

aus:

Oswald, M., Zöller, M. (Hrsg): Untersuchen - Instandsetzen - Modernisieren: Teil 2. Aachener Bausachverständigentage 2021, Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH, Aachen.

Algen an Fassaden: Biozide folgenlos für Umwelt durch Verkapselung?

Prof. Dr. Michael Burkhardt, OST – Ostschweizer Fachhochschule, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Rapperswil, Schweiz

1 Hintergrund

Auf fast allen Materialien, die über längere Zeit feucht sind, fühlen sich Algen und Pilze wohl. Dies ist ein natürlicher Vorgang. Einige Materialien befallen jedoch stärker als andere. Im Außenbereich, beispielsweise auf Steinen, Gehwegplatten oder Dächern, ist der Befall ohne gesundheitliche Folgen. Er ist vor allem ein ästhetisches, ein als störend empfundenes sichtbares Problem und nur selten ein materialtechnischer Schaden. Deshalb ist die Funktions- und Gebrauchstauglichkeit von Fassadenbeschichtungen (Farbe, Putz) nicht beeinträchtigt. Dennoch stellt der Befall von Fassaden oft aus Sicht von Bauherren, Architekten oder Gerichten eine optische Beeinträchtigung dar.

Die gegen den Befall eingesetzten Biozide sind wasserlöslich, um mit dem Wasser aus der Beschichtung an die Oberfläche zu gelangen und dort zu wirken. Die Feuchte wird durch Tauwasser und Schlagregen verursacht. Mit dem Regen an die Fassade (Schlagregen) werden die Biozide ins abfließende Regenwasser verlagert und können Boden und Gewässer belasten [Burkhardt et al., 2012; Paijens et al. 2019; Wicke et al., 2021]. Maßnahmen zur reduzierten Auswaschung und Belastung sind daher gefordert [Burkhardt et al., 2015]. Seit vielen Jahren beschäftigen sich deshalb Hersteller, Gutachter und Forschungsgruppen mit den Hintergründen des Befalls und mit Schutzsystemen, damit Lösungen entwickelt werden können. Nachfolgend werden Hintergründe und mögliche Lösungswege vorgestellt.

2 Beanspruchung exponierter Fassaden

2.1 Witterungseinfluss

Der intensive Witterungseinfluss auf Fassaden ist in unseren mitteleuropäischen Breiten durch eine ganzjährig hohe UV-Strahlung gekennzeichnet. Dabei spielen die Exposition (Himmelsrichtung) und die Tageszeit die entscheidenden Rollen.

An den nach Ost, Süd und West ausgerichteten Fassaden strahlt die Sonne intensiv ein, hingegen an der Nord-Fassade nicht. Daher sind UV-Einstrahlung und Temperaturamplituden an den der Sonne zugewandten Seiten im Tagesgang besonders hoch. Die Nord-Fassade ist dagegen diejenige Seite des Gebäudes, bei der das höchste Befallsrisiko zu beobachten ist, weil die temperaturbedingte Abtrocknung meistens fehlt oder reduziert ist. Da im Winter die Sonne niedrig steht, sind selbst dann auf den Fassaden hohe Einstrahlungsintensitäten, bzw. tägliche Temperaturamplituden, nachweisbar. Deshalb sind für die Materialalterung der Fassaden die UV-Strahlung und die entsprechenden Temperaturschwankungen über den Jahresverlauf weniger entscheidend als ausgeprägte Tagesamplituden (z. B. im Winter 0 bis + 50 °C Tag/Nacht) (Abb. 1).

Die in Putzen und Farben eingesetzten Titandioxid-Pigmente (Weißpigmente) reagieren mit dem UV-Licht und bilden photokatalytisch, typisch für alle beschichteten Weißpigmente, OH-Radikale. Diese führen zur Kreidung der Beschichtung und damit zum Abbau von

Bindemitteln. Die UV-Strahlung verursacht zusätzlich eine Transformation von organischen Bioziden (chemischer Abbau) [Burkhardt et al., 2012; Bollmann et al., 2014].

2.2 Schlagregen und Feuchte

In unseren Klimaten treten ca. 5 bis 80 L/m² Niederschlag pro Regenereignis auf, wobei am jeweiligen Standort stets eine hohe jährliche Niederschlagsvariabilität zu verzeichnen ist. So liegt beispielsweise die Streuung am Standort Hamburg über rund 20 Jahre bei fast $\pm 25\%$ bezogen auf den Jahresdurchschnitt von rund 750 mm.

Der Anteil des Niederschlags, der durch den Wind (Richtung, Geschwindigkeit) abgelenkt als Schlagregen auf die Fassaden trifft, umfasst in der Regel weniger als 5 %, häufig sogar weniger als 1 %. Typische Maxima liegen bei 1.0 L/m² an West-Fassaden (Hauptwindrichtung) und 0.4 L/m² an Ost-Fassaden [Wicke et al., 2021]. Vom gesamten Schlagregenabfluss eines Gebäudes steuert allein die West-Fassade rund 50 % bei. Schlagregen ist folglich mengenmäßig bedeutend geringer als der Niederschlag und wird durch die West-Seite dominiert. Die effektive Schlagregenmenge am Objekt wird durch lokale Standortfaktoren, z. B. Abschattung durch Bäume oder Nachbargebäude, maßgeblich beeinflusst. Überregionale Standortunterschiede sind hingegen von geringerer Bedeutung (z. B. Hamburg, Berlin, München) [Wicke et al., 2021].

