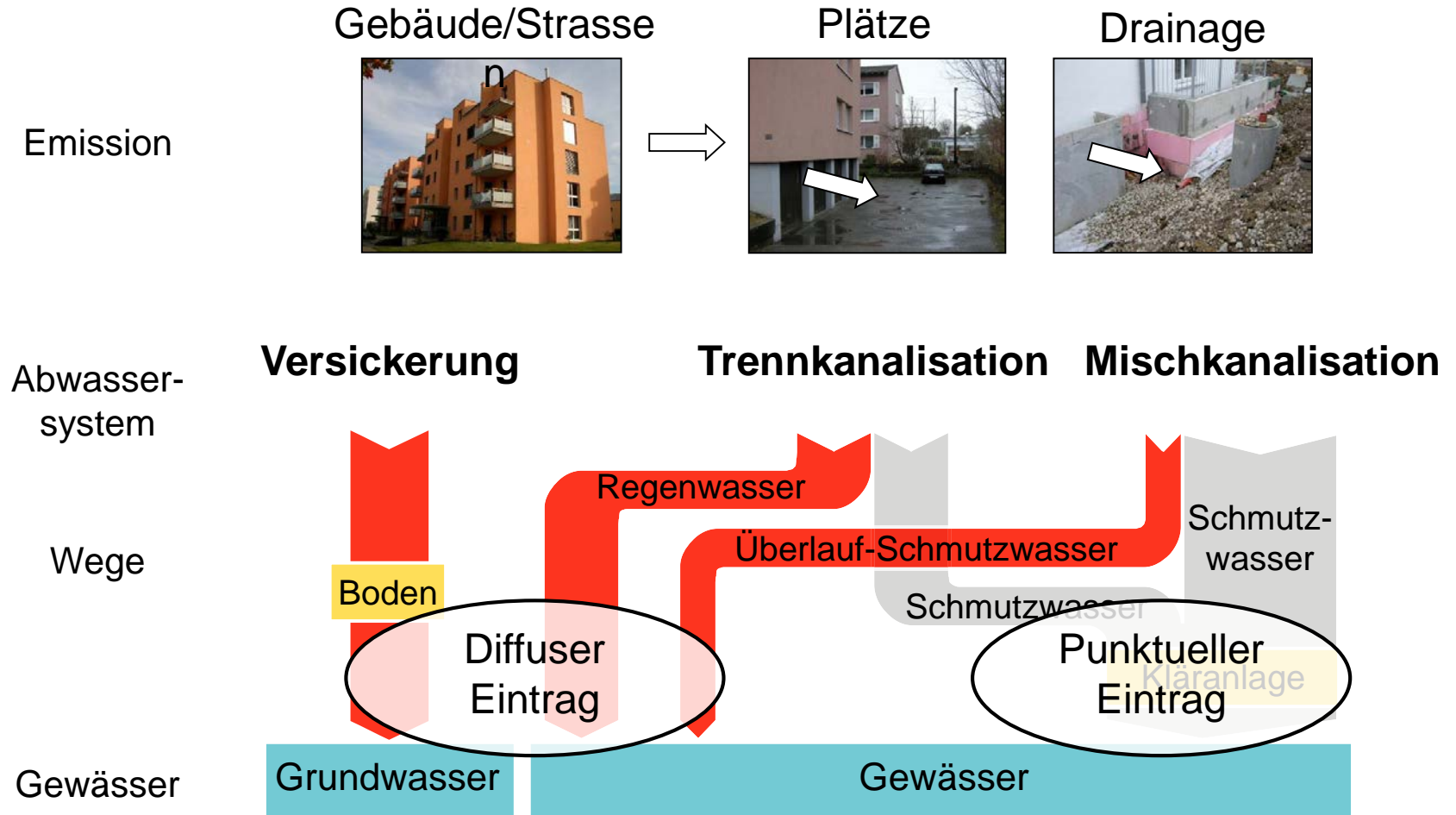
Umwelt: Pestizide in Fließgewässern ¹

- Terbutryn (Biozid, Algizid): ganzjährig bei Trocken- und Regenwetter
- Quellen: Aussenputz, Fassaden-/Dachfarben, Dachziegel u.a.



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

Umwelt: Emission in Boden und Gewässer



Umwelt: Immission in Boden und Gewässer

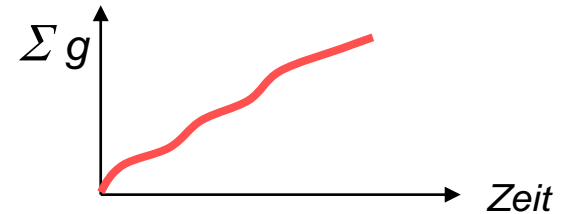


Schadstoffanreicherung in Boden und Sediment, Verlagerung ins Grundwasser und Remobilisierung

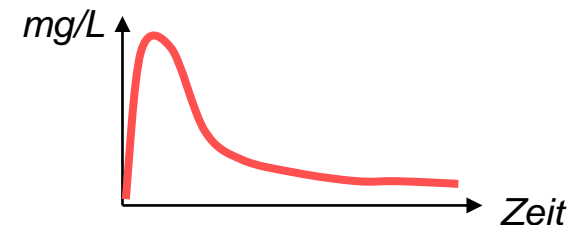


Dynamischer Verlauf im Gewässer, kritische Konzentrationen für aquatische Lebewesen

Langfristiger Frachtverlauf
Dynamik sekundär



Dynamischer Konzentrationsverlauf
Langzeitiger Frachtverlauf



Umweltbewertung: Vorgehen¹

- Europaweit harmonisierte Vorgehen mit Modellunterstützung
 - Vorkommen, Risiko, Reduktionsmassnahmen, LCA, Labelling

BPR (Biocidal Product Regulation): Biozidzulassung für 23 Produkttypen durch Risikoabschätzung mit Modellszenarien (Emission Scenario Documents)

REACH (Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals): Zulassung von Stoffen > 1 t/a in EU (150'000 notifiziert) durch Risikoabschätzung



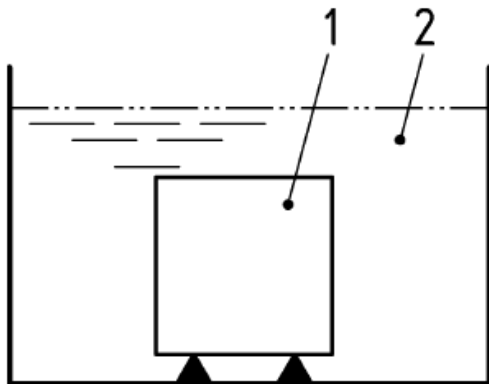
Behörde für Stoffzulassung in Europa

CPR (Construction Product Regulation): An Bauprodukte sechs Anforderungen für CE: ER3 für Mensch (Indoor) und Umwelt (Boden, Wasser)



CEN TC351 WG 1: Auswaschung mit harmonisierten Tests abschätzen – DSLT und Perkolations-Test

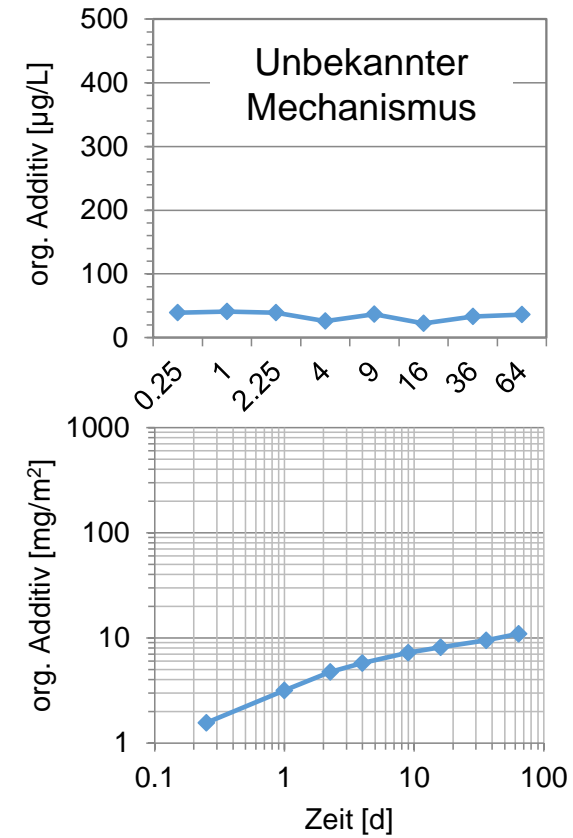
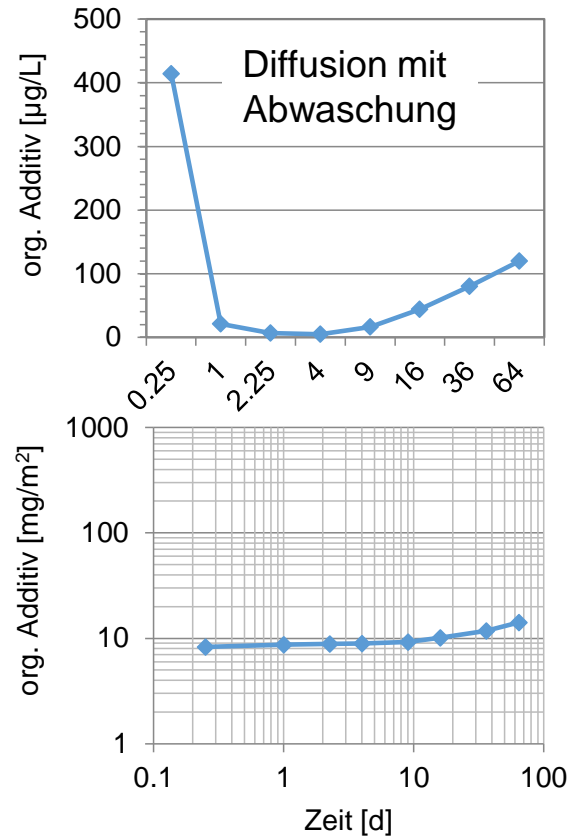
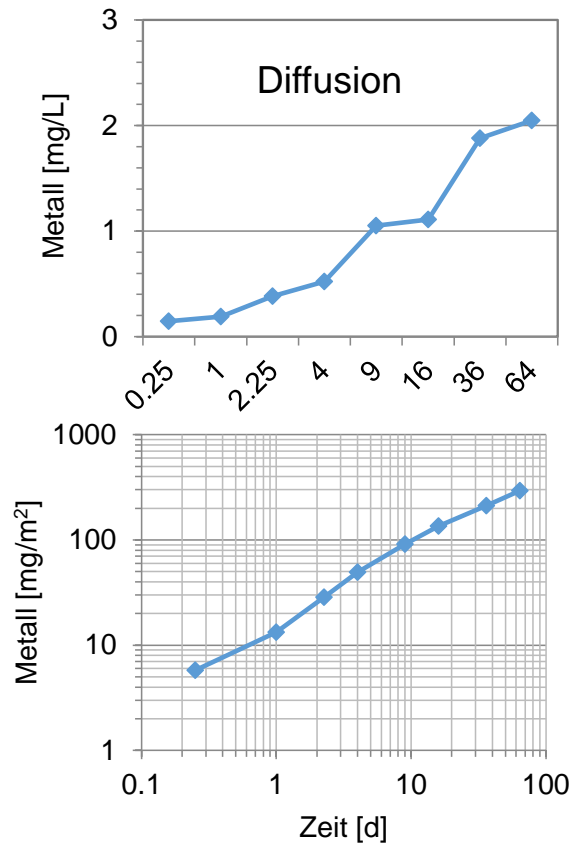
- DSLT: Dynamic Surface Leaching Test
 - Freisetzung von anorganischen und organischen Stoffen aus Bauprodukten
 - Europäische Technische Spezifikation CEN/TS 16637-2: Prüfung von monolithischen, platten- oder folienartigen Produkten
 - Auswaschung über die Zeit: Freisetzungsmengen, Freisetzungsmechanismen und Extrapolation



| Elution | Dauer pro Elution | Kumulierte Elutionsdauer |
|---------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 6 h | 6 h |
| 2 | 18 h | 1 d |
| 3 | 1 d 6 h | 2 d 6 h |
| 4 | 1 d 18 h | 4 d |
| 5 | 5 d | 9 d |
| 6 | 7 d | 16 d |
| 7 | 20 d | 36 d |
| 8 | 28 d | 64 d |

