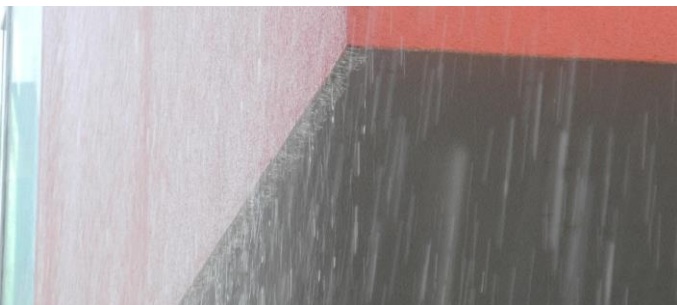
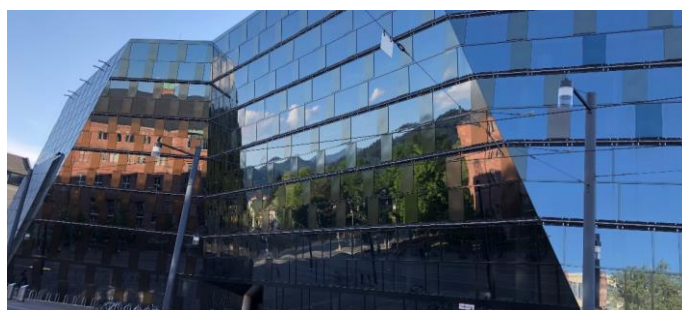


Nachhaltige Verringerung des Biozideintrags in das Grundwasser am Oberrhein



Leitfaden



Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen: mit jedem Projekt“

Einleitung

Die NAVEBGO-Projektergebnisse wurden in Form von 16 zweiseitigen themenbezogenen Factsheets für die Öffentlichkeit aufbereitet. Diese sind sowohl auf der NAVEBGO - Homepage (<https://www.navebgo.uni-freiburg.de/factsheets>) als auch auf der Publikationsplattform der Universität Freiburg "FreiDok plus" (<https://freidok.uni-freiburg.de/proj/8230>) veröffentlicht.

Dieser Leitfaden fasst die Factsheets zusammen. Darüber hinaus gibt er Empfehlungen, für welche der folgenden Akteursgruppen, die jeweiligen Factsheets besonders interessant sind:

**Forschende &
Studierende**

Malerbetriebe

**Politische
Instanzen**

**Bürger*innen &
Heimwerker*innen**

**Architekt*innen &
Stadtplaner*innen**

Presse & Medien

Aufbau des Leitfadens

Der Leitfaden ist in folgende Themen gegliedert, unter denen die verschiedenen Factsheets zusammengefasst sind:

- 1. Projektpartner*innen, Projektidee & Zusammenfassung**
- 2. Prozesse der Biozidauswaschung - Wie Biozide ausgewaschen werden und wie sie ins Grundwasser gelangen**
- 3. Ökotoxikologisches Potential von Bioziden und Biozidhaltigen Fassadenfarben**
- 4. Akteursanalysen: Von der Farbherstellung bis zur gestrichenen Fassade**
- 5. Biozidvermeidung - Problemlösung an der Quelle**
- 6. Projektstrategie - Wie können Biozidauswaschung und Biozideinträge ins Grundwasser verhindert werden**
- 7. Projektkommunikation - Wie das Risiko einer Biozidauswaschung und einer Grundwasserverunreinigung der Öffentlichkeit kommuniziert werden kann**

Inhalt

1. Projektpartner*innen, Projektidee & Zusammenfassung

2. Prozesse der Biozidauswaschung - Wie Biozide ausgewaschen werden und wie sie ins Grundwasser gelangen

- Wo finden wir Biozide in Freiburg? - Fallbeispiel: Stadtgebiet Wiehre
- Persistenz von Bioziden in der Umwelt: Was können wir aus Laborversuchen lernen? - Beispiel Terbutryn
- Wie gelangt Terbutryn in die Umwelt? Feldversuche zur Auswaschung aus Fassaden
- Von der Fassade in die Umwelt: Was passiert mit den Bioziden?
- Regenrückhaltebecken = Biozidrückhaltebecken? - Fallbeispiel Wohngebiet in Landau
- Eintragspfade von Bioziden in das Grundwasser

3. Ökotoxikologisches Potential von Bioziden und Biozid-haltigen Fassadenfarben

- Fassadenfarben mit Bioziden und Nanomaterialien im ökotoxikologischen Vergleich

4. Akteursanalysen: Von der Farbherstellung bis zur gestrichenen Fassade

- Eine komplexe Akteurskette
- Die Herstellung von Farben: ein komplexer industrieller Prozess fernab von Malern
- Maler: ein vielseitiger Beruf zwischen konventionellen Tätigkeiten und alternativen Innovationen
- Die Bedeutung der sozialen Rolle von Fassaden

5. Biozidvermeidung - Problemlösung an der Quelle

- Vermeidung von Bioziden in Fassadenmaterialien mittels Nachhaltiger Chemie
- Naturstoffe als Ersatz für konventionelle Biozide – Untersucht am Beispiel der Flavonoide

6. Projektstrategie - Wie können Biozidauswaschung und Biozideinträge ins Grundwasser verhindert werden

7. Projektkommunikation - Wie das Risiko einer Biozidauswaschung und einer Grundwasserverunreinigung der Öffentlichkeit kommuniziert werden kann

- Biozidauswaschung visualisieren und kommunizieren - Biozidrisikokarten
- Biozidauswaschungen abschätzen und kommunizieren - FReWaB-PLUS

1. Projektpartner*innen, Projektidee & Zusammenfassung

Projektleitung | Projektkoordination

Jens Lange | Marcus Bork

Projektpartner*innen

Universität Straßburg

Guillaume Christen, Philippe Hamman, Céline Monicolle, Maurice Wintz (SAGE)
Benoît Guyot, Gwenaél Imfeld, Tobias Junginger, Jérémy Masbou, Sylvain Payraudeau (ITES)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Britta Kattenstroth, Felicia Linke, Jürgen Strub, Monika Wirth (Hydrologie)
Frank Preusser, Claire Rambeau (Sedimentologie)

Leuphana Universität Lüneburg

Klaus Kümmerer, Oliver Olsson, Lena Schnarr

Universität Koblenz-Landau

Mirco Bundschuh, Ricki Rosenfeldt, Frank Seitz

WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR

Johannes Engel, Alexander Krämer

Zusammenfassung

Das Grundwasser am Oberrhein erfüllt sowohl für die Trinkwasserbereitstellung als auch für die Bewässerung wertvolle Ökosystemdienstleistungen, die es jetzt und für künftige Generationen zu schützen gilt. In Bautenfarben und -putzen werden Biozide eingesetzt, um Algen- und Pilzbefall zu verhindern. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass diese Substanzen zusammen mit ihren Transformationsprodukten von Fassaden abgewaschen und in das urbane Grundwasser eingetragen werden können. Das Projekt NAVEBGO erstellte dafür eine Bestandsaufnahme an drei ausgewählten Untersuchungsstandorten (Freiburg, Landau, Straßburg) im Oberrheingebiet. In einem interdisziplinären Ansatz wurden Aspekte von Mobilisierung, Stabilität und Transformation, Ökotoxikologie sowie mögliche natürliche Ersatzstoffe von Bioziden untersucht. Soziologische Fragestellungen beinhalteten unter anderem Wahrnehmungen relevanter Akteur*innen und stellten sich als entscheidend für die Strategie einer nachhaltigen Reduktion des Biozideinsatzes heraus. Jene zielt mit verschiedenen Maßnahmen auf einen reduzierten Biozideinsatz an der Quelle ab. Als Vision entsteht ein wichtiger Beitrag auf dem Weg in eine biozidfreie Stadt. In ihr werden Algen und Pilze nicht als Schädlinge, sondern als lebender Bestandteil eines zukünftigen Stadtökosystems angesehen.



Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen:
mit jedem Projekt“



2. Prozesse der Biozidauswaschung - Wie Biozide ausgewaschen werden und wie sie ins Grundwasser gelangen

Factsheets

- **Wo finden wir Biozide in Freiburg? - Fallbeispiel: Stadtgebiet Wiehre**

Forschende &
Studierende

Politische
Instanzen

Bürger*innen &
Heimwerker*innen

Presse & Medien

- **Persistenz von Bioziden in der Umwelt: Was können wir aus Laborversuchen lernen? - Beispiel Terbutryn**

Forschende &
Studierende

- **Wie gelangt Terbutryn in die Umwelt? Feldversuche zur Auswaschung aus Fassaden**

Forschende &
Studierende

Malerbetriebe

Politische
Instanzen

- **Von der Fassade in die Umwelt: Was passiert mit den Bioziden?**

Forschende &
Studierende

Politische
Instanzen

Bürger*innen &
Heimwerker*innen

Presse & Medien

- **Regenrückhaltebecken = Biozidrückhaltebecken? - Fallbeispiel Wohngebiet in Landau**

Forschende &
Studierende

Malerbetriebe

Politische
Instanzen

Architekt*innen &
Stadtplaner*innen

- **Eintragungspfade von Bioziden in das Grundwasser**

Forschende &
Studierende

Politische
Instanzen

Bürger*innen &
Heimwerker*innen

Architekt*innen &
Stadtplaner*innen

Presse & Medien

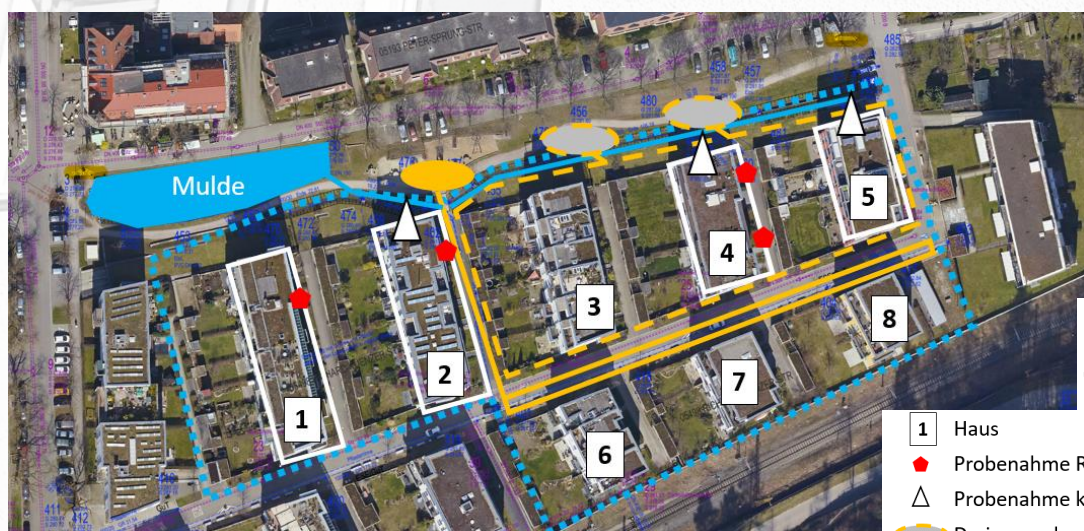
Fallbeispiel: Stadtgebiet Wiehre

Factsheets

In einem Freiburger Stadtgebiet wurden Biozide an verschiedenen Stellen gefunden. Auch nach über zehn Jahren findet Biozidauswaschung statt. Ein Grund dafür sind Reparaturarbeiten an Fassaden.

Ein Freiburger Stadtgebiet und seine Biozide

In einem Freiburger Stadtgebiet wurde die Biozidauswaschung in einem kleinen Wohngebiet exemplarisch untersucht. Einige Faktoren begünstigen hier die Biozidauswaschung, wie z.B. fehlende Dachüberstände. Alle untersuchten Häuser sind mehr als zehn Jahre alt. Acht Häuser mit vier Stockwerken sind an eine Versickerungsmulde angeschlossen. Das in dem Wohngebiet anfallende Regenwasser versickert entweder im Boden oder wird in die Mulde geleitet.



N 25m
©Stadt Freiburg i.Br.

- 1 Haus
- Probenahme Regenrinne
- △ Probenahme künstlicher Fassadenabfluss
- Drainagerohr
- Oberflächenabflussrohr

Autor*innen: Felicia Linke¹, Oliver Olsson², Frank Preusser³, Klaus Kümmerer², Lena Schnarr², Marcus Bork¹, Jens Lange¹

¹ Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

² Institut für Nachhaltige Chemie, Leuphana Universität Lüneburg, Lüneburg, Deutschland

³ Professur für Sedimentologie, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

Factsheets

Wie werden Biozide im Wasser gemessen?



Die Wasserprobe wird direkt in eine braune Glasflasche abgefüllt und möglichst sofort gekühlt. Das vermeidet Licht- und Temperatureinfluss auf die Biozide. Im Labor wird die Probe aufbereitet und in einem Massenspektrometer analysiert. Damit lassen sich Substanzen in sehr geringen Konzentrationen messen, auch Biozide und ihre Transformationsprodukte.

Quellen und Pfade: Wo finden wir Biozide?

Biozide werden bei Schlagregen von der Fassade gewaschen. Die **Fassade** ist somit die Quelle der Biozide. Von dort werden die Biozide mit dem Wasser über **Regenrinnen** und **Drainagerohre** in eine **Versickerungsmulde** transportiert.



An den meisten untersuchten Stellen wurden Biozide gefunden. Eine frisch gestrichene Fassade wies die höchsten Biozidkonzentrationen auf.

Auch in Sedimentproben wurden Spuren von Bioziden gefunden.

An einigen Stellen wurden für Organismen in der Umwelt, wie z.B. Algen, kritische Konzentrationen gemessen. Das Risiko für den Menschen ist gering, z.B. wurden Trinkwassergrenzwerte in der Versickerungsmulde nie überschritten.

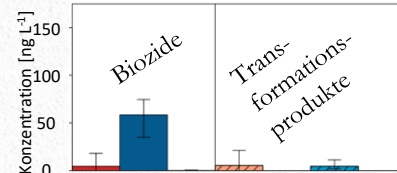
Biozide und ihre Transformationsprodukte

Transformationsprodukte entstehen beim unvollständigen Abbau von Bioziden an der Fassade oder in der Umwelt. Dabei wird ein Teil der Biozide durch Einfluss von Sonneneinstrahlung, Mikroorganismen oder Wasser in Transformationsprodukte umgewandelt.

Unsere Messungen zeigen, dass die **Bodenpassage** eine wichtige Rolle beim Biozidab-, bzw. -umbau spielt. Der Boden und seine Mikroorganismen sind wichtig, um Biozide abzubauen und zurückzuhalten. Dadurch verringert sich der Biozideintrag ins Grundwasser, kann aber trotzdem nicht vollständig vermieden werden.

