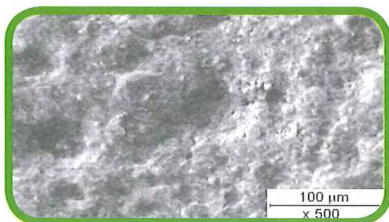




Algenbesiedelte Fassaden: Produkterfahrungen - Prüfungen - Grenzwerte



Impressum

Für den Gesamthalt
verantwortlich
Dipl.-Ing. Architekt Dieter Selk

Redaktion und Layout
Dipl.-Ing. Architekt Timo Gniechwitz
Arbeitsgemeinschaft
für zeitgemäßes Bauen e.V.

Studienergebnisse und Textbeiträge
Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. habil. H. Venzmer
Prof. Dr.-Ing. N. Lesnych
Dipl.-Ing. L. Koss
Dahlberg-Institut für Diagnostik und Instandsetzung
historischer Bausubstanz e.V. Wismar

Das Mitteilungsblatt
erscheint in loser Folge.

Zu beziehen durch die
Arbeitsgemeinschaft
für zeitgemäßes Bauen e.V.
Walkerdamm 17
24103 Kiel
Telefon 0431 - 6 63 69 - 0
Telefax 0431 - 6 63 69 - 69
mail@arge-sh.de
www.arge-sh.de

März 2010

Inhalt

Vorwort	4
1 Einführung	5
2 Zusammenfassung der Studie ALMO-Nord	6
2.1 Vorbemerkungen	6
2.2 Quantifizierung der Algenbesiedlung	6
2.3 Skala Algenbesiedlung	7
2.4 Besiedlungshäufigkeit verschiedener Fassadenmaterialien	9
2.5 Besiedlung und Dämmstoffdicke	10
2.6 Ultrahydrophobe, hydrophobe oder hydrophile Oberflächen	10
2.7 Biozide Ausstattung und Umweltbelastung	11
2.8 Schnelltest zur Verbesserung von Fassadenprodukten	12
2.9 Skala zur Besiedlungsresistenz	13
2.10 Witterungsintensität und Algenbesiedlung	14
2.11 Algenbesiedlung und Verschmutzung	14
3 Praktische Hinweise und Empfehlungen	15
3.1 Vorbemerkungen	15
3.2 Produktdatenblätter für verwendete Materialien und Rückstellproben	15
3.3 Langfristige Anwendung des Beschichtungssystems auf dem Markt	16
3.4 Notwendigkeit der besonderen Bioschutzmaßnahmen an Sanierungsobjekten mit Küste-, Feldrand-, Wald- und/oder Flusslage	18
3.5 Dämmstoffdicke und konstruktive Besonderheiten	18
3.6 Biozide Ausstattungen der Beschichtungen	18
3.7 Farbton	19
3.8 Besondere hydrophobe oder saugfähige Eigenschaften	20
3.9 Benetzungswinkelstabilität	20
3.10 Wasseraufnahme- und Rücktrocknungskoeffizienten	21
3.11 pH-Wert auf der Baustoffoberfläche	21
4 Schlussfolgerungen und Ausblick	22
Literatur	23



Dieter Selk
Geschäftsführer
Arbeitsgemeinschaft für
zeitgemäßes Bauen e.V.

Diese Veröffentlichung widmet sich dem in den letzten Jahren vermehrt auftretendem Problem der Verschmutzung sowie der Algen- und Pilzbesiedlung von Gebäudefassaden.

Mehr als 75% der neuen oder energetisch modernisierten Gebäude haben Probleme mit Verschmutzung, Algen- und Pilzbesiedlung im Bereich der Fassaden. Die Besiedlung von wärmegeprägten Fassaden durch Mikroorganismen ist nach wie vor ein großes Problem für Immobilienbesitzer sowie die Hersteller und Anwender von Beschichtungssystemen und Schutzmitteln. Aus diesem Grund hat die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. zusammen mit der norddeutschen Wohnungswirtschaft das Forschungsprojekt ALMO-NORD (Algenmonitoring an energetisch sanierten Wohngebäuden Norddeutschlands) ins Leben gerufen.