Umweltbewertung: Labortest DSLT

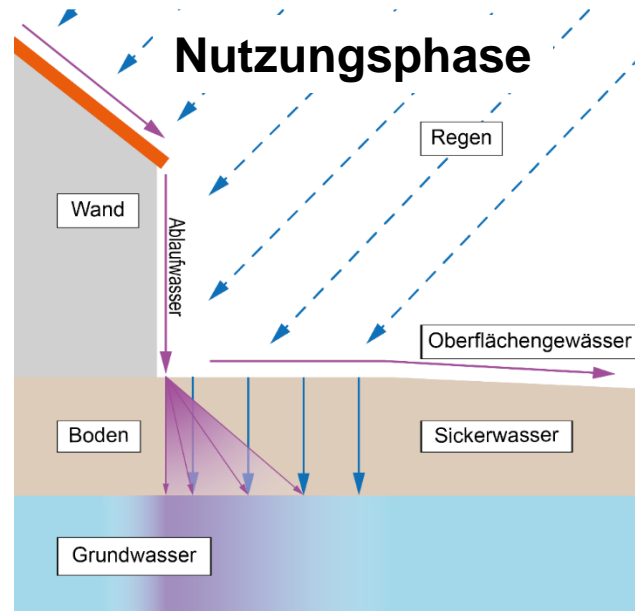
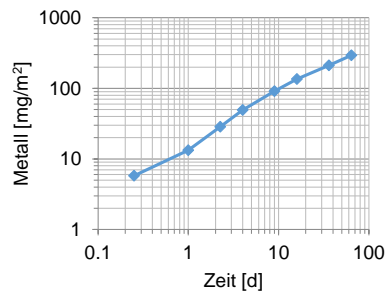
- Bestimmung vom Freisetzungsmechanismus und genormte Extrapolation auf bis zu 30 Jahre Lebensdauer



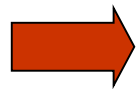
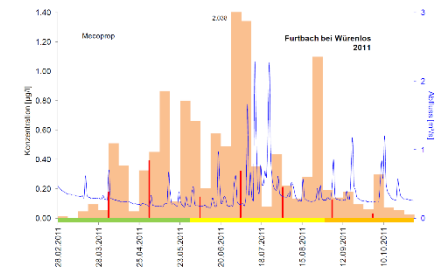
Fazit: Aussagekraft und Übertragbarkeit?

- Nutzungsphase: Emission aus Bauteilen und Stoffeintrag in Umwelt
 - Wie lassen Labor-/Felddaten für Stoff-/Umweltbewertung nutzen?
 - Wie lässt sich Konzentrations/Verlauf abbilden und bewerten?

Emission (Labor/Feld)



Immission (Realität)



Vergleich mit Feldemission und Modellierung

- Ausgangslage
- **Fallstudie Fassaden**
- COMLEAM Modell
- Validierung
- Modellanwendung
- Test von Szenarien
- Schlussfolgerungen

Biozide als Filmschutzmittel (VBP, PA 7)¹

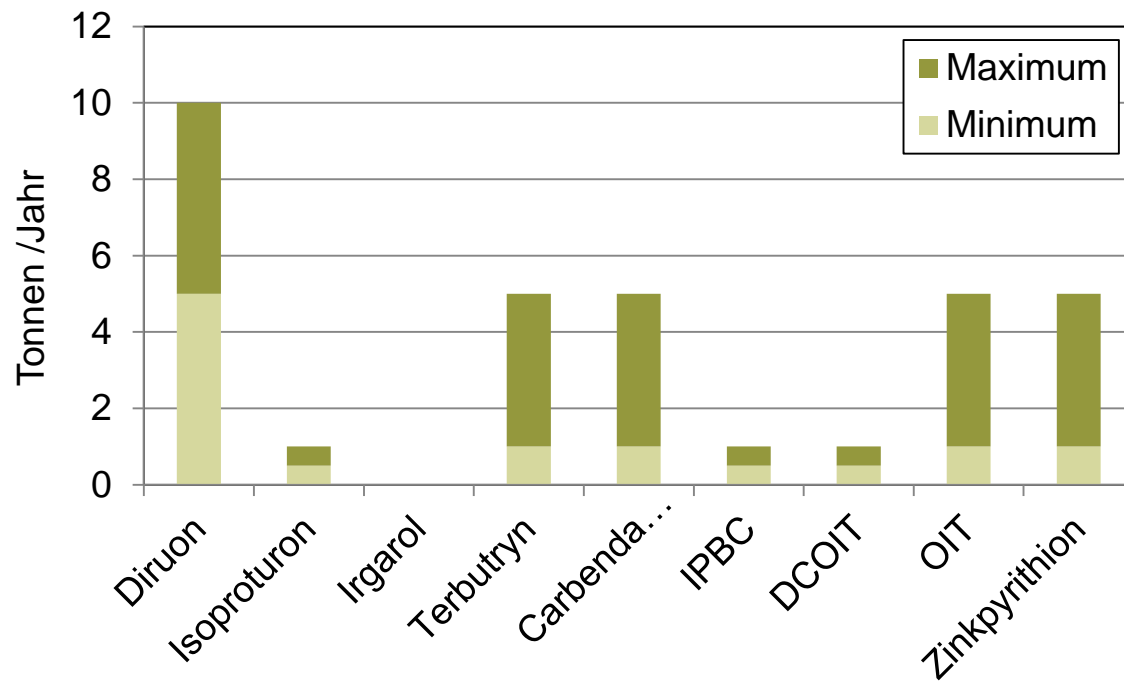
- Kombination von 2-4 Bioziden (Algizide, Fungizide)
- Gut abbaubare organische Biozide nehmen an Bedeutung zu

| Wirkstoff- klasse | Wirkstoff | WL (mg/L) | logKow | Persistenz (Umwelt) |
|------------------------------|------------------|----------------------|---------------|--------------------------------|
| Triazin | Terbutryn | 22 | 3.7 | hoch |
| Phenylurea | Diuron | 35 | 2.7 | hoch |
| | Isoproturon | 70 | 2.5 | hoch |
| Isothiazolinone | DCOIT | 14 | 4.9 | mittel |
| | OIT | 480 | 2.4 | gering |
| Carbamate | IPBC | 168 | 2.4 | gering |
| | Carbendazim | 8 | 1.6 | mittel |
| Metallorganik | Zinkpyrithion | 8 | 0.9 | mittel |

¹ Burkhardt & Dietschweiler (2013): Mengenabschätzung von Bioziden in Schutzmitteln in der Schweiz. Bericht, BAFU, Bern.

Mengen von Bioziden für Filmschutz¹

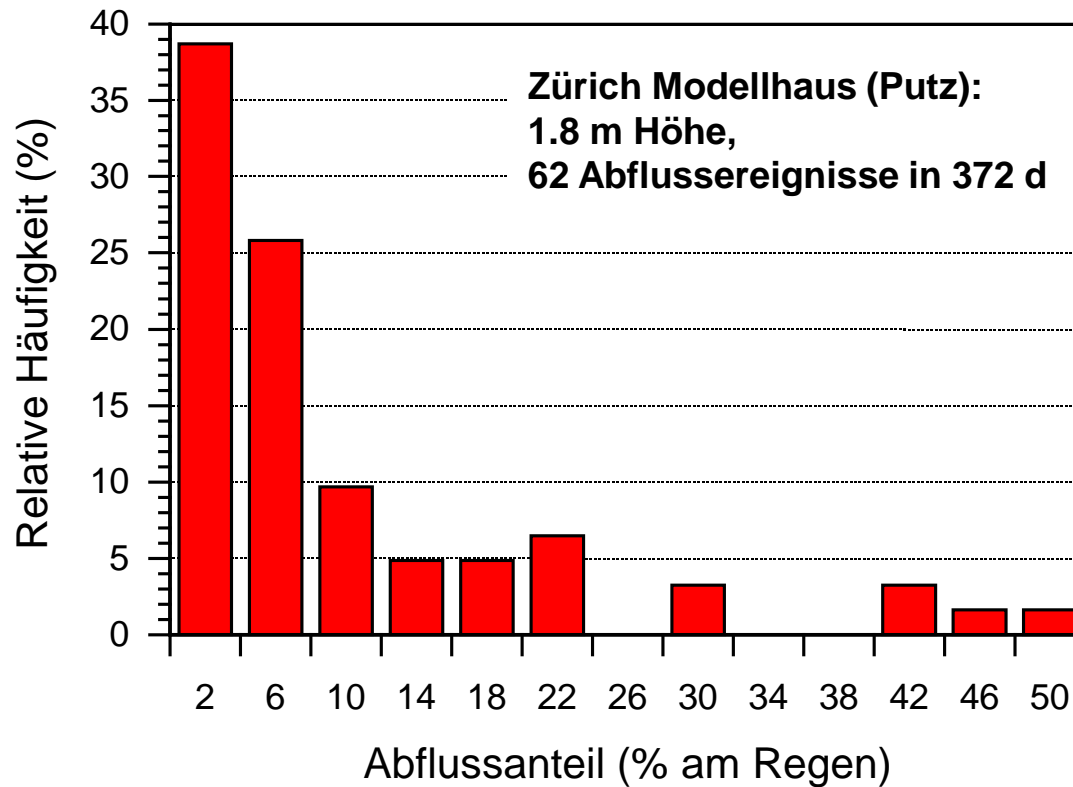
- 10-30 t/a Biozide (70% verkapselt), Algizide von Umweltinteresse
- 100-1500 mg/m² pro Biozid, 2-4 in Kombination
- In „mineralischen“ Produkten teils Zinksulfid / Zinkoxid (keine Biozide)



¹ Burkhardt, M., et al. (2013): Mengenabschätzung von Filmschutzmitteln in Bautenfarben und -putzen (PA 7), Holzschutzmitteln (PA 8), Mauerschutzmitteln (PA 10) und Antifoulingmitteln (PA 21) in der Schweiz. BAUFU.

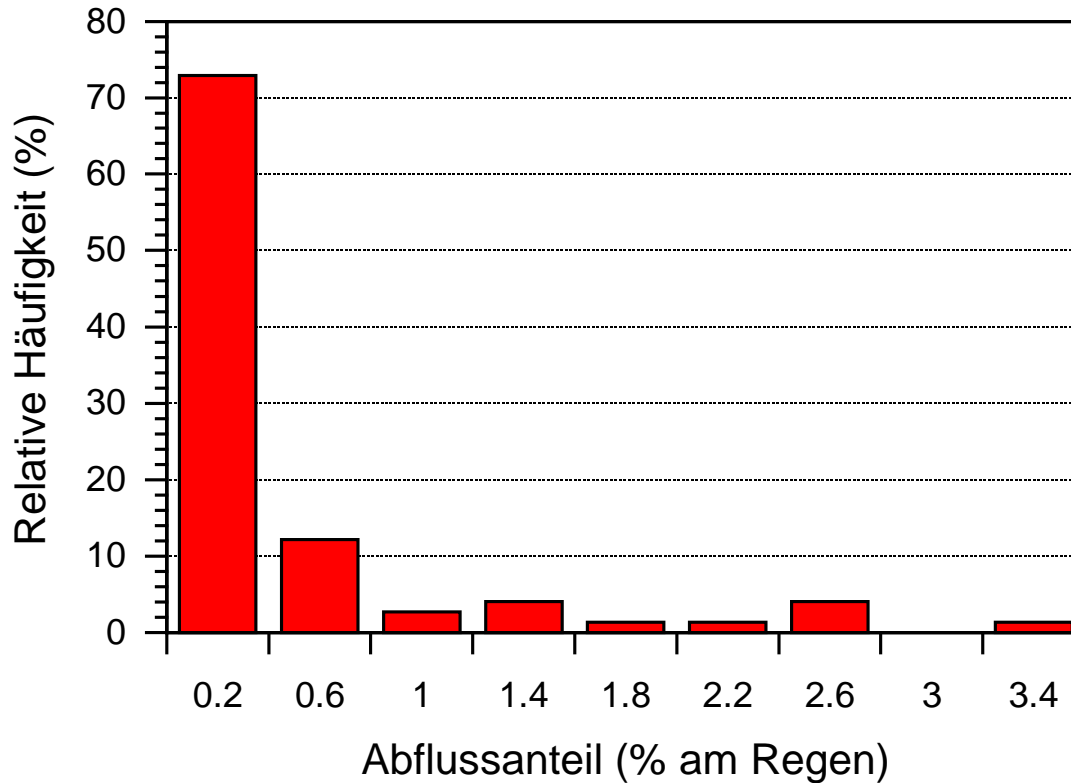
Auswaschung: Abfluss an kleinen Fassaden


