

Mikrobiologische Prüfung des Anstrichsystems BIOZEM Schimmelschutz auf die Eignung zur nachhaltigen Behandlung von Schimmelpilzbefallsflächen

1 Zusammenfassung

Das Anstrichsystem BIOZEM Schimmelschutz (SS) wurde in einem Langzeit-Laborversuch auf die Eignung zur nachhaltigen Behandlung von Schimmelpilzbefallsstellen im Innenraum getestet. Bei SS handelt es sich um ein mineralisches, dampfdiffusionsfähiges 2-Komponenten-System. Das Material ist alkalisch eingestellt (pH 11-12) und enthält keinerlei fungizide Zusätze. Bei der Austestung wurden die Einsatzbereiche „Befallsstellensanierung“ und „Befallsvorbeugung bei dauerfeuchten Innenoberflächen“ simuliert. Für die Versuche wurden mit Schimmelpilzen bewachsene bzw. mit Sporen inokulierte Baustoffuntergründe (Gipskarton und Porenbeton) benutzt, die mit SS überstrichen und bei hoher Feuchte für bis zu 18 Monate bebrütet wurden. Bei der Versuchsplanung wurde unterstellt, dass mit einer Biomassevermehrung auch bei längerer Versuchsdauer nicht mehr zu rechnen ist, sollten Wachstumsprozesse bis dahin nicht nachweisbar sein.

Bei den gewählten Probenlagerungsbedingungen (Staunässe) konnten sich einige, für die Unterbindung pilzlichen Wachstums bedeutende Produkteigenschaften des Anstrichs nicht entfalten. Trotz der „worst case“- Bedingungen waren die Oberflächen der Prüfkörper nach 1½ Jahren Lagerung nur vereinzelt und lokal mit lichtem „Schwärzepilzmyzel“ bewachsen. Die Pilzmyzelien konnten mit einfachen Reinigungsmaßnahmen (Abbürsten unter fließendem Wasser) wieder entfernt werden. Es wird vermutet, dass Schimmelschutz nicht von Pilzzellen durchwachsen werden kann. Innerhalb einer mit Schimmelschutz überstrichenen Zelluloseschicht (Pappe) sind nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen Sporenkeimung und Pilzbiomassevermehrung selbst dann vollständig unterbunden, wenn aktives Pilzmyzel eingeschlossen und die Materialfeuchtigkeit anhaltend hoch gehalten wird.

2 Grundlagen

Die Austestung von Anstrichsystemen auf ihre Wirksamkeit gegen Schimmelpilze erfolgt derzeit vorzugsweise in weitgehend standardisierten Kurzzeit-Laborversuchen. Gestrichene Prüfkörper werden mit Sporen angeimpft, in feuchter Atmosphäre (gegebenenfalls in Pilzkulturmedien eingegossen) für Tage bis Wochen gelagert und laufend auf die Belegdichte an kultivierbaren Schimmelpilzen auf der Oberfläche kontrolliert. Der Einsatzbereich des

BIOZEM Schimmelschutzes wird seitens des Herstellers nicht nur bei der Vorbeugung von Schimmelpilzbefall in Problembereichen (z.B. auf Wärmebrücken) sondern auch bei der Sanierung bereits vorhandener Befallsstellen gesehen. In der Praxis wird somit nicht vermeidbar sein, dass der Anstrich auf Untergründe aufgetragen wird, die sporenverschmutzt und / oder bereits mit Pilzmyzel bewachsen sind. Schließlich sind Schimmelpilze in aller Regel erst ab einem gewissen Kolonialeter (Pigmenteinlagerung) bzw. nach entsprechender Sporenbildung mit bloßem Auge sichtbar. Da die Ursachen für erhöhte Oberflächenfeuchtwerte mit dem BIOZEM Schimmelschutz nicht beseitigt werden, stellte sich die Frage, ob es bei anhaltend hoher Feuchte zur Vermehrung von Pilzbiomasse, die durch den Schimmelschutzanstrich im Wandbelag festgelegt wird, kommen kann.

