ISSN 2190-4278 | Jahrgang 9 | Heft 2 (April) 2018

BAUSUBSTANZ

Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege

Kirchensanierung – neue Perspektiven für das Gemeindeleben

Der Echte Hausschwamm in der Denkmalpflege

Betoninstandhaltung und Denkmalpflege

Barrierefreiheit in historischer Bausubstanz

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V.

Fraunhofer IRB Verlag

1|2|3|4|5|6| 2018

Martin Krus, André Thiel, Andrea Born, Cornelia Fitz

Einsatz eines neuen wetterresistenten IR-Anstrichs im Vergleich mit anderen Maßnahmen zur Reduktion des Bewuchsrisikos an Außenfassaden

1 Einleitung

Immer wieder gibt es Beschwerden über das mikrobielle Wachstum auf Fassaden [1]. Abb. 1 zeigt eine Fassade mit typischem mikrobiellem Wachstum von Pilzen und Algen. Die Oberfläche über dem gekippten Fenster belegt, dass auch das Lüftungsverhalten der Einwohner einen Einfluss auf das mikrobielle Wachstum haben kann. Die Wirkung von Wärmebrücken ist zudem deutlich sichtbar. Die geringfügig höhere Oberflächentemperatur bewirkt in einem schmalen Bereich eine Unterbrechung des massiven Pilzwachstums über dem Fenster. Die restliche Oberfläche zeigt vorherrschend Wachstum von Algen. Dieses Wachstum tritt größtenteils in den ersten Jahren nach der Fertigstellung auf und führt erwartungsgemäß zu Missfallen des Bauherrn. Abb. 2 zeigt ein Gebäude, bei dem die rechte Seite ungefähr ein Jahr zuvor gedämmt worden ist. Die linke Seite ist unverändert belassen worden. Da auf beiden Seiten ansonsten die gleichen Randbedingungen vorliegen, wird offensichtlich, dass der höhere Dämmstandard das Wachstum von Algen oder Schwärzepilzen begünstigt hat.

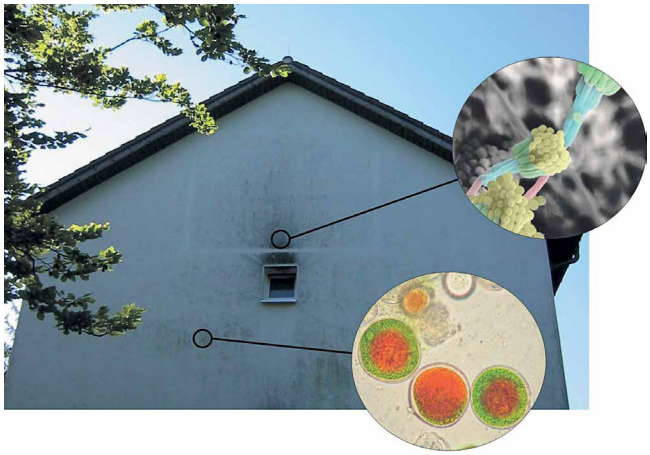


Abb. 1: Wachstum von Algen auf einer Fassade mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) und Pilzwachstum über dem Fenster.

Abb. 2: Ansicht eines Gebäudes, auf dem die rechte Seite ungefähr ein Jahr zuvor gedämmt wurde. Der höhere Dämmstandard fördert augenscheinlich das Wachstum von Algen oder Schwärzepilzen (aus [2]).

2 Bewertung der Gefahr für mikrobielles Wachstum

Das erhöhte mikrobielle Wachstum auf stark gedämmten, der Witterung ausgesetzten Außenbauteilen ist vor allem eine Folge von höheren Feuchtelasten auf der Oberfläche und den daraus resultierenden günstigen Wachstumsbedingungen [1] [3] [4]. Neben der Befeuchtung durch Schlagregen tritt eine Betauung infolge der langwelligen Abstrahlung in klaren Nächten auf, durch die Temperaturen unter der Taupunkttemperatur der Luft erreicht werden. Die Bedeutung dieser Betauung wird offensichtlich, wenn man berücksichtigt, dass vor allem auf den nach Norden orientierten Fassaden mikrobieller Bewuchs auftritt, an denen Schlagregen sehr selten vorkommt. Deshalb werden die Perioden der Oberflächenbetauung und der aufsummierte Grad der Unterkühlung unter die Taupunkttemperatur als Kriterium herangezogen, um eine Einschätzung des Bewuchsrisikos zu erhalten [3].

Das wesentlichste Kriterium für die Gefahr mikrobiellen Wachstums auf Fassaden ist die Verfügbarkeit von genügend Wasser. Nach aktuellem Wissensstand ist nicht die Menge des Tauwassers für die Gefahr des mikrobiellen Wachstums entscheidend, sondern, zumindest für den Beginn von mikrobiellem Wachstum, das auf der Oberfläche für die Mikroorganismen verfügbare Wasser. Deshalb werden bei den Freilandversuchen zeitweise auch die Menge an Wasser auf der Oberfläche durch Abtupfen mit einem Zellstofftuch und anschließende Wägung bestimmt [5] und diese Ergebnisse in die Bewertung der Wachstumsgefahr einbezogen.