Mit den methodischen Analysen und wissenschaftlichen Auswertungen wurde das Dahlberg-Institut für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V. Wismar (FH Wismar) im September 2008 beauftragt. Auf der Grundlage der ermittelten Forschungsergebnisse konnten bestimmte Zusammenhänge erkannt werden, die ursächlich für Fassadenverschmutzungen und -besiedlungen sind.

Das vorliegende Mitteilungsblatt fasst diese Erkenntnisse systematisch zusammen und gibt praxisnahe Empfehlungen, wie zukünftig der Fassadenschutz von Gebäuden nachhaltig verbessert werden kann.

In diesem Zusammenhang danken wir für die bereitwillige und engagierte Kooperation der beteiligten, nachstehend genannten Wohnungsunternehmen und dafür, dass sie mit ihrem finanziellen Beitrag die Studie und das daraus resultierende Mitteilungsblatt ermöglicht haben.

- Adlershorst Baugenossenschaft eG, Holger Reißweck
- Flensburger Arbeiter-Bauverein eG, Thomas Dahm
- Friedrich Schütt + Sohn Baugesellschaft mbH & Co. KG, Jan Schütt
- GEWOBA Nord Baugenossenschaft eG, Dietmar Jonscher

- Grundstücks-Gesellschaft "Trave" mbH, Hartmut Sörensen
- Lübecker Bauverein eG, Detlef Aue
- NEUE LÜBECKER Norddeutsche Baugenossenschaft eG, Volker Skroblied
- Siedlungsbaugesellschaft Hermann und Paul Frank mbH & Co. KG, Holger Zychski
- Wankendorfer Baugenossenschaft für S-H eG, Ronald Otto
- WIRO Wohnen in Rostock Wohnungsgesellschaft mbH, Angela Paulus
- Wohnungsbau G.m.b.H. Neumünster, Ingolf Günther
- Wohnungsbau-Genossenschaft Greifswald eG, Hans-Georg Falck
- Wohnungsbaugesellschaft Th. Semmelhaack, Otto-Erich Buhmann
- Wohnungsgenossenschaft von 1904 eG, Holger Westphal

1 Einführung

Gemeinsam mit dem Dahlberg-Institut für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V. Wismar (FH Wismar) hat die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. unterstützt durch Partner aus der Wohnungswirtschaft das Mitteilungsblatt "Algenbesiedelte Fassaden: Produkterfahrungen - Prüfungen - Grenzwerte" verfasst. In diesem werden modernste bauwerksdiagnostische Methoden, neue wissenschaftliche Erkenntnisse und daraus resultierende Empfehlungen für die Praxis formuliert.

Grundlage für die Ausführungen im Mitteilungsblatt sind die Erfahrungen aus der Studie "Algen-Monitoring-Nord" (ALMO-Nord) in den Bundesländern Schleswig-Holstein, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg. Der Zeitrahmen dieser Studie belief sich von November 2008 bis Mai 2009. Für die Forschungsarbeit wurden die Fassaden von insgesamt 48 modernisierten bzw. sanierten Bauprojekten durch verschiedene bauwerksdiagnostische und labortechnische Verfahren untersucht. Unter anderem wurde das Langzeitverhalten der verwendeten Putz- und Farbbeschichtungen bestimmt und durch weiterführende Analysen hinsichtlich ihrer Besiedlungsresistenz bewertet.