Die Kondensation von Feuchte auf der Fassadenoberfläche (Taubbildung) führt ebenfalls zu einer Feuchtebeanspruchung. Dabei sind gedämmte Fassaden besonders betroffen, weil der Wärmestrom vom Innengebäude nach außen durch die Isolation unterbrochen ist und das Isolationsmaterial kaum Wärme speichert. Infolgedessen erfährt die Fassadenoberfläche täglich starke Temperaturschwankungen und kühlt rascher ab als bei isolationsfreier Bauweise (Abb. 1). Durch die länger andauernde Unterkühlung wird der Taupunkt länger unterschritten, sodass sich feinste Wassertröpfchen auf den Fassadenoberflächen bilden (Kondensat). Insofern führt die thermische Entkoppelung zu einer höheren Tauwasserbelastung der Fassadenoberflächen. Diese bleibt umso länger haften, je beschatteter der Standort und je mehr Nebelperioden sie ausgesetzt sind. So steht das Tauwasser länger auf einer Nordfassade als auf der sonnenexponierten Südseite.

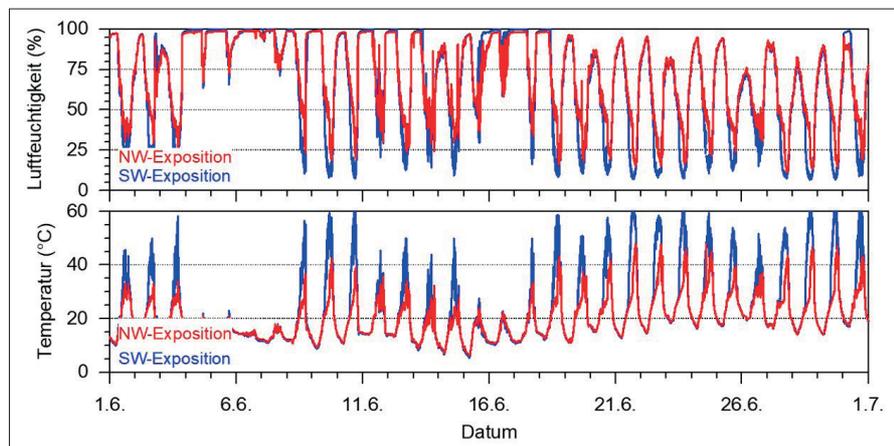


Abb. 1:
Hohe Amplituden der Luftfeuchtigkeit und Temperatur auf Fassadenoberflächen über einen Monat auf Fassaden mit NW- und SW-Exposition

2.3 Herausforderungen bei Kompaktfassaden

Kompaktfassaden, bestehend aus Dämmung, Unter- und Oberputz, sowie in vielen Fällen einem Farbanstrich, sind im Wohnungsbau weit verbreitet. Die rasche und vergleichsweise kostengünstige Bauweise, auch im Renovationsfall, sind zwei wesentliche Argumente für die hohe Akzeptanz. Verbreitet sind bei Kompaktfassaden die hydrophoben Systemaufbauten. Ein organisches Bindemittel bringt diese Eigenschaft ins Endprodukt (z. B. Silikonharzfarbe). Der Schlageregen, welcher die Fassadenoberfläche benetzt, fließt darauf ab.

Untersuchungen zeigen aber, dass gerade hydrophobe Produkte mit Tauwasser nicht gut umgehen können. Die Wassertropfen diffundieren in die Beschichtung (tritt nachts auf) und gelangen nur sehr langsam wieder an die Oberfläche (tagsüber). Das hydrophobe System bleibt daher nicht nur im Frühjahr und Herbst, den Zeiten mit regelmäßiger Befeuchtung, lange feucht, sondern teils auch im Sommer (Abb. 1).

Zur Charakterisierung des Befallrisikos ist deshalb weniger die Wasseraufnahme, sondern sehr viel mehr die Wasserabgabe – die Geschwindigkeit der Rücktrocknung – entscheidend (s. u.). Materialien, die gut Feuchtigkeit aufnehmen, geben diese auch rasch ab (mineralische Beschichtungen). Hingegen bleiben polymergebundene Beschichtungen länger nass und sind dadurch anfälliger für den Befall.

3 Auswaschung und Gewässerbelastung

3.1 Biozide gegen Algen und Pilze

Da die Feuchtebelastung bei hydrophoben Beschichtungen quasi systemimmanent ist, wird dem möglichen Befall mit Bioziden in Putz und Farbe vorgebeugt.