3 Rechnerische Untersuchungen zum Einfluss von Konstruktionstyp und Orientierung

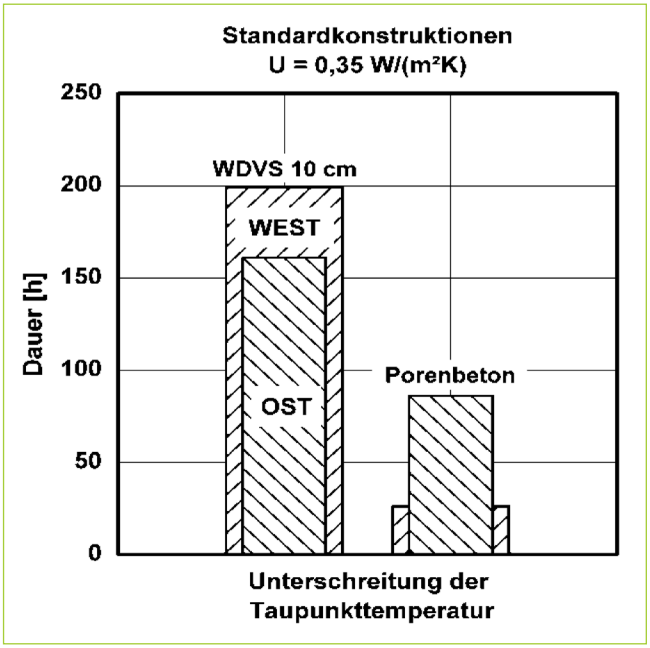
Die Berechnungen werden mithilfe des Berechnungsprogramms WUFI® ausgeführt [6], das vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP entwickelt und umfangreich validiert wurde. Die kritischsten Jahreszeiten für das biologische Wachstum auf Außenwänden sind vor allem der Herbst und in geringerem Maße der Frühling. Winter und Sommer bieten kein optimales Klima für das Wachstum von Algen und Pilzen, weil es entweder zu kalt oder zu trocken ist [7]. Die nachfolgend dargestellten Auswertungen beziehen sich deshalb auf den Herbst als Hauptwachstumsperiode.

Abb. 3 links zeigt die aufsummierten Stunden der Betauung im Herbst für zwei betrachtete Konstruktionen und Orientierungen. Der Unterschied zwischen der Konstruktion mit WDVS und der monolithischen Wand ist offensichtlich. Die Porenbetonwand weist auf der Ostorientierung mehr Betauung auf als auf der Westorientierung im Gegensatz zur Wand mit WDVS. Dies ist darin begründet, dass die gespeicherte Sonnenenergie bis zur Morgendämmerung zu einem großen Teil verloren geht, während auf der Westseite die komplette aufgenommene Energie für die darauffolgende Nacht zur Verfügung steht. Für das WDVS ist dieser Effekt wegen seiner niedrigen Wärmespeicherkapazität irrelevant. Hier weist die Ostseite eine geringere Betauungsdauer auf, weil die Ostfassade morgens mit der aufgehenden Sonne früher über die Taupunkttemperatur der Außenluft aufgewärmt wird. Insgesamt ist die Betauungszeit bei WDVS im Vergleich zur monolithischen Wand des Porenbetons deutlich höher. Das entspricht auch Beobachtungen bezüglich des biologischen Wachstums auf Fassaden in der Praxis. Aus diesem Grund konzentrieren sich die weiteren Untersuchungen auf WDVS.

Abb. 3 rechts zeigt die für die Herbstperiode berechneten Taupunkttemperaturunterschreitungsdauern für ein WDVS in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke bzw. vom Wärmedurchgangskoeffizienten sowie der Ausrichtung der Fassade. Damit wird erkennbar, dass eine deutliche Reduktion der Betauungszeiten nur durch eine politisch sicher nicht durchsetzbare Verminderung der Dämmstoffdicken auf unter 8 cm erreicht werden kann. Bemerkenswert ist auch, dass die Kurven für Nord- und Westausrichtung und die Kurven für Süd- und Ostausrichtung nahezu zusammenfallen. Dabei liegen die Werte für Süd- und Ostausrichtung um etwa 20 % unterhalb der der beiden anderen Ausrichtungen. Bedenkt man, dass in der Praxis die meisten Probleme mit mikrobiellem Bewuchs auf der West- und Nordseite eines Gebäudes zu beobachten sind und deutlich seltener auf der Ost- und Südseite, kann daraus als einfache Näherung gefolgert werden, dass eine Reduktion der Betauungsdauer um ca. 25 % die meisten Probleme hinsichtlich eines Bewuchses lösen wird.

4 Rechnerische Untersuchungen zum Einsatz eines IR-Anstrichs

Eine neue vielversprechende Weise, die Betauung auf WDVS zu vermindern, ist die Anwendung von Anstrichen mit abgesenktem langwelligem Emissionsvermögen (langwelliger Emissionsskoeffizient 0.6 statt 0.9), wie hygrothermische Berechnungen in Abb. 4 zeigen. Die Oberflä-



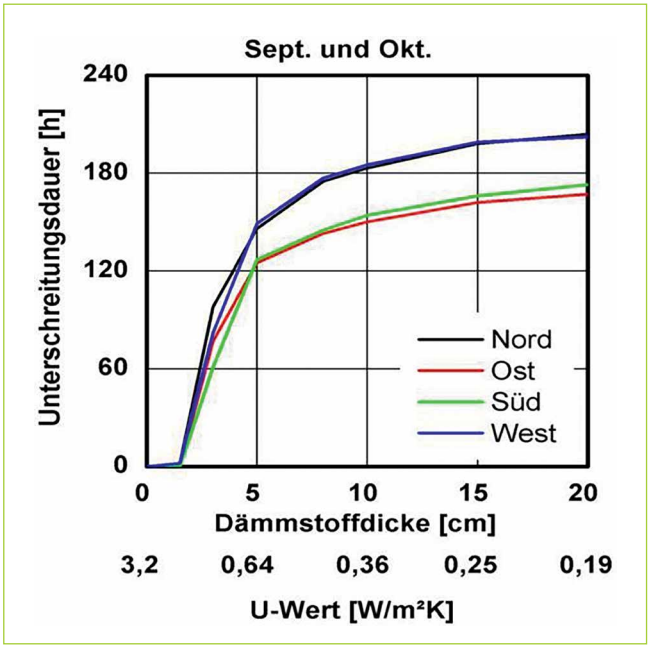


Abb. 3: Links: Für den Herbst aufsummierte Betauungszeiten für eine Konstruktion mit WDVS und eine monolithische Wand aus Porenbeton für West- und Ostorientierungen. Rechts: Für die Herbstperiode berechnete Taupunkttemperaturunterschreitungsdauern für ein WDVS, abhängig von der Dämmstoffdicke bzw. dem Wärmedurchgangskoeffizienten und der Ausrichtung der Fassade.

chentemperatur der dunklen Fassade, die zwar die höchsten Temperaturen während des Tages zeigt, fällt nahezu zur selben Zeit unter die Taupunkttemperatur wie die der weißen Fassade. Das zeigt, dass die thermische Speichermasse oberhalb der Dämmung zu niedrig ist, um genug Sonnenenergie für die Vermeidung der Betauung zu speichern. Die Oberflächentemperatur des WDVS mit dem niedrigeren IR-Emissionsvermögen bleibt stattdessen immer oberhalb der Taupunkttemperatur.