- Relevante Faktoren für Fassadebbfluss: Wetter, Ausrichtung, Höhe
- Abflussmenge <10% vom Jahresniederschlag (815 mm), in 10% der Regenereignisse tritt kein Abfluss ein



Auswaschung: Abfluss an hohen Fassaden (Höhe 10.5 m)

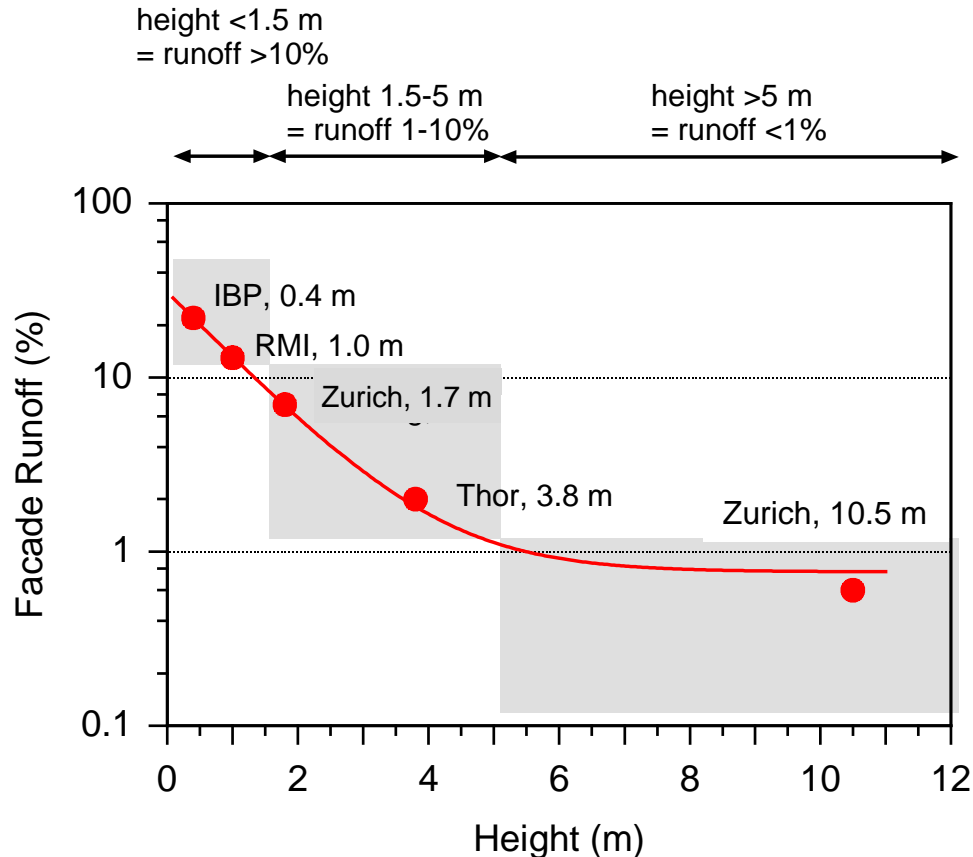
- 74 Ereignisse in 360 d (900 mm/a Regen; >20% kein Abfluss)



 **Abflussanteil <0.4% vom Horizontalregen**

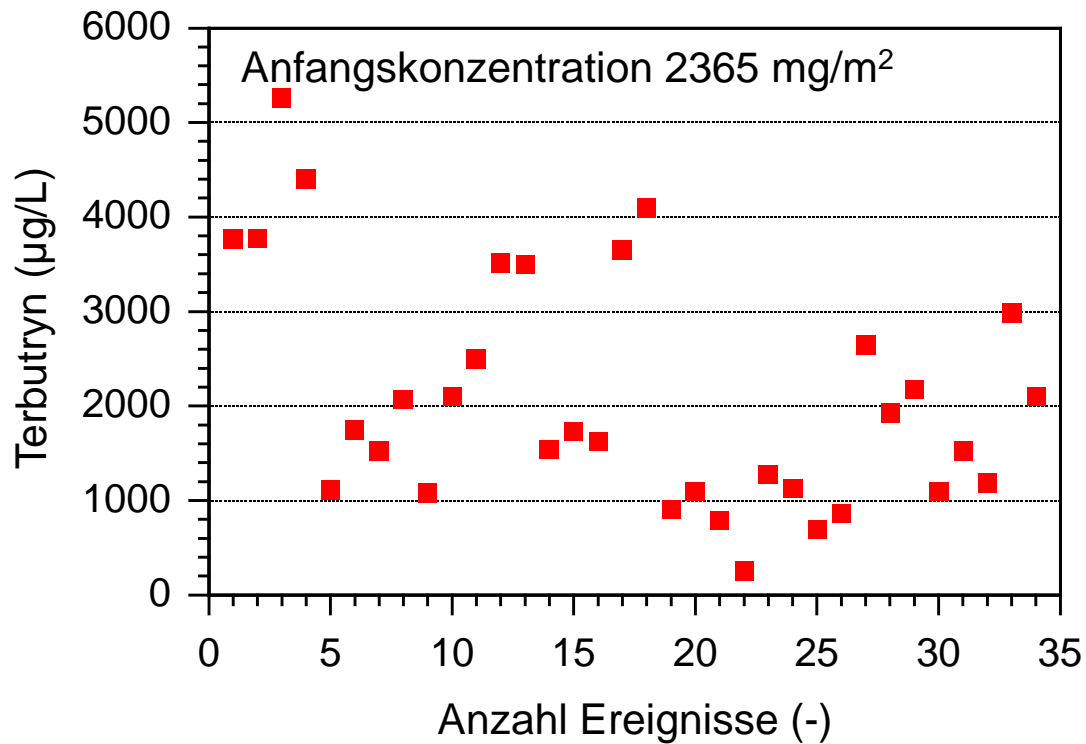
Auswaschung: Abhängigkeit von der Fassadenhöhe

- Je kleiner die Fassade, desto geringer der flächenbezogene Abfluss (l/m^2)
 - Der Abfluss an kleinen Prüfkörpern kann um Faktor >10 überschätzt werden



Auswaschung: Terbutryn an kleinen Fassaden

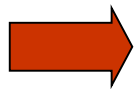
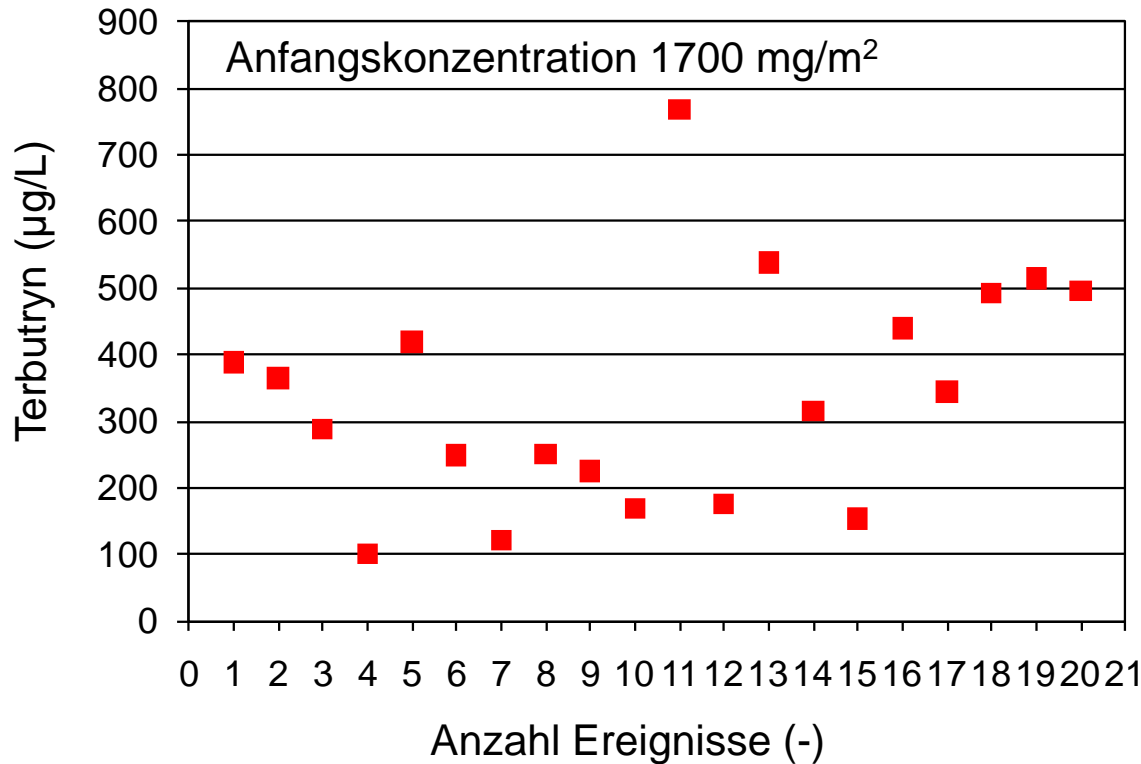
- 34 Ereignisse in 372 d analysiert (0-12 Monate alt)



➔ **Abnahme der Konzentration im Ablaufwasser**

Auswaschung: Terbutryn an hohen Fassaden (Höhe 10.5 m)

- 20 Ereignisse in 100 d analysiert (6-9 Monate alt)



Im ersten Jahr 1 - 20% Auswaschverluste (mg/m^2 bis g/m^2)

- Ausgangslage
- Fallstudie Fassaden
- **COMLEAM Modell**
- Validierung
- Modellanwendung
- Test von Szenarien
- Schlussfolgerungen

Konzept: Modellierung der Auswaschung und Umweltexposition

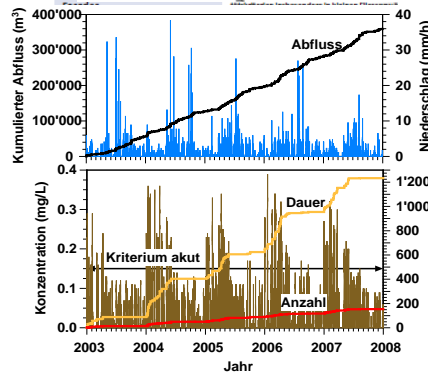
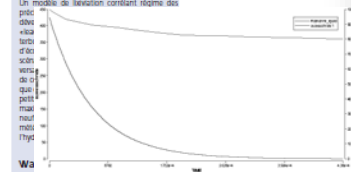
- Einfache Modelle sind bereits für die Biozidzulassung etabliert
- Hohe Potential wurde durch wissenschaftliche Modelle gezeigt

ARTIKEL | ACTUEL
HAUPTARTIKEL | ARTICLE DE FOND

Gewässerbelastung durch Biozide auf Gebäudefassaden

Pollution des eaux par les biocides ajoutés aux crépis de façade
Le lavage des crépis de façade par les eaux de pluie entraîne de nombreux polluants vers l'hydrophobe, notamment les algues et les fongicides ajoutés en grande quantité aux crépis. Un modèle de lixiviation constant régime des

Alexander Walzer



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

eawag
aquatic research 2000

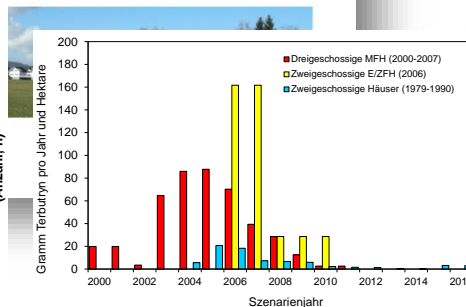
Auswaschung von Bioziden aus Gebäudefassaden in Abhängigkeit der Siedlungsstruktur am Beispiel Terbutryn

Diplomarbeit, Departement Umweltwissenschaften ETH Zürich, ausgeführt an der Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs

Eva Gellinger
März 2008

Betreuung:

Dr. Michael Burkhardt, Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, Eawag
Prof. Dr. Markus Boller, Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, Eawag
Dr. René Schwarzenbach, Departement Umweltwissenschaften, ETH Zürich



EPFL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

MAGISTER SCIENTIÆ

ENVIRONMENTAL SCIENCES AND ENGINE

Integrated Modeling Framework for A Dynamics of Façade Pollutants in Urban Hydrologic Response

Master Thesis

Dario Del Giudice

Director:

Prof. David Andrew Barry

Supervisors:

Prof. Rossi, Eng. Sylvain Contu

geological Engineering Laboratory
ENAC - SSE - ECOL

July 2011

WATER RESEARCH 43 (2011) 342-351

Available at www.elsevier.com
ScienceDirect
journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres

Modelling biocide leaching from facades

Irene K. Wittner^{a,b,*}, Ruth Scheidegger^a, Christian Stamm^a, Willi Gajzer^{a,b}, Hans-Peter Bader^a

^aEnergy, Urbanisation Lab, EPFL-Delémont, Switzerland
^bInstitute of Technology and Innovation (ITI), EPFL-Chrysalis, Switzerland
^cInstitute of Environmental Engineering, ETH Zurich, Switzerland

ARTICLE INFO
Article history:
Received 1 June 2010
Received in revised form 1 April 2011
Accepted 1 April 2011
Available online 8 April 2011

Keywords:
Biocides
Urban water
Material pollution
Surface water

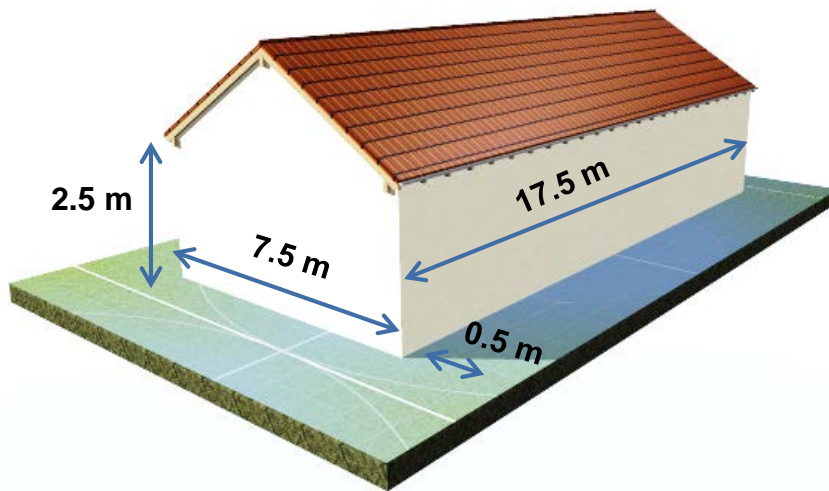
ABSTRACT
Biocides leach from facades during rain events and subsequently enter the aquatic environment with storm water. Little is known about the leach of an entire wastewater, since most studies related to leach-off experiments conducted under laboratory conditions. This results show a fast decrease of concentrations in the leachings, which subsequently allow some. The aim of this study is to develop a simple model to understand the concentration leading to these losses as well as to evaluate losses under realistic rainfall and application conditions.
We developed a four-box model based on the knowledge gained from 10 yr of experimental biocide leach testing experimental data set of a walk-off experiment. The model consists of two mobile biocide boxes which biocides are washed off during a rain event. These mobile biocides are applied onto facades from storage tanks by diffusion-type processes. The model accurately reproduced the measured data of leach-off during single events as well as over several rain events.
Our model results for diffuse losses showed that a large proportion (~70%) of the applied biocides are still in the storage tanks after a rain volume corresponding to around 2.00 mm of rain (about 10 mm of water) application to nearby concrete balconies showed that losses can not be neglected for urban environments and that knowledge about the amount of rainfall is essential to assess the leach-off of biocides from facades in urban areas. The model increased our understanding of the processes leading to the observed dynamics in laboratory experiments and may lead to optimized losses for urban rainfall and application conditions.
© 2011 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction
A recent study of biocide contributions to surface waters showed that for certain compounds, facades are the main source (Wittner et al., 2011). Some biocides (e.g., dicolins) are of environmental concern even at low concentrations of a few hundred nanograms per litre (e.g., Claverie et al., 2000). Such concentrations have been observed in several surface waters (e.g., Claverie and Pittman, 2007; Wittner et al., 2010) but little is understood about what influences their level. To

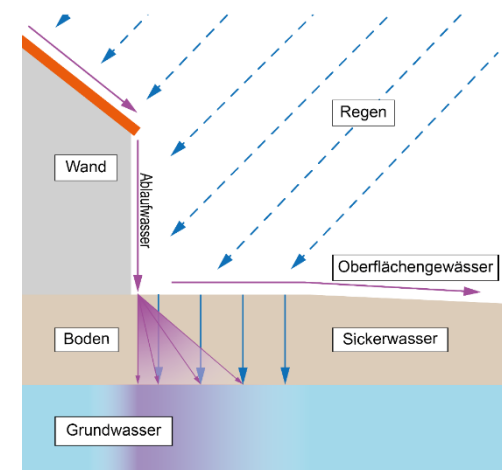
Vorteil von numerischen Modellen

- Simulation hilft, die Dynamik der Emission und Immission für festgelegte Szenarien oder Fallstudien abzuschätzen
- Sensitivitätsanalyse und Variation von Parametern gibt Hinweise zu kritischen Substanzen oder problematischen Anwendungsbereichen
- Randbedingungen lassen sich vereinheitlichen oder individuell definieren

Beispiel-Szenario: BPR Haus

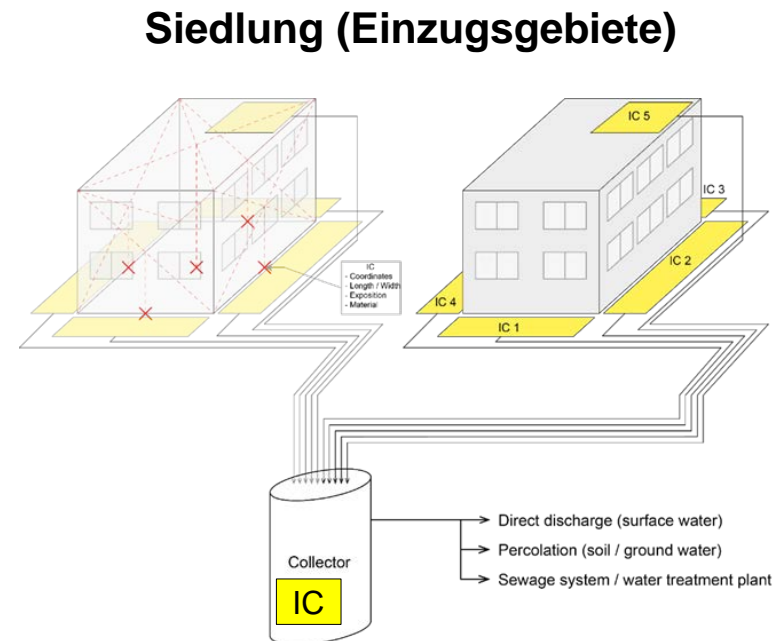
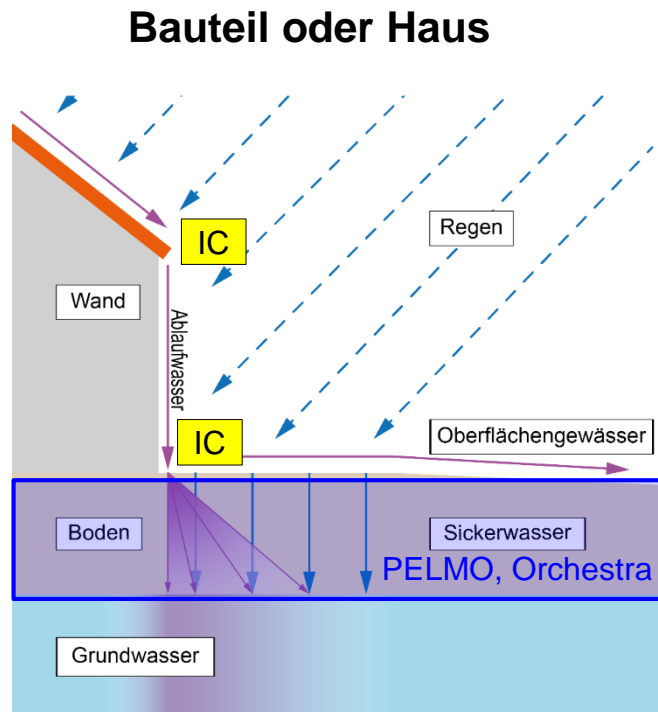


Nutzungsphase



COMLEAM: Construction Materials Leaching Model

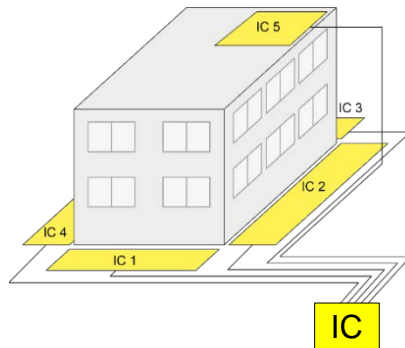
- COMLEAM ist eine benutzerfreundliche Software zur Simulation von Schlagregen, Auswaschung, Eintrag und Umweltrisiko
- Interfaces (IC): “virtuelle” Kompartimente für die Risikoabschätzung (point-of-compliance, POC) oder Datenexport (z.B PELMO, Orchestra)



COMLEAM Konzept und Struktur

- Geometrie von Bauteilen, z.B. Höhe, Länge, Ausrichtung
- Wetter, z.B. Niederschlag, Windrichtung/-geschwindigkeit (FOCUS)
 - Simulation vom Schlagregen (vertikale Flächen) nach ISO 15927-3:2009
- Emission unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren
 - Auswaschung: Daten aus Feld oder Labor (z.B. DSLT, EN16105)
 - Material- / Substanzeigenschaften: Datenbank oder individuelle Eingabe
 - Emissionsfunktionen, z.B. Time1-Time2 (BPR), detailliert, log-Function

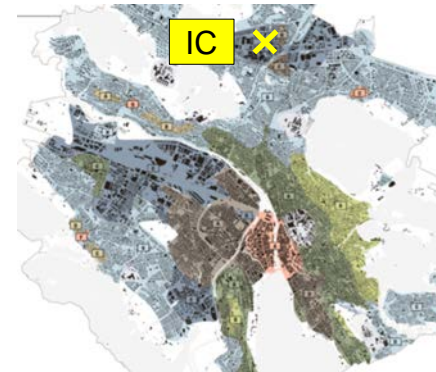
Bauteil, Hause



Überbauung

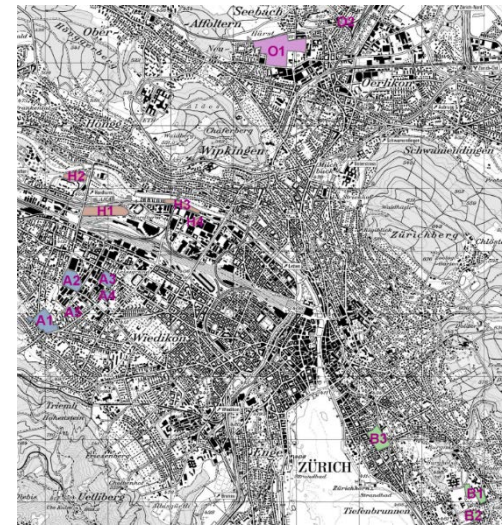
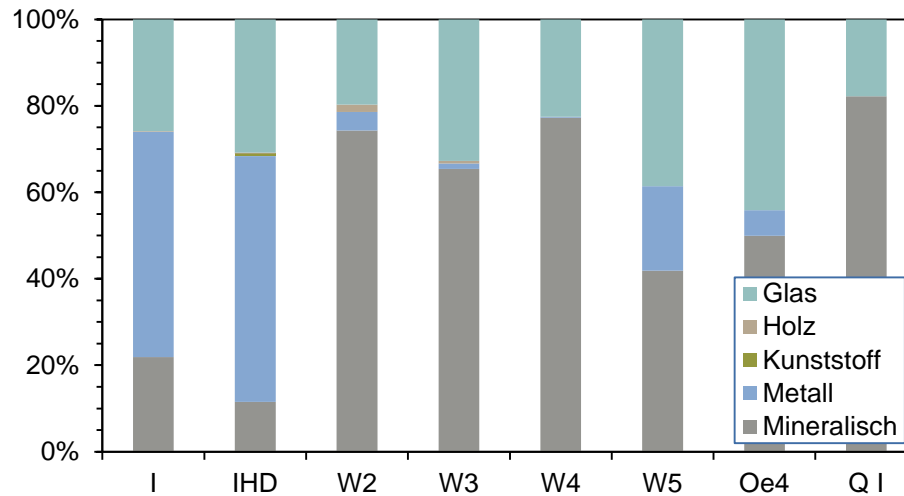


