

Latentwärmespeicherzusätze und IR-Anstriche zur Reduktion des Bewuchsrisikos an Außenfassaden

**K. Sedlbauer, M. Krus, C. Fitz, H.M. Künzel
Holzkirchen**

Kurzzusammenfassung

Das mikrobielle Wachstum von Algen und Pilzen an Außenwänden hat in den letzten Jahren zugenommen. Dies ist auf die erhöhte Wärmedämmung und das dadurch reduzierte Trocknungspotenzial feuchter Außenoberflächen zurückzuführen. Bei Außenwänden sind insbesondere Konstruktionen mit Wärmedämmverbundsystemen (WDV-Systemen) betroffen, bei denen auf der außenliegenden Wärmedämmschicht nur eine dünne Putzschicht angeordnet ist. PCM-Materialien und/oder infrarot reflektierende Anstriche könnten das Problem lösen, indem damit die Anzahl der Taupunkttemperaturunterschreitungen und somit den Mikroorganismen zur Verfügung stehende Feuchte verringert werden. PCM-Materialien erhöhen die Wärmekapazität des Putzes. IR-Beschichtungen reduzieren in der Nacht die langwellige Abstrahlung und führen so zu einer geringeren Unterkühlung der Fassade. Zu diesen Fragestellungen wurden sowohl rechnerische Untersuchungen als auch messtechnische Freilandexperimente durchgeführt. Während bei den IR-Beschichtungen die Messergebnisse gut mit denen der Berechnungen übereinstimmen, ergeben die Messungen der mit PCM versehenen Fassaden ein ganz anderes Bild als die Berechnungen. Die Ursache dafür, warum trotz korrekter Berechnungen ein deutlich abweichendes Verhalten resultiert, wird im Rahmen dieser Arbeit analysiert. Es ergeben sich daraus wesentliche Erkenntnisse für den Einsatz von PCM zur Reduktion der Betauungszeiten von Außenbeschichtungen.

1 Hintergrund

Durch die Erhöhung der Wärmedämmung von Außenbauteilen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich auf der Außenoberfläche der Fassade höhere Oberflächenfeuchten bis hin zu Tauwasser bilden können. Die Folge davon ist, dass die Feuchte als wichtigste Grundlage für mikrobielles Wachstum auf der Wand in zunehmendem Maße gegeben ist [1; 2; 3]. Davon sind besonders Wärmedämmverbundsysteme betroffen, da bei ihnen im Gegensatz zu monolithischen Konstruktionen nur eine geringe thermische Speicherfähigkeit vorliegt. Von der tagsüber auf die Oberfläche eingestrahlt Energie kann nur wenig gespeichert werden, sodass die nächtliche langwellige Abstrahlung häufig zu einer Absenkung der Oberflächentemperatur unter die Taupunkttemperatur der Außenluft führt. Bild 1 zeigt eine typische mit Schimmelpilz- und Algen bewachsene Fassade. Man erkennt oberhalb des gekippten Fensters, dass selbst das Lüftungsverhalten der Bewohner Einfluss auf den mikrobiellen Bewuchs haben kann. Deutlich sichtbar ist hier auch die Wirkung von Wärmebrücken. Die etwas höhere Oberflächentemperatur bewirkt eine Unterbrechung des massiven Schwärzepilzbewuchses oberhalb des Fensters. In der Fläche unterhalb des Fensters sind vorwiegend Algen zu beobachten.



Bild 1: Algenbewuchs einer Fassade mit Wärmedämmverbundsystem und Schimmelpilzbewuchs oberhalb eines Fensters.

Da eine biozide Ausrüstung der Oberflächen aus Umweltschutzgründen und aufgrund deren zeitlich begrenzter Wirksamkeit einen Sonderfall darstellen sollte, wird nach Wegen gesucht, das Algenwachstum möglichst mit bauphysikalischen Mitteln zu unterbinden. Zu diesem Zweck werden im Freilandversuchsgelände des Fraunhofer-

Instituts für Bauphysik (IBP) umfangreiche Messungen an Fassadenoberflächen durchgeführt. Allerdings kann nicht die ganze Vielfalt der interessanten Variationen messtechnisch untersucht werden. Mit Hilfe von Berechnungen mit dem zu diesem Zweck modifizierten Berechnungsprogramm WUFI lassen sich nach deren Validierung schnell und kostengünstig zahlreiche weitere Varianten beurteilen, um unterschiedliche Einflussfaktoren, wie z.B. Orientierung, Dämmschichtdicke oder Erhöhung der thermischen Speichermasse durch Nutzung von Latentwärmeeffekten (PCM) in ihrer Wirkungsweise abzuschätzen.