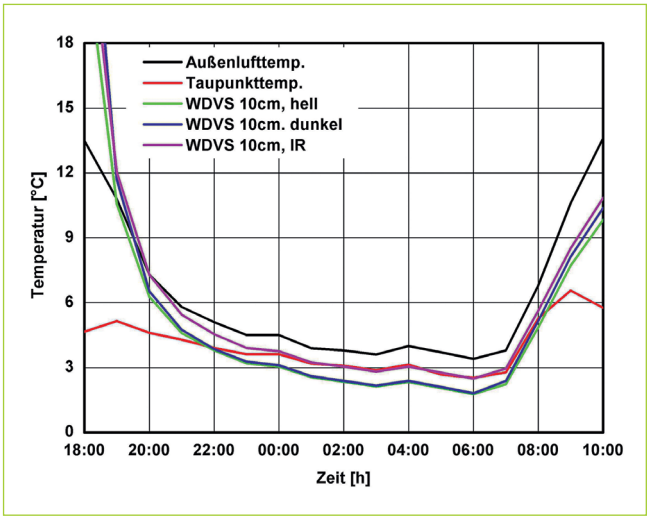


Abb. 4: Berechnete Verläufe der Oberflächentemperaturen für nach Westen orientierte Wände mit WDVS und Anstrichen mit verschiedenen spektralen Eigenschaften für eine klare Nacht (13./14. September). Die Kurven für die Außenlufttemperatur und die Taupunkttemperatur sind ebenfalls dargestellt.

5 Freilanduntersuchungen mit herkömmlichen IR-Anstrichen

Für die Freilandversuche wurden an der Außenoberfläche der Wände die Temperaturverläufe gemessen, um durch den Vergleich zur gemessenen Außenlufttaupunkttemperatur die Dauer und Intensität der Tauwasserbildung zu bestimmen. Für eine verwertbare Messung können die Temperaturfühler nicht auf der Fassadenoberfläche aufgebracht werden, da sie einerseits andere strahlungstechnische Eigenschaften besitzen als der Anstrich und andererseits aufgrund ihrer Abmessungen die Strömung entlang der Fassadenoberfläche und damit das Ergebnis beeinflussen würden. Deshalb werden Temperaturfühler auf der Außendämmung angebracht und überputzt. Damit befinden sie sich direkt unterhalb der Außenoberfläche und es kann wegen der relativ hohen Wärmeleitfähigkeit des Putzes davon ausgegangen werden, dass die gemessene Temperatur sehr nahe bei der Oberflächentemperatur liegt. Aufgrund der höhenabhängigen Schichtung der Oberflächentemperatur einer Fassade ist es wichtig, die für den Vergleich verwendeten Temperaturfühler auf gleicher Höhe zu platzieren. Abb. 5 zeigt beispielhaft die Anbringung der Temperatursensoren und das anschließende Verputzen.

Wie auch die rechnerischen Untersuchungen zeigen, beträgt die nächtliche Taupunkttemperaturunterschreitung an der Fassade häufig nur wenige zehntel Grad. Es ist darum ganz wesentlich, genau kalibrierte Temperatursensoren zu verwenden, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Die Sensoren werden deshalb alle eigens einzeln vor deren Applikation kalibriert und die sensorspezifische Kalibierkurve für die Auswertung hinterlegt.

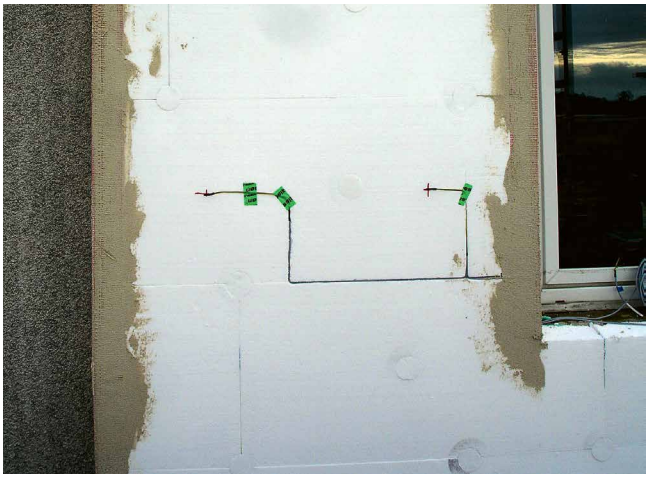


Abb. 5: Anbringung der Temperatursensoren (links) und anschließendes Verputzen (rechts)

Abb. 6 zeigt für die Hauptwachstumsperiode Herbst Betauungszeiten zweier Anstrichsysteme auf der Westfassade mit und ohne IR-Effekt. Bei beiden Anstrichsystemen, ergibt sich bei den Anstrichen mit einer auf ca. 0,6 abgesenkten langwelligen Emissionszahl ein um etwa 50 % reduzierter Tauwasseranfall.

Neben der Betauungszeit und der Kondensat-Menge ist für die Abschätzung des Risikos von mikrobiellem Wachstum die tatsächlich vorhandene Wassermenge an der Oberfläche ausschlaggebend. Abb. 7 zeigt die mit einem Vlies abgetupften Ergebnisse für einen Morgen nach einer klaren Nacht. Auf der Oberfläche eines Standard-WDVS mit einem weißen Anstrich wurde fast zweimal so viel Wasser gemessen wie auf der Oberfläche eines weißen Dickputzes. Hierbei ist zu bedenken, dass diese Resultate auch stark von den hygrischen Materialeigenschaften des Putzes und des Anstrichs abhängen. Durch den Dickputz wird mehr Tauwasser unter die Oberfläche geleitet. Das beste Ergebnis aber liefert die Oberfläche mit dem IR-Anstrich. Fast kein Wasser konnte an diesem Morgen auf der Oberfläche gemessen werden.