Die Langzeitbetrachtung von Produkten ist erforderlich, da sich ihre Eigenschaften über einen bestimmten Zeitraum nachweislich verändern. So spielt beispielsweise bei der Verwendung von Bioziden die Wasserlöslichkeit eine große Rolle, da nur hierdurch die antimikrobielle Wirkung der Biozide entfaltet werden kann. Über die Jahre lässt die Wirkung allerdings deutlich nach, da die Biozide ausgewaschen werden. Im Rahmen der Studie wurde darauf hingewiesen, dass diese Auswaschungen ungefiltert der Umwelt zugeführt werden und somit ein schwerwiegendes Problem darstellen. Der mittlerweile stark zunehmende Einsatz von Bioziden ist deshalb mehr als bedenklich und löst darüber hinaus nicht grundlegend das Problem der Algenbesiedlung von Fassaden.

Die Studie ALMO-NORD wird in dieser Veröffentlichung nur zusammenfassend dargestellt. Der komplette Forschungsbericht (Bericht Nr. 05-2009: Algenmonitoring an energetisch sanierten Wohngebäuden Norddeutschlands) liegt den beteiligten Wohnungsunternehmen vor und kann außerdem bei der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. eingesehen werden.

Vor allem die in Verbindung mit der Studie formulierten Praxishinweise im Mitteilungsblatt sollen die Basis für eine weitere Sensibilisierung der am Bau beteiligten Personen bilden und hierdurch zur Fehlervermeidung und zur Steigerung der Praxistauglichkeit von Produkten und deren Anwendung beitragen.

2 Zusammenfassung der Studie ALMO-NORD

Algenmonitoring an energetisch sanierten Wohngebäuden Norddeutschlands

2.1 Vorbemerkungen

Das Ziel dieser Studie war:

- nach geeigneten Diagnostikverfahren zu suchen, die eine quantitative Einschätzung der Besiedlungsneigung frei bewitterter Fassadenoberflächen erlauben,
- das von der Hochschule Wismar entwickelte Prüfkonzept zum Unterscheiden der Fassadenprodukte als „besiedlungsanfällig“ oder „besiedlungsresistent“ (FABIO-Schnelltest) einzusetzen, um
- festzustellen, welche Fassadenoberflächen und -systeme weniger bzw. gar nicht von Algen besiedelt werden und welche dafür besonders anfällig sind.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts der Fakultät für Ingenieurwissenschaften / Bereich Bauingenieurwesen der Hochschule Wismar und des Dahlberg-Institutes für Diagnostik und Instandsetzung historischer Bausubstanz e.V., gefördert durch die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. Kiel, zusammengestellt, nachdem eine Vielzahl (48) von Objekten in den Ländern Brandenburg, Hamburg, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern auf Algenbesiedlungen und auf verschiedene andere Aspekte hin untersucht worden sind.

Im Rahmen dieser Studie wurde nach Ursachen und Lösungen des Problems der Algenbesiedlung auf Fassaden im Hinblick auf die Anwendung verschiedener Wärmedämmsysteme und insbesondere Beschichtungsprodukte (Putze und Farben) gesucht. Dafür wurden die modernsten (u. a. in der Hochschule Wismar entwickelten) bauwerksdiagnostischen Mess- und Auswertungsmethoden eingesetzt.

2.2 Quantifizierung der Algenbesiedlung

In jüngster Zeit wurde die Algenbesiedlung mit Hilfe verschiedener Methoden - u. a. auch mit halbquantitativen Verfahren - untersucht, wobei der subjektive Faktor von großem Einfluss ist. Einsetzbar ist nun ein neues Messverfahren, mit dem subjektive Untersuchungsmethoden durch objektive ersetzt werden können.

