

Fassadenbiofilme

Schadensbilder, Ursachen, diagnostische Möglichkeiten und Denkansätze für Produktentwicklungen

			
Julia von Werder *)	Lev Koss*)	Natalya Lesnych*)	Helmuth Venzmer*)

*) siehe Anhang

Zusammenfassung

Neue diagnostische Möglichkeiten werden aufgezeigt, mit denen mikrobielle Besiedlungen möglichst frühzeitig erkannt werden können. Produktentwicklungen können auf diese Weise beschleunigt werden. Gegenwärtig sind aus der Vielzahl von verschiedenen Lösungsansätzen noch keine neuen algizidfreien, besiedlungsresistenten Produkte absehbar, die Erfolge aufzuweisen haben. Um möglichen Schädigungen vorbeugen zu können, besteht noch ein großer Entwicklungsbedarf.

1 Fassadenbesiedlung

In jüngster Zeit ist verschiedentlich über das Phänomen von Besiedlungen der äußeren Oberflächen berichtet worden. [1, 2] Nachträglich gedämmte Fassaden weisen eine höhere Neigung zur mikrobiellen Besiedlung auf als nicht gedämmte. Diese ist auf die deutlich veränderten außenseitigen Oberflächentemperaturen und die damit verbundenen Tauwasserbelastungen zurückzuführen. Häufige und länger anhaltende Feuchtigkeitsfilme nach Schlagregenbelastung bzw. nächtlicher Unterkühlung werden sowohl durch das geringe Wärmespeichervolumen der äußeren thermisch abgekoppelten Wetterschutzschicht als auch durch die gegenüber der Außentemperatur zu niederen Oberflächentemperaturen wesentlich verursacht. Derartige Konstruktionen schneiden nach Krus u.a. schlechter ab als klassische monolithische. [3] Verbundoberflächen weisen eine um den Faktor ≥ 2 gesteigerte Taupunktunterschreitungsdauer auf als klassische Ziegel- oder Porenbetonkonstruktionen. [3] Nachträglich außenseitig gedämmte Nordgiebel einer Dreischichtenplatte können im Verlaufe eines Jahres nach den Rechnungen von Strangfeld und Stopp eine um den Faktor 6 gesteigerte überhygroskopische Wassermasse auf der Oberfläche aufweisen als ungedämmte. [4] Genügend große Wassermengen sind eine unabdingbare Voraussetzung für Besiedlungen durch Mikroorganismen, die offensichtlich auf außenseitig gedämmten Oberflächen sehr gute Lebensbedingungen vorfinden. Als Minimalisten oder Überlebenskünstler bekannt, sind sie außerdem sehr genügsam und können Durststrecken problemlos überleben.

Das an der Fassade herrschende Mikroklima ist nach Auffassung der Autoren ebenso entscheidend wie auch die baustofflichen Eigenschaften, wobei auch Einflüsse aus verarbeitungstechnischer Sicht – wie die Oberflächenbeschaffenheit – nicht übersehen werden dürfen. Insgesamt betrachtet wird bei der Besiedlungsforschung viel zu wenig beachtet, dass es sich um stochastische Prozesse handelt, die eine gewisse Anlaufzeit benötigen.

1.1 Holzständerhaus

Auf einem gedämmten Holzständerbauwerk (Bild 1) mit außenseitig farblich behandelten Asbestplatten, zeichnen sich Algenbesiedlungen vor den Holzständern ab. Hier stehen offensichtlich nicht genügend große Feuchteangebote zur Verfügung. Geschützte Wandbereiche nahe der Traufe weisen ebenfalls weniger Algenbesiedlungen auf.

1.2 Verbundsysteme

Eine nachträglich mit einem Verbundsystem gedämmte Fassade eines DDR-Wohnungsbaus weist intensive Algenbesiedlungen auf. Die geringen Putzmassen des Systems, die bauwerksaußenseitig vor der Wärmedämmung liegen, sind vom Bauwerk thermisch abgekoppelt. (Bild 2) Der Leopard-Effekt, der die weißen Flecken der besiedelten Flächen beschreibt, beruht auf der Wärmebrückwirkung der unzureichend versenkten metallischen Anker, mit deren Hilfe das System befestigt ist. Mittlerweile sind neue Lösungen vorhanden, die Anker sind tiefer versenkt und vorne separat gedämmt worden.

1.3 Vorhangsystem

Um die nachträglich applizierte Wärmedämmung vor Feuchtigkeit zu schützen, wird eine Wetterschale mit Hilfe von Trägerkonstruktionen zum Schutz davor gehängt. Diese als Vorhangkonstruktion bezeichnete Wetterschale wird hinterlüftet, denn Luft kann unten ein- und oben wieder austreten. Diese Systeme besitzen nahezu keine Wärme speichernden Massen und sind daher erheblichen Temperaturschwankungen ausgesetzt, die stark den Außenluftbedingungen folgen. Die Vorhangschale ist thermisch vom Bauwerk vollkommen abgekoppelt. (Bilder 3 und 4)



Bild 1: Holzständerhaus (Lübstorf)



Bild 2: Verbundsystem (Wismar)



Bild 3: Vorhangsystem (Nähe Wismar)



Bild 4: Vorhangsystem, partiell gereinigt (Insel Rügen)

1.4 Unkontrollierte Wasserabläufe

An solchen Orten, an denen unkontrolliert Wasser auf die Oberfläche gelangt und anschließend abfließt, zeichnen sich häufig Algenbesiedlungen ab. Putzbereiche im Spritzwasserbereich sind davon ebenso betroffen wie Blechabdeckungen am Hauseingangsbereich. Auch Fenstersohlbänke sind hier zu nennen, wenn die notwendigen Überstände unzureichend, oder das Gefälle uneinheitlich ausgebildet ist.