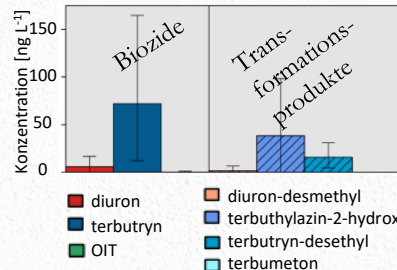
Literatur: Linke et al. 2021 (DOI: 10.5194/hess-25-4495-2021)

Oberflächenabfluss ohne Bodenpassage



→ Weniger Abbau und Rückhalt von Bioziden

Drainagesystem mit Bodenpassage



→ Biozide werden durch Mikroorganismen abgebaut und im Boden zurückgehalten

Persistenz von Bioziden in der Umwelt: Was können wir aus Laborversuchen lernen? Das Beispiel Terbutryn

Factsheets

*Terbutryn kann biologisch und unter Sonneneinstrahlung abgebaut werden. Der Abbau ist jedoch sehr langsam, was zu einer **Akkumulation in der Umwelt** führt.*

Abbaustudien können Aufschluss über das Verhalten von Chemikalien in der Umwelt geben.

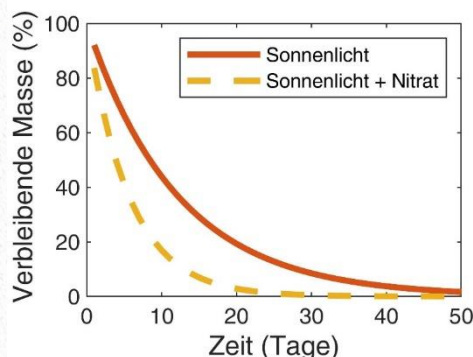
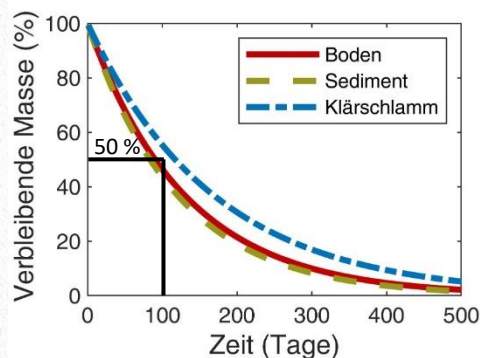
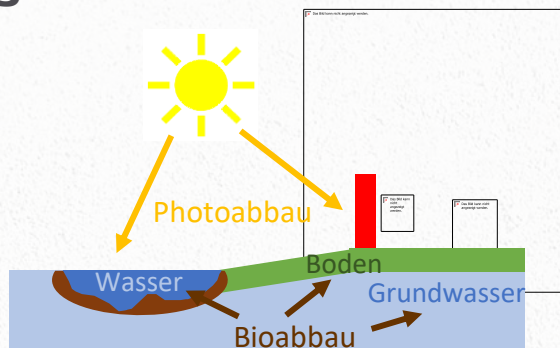
Typische Abbauege von Bioziden in der Umwelt sind Bioabbau (durch Mikroorganismen) und Photoabbau (durch Sonneneinstrahlung).

In Laborversuchen wurde die Abbaubarkeit des Biozids Terbutryn getestet. Um die **Bioabbaubarkeit** zu testen, wurde Boden, Sediment aus einem Regenrückhaltebecken und Klärschlamm mit Terbutryn versehen.

Nach 100 Tagen ist nur etwa die Hälfte des Terbutryns biologisch abgebaut.

Die **Photoabbaubarkeit** von Terbutryn wurde in einer Prüfkammer unter konstanter Sonneneinstrahlung untersucht. Dazu wurde Terbutryn in Wasser gelöst. In einem zweiten Versuch wurde der Einfluss von Nitrat auf die Abbaubarkeit getestet. Nitrat ist oft in Oberflächengewässern zu finden und kann unter Sonnenlicht Radikale bilden, welche mit den Bioziden reagieren und für eine schnellere Abbaubarkeit sorgen. Die Strahlung in der Prüfkammer ist etwa 10x höher als die natürliche Sonneneinstrahlung.

Der Photoabbau in der Umwelt ist in der gleichen Größenordnung wie der Bioabbau.



Autoren: Tobias Junginger¹, Sylvain Payraudeau¹, Gwenaél Imfeld¹

¹ Institut Erde und Umwelt Straßburg (ITES), Universität Straßburg/ EOST/ ENGEE, CNRS, UMR 7063, F-67084, Straßburg, Frankreich

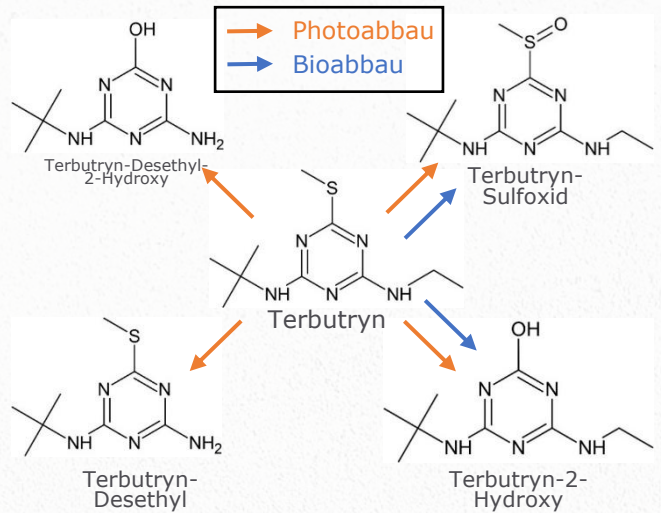


Factsheets

Transformationsprodukte entstehen beim Abbau

Beim Abbau von Terbutryn entstehen Transformationsprodukte. **Bioabbau** führt überwiegend zu Terbutryn-Sulfoxid und Terbutryn-2-Hydroxy, während bei **Photoabbau** viele unterschiedliche Produkte entstehen können.

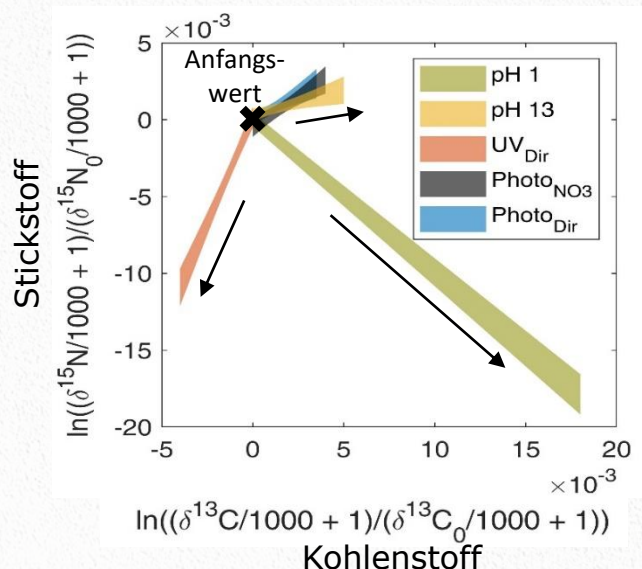
Diese Transformationsprodukte können ebenfalls negative Auswirkungen auf Mikro- und Wasserorganismen haben, sich in der Umwelt anreichern und ins Grundwasser gelangen.



Isotopenanalyse: Ein neuer Ansatz zur Messung des Biozidabbaus in der Umwelt

Um zu unterscheiden, ob Terbutryn in der Umwelt abgebaut wird oder ob sich Konzentrationen beispielsweise durch Verdünnung verändern, kann die Isotopenanalyse verwendet werden. Durch den Abbau verändert sich das Isotopenverhältnis (z.B. $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ oder $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$). Dieses Isotopenverhältnis gibt Aufschluss über

1. den Fortschritt des Abbaus,
2. Abbaupfade (z.B. zur Unterscheidung zwischen Photo- und Bioabbau),
3. Abbaumechanismen.



Junginger et al. (in Vorbereitung)

Wie gelangt Terbutryn in die Umwelt? Feldversuche zur Auswaschung aus Fassaden

Factsheets

Terbutryn kann auch nach über 10 Jahren noch ausgewaschen werden. Transformationsprodukte werden direkt an den Fassaden gebildet und ebenfalls in die Umwelt freigesetzt.

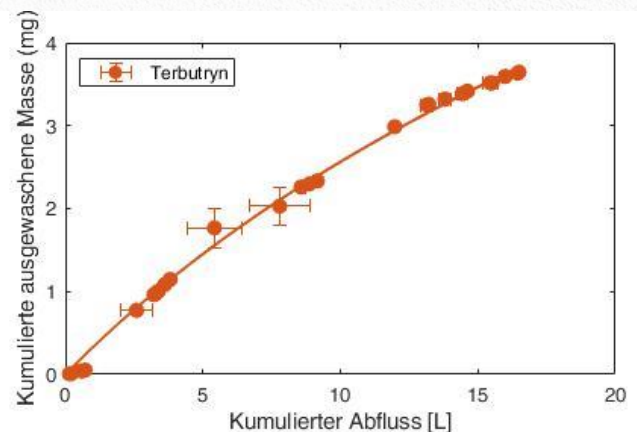
Auswaschung von Terbutryn aus frisch gestrichenen Fassaden

In einem Versuchsaufbau wurden vier Fassaden nach gängiger Praxis hergestellt und mit einer Fassadenfarbe, welcher eine bekannte Menge an Terbutryn zugesetzt wurde, gestrichen. Eine der Fassaden beinhaltete kein Terbutryn und diente als Kontrollversuch. Die Fassaden wurden über 200 Tage hinweg der natürlichen Witterung ausgesetzt. Der Abfluss wurde regelmäßig beprobt und auf Terbutryn sowie vier Transformationsprodukte untersucht.

Auswaschungen von Terbutryn konnten bis zum Ende des Versuchs festgestellt werden. Die Konzentrationen in den Auswaschungen nahmen nur langsam ab (zu sehen als Abflachen der Auswaschkurve).

Über den untersuchten Zeitraum wurde weniger als 1 % des zugegebenen Terbutryns von den Fassaden ausgewaschen. Dennoch entspricht das mehr als 1 mg Terbutryn pro m² Fassade, das in die Umwelt eingetragen wird.

Auswaschkurven veranschaulichen die Entwicklung der Biozidauswaschung in Abhängigkeit des Fassadenabflusses. Die Grafik zeigt den aufaddierten Fassadenabfluss und die kumulierte ausgewaschene Masse von Terbutryn.



Autoren: Tobias Junginger¹, Sylvain Payraudeau¹, Gwenaél Imfeld¹

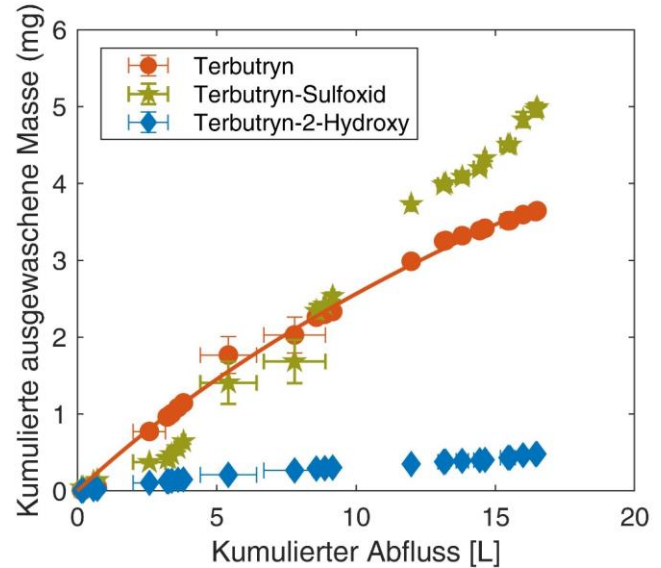
¹ Institut Erde und Umwelt Straßburg (ITES), Universität Straßburg/ EOST/ ENGEES, CNRS, UMR 7063, F-67084, Straßburg, Frankreich



Factsheets

Transformationsprodukte entstehen schon auf den Fassaden

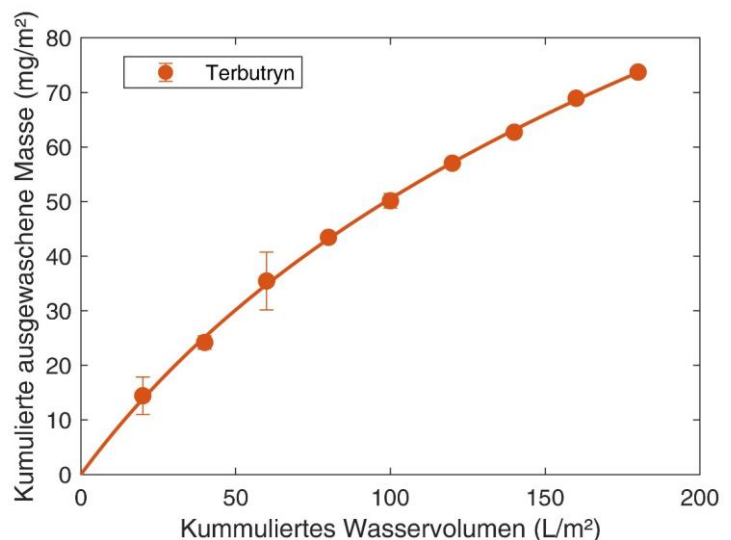
Neben Terbutryn werden auch Transformationsprodukte aus Fassaden ausgewaschen. Die Konzentrationen übersteigen teilweise sogar die von Terbutryn. Dies weist darauf hin, dass Terbutryn schon in Fassaden abgebaut wird, z.B. durch Photoabbau aufgrund von Sonneneinstrahlung. Die emittierte Masse der Transformationsprodukte ist dabei nicht vernachlässigbar, da auch diese in die Umwelt eingetragen werden. Die Auswirkungen von Transformationsprodukten auf Organismen in der Umwelt ist aber noch nicht hinreichend erforscht.



Wie lange werden Biozide aus Fassaden ausgewaschen?

Um Langzeitauswaschungen zu imitieren, wurde ein Teil der vorher exponierten Fassaden für Immersionstests verwendet. Dabei wird die Fassade in ein Wasserbad gelegt und zu verschiedenen Zeitpunkten Proben genommen. Nach jedem Immersionszyklus wird das Wasser erneuert. Die Immersionstests simulieren Regen für eine Periode von mehr als 10 Jahren.

Die Ergebnisse veranschaulichen, dass Biozide auch nach über 10 Jahren noch aus Fassaden ausgewaschen werden können. Zwar nimmt die Auswaschung über die Zeit ab, die Emissionen gefährden aber auch noch nach 10 Jahren die Umwelt.



Junginger et al. (in Vorbereitung)

Von der Fassade in die Umwelt: Was passiert mit den Bioziden?