Leider waren die für diese Untersuchungen verfügbaren IR-Anstriche noch nicht ausreichend witterungsstabil. Dies zeigte sich darin, dass bei den untersuchten Farben nach relativ kurzer Bewitterungszeit durch oberflächliche Abwitterung die für die Verminderung der langwelligen Emission eingesetzten Aluminiumflakes an die Farboberfläche gelangten. Dies hatte zur Folge, dass der Anstrich weitgehend unabhängig von der anfänglichen Farbgebung bereits nach wenigen Monaten ein silbernes, metallisches Aussehen bekam. Die Resultate belegen jedoch, dass es sich lohnt, diese IR-Anstriche weiter zu entwickeln, um ihre Wetterbeständigkeit bzw. Farbveränderungen den heutigen Anforderungen anzupassen.

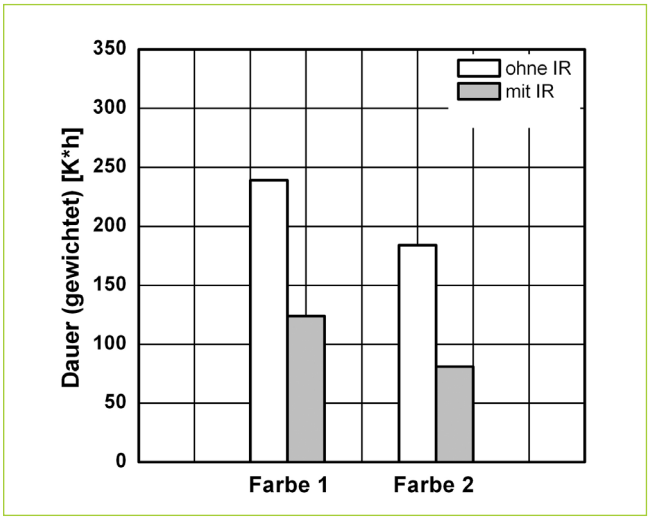


Abb. 6: Für die Hauptwachstumsperiode Herbst aufsummierte gemessene Betauungszeiten zweier Anstrichsysteme auf der Westfassade mit und ohne IR-Effekt

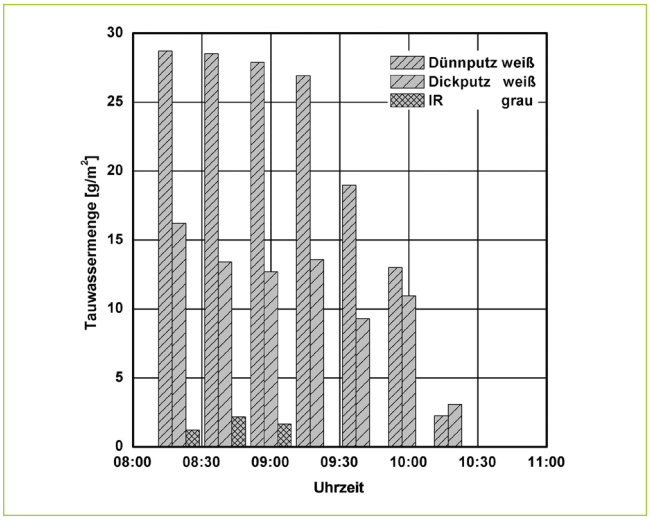
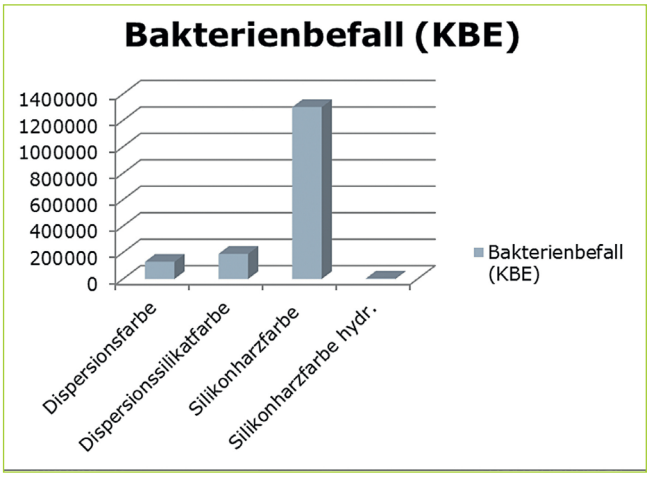


Abb. 7: Verläufe der Oberflächenfeuchte für nach Westen orientierte Wände mit verschiedenen WDVS



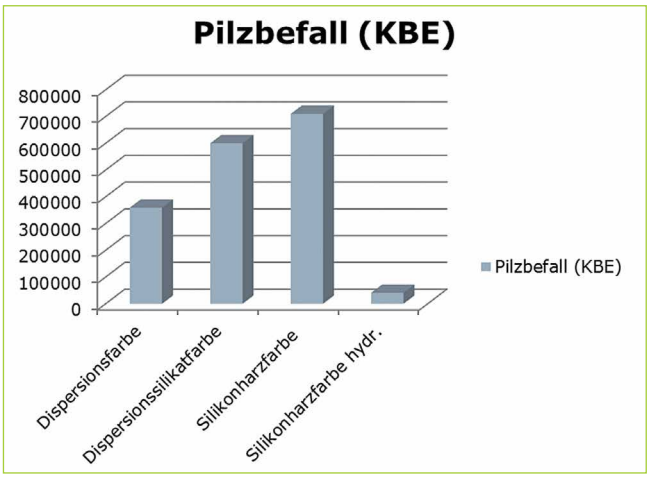


Abb. 8: Bakterien- (links) und Pilzbefall (rechts) auf dreijährigen Testflächen am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) mit biozidfreien Produkten auf vorher befallenen, dann gereinigten WDVS-Flächen (aus [9])

6 Neu entwickelte IR-Pigmente und -Anstrichsysteme

6.1 Pigmententwicklung

IR-Anstriche der ersten Generation konnten zwar erfolgreich den Tauwasserbefall reduzieren, zeigten jedoch nach einigen Wochen Abwitterung ein unerwünschtes silbriges Erscheinungsbild. Bei der ersten Generation handelte es sich lediglich um stabilisierte Aluminiumplättchen, welche in eine weiße Fassadenfarbe eingebracht wurden. Zunächst überdecken die Weißpigmente größtenteils die metallisch silbernen Aluminiumpigmente. Nach einigen Wochen oberflächlicher Abwitterung treten dann die ersten Aluminiumplättchen an die Oberfläche und verursachen so das unerwünschte silbrige Erscheinungsbild.