1.5 Besiedlungen und Trend

In verschiedenen Studien wurden Versuche unternommen, die Besiedlungshäufigkeit und deren Abhängigkeit von verschiedenen Parametern zu untersuchen. Verschiedene Untersuchungen: (a) Nord-Ost-Studie in Mecklenburg-Vorpommern, (b) Nord-Süd-Studie in Thüringen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg und (c) Rügen erbrachten aufschlussreiche Ergebnisse zur Besiedlung von Bauwerksoberflächen, von denen nur auf eine einzugehen ist:



Bild 5: Unkontrollierte Wasserabläufe (1)



Bild 6: Unkontrollierte Wasserabläufe (2)

1.6 Besiedlungsintensität und –dynamik

Der Zusammenhang zwischen der Intensität der Algenbesiedlung (semiquantitative Skale von 0 bis 5), der Orientierung der Fassade (acht verschiedene Richtungen) und der Besiedlungsfläche (fünf Klassen) konnte bei der Nord-Süd-Studie an 162 Bauwerken aufgezeigt werden. Je weiter die Flächen von der Süd-Seite entfernt liegen, umso wahrscheinlicher sind demzufolge Algenbesiedlungen. Auffällig ist aber auch, dass die häufig geäußerte These, nach der Südseiten nicht besiedelt werden, unzutreffend ist. Aus der Nord-Süd-Studie geht hervor, dass sogar vollflächige Besiedlungen zwischen 81 und 100 Prozent auf Südseiten möglich sind, wenn eine entsprechend hohe Feuchtigkeitsbelastung vorliegt.

An 706 nachträglich wärmedämmten Plattenbauten wurde im Rahmen einer Nord-Ost-Studie nach Zusammenhängen zwischen dem Sanierungsjahr und dem Auftreten von Algenbesiedlungen gesucht. Auffällig ist, dass der prozentuale Anteil algenbesiedelter Flächen mit zunehmendem Sanierungsalter immer mehr zunimmt.

Die lineare Regressionsfunktion weist auf den Zusammenhang zwischen dem Zuwachs der Besiedlungshäufigkeit mit dem Sanierungsalter hin. Daraus wird deutlich, dass Besiedlungen erst nach ca. zwei Jahren einsetzen. Von Jahr zu Jahr ist mit einem Besiedlungszuwachs von mehr als ca. 9 Prozent zu rechnen. Dieses bedeutet, dass gemäß Regressionsfunktion nach ca. 5,7 Jahren ca. 49 Prozent und nach ca. zehn Jahren durchaus ca. 88 Prozent aller thermisch sanierten Fassaden Algenbesiedlungen aufweisen können. (Bilder 7, 8 und 9)