Factsheets

*Biozide konnten im Wasser, Sediment, Boden und in Pflanzen in einem sieben Jahre alten Wohnviertel festgestellt werden. **Biozide sind überall.***

Biozide und Transformationsprodukte im Regenwasser

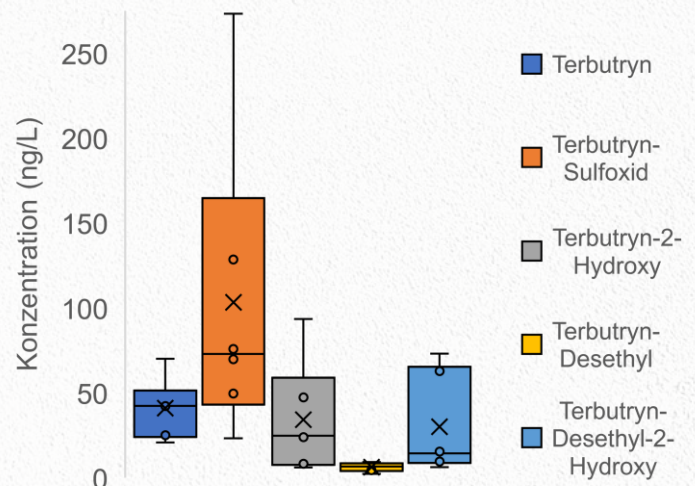
Das untersuchte Gebiet (Adelshoffen, Schiltigheim, Frankreich) ist ein sieben Jahre altes, etwa 3.5 ha großes Viertel, in welchem Regenwasser in einem Regeninfiltrationsbecken und Graben gesammelt wird. Dort wurden automatische Probennehmer installiert, welche bei Regenereignissen den Abfluss beproben. Zusätzlich wurden wöchentlich Proben im stehenden Wasser, sowie Sediment, Boden und Pflanzenproben genommen. Wasserfluss und Wasserstand in dem Rückhaltebecken und dem Graben wurden gemessen, um eine Massenbilanz aufzustellen.

Im Mittel wurden Konzentrationen von 16 ng/L Terbutryn und 297 ng/L Diuron im Regenrückhaltebecken und 41 ng/L Terbutryn und 70 ng/L Diuron im Graben gemessen. Transformationsprodukte von Terbutryn konnten in allen Proben festgestellt werden, teilweise in höheren Konzentrationen als Terbutryn. **Mit jedem Regenereignis werden weiter Biozide in die Umwelt eingetragen.**

Einordnung: 100 ng/L entspricht etwa der Menge von 4 Stück Würfelzucker (10 g) aufgelöst in 40 olympischen Schwimmbecken ((50 m×25 m×2m).



Terbutryn und Transformationsprodukte im Graben



Autoren: Tobias Junginger¹, Sylvain Payraudeau¹, Gwenaél Imfeld¹

¹ Institut Erde und Umwelt Straßburg (ITES), Universität Straßburg/ EOST/ ENGEE, CNRS, UMR 7063, F-67084, Straßburg, Frankreich

Fonds européen de développement régional (FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen: mit jedem Projekt“

DOI: 10.6094/UNIFR/229949





Factsheets

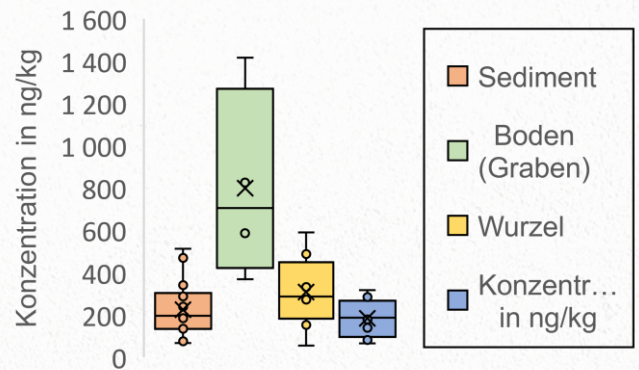
Anreicherung von Terbutryn im Boden und in Pflanzen

Terbutryn konnte nicht nur in Wasserproben, sondern auch in Sediment, Boden und Pflanzen (Wurzeln und oberirdischer Teil) festgestellt werden.

Dies bedeutet, dass Terbutryn sich nicht nur im Sediment und Boden verteilt, sondern auch von Pflanzen aufgenommen werden kann.

Einordnung: 1000 ng/kg entspricht etwa der Menge von 4 Stück Würfelzucker (10 g) in 36.000 Badewannen (200 L) gefüllt mit Humus (Boden, Dichte: 1.4 t/m³)

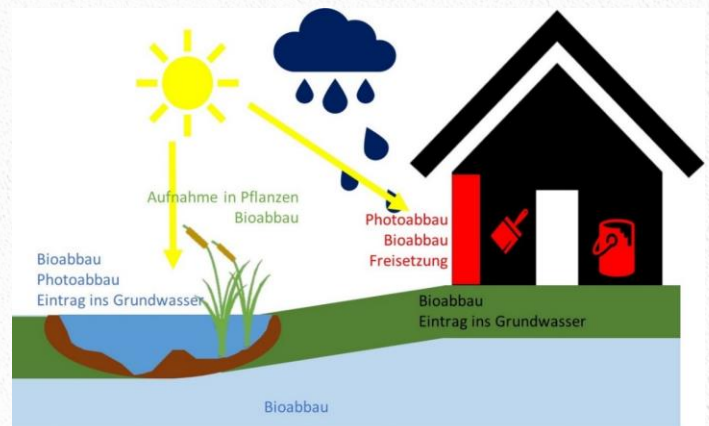
Terbutryn-Konzentrationen in verschiedenen Materialien



Vergangenheit und Zukunft: Abschätzung der Biozidauswaschungen über ein Jahrzehnt

Um zu berechnen, welche Masse an Bioziden über mehrere Jahre ausgewaschen wurde, kann ein mathematisches Modell mit gemessenen Daten (Konzentrationen, Wetterdaten, Abfluss) erstellt werden. Aus dem Modell lässt sich berechnen, wieviel Terbutryn seit Bau des Viertels ausgewaschen wurde und es lässt sich eine Vorhersage zu zukünftigen Auswaschungen treffen. Das ergibt einen Einblick in:

- Entwicklung der Biozidemissionen über die Zeit
- Verteilung der Biozide und Abbau in verschiedenen Bereichen
- Eintrag ins Grundwasser



(Junginger et al., in Vorbereitung)

Regenrückhaltebecken = Biozidrückhaltebecken?

Factsheets Fallbeispiel Wohngebiet in Landau

Nur ein kleiner Anteil der ausgewaschenen Biozide erreicht das Regenrückhaltebecken eines Wohngebiets. Dort findet dann langsamer Abbau statt, abhängig von den Bedingungen im Becken.

Biozide im Wohngebiet mit Regenrückhaltebecken

Viele Stadtgebiete sind mit Regenrückhaltebecken verbunden. Diese sollen Abflussspitzen bei Niederschlagsereignissen dämpfen und so eine Überlastung der Kanalisation vermeiden. Dabei stauen sie den gebildeten Abfluss temporär ein, wobei ein Teil davon verdunstet oder im Boden versickert.

Im Gegensatz zu Versickerungsmulden sind Regenrückhaltebecken somit eher temporäre Wasserspeicher, da sie nicht für hohe Versickerungsleistungen ausgelegt sind. Hier wurde untersucht, wie sich Biozide in solchen Systemen verhalten.



In einem Wohngebiet mit Einfamilienhäusern in Landau-Nußdorf wurden Biozide exemplarisch untersucht. Alle Häuser wurden im Verlauf der letzten 10 Jahre gebaut. Aus dem Gebiet münden zwei Rohre in ein Regenrückhaltebecken. Das Zulaufwasser wurde auf Biozide beprobt. Zusätzlich wurden Beckensedimente untersucht.



Autor*innen: Felicia Linke¹, Marcus Bork¹, Jens Lange¹

¹ Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

„Der Oberrhein wächst zusammen:
mit jedem Projekt“

DOI: 10.6094/UNIFR/229952





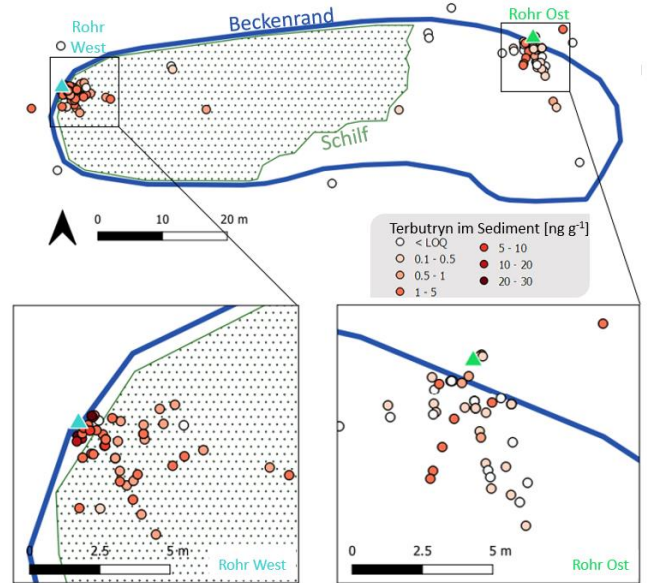
Factsheets

Biozide im Regenrückhaltebecken

In beiden Zulaufrohren wurden Biozide bei verschiedenen Ereignissen nachgewiesen. In Bodenproben im Becken war Terbutryn nahezu überall in niedrigen Konzentrationen nachweisbar.

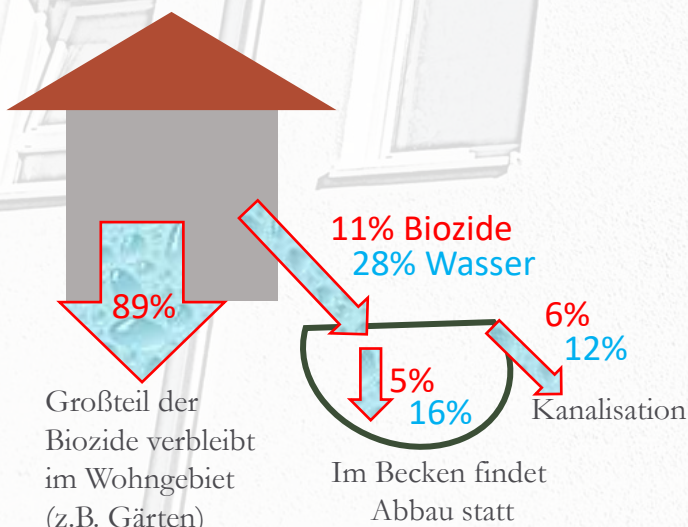
Hohe Konzentrationen wurden nur in Sedimenten am Rohr West nachgewiesen. Dort wurden ständig Biozide ins Becken eingetragen und durch stehendes Wasser herrschte dort ein niedrigeres Redoxpotential, was den Abbau von Bioziden verlangsamte.

Das nachgewiesene Verteilungsmuster von Bioziden im Becken deutet auf deren weite Verteilung und langsamen Abbau hin.



Biozidkonzentrationen in Beckensedimenten

Austragspfade von Bioziden – eine Abschätzung



Alle Prozentangaben sind Abschätzungen und nicht auf andere Gebiete übertragbar.

Simulationsmodelle helfen abzuschätzen, wo Biozide landen, nachdem sie von der Fassade ausgewaschen wurden. Nur 11% gelangen in das Becken, ein Großteil verbleibt im Wohngebiet (z.B. Gärten, Bereich um Häuser). Im Becken wird dann noch einmal ungefähr die Hälfte abgebaut.

Das Becken hält somit nicht nur Wasser, sondern auch einen Teil der eingetragenen Biozide zurück.

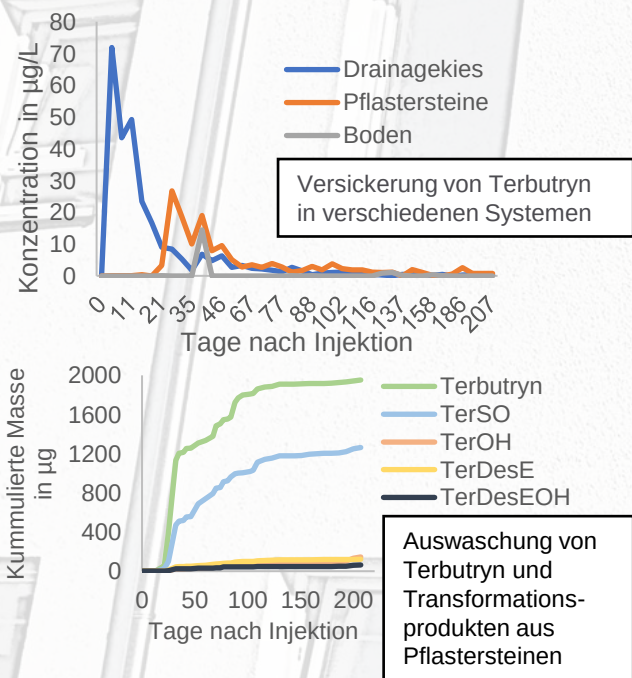
Die restlichen Biozide gelangen über den Beckenausfluss in die Kanalisation und in die Kläranlage. Von dort können sie in Oberflächengewässer eingetragen werden.

Linke et al. in Vorbereitung

Es gibt verschiedene Eintragspfade von Bioziden in das Grundwasser. Biozide und Transformationsprodukte wurden bereits im Grundwasser nachgewiesen.

Wie gelangen Biozide in das Grundwasser?

Nach der Auswaschung aus Fassaden verbreiten sich Biozide auf verschiedenen Pfaden in der Umwelt. Wichtig für den Eintrag ins Grundwasser sind unter anderem Versickerung in Drainagekies, in Fugen von Pflastersteinen oder in bewachsenen Böden. Im Rahmen von Freilandversuchen wurden Biozide auf diese drei typischen Oberflächen aufgebracht, um ihren Transport und Abbau in einer Tiefe von 40 cm 200 Tage lang zu beobachten. Die Biozide wurden zuerst unter dem Drainagekies, dann unter den Pflastersteinen und schließlich auch unter bewachsenem Boden nachgewiesen.



Selbst nach über 200 Tagen wurden Biozide aus allen Materialien freigesetzt.

Terbutryn wurde hauptsächlich zu Terbutryn-Sulfoxid (TerSO) abgebaut, welches ebenfalls ausgewaschen wird. Weitere Transformationsprodukte konnten detektiert werden, haben jedoch nur einen geringen Anteil an der Gesamtmenge der ausgewaschenen Biozide.

Nur ein geringer Anteil der Biozide (<25 % für Terbutryn) wurde in dem Zeitraum von 200 Tagen freigesetzt. Ein Teil verbleibt in den Materialien. Dies verdeutlicht, dass sich Biozide in verschiedenen Materialien anreichern können.