2 Rechnerischer Untersuchungen zu Vermeidungsstrategien

Für die rechnerischen Untersuchungen wird auf das vom IBP entwickelte und vielfach validierte Berechnungsprogramm WUFI [4] zurückgegriffen. Um die berechneten Daten (Oberflächentemperatur und –feuchte) der einzelnen Wandkonstruktionen mit den Messdaten vergleichen zu können, werden für die Berechnungen die zum gleichen Zeitraum erfassten Außenklimarandbedingungen zugrunde gelegt. Es handelt sich somit in allen Fällen um Ergebnisse für das Holzkirchner Klima. Die kritischsten Zeiträume für biologischen Befall der Außenwände sind Herbst und Frühling. Winter und Sommer bieten keine optimalen Klimavoraussetzungen für die Algen und Pilze [3].

Aus bauphysikalischer Hinsicht gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansatzpunkte zur Reduktion der Betauung der Außenoberflächen eines WDV-Systems. Mit einer Erhöhung des oberflächennahen Wärmespeichervermögens, z.B. durch Einsatz 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 mit einem Anstrich mit abgesenktem langwelligem Emissionsgrad der nächtliche Temperaturabfall verringert werden. Ein mögliches Kriterium zur Beurteilung der Ergebnisse und des Bewuchsriskos ist die Dauer der Tauwasserbildung an der Oberfläche und die Stärke der Taupunkttemperaturunterschreitung. Mit Hilfe von Berechnungen mit dem Softwareprogramm WUFI lassen sich günstig zahlreiche weitere Varianten beurteilen, um unterschiedliche Einflussfaktoren, wie z.B. Orientierung, Dämmschichtdicke oder Dickputz in ihrer Wirkungsweise abzuschätzen.

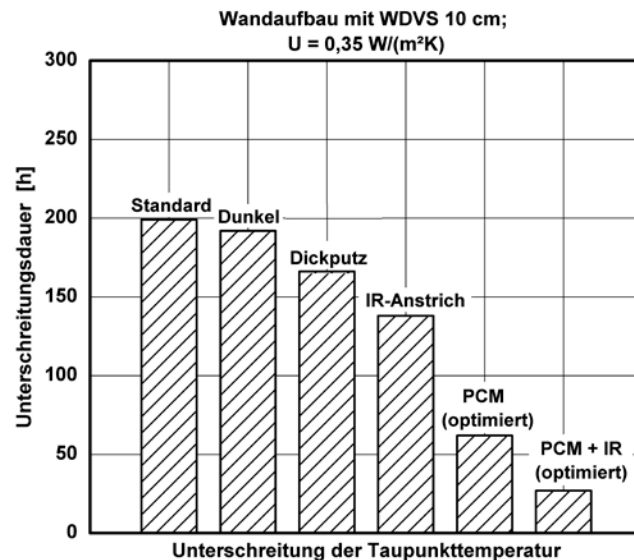


Bild 2: Effekt verschiedener Maßnahmen auf die Dauer der Taupunktunterschreitungen im Zeitraum von September bis Oktober.

In Bild 2 sind zusammenfassend die zu erwartenden Effekte der aufgeführten Maßnahmen graphisch 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 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 Latentwärmespeichermaterialien (PCM) ist allerdings zu beachten, dass sie den erhofften Effekt nur erbringen, wenn der Schmelzpunkt des PCM den klimatischen Randbedingungen angepasst ist, was in Bild 2 mit dem Zusatz „optimiert“ angedeutet ist.

3 Bauteiluntersuchungen im Freiland

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. In Bild 3 sind die Versuchsflächen einer westorientierten (rechts) und einer nordorientierten (links) Fassade dargestellt.



Bild 3: Fotografische Ansicht der westorientierten (rechts) und nordorientierten (links) Fassaden.

Um zu zeigen, dass monolitische Systeme bezüglich Betauung weniger betroffen sind, werden auch Messergebnisse von Massivwänden einbezogen (Bild 4). Im Vergleich zu den WDVS zeigen diese deutlich geringere Betauungszeiten. Die graue Farbe bringt, wie schon die Berechnungen zeigten, auch hier nur eine geringfügige Verbesserung.