Zu den Biozidprodukten gehören mehrere Hundert Wirkstoffe in 22 Produktarten, wie der Desinfektion, in Schutzmitteln oder zur Schädlingsbekämpfung. Die Anwendungen sind durch die Europäische Biozid-Verordnung geregelt und Risiken für die Umwelt sind abzuschätzen.

Filmschutzmittel sind Biozidprodukte in Beschichtungen (Produktart 7 der Biozid-Verordnung) und dienen der Erhaltung der ursprünglichen Oberflächeneigenschaften, vor allem in Außenputzen, Dach- und Fassadenfarben. Für Fassadenmaterialien wird in der Regel auf drei Wirkstoffe gegen Algen (Diuron, Isoproturon, Terbutryn) und weitere fünf Biozide (OIT, DCOIT, Carbendazim, IPBC, Zinkpyrithion) gegen Pilze, oder Algen und Pilze, zurückgegriffen (Tab. 1) [Sauer, 2017]. Meist werden zwei bis vier Wirkstoffe kombiniert eingesetzt, um die Vielfalt an möglichen Organismen zu kontrollieren. Je nach Produkt und Systemaufbau gelangen pro Biozid rund 500 – 6000 mg/m² auf die Fassade. Für Deutschland wurde der Verbrauch für den Filmschutz auf 250 bis 400 Tonnen pro Jahr geschätzt [Burkhardt et al., 2015].

Die Wirkstoffe für die Topfkonservierung (Schutz vor Befall während der Lagerung) gehören zur Produktart 6 und sind meistens nicht die gleichen Biozide wie für den Filmschutz. Für Stoffe, die lange in der Umwelt verweilen (langsamer Abbau) und deren Rückhalt in Boden oder Kläranlage gering sind (hohe Wasserlöslichkeit bzw. geringer logKow), sind höhere Umweltrisiken zu erwarten als schnell abbaubare. Dabei wird die Abbaubarkeit über die Halbwertszeit (DT_{50}) beschrieben. Diese besagt, wie lange es dauert, bis z. B. im Boden oder Gewässer noch die Hälfte der Ausgangssubstanz vorliegt. Bei einer geringen Abbaubarkeit kann die Schädwirkung auf Organismen besonders kritisch sein.

Tabelle 1:

Übersicht zu den derzeit wichtigsten Bioziden für den Filmschutz in Farben und Putzen sowie deren Wasserlöslichkeiten (WL), Octanol-/Wasser-Verteilungskoeffizienten (logKow) und der Abbaubarkeit im Wasser (Halbwertszeit DT_{50}).

Biozid	WL (mg/L)	logKow	Abbaubarkeit (DT_{50})
Terbutryn	22	3.7	langsam
Diuron	35	2.7	langsam
Isoproturon	70	2.5	langsam
DCOIT	14	4.9	schnell
OIT	480	2.4	schnell
IPBC	168	2.4	schnell
Carbendazim	8	1.6	mittel
Zinkpyrithion	8	0.9	schnell

Die drei typischen Biozide gegen Algen sind durch einen langsamen Abbau charakterisiert, während von einigen anderen teils nach weniger als 3 Tagen nur noch die Hälfte der Stoffmenge vorliegt. Die Unterschiede zwischen schnell und langsam abbaubaren Bioziden betragen fast einen Faktor 100, während sich die Wirksamkeit nur um einen Faktor 10 unterscheidet. Insofern ist es notwendig, Biozide hinsichtlich solcher Merkmale differenziert zu betrachten und zu bewerten.

Die Biozide werden durch die Feuchtigkeit in der Farb- und Putzmatrix gelöst (bedingt durch Schlagregen und Tauwasser) und diffundieren an die Fassadenoberfläche, dem beabsichtigten Wirkungsort. Erst dadurch wirken sie gegen Mikroorganismen.

Im Übrigen gilt es Folgendes zu beachten:

- Biozide werden in zahllosen Produkten eingesetzt, beispielsweise in Haushaltsreinigern, Waschlotionen, Desinfektionsmitteln und Textilien, da der mikrobielle Befall von wässrigen oder befeuchteten Materialien allgegenwärtig ist. In Zeiten von Corona werden Biozide sogar in außergewöhnlich hohen Mengen in Haushalten verwendet.
- Zinksulfid und Zinkoxid gelten als Weißpigmente aufgrund ihres primären Anwendungszwecks – und deshalb trotz antimikrobieller Wirkung nicht als Biozide. Jedoch ist bekannt, dass einige Hersteller diese Wirkungseigenschaft schätzen und deshalb gerne einsetzen. Zink baut in der Umwelt nicht ab (Akku-mulation) und die Wirkung auf Organismen ist hoch.

Trifft der Schlagregen auf die Fassadenoberfläche, werden die an die Fassadenoberfläche angereicherten Biozide abgewaschen. Hiervon betroffen sind vor allem die Wetterseiten. Alleine von den West-Fassaden stammen rund 50 % der Biozidemission eines Gebäudes. Das Abwaschen ist also ein stark expositionsabhängiges Phänomen und einhergehend mit dem Verlust der ursprünglichen Schutzwirkung. Jedoch ist die befallskritische Nord-Fassade typischerweise nicht dem Schlagregen ausgesetzt. Hier ist Tauwasser relevant für die Diffusion und die damit verbundene Abreicherung der Beschichtung an Bioziden.