Autor*innen: Felicia Linke¹, Tobias Junginger², Gwenaël Imfeld², Marcus Bork¹, Jens Lange¹

¹ Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland
² Institut Erde und Umwelt Straßburg (ITES), Universität Straßburg/ EOST/ ENGEE, CNRS, UMR 7063, F-67084, Straßburg, Frankreich

„Der Oberrhein wächst zusammen: mit jedem Projekt“

DOI: 10.6094/UNIFR/229954



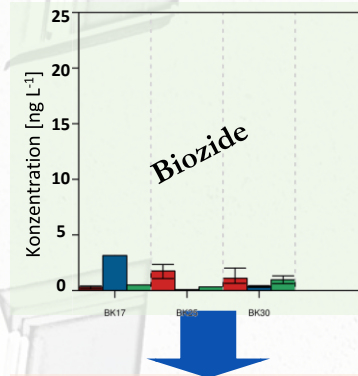
Biozideinträge ins Freiburger Grundwasser



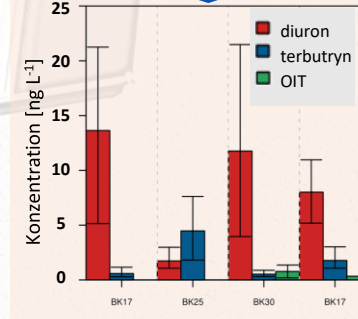
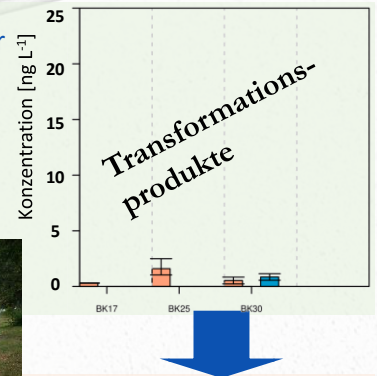
Factsheets

Im einem Stadtteil von Freiburg befinden sich zur Beobachtung einer vorhandenen Altlast mehrere Grundwassermessstellen. Dort lässt sich das Grundwasser im Umfeld von Mulden-Rigolen-Systemen beproben und auf Biozide analysieren. Diese Beprobungen fanden bereits in einem Vorgängerprojekt statt und wurden im NAVEBGO Projekt fortgeführt. Generell sind die Biozidkonzentrationen im Grundwasser im Abstrom von Mulden-Rigolen-Systemen höher als in deren Anstrom.

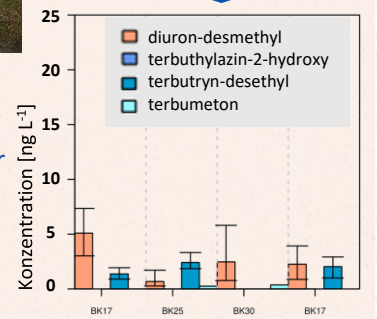
→ Ein Biozideintrag über das Mulden-Rigolen-System kann somit nachgewiesen werden.



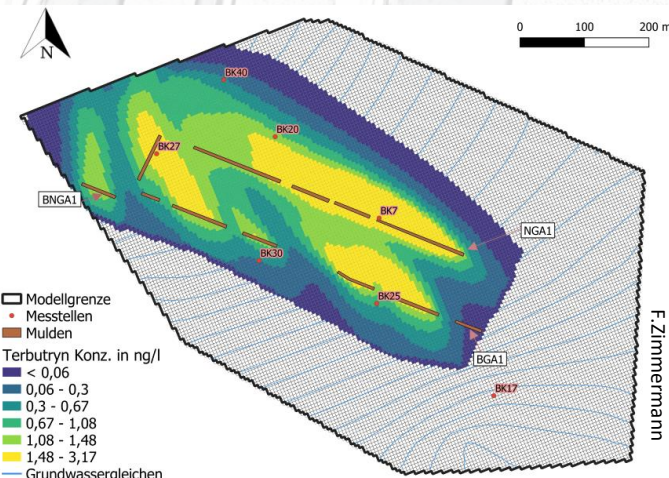
Grundwasser
im Anstrom
der Mulden-
Rigole



Grundwasser
im Abstrom
der Mulden-
Rigole



Werden Biozide in Mulden-Rigolen-Systemen zurückgehalten?



Eine langfristige und genaue Vorhersage des Grundwassereintrags ist nur über Modelle möglich. Dafür wird die Biozidauswaschung aus Fassaden und ein möglicher Eintrag in die Mulden und das Grundwasser simuliert. Dabei kamen das offen zugängliche Modell FReWaB-PLUS und ein Grundwassermodell zum Einsatz. Die Simulationen stimmen mit Größenordnungen der gemessenen Konzentrationen im Grundwasser überein.

→ Es zeigt sich somit ein geringer Rückhalt von Bioziden in den Mulden-Rigolen-Systemen.

Literatur: Hensen et al. 2018 (DOI: 10.1016/j.watres.2018.07.046); Zimmermann 2021 (Masterarbeit), Bork et al. 2021 (DOI: 10.1038/s41598-021-86387-9), Linke et al. in Vorb., Junginger et al. in Vorb.

3. Ökotoxikologisches Potential von Bioziden und Biozidhaltigen Fassadenfarben

Factsheets

- Fassadenfarben mit Bioziden und Nanomaterialien im ökotoxikologischen Vergleich

Forschende & Studierende

Malerbetriebe

Politische Instanzen

Bürger*innen & Heimwerker*innen

Architekt*innen & Stadtplaner*innen

Presse & Medien



Fonds européen de développement régional (FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen: mit jedem Projekt“



Fassadenfarben mit Bioziden und Nanomaterialien im ökotoxikologischen Vergleich

Factsheets

Biozidhaltige Farben sind häufig toxischer als solche, die funktionelle Nanomaterialien enthalten. Allerdings zeigen auch Silber-Nanofassadenfarben deutliche Langzeiteffekte über mehrere Generationen von Wasserflöhen.

Hintergrund: Einfluss von Fassadenfarben und -komponenten auf die aquatische Umwelt

Durch Regen gelangen Fassadenfarben und deren Bestandteile, wie etwa eingelassene Biozide oder Nanomaterialien, über Auswaschungen in angrenzende aquatische Ökosysteme. Dort lebende Organismen und Gemeinschaften sind diesen Chemikalien kurzzeitig oder dauerhaft ausgesetzt. Der mögliche Einfluss dieser Substanzen auf diese Organismen (z.B. Nährstoffrückführung) ist bisher weitgehend ungeklärt.

Im Rahmen von NAVEBGO wurden daher in einem ersten Schritt Kurz- und Langzeitstudien mit den Schlüssel- und Stellvertreterorganismen *Desmodesmus subspicatus* (Grünalge, Primärproduzent) und *Daphnia magna* (Wasserfloh, Primärkonsument) durchgeführt. Entsprechende Ergebnisse und resultierende Effektkonzentrationen wurden für verschiedene Biozide (Diuron, Othilolinon, Terbutryn), Nanomaterialien (Titandioxid, Silber) sowie Fassadenfarben, die einzelne dieser Stoffe enthalten, ermittelt. Dies ermöglichte eine erste vergleichende ökotoxikologische Erfassung dieser Komponenten und von Farben, die sie enthalten.



Abbildung 1: Fassadenfarbe und Ökotoxikologie

Autor*innen: Frank Seitz¹, Ricki Rosenfeldt¹, Alexander Feckler¹, Jochen Zubrod¹, Mirco Bundschuh¹

¹ Institut für Umweltwissenschaften, Universität Koblenz-Landau, Landau, Deutschland

Fassadenfarben mit Bioziden und Nanomaterialien im ökotoxikologischen Vergleich

Factsheets

Akute Untersuchungen mit unterschiedlichen Bioziden, Nanomaterialien und Fassadenfarben

Effektwerte im niedrigen mg/L-Bereich - und damit relativ hohe Toxizitäten - zeigten sich überwiegend für reine Biozide (nicht in Farben eingebunden) für Algen. Darauf folgten solche mit Bezug auf Nanomaterialien in akuten Experimenten mit Wasserflöhen.

Im Verbund der Fassadenfarbe zeichnete sich ein ähnliches Bild ab: Farben die weder Biozide noch Nanomaterialien beinhalten, zeigten keine oder sehr geringe Auswirkungen. Größere Effekte waren hingegen für Farben zu erkennen welche Nanomaterialien und schlussendlich Biozide enthielten (Abb. 2 A und B).

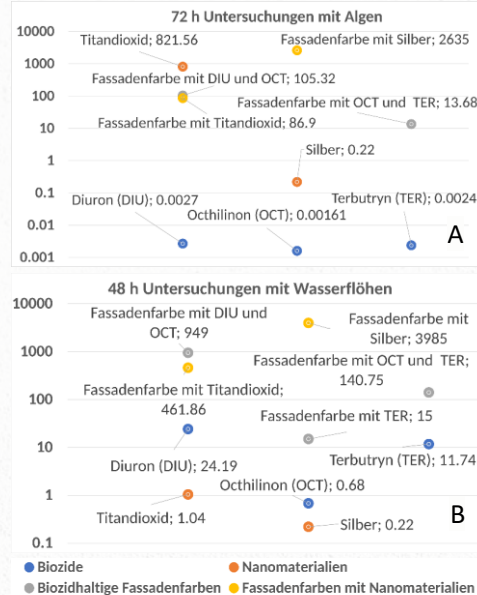


Abbildung 2A: 72 h – Effektkonzentrationen (mg/L) verschiedener Testmaterialien für die Grünalge *Scenedesmus subspicatus* im Vergleich.

Abbildung 2B: 48 h – Effektkonzentrationen (mg/L) verschiedener Testmaterialien für den Wasserfloh *Daphnia magna* im Vergleich.

Chronische Untersuchungen mit Silber-Nanofassadenfarbe

Sehr wenig bekannt ist bisher über den chronischen Einfluss von Nanomaterialien und assoziierten Fassadenfarben auf aquatische Organismen. Weiterführende ökotoxikologische Experimente mit Wasserflöhen sollten im Zuge von NAVEBGO darüber Aufschluss geben und die Frage klären, ob funktionelle Nanomaterialien zuletzt ggf. eine freundlichere Alternative zum Einsatz von Bioziden in Fassadenfarben darstellen. Ergebnisse einer Mehrgenerationenstudie mit Nanosilberhaltiger Fassadenfarbe ließen jedoch daran zweifeln. Die Mortalität über das Futter exponierter Tiere nahm über die verschiedenen Generationen hinweg stark zu (Abb. 3).

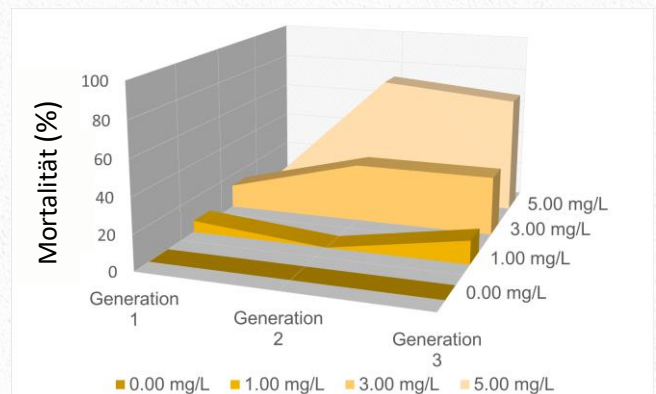


Abbildung 3: Mortalitätsverlauf über drei aufeinanderfolgende Generationen unterschiedlich stark exponierter Wasserflöhe (gegenüber Silber-Nanofassadenfarbe).

- Bilder: - Haus am Wasser – von Katalin Thorndahl - <https://www.myheimat.de/de--hamm--882/kultur/mein-haus-im-wasser-narrenfreiheit-d2488090.html>
 - TiO₂ – von Andreas Schwarzkopf - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=72581647>
 - Alge - von Frank Fox - <http://www.mikro-foto.de>, CC BY-SA 3.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20240806>
 - Daphnie - von Dieter Ebert, Basel, Switzerland - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47132022>

4. Akteursanalysen: Von der Farbherstellung bis zur gestrichenen Fassade

Factsheets

- Eine komplexe Akteurskette

Forschende & Studierende

Politische Instanzen

Presse & Medien

- Die Herstellung von Farben: ein komplexer industrieller Prozess fernab von Malern

Forschende & Studierende

Malerbetriebe

Politische Instanzen

- Maler: ein vielseitiger Beruf zwischen konventionellen Tätigkeiten und alternativen Innovationen

Forschende & Studierende

Malerbetriebe

Politische Instanzen

Architekt*innen & Stadtplaner*innen

- Die Bedeutung der sozialen Rolle von Fassaden

Forschende & Studierende

Malerbetriebe

Politische Instanzen

Bürger*innen & Heimwerker*innen

Architekt*innen & Stadtplaner*innen

Presse & Medien

Factsheets

Die Frage der Biozide geht weit über die Maler und Farbenhersteller hinaus. Sie mobilisiert eine komplexe Kette von Akteuren, die die Ökologisierung des Fassadenmanagements erschwert.

Hierarchische Akteurssysteme, zersplitterter Metabolismus

Es gibt ein System im System: Die Herstellung von Farben wurde an ein Expertensystem delegiert, das in Produktionszweigen organisiert ist.

- Dieses komplexe System „erzwingt“ Entscheidungen über den Schutz der Fassaden aus den Produktionssystemen heraus (was zur Folge hat, dass der Metabolismus für einen Großteil der Akteure unsichtbar wird).
- Die Entscheidungen über die Art der Malerarbeiten betreffen eine große Anzahl von Akteuren. Daher müssen Informationsmaßnahmen an die unterschiedlichen Akteure angepasst werden.

Welche Akteure sind für die Entscheidungen ausschlaggebend?

- Bewohner, deren gesellschaftliche Bedürfnisse widersprüchlich sind: Sie wünschen sich Fassaden, die dauerhaft sauber sind (resistent gegen Vergrünung) aber gleichzeitig ökologischen Anforderungen entsprechen.
- Urbane Entscheidungsträger: Öffentliche Aufträge rund um Vorzeigeprojekte (z. B. Ökoquartiere) können eine Sogwirkung entfalten.
- Die Entstehung von Alternativen, die eine Veränderung der Praktiken innerhalb des Systems anstoßen können.

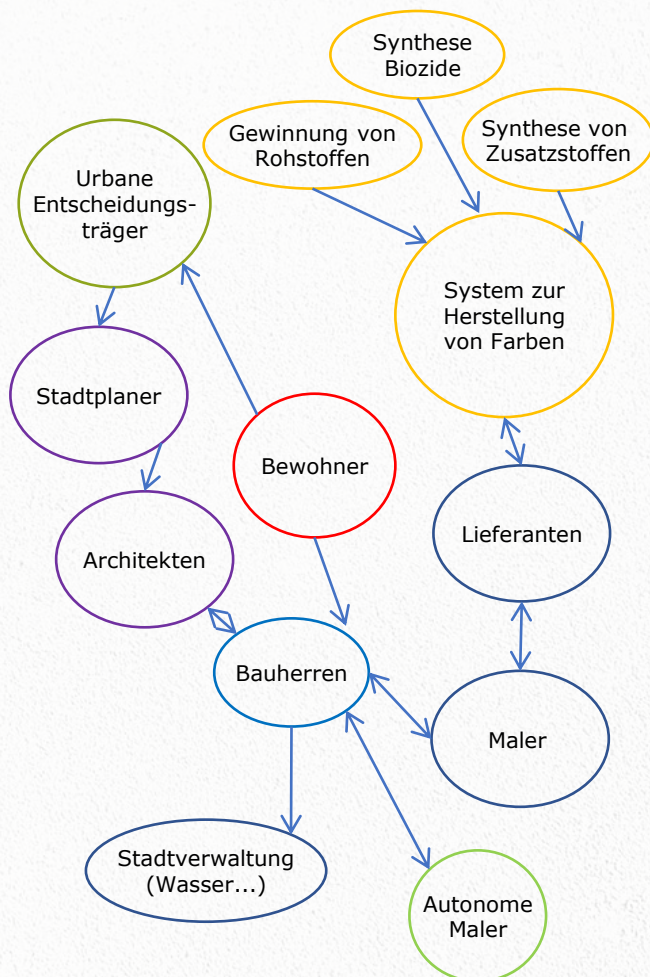


Abb.: Die Akteurskette

Autoren: Maurice Wintz¹, Guillaume Christen¹

¹ Labor Gesellschaften, Akteure und Regierung in Europa (SAGE), Universität Straßburg / CNRS, UMR 7363, F-67083, Straßburg, Frankreich



Factsheets

Hersteller als „Systemempfehlende“: Die Hersteller bieten zusammenhängende Systeme an (Reparaturputz, Fixiermittel, Isolierung, Deckputz), die die Arbeits- und Entscheidungsketten auf ein anzuwendendes Protokoll anpassen. Es wird von einer empfehlenden Handlung gesprochen, die darin besteht, zu empfehlen oder zu beraten, und nicht darin, ein Verfahren, eine Marke oder eine Vorgehensweise aufzuzwingen. Es wird auf die Ambivalenz der Vorschrift hingewiesen: Es ist nicht vorgeschrieben, das komplette System zu verwenden, es wird aber in der tatsächlichen und täglichen Arbeit des Malers zur Norm. Man stellt fest, dass es in der Praxis üblich ist, dass Maler die kompletten Systeme der Hersteller für Verputzarbeiten verwenden.