Quartier



COMLEAM-Potenzial: GIS

- Ziel: Ableitung von realitätsnahen Szenarien/Fallstudien hinsichtlich verbauter Materialien und damit zu erwartender Stoffe für z.B. «Neubauggebiet», «Mischzone», etc.
- Georeferenzierte Erhebung von Exposition, Höhe und Fläche sowie verbaute Materialien auf Fassaden. Daten zu Bauzonen, Gebäudealter etc.
- Material- Datenbank verknüpft Emissionsdaten und Materialien, in denen sie vorkommen



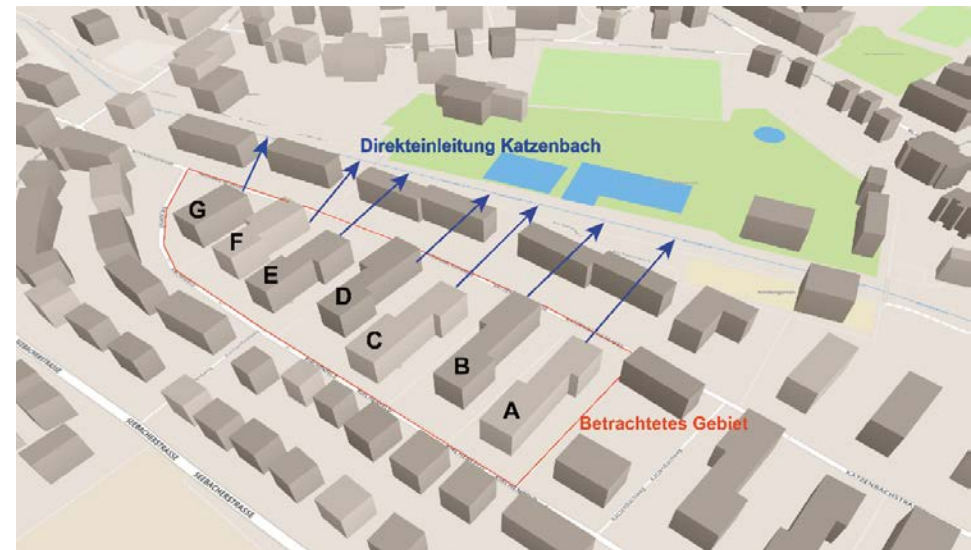
■ GIS-gestütztes Szenario / Fallstudie

- Auswahl Gebiet und Gebäude (3D-GIS) unter Berücksichtigung von Bauzonen
- Datenaufbereitung mit GIS
- Materialerhebung (vor Ort, Annahmen)
- Import in COMLEAM und Auswertung

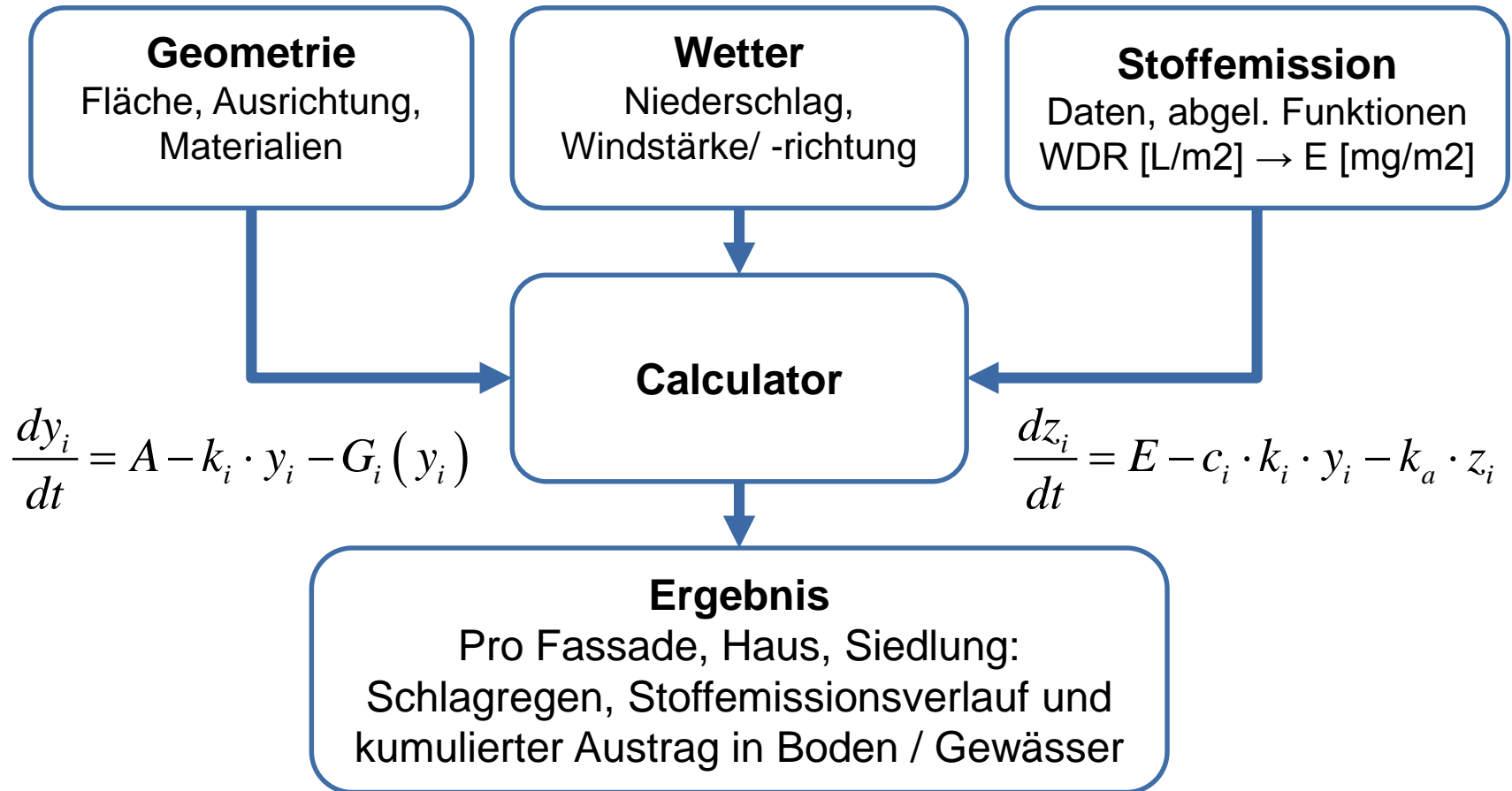


■ Berechnung

- Geometrie (Gebäude)
- Wetter
- Emission
- Umweltkompartiment

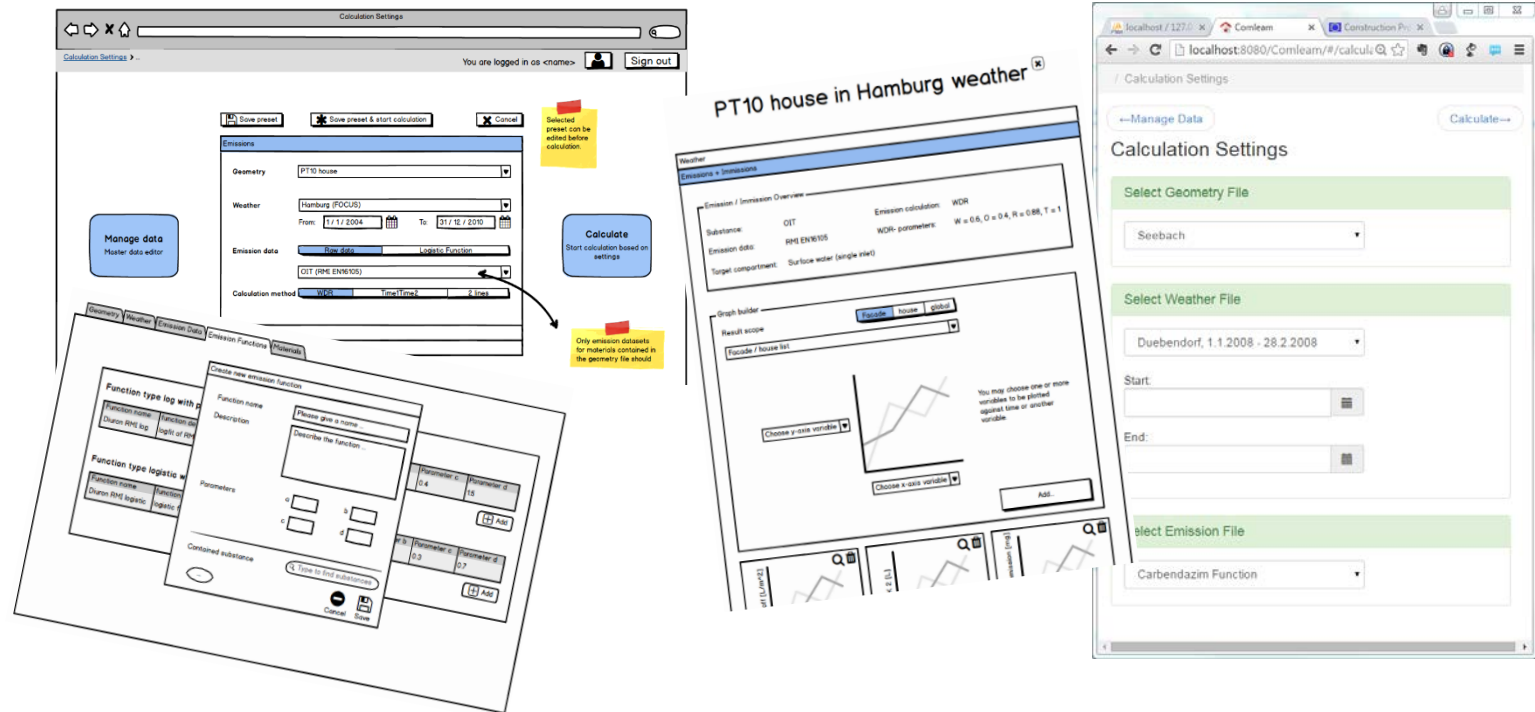


Berechnung schematischer Ablauf



Wie sieht COMLEAM aus?