3.2 Auswaschung aus Fassaden

Im abfließenden Fassadenwasser lassen sich die verschiedenen Wirkstoffe nachweisen [Burkhardt et al., 2012]. Dabei sind neue Fassaden, welche gerade erst verputzt und/oder gestrichen wurden, besonders relevant als Quellen der Regenwasserbelastung. So wurden im Rahmen von Messungen in den ersten sechs Monaten Konzentrationen > 1000 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/L}$) gefunden, die anschließend stark sinken (Abb. 2). Neben dem Wirkstoff entstehen vor allem durch die UV-Einstrahlung sogenannte Transformationsprodukte (= Abbauprodukte), die ebenfalls ausgewaschen werden.

Die freigesetzte Stoffmenge berechnet sich aus der Konzentration unter Berücksichtigung der abfließenden Wassermenge. Da zwar die Konzentrationen sehr hoch sein können, die abfließende Schlagregenmenge aber sehr klein, sind die Stofffrachten nicht per se besorgniserregend, bzw. belastend für Boden und Gewässer. Eine klare und differenzierte Bewertung ist deshalb erst bei einer objektspezifischen Betrachtung, mindestens einer produktspezifischen, möglich.

Gegenüber dem Eintrag von Schadstoffen aus Haushalt und Gewerbe werden Biozide in Fassaden nur bei Regenwetter in die Umwelt transportiert. Die Belastungssituation ist also hoch dynamisch und zeitlich an Regenwetter sowie die Expositionsrichtung der Fassade gebunden.

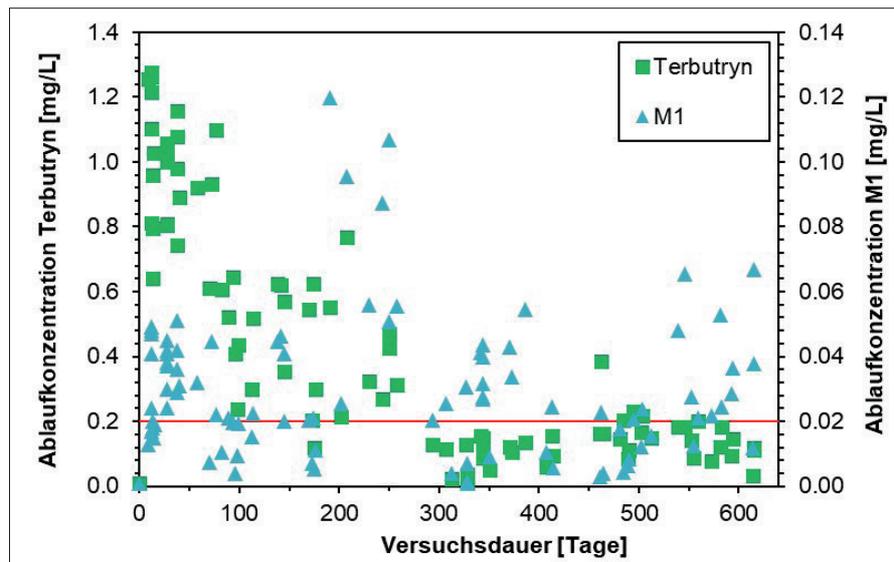


Abb. 2:

Eigene Untersuchungen zur Auswaschung von Terbutryn (linke Y-Achse) und seinem Abbauprodukt M1 (rechte Y-Achse) über zwei Jahre an einer WDVS Fassade

3.3 Belastung der Gewässer

Für Oberflächengewässer sind Umweltqualitätsnormen (UQN) für den Jahresdurchschnitt (JD-UQN) und die zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) definiert. Beispielsweise liegt für Isoproturon der JD-UQN bei $0,3 \mu\text{g/L}$ und die ZHK-UQN bei $1,0 \mu\text{g/L}$. In der Grundwasserverordnung sind Höchstkonzentrationen für Biozide und deren Abbauprodukte von $0,1 \mu\text{g/L}$ pro Substanz festgelegt.

Bezogen auf typische Stoffkonzentrationen an neuen Fassaden müsste jeder belastete Liter mit 1.000 bis 10.000 Liter nicht-belasteten Wassers verdünnt werden, um in Gewässern die UQN bzw. Höchstkonzentrationen einzuhalten. Da die Frachten jedoch gering sind (geringe Abflussmengen an Fassaden), ist dies in den meisten Fällen gegeben. Zudem adsorbieren die langlebigen Biozide in vielen Böden gut.

Untersuchungen zeigen jedoch, dass die Qualitätsziele in kleinen, urban geprägten Fließgewässern überschritten werden können [Wittmer et al., 2011]. Denn je kleiner das Gewässer, desto geringer die Verdünnung und desto höher das Risiko.