Die pulsmodierte Fluorometrie (PAM) ist ein erprobtes Messverfahren, mit dem Algenbesiedlungen von Fassadenoberflächen quantitativ bewertet werden können. Das Gerät IMAGING-PAM ist portabel, arbeitet zerstörungsfrei, ist bildgebend und kann sowohl im Labor als auch direkt am Objekt eingesetzt werden (Bild 1). Vor allem sind Messwertwiederholungen an gleichen Orten zu verschiedenen Zeitpunkten möglich. Wird eine mit Algen besiedelte Oberfläche mit Licht geeigneter Wellenlänge beleuchtet, emittiert ggf. vorhandenes Chlorophyll rotes Fluoreszenzlicht. Durch das emittierte Fluoreszenzlicht kann auf das Vorhandensein von Chlorophyll bereits im Frühstadium geschlossen werden. Mikroskopisch kleine Algenbesiedlungen auf Fassaden und Prüfkörpern, die mit bloßem Auge noch nicht erkennbar sind, können auf diese Weise über das Monitoring der Grundfluoreszenz problemlos diagnostiziert werden. [1]



Bild. 1 IMAGING-PAM im Einsatz am Objekt

2.3 Skala Algenbesiedlung

Die mittlere Fluoreszenzquantenausbeute der beleuchteten Oberfläche korreliert mit der auf der Probe vorhandenen Algenbiomasse und kann demzufolge als Maß für die Besiedlung herangezogen werden. Es empfiehlt sich, die Gesamtheit von Messwerten zu strukturieren, um eine verbale Beschreibung zu ermöglichen (Tabelle 1).

Darin wird deutlich, dass mittlere Fluoreszenzquantenausbeuten unterhalb von $2 \cdot 10^{-2}$ (Kategorie 0 und 1) zur Aussage berechtigen, dass keine visuell sichtbaren Algenbesiedlungen erkennbar sind. Sichtbare Algenbesiedlungen gehören den Kategorien 2 bis 5 an und erstrecken sich von "schwach" bis "sehr stark" (Bild 2).

Kat.	Mittlere Fluoreszenzquantenausbeute in 10^{-2} [-]	Algenbesiedlung	
		ohne	visuell
0	$\leq 1,0$	ohne	nicht sichtbar
1	1,1 - 2,0	sehr schwach	
2	2,1 - 4,0	schwach	
3	4,1 - 8,0	mittel	
4	8,1 - 16,0	stark	
5	$> 16,1$	sehr stark	

Tabelle 1 Skala Besiedlungsintensität

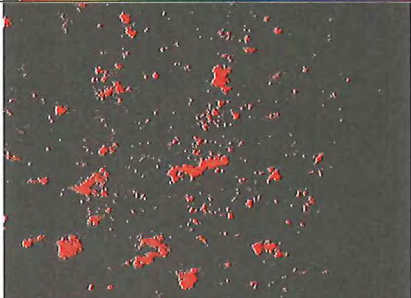
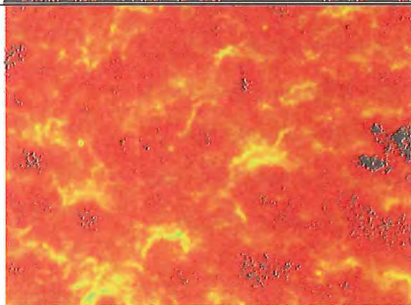
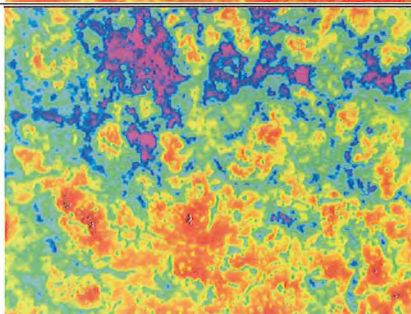
$\Phi \cdot 10^{-2}$ in -	PAM-Bild	Ansicht
0,7		
1,9		
3,1		
8,3		
35,9		

Bild 2 Beispiele für besiedelungsresistente und besiedelungsanfällige Produkte Φ - mittlere Fluoreszenzquantenausbeute in $\cdot 10^{-2}$

2.4 Besiedlungshäufigkeit verschiedener Fassadenmaterialien

Im Rahmen des Projekts wurden 48 Objekte in Hinsicht auf Algenbesiedlung der Fassaden untersucht. Davon sind jeweils ca. 66 Prozent der untersuchten Objekte als „algenbesiedelt“ (Kategorien 2 bis 5 gemäß Tabelle 1) bzw. 33 Prozent als „algenfrei“ (Kategorien 0 oder 1 gemäß Tabelle 1) zu bezeichnen.