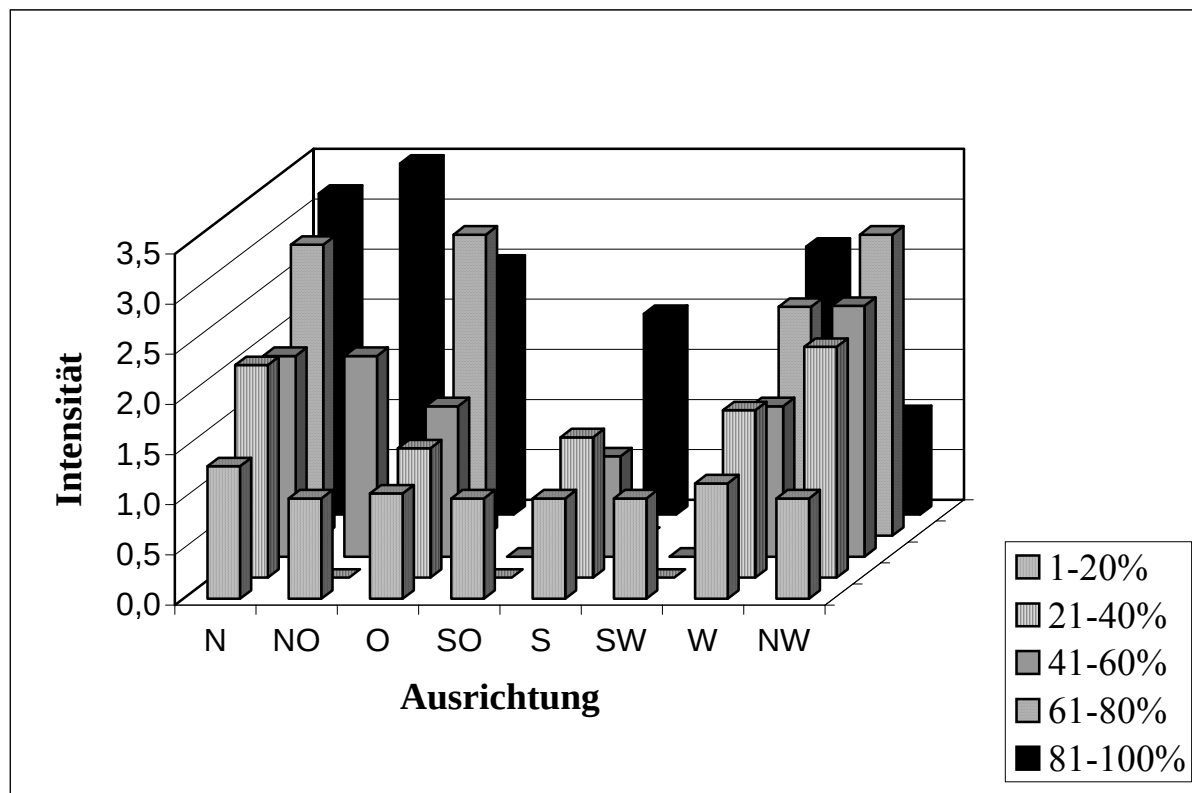


Bild 7: Intensität, Ausrichtung und besiedelter Flächenanteil

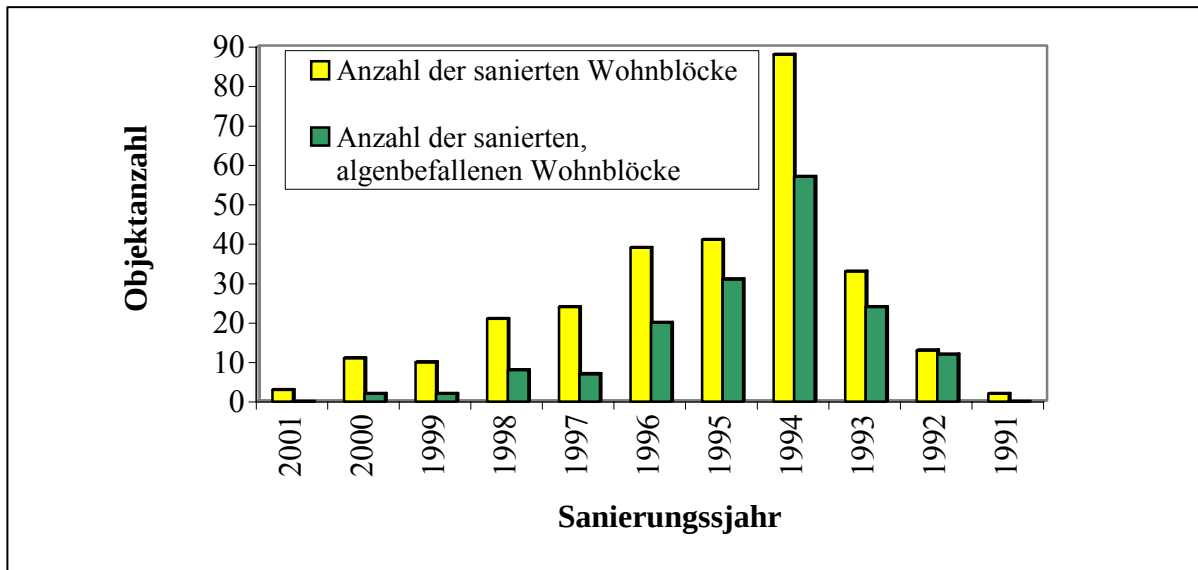


Bild 8: Besiedlungsstatistik 1991-2001 (706 sanierte Gebäude)

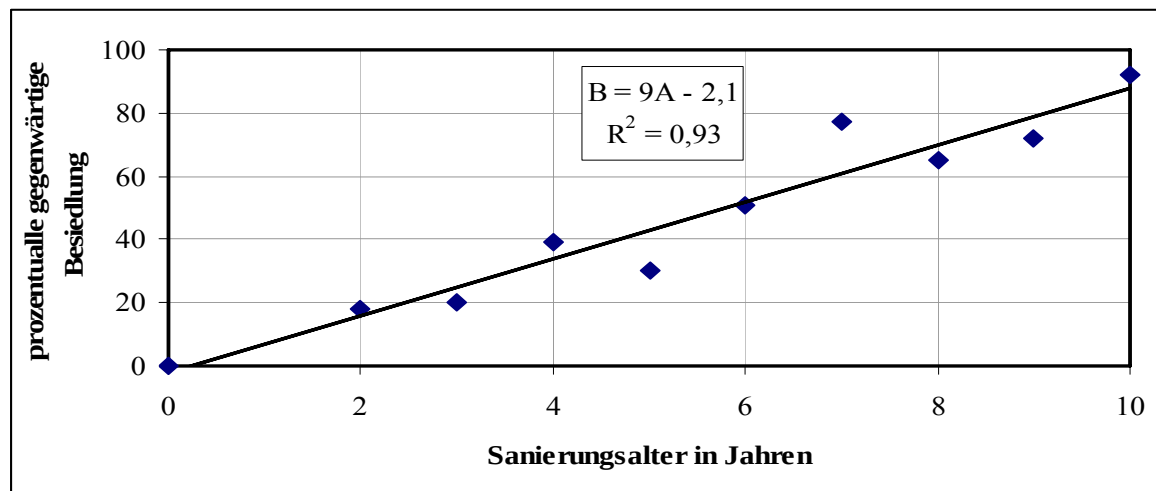


Bild 9: Prozentualer Anteil algenbesiedelter Gebäude der Stichprobe (706 Gebäude) abhängig vom Sanierungsalter (Regressionsfunktion: $B = 9A - 2,1$)

2 Lösungsansätze

Durch die zusätzliche nachträgliche Dämmung ist das Temperaturregime der Oberfläche verändert worden. Zu den Feuchtigkeitsfilmen aufgrund von Schlagregen addieren sich erhebliche Tauwasserbelastungen. Die Oberflächentemperaturen reichen nicht mehr aus, um diese Feuchtigkeitsfilme in relativ kurzer Zeit zur Verdunstung zu bringen. Lange anhaltend existente Feuchtigkeitsfilme sind die Ausgangsbasis für den Beginn von Verschmutzungen und Besiedlungen durch Algen und Pilze. Die Produkthersteller haben in jüngster Zeit verschiedene Denkansätze verfolgt und durchaus verschiedene Erfolge erzielt.

2.1 Biozide

Für den Schutz der Fassaden vor der Besiedlung von Algen und Pilzen werden die Bautenbeschichtungen mit so genannten Bioziden (antimikrobiell aktive Stoffe) ausgerüstet. Gegenwärtig ist eine

große Anzahl von bioziden Wirkstoffen bekannt, wobei nur wenige davon praktische Anwendung auf dem Markt gefunden haben. Die Auswahl von geeigneten Bioziden ist ein sehr komplexes Problem, das von mehreren Einflussfaktoren anhängig ist. Die Biozide müssen einerseits umweltfreundlich sein und andererseits ihre biozide Wirkung möglichst lange behalten. Die erhöhte Feuchtebelastung der Fassaden führt zu einer beschleunigten Auswaschung der wasserlöslichen bioziden Wirkstoffe wegen der Bewitterung der Beschichtung, wie mit Hilfe der REM-Aufnahmen festzustellen ist. Mit diesen Auswaschungen geht dann eine Abnahme der Wirksamkeit einher. (Bild 10) Nach 24 Monaten Bewitterung (Bild 10B) wirkt die biozid eingestellte Oberfläche im Vergleich zum Nullzustand (Bild 10A) stark bewittert und rau, obwohl die Probe keine Rissbildung zeigt.