Bei der Versickerung werden gut wasserdurchlässige Böden oder Substrate eingesetzt, sodass ein Verlagerungsrisiko ins Grundwasser bestehen kann, wenn die Biozide nicht genügend adsorbiert (= zurückgehalten) werden [Lange et al., 2017].

Da das Regenwasser im Siedlungsbereich häufig via Trennkanalisation in kleine Gewässer geleitet oder versickert wird (z. B. Berlin > 80 %), ist ein besonderes Augenmerk auf die Stoffeinträge von langlebigen Bioziden und mögliche Maßnahmen zu legen.

4 Verkapselte Biozide und Top-Coat

4.1 Technologie und Verbreitung

Die Mikroverkapselung von Bioziden zielt auf eine reduzierte Auswaschung und Stoffabbau der Biozide in Fassadenbeschichtungen [Burkhardt et al., 2011, Breuer et al., 2012]. Dafür sind die Wirkstoffe in winzige Polymerkügelchen (10 – 20 µm Durchmesser) eingebettet (Abb. 3). 2001 wurde erstmals Zinkpyrithion verkapselt eingesetzt. Heute sind alle für den Filmschutz relevanten Biozide verkapselt verfügbar und seit Jahren im Einsatz. So bieten Hersteller wie Sto, DAW, Brillux etc. die entsprechenden Produkte im Standardsortiment an.

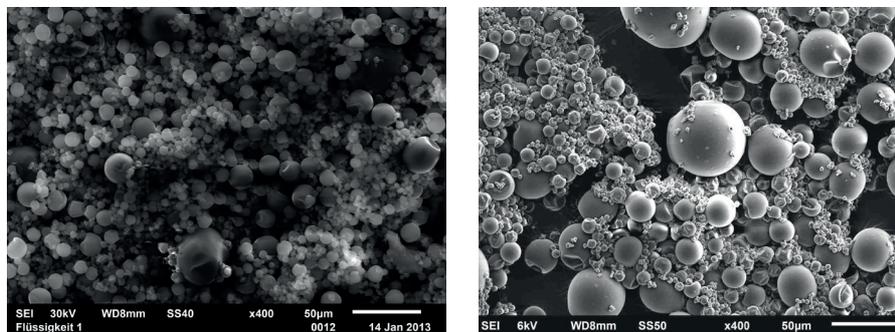


Abb. 3:
Verkapseltes OIT, wie es für den Filmschutz eingesetzt wird.

Verschiedene eigene Laborversuche und Feldtests zeigten, dass sich durch Verkapselung die Wirkstoffkonzentrationen im Fassadenwasser um einen Faktor 2 – 10 senken lassen. Entscheidend für die Freisetzungsrates sind die Wirksamkeitseigenschaften, Art und Dicke der jeweiligen Kapselungstechnologie, sowie die Gesamtzusammensetzung (vgl. 5.1.). Vor allem zu Beginn, wenn keine hohen Konzentrationen bioverfügbar sein müssen, ist der Konzentrationsrückgang gegenüber den frei eingesetzten Bioziden am wirksamsten. Der Grund ist, dass die Polymermatrix der Verkapselung die Stoffdiffusion deutlich verlangsamt. Damit lassen sich nicht nur umweltkritische Anfangsspitzen minimieren, sondern im gleichen Maße ökotoxikologische Effekte in den Gewässern reduzieren [Vermeissen et al., 2018].

Der Vorteil der Verkapselung liegt darin, dass bei gleicher Wirkstoffmenge wie in freier Form, die Biozide länger im Material verbleiben. Ein weiterer Nebeneffekt der geringeren Auswaschung ist, die Einsatzmengen zu reduzieren bei gleicher Wirkdauer wie in der freien Form. Auf Grund der positiven Wirkung – längere Wirkungsdauer bzw. weniger Garantiefälle sowie geringere Gewässerbelastung – hat sich diese Technologie in Deutschland schnell durchgesetzt. Heute sind in 70 – 80 % aller Farben und Putze verkapselte Filmschutzmittel enthalten. Verkapselte filmschützende Biozide gelten in Deutschland daher eindeutig als Stand-der-Technik. Anhand der Sicherheitsdatenblätter kann diese Art der Formulierung meistens nachvollzogen werden.

4.2 Einbettung schnell abbaubarer Biozide

Es gibt Wirkstoffe, die weniger problematisch sind, weil sie rascher abbauen (Tab. 1). Werden die in der Umwelt leicht abbaubaren Stoffe vor Verflüchtigung oder Abbau in der Fassade durch Verkapselung geschützt, so lässt sich die Gewässerbelastung besonders erfolgreich reduzieren. Dies ist heute möglich mit Isothiazolinonen (OIT, DCOIT) und IPBC (Abb. 4). Gelangen diese Biozide dennoch von der Oberfläche der Fassade mit dem Regenwasser ins Gewässer, sind sie schon nach 1 – 3 Tagen zu rund der Hälfte abgebaut. Durch eine besonders gute Verkapselungstechnologie bleiben solche Wirkstoffe dennoch über Jahre in der Beschichtung erhalten. An einem realen Objekt wurden sechs Jahre nach der Beschichtung noch rund 50 % der Isothiazolinone im Material analytisch nachgewiesen [Nosbüsch, 2017]. Der Nachweis für eine breite Praxisanwendung liegt damit eindeutig vor.