Die Studie ergab keinen Nachweis für Unterschiede bezüglich der Algenbesiedlungsneigung zwischen den verschiedenen Baustoffgruppen (auf mineralischer, auf Silikonharz- und auf Acrylatbasis).

Auf der Basis von Untersuchungsergebnissen (Bild 3) kann nicht gesagt werden, dass sich eine bestimmte Produktgruppe gegenüber einer anderen sowohl positiv oder negativ besonders hervorhebt.

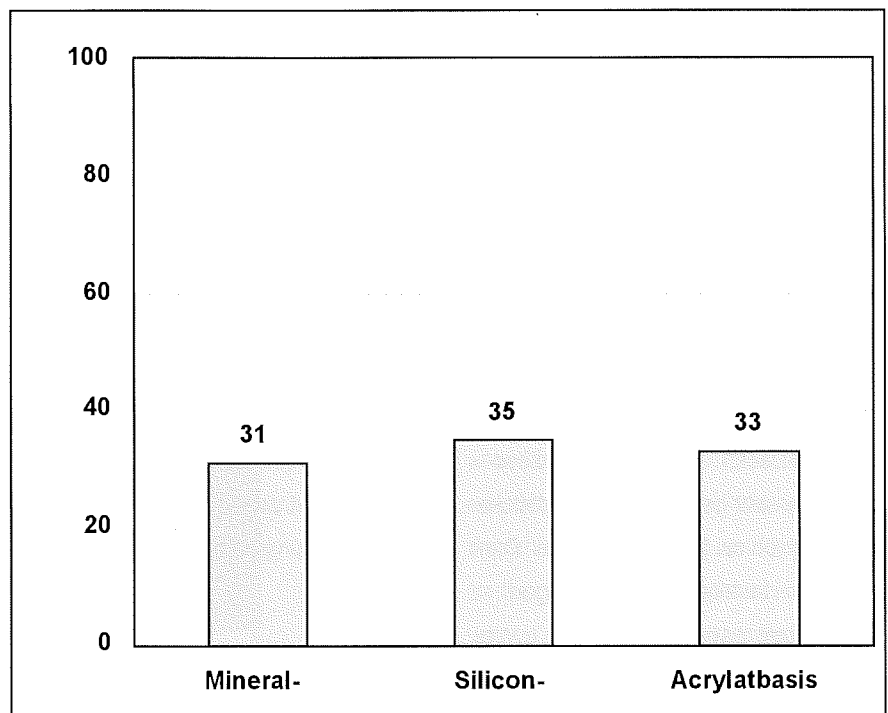


Bild 3 Korrelation Algenbesiedlung - Baustoffe

2.5 Besiedlung und Dämmstoffdicke

Die Untersuchungen der Objekte mit verschiedenen Dämmstoffdicken haben gezeigt, dass die Häufigkeit und die Intensität der Algenbesiedlung von der Dämmstoffdicke unabhängig sind. Algenbesiedlungen sind auf geringen Dämmstoffdicken (40-80 mm) ebenso häufig anzutreffen, wie auf größeren (100-120 mm). Entscheidend ist diejenige Dicke des Dämmstoffs, bei der die thermische Abkopplung der inneren Wandschale von der äußeren Wandschale de facto einsetzt. Offensichtlich ist diese bereits bei sehr geringen Dämmstoffdicken unterhalb von ca. 20-30 mm der Fall. Dann zeigen sich bereits erste Ansiedlungen, weil die Tauwasserbildung einsetzt, durch die ein nahezu dauerfeuchter Oberflächenfilm entstehen kann. Diese ist eine der Grundvoraussetzungen für das Algenwachstum.