IR-Pigmente der zweiten Generation hingegen sind aus diesem Grund nicht mehr silbern, sondern wurden weiß kaschiert (siehe auch [8]). Aluminiumpigmente für wässrige Systeme müssen stabilisiert werden, um sie vor dem Angriff des Wassers zu schützen. Der Schutz wird hier durch eine Silikatschicht gewährleistet, die jedes einzelne Pigment vollständig umhüllt. Die Besonderheit der Pigmente der zweiten Generation liegt darin, dass in die Silikatschicht Weißpigmente eingebaut werden, die auf der einen Seite die silberne Farbe der Aluminiumpigmente möglichst gut kaschieren, auf der anderen Seite den Emissionsgrad nicht zu stark erhöhen.

Aluminiumpigmente sind für niedrigemittierende Anstriche besonders geeignet, da Aluminium einen der niedrigsten Emissionskoeffizienten überhaupt aufweist. Es hat sich gezeigt, dass sich grobe Aluminiumpigmente besonders für solche Anwendungen eignen. Die hier verwendeten Aluminiumpigmente weisen eine laterale Ausdehnung im zweistelligen Mikrometerbereich und eine Dicke im Bereich > 300 nm auf.

6.2 Anstrichentwicklung

Tauwasser an Fassaden führt in vielen Fällen erst in Verbindung mit der Anhaftung von Regenwasser und der damit verbundenen Auffeuchtung zum mikrobiellen Befall. Aufgrund der Notwendigkeit der ganzheitlichen Reduzierung von Oberflächenfeuchtigkeit wurde es von den Entwicklern des Anstrichsystems als naheliegend erachtet, den neu zu konzipierenden IR-Anstrich mit superhydrophoben Oberflächeneigenschaften auszustatten. Dies führt nach zuerst erforderlicher Auswaschung der Emulgatoren nach wenigen Wochen dazu, dass auftreffendes Regenwasser vollständig abperlt. Im Gegensatz zu marktüblichen, sonstigen Silikonharz-Fassadenfarben findet keine Anhaftung von Wassertropfen nach Beregnung statt. Dieser superhydrophobe Effekt reduziert auf der Wetterseite nachweislich sehr stark die Anhaftung von Bakterien, Pilzen und Algen auf WDVS Dies konnte bereits in früheren Versuchen mit einer sogenannten Lotuseffekt®-Fassadenfarbe für die Standorte Kriftel bei Frankfurt und Holzkirchen nachgewiesen werden (siehe Abb. 8 und Tab. 1).

Zusätzlich wurde das Augenmerk auf den Einsatz von möglichst IR-transparenten Rohstoffen in der Beschichtung gerichtet. Nur wenn dies weitestgehend gewährleistet ist, kommt die Wirksamkeit der Metallpigmente zum Tragen. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass es definitiv nicht möglich ist, die Metallpigmente ganz einfach einer Stan-

Tab. 1: Algenbefall auf dreijährigen Testflächen am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP mit biozidfreien Produkten auf vorher befallenen, dann gereinigten WDVS-Flächen (aus [9])

Produkt	Algenbefall
Dispersionsfarbe	schwach (+)
Dispersionssilikatfarbe	schwach (+)
Silikonharzfarbe	schwach (+)
Silikonharzfarbe, superhydrophob	nicht nachgewiesen
Originaluntergrund	stark (+++)

Abb. 9: Westfassade (Foto links) mit beige-grauer (links) und blau-grauer (rechts) IR-Beschichtung sowie Nordfassade (Foto rechts) mit den Beschichtungen übereinander

dard-Formulierung zuzusetzen, da dann die Reflexionseigenschaften aufgrund der Überdeckung der Pigmente mit ungeeigneten Füllstoffen und Bindemitteln nicht zum Tragen kommen.

Aufgrund des stark silbrigen Erscheinungsbildes der ersten Testflächen wurde das das neu entwickelte, speziell beschichtete Pigment in den Folgeversuchen eingesetzt. Dieses weist statt der silbernen Farbgebung ein beiges Erscheinungsbild auf. Es ist nun möglich, quasi das gesamte marktübliche Farbspektrum der Fassadenfarben, mit Ausnahme von Reinweiß, abzudecken. Da der reinweiße Farbton an der Fassade nur noch sehr selten erwünscht ist, stellt dies durchaus eine tragbare Lösung dar, die auch hinreichenden architektonischen Gestaltungsraum bietet.

7 Freilanduntersuchungen mit neu entwickelten IR-Anstrichen

Insgesamt wurden zwei neu entwickelte IR-Anstrichsysteme in Freigelände des IBP untersucht. Das erste System wurde Ende 2011 appliziert. Es weist ein beige-graues Erscheinungsbild auf. Drei Jahre später wurde als Weiterentwicklung das zweite System mit den neu entwickelten Pigmenten appliziert, erkennbar an der blau-grauen Farbgebung. Beide Systeme wurden sowohl auf einer nach Westen orientierten Fassade als auch an einer Nordwand aufgebracht. Abb. 9 links zeigt die Westwand, bei der rechts und links des Fensters sowie darunter die beiden IR-Systeme appliziert wurden. Auf der Nordwand wurden die beiden Systeme auf einer kleineren Fläche übereinander angeordnet (Abb. 9, rechts). Links davon befindet sich die Referenzfläche. Diese zeigt inzwischen deutlichen mikrobiellen Bewuchs, ist allerding auch etwas älter.

Tab. 2 zeigt die Messergebnisse an der Nordwand im Vergleich zum Referenzsystem. Es ergeben sich für das System mit beige-grauer Farbgebung deutlich niedrigere Betauungsdauern, die in den bemessenen Herbstperioden (außer in der ersten Periode) eine Absenkung von um die 25 % bedeuten. Gemäß der anhand Abb. 3 rechts entwickelten Argumentation bedeutet dies, dass auf dieser Fassadenbeschichtung das Risiko eines mikrobiellen Befalls gering sein dürfte. Der »Versilberungseffekt« ist bei diesem System zwar noch gegeben, allerdings in wesentlich geringerem Umfang als bei den früheren IR-Anstrichsystemen. Für viele Kunden dürfte dieser Effekt im akzeptablen Bereich liegen. Beim System mit blau-grauer Farbgebung liegt die Reduktion der Betauungszeiten mit 10 und 18 % etwas niedriger, dürfte aber ebenfalls die Gefahr des Bewuchses deutlich reduzieren. Diese Beschichtung zeigt auch nach zweijähriger Bewitterung noch keinerlei Versilberungseffekt.