Schimmelpilze, die nicht oberflächlich wachsen sondern innerhalb eines Wandbelags zur Vermehrung kommen, sind zwar i.d.R. nicht in der Lage, die Raumluft mit Sporen, Zellfragmenten und Toxinen zu belasten. Von wachsenden Pilzmyzelien können aber gasförmige Stoffwechselprodukte freigesetzt werden, die durch dampföffene Wandanstriche diffundieren und in der Raumluft angereichert werden können (MVOC). Diese Stoffe werden als Verursacher gesundheitlicher Beeinträchtigungen beim Menschen diskutiert. Spätestens beim „Aufbrechen“ einer maroden, mit Pilzmyzel durchsetzten Wandbeschichtung allerdings ist mit relevanten Zell- und Sporenemissionen in die Raumluft und mit einem sprunghaften Anstieg des Gesundheitsrisikos zu rechnen.

Schimmelschutzanstriche sollten deshalb die Anforderung erfüllen, Wachstum und Vermehrung von Schimmelpilzen nicht nur oberflächlich sondern auch innerhalb der neuen Wandbeschichtung sicher zu unterbinden. Es wurde untersucht, ob es bei anhaltend hoher Materialfeuchte im Grenzflächenbereich Schimmelschutz / originäre Befallsfläche zu einer Vermehrung pilzlicher Biomasse kommen kann oder dies durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften des BIOZEM Schimmelschutzes unterbunden ist. Da feuchter Gipskarton (GK) optimale Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze bietet, wurde dieser Baustoff als ideal für eine praxisnahe Untersuchung erachtet.

3 Material und Methoden

Bei BIOZEM Schimmelschutz (SS) handelt es sich um ein mineralisches Zweikomponentensystem (Voranstrich SS1, grau und Anstrich SS2, weiß). Das System ist dampfdiffusionsfähig und geht mit dem Untergrund nach Aushärtung eine äußerst feste Verbindung ein. Es ist nicht durchlässig für freies Wasser, so dass die Verlagerung gelöster

Salze, die Wandbeläge und -anstriche allmählich zerstört, vollständig unterbunden ist. Schimmelschutz ist alkalisch eingestellt (pH 11-12) und enthält gemäß den Herstellerangaben keinerlei fungizide Zusätze.

Als Testorganismus wurde *Penicillium chrysogenum* benutzt. *P. chrysogenum* vermehrt sich sehr schnell auf Baustoffen mit hohem C-Gehalt, kann aber auch auf organikverschmutzten mineralischen Untergründen rasch auswachsen. Als Standardkulturmedium wurde DG18-Agar verwendet. Die Sporensuspension zur Animpfung der Prüfkörper wurde durch wiederholtes Spülen von Reinkulturen mit Kochsalzlösung (0,9%), die Tween 80 als Zusatz (0,01 %) enthielt, hergestellt. Als Versuchsbaustoff mit Organik wurden Gipskartonstücke (GK, 0,3 x 0,4 m) und als rein mineralische Prüfkörper Porenbetonstücke (PB, 0,2 x 0,14 m) verwendet. Die Sporensuspensionen wurden mit einer Sprühflasche auf die Probenstücke aufgebracht, die Ausgangssporendichte betrug ca. 1×10^2 KBE/cm². Einige der GK-Proben wurden nach der Sporenbeimpfung zunächst für 2 bis 3 Wochen bei Raumtemperatur und > 90% rF vorinkubiert, so dass sie vollständig mit Pilzmyzel überwachsen waren. Anschließend wurden die Oberflächen der Prüfkörper gemäß Herstellervorgabe mit SS1 und SS2 gestrichen.

Die Bebrütung der beimpften / bewachsenen und gestrichenen Materialproben erfolgte in Kunststoff-Transportbehältern bei 25°C und > 90% rF. Die Abfolge der Arbeitsschritte bei der Probenherstellung der verschiedenen Versuchsansätze ist in Tab.1 zusammengestellt.

Tab. 1: Versuchsansätze und Abfolge der Behandlungsschritte.