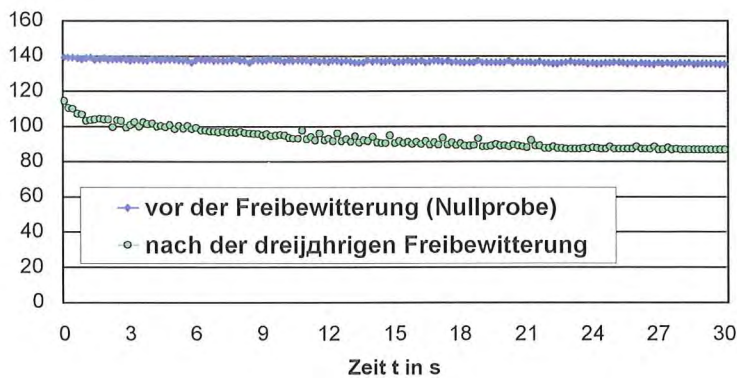
2.6 Ultrahydrophobe, hydrophobe oder hydrophile Oberflächen

Ultrahydrophobe, hydrophobe oder hydrophile Eigenschaften beschreiben die Qualität des Wasser-Kontakts zur Fassadenoberfläche. Derartige Verhältnisse werden von den Herstellern bewusst für ihre Fassadenprodukte als besonderes Merkmal herausgestrichen. Manche Produkte werden in jüngster Zeit von hydrophob auf ultrahydrophob umgestellt, andere von hydrophob auf hydrophil usw. Es herrscht daher auf dem Produktmarkt eine gewisse Unsicherheit, es wird sehr viel experimentiert und argumentiert, ohne die Algenbesiedlungsprobleme in den Griff zu bekommen.

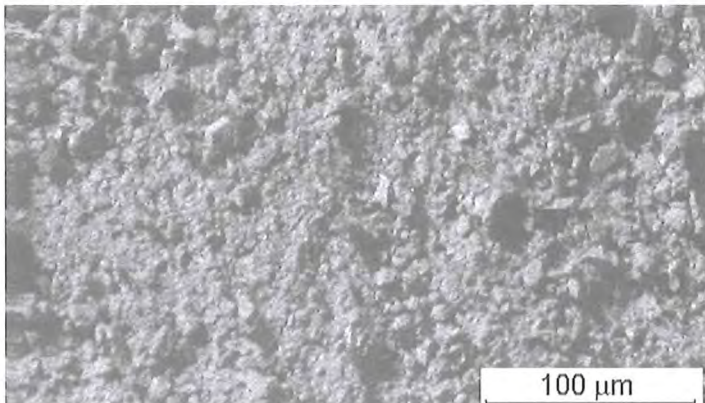
Das Verhalten an der Fassadenoberfläche bleibt keineswegs so erhalten, wie es die Produktinformationen anfangs versprechen, weil erhebliche Witterungseinflüsse vorhanden sind. Nachzuweisen ist dieses durch den Vergleich des Wasser-Baustoff-Kontakts von geschützten und ungeschützten Bauwerksteilen ein und desselben Produkts.

Durch Witterungseinflüsse können aus anfangs hydrophoben Verhältnissen durchaus im Verlauf der Zeit hydrophile werden, die mit den Anfangseigenschaften des Produkts nicht mehr übereinstimmen (Bild 4). [3]

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde festgestellt, dass die Unterschiede zwischen hydrophoben und hydrophilen Baustoffoberflächen im Hinblick auf deren Algenbesiedlungsresistenz keine entscheidende Rolle spielen, beide Gruppen sind gleich häufig algenbesiedelt. Wichtiger als das Benetzungsverhalten an sich (hydrophob oder hydrophil) ist offensichtlich die Benetzungswinkel-Stabilität von Oberflächen (siehe Punkt 2.8).