Tab. 3 zeigt die Messergebnisse an der Westwand im Vergleich zum Referenzsystem. Hier sind die Messergebnisse für das System mit beige-grauer Farbgebung unrealistisch niedrig. Hier dürfte eine Abweichung des Tempe-

Tab. 2: Messergebnisse an der Nordwand im Vergleich zum Referenzsystem

Zeitraum	Dauer [h]	Referenzsystem Betauungsdauer [h]	System Beige-Grau		System Blau-Grau	
			Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]	Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]
Aug. – Okt. 2012	1872	1077	890	17	–	–
Aug. – Okt. 2013	1662	266	197	25	–	–
Okt. – Nov. 2014	1013	335	259	23	276	18
Aug. – Nov. 2015	2083	599	438	27	541	10

Tab. 3: Messergebnisse an der Westwand im Vergleich zum Referenzsystem

Zeitraum	Dauer [h]	Referenzsystem Betauungsdauer [h]	System Beige-Grau		System Blau-Grau	
			Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]	Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]
Aug. – Okt. 2012	1872	753	684*	10	–	–
Aug. – Okt. 2013	1662	387	229*	23	–	–
Okt. – Nov. 2014	1013	324	258*	20	292	10
Aug. – Nov. 2015	2083	635	431*	30	576	9
* korrigierte Werte						

ratursensors vorliegen. Diese Abweichung kann aber ganz gut dadurch bestimmt werden, dass man die Temperaturen in einer stark bewölkten Nacht bestimmt. Unter diesen Randbedingungen, also ohne Einstrahlung und ohne nächtliche Abstrahlung, müssten die gleichen Oberflächentemperaturen wie beim Referenzsystem vorliegen. Dies hat sich für diese Nächte auch beim Vergleich dieser Temperaturen auf der Nordseite gezeigt. Berücksichtigt man für das beige-graue System diese Abweichung, ergeben sich die in Tab. 3 aufgelisteten Werte.

Im Mittel ergibt sich dabei nach der ersten Herbstperiode mit ca. 25 % in etwa die gleiche Reduktion der Betauungszeiten wie auf der Nordseite. Beim System mit blau-grauer Farbgebung liegt die Reduktion der Betauungszeiten in beiden Herbstperioden bei 10 % und damit ebenfalls ähnlich wie auf der Nordseite.

8 Vergleich mit anderen bauphysikalischen Vermeidungsansätzen

Aus bauphysikalischer Hinsicht gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansatzpunkte zur Reduktion der Betauung der Außenoberflächen eines WDVS. Mit einer Erhöhung des oberflächennahen Wärmespeichervermögens, z. B. durch Einsatz eine Dickputzes oder von Latentwärmespeichermaterialien (PCM), kann die tägliche solare Erwärmung des Bauteils und die damit gespeicherte Energie genutzt werden, um eine Temperaturabsenkung unter die Taupunkttemperatur möglichst zu vermeiden. Weiterhin kann durch Verwendung eines Anstrichs mit höherem Absorptionsgrad die tägliche Erwärmung der Fassade angehoben werden oder, wie beschrieben, mit einem Anstrich mit abgesenktem langwelligem Emissionsgrad der nächtliche Temperaturabfall verringert werden. In Abb. 10 sind zusammenfassend die zu erwartenden Effekte der aufgeführten Maßnahmen grafisch dargestellt.

Es ist deutlich erkennbar, dass der Einsatz einer dunkleren Fassadenfarbe in Bezug auf die Vermeidung von Tauwasser keinen nennenswerten Erfolg bringt. Trotzdem kann ein getönter Anstrich vorteilhaft sein. Zum einen, weil er geringfügigen Bewuchs kaschiert und zum anderen können dadurch hin und wieder höhere Temperaturen auftreten, die für die Mikroorganismen letal sein können. Ein dickerer Außenputz mit hoher thermischer Masse kann die Taupunktunterschreitung maximal 20 %, eine wetterresistente IR-Farbe um fast 30 %, eine Latentwärmeschicht sogar um 70 % reduzieren. Eine Kombination beider Maßnahmen (PCM + IR) kann als Extremfall die Taupunkttemperaturunterschreitungsdauer weiter reduzieren. Bei der Verwendung von PCM ist allerdings zu beachten, dass dieses den erhofften Effekt nur erbringt, wenn der Schmelzpunkt des PCM den klimatischen Randbedingungen angepasst ist, was in Abb. 10 mit dem Zusatz »optimiert« angedeutet ist. Die Optimierung des Phasenwechselpunktes kann unter Verwendung von Testreferenzjahren rechnerisch erfolgen. Allerdings zeigen eigene Freilanduntersuchungen, dass die Unterschiede der klimatischen Bedingungen aufeinanderfolgender Jahre so groß sind, dass auch ein derart optimiertes PCM nur in manchen Jahren zur Wirkung kommt [10].

9 Zusammenfassung

Vor allem bei Neubauten hat sich in den letzten Jahrzehnten das Dämmniveau deutlich erhöht. Die Verbesserung des Wärmedämmstandards führt zu einem deutlich höheren Risiko eines Befalls der Außenfassade mit Schwärzepilzen oder Algen. Das wesentlichste Kriterium für das Risiko eines mikrobiellen Bewuchses an Fassaden ist die Verfügbarkeit ausreichender Mengen an Feuchtigkeit. Dabei kommt der nächtlichen Betauung besondere Bedeutung zu, da nur mit ihr das vermehrte Auftreten des Bewuchses auf der schlagregenarmen Nordseite zu erklären ist. Um das Risiko eines mikrobiellen Wachstums abzuschätzen, ist die durch die langwellige Abstrahlung hervorgerufene Betauung auf der Oberfläche deshalb ein gutes Krite-

rium. Im direkten Vergleich zu monolithischen Wänden, z. B. aus Porenbeton oder Ziegeln, sind Wände mit WDVS gefährdeter. Für die wärmetechnische Verbesserung von bestehenden Gebäuden ist aber in den meisten Fällen die Verwendung von WDVS die praktikabelste Möglichkeit. Deshalb werden für diese Systeme Lösungen gegen mikrobiellen Befall angestrebt. Dazu wurden rechnerische Untersuchungen und Messungen im Freilandversuch durchgeführt. Bei der Betrachtung des Problems von unerwünschtem Aufwuchs an Fassaden muss berücksichtigt werden, dass die meisten ausgeführten WDVS ohne Schäden sind. Nur ein geringer Prozentsatz weist einen zu beanstandenden mikrobiellen Bewuchs auf.