Pilzkonzentration auf dem Prüfkörper	Abfolge der Behandlungsschritte bei der Probenherstellung
dichtes Myzel	GK-Pilzmyzel-SS1-SS2
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	GK-Sporen-SS1-SS2
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	PB-Sporen-SS1-TH-Raufasertapete-SS2
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	PB-Sporen-SS1-Sporen-TH-Raufasertapete-SS2
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	PB-Sporen-SS1-Sporen- SS2
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	PB-Sporen-Kleister-Raufasertapete-Dispersionsfarbe
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	PB-Sporen-Kleister-Dispersionsfarbe-SS2
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	PB-Sporen-SS1-TH-Tapete-SS2-Sporen
Sporen ($\sim 10^2$ /cm ²)	DP-Sporen

SS: BIOZEM Schimmelschutz 1 (1. Arbeitsgang, grau) und 2 (Anstrich, weiß)

TH: BIOZEM Tapetenhaft

GK: Gipskartonplatte

PB: Porenbetonplatte

DP: Kalziumsilikat-Dämmplatte

Die *kulturelle* Schimmelpilzbestimmung auf Oberflächen und in innerhalb der Pappschichten des GK erfolgte semiquantitativ mit der Abklatsch- und der Abdruckmethode. Die *mikroskopische* Oberflächenanalyse erfolgte mit transparenten Klebestreifen, die auf die Oberflächen gedrückt und mit „Löfflers Methylenblaulösung“ angefärbt wurden. Da es beim Auswachsen von Schimmelpilzsporen zunächst zu einer beträchtlichen Zunahme des Sporenumfangs kommt (Quellung), sind im Keimprozess befindliche und nicht keimfähige Sporen im Mikroskop sehr gut voneinander unterscheidbar (Abb. 1 u. 2).

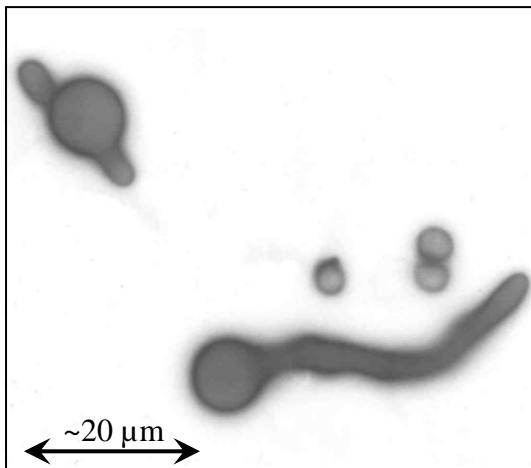


Bild 1: Keimende Pilzsporen nach Quellung und nicht gequollene Sporen

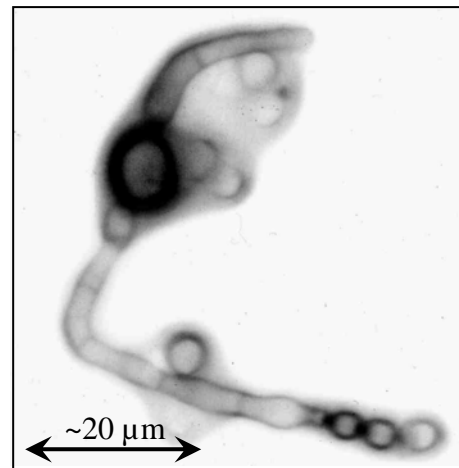


Bild 2: Gekeimte Penicilliumspore mit sekundärer Sporulation

Zur Probenanalyse wurde der GK mit einem Skalpell aufgeschnitten und der Belag, bestehend aus Schimmelschutz und Pappschicht, vorsichtig vom Gipsuntergrund abgelöst. Möglichst viele Schichten des Pappbelags wurden mit einer Pinzette voneinander gelöst und mit der Abdruckmethode sowie im Mikroskop getrennt analysiert.