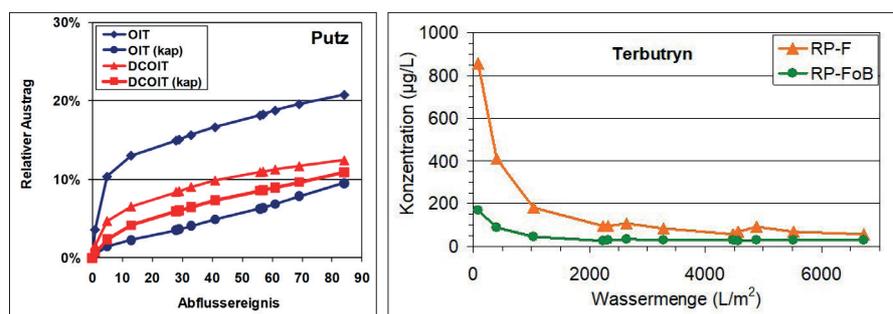


Abb. 4: Auswaschung von freiem und verkapselten Isothiazolinonen OIT und DCOIT (links; relativer Austrag bezogen auf Einsatzmenge) und für freies Terbutryn aus Putz/Farbe bzw. einer Top-Coat Fassade (rechts) unter Worst-Case Bewitterung im Labor (84 Zyklen mit > 6500 L/m²). RP-F: Putz/Farbe jeweils mit Biozid, RP-FoB: Biozid im Putz, Farbe ohne Biozid

4.3 Top-Coat

Neben der Verkapselung bietet sich alternativ oder ergänzend eine weitere Systemtechnologie zur Auswaschreduktion an. Wird eine WDVS-Fassade aus Putz und Farbanstrich neu errichtet, könnte entgegen der heutigen Praxis problemlos auf die Wirkstoffausrüstung im Deckanstrich verzichtet werden.

Eine polymervergütete Farbe wirkt nämlich bereits als Diffusionsbremse und verzögert damit nachweislich die Auswaschmenge (Abb. 4). Diese Erkenntnis ist auch aus der Anwendung von Holzschutzmitteln bekannt.

Auch wenn im Fassadenbereich der Top-Coat wirkt, gibt es bis heute kein entsprechendes Systemangebot seitens der Hersteller.

5 Weitere technische Lösungen

5.1 Rezepturoptimierung

Jede Produktformulierung lässt sich bezogen auf die Wirkstofffreisetzung optimieren, und damit die Langlebigkeit, Auswaschung und Schutzwirkung erhöhen. Eigene Untersuchungen ergaben bei der Auswaschmenge ein produktbedingtes Reduktionspotential von einem Faktor 2 – 5 alleine durch die Wahl des Bindemittels und der Einstellung der Pigment-Volumen-Konzentration (PVK) [Wicke et al., 2021].

Die deutlichen Unterschiede in der Auswaschmenge bei gleicher Einsatzmenge eines Wirkstoffs unterstreichen zusätzlich, dass die Stoffeigenschaften (WL, Kow) der Biozide von Bedeutung für die Emission ins Wasser sind. Dabei besteht ein sehr deutlicher Zusammenhang zwischen Stoffen, die besonders lipophil sind (hoher Kow), und geringen Auswaschmengen – und umgekehrt (Abb. 5). Zudem korrespondiert eine hohe WL mit höheren Auswaschmengen. Die Wirkstoffwahl führt deshalb zu einem Reduktionseffekt von 2 – 3.

Die Auswaschung ist hingegen nicht mit den physikalischen Kenngrößen wie W - und S_d -Wert korreliert. Diese Standardparameter ergaben keinen messbaren Zusammenhang zur ausgewaschenen Gesamtfracht.

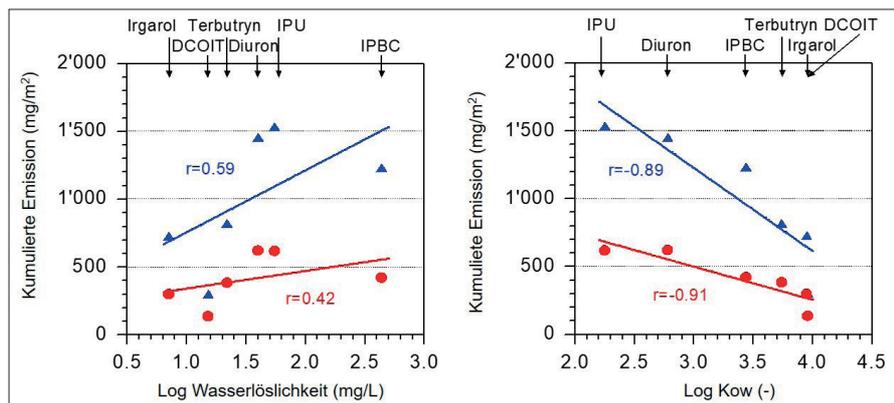


Abb. 5: Ausgewaschene kumulierte Wirkstoffmengen (Emission, mg/m^2) in Abhängigkeit von der Wasserlöslichkeit ($\log WL$) und dem Octanol-/Wasser-Verteilungskoeffizient ($\log Kow$)