Die berechneten Werte der Betauungszeiten liegen für Süd- und Ostausrichtung um etwa 20 % unterhalb der der anderen beiden Ausrichtungen. Bedenkt man, dass in der Praxis die meisten Probleme mit mikrobiellem Bewuchs auf der West- und Nordseite eines Gebäudes zu beobachten sind und deutlich seltener auf der Ost- und Südseite, kann daraus als einfache Näherung gefolgert werden, dass eine Reduktion der Betauungsdauer um ca. 25 % die Situation deutlich verbessern wird. Aus diesem Grund gehen die Autoren davon aus, dass bereits eine Verringerung des Tauwasseranfalls um 25 % die meisten Probleme vermeiden könnte. Es wird aber immer auch spezielle Situationen geben, z. B. eine verschattete Wand in Wald- und Gewässernähe, bei denen die Anwendung von bioziden Wirkstoffen unvermeidlich ist.

Bei früheren IR-aktiven Farben konnte der Emissionsgrad für langwellige Strahlung von über 90 % auf etwa 60 % gesenkt werden. Die verminderte thermische Abstrahlung führt tagsüber zu höheren Maximaltemperaturen, nachts führt sie zu verminderter Unterschreitung der Taupunkttemperatur. Leider waren die für diese Untersuchungen verfügbaren IR-Anstriche noch nicht ausreichend witterungsstabil. Dies zeigte sich darin, dass bei den untersuchten Farben nach relativ kurzer Bewitterungszeit durch oberflächliche Abwitterung die für die Verminderung der langwelligen Emission eingesetzten Aluminiumflakes an die Farboberfläche gelangten und somit die Fassade weitgehend unabhängig von der anfänglichen Farbgebung bereits nach wenigen Monaten ein silbernes, metallisches Aussehen bekam. Aus diesem Grund wurden neue IR-Anstrichsysteme entwickelt. Das System mit grau-beigem Erscheinungsbild zeigt dabei im Vergleich zum Referenzsystem eine relativ hohe Reduktion der Betauungszeiten von im Mittel ca. 25 % in der jeweiligen Herbstperiode. Der »Versilberungseffekt« ist bei diesem System zwar noch gegeben, allerdings in wesentlich geringerem – für viele Kunden akzeptablem – Umfang. Beim später entwickelten anderen System kommen neu entwickelte Pigmente zum Einsatz, bei denen der Silikatschicht auf den Aluminiumpigmenten Weißpigmente zugesetzt sind. Diese Beschichtung mit blau-grauer Farbgebung zeigt auch nach zweijähriger Bewitterung noch keinerlei Versilberungseffekt. Allerdings ist hierbei die Reduktion der Betauung mit im Mittel etwas über 10 % merklich geringer, dürfte aber ebenfalls die Gefahr des Bewuchses deutlich reduzieren.

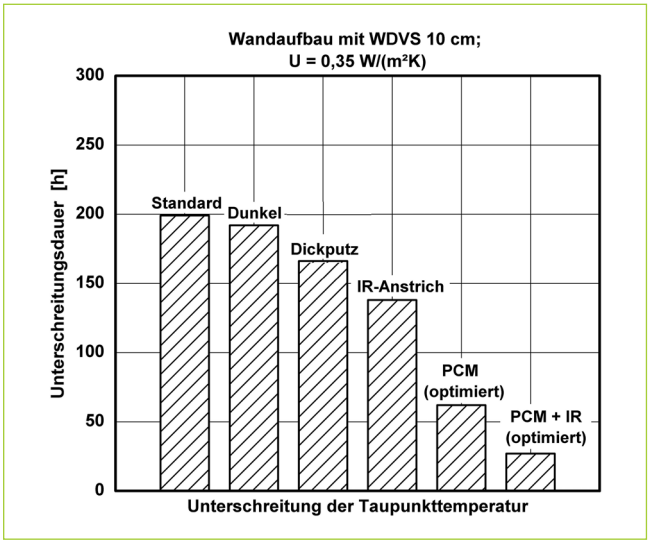


Abb. 10: Berechneter Effekt verschiedener Maßnahmen auf die Dauer der Taupunktunterschreitungen im Zeitraum von September bis Oktober

Im Vergleich zu den anderen beschriebenen Maßnahmen ist beim Einsatz des IR-Anstrichs besonders hervorzuheben, dass die Reduktion der nächtlichen Betauung und damit des Bewuchsrisikos weitgehend unbeeinflusst von den üblichen jahresweisen klimatischen Schwankungen eintritt, da hiermit dem eigentlichen Wirkmechanismus, der nächtlichen Abstrahlung, entgegengewirkt wird. Hinzu kommt, dass es sich hierbei um eine auch im Baubestand besonders einfach durchführbare Maßnahme handelt.