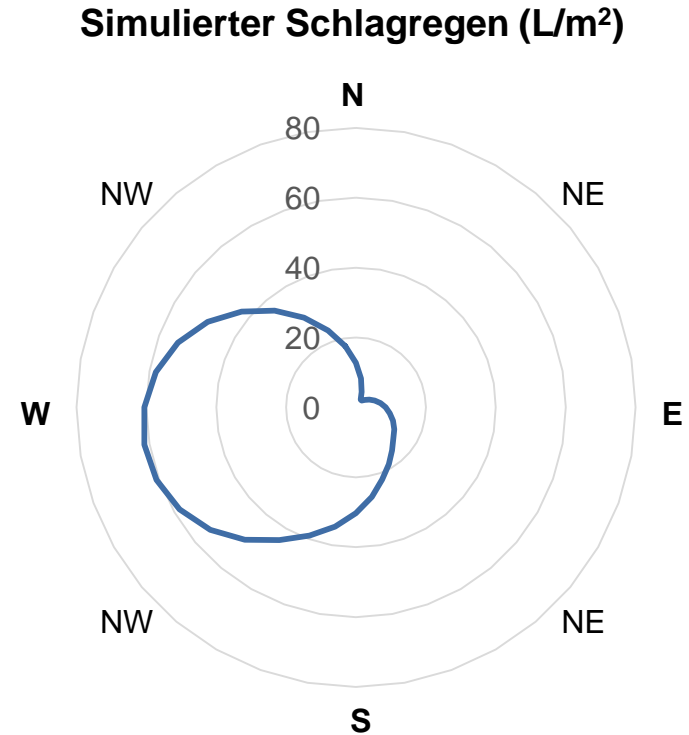
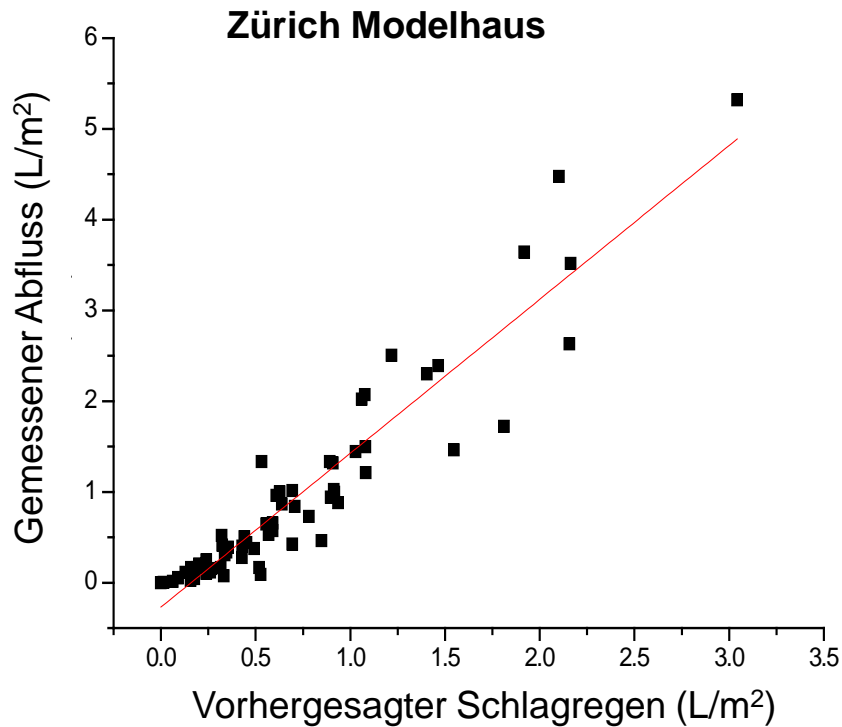
- Rechenkern und Schnittstellen realisiert (Expertenmodus verfügbar)
 - Umsetzung Frontend 2016, drop-down Menus, default Werte etc.
 - Software gratis und als Web-Applikation (open-source)



- Ausgangslage
- Fallstudie Fassaden
- COMLEAM Modell
- **Validierung**
- Modellanwendung
- Test von Szenarien
- Schlussfolgerungen

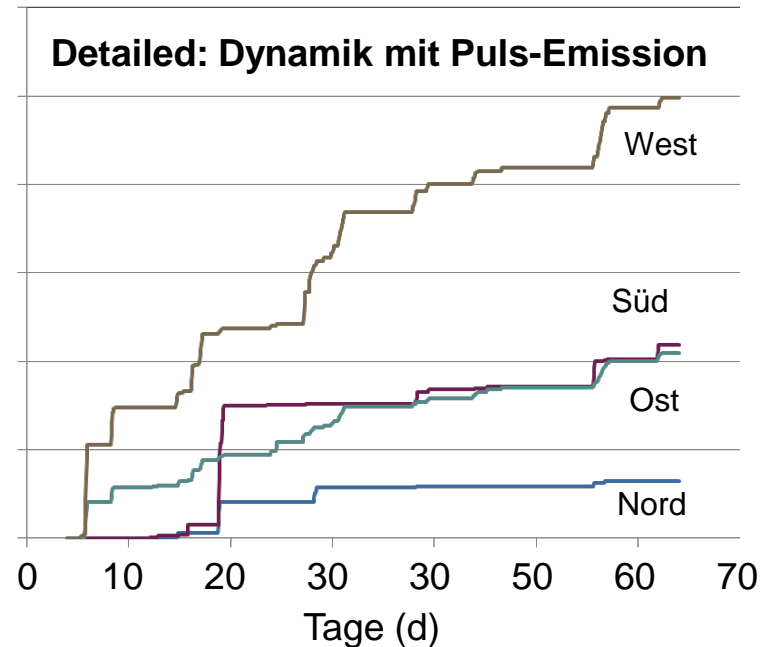
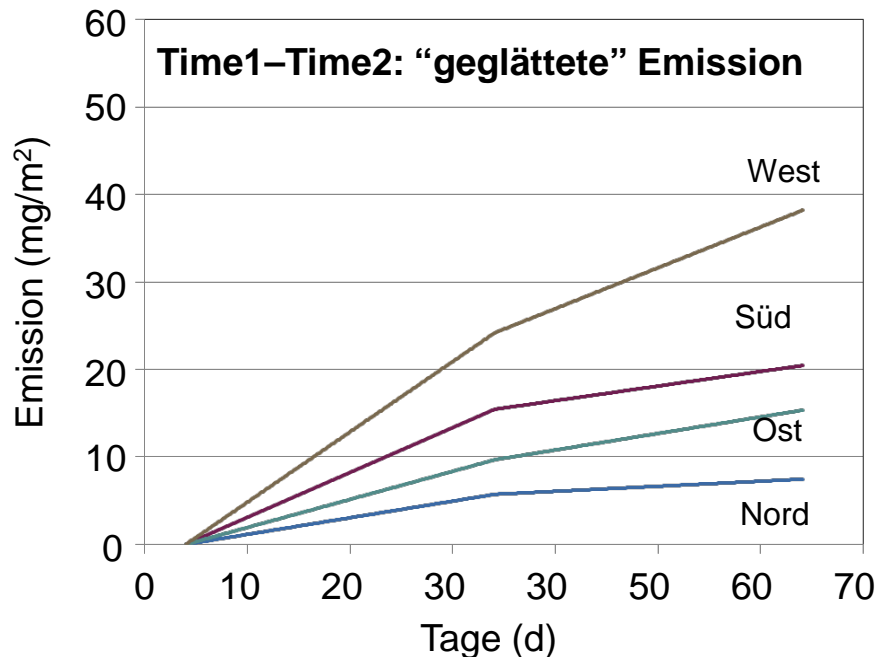
COMLEAM: Vorhersage vom Schlagregen

- Simulation vom Schlagregen vergleichbare zu Messungen (links)
- Westfassade ist relevant für Abfluss (rechts)
 - Windrichtung und Wandfaktor (Höhe) sind sensitive Parameter



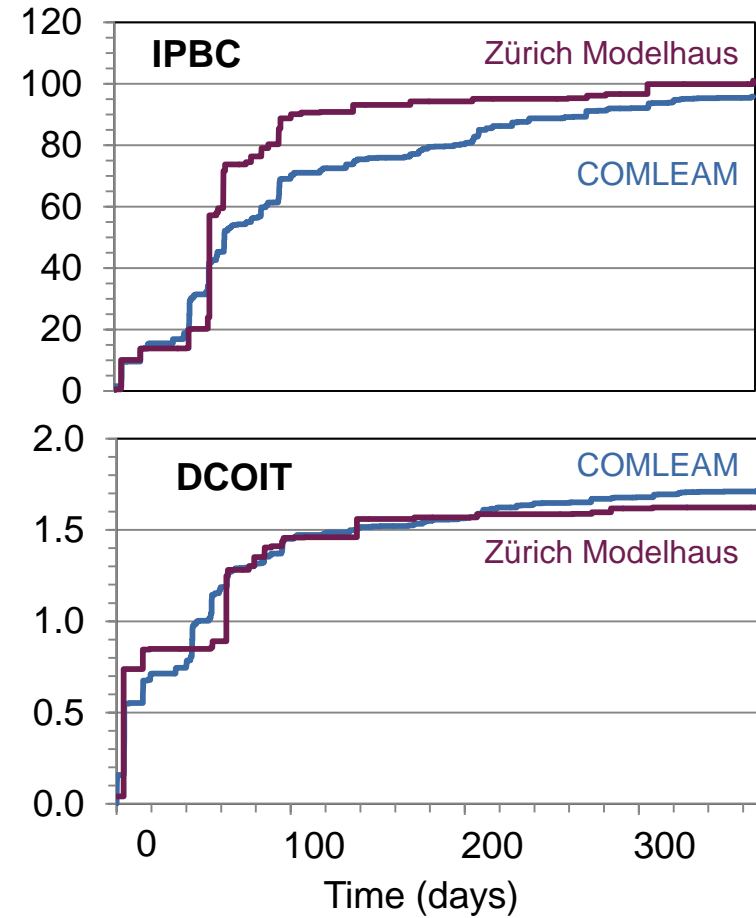
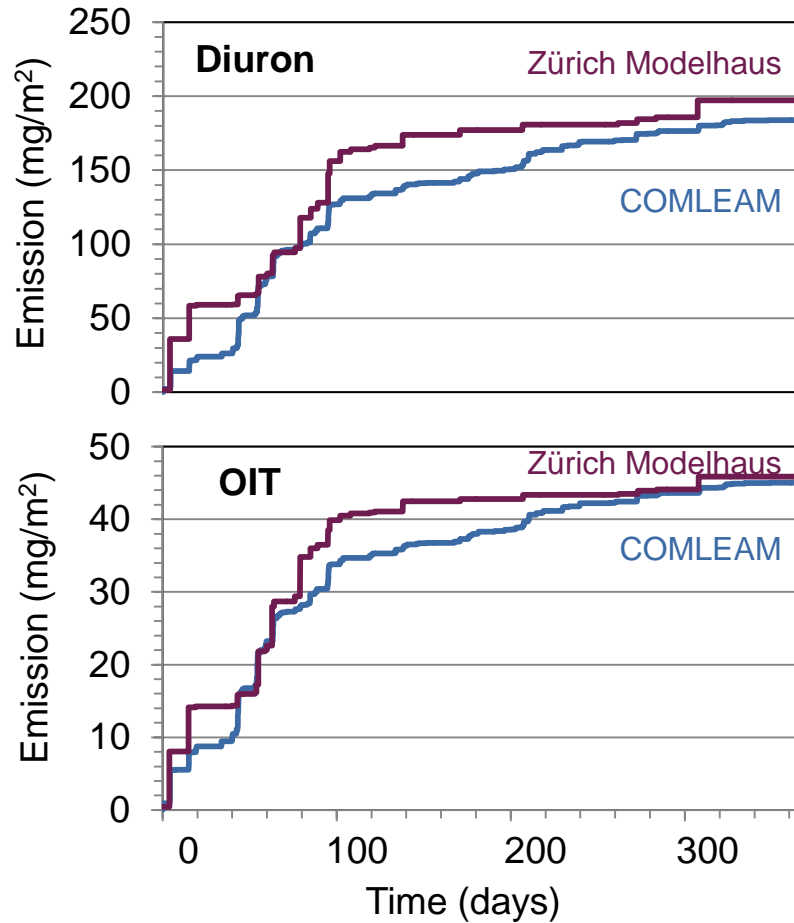
COMLEAM: Test von Emissionsfunktionen

- Input: Emissionsfunktion entwickelt am Zürich Modelhaus
 - Funktion "Time1-Time2": lineare Emission, fern der Realität
 - Funktion "Detailed": variiert ereignisbezogen, bildet Puls-Emissionen ab