5.2 Konstruktiver Witterungsschutz

Dort, wo es trocken ist, können keine Algen und Pilze wachsen. Deshalb ist ein Dach über der Wand die einfachste Lösung. Diese Lösung zielt auf einen optimalen Schutz vor Schlagregen. Dabei sind bauphysikalisch wirksame Maßnahmen besonders an den bewitterten Seiten von Architekten fast unabdingbar, weil in den mitteleuropäischen Breiten 700 – 1200 mm Jahresniederschlag mit teils hohem Winddruck fallen.

Die heutige Architektur und wärmegeämmte Bauweise begünstigen aber die Feuchtbelastung, welche ein wesentlicher Grund für das beschleunigte Wachstum von feuchteliebenden Mikroorganismen ist. Fehlende oder zu geringe Vordächer sind deshalb ein klarer baulicher Nachteil – auch wenn Normen kleine Vordächer zulassen. Dachvorsprünge < 10 cm,

die weit verbreitet in der „modernen“ Architektur sind, sind vermeidbare Faktoren einer übermäßigen Schlagregenbelastung. Das Gebäude steht „nackt“ im Regen. Selbst die besten Fassadenprodukte kommen bei einer solchen Beanspruchung an ihre Grenzen.

5.3 Technische Maßnahmen an der Fassade

Damit generell Fassaden lange schön bleiben, sind diese regelmäßig zu unterhalten. Dazu gehören Sichtkontrollen durch Fachpersonen ebenso wie entsprechende Unterhalts- und Reparaturarbeiten. Entsprechende Instandhaltungskonzepte sind als Standard bei der Übergabe des Objekts zu übergeben und einzuhalten. Es sollte selbstverständlicher Teil einer „Gebrauchsanweisung“ für das Gebäude sein. Denkbar ist es auch, das Befallsrisiko in der Planungsphase vorgängig grob abzuschätzen und bestenfalls sogar die Architektur und Produktwahl darauf auszurichten.

Ein weiterer Lösungsweg ist, die Oberflächen schnell abtrocknen zu lassen. Dafür braucht es hydraulisch optimierte Beschichtungen, die sich durch eine abgestimmte, konnektive Porenstruktur auszeichnen. Mineralische Schichten saugen Feuchtigkeit auf und wirken feuchtigkeitsausgleichend. Ein hydrophiles, wasserdurchlässiges System ist hydraulisch optimal ausgelegt, aber dennoch unter den WDVS-Systemen am Markt eher selten anzutreffen. Der Blaue Engel zeichnet diese Systeme aus, weil sie ohne Biozide auskommen.

6 Fazit

Die Verkapselung reduziert nachweislich die Auswaschung und Einsatzmengen von Bioziden, macht Wirkstoffe mit schneller Abbaubarkeit für den Filmschutz verfügbar, und verlängert die Lebensdauer der Beschichtungen. Eine auswaschoptimierte Rezeptur berücksichtigt aber auch Bindemittel und PVK. Als weitere Möglichkeit besteht, mittels biozidfreiem Top-Coat zu arbeiten. Die Auswaschung aus einem biozidhaltigen Putz wird durch einen doppelten Deckanstrich zusätzlich reduziert.

Für die Praxis lassen sich neben einer guten Planung mit konstruktivem Witterungsschutz folgende Ratschläge geben [UBA, 2021]: (1) Materialien ohne Biozide bevorzugen (vermeiden) oder auswaschreduzierte Produkte einsetzen (vermindern), (2) ein fundiertes, objektspezifisches Instandhaltungskonzept entwerfen und umsetzen.

Zahlreiche technische Lösungen bestehen, sind aber häufig nicht bekannt. Dem Verarbeiter bzw. Kunden sind insbesondere die Auswaschcharakteristika nicht zugänglich, obwohl sich mit der Eigenschaft ein wesentliches Leistungsmerkmal der Produkte verbindet. Auch Gebäudelabels zeigen hier Nachholbedarf.

Um dem Verbraucher und Verarbeiter solche Informationen in aggregierter Form zugänglich zu machen, wurde nun erstmals von einem Produktlabel in der Schweiz die Auswaschbarkeit in die Ökobilanzierung der Nutzungsphase integriert (drei Klassen) [Burkhardt et al., 2021]. Dafür genutzt werden standardisierte Laborversuche und eine Modellierung zur Abschätzung der Auswaschung und Gewässerbelastung.