Wenn die Systemempfehlung eines Herstellers zur Norm für Baustellen wird

Die Empfehlungen einiger Hersteller werden zur Norm und ihr System wird im professionellen Bereich weit verbreitet und anerkannt.

Diese von Herstellern formulierten Empfehlungen werden zu Leittechnologien. Sie fungieren als Standards an denen sich Bauherren orientieren können: Mit anderen Worten, es besteht die Gefahr, dass ein Ordner mit Empfehlungen für neue Baustellen lediglich kopiert und wiederverwendet wird.

Diese Leittechnologien können durch die Reproduktion der gleichen Modelle zu Trägheitseffekten führen: *„Wir machen copy and paste, einige Architekten hatten Besuch eines Planers von STO, Caparol, er hat ein schönes Dossier gemacht, ich empfehle das, gut, wir machen es noch einmal, wir bleiben bei den gleichen Verfahren.“*

Ein Architekt erwähnt ebenfalls diese Trägheitseffekte: *„Der Kunde, der von einem Architekten besucht wurde, möchte eine Fassade mit Abperleffekt; wenn der Architekt bereits mit einem System von STO gearbeitet hat, wird der Maler Schwierigkeiten haben, den Architekten und den Kunden umzustimmen.“*

Lieferanten: regionale Verbindungsstellen der Hersteller. Sie sind das Bindeglied zwischen den Herstellern und den Malern.

Die lokal ansässigen Lieferunternehmen beteiligen sich an der Verbreitung und Weitergabe der Herstellerempfehlungen durch technische und betriebliche Beratung.

Die Figur des Vertriebsmitarbeiters spielt die Rolle eines "vorschlagenden Vermittlers": Sie bringen die Empfehlungen der Hersteller in alltägliche Arbeitsabläufe ein.

Was angepriesen wird, ist kein striktes Protokoll, das bei der Anwendung eines bestimmten Produkts befolgt werden muss, sondern Ratschläge, Hilfe, Dienstleistungen oder Begleitung, um eine praktische Antwort auf ein konkretes Problem zu geben.

Ein Lieferant wird eng mit einem bestimmten Hersteller zusammenarbeiten und zum Berater dieses Herstellers auf regionaler Ebene werden.

- Die Vertriebsmitarbeiter bilden ein Kontinuum zwischen den Anwendungsvorgängen auf der Baustelle und den formalen Vorschriften in den Merkblättern der Hersteller.
- Diese "vorschlagenden Vermittler", also die Vertriebsmitarbeiter, sind wichtig: Sie sorgen dafür, dass die Hersteller auf regionaler Ebene verankert sind.
- Eine Änderung der Praktiken (Verbreitung einer alternativen Innovation) muss den Akteur des Lieferanten als Weichensteller einbeziehen, der einen Einfluss auf die Maler ausübt.



Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



**„Der Oberrhein wächst zusammen:
mit jedem Projekt“**

DOI: 10.6094/UNIFR/230077



Die Herstellung von Farben: ein komplexer industrieller Metabolismus fernab von Malern

Factsheets

Die Künstlichkeit der Farben und die Industrialisierung ihrer Herstellung haben es für Maler unmöglich gemacht, ihren ökologischen Fußabdruck zu verstehen.

Die Herstellung von Farben ist in Ketten organisiert, die Handwerker von den Produktionsprozessen entfernen.

- Die Herstellung von Farben ist Teil eines Metabolismus (Barles, 2008), denn sie erfordert eine Menge an Materialien (Füllstoffe, Pigmente, Titandioxid, Marmorpulver), Lösungsmitteln und Bindemitteln.
- Der Herstellungsprozess kann nicht auf eine einfache technische Variable reduziert werden, sondern ähnelt einem sozio-natürlichen System, das gleichzeitig aus „Sozialem“ (Ketten von Akteuren), „Materiellem“ (Maschinen), „Technischem“ (Innovationen) und „Natürlichem“ (Ressourcen) besteht.
- Je nach Grad der Künstlichkeit erzeugen Farben verschiedene ökologische Fußabdrücke, und ihre Herstellung ist Teil eines mehr oder weniger langen Metabolismus.
- Gleichzeitig wird die Kette der Akteure zunehmend spezialisierter und komplexer. Je spezialisierter die Fertigungssysteme werden (an Industrieunternehmen der Branche delegiert), desto weiter und distanzierter ist die Beziehung der Maler zu den Produktionsprozessen (Menge und Art der benötigten Ressourcen, ökologischer Fußabdruck).

Dieser ökologische Fußabdruck von Farben war nicht immer gleich und hat sich im Laufe der Geschichte und der Gesellschaftssysteme verändert. Im Mittelalter wurden Farben aus pflanzlichen oder mineralischen Materialien hergestellt, die vor Ort gewonnen wurden. Mit der Industrialisierung der Herstellungsprozesse wurden Farben synthetisch hergestellt, indem man Erdölprodukte einsetzte. Seitdem werden für die Zusammensetzung von Farben große Mengen an Ressourcen verbraucht, deren ökologischer Fußabdruck sich auf internationaler Ebene vergrößert. Die für ihre Herstellung benötigten Mineralien (Titandioxid, Kalk, Marmorpulver usw.) werden meist in Minen abgebaut, die weit von dem Ort entfernt sind, an dem das Endprodukt hergestellt und verwendet wird. Im Falle von Titan befinden sich die wichtigsten Minen in Südafrika, Australien oder Kanada. Der ökologische Fußabdruck ist nicht nur räumlich weit entfernt, sondern auch zeitlich unabhängig und weit entfernt.

Autoren: Guillaume Christen¹, Maurice Wintz¹

¹ Labor Gesellschaften, Akteure und Regierung in Europa (SAGE), Universität Straßburg /CNRS, UMR 7363, F-67083, Straßburg, Frankreich



Synthetische Farben: Die Herstellung synthetischer Farben beruht auf einem offenen und linearen Metabolismus, der einem kontinuierlichen Fluss von Materialbeschaffung, Herstellung von Produkten (Farben, Putze) und Abfallentsorgung folgt. Innerhalb dieses Herstellungsprozesses zirkulieren die Ressourcen nur in eine Richtung: von der Gewinnung der Materialien bis zu ihrer Verarbeitung zu synthetischen Produkten. Dieser Prozess beruht auf einem offenen technischen Kreislauf, bei dem die hergestellten Produkte nicht in die Umwelt zurückgeführt werden.

Factsheets

Die Herstellung synthetischer Farben: eine "Black Box", in der man den Lieferanten vertraut

- Das verzweigte Herstellungssystem baut eine "Black Box" auf, die den Herstellungsprozess von Farben "naturalisiert", was ein entmaterialisiertes, "abstraktes, verschleiertes und verdecktes" (Dobigny, 2009) Verhältnis zu Ressourcen erzeugen kann.
- Die Handwerker haben nicht mehr direkt mit den Materialien zu tun, die sie für die Herstellung von Farben benötigen, sondern mit vorgefertigten Systemen, die nur noch aufgetragen werden müssen.
- Der Grad der Eigenverantwortung (oder des Wissens) über die Herstellung von Farben ist gering, da die Einflussnahme auf die Herstellungsverfahren komplex ist und durch vielfältige Akteursketten "verwischt" wird.

Innerhalb dieser Kette ist der handwerkliche Maler das letzte Glied: „*Wir sind am unteren Ende der Skala, wir haben nicht wirklich etwas zu sagen, wir kennen uns nicht aus, wir wissen nicht so recht, was dahinter passiert, in der Produktion*“ (Interview mit einem Maler).

In dieser Konstellation vertrauen die Maler den Vertriebsmitarbeitern der Lieferfirmen und verlassen sich auf deren Fachwissen über die Zusammensetzung der Farben: „*Sie (die Lieferanten) erklären es uns, danach ist es ziemlich technisch und wir nehmen, was wir verstehen*“ (Gespräch mit einem Maler).

Ein Weg der Abhängigkeit von technischen Innovationen

Die Künstlichkeit führt zu einem Bruch mit den "natürlichen" Materialien und deren Ersetzung (Kalk, Silikat) durch neue, hochgradig synthetische Materialien. Dieser Bruch führt zu vielfältigen Konsequenzen:

1. Die Rolle und die Qualitäten von natürlichen Materialien, die nun durch synthetische Produkte ersetzt werden, werden vergessen.
2. Die Verwendung von synthetischen Farben erfordert den zunehmenden Einsatz von Materialien.
3. Diese „Verkünstlichung“ wird zunehmend irreversibel: Je künstlicher ein System wird, desto schwieriger wird es, biologische Prozesse neu zu etablieren.

Ein Maler erklärt, dass je nach Synthesegrad der Farbe (Acryl, Lösungsmittel und Mineral) diese mehr oder weniger lebendig ist und mit dem Untergrund in Interaktion tritt :

„*Das ist schematisch, was ich Ihnen sage, das würde passieren, wenn man eine Fassade aufschneiden müsste, wenn man Farbe um einen Stein herum anbringt, wenn man einen Stein in zwei Hälften schneiden müsste, würde man das Acryl sehen, das darauf liegt, ein Lösungsmittel, man würde sehen, dass das Produkt etwas mehr ins Innere eingedrungen ist, und beim Silikat würde man sehen, dass die Farbe wirklich eins mit dem Untergrund geworden ist*“ (Interview mit einem Maler).

BARLES, S., 2008. « Comprendre et maîtriser le métabolisme urbain et l’empreinte environnementale des villes » (Verstehen und Beherrschen des städtischen Stoffwechsels und des ökologischen Fußabdrucks von Städten.), Responsabilité & environnement (52), pp. 21-26.

DOBIGNY, L., 2009. « L’autonomie énergétique : acteurs, processus et usages. De l’individuel au local en Allemagne, Autriche, France » (Energieautonomie: Akteure, Prozesse und Nutzung. Von individuell bis lokal in Deutschland.), in Dobré M., Juan S. (eds), Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie (Anders konsumieren. Die ökologische Reform der Lebensstile), L’Harmattan, coll. Sociologie et environnement, pp. 245- 252.

Maler: ein vielseitiger Beruf zwischen konventionellen Tätigkeiten und alternativen Innovationen

Factsheets

Natürliche Farben wecken noch nicht das Vertrauen der Handwerker. Die meisten folgen den Empfehlungen der Lieferanten, eine Minderheit testet natürliche Produkte. Wie kann die Verwendung von Naturprodukten gefördert werden?

Wie sprechen Maler über Farben? Ihr System der Praxis

Maler erwähnen Anstriche nach den Arbeitsabläufen und der Anwendung. Ein Beispiel: Eine sogenannte Siloxanfarbe lässt sich anders auftragen als ein Acrylputz.

Dieser Raum zum Experimentieren und "in die Hand nehmen" der Putze bezieht sich auf den "Gebrauchsrahmen" (Flichy, 1995) und die praktische Situation auf der Baustelle. Der Maler wird die Farbpaletten in einen "Bereich der Ziele und Mittel" (Darré; 1985) einordnen und jeder dieser Farbfamilien je nach den zu erreichenden Zielen, Eigenschaften und Merkmale zuordnen.

Ein Beispiel: Maler besinnen sich auf die Dicke und die Deckkraft (die Eigenschaften) von Acrylputz. Die Deckkraft des Putzes dient dazu, Risse und andere Unvollkommenheiten zu kaschieren, um ein gleichmäßiges Aussehen zu erreichen (das Ziel).

➤ Innerhalb dieses Experimentierraums gestaltet der Handwerker seine Ansichten und baut sie sich auf.

Die Qualitäten von Siloxan-, Acryl- und Mineralfarben aus Sicht der Fachleute (Fragebogenumfragen, die im Elsass unter Malern durchgeführt wurden, Frühjahr 2021)

- Die Qualitäten von Siloxanfarben: Atmungsaktiv, gute Fassadenabdeckung, wirtschaftlich.
- Die Qualitäten von Acrylputzen: Starker Schutz für Fassaden. Allerdings lassen sie den Untergrund nicht atmen.
- Mineralische Farben werden kaum verwendet, da sie laut 87% der Malermeister kompliziert aufzutragen und am unwirtschaftlichsten sind.

- **Mineralfarben werden als umständlich in der Anwendung empfunden.**
- **Es sind die sogenannten Siloxanfarben, die in der Branche am häufigsten verwendet werden (Fachleute finden darin einen Kompromiss zwischen Preis, Atmungsaktivität des Putzes und Halt des Untergrunds).**

Autoren: Guillaume Christen¹, Maurice Wintz¹

¹ Labor Gesellschaften, Akteure und Regierung in Europa (SAGE), Universität Straßburg /CNRS, UMR 7363, F-67083, Straßburg, Frankreich



Maler sind keine homogene Berufsgruppe, sondern unterscheiden sich in drei Kategorien nach:

- Wahrnehmung von Bioziden
- Verwendung von Naturprodukten
- Alternativen zu Bioziden

Wir unterscheiden hier in:

- konventionelle Maler
- Maler mit einer starken ökologischen Identität

Factsheets

Konventionelle Maler: Die Haltbarkeit der Fassade im Laufe der Zeit

Sie arbeiten hauptsächlich mit synthetischen Produkten und vertrauen auf Liefernetzwerke.

Die Haltbarkeit der Fassade im Laufe der Zeit bleibt ein wichtiges Kriterium für die Auswahl der Produkte: Es handelt sich um einen wichtigen Aspekt, der wichtig für die Zufriedenheit der Kunden und die berufliche Anerkennung ist.