Literatur

[1] Blaich, J. :Außenwände mit Wärmedämm-Verbundsystem, Algen- und Pilzbewuchs. Deutsches Architektenblatt 31(1999), Nr. 10, S. 1393–1394

[2] NAY, M.: Kann Wachstum von Algen und Pilzen an wärmegedämmten Fassaden verhindert werden? Bauphysik 24(2002), Nr. 1, S. 39–40

[3] Krus, M.; Sedlbauer, K.: Instationärer Feuchtegehalt an Außenoberflächen und seine Auswirkungen auf Mikroorganismen. Tagungsbeitrag zur IBK-Bau-Fachtagung 288 Bauschäden durch Schimmelpilze und Algen. Berlin, 27. Feb. 2003, S. 5/1–5/15

[4] Hofbauer, W.; Breuer, K.; Sedlbauer, K.: Was wächst auf unseren Fassaden? Teil I: Algen, Flechten, Moose, Farne. Bauphysik 25(2003), Nr. 6, S. 383–396

[5] Krus, M.; Fitz, C.: Vergleich unterschiedlicher Messverfahren zur Erfassung der Oberflächenfeuchte von Putzfassaden. Berichtsband zum Workshop 2007 Innovative Feuchtemessung in Forschung und Praxis. Unterengstringen: Aedificatio Verlag, 2007, S. 119–126

[6] Künzel, H. M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Feuchte- und Wärmetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation, Universität Stuttgart, 1994

[7] Fraunhofer-Institut für Bauphysik -IBP- (Hrsg.); Hofbauer, W.; Fitz, C.; Krus, M.; Sedlbauer, K.; Breuer, K.: Prognoseverfahren zum biologischen Befall durch Algen, Pilze und Flechten an Bauteiloberflächen auf Basis bauphysikalischer und mikrobieller Untersuchungen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (Bauforschung für die Praxis; 77)

[8] Krus, M.; Thiel, A.; Born, A.; Höfener, S.: Neu entwickelter IR-Anstrich zur Reduktion des Bewuchsrisikos an Außenfassaden. In: Venzmer, H. (Hrsg.): Energielieferant Altbau. Berlin: Beuth Verlag, 2017, S. 159–168

[9] Born, A.; Abdou, M.: Untersuchungen zum Einfluss einer Fassadenbeschichtung mit Lotus Effect nach Barthlott auf den Besiedlungsgrad von Fassaden mit Algen, Schimmelpilzen und Bakterien. In: Venzmer, H. (Hrsg.): Algen an Fassadenbaustoffen 2. Ursachen – Schadensausmaß – Lösungsansätze. 4. Dahlberg-Kolloquium 8. und 9. Mai 2003 im Zeughaus zu Wismar. Sonderheft Dahlberg-Kolloquium. Berlin: Verlag Bauwesen, 2003, S. 199–206 (Altbauinstandsetzung; 5/6)

[10] Krus, M.; Fitz, C.; Sedlbauer, K.: Latentwärmespeicherzusätze und IR-Anstriche zur Reduktion des Bewuchsrisikos an Außenfassaden. In: Venzmer, H. (Hrsg.): Biofilme und funktionale Baustoffoberflächen. 8. Dahlberg-Kolloquium vom 25. bis 26. September 2008 im Zeughaus zu Wismar. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 91–100 (Forum Altbausanierung; 2)

INFO/KONTAKT

Prof. Dr. Martin Krus

1984 Diplom Chemieingenieurwesen Universität Karlsruhe; seit 09/1985 wiss. Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP; 1995 Promotion an der Universität Stuttgart; seit SS 2000 Lehrbeauftragter an der Universität Stuttgart; seit 10/2000 Technischer Leiter der Prüfstelle »Feuchte/Mörtel/Strahlung/Emissionen«; seit WS 2003/2004 Lehrbeauftragter an der Fachhochschule Rosenheim für »Bauphysik«; seit 04/2018 Lehrbeauftragter für »Feuchteschutz und Biohygrothermik« bei Master Online Bauphysik an der Universität Stuttgart.
Die Hauptarbeitsgebiete sind alle im Baubereich vorkommende Themen mit Bezug zu Feuchte. Dies betrifft sowohl Transportmechanismen im Material als auch Schimmelpilzproblematik sowie Algenwachstum. Gruppenleiter der Arbeitsgruppe »Feuchtemanagement«.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Fraunhoferstraße 10
83626 Valley
E-Mail: martin.krus@ibp.fraunhofer.de
Internet: www.ibp.fraunhofer.de

Andrea Born

1976 bis 1980 Ausbildung zur Lacklaborantin bei der Limburger Lackfabrik GmbH; 1981 bis 1990 Tätigkeit als Lacklaborantin/Gruppenleiterin bei der ispo GmbH, Kriftel; 1991 bis 2000 Leiterin Entwicklung und Anwendungstechnik bei der ispo GmbH, Kriftel; 2000 bis 2003 Leiterin Abteilung Grundlagenprojekte und Lotuseffekt-Produkte bei der Sto SE & Co. KGaA, Stühlingen, Niederlassung Kriftel; 2004 bis 2008 betriebswirtschaftliches Studium (nebenberuflich) mit Abschluss Technology BBA, Steinbeis Universität Berlin; 2004 bis 2006 Laborleitung Klebstofflabor Limburg der Firma BONA AB, Malmö; 2007 bis 2012 Technische Leitung SOVA GmbH, Kamp-Bornhofen; 2013 bis 2015 Geschäftsführende Gesellschafterin SOVA GmbH, Kamp-Bornhofen; seit 2016 Technische Leiterin Zimmermann & Reichel Farbenfabrik GmbH und SOVA GmbH, Zollhaus-Schiesheim.

SOVA GmbH
Gewerbestraße 15
65623 Zollhaus-Schiesheim
E-Mail: aborn@sova-online.de
Internet: www.sova-online.de

André Thiel

07/2007 staatl. gepr. Techniker, Fachrichtung Bautechnik Hochbau; seit 12/2007 Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP; 07/2011 bis 05/2014 Sicherheits- und Gesundheitskoordinator. Die Haupttätigkeitsbereiche sind die Erstellung von Gutachten und Berichten zu bauphysikalischen Fragestellungen, hygrothermische Berechnungen unter Verwendung der WUFI®-Software sowie denkmalpflegerische Untersuchungen und Altbausanierung.

E-Mail: andre.thiel@ibp.fraunhofer.de

Dr. Cornelia Fitz

1977 bis 1984 Chemiestudium an der Universität Stuttgart; 1984 bis 1987 Promotion am Lehrstuhl für Organische Chemie, Biochemie und Isotopenforschung der Universität Stuttgart; seit Mai 1994 Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP; seit November 2000 stellvertretende Prüfstellenleiterin für den Bereich Feuchte und Mörtel; seit Januar 2004 Gruppenleiterin in der Abteilung Hygrothermik.

E-Mail: cornelia.fitz@ibp.fraunhofer.de