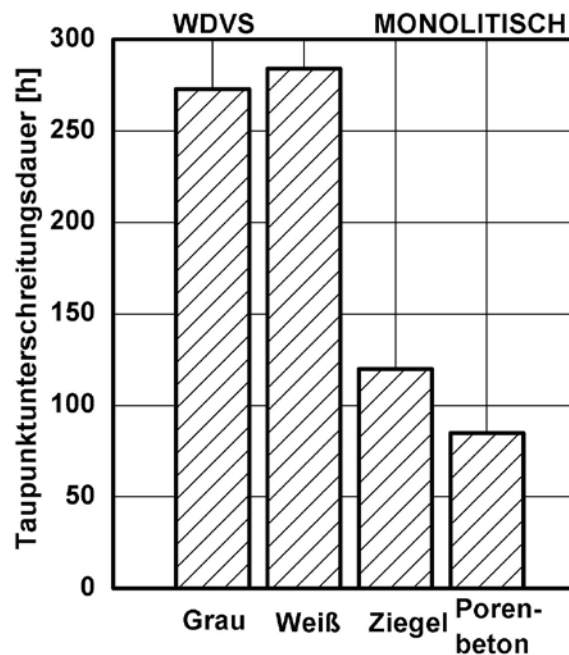


Bild 4: Für die Hauptwachstumsperiode Herbst aufsummierte Betauungszeiten für verschiedene Wandkonstruktionen und Anstrichfarben.

Der Vorteil von neuartigen Materialien, wie z. B. IR-Anstriche, PCM in Putzen und die Kombination von PCM mit IR-Farbe, kann messtechnisch nachgewiesen werden (siehe Bild 5, von der Nordfassade aus Bild 3). Da die Temperaturen im Winter für mikrobielles Wachstum zu niedrig sind, ist der Herbst (wie auch allgemeine Beobachtungen bestätigen) die Hauptwachstumsperiode für mikrobiellen Bewuchs. Betrachtet man für diesen Zeitraum die gemessenen Tauwasserzeiten, so ist im ersten Herbst, hier konnten die Messungen leider erst im Oktober beginnen, die Wirksamkeit des PCM deutlich zu sehen. Gegenüber dem weißen Dünnputz ergibt sich beim mit PCM versetzten Dickputz eine um etwa 30 % verringerte Betauungsdauer. Beim Vergleich mit dem in Bild 2 dargestellten Berechnungsergebnis für PCM muss berücksichtigt werden, dass nur etwa die halbe Menge an PCM eingesetzt wurde. So dass die gemessene Absenkung der Betauungszeit tendenziell gut mit dem Berechnungsergebnis übereinstimmt. Die mit einem IR-Anstrich versehene Fassade, die im Gegensatz zu den rechnerischen Untersuchungen anstatt einer Absenkung des Emissionsgrades auf 0,6 nur einen Wert von 0,74 erreichte, zeigt eine Absenkung der Betauungszeiten um ca. 15 %. Erwartungsgemäß bringt die Kombination von PCM-Putz mit IR-Anstrich mit annähernd 50 % eine deutlich größere Reduktion der Tauwasserbildung als die PCM-Zugabe und der IR-Anstrich allein.

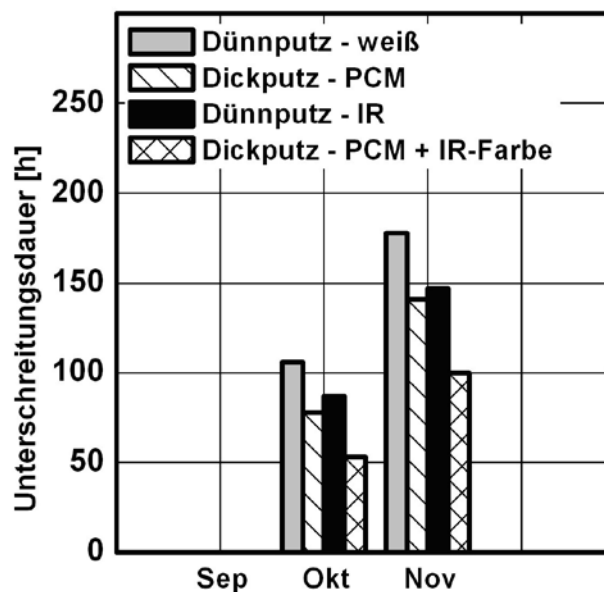


Bild 5: Zeitdauer der Taupunkttemperaturunterschreitung für das Wärmedämmverbundsystem ohne und mit PCM und IR-Farbe für den 1. Herbst der Messperiode.