- Ihre Berufskultur sieht das Risiko nicht in der Verwendung von Bioziden, sondern identifiziert es eher in der Reduktion des Biozidgehaltes, der die Haltbarkeit der Fassade beeinträchtigt.
- Die Haltbarkeit der Fassade bleibt durch den Einsatz von Bioziden unter Kontrolle.

Ein Misstrauen gegenüber Mineralfarben

- Unerwünschte ästhetische Effekte: Das Fehlen eines einheitlichen Farbtons auf der gesamten Fassade.
- Einschränkende Anwendungsbedingungen (Anpassung an das Wetter, eine längere Trocknungszeit)
- Der Farbton variiert je nach Feuchtigkeit: „Ich habe Schwierigkeiten mit dem Aussehen, gerade wenn es regnet, stört es mich persönlich, wenn es aussieht wie Löschpapier“ (Auszug aus einem Interview mit einem Maler).
- Die Kosten werden oft erwähnt „Ein 25-kg-Eimer Siloxanfarbe kostet 150 Euro, eine Mineralfarbe dagegen 450 Euro“ (aus einem Interview mit einem Maler).

Maler mit starker ökologischer Identität

Vertrauen in natürliche Produkte

- Sie kritisieren konventionelle Praktiken: Mit der Verbreitung synthetischer Farben in Verbindung mit einer Außenisolierung weisen diese Maler auf die Gefahr hin, dass in der Branche verstärkt Biozide eingesetzt werden, um die Verschmutzung von Fassaden zu verhindern.
- Sie versuchen, das Potenzial natürlicher Materialien (Kalk, Silikate) zu nutzen.
- Sie betonen die pilz-hemmenden Eigenschaften von natürlichen Putzen und die Fähigkeit, die Wände "atmen" zu lassen, um den Verzicht auf Biozide auszugleichen.

Ein System von Praktiken, das um die "Atmungsaktivität" der Materialien herum aufgebaut ist

- Qualitäten: Der Putz sollte den Austausch (Wärme und Feuchtigkeit) fördern.
- Ziele: Die Fassaden müssen atmen können (das Haus im Allgemeinen).

Die naturbelassenen Farben sorgen für die Stabilität dieses Systems.

„Mineralfarben haben eine Mikroporosität für Wasserdampf von etwa 2000 Gramm pro Quadratmeter, Mineralfarben sind atmungsaktiv, es findet ein Austausch statt, bei halbmineralischen Farben sinkt die Mikroporosität auf 1200, was nicht schlecht ist, aber stellen Sie sich das mit Farben vor, die die Wände mit einer Plastiksicht überziehen“ (Auszug aus einem Interview mit einem Maler).

Flichy, Patrice, 1995, L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales - vers une nouvelle théorie de l'innovation (Die technische Innovation. Jüngste Entwicklungen in den Sozialwissenschaften - auf dem Weg zu einer neuen Innovationstheorie.), Paris, La Découverte

Darré, Jean-Pierre, 1985, La Parole et la technique. L'univers de pensée des éleveurs du Ternois (Das Wort und die Technik. Die Gedankenwelt der Viehzüchter im Ternois), Paris, L'Harmattan

Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen:
mit jedem Projekt“

DOI: 10.6094/UNIFR/230084



Aus der Sicht der Bewohner hat die Fassade nicht nur eine technische, sondern auch eine symbolische Bedeutung. Sie kann mit einer „Schale“ oder einer „Membran“ verglichen werden, die verschiedene soziale Funktionen erfüllt.

Die soziale Fassade erfüllt 3 Funktionen

1. Eine schützende Hülle

Der Raum des "Zuhause" ist ein persönlicher Raum, in dem sich der Bewohner sicher fühlt.

- Die Fassade funktioniert wie eine Pufferzone, die ein Außen von einem Innen abgrenzt und als Schutzmembran fungiert.

2. Die Fassade: ein Bild von sich selbst und der Nachbarschaft

- Fassaden vermitteln ein Bild der Bewohner und des Viertels und tragen zum Aufbau der sozialen Identität der Menschen bei: Sie tragen dazu bei, sich selbst (wie ich mich selbst sehe) und anderen (wie andere mich sehen) eine Identität zu geben.
- Im Luckenbachweg (Freiburg), wo ein Teil des Mietwohnungsbestands von einer Fassadensanierung profitiert hat, berichten die Bewohner von den positiven Imageeffekten.

3. Die Wohn- oder Nutzfassade

- Die Fassade kann als Verlängerung des inneren Lebensraums in den äußeren Lebensraum genutzt werden. Historisch gesehen waren die geschützten Bereiche am Fuß der Fassaden Orte, an denen man leben und sich von kleineren Arbeiten ausruhen konnte.
- Mit der Entwicklung der Natur in der Stadt kann man sich Dachüberstände vorstellen, die eine Schutzfunktion erfüllen und soziale Nutzungen beherbergen: Pflanzkübel, gärtnerisch genutzte Fassadenfüße.

Die soziale Rolle von Fassaden: das Bild der Nachbarschaft und von sich selbst...

„Es ist wichtig, es ist besser mit einer neuen Fassade, und jeder pflanzt ein paar Blumen auf dem Balkon, es ist schöner als vorher, man fühlt sich besser, man ist ein bisschen stolz, es ist gut für das Image des Viertels und das Image der Bewohner“ (Auszug aus einem Interview mit Bewohner Nr. 1).



Gärtnerisch genutzte Bereiche am Fuß der Fassaden am Luckenbachweg

Autoren: Guillaume Christen¹, Maurice Wintz¹

¹ Labor Gesellschaften, Akteure und Regierung in Europa (SAGE), Universität Straßburg /CNRS, UMR 7363, F-67083, Straßburg, Frankreich

Das Vorhandensein von Bioziden in Farben ist eine unsichtbare Realität, da sie für die Bewohner **schwer zu benennen ist**. Es sind nicht die Biozide, die als Risiko gesehen werden, sondern eher die Schimmelpilze, die die Fassaden und ihre Schutzfunktion zu beeinträchtigen scheinen.

Factsheets

Aus Sicht der Bewohner beeinträchtigt das Vorhandensein von Algen und Moos das Bild einer schützenden Fassade

- Algen und Moose werden nicht mit spontaner Natur in Verbindung gebracht.
- Sie werden als Elemente wahrgenommen, die das Haus und die Lebensbedingungen beschädigen bzw. beeinträchtigen.
- Wenn eine Fassade Algen und Moose aufweist, gilt das gesamte Haus als minderwertig oder bietet sogar Lebensbedingungen, die als ungesund und unhygienisch angesehen werden.

➤ **Eine verblasste Fassade schwächt das Gefühl der inneren Sicherheit, das ein „Zuhause“ vermittelt.**

Auszug aus einem Interview über die Wahrnehmung dieser Fassade durch die Bewohner:

- „Es ist ein Haus, in dem man nicht wohnen möchte.“
- „Dieses Haus muss in keinem guten Zustand sein, es muss feucht sein oder schlecht isoliert, ich weiß nicht, aber es ist nicht top.“
- „Das sieht nicht warm aus“

Foto, das bei den Interviews verwendet wurde



Begrünte Fassaden werden nur schwer akzeptiert

- Die begrünte Fassade wird als invasiv wahrgenommen, wenn sie die Schwelle zum Privatbereich des Bewohners überschreitet (Bild 1). In dieser Situation vermittelt die Fassade das Bild einer "gefährlichen" Wildnis. Sie steht im Gegensatz zu dem schützenden Bild, das die Bewohner von der Fassade und ihrer Wohnung haben.
- Wenn die begrünte Fassade hingegen "beherrscht" wird und noch nicht in den privaten Raum eingedrungen ist, wird sie von den Bewohnern als "hübsch", ästhetisch, schön bezeichnet (Bild 2).

➤ **Alternative Begrünungssysteme müssen diese ästhetische Funktion der Fassade mit einbeziehen.**



Bild 1



Bild 2

„Der Oberrhein wächst zusammen: mit jedem Projekt“

DOI: 10.6094/UNIFR/230087



5. Biozidvermeidung - Problemlösung an der Quelle

Factsheets

- Vermeidung von Bioziden in Fassadenmaterialien mittels Nachhaltiger Chemie

Forschende & Studierende

Malerbetriebe

Politische Instanzen

Bürger*innen & Heimwerker*innen

Architekt*innen & Stadtplaner*innen

Presse & Medien

- Naturstoffe als Ersatz für konventionelle Biozide – Untersucht am Beispiel der Flavonoide

Forschende & Studierende

Politische Instanzen

Presse & Medien

Vermeidung von Bioziden in Fassadenmaterialien mittels Nachhaltiger Chemie

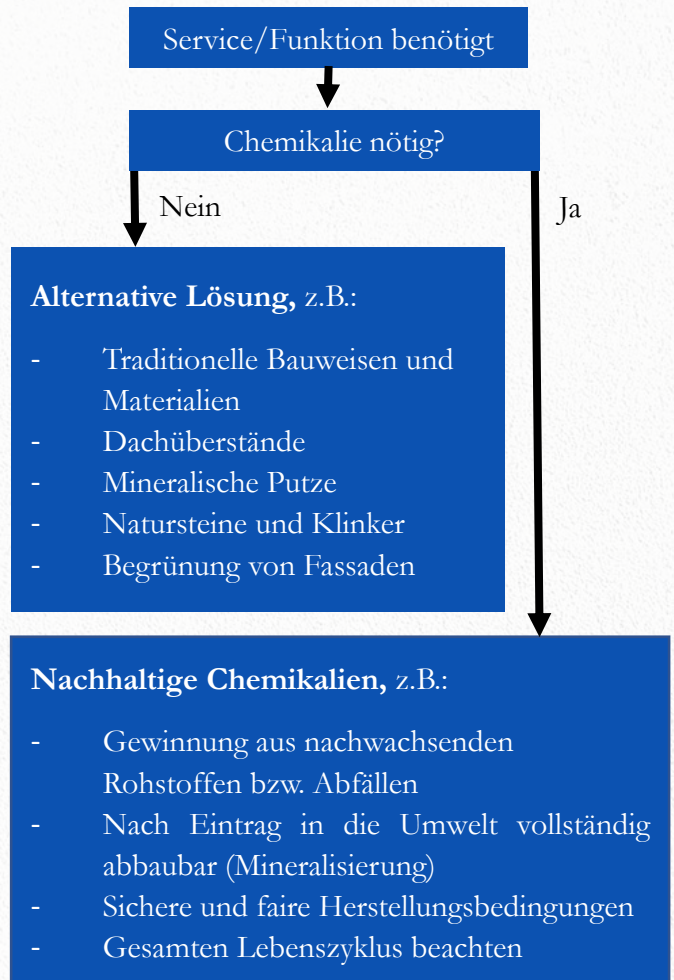
Factsheets

Präventive Maßnahmen, die den Einsatz von Bioziden verhindern, sind zu bevorzugen. Lösungsansätze, die ohne Chemikalien auskommen, sind nachhaltigen Chemikalien vorzuziehen.

Vermeidung von Bioziden durch nicht-chemische Lösungen

Der Eintrag von Chemikalien in die Umwelt, wie z.B. durch die Mobilisierung aus Fassaden, stellt ein erhebliches Risiko für das gesamte Ökosystem dar [1-3]. Durch geeignete Maßnahmen an der Quelle muss der Einsatz von konventionellen chemischen Stoffen soweit wie möglich eingeschränkt werden, um deren Eintrag ins Ab-, Oberflächen- und Grundwasser zu vermeiden. Denn was gar nicht erst in den Wasserkreislauf gelangt, muss auch nicht mühsam, aufwändig und kostenintensiv durch technische „End of Pipe“ Maßnahmen entfernt werden, sofern dies überhaupt vollständig möglich ist [4].

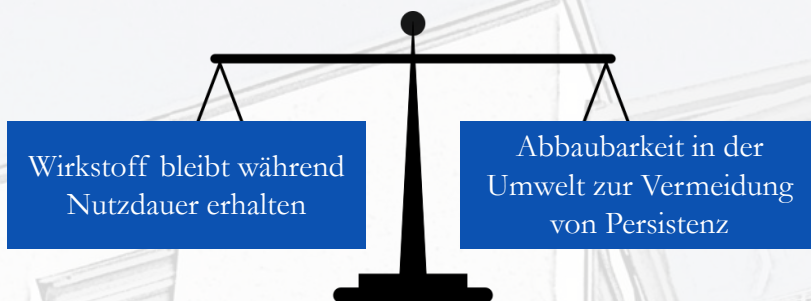
Entsprechend dem Leitbild der „Nachhaltigen Chemie“ sollte sich bereits zu Beginn mit der Frage nach der Funktion, die eine Chemikalie erfüllen soll (im gegenwärtigen Fall Fassadenschutz) und ihrer Notwendigkeit (z.B., weil exponierte und thermisch isolierte moderne Fassaden anfällig sind für Algen- und Pilzbefall) befasst werden. Hierbei kann bereits überprüft werden, ob durch Alternativmaßnahmen oder durch generelle Verhaltensänderungen ein Chemikalieneinsatz vermieden werden kann [5].



Autor*innen: Lena Schnarr¹, Oliver Olsson¹, Klaus Kümmerer¹

¹ Institut für Nachhaltige Chemie, Leuphana Universität Lüneburg, Lüneburg, Deutschland

Abbildung 1: Entscheidungspfad in der Nachhaltigen Chemie mit Beispielen für nicht-chemische Alternativen im Baubereich.



Factsheets

Ersatzstoffe für nicht vermeidbare Biozide

Werden Biozide dennoch benötigt, und dies sollte nur in absoluten Ausnahmefällen geschehen, sollten nur solche Stoffe verwendet werden, die nur direkt an dem zu schützenden Objekt (z. B. Fassadenoberfläche) wirken, jedoch in der Umwelt keinen Schaden anrichten, da sie schnell und vollständig mineralisierbar (z.B. Abbau zu CO₂) sind.

Ersatzstoffe für die konventionellen Biozide können unter Beachtung der Leitfragen für nachhaltige Chemikalien (Abbildung 2) entwickelt werden. Neben dem Design neuer Substanzen kann auch die Substitution von konventionellen Bioziden durch sehr viel besser und schneller in der Umwelt abbaubare Naturstoffe zielführend sein. Wie schnell sich Naturstoffe in der Umwelt tatsächlich abbauen und welche Zwischen- und Endprodukte dabei entstehen, muss genauer erforscht werden.

Im Rahmen des NAVEBGO Projekt wurde deswegen eine Gruppe von Naturstoffen, die Flavonoide, dahingehend untersucht, ob sie wirksam gegen Algen sind, biologisch zu CO₂ abgebaut werden und somit eine Alternative zu Bioziden wie Terbutryn und Diuron darstellen.

Naturstoffe sind chemische Verbindungen die von lebenden Organismen wie Pflanzen, Pilze und Mikroorganismen hergestellt werden. Wenn diese nicht für lebensnotwendige Prozesse wie Wachstum oder Reproduktion verwendet werden, gehören sie zu den Sekundärmetaboliten.