Neben der o.g. Baustoffprobenanalyse wurden Eingießversuche in Anlehnung an die Methoden der VdL (1) durchgeführt. Bei dieser Produktaustestung wurde die biostatische Wirkung von BIOZEM Schimmelschutz mit der einer Kalziumsilikatdämmplatte verglichen. Das bei der Innendämmung verbreitete Kalziumsilikat gilt u.A. aufgrund seiner alkalischen Beschaffenheit (pH 10-11) weithin als nicht von Pilzen besiedelbar.

3 Untersuchungsergebnisse

Auf der Unterseite einer Raufasertapete, die mit herkömmlichem Tapetenkleister auf PB aufgebracht und lediglich mit Schimmelschutz 2 überstrichen worden war, konnte bereits am

4. Tag dichter Myzelbewuchs beobachtet werden. Auf der mit SS gestrichenen Oberfläche war auch nach knapp 2-monatiger Bebrütung - wie bei allen anderen Versuchsansätzen - Myzelbildung nicht nachweisbar. Sporenquellung und -keimung innerhalb der Pappschichten des gestrichenen GK waren nicht nachweisbar. Die Kalziumsilikatdämmplatte, die als Kontrolle mitgeführt wurde, war bereits nach 3-4 Wochen von Bakterien und, zumindest lokal, auch von Schimmelpilzen (*Acremonium* Spezies) bewachsen.

Ein Teil der Baustoff-Versuchsansätze wurde zurückgestellt, bei > 90% rF weiter bebrütet und nach 16 Monaten abschließend analysiert. Nach insgesamt 18-monatiger Bebrütung war bei den GK-Proben mit überstrichenem Pilzmyzel eine Zunahme von Pilzbiomasse nicht nachweisbar. Die Abschlusskontrolle mit der Abdruckmethode ergab sowohl auf als auch innerhalb der überstrichenen Kartonageschicht eine signifikant geringere Schimmelpilzdichte als nach 2-monatiger Bebrütung. Dies deutete auf eine allmähliche Degeneration vegetativer Pilzzellen hin (Bild 3 u. 4). Bei der Mikroskopuntersuchung der GK-Proben, die zu Versuchsbeginn zwar mit Sporen beimpft, aber *nicht* bewachsen waren, waren auf und innerhalb der Kartonage (-schichten) Sporenquellung und Myzelbildung nicht feststellbar.

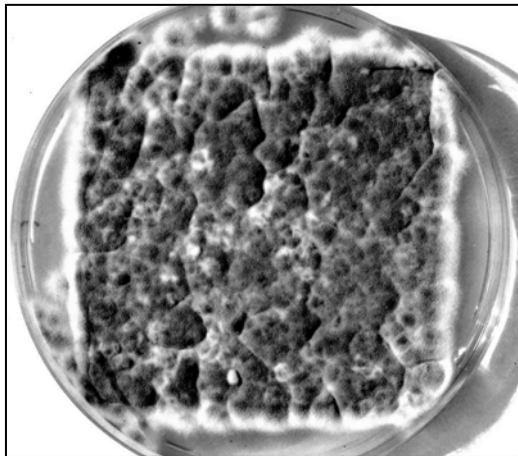


Bild 3: Abdruck des Kartons von GK nach 2-monatiger Inkubation

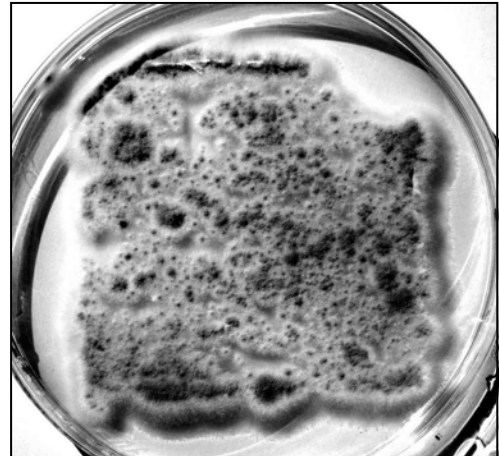


Bild 4: Abdruck des Kartons von GK nach 18-monatiger Inkubation

Bei einigen GK- und PB-Proben waren die äußeren Oberflächen nach 18-monatiger Inkubation allerdings lokal bewachsen. Auf den dunkel verfärbten Stellen wurden Bakterien, nicht weiter differenzierte „Schwärzepilze“ sowie *Acremonium* Spezies gefunden. Anhand zweier besonders betroffener PB-Proben wurde untersucht, ob derartiger Oberflächenbewuchs (in der „Wohnpraxis“ u.U. hervorgerufen durch die sukzessive Verschmutzung des Anstrichs)