Neben der Betauungszeit und der Kondensatmenge ist für die Abschätzung des Risikos von mikrobiellem Wachstum die tatsächlich vorhandene Wassermenge an der Oberfläche ausschlaggebend, da für die Mikroorganismen nur das Wasser auf der Oberfläche der Fassade verfügbar ist. Daher wurde an einer Westfassade, an der aber kein mit PCM versehener Putz verbaut wurde, durch Abtupfen die Oberflächenfeuchte bestimmt.

Bild 6 zeigt die 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 (Variante mit einem Emissionskoeffizienten von ca. 0,6). Fast kein Wasser konnte an diesem Morgen auf der Oberfläche gemessen werden. Leider sind derzeit die verfügbaren IR-Anstriche noch nicht ausreichend witterungsstabil. Dies zeigt 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 hat zur Folge, dass der Anstrich ein metallisches Aussehen bekommt. Die Resultate belegen jedoch, dass es sich lohnen würde, diese IR-Anstriche weiter zu entwickeln, um ihre Wetterbeständigkeit den heutigen Anforderungen anzupassen.

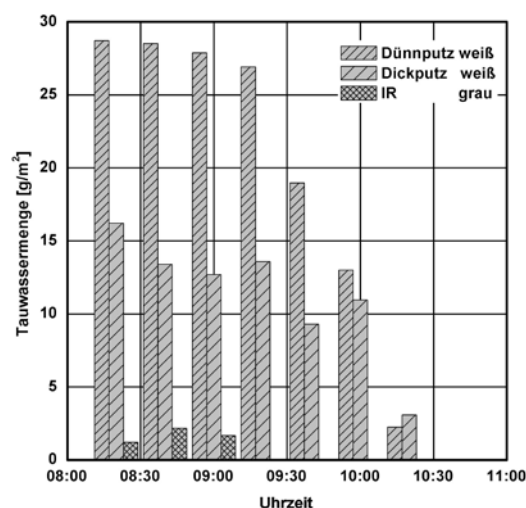


Bild 6: Verläufe der Oberflächenfeuchte für westorientierte Wände mit verschiedenen WDVS.

Die Messungen an der Nordfassade aus Bild 3 wurden weitergeführt. Bild 7 zeigt die Ergebnisse für die folgenden 2 Herbstperioden. Überraschenderweise zeigt die mit PCM versehene Fassade im Gegensatz zur ersten Herbstperiode keine oder nur noch eine geringfügige Reduktion der Betauungszeiten. Die Ursache ist nicht in der Stabilität sondern in der Umschlagtemperatur des verwendeten PCM zu suchen, die bei 6 °C liegt. Während im ersten Untersuchungs Jahr die mittlere Außenlufttemperatur im Herbst bei 5 °C lag, betrug diese in den folgenden Jahren ca. 10 °C. Somit konnte keine Latentwärme freigesetzt werden. Die mit einem IR-Anstrich versehene Fassade zeigt dagegen durchgängig eine gleich bleibende Absenkung der Betauungszeiten. Interessanterweise bringt die Kombination von PCM-Putz mit IR-Anstrich während der gesamten Messperiode eine deutlich größere Absenkung der Taufwasserbildung

als der IR-Anstrich allein, obwohl die PCM-Zugabe allein zu manchen Zeiten keine Verbesserung erbringt.