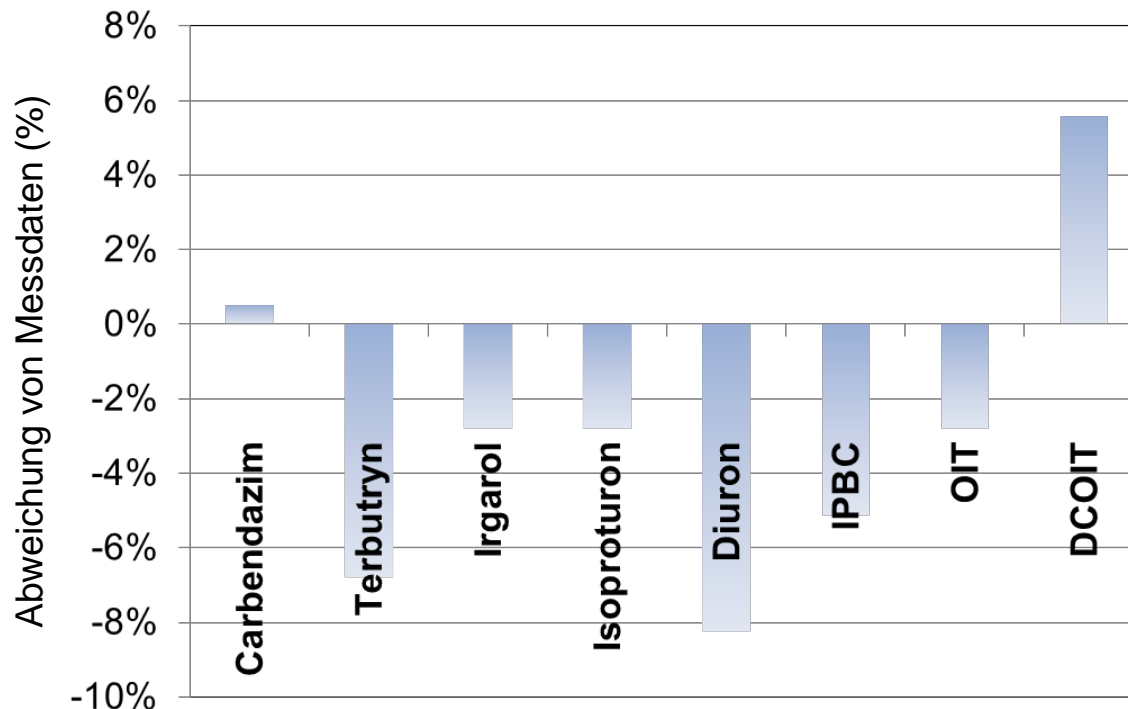
COMLEAM: Modellierung der Emission von Biociden

■ Gute Vorhersage der Auswaschung mit Funktion "Detailed" (West)



COMLEAM: Sensitivität der vorhergesagten Emission

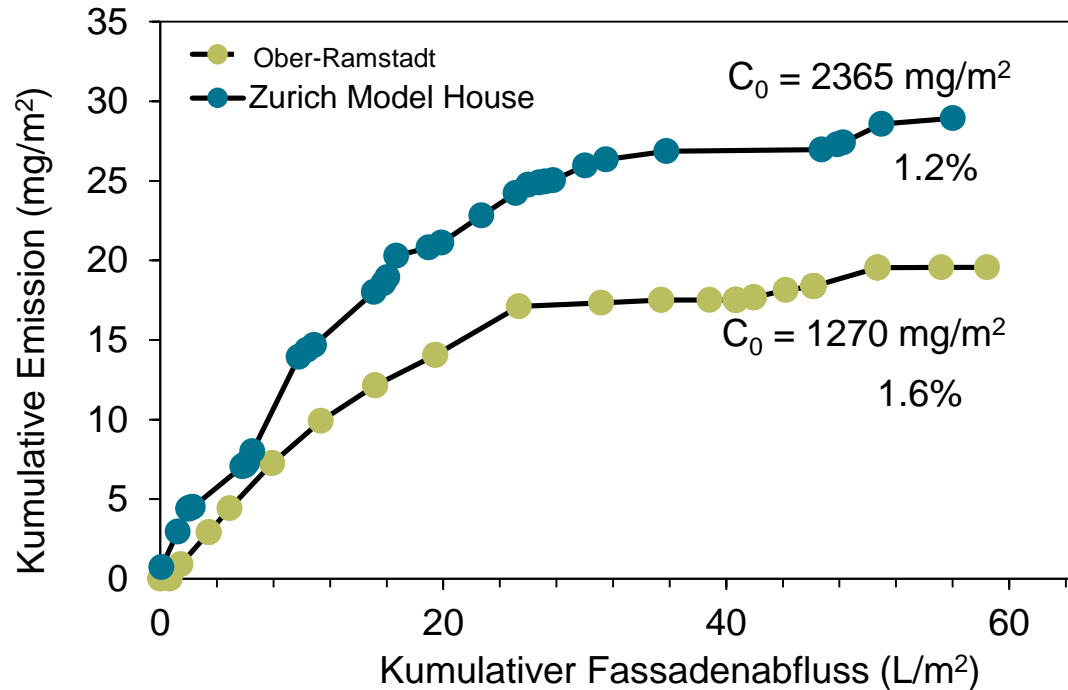
- Die Abweichung zwischen gemessener und vorhergesagter Emission ist gering, aber der Verlauf kann deutlich abweichen
- Kalibration und Validierung in Bearbeitung (Emissionsfunktionen, Stoffe)



- Ausgangslage
- Fallstudie Fassaden
- COMLEAM Modell
- Validierung
- **Modellanwendung**
- Test von Szenarien
- Schlussfolgerungen

Vergleichsanalyse von Emissionen

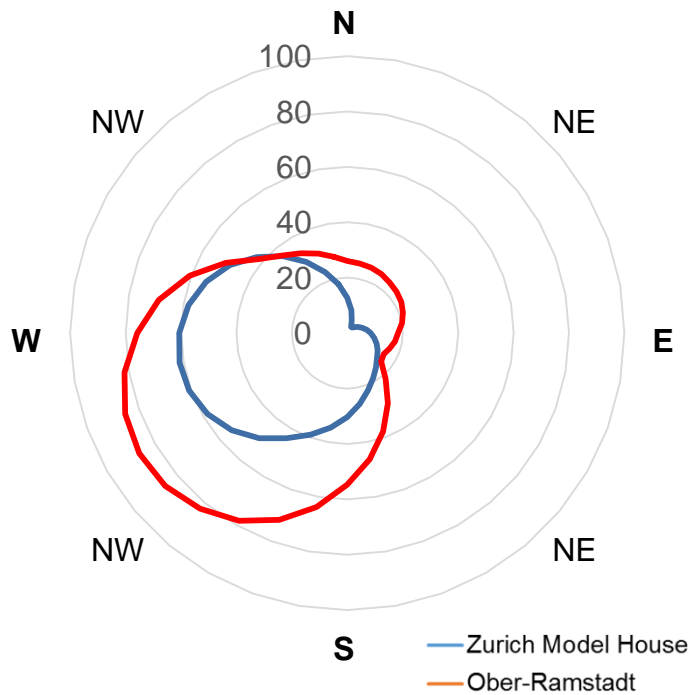
- Zwei Feldstandorte mit Putz und Terbutryn
 - Zürich (Modellhaus): West, Start Januar, 1.8 m Höhe
 - Ober-Ramstadt (RMI): Süd, Start Oktober, 1.0 m Höhe
- Geringfügig verschiedene Dynamik und relative Austragsmengen



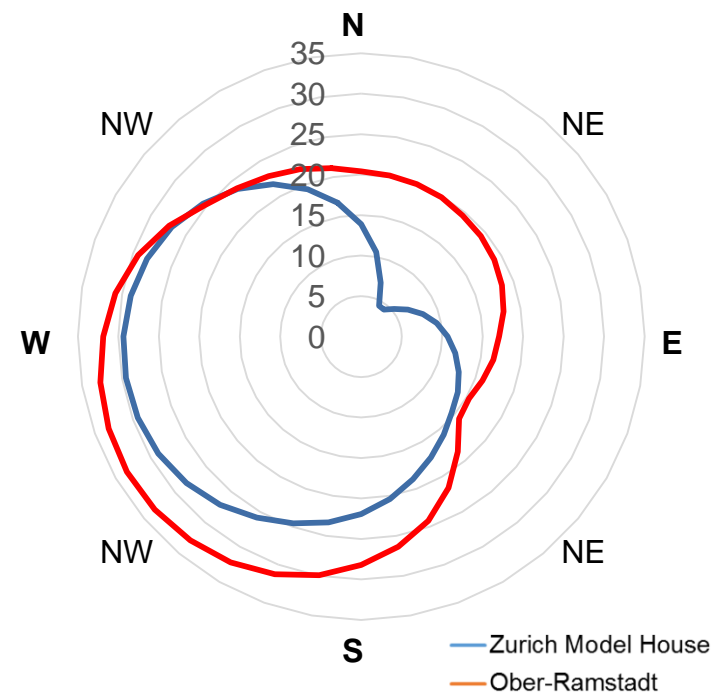
Vergleich von Fassadenabfluss und Auswaschung

- Datenanalyse zeigt, dass Schlagregen relevant ist
 - Mehr Schlagregen in Ober-Ramstadt (Höhenlage, Windgeschwindigkeit)
 - Vergleichbare Emissionen wegen höheren Konzentrationen in Zürich

Modellierter Schlagregen (L/m²)

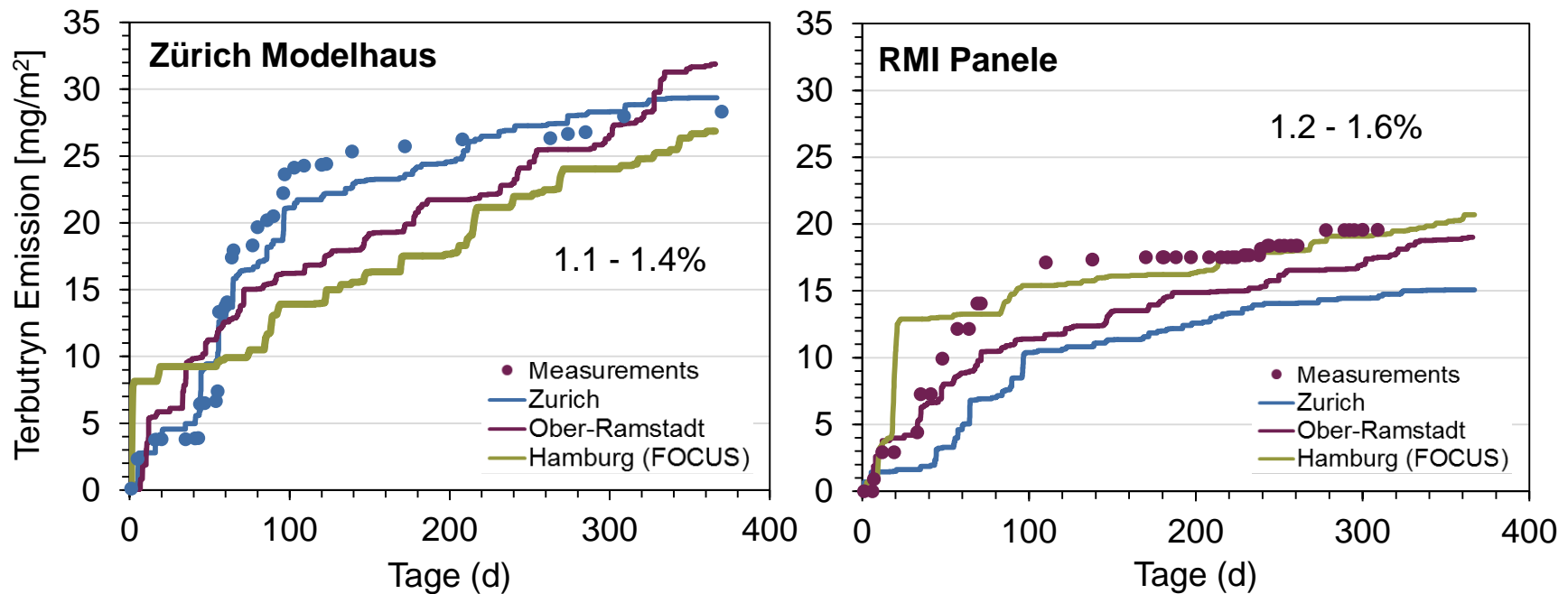


Modellierte Emission (mg²/m²)



Standortunabhängige Abschätzung der Emission

- Drei Szenarien unter Berücksichtigung von Zürich, Ober-Ramstadt und Wetterdaten von Hamburg (FOCUS-Standort)
- Eine Analyse der simulierten Verläufe und Ereignisse widerspiegelt zu erwartende Schwankungsbreite