durch Reinigung wieder beseitigt werden kann oder ob die Pilze in Anstrichporen einwachsen können. Hierzu wurden die Probenoberflächen mit einer Handreinigungsbürste unter fließendem Wasser geschrubbt und anschließend mit 80%igem Alkohol gespült. Es zeigte sich, dass die Pilzverschmutzungen mit dieser relativ einfachen Reinigungsmaßnahme wieder vollständig entfernt werden können (Bild 5 u. 6).

In den folgenden 5 Monaten nach erfolgter mechanischer Reinigung der Oberflächen konnte erneutes Pilz- und Bakterienwachstum nicht beobachtet werden (der Versuch dauert an). Ein Einwachsen oder vollständiges Durchwachsen des BIOZEM Schimmelschutzes durch Pilze konnte bei der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden.



Bild 5: SS2 auf PB nach 18-monatiger Inkubation – „Schwärzepilze“



Bild 6: SS2 auf PB nach 18-monatiger Inkubation – nach Reinigung

Bei den Eingießversuchen wurden mit BIOZEM Schimmelschutz gestrichene Prüfkörper (60 x 60 mm) nicht überwachsen. Selbst auf Prüfkörperstellen, die beim Gießen der Platten mit DG18-Nährmedium verschmutzt und nach 3-wöchiger Bebrütung für weitere 15 Monate bei $rF > 90\%$ gekühlt gelagert worden waren, konnten Keim- und Wachstumsprozesse nicht festgestellt werden (Bild 7). Demgegenüber wurde die Kalziumsilikatdämmplatte innerhalb von 14 Tagen nahezu vollständig von *P. chrysogenum* überwachsen (Bild 8). Zwar konnte bei den Versuchen vereinzelt auch auf Probenstücken, die mit Schimmelschutz gestrichen waren, lichtet Pilzwachstum beobachtet werden z.B. auf verschmutzten oder zu dünn gestrichenen Stellen sowie in Bereichen mit Materialstörungen („Blasenbildung“). Die auf Kalziumsilikat und Schimmelschutz gemessenen Bewuchsdichten lagen aber in diesen Fällen um mehrere Größenordnungen auseinander.