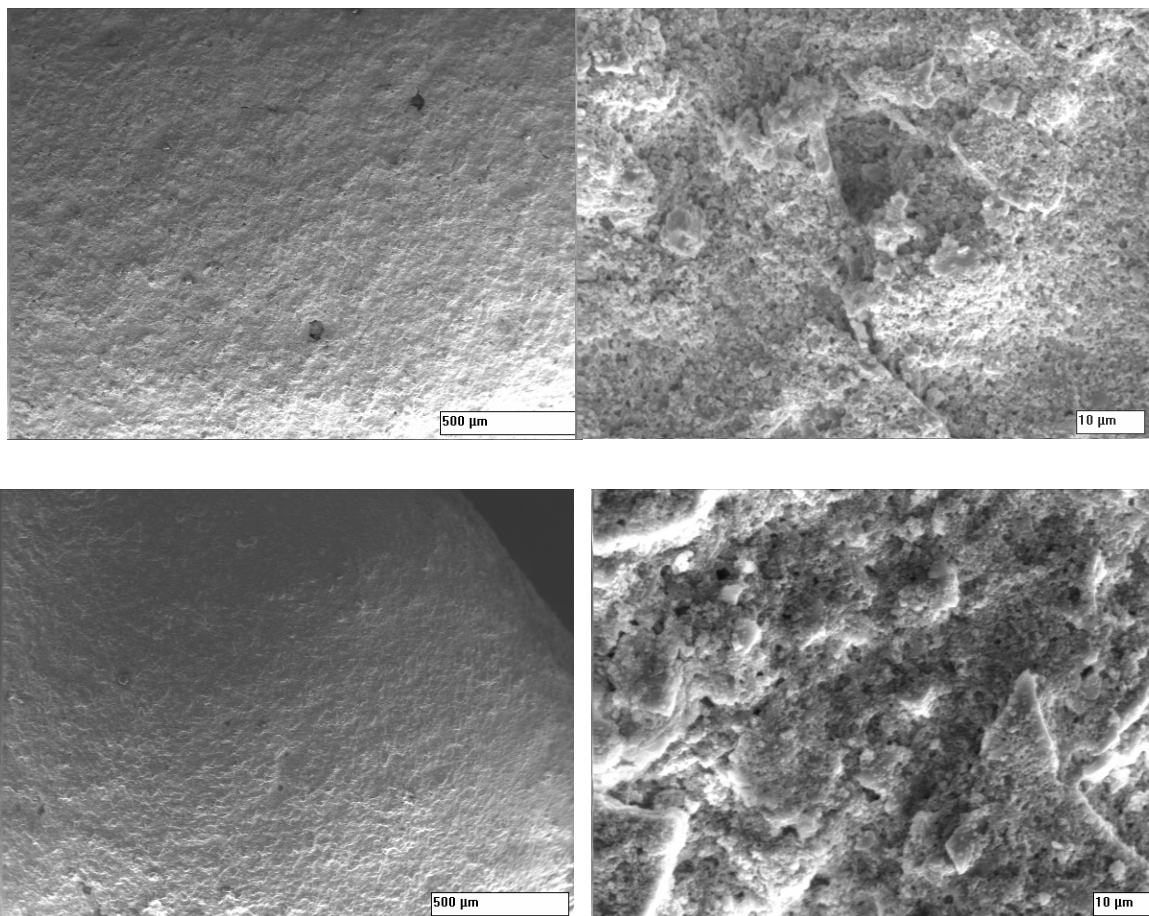


Bild 10: Biozideinsätze, REM-Aufnahmen; Fotos: C. Messal; Tesla BS 340

Oben: Biozid eingestellte Fassadenoberfläche bei verschiedenen Vergrößerungen

Unten: Dieselbe Fläche 24 Monate nach der Freibewitterung

Fazit: Auswaschung wasserlöslicher Biozide

2.2 Hydrophobie

Baustoffoberflächen werden so eingestellt, dass sich hydrophobe Eigenschaften ausbilden können, d.h. der Benetzungswinkel liegt oberhalb von 90° . Dieses geschieht in der Absicht, Wasser von der Oberfläche fernzuhalten. Erreicht werden kann dieses durch in ihrer chemischen Zusammensetzung

entsprechend eingestellte Beschichtungen. (Bild 11a) Hydrophob eingestellte Oberflächen sind dennoch nicht trocken, weil Tauwassertropfen wegen ihrer geringen Größe nicht abrollen. Ein möglicherweise nicht immer zusammenhängender Feuchtigkeitsfilm ist die Folge.

2.3 Ultrahydrophobie

Vom Ziel ausgehend, den Wasser-Baustoff-Kontakt weiter zu minimieren, wurden dem Lotus-Effekt nachempfundene Fassadenprodukte entwickelt, die einen noch weiter gesteigerten Benetzungswinkel von anfangs ca. 160° besitzen. (Bild 12) Wassertropfen sollen leicht abrollen, um eine trockene Fassade zu schaffen. Genau dieses tritt aber nicht in dem Maße ein, wie erhofft. Zu leichte Tauwassertropfen bleiben haften und können nur beim Zusammenschluss mit anderen eine solche kritische Größe erreichen, die zum Abrollen ausreicht. Der anfänglich hohe Benetzungswinkel verringert sich außerdem deutlich, wenn Umwelteinflüsse z. B. durch Verschmutzungen oder/und Algenbesiedlungen eine Rolle spielen. Allzu rasch werden Benetzungswinkel unter 90° erreicht. Tauwassertropfen sind so leicht, dass sie auch auf ultrahydrophoben Oberflächen nicht abrollen können, sie haften an der Oberfläche und können die Basis für Feuchtigkeitsfilme bilden.