Nullzustand



3-jährige Bewitterung

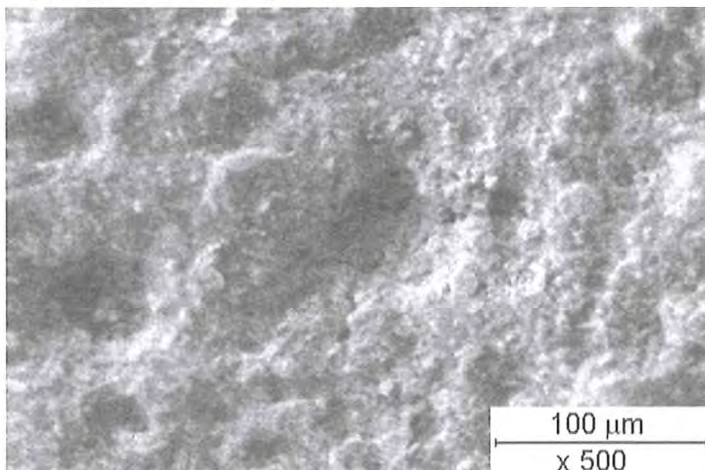


Bild 4 Dynamische Benetzungswinkelmessung und REM-Aufnahmen einer frisch behandelten (links) und einer stark abgewitterten (rechts) Fassade

2.7 Biozide Ausstattung und Umweltbelastung

Ohne eine biozide Ausrüstung können bereits nach 2 - 3 Jahren Algenbesiedlungen auf der Oberfläche einsetzen. Dieses Phänomen wird gegenwärtig durch biozide Zusätze zeitlich befristet unterdrückt. In ausgewählten Proben der im Rahmen des Projekts untersuchten Fassaden wurden daher durch chemische Analysen die Biozide z. B. Cabendazim, Dioron und Octylisotiazolon gefunden.

Der Zeitpunkt der Algenbesiedlung wird aber dadurch lediglich nach hinten verschoben. Keineswegs wird damit eine dauerhafte Verhinderung von Algenbesiedlungen erreicht. Verschiedene Autoren weisen auf die Probleme hin, die durch die Auswaschung der Biozide in der Umwelt entstehen, es werden insbesondere Oberflächengewässer belastet.

Produkte sollten so weiterentwickelt werden, dass der Biozidgehalt minimiert wird oder auf biozide Einstellungen vollständig verzichtet werden kann. Ein Ansatzpunkt ist es, solche Produkte zu entwickeln, die eine große Benetzungswinkel-Stabilität (siehe Punkt 2.8) bei minimalen Biozidgehalten aufweisen.

2.8 Schnelltest zur Verbesserung von Fassadenprodukten

Da der Benetzungswinkel selbst keine Aussagen zur Algenbesiedlungsanfälligkeit / -resistenz erlaubt, wurde die neue Kenngröße „Benetzungswinkelstabilität“ eingeführt, mit deren Hilfe Informationen zur Besiedlung gewonnen werden können. Diese neue Kenngröße vergleicht das Benetzungswinkelverhalten stark und schwach bewitterter Fassadenmaterialien eines Bauwerkes miteinander und ist damit ein Kriterium für die Stabilität. Für die Berechnung der Benetzungswinkelstabilität werden der mittlere Benetzungswinkel und die mittlere Geschwindigkeit der Benetzungswinkelabnahme bestimmt (Tabelle 2).

Gemäß der Gleichungen (1) bis (3) sind über einen Zeitraum von 30 Sekunden dynamische Benetzungswinkelmessungen sowohl an einer langfristig frei bewitterten Probe als auch an einer Nullprobe zu machen und über die Benetzungswinkel-Stabilität zu vergleichen. Dabei ist zu beachten, dass frei bewitterte Proben natürlich sowohl oberflächlich durch Staub verunreinigt als auch mikrobiell besiedelt sind. Diese bewitterten Proben sind dann ganz behutsam von Verunreinigungen sowie von mikrobiologischen Besiedlungen zu reinigen, um Fremdeinflüsse auf die Benetzungswinkelstabilität auszuschließen.