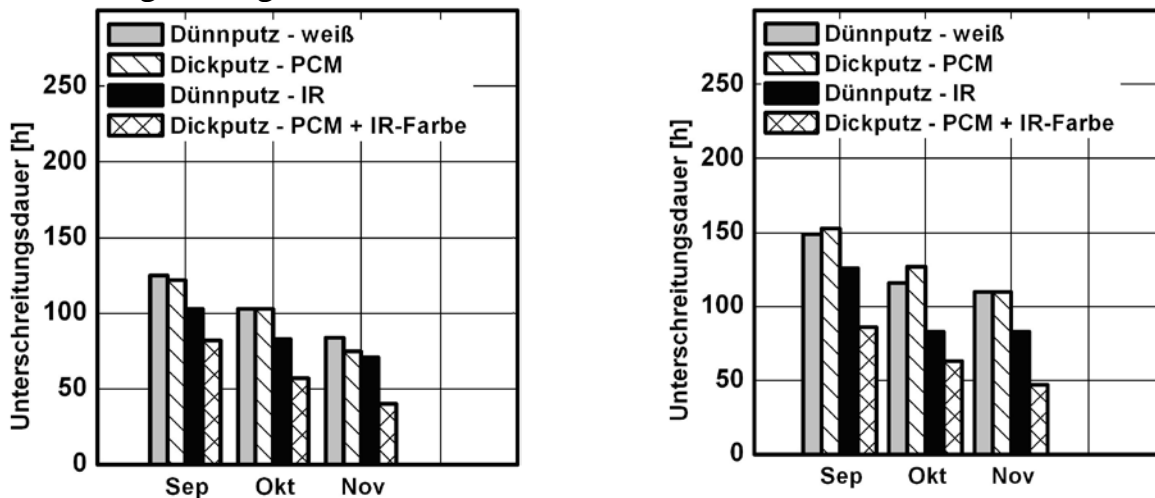


Bild 7: Zeitdauer der Taupunkttemperaturunterschreitung für das Wärmedämmverbundsystem ohne und mit PCM und IR-Farbe für den 2. Herbst (links) und 3. Herbst (rechts) der Messperiode.

4 Zusammenfassung

Vor allen 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 Kriterium. 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 in den meisten Fällen die Verwendung von WDVS am praktikabelsten. 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 beachtet werden, dass die meisten ausgeführten WDVS ohne Schäden sind. Nur ein geringer Prozentsatz weist einen zu beanstandenden mikrobiellen Bewuchs auf. 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, zum Beispiel eine verschattete Wand in Wald- und Gewässernähe, bei denen die Anwendung von Wirkstoffen unvermeidlich ist.

Ein Lösungsansatz zur Reduzierung der Taupunkttemperaturunterschreitung ist die Möglichkeit, Latentwärmeeffekte zu nutzen, indem so genannte PCM in die Außenfassade eingebaut werden. Als PCM kann dabei Paraffin dienen, das mit unterschiedlichen Schmelzbereichsbereichen verfügbar ist. Wesentlich für die Verminderung der Taupunkttemperaturunterschreitung durch Einsatz von PCM ist die Optimierung des Temperaturbereichs für den Phasenwechsel. Darin liegt aber das Problem bei dessen Anwendung. Die Optimierung des Phasenwechselpunktes kann unter Verwendung von Testreferenzjahren rechnerisch erfolgen. Allerdings sind die Unterschiede der klimatischen Bedingungen aufeinander folgender Jahre so groß, dass auch ein derart optimiertes PCM nicht durchgängig zur Wirkung kommt. Dieses Beispiel zeigt aber auch, dass eine alleinige rechnerische Betrachtung trotz korrekter Rechenergebnisse nicht immer die Praxisrealität wiedergibt, da zum Teil Einflussgrößen übersehen werden, die nur ein – in diesem Fall allerdings mehrjähriger - Freilandtest zu Tage bringt.

Bei 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. Dies stellt die am einfachsten auch im Baubestand durchführbare Maßnahme dar. Leider sind derzeit keine ausreichend witterungsstabilen IR-Anstriche verfügbar.

5 Veröffentlichungen

- [1] Blaich, J. 1999. *Außenwände mit Wärmedämm-Verbundsystem, Algen- und Pilzbewuchs*. Deutsches Architektenblatt 31, H.10, S.1393 - 1394.
- [2] Venzmer, H. 2001. *Grüne Fassaden nach der Instandsetzung durch WDVS? Nicht bestellt und dennoch frei Haus*. 3. Dahlberg-Kolloquium.
- [3] Künzel, H. M.: *Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Feuchte- und Wärmetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten*. Dissertation, Universität Stuttgart (1994).
- [4] 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*. Hrsg.: Fraunhofer-Institut für Bauphysik –IBP-, Holzkirchen; Bauforschung für die Praxis Band 77 (2006). IRB-Verlag. ISBN 978-3-8167-7102-9.

Dr. Martin Krus, Dr. Cornelia Fitz, Prof. Dr. Klaus Sedlbauer
Fraunhofer-Institut für Bauphysik
PF 1152, 83601 Holzkirchen
krus@hoki.ibp.fhg.de