2.4 Hydrophilie

Weil kleine Tauwassertropfen unter hydrophoben und ultrahydrophoben Bedingungen auf der Fassadenoberfläche länger verbleiben, sind Überlegungen im Gange, zur ursprünglichen Lösung der hydrophilen Bedingungen beim Wasser-Baustoff-Kontakt zurückzukehren. Tauwasser soll kapillar von der Unterlage aufgenommen werden, damit der Oberflächenfeuchtefilm nicht mehr zur Verfügung steht, der die Algenbesiedlungen erst ermöglicht. Hydrophile Bedingungen können aber das Tauwasser- und möglicherweise das Algenbesiedlungsproblem ebenso nicht lösen, wenn der Hintergrund stark feucht bzw. gar feuchtegesättigt sein sollte, wovon im Normalfall auszugehen ist, insbesondere wenn die Küstenregion Norddeutschlands betrachtet wird. (Bild 11b)

2.5 PCM-Putzzusätze

Auf der Basis von Paraffinzusätzen werden Latentwärmespeicher dem Putz zugesetzt. Diese Putze sind nach ihrer Zusammensetzung so zu gestalten, dass der Schmelzpunkt gezielt eingestellt werden kann. Während der zeitlichen Phasen der Erwärmung können thermische Energien durch den Phasenwechsel fest→flüssig gespeichert werden. Diese werden in Phasen der thermischen Abkühlung wieder frei, wenn der Phasenübergang flüssig→fest erfolgt. PCM-Farbzusätze, wie sie zwischenzeitlich hier und da auch diskutiert worden sind, machen aufgrund der dünnen Schichtdicken wenig Sinn.

2.6 IR-aktive Farben

An verschiedenen Stellen wird mit dem Begriff IR-Putz gearbeitet. Aus physikalischer Sicht ist dieses problematisch. IR-aktive Farben machen eher einen Sinn. Gemäß Patent: DE 4418214 C2 werden in die Bindemittel Metallsalze (Sulfide, Selenide, Chloride und Fluoride) als Pigmente eingearbeitet, die den Brechungsindex beeinflussen. Gemäß (DE 198 01 114 A1) wird auch mit Perl-

glanzpigmenten gearbeitet. In beiden Fällen soll eine gezielte IR-Reflexion erreicht werden, die über die o. g. Eigenschaften hinaus noch winkelabhängig sind. Gegenwärtig sind lediglich IR-Innenfarben bekannt, während an IR-Außenfarben gearbeitet wird, es gibt hierzu auch einige Tests. Diese haben gegenwärtig sicherlich keineswegs die Praxisreife erreicht.

2.7 Photokatalytische Selbstreinigung

Gegenwärtig werden in einer großen Bandbreite Versuche unternommen, mit Hilfe von Nanopartikeln (Titandioxid, TiO_2) neue Oberflächen zu schaffen, die einen Selbstreinigungseffekt aufweisen. Infolge von Sonnenenergiezustrahlung können unter bestimmten Bedingungen freie Radikale entstehen, die antimikrobiell wirken. Insbesondere bei Dachsteinen konnte durch Untersuchungen, eine positive Wirkung durch eine bessere Oberflächenqualität im Vergleich zu unbehandelten Dachsteinen nachgewiesen werden. Derartige Dachsteine können bei entsprechend hohen Temperaturen beschichtet werden, was bei Wandbaustoffen/-bauteilen technisch nicht möglich ist.



Bild 11a: Hydrophobie; Messgerät OSA-20



Bild 11b: Hydrophilie; Messgerät OSA-20

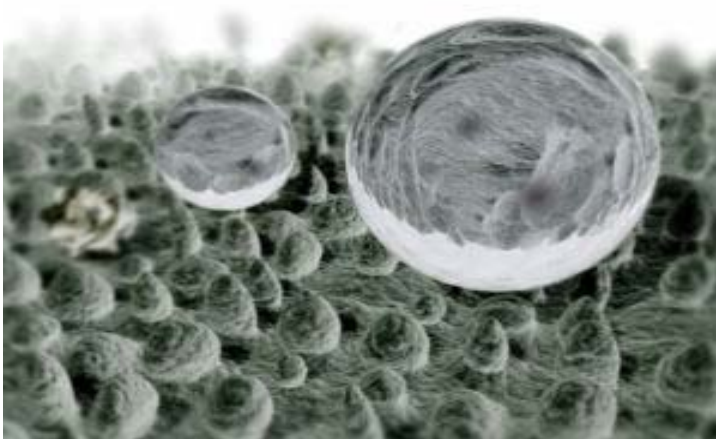


Bild 12: Ultrahydrophobie; Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>

3 Neue diagnostische Möglichkeiten

Bevor neue Produkte in den Markt eingeführt werden sollen, müssen sie sich einer Prüfung unterziehen. Gegenwärtig wird auf unterschiedlichen Wegen versucht, derartige Prüfungen vorzunehmen. Im Vordergrund standen bisher Langzeitfreibewitterungen z. B. in Holzkirchen, Ernsthofen und Ober-Ramstadt, zu denen auch das Ostseebewitterungsprüffeld in Wismar bzw. inzwischen auf der Insel Poel in unmittelbarer Ostseennähe gehören. Der große Nachteil besteht in der Zeitdauer derartiger Untersuchungen. Für den Testzyklus eines Produkts werden ca. drei volle meteorologische Perioden benötigt. Dieses ist eindeutig zu lang. Denkansätze in unserer Arbeitsgruppe richten sich gegenwärtig auf die deutliche zeitliche Verkürzung der Entwicklungs- bzw. Prüfzeit. So genannte Schnelltests sollen dazu beitragen, die Entwicklungszeit von neuen Produkten, die den höheren Anforderungen genügen, signifikant zu verkürzen.