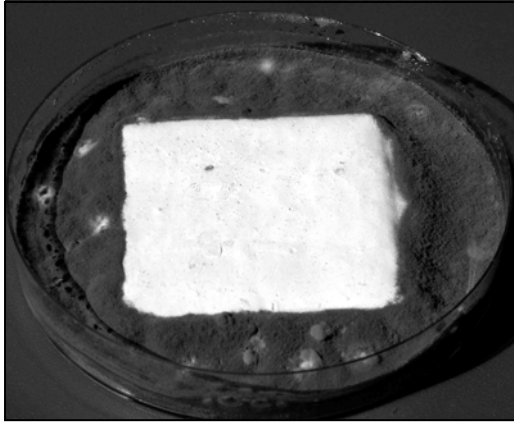


Bild 7: Eingießversuch: Schimmelschutz nach 15 Monaten

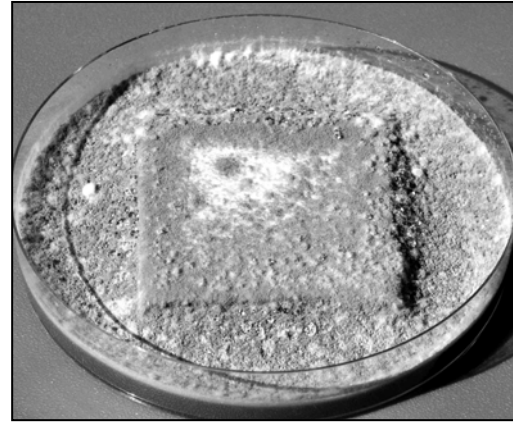


Bild 8: Eingießversuch: Kalziumsilikat-dämmplatte nach 14 Tagen

4 Diskussion

Die in Transportbehältern gelagerten Baustoffproben waren annähernd während der gesamten Versuchsdauer mit Kondenswasser, das von den Behälterdeckeln abtropfte, benetzt. Bereits nach wenigen Wochen, also in einem sehr frühen Stadium der Versuche, konnte bei der mikroskopischen Oberflächenkontrolle auf mehreren Proben eine Vermehrung von Bakterien beobachtet werden. Das lokal festgestellte Schimmelpilzwachstum könnte u.U. mit dieser primären „Bakterienbiofilmbildung“ in Zusammenhang stehen.

Wasserlösliche organische Verbindungen auf dauerfeuchten mineralischen Oberflächen werden in aller Regel zunächst von Bakterien zum Wachstum genutzt. Bakterien vermehren sich schneller und sind toleranter gegenüber hohen pH-Werten als Pilze. Im Zuge der mikrobiellen Metabolisierung der C-Verbindungen werden organische Säuren gebildet, die zusammen mit gelöstem Kohlendioxid eine Ansäuerung des Mediums bewirken, so dass sich die Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze sukzessive günstiger gestalten.

Holzstoffabbauende Pilze stellen die Bioverfügbarkeit der wasserunlöslichen Kohlenstoff-Makromoleküle mit einem komplexen Enzymsystem, das in das Umgebungsmilieu abgegeben wird, her. Während des enzymatischen Aufschlusses der Makromoleküle werden saure C-Metabolite gebildet, die den pH-Wert des Milieus weiter vermindern. Von Pilzzellen ausgeschiedene organische Säuren dürften zusätzlich zu der für Pilze günstigen Neutralisierung / Versauerung des Untergrundes beitragen. Die allmähliche Ansäuerung der Prüfkörperoberflächen im Laufe des Versuches wurde mit orientierenden pH-Messungen (pH-Papier) nachvollzogen.

Auf bewachsenen GK- und PB-Proben wurde allerdings nicht *P. chrysogenum* sondern vorzugsweise Acremonium gefunden. Die bei den Langzeit-Baustoffprüfkörperversuchen als Kontrolle mitgeführte Kalziumsilikat-Dämmplatte wurde bereits nach wenigen Wochen Versuchsdauer von Acremonium bewachsen. Bei Acremonium handelt es sich nach den Erfahrungen um einen „Pionier“ bei der Besiedelung mineralischer Baustoffe.

Bei der Materialaustestung mit dem *Platteneingießverfahren* wird eine nicht fachgerechte Teilflächensanierung simuliert, d.h. eine aktive Bewuchsstelle grenzt unmittelbar an eine schimmelpilzbehandelte Fläche an. Derartige Bedingungen können nicht als „sanierungspraxiskonform“ bezeichnet werden. Dennoch wurde BIOZEM Schimmelschutz - im Gegensatz zur Kalziumsilikatdämmplatte - nicht von *P. chrysogenum* überwachsen.

Bei der Langzeitaustestung des Schimmelschutzanstrichs mit Baustoffproben in annähernd wasserdampfgesättigter Atmosphäre konnten sich neben dem hohen pH-Wert noch andere, für die Unterbindung pilzlichen Wachstums wichtige Produkteigenschaften nicht entfalten. Schimmelschutz zeichnet sich z.B. gemäß den Herstellerangaben trotz hoher Dampfdiffusionsfähigkeit durch eine sehr geringe Wasseraufnahmekapazität aus. Transport und Verlagerung *freien* Wassers innerhalb des Anstrichs sind überhaupt nicht möglich. Bei der Vorbeugung von Schimmelpilzwachstum im Innenraum stellt diese Produkteigenschaft einen bedeutenden Faktor dar. Dampfpermeable Oberflächen, die zudem durch eine geringe Wasserleitfähigkeit gekennzeichnet sind, können Wasser, das im Tagesverlauf durch das Niederschlagen von Raumluftfeuchtigkeit aufgenommen wurde, erheblich schneller wieder abgeben als dies bei hygroskopischen Baustoffen wie z.B. Gipsmörtel oder zellulosehaltigen Wandbelägen der Fall ist. Auf die Wohnpraxis übertragen bedeutet dies, dass die Zeitfenster, in denen z.B. aufgrund eines Raumluftfeuchteniederschlags günstige Wachstumsbedingungen für Pilze auf Oberflächen gegeben sind, bedeutend verengt werden können.