Für langanhaltend bewuchsfreie Fassaden sind viele Akteure angesprochen: Architekten, Bauherren, Maler/Gipser und Hersteller von Bioziden sowie Beschichtungsmaterialien. Wenn alle Beteiligten das technisch Mögliche umsetzen, so wird Energiesparen tatsächlich mit einer ökologisch nachhaltigen Bauweise verwirklicht. Besonders vorteilhaft wäre es, wenn in Entwicklung und Ausschreibungen erst die Qualität und Umweltleistung, und dann der Preis berücksichtigt würden.

7 Literatur

- [1] Burkhardt, M.; Vonbank, R. (2011): Auswaschung von verkapselten Bioziden aus Fassaden. Bericht für BAFU, Bern, 13 S.
- [2] Burkhardt, M.; Zuleeg, S.; Vonbank, R.; Bester, K.; Carmelit, J.; Boller, M.; Wangler, T. (2012): Leaching of Biocides from Façades under Natural Weather Conditions. *Environmental Science & Technology*, 46(10):5497–5503.
- [3] Burkhardt, M., Dietschweiler, C. (2015): Reduction of environmental risks from the use of biocides: Environmental sound use of disinfectants, masonry preservatives and rodenticides - Annex IV: Case study on PT 7/10: Masonry preservatives and facade paints and plaster. Bericht, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- [4] Burkhardt, M.; Rohr, M.; Tietje, O.; Klingler, M.; Savi, D.; Junghans, M. (2021): Emissionsbasierte Bauproduktbewertung – Gewässerschutz an der Quelle. *Aqua und Gas*, 55-64.
- [5] Bollmann, U.; Vollertsen, J.; Carmeliet, J.; Bester, K. (2014): Dynamics of biocide emissions from buildings in a suburban stormwater catchment - Concentrations, mass loads and emission processes. *Water Research* 56:66-76.
- [6] Breuer, K.; Mayer, F.; Scherer, C.; Schwerd, R.; Sedlbauer, K. (2012): Wirkstoffauswaschung aus hydrophoben Fassadenbeschichtungen: Verkapselte versus unverkapselte Biozidsysteme. *Bauphysik* 34:19-23.
- [7] Nosbüsch, G. (2017): Verkapselte Biozide in Fassadenbeschichtungen. *Applika*, 16-19.
- [8] Lange, J.; Olsson, O.; Jackisch, N.; Weber, T.; Hensen, B.; Zieger, F.; Schuetz, T.; Kümmerer, K. (2017): Urbane Regenwasserversickerung als Eintragspfad für biozide Wirkstoffe in das Grundwasser? *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 198-202.
- [9] Paijens, C.; Bressy, A.; Frère, B.; Moilleron, R. (2019): Biocide emissions from building materials during wet weather: identification of substances, mechanism of release and transfer to the aquatic environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 27:3768–3791.
- [10] Sauer, F. (2017): *Microbiocides in Coatings*. Hannover: Vincentz Network GmbH.
- [11] UBA (2021): Steckbrief 2: Grundsätze für die Planung von Fassaden. <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/steckbrief-2-grundsätze-für-die-planung-von>
- [12] Vermeirssen, E.L.M.; Campiche, S.; Dietschweiler, C.; Werner, I.; Burkhardt, M. (2018): Ecotoxicological Assessment of Immersion Samples from Facade Render Containing Free or Encapsulated Biocides. *Environ. Tox. Chem.*, 37(8), 2246-2256.
- [13] Wicke, D.; Tatis-Muvdi, R.; Pascale, R.; Zerball-van Baar, P.; Dünnbier, U.; Rohr, M.; Burkhardt, M. (2021): Bauen und Sanieren als Schadstoffquelle in der urbanen Umwelt. *UBA Texte*, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- [14] Wittmer, I.; Scheidegger, R.; Bader, H.-P.; Singer, H.; Stamm, C. (2011): Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides. *Science of the Total Environment* 409:920–932.



Prof. Dr. Michael Burkhardt Studium der Geowissenschaften in Bremen, Basel und Hamburg und Promotion am Forschungszentrum Jülich; 2002 – 2004 Postdoktorand an der EAWAG (Wasserforschungsinstitut der ETH); 2004 – 2009 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der EAWAG in der Ingenieurabteilung Siedlungswasserwirtschaft bzw. Verfahrenstechnik; seit 2009 am UMTEC, zunächst als Geschäftsführer und seit 2012 als Professor für Umwelttechnik mit dem Schwerpunkt in der Wasserbehandlung; Arbeitsschwerpunkte: u. a. wassermobilisierbare Stoffe in Baumaterialien und der Produktoptimierung zur reduzierten Auswaschung, technische Maßnahmen zur dezentralen Regenabwasserbehandlung, Vorkommen und Verhalten von Nanopartikeln

und Mikroverunreinigungen im Abwasser, ganzheitlichen Betrachtung von Nachhaltigkeit im urbanen Raum; Mitglied in zahlreichen Verbänden und Kommissionen, beispielsweise „Nachhaltiges Bauen“ (UBA), „Bauchemikalien und Wasserqualität“ (GDCh) und „Schweizer Stiftung Farbe“.