3.1 Giebel-Prüffeld

An einem Giebel werden über einen Zeitraum von ca. 3 Jahren streifenförmig unterschiedliche Produkte nebeneinander unter völlig gleichen Bedingungen im Hinblick auf ihre Besiedlungsresistenz untersucht. Dieses geschieht sowohl durch Messungen am Objekt als auch durch regelmäßige Probenentnahmen für nachfolgende Laboruntersuchungen. (Bild 13)



Bild 13: Giebel-Prüffläche (Grevesmühlen)

3.2 Ostseeklima-Bewitterungsprüffeld Wismar

Im Gegensatz zu anderen Prüffeldern im Binnenland zeichnet sich das Ostseeklima- Bewitterungsprüffeld in Wismar durch den Einfluss des Küstenklimas aus, bei dem höhere Windstärken und intensivere Schlagregenbelastungen herrschen als an vergleichbaren Prüffeldern wie z.B. in Holzkirchen, Ernsthofen und Ober-Ramstadt. Die Prüfkörper verbleiben im Rahmen eines Langzeittests auf diesem Prüfstand und werden regelmäßig im Labor nach verschiedenen Kriterien analysiert. (Bild 14)



Bild 14: Ostseeklima-Bewitterungsprüffeld (Wismar)

3.3 Materialalterung

Um die Prüfzeit von gegenwärtig ca. 3 Jahren deutlich reduzieren zu können, ist es erforderlich, die Proben einer künstlichen Alterung zu unterziehen. Dieser Prüfstand ist in der Lage, ein volles meteorologisches Jahr innerhalb von vier Wochen zu simulieren, d. h. innerhalb von drei Monaten können Probekörper durch ein System von Beregnung und Temperaturwechseln in den Zustand gebracht werden, den sie unter freien Außenbedingungen erst nach dem Ablauf von drei Jahren nach einer Außenexposition erreichen. (Bild 15) Dazu werden entsprechende Zyklen von Frost-Tau-Wechseln, Regenwasser- und Temperaturbelastungen in zeitlich gestraffter Form eingesetzt. Die dann eintretenden Veränderungen der Oberflächenstruktur (z. B. Abtrag von Mikropartikeln und als Folge davon die Freilegung von mineralischen Füllstoffen) sind mit Hilfe von REM-Aufnahmen nachweisbar. (Bild 16)



Bild 15: Probenalterung

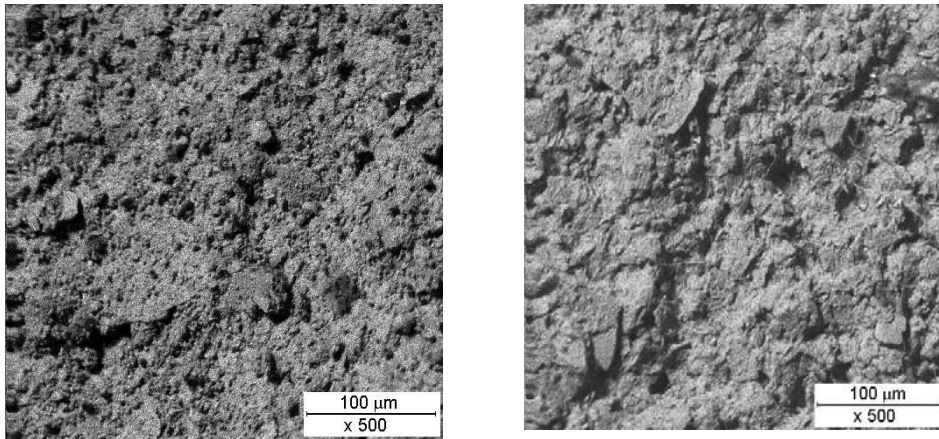


Bild 16: REM-Mikroanalysator: REMMA 101A; TU Charkiw/Ukraine;
Links: Nullprobe, rechts: 3 Jahre gealtert

3.4 PAM-Objektscanning

Mit Hilfe des PAM-Gerätes (Firma Waltz, Effeltrich) können Algenbesiedlungen bereits im Frühstadium festgestellt werden, wenn sie mit bloßem Auge noch gar nicht wahrnehmbar sind. Die eindeutige Unterscheidung von anderweitigen Verschmutzungen ist durch die Auswertung von Fluoreszenzsignalen möglich, die immer nur dann entstehen, wenn das Chlorophyll der Algen vorhanden ist. (Bild 17)