Eine Oberflächenbesiedelung durch Pilze kann durch das beschleunigte Abtrocknen von Baustoffen zwar nicht völlig unterbunden, wohl aber erheblich verzögert werden. Gequollene und auskeimende Pilzsporen reagieren relativ empfindlich auf die Austrocknung der Wachstumsunterlage. Wenn geringe Porendurchmesser und -tiefen ein Einwachsen primärer Myzelzellen nicht erlauben, degenerieren die Keime beim erneuten Abtrocknen der

Oberfläche. Dass der Schimmelschutzanstrich nicht von Schimmelpilzen durchwachsen wird, zeigen die Ergebnisse der Untersuchungen mit Gipskarton und Porenbeton.

Bei Würdigung der oben ausgeführten Betrachtungspunkte wird deutlich, dass hinsichtlich der Unterbindung pilzlichen Wachstums relevante Produkteigenschaften des Schimmelschutzes in weiten Bereichen ausgeschaltet waren. Die Versuchsbedingungen der Expertise entsprachen also insofern nicht den Verhältnissen bewohnter Innenräume, als dass zwischenzeitliches Abtrocknen der Oberflächen und Degenerationsprozesse primärer Myzelzellen durch Dehydratation nicht möglich waren. Trotz dieser „worst case“- Bedingungen waren die Oberflächen der Prüfkörper allenfalls lokal und auch nur mit lichtem Myzel bewachsen. Materialschädigungen durch Tiefenwachstum von Pilzen waren nicht feststellbar. Schimmelpilzwachstum innerhalb einer Beschichtung kann nach den Ergebnissen dieser Untersuchung selbst dann ausgeschlossen werden, wenn aktive Pilzbiomasse auf organischem Untergrund eingeschlossen und die Materialfeuchtigkeit anhaltend hoch gehalten wird.

Die Versuchsergebnisse zeigen aber auch, dass alkalisch eingestellte Baustoffe bei anhaltend hoher Materialfeuchte und zunehmender Verschmutzung nicht nur von Bakterien sondern grundsätzlich auch von Pilzen bewachsen werden können. Dabei deuten die Ergebnisse der Untersuchungen darauf hin, dass oberflächlich bewachsener Schimmelschutz mit einfachen Reinigungsmaßnahmen wieder von Schimmelpilzen gereinigt werden kann. Da Tiefenwachstum auf BIOZEM Schimmelschutz nicht bzw. allenfalls bei Altschäden möglich ist, bewirkt eine Koloniebildung, die in der „Wohnpraxis“ nicht grundsätzlich vermeidbar sein dürfte, nicht zwangsläufig auch eine Schädigung der Anstrichoberfläche. Die Möglichkeit der Reinigung bewachsener Stellen könnte allerdings auf frühe Befallsstadien begrenzt sein. Sobald dunkel pigmentierte Myzelzellen von „Schwärzepilzen“ in Oberflächenstörungen eingewachsen sind, dürfte eine Wiederherstellung des Originalzustandes durch Ergreifen einfacher Reinigungsmaßnahmen vermutlich nicht mehr ohne weiteres möglich sein.

5 Literatur

(1) Richtlinie zur Bestimmung der Beständigkeit von Beschichtungsstoffen gegen Pilzbefall. Verein der Lackindustrie VDL Richtlinie 06 vom 09.06.2003, Internet: www.lackindustrie.de/