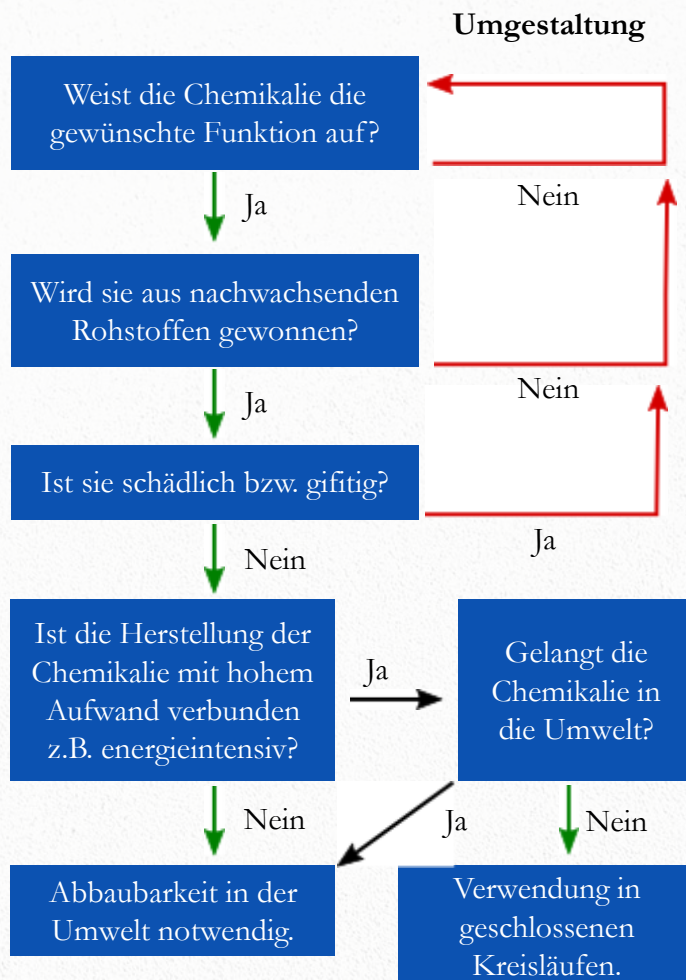


Abbildung 2: Leitfragen zum Design von Chemikalien.
Abgewandelt von [6].

- [1] Persson et al., Environmental Science and Technology 2022
- [2] Wittmer et al., Science of the Total Environment 2011
- [3] Hensen et al., Environment International, 2020
- [4] Kümmerer et al., Science, 2018
- [5] Kümmerer, Angewandte Chemie, 2017
- [6] Zimmermann et al., Science, 2020

Naturstoffe als Ersatz für konventionelle Biozide – Untersucht am Beispiel der Flavonoide

Factsheets

Flavonoide zeigen nicht die benötigten Stoffeigenschaften, um konventionelle Biozide kurzerhand zu ersetzen. Die gewonnenen Erkenntnisse tragen jedoch dazu bei, gezielter nach geeigneten Naturstoffen zu suchen.

Wie wirksam sind Flavonoide gegenüber Algen und welches Umweltverhalten ist zu erwarten?

Bei Flavonoiden handelt es sich um Naturstoffe, weshalb sie wahrscheinlich keine Gefährdung für Mensch und Umwelt darstellen. Es gibt bereits erste Erkenntnisse über ihre algizide Wirkung [1,2], jedoch besteht noch größerer Forschungsbedarf, um die Aktivität von Flavonoiden gegenüber Ziel- und Nichtzielorganismen, ihre Stabilität und ihr Umweltverhalten besser zu verstehen. Deswegen wurde von 26 ausgewählten Flavonoiden die Hemmwirkung gegenüber Algen, ihre abiotische Stabilität (z.B. Zersetzung durch Bestrahlung mit Licht, Reaktionen mit Wasser oder Sauerstoff) und ihre Bioabbaubarkeit durch Bakterien im Labor untersucht.

Flavonoide sind eine Gruppe von Naturstoffen, zu der mehrere tausend ähnliche Stoffe gehören, die eine gemeinsame Grundmolekülstruktur aufweisen. Sie kommen häufig in Pflanzen vor und können aus Abfällen der Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion gewonnen werden.

Ideale Eigenschaften des Ersatzstoffes

- Gewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen
- hemmt Wachstum von Algen auf der Fassade über einen langen Zeitraum
- keine negative Wirkung auf Nichtziel-Organismen
- Abbaubarkeit zu CO₂ in der Umwelt
- Sicher für Hersteller*innen und Anwender*innen

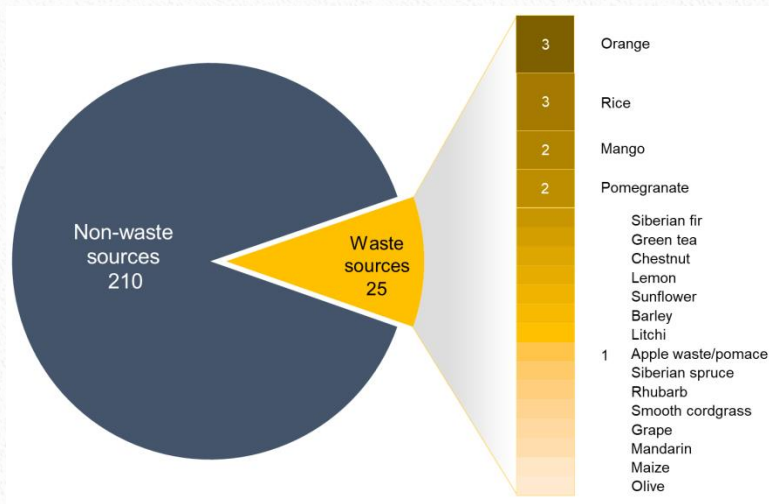
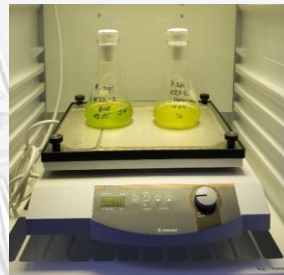
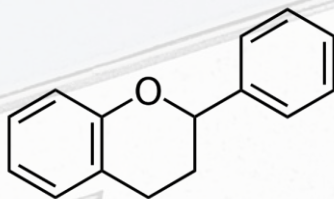


Abbildung 1: Ergebnisse einer systematischen Literaturrecherche zur Quelle von Flavonoiden [3]

Autor*innen: Lena Schnarr¹, Oliver Olsson¹, Klaus Kümmerer¹

¹ Institut für Nachhaltige Chemie, Leuphana Universität Lüneburg, Lüneburg, Deutschland



Factsheets

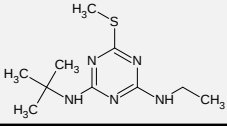
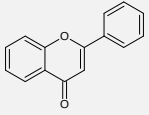
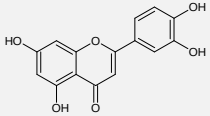
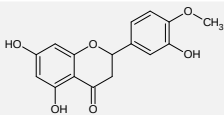
Forschungsergebnisse und Ausblick

Die Ergebnisse für drei ausgewählte Flavonoide im Vergleich zu Terbutryn sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Hemmwirkung gegen Algen war bei allen Flavonoiden niedriger als die Wirkung von Terbutryn. Von den beiden aktiveren Flavonoiden, Flavone und Luteolin, war nur Flavone abiotisch stabil. Luteolin wurde während des Algentest durch abiotische Prozesse wie Bestrahlung mit Licht, Oxidation und Hydrolyse in Transformationsprodukte (entstehen bei nicht vollständigem Abbau zu CO₂) umgewandelt. Flavone war, wie Terbutryn, nicht biologisch abbaubar und folglich besteht ein Risiko zur Anreicherung in der Umwelt.

Die Stoffeigenschaften der 26 getesteten Flavonoide zeigen, dass keine Substanz alle drei Zielfunktionen (Hemmwirkung gegen Algen, abiotische Stabilität, biologische Abbaubarkeit) erfüllt und daher nicht als vollwertiger Ersatz im Sinne der „Nachhaltigen Chemie“ für ein konventionelles Biozid gelten kann.

Dennoch können die gewonnenen Einsichten als Grundlage für weitere Forschung dienen, um besser geeignete Naturstoffe zu finden. Dabei bleibt die Herausforderung bestehen, die benötigte Stabilität für die Anwendung und die Abbaubarkeit in der Umwelt auszubalancieren. Deswegen sind Lösungsansätze, die komplett auf giftige Chemikalien verzichten, bevorzugt zu verfolgen.

Tabelle 1: Bewertung von Flavonoiden als geeigneter Ersatzstoffe. Farbskala: grün (Bedingung erfüllt), gelb (moderate Wirkung), rot (Bedingung nicht erfüllt).

Substanz	Molekülstruktur	Bewertung der Stoffeigenschaften		
		Hemmwirkung gegen Algen	Abiotisch stabil	Biologisch abbaubar
Terbutryn (konv. Biozid)		0,005 ± 0,0004 mg/L	ja	nein
Flavone		1,91 ± 0,08 mg/L	ja	nein
Luteolin		0,94 ± 0,8 mg/L	nein	ja
Hesperetin		22,6 ± 0,6 mg/L	ja	ja

[1] Yu et al.; Ecotoxicology and Environmental Safety, 2019

[2] D'Abrosca et al., Journal of Chemical Ecology, 2006

[3] Schnarr et al., Science of the Total Environment, 2022

6. Projektstrategie – Wie Biozidauswaschung und Biozideinträge ins Grundwasser verhindert werden können

Factsheets

- NAVEBGO - Projektstrategie

Malerbetriebe

Politische
Instanzen

Architekt*innen &
Stadtplaner*innen

Presse & Medien



Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen:
mit jedem Projekt“



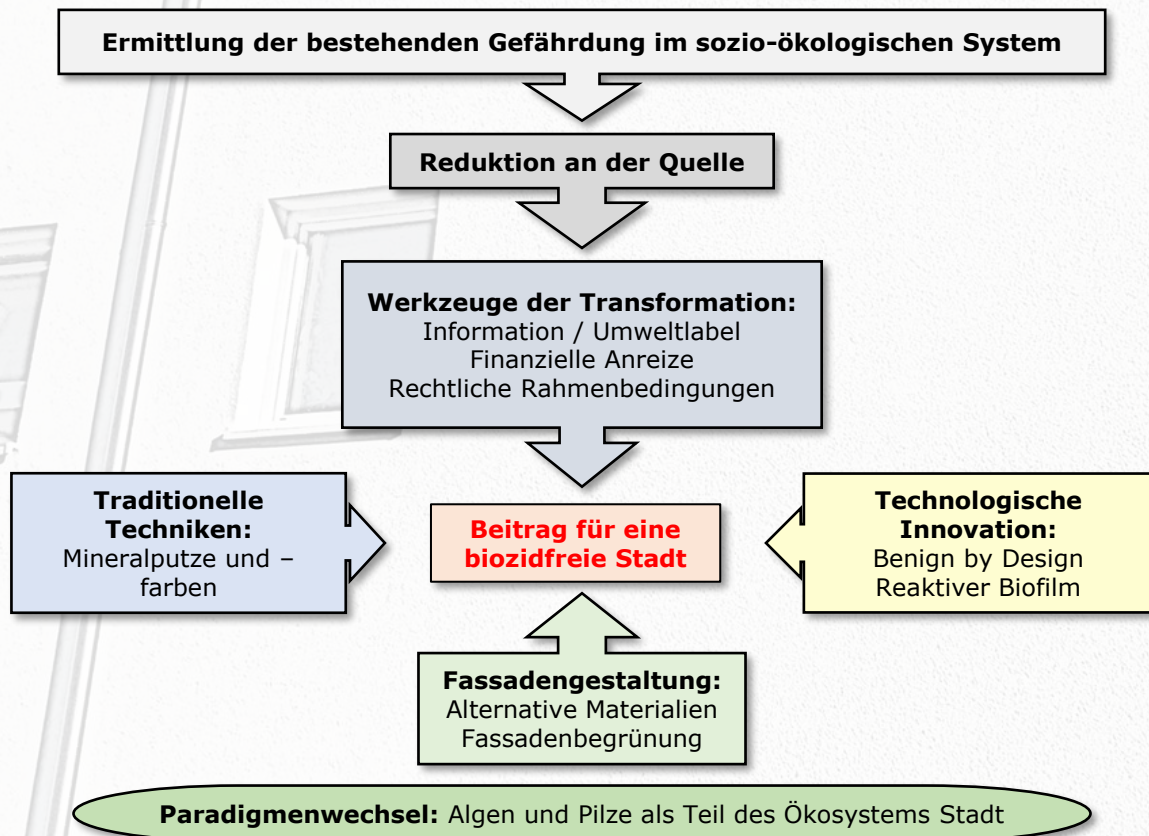
Eine Strategie für eine Fassadengestaltung ohne Biozide: Ein Beitrag für eine biozidfreie Stadt

Factsheets

Eine biozidfreie Fassade kann mit verschiedenen Maßnahmen erreicht werden. Dabei werden Algen und Pilze nicht als Schädlinge, sondern als lebender Teil eines zukünftigen Stadtökosystems angesehen.

Biozide werden auf Fassaden aufgebracht, um Algen und Pilzbefall zu verhindern. Durch Regenwasser werden sie teilweise ausgewaschen und **verbreiten** sich in der **Umwelt**. Dabei werden nicht nur die Muttersubstanzen, sondern auch deren Transformationsprodukte (TPs) in urbanen Gewässern und im Grundwasser gefunden.

Um diesem Problem nachhaltig zu begegnen, ist es nötig, den **Biozideinsatz an der Quelle** zu vermeiden. Dabei muss die bestehende Gefährdung identifiziert und relevante Akteure sensibilisiert werden. Als Vision ergibt sich ein wichtiger Beitrag für eine **biozidfreie Stadt**. In ihr werden Algen und Pilze nicht als Schädlinge, sondern als lebender Bestandteil eines zukünftigen Stadtökosystems angesehen.



Autoren: Jens Lange¹, Oliver Olsson², Maurice Wintz³

¹ Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

² Institut für Nachhaltige Chemie, Leuphana Universität Lüneburg, Lüneburg, Deutschland

³ Labor Gesellschaften, Akteure und Regierung in Europa (SAGE), Universität Straßburg /CNRS, UMR 7363, F-67083, Straßburg, Frankreich

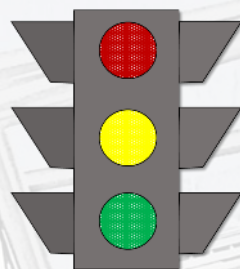


Auf dem Weg in eine zukünftig biozidfreie Stadt, werden **Maßnahmen** des Fassadenschutzes analog einer Verkehrsampel in drei Farben eingeteilt:

„**Rote**“ Maßnahmen helfen, den gegenwärtigen Zustand kurzfristig zu verbessern, sind aber nicht nachhaltig.

„**Gelbe**“ Maßnahmen ermöglichen den Übergang in eine biozidfreie Fassadengestaltung.

„**Grüne**“ Maßnahmen können Teil einer zukünftig biozidfreien Stadt sein.