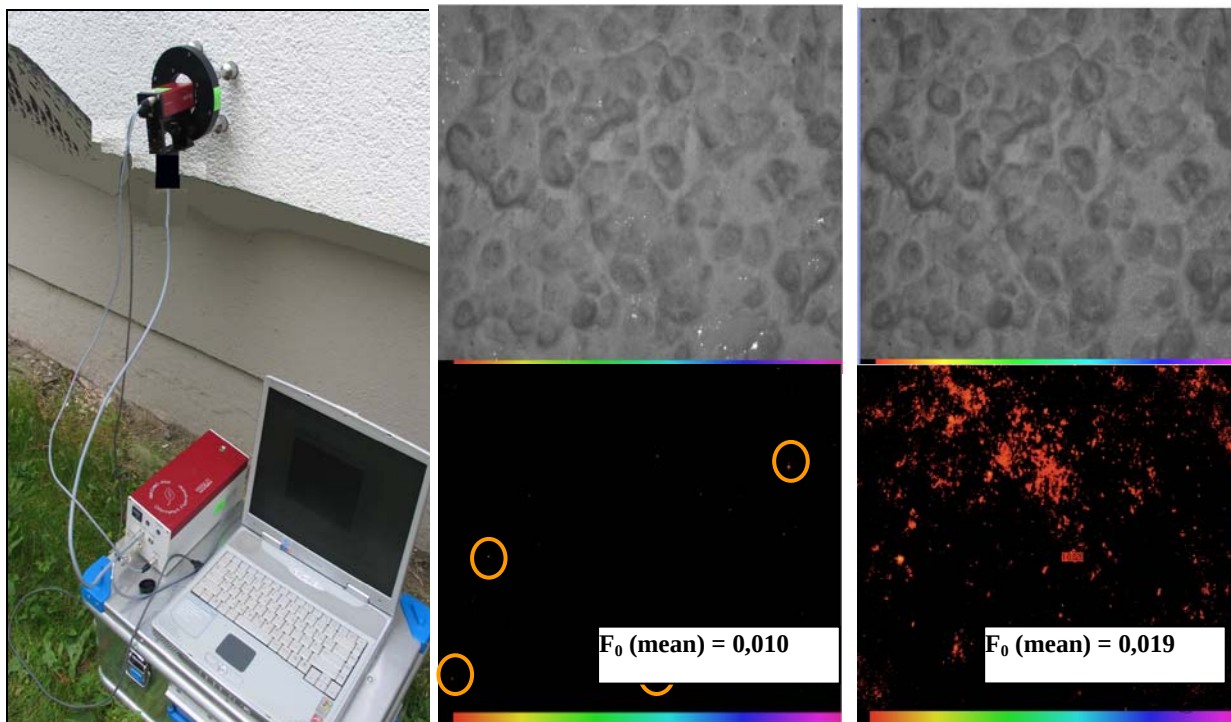


Bild 17: PAM-Objektscanning

3.5 PAM-Laborscanning

Mit einem x-y-Scanner lassen sich klimatisch exponierte Probekörper (Bild 14) nach einem vorab definierten Algorithmus analysieren. Wenn Prüfkörper z. B. vom Ostseeklima-Bewitterungsprüffeld ins Labor geholt werden, können PAM-Aufnahmen längs einer Linie oder auch anhand bestimmter Koordinaten aufgenommen werden (Bild 18). Auf diese Weise können exakt dieselben Ausschnitte auf den Prüfkörpern immer wieder abgefragt werden und somit dem Wiederholungsprinzip von Messungen Rechnung getragen werden. Trends sind auf diese Weise präzise darstellbar.

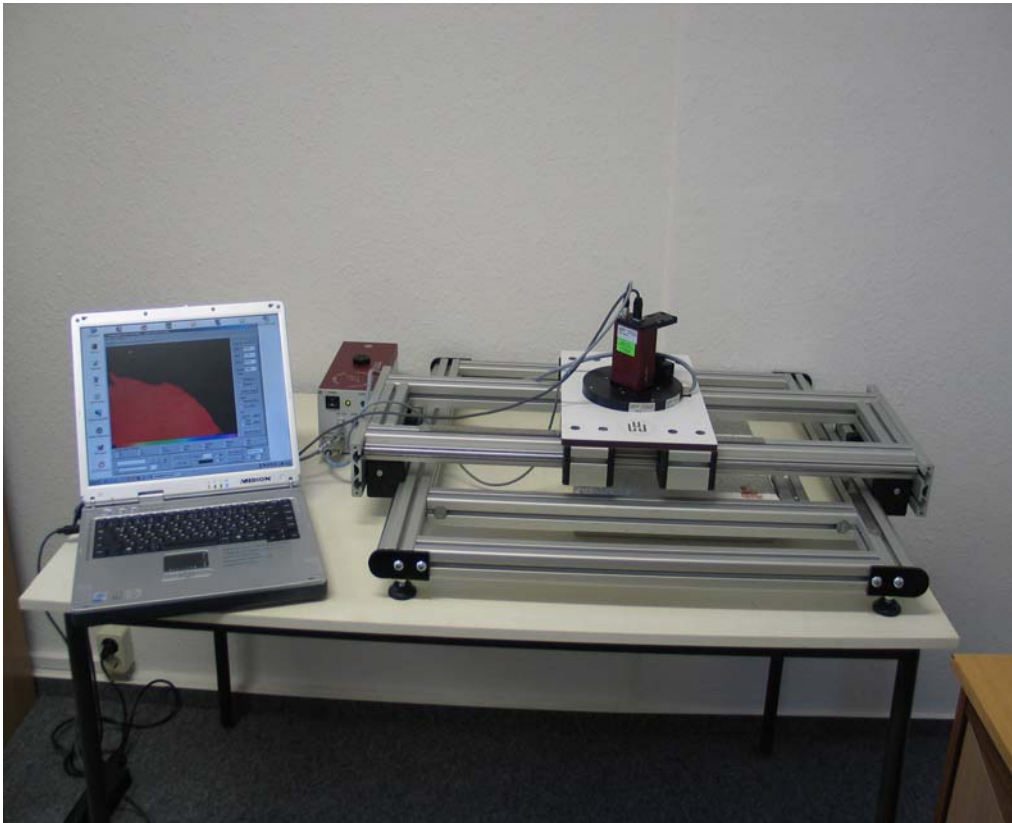


Bild 18: PAM-Laborscanning

4 Ausblick

Gegenwärtig gibt es auf dem Markt eine recht große Vielfalt an Produkten und damit eine Verunsicherung für Planer. Die Richtung der Produktentwicklungen ist keineswegs einheitlich.

Ehemals hydrophile Oberflächen mineralischer Putze wurden in den neunziger Jahren durch neue so genannte funktionale Oberflächen – wie weit man diesen Begriff nun auch fassen mag - abgelöst. Mittlerweile ist u. a. auf dem Markt der Bauprodukte ein Trend zurück zu den Anfängen zu beobachten. Oberflächen werden so gestaltet, dass es wieder einen hydrophilen Wasser-Baustoff-Kontakt gibt, bei der der Wasseraufnahme der Deckschicht ein Vorrang eingeräumt wird. Beweise, dass diese bauphysikalische Konstellation besser ist als vorherige, muss erst noch erbracht werden,

denn nur anfangs trockene Oberflächen können ein Wegsaugen von Oberflächenfeuchtigkeit gewährleisten. In der Realität liegen aber sehr häufig völlig gesättigten Oberflächen vor, die ein Wegsaugen von Oberflächenfeuchtigkeit gar nicht leisten können.