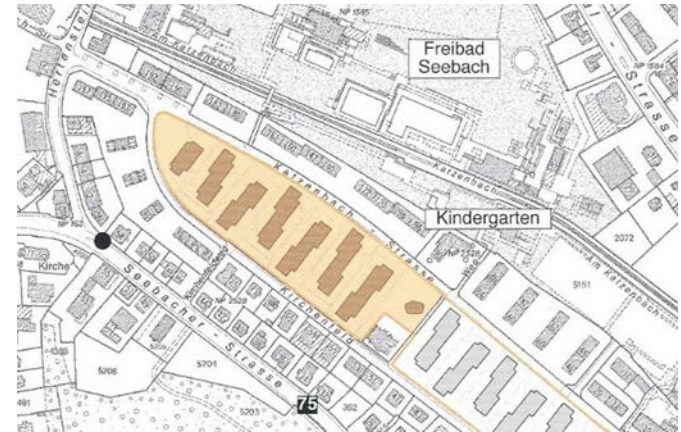


- Ausgangslage
- Fallstudie Fassaden
- COMLEAM Modell
- Validierung
- Modellanwendung
- **Test von Szenarien**
- Schlussfolgerungen

Szenario «Neue Fassaden und Trennkanal»

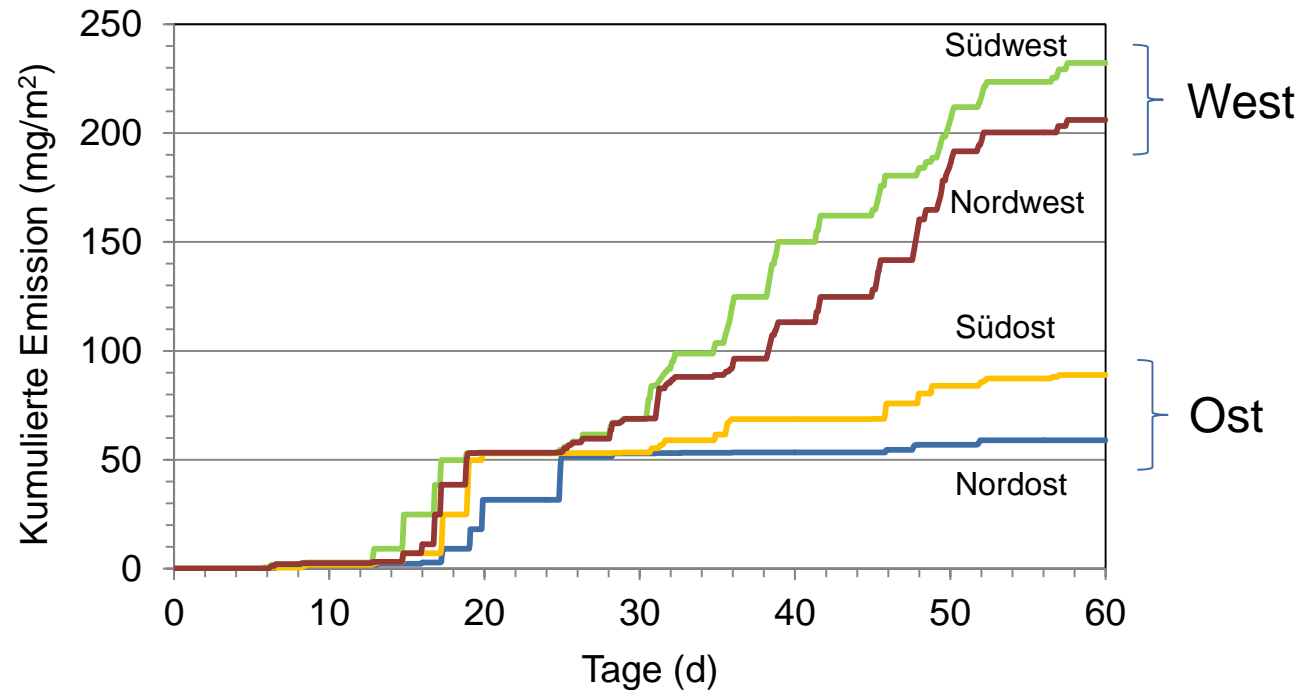
■ Simulation der Auswaschung und des Eintrags in den Vorfluter (Fallstudie)

- 7 neue Gebäude, je 400-900 m² and Fassadenlänge 90-140 m
- Polymergebundener Putz mit Bioziden
- Emissionsfunktion “Detailed”
- Niederschlagswasser wird direkt eingeleitet in den Vorfluter
- Distanz zum Bach 100 m
- 60 Tage Simulationsdauer
- Wetterdaten von Meteoswiss



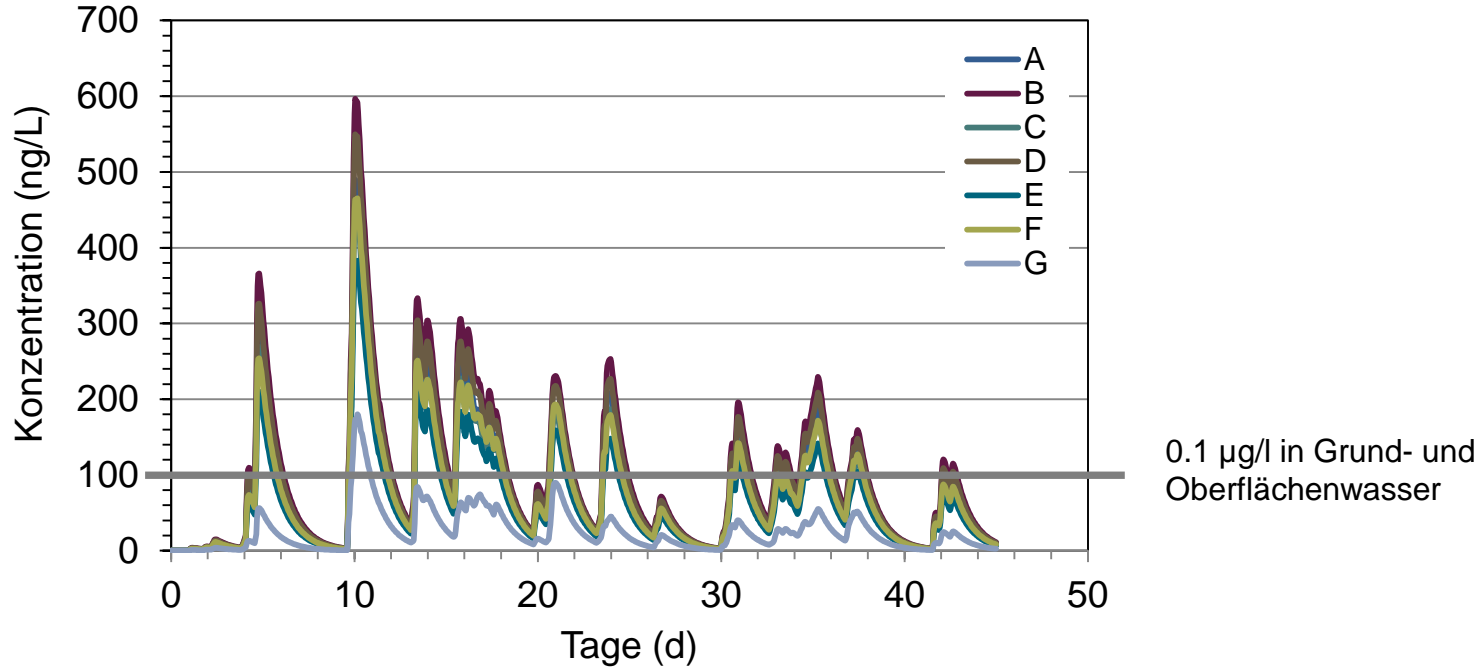
Szenario «Neue Fassaden und Trennkanal»

- Exposition ist für jedes Einzelgebäude berechnet worden
- Emission von Fassaden sind abhängig von Ausrichtung
- Interface Kompartiment leitet die Stoffdynamik weiter zum Vorfluter



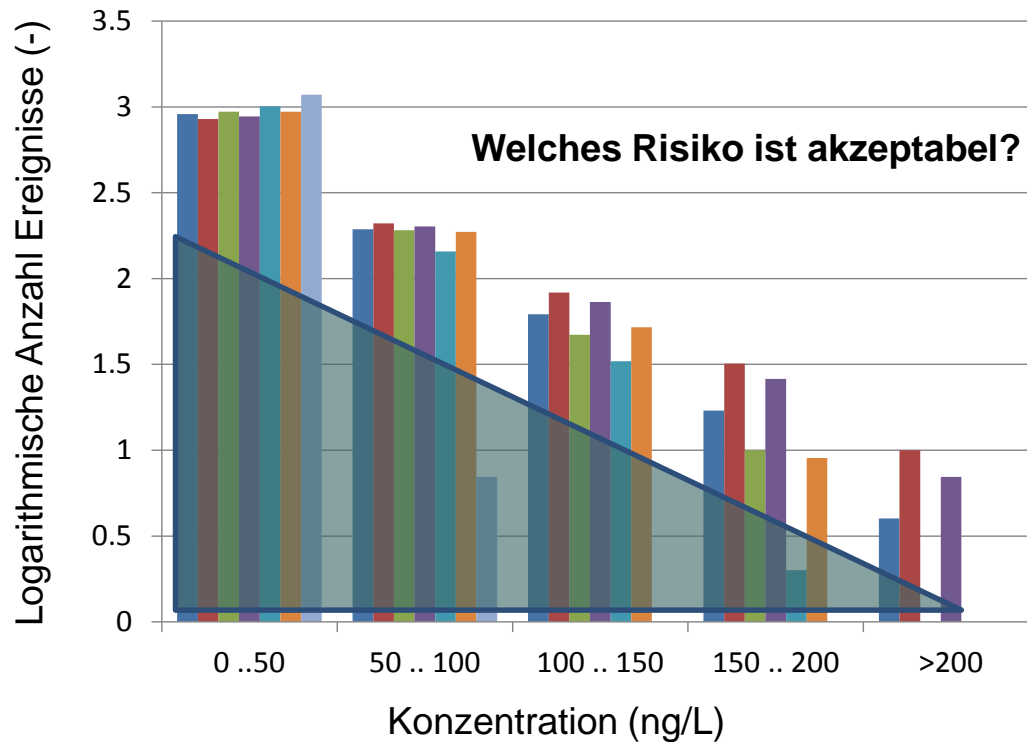
Vorkommen von Bioziden im Oberflächengewässer

- Immission nimmt mit zunehmenden Anteil Regenwasser im Gewässer und der Anzahl angeschlossener Gebäudedefassaden zu (A to G)
- Puls-Belastung unter Regenwetterbedingungen (diffuse Belastung)
- Geringe Konzentrationen bei Trockenwetter oder starker Verdünnung



Häufigkeitsverteilung der Konzentrationen

- Anzahl Ereignisse mit bestimmten Konzentrationsniveaus (klassifiziert)
- Für Umweltrisiko lassen sich z.B. Akzeptanzschwellen definieren oder testen (PEC/PNEC, Numerische Anforderungen Gewässer / Boden)



Resultat:

Vergleich mit akuten und chronischen Ökotox-Werten, z.B. PEC/PNEC-Berechnungen)

- Ausgangslage
- Fallstudie Fassaden
- COMLEAM Modell
- Validierung
- Modellanwendung
- Test von Szenarien
- **Schlussfolgerungen**

Zusammenfassung und Ausblick

- Feld-/Labordaten sind zeitaufwändig, nicht repräsentativ (nicht reproduzierbar) oder begrenzt übertragbar (Labor ≠ Feld)
- COMLEAM ermöglicht dynamische Modellierung von Auswaschung unterschiedlichste Stoffe aus vertikalen und horizontalen Bauteilen
 - GIS-Kopplung schafft Raumbezug zwischen Materialien / Emissionen in Bauzonen (Bauteil bis Siedlung) zur Riskobewertung oder Risikomanagement von Boden und Gewässern (Vorsorgegedanke)
 - Modularer Aufbau, bereits jetzt anwendbar und ab 2016 breit verfügbar
 - Internationale Abstimmung (ESTIMATE) und ECHA-Einbindung
- Ausblick: Entwicklung und Anwendung
 - Frontend in Entwicklung (Bedürfnisse integrierbar)
 - Bearbeitung von Fallstudien für organische / anorganische Stoffe und Materialien möglich (Risiko, Mustergebäude etc.)
 - Tests durch ausgewählte Nutzer (Firmen, Consultants etc.)





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !

Kontakt: michael.burkhardt@hsr.ch