Factsheets

Werden Biozide **verkapselt**, sind Auswaschraten geringer, allerdings ist die Bildung von TP's noch nicht ausreichend erforscht.

Silikonharzputze können auch **Mikroplastik** freisetzen, **Nanopartikel** erhöhen die Härte von Fassadenfarben, wirken bakterizid und bieten UV-Schutz. Beides ist aus ökologischer Sicht aber bedenklich und nicht alle Umwelteffekte sind hinreichend bekannt.

Bauliche Aspekte können Feuchtigkeit und damit Schimmel- oder Algenbefall an Fassaden reduzieren. Zusätzlich bieten sie Schutz gegen direkten Witterungseinfluss und vermindern so den Biozidaustrag. Beispiele sind Dachüberstände / Balkone oder eine angepasste Fassadenentwässerung mit Tropfkanten und Spritzwasserzonen am Fassadenfuß.

Umwetlabels wie „Der Blaue Engel“ oder die „Schweizer Umwelt-Etikette“ können die freiwillige Verwendung von biozidfreien Produkten fördern. Auch wäre es damit möglich, schädliche Produkte zu verteuern oder nach einer Übergangszeit ganz zu verbieten.

Die **Unterhaltung von Bauwerken** sollte selbstverständliche Pflicht des Eigentümers oder Bewohners sein. **Gewährleistungsansprüche** an Hersteller und Handwerker sind diesbezüglich zu überarbeiten und wären nur bei Bauwerksversagen, nicht bei optischer Beeinträchtigung begründet.

Auch bei traditionell gestalteten Fassaden sind Putze und Farben **mineralischer Herkunft** ohne Biozide zum Schutz vor Oberflächenbewuchs einsetzbar.

Die Verwendung **nachwachsender Rohstoffe** für langlebige Bauprodukte wurde bereits in strohgedämmter Holzbauweise, innen Lehmputz und außen Kalkputz, erfolgreich auch für größere Wohnprojekte umgesetzt.

Werden Fassaden mit **Natursteinen, Klinkern, Glas** oder **Solarzellen** bedeckt, kann auf Biozide komplett verzichtet werden.

Werden **Fassaden begrünt**, fallen Pilze und Algen darunter nicht negativ auf, sondern werden als **Teil des Fassadenökosystems** wahrgenommen und nicht als Schädlinge, die zu bekämpfen sind.

Wird Filmschutz in Ausnahmefällen dennoch benötigt, sollten nur Naturstoffe verwendet werden, die in der Umwelt keinen Schaden anrichten, da sie schnell und **vollständig mineralisierbar** sind.

Paradigmenwechsel: Algen und Pilze als Teil des Ökosystems Stadt

7. Projektkommunikation - Wie das Risiko einer Biozidauswaschung und einer Grundwasserverunreinigung der Öffentlichkeit kommuniziert werden kann

Factsheets

- Biozidauswaschung visualisieren und kommunizieren – Biozidrisikokarten

Forschende & Studierende

Malerbetriebe

Politische Instanzen

Bürger*innen & Heimwerker*innen

Architekt*innen & Stadtplaner*innen

Presse & Medien

- Biozidauswaschungen abschätzen und kommunizieren - FReWaB-PLUS

Forschende & Studierende

Malerbetriebe

Politische Instanzen

Bürger*innen & Heimwerker*innen

Architekt*innen & Stadtplaner*innen

Presse & Medien

Biozidauswaschung visualisieren und kommunizieren – Biozidrisikokarten

Das Risiko einer Biozidauswaschung hängt von vielen Faktoren ab, die in Form von Karten visualisiert werden können.

Risikofaktoren der Biozidauswaschung

Beschattung & Begrünung



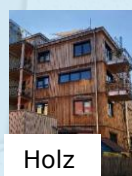
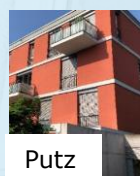
Eine Fassade, die dauerhaft durch andere Häuser oder Bäume **beschattet** ist, bleibt nach einem Regenereignis länger feucht, wodurch das Risiko eines Befalls durch Algen oder Pilze steigt.

Dachüberstand & Balkon



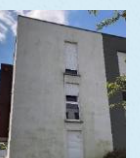
Dachüberstände und Balkone halten Fassaden zumindest teilweise trocken und senken das Risiko eines Befalls durch Algen oder Pilze. Zusätzlich bieten sie Schutz gegen direkten Witterungseinfluss und vermindern so auch den Biozidaustrag.

Fassadenmaterial



Fassadenmaterialien wie Glas, Klinker, Putz oder Holz sind unterschiedlich anfällig für Algen- und Pilzbefall. Auf Putz und Holz kommen oft große Mengen von Bioziden zum Oberflächenschutz zum Einsatz, die zum Beispiel bei Stein- oder Glasfassaden nicht notwendig sind.

Fassadenzustand



Strahlend bunt / weiß

Scheckig

Bewachsen

Der **Fassadenzustand** ist abhängig von den anderen Faktoren und sagt nur indirekt etwas über die Biozidauswaschung aus: eine strahlend weiße bzw. bunte Fassade enthält in der Regel noch viele Biozide während diese bei einer scheckigen Fassade bereits überwiegend ausgewaschen sind oder gar nicht vorhanden waren.

Besonderheit: Unter einer **bewachsenen bzw. begrünten Fassade** dagegen werden Algen und Pilze nicht wahrgenommen und müssen demzufolge nicht mit Bioziden bekämpft werden. Begrünte Fassaden sind deshalb ein Baustein auf den Weg in eine biozidfreie Stadt.

Autoren: Marcus Bork¹, Jens Lange¹

¹ Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen:
mit jedem Projekt“

DOI: 10.6094/UNIFR/230093



Der Algen- bzw. Pilzbefall einer Fassade beeinträchtigt in aller Regel nicht ihre bauphysikalischen Funktionen sondern wird „lediglich“ als ästhetisches Problem wahrgenommen!

Factsheets

Risikofaktor der Biozidverlagerung - Oberflächentypen

Werden Biozide von den Fassaden abgewaschen, hängt ihr Verbleib in der Umwelt stark von der Art der an die Hausfassade **angrenzenden Flächen** ab. Grenzt die Hausfassade an eine **Grünfläche** ("Garten"), versickert das ablaufende Regenwasser in der Bodenschicht, wo Biozide überwiegend aus dem Sickerwasser herausgefiltert werden. In **Kiesdrainagen** hingegen werden nur wenige Biozide zurückgehalten.

Gerade in Innenstädten grenzen Hausfassaden häufig an teilversiegelte oder versiegelte Flächen. **Teilversiegelte Flächen** bestehen häufig aus Naturstein- oder Betonpflaster, das selbst meist zwar relativ undurchlässig ist, aber zwischen den Steinen Fugen besitzt, in denen (solange sie nicht mit Beton verfüllt sind) das Wasser und die darin enthaltenen Biozide versickern können.

Oberflächentypen - Entwässerung



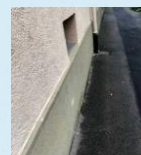
Garten



Kies-
drainage



Teil-
versiegelt

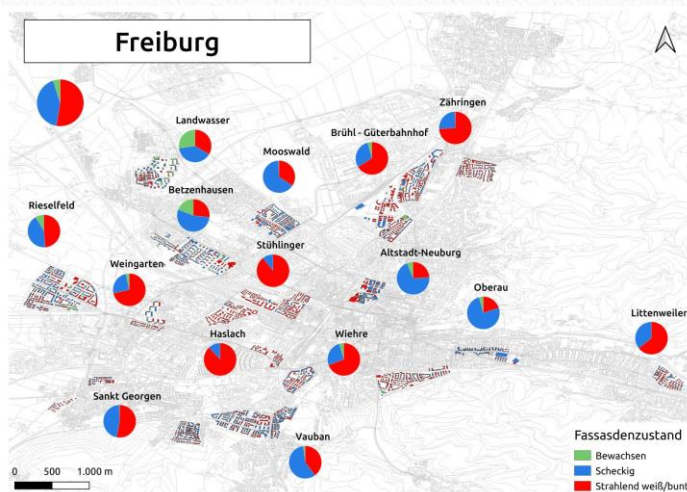


Versiegelt

Wenn eine **versiegelte Fläche** an die Hausfassade angrenzt, kann das Regenwasser dort nicht in den Untergrund eindringen und fließt oberflächlich entweder der Kanalisation, einer Grünfläche, einer Versickerungsanlage oder einem Oberflächengewässer zu.

Biozidrisikokarten

Die **Karten** dienen der **Darstellung der Biozidrisikofaktoren**. Diese wurden für Faktoren erstellt, die Studierende der Universitäten Freiburg, Lüneburg, Straßburg und Landau für einige Stadtteile kartiert haben. An Hand der Karten können Unterschiede der jeweiligen Faktoren zwischen den Stadtteilen ausgemacht werden. Auf der hier dargestellten Karte können beispielsweise an Hand des Faktors des Fassadenzustands Stadtviertel mit vielen Neubauten (eher strahlend weiße/bunte Fassaden mit hohem Biozidauswaschungsrisiko) von Stadtvierteln mit eher älterem Gebäudebestand (eher scheckige Fassaden mit eher geringem Biozidauswaschungsrisiko) unterschieden werden.



<https://www.navebgo.uni-freiburg.de/de/risikofaktoren-biozidauswaschung>

Biozidauswaschung abschätzen und kommunizieren – FReWaB-PLUS

Factsheets

Ausgewaschene Biozidmengen können mit Hilfe des Simulationsmodells FReWaB-PLUS abgeschätzt werden.

Was ist FReWaB-PLUS?

➤ FReWaB-PLUS ist ein einfaches webbasiertes Simulationsmodell zur Risikoabschätzung von Wassermengen und Stofffrachten in Regenwasserversickerungsanlagen

Kooperationsprojekt



Online / Web-basiert



Modularer Ansatz



Open source



Drei-sprachig



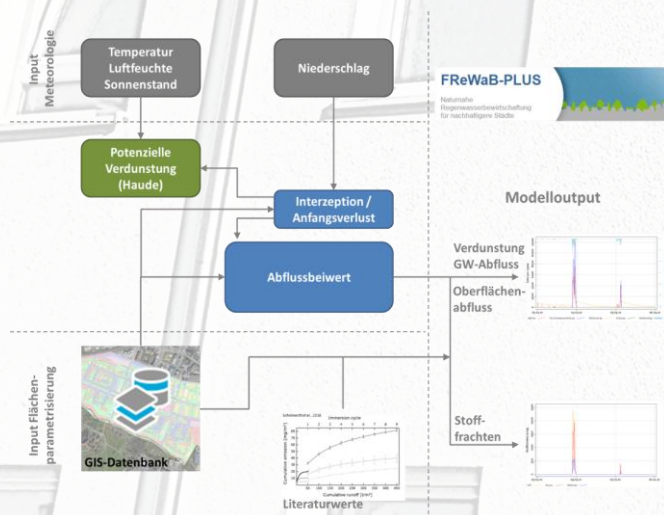
Kostenlos



Ziele

- ✓ Sensibilisierung der Öffentlichkeit
- ✓ Einsatz für Bildungszwecke in Lehre und Workshops
- ✓ Vergleich von Klimaszenarien
- ✓ Instrument zur Risikoabschätzung (Größenordnungen)

Modellansatz



Zur Abschätzung der Biozidauswaschung nutzt FReWaB-PLUS meteorologische Inputdaten (Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchte, Sonnenstand), Flächeninformationen der Gebäude, sowie Literaturwerte zur Auswaschung der Modellbiozide Diuron, Terbutryn und OIT. Das Simulationsmodell berechnet damit die Aufteilung des Niederschlags auf die Wasserhaushaltskomponenten Verdunstung, Grundwasserneubildung (Versickerung) und Oberflächenabfluss entsprechend verschiedener Flächentypen wie z.B. Wiese, Hausdach, Asphalt etc. Schließlich wird die Auswaschung der Biozide aus den Fassadenfarben in Abhängigkeit der Fassadenfläche und des Fassadenalters abgeschätzt.

Autoren: Marcus Bork¹, Alexander Krämer², Jens Lange¹

¹ Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

² WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR, Bad Krozingen, Deutschland

Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen:
mit jedem Projekt“

DOI: 10.6094/UNIFR/230096



Factsheets

Input

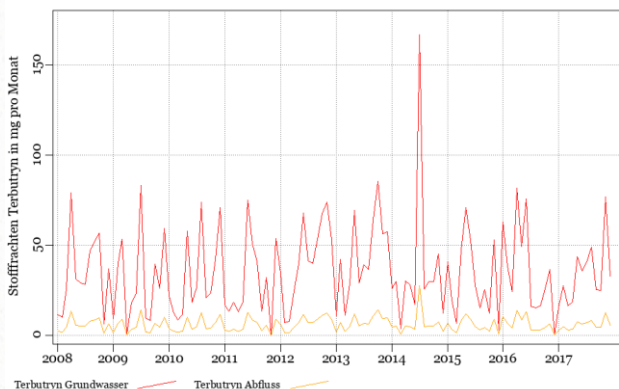


In FReWaB-PLUS werden die Dachflächen, Grünflächen und befestigte Flächen in eine vorher definierte Grundfläche eingezeichnet. Dies geschieht in GOOGLE MAPS und ist für ganz Deutschland möglich.

Grenzen

- Für das Modell werden recht einfache Annahmen getroffen
- Eignung vor allem zur Visualisierung der Biozidauswaschung
- In erster Linie zur Abschätzung von Größenordnungen geeignet
- Für professionelle Berechnungen der Biozidauswaschung kann das Tool COMLEAM verwendet werden (www.comleam.com)

Output



Die Wasserhaushaltsparameter (Oberflächenabfluss, Versickerung und Verdunstung) sowie die ausgewaschenen Biozidfrachten können von FReWaB-PLUS in Form von Diagrammen und als Excel-Datei ausgegeben werden.

Stärken

- Berechnung und Vergleich von Szenarien (z.B. von baulichen Maßnahmen oder Klimaszenarien)
- Benutzerfreundlich und frei verfügbar
- Eintragspfade ins Grundwasser berücksichtigt
- Eignung als Werkzeug in der Lehre und zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit und betroffener Akteur*innen
- Bildet verschiedene Stadtoberflächen und Eintragspfade ab
- Keine zusätzlichen Inputdaten (z.B. Niederschlagsdaten) nötig

FReWaB-PLUS ist unter www.biozidauswaschung.de frei verfügbar. Hier kann die Anwendung auch mithilfe eines Webinars geübt werden.

Impressum

Herausgeber:

NAVEBGO
Friedrichstraße 39
79098 Freiburg
www.navebgo.uni-freiburg.de

Redaktion:

Dr. Marcus Bork
apl. Prof. Dr. Jens Lange
Professur für Hydrologie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Friedrichstraße 39
79098 Freiburg
marcus.bork@hydrology.uni-freiburg.de
jens.lange@hydrology.uni-freiburg.de

Download:

<https://www.navebgo.uni-freiburg.de>

Beiträge:

NAVEBGO – Projektpartner



Freiburg, 2022



Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



„Der Oberrhein wächst zusammen: mit jedem Projekt“