Auch alle weiteren o. g. Einflussmöglichkeiten sind nach Auffassung der Autoren gegenwärtig noch im Experimentierstadium. Dieses trifft für PCM- ebenso zu wie für TiO₂-Zusätze oder IR-aktive Farben für Außenseiten, denn es ist nicht so ohne weiteres möglich, naturwissenschaftlich belegte Effekte in die Baupraxis zu überführen, zumal dort nicht mit reinen Stoffen gearbeitet werden kann.

Mittlerweile sind die diagnostischen Möglichkeiten für die Feststellung der Praxistauglichkeit weiter vervollkommen worden. An der Fertigstellung eines Schnelltests wurde bislang erfolgreich gearbeitet. Es ist mittlerweile möglich, durch die künstliche Alterung von Proben den Prüfzyklus von wie bisher üblich von 3 Jahren auf wenige Monate deutlich zu reduzieren. Mögliche Materialveränderungen an der Oberfläche können ebenso bewertet werden wie auch Algenbesiedlungen. Die dafür erforderlichen Methoden stehen in unserer Arbeitsgruppe zur Verfügung.

Gegebenenfalls werden völlig neue Fassadenelemente benötigt, bei denen man von vornherein die bauphysikalischen Eigenschaften so einstellen kann, dass sie weniger Probleme machen als die Gegenwärtigen. Erste Ideen gibt es hier bereits.

5 Literatur

- [1] H. Venzmer (Hrsg): Mikroorganismen und Bauwerksinstandsetzung – Veralgung von Fassaden, Reihe Altbauinstandsetzung Heft 3, Huss, Berlin 2001
- [2] H. Venzmer (Hrsg): Algen auf Fassadenbaustoffen II, Reihe Altbauinstandsetzung Heft 5/6, Huss, Berlin 2003
- [3] M. Krus, C. Fitz, A. Holm und K. Sedlbauer: Vermeidung von Algen- und Schimmelpilzwachstum an Fassaden durch Beschichtungen mit verringerter langwelliger Abstrahlung, IBP-Mitteilung Nr. 478
- [4] L. Koss, N. Lesnych, C. Messal, H. Stopp, P. Strangfeld, J. von Werder und H. Venzmer: Algen auf Fassaden Teil B, Bauphysik-Kalender 2004, Ernst und Sohn, Berlin 2004

Verzeichnis der Fotografien

Wenn nicht anders genannt: Dahlberg-Institut e.V. Wismar

Danksagung

Hiermit bedanken sich die Autoren bei der Arbeitsgruppe von Prof. Kosmatschew, TU Charkiv/Ukraine für die REM-Untersuchungen von Proben.

Anhang: Autoren/Anschriften/Kontakte**Dipl.-Ing. Julia von Werder**

1993-1999 Studium Bauingenieurwesen in Potsdam, 1999/2000 Fulbrightstipendiatin am Stevens Institute of Technology, Aufbaustudium "Construction Management/Business Management", seit 2002 wiss. Mitarbeiterin an der Hochschule Wismar, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Mitglied des Dahlberg-Instituts. Arbeitsgebiete: Algenwachstum auf gedämmten Bauwerksoberflächen, innovative Diagnostikstrategien, seit 2004 Promotionsstipendiatin

Dipl.-Ing. Lev Koss

Studium Mathematik und numerischer Methoden, Fakultät für Ingenieurphysik, Fachrichtung Dynamik und Festigkeit von Maschinen, TU Charkow (Ukraine); 1998-2002 wiss. Mitarbeiter im Dahlberg-Institut für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V. Seit 2002 wiss. Mitarbeiter an der Hochschule Wismar Fakultät Ingenieurwissenschaften, Arbeitsgebiete: Feuchtigkeitstomografie, Baustoff-Hydrophilie, Hydrophobie und Ultrahydrophobie, Algenwachstum auf gedämmten Bauwerksoberflächen.

Prof. Dr.-Ing. Natalia Lesnych

1981-1987 Studium Anorganische Chemie, Fachrichtung Verfahrenstechnik der Silikate, TU Charkiv (Ukraine), 1989-1992 - Promotion in der Fachrichtung Technologie von hochtemperaturschmelzenden nichtmetallischen Materialien. 1988-1995 Tätigkeit als Wissenschaftlerin und Dozentin an der TU Charkow. Seit 1996 als Forschungspraktikantin und seit 2000 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Hochschule Wismar, Fakultät Ingenieurwissenschaften tätig. Seit 1997 Mitglied und seit 1999 Geschäftsführerin des Dahlberg-Institutes für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e. V. Wismar. Seit 2006 Gastprofessorin für Bauwerksdiagnostik an der TU Charkow/Ukraine

Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. habil. Helmuth Venzmer

Promotion und Habilitation mit bauphysikalischen Themen an den Technischen Hochschulen Magdeburg bzw. Wismar, seit 1989 Hochschullehrer für Experimentalphysik an der Sekt. Mathematik, Naturwissenschaften und Informationsverarbeitung der TH Wismar und ab 1992 an der Hochschule Wismar, Fakultät Ingenieurwissenschaften; 1993 Gründung der interdisziplinären Forschungsgruppe Naturwissenschaftliche Bauwerksdiagnostik; ab 1996 Institutsdirektor Dahlberg-Institut für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V.; Herausgeber der Schriftenreihe der Hanseatischen Sanierungstage des Bundesverbandes Feuchte und Altbausanierung, der Schriftenreihe ALTBAUINSTANDSETZUNG und mehrerer Fachbücher. Herausgeber der Europäischen Sanierungskalender 2006 bei Huss-Berlin und ab 2007 beim Beuth-Verlag Berlin-Wien-Zürich, Leitung einiger nationaler und europäischer interdisziplinärer Drittmittel-Forschungsprojekte zur Bauwerksanierung, seit 2006 Gastprofessor für Bauphysik an der TU Charkow/Ukraine

Anschrift/Homepage/E-Mail

Dahlberg-Institut für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V.;
PF1210 Tel: 03841-753 231 Fax:03841-753 226
 23952 Hansestadt Wismar ; www.dahlberg-institut.de; h.venzmer@bau.hs-wismar.de