Um repräsentative Mittelwerte für jede Probe zu erhalten, müssen Benetzungswinkelmessungen an mehreren Stellen der Probenoberfläche durchgeführt werden. Der Untersuchungsablauf erfolgt gemäß Tabelle 3, wobei alle Untersuchungen und Berechnungen parallel an beiden gewonnenen Proben (Nullprobe und bewitterte Probe) erfolgen müssen, denn beide werden gemäß der Gleichungen (1) bis (3) miteinander verglichen.

Es bieten sich zeitlich geraffte Bewitterungen am Ostsee-Bewitterungsprüffeld oder im Klimaschrank an. Im Dahlberg-Institut Wismar werden 3-monatige Schnelltests (FABIO-Schnelltest) zur Alterung von Baustoffoberflächen durchgeführt, die einer Freibewitterung von 3 Jahren entsprechen. D. h. ein Monat im Schnelltest steht für ein Jahr Freibewitterung. Diese Möglichkeiten können genutzt werden, um neue Produkte im Hinblick auf ihre Eignung (Algenbesiedlungsresistenz) zu prüfen. [5]

Kenngrößen	Formel
Mittlerer Benetzungswinkel	$\bar{\theta} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{n=1}^k \theta_n \quad (1)$
Mittlere Geschwindigkeit der Benetzungswinkelabnahme	$\bar{v}_{\theta} = \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{n=2}^k \frac{\theta_{n-1} - \theta_n}{\Delta t} \quad (2)$
Benetzungswinkel-Stabilität	$K_{Stab.} = \bar{v}_{\theta_{bewitt}} - \bar{v}_{\theta_0} \quad (3)$
$\bar{\theta}$ Mittlerer Benetzungswinkel in ° (gemittelt über die ersten 30 Sekunden) θ_n laufender Benetzungswinkel in ° n Nummer der laufenden Messung k Anzahl der Messwerte $K_{Stab.}$ Benetzungswinkel-Stabilität in °/s $\bar{v}_{\theta}$ Mittlere Geschwindigkeit der Benetzungswinkelabnahme in °/s Δt Zeitdifferenz zwischen den Messungen des Benetzungswinkels in s $\bar{v}_{\theta_{bewitt}}$ Mittlere Geschwindigkeit der Benetzungswinkelabnahme in °/s (an bewitterten und dann gereinigten Proben) $\bar{v}_{\theta_0}$ Mittlere Geschwindigkeit der Benetzungswinkelabnahme an nicht bewitterten Oberflächen in °/s (unbewitterte Probe als Nullprobe)	

Tabelle 2: Kenngrößen zur Definition der Benetzungswinkel-Stabilität [4]

2.9 Skala zur Besiedlungsresistenz

Nach einer ganzen Reihe von experimentellen Prüfungen kann die Fluoreszenzquantenausbeute als messbare Kenngröße herangezogen werden, um zwischen „besiedlungsresistent“ (kleiner als $1 \cdot 10^{-2}$) oder „besiedlungsanfällig“ (größer als $1 \cdot 10^{-2}$) [obwohl eine Bewitterungsdauer von 5 Jahren vorliegt] unterscheiden zu können. Wenn die Fluoreszenzquanten-

ausbeute die Grenze von $2,1 \cdot 10^{-2}$ bei einer beliebig langen Bewitterung übersteigt, ist von „sehr besiedlungsanfällig“ zu sprechen (Tabelle 4). [2]

Diese Tabelle kann fortan herangezogen werden, um Produkte auf ihre Besiedlungsanfälligkeit bzw. ihre Besiedlungsresistenz zu klassifizieren.

Untersuchungsverlauf		
1	Gewinnung Nullprobe	Gewinnung bewitterte Probe
2	-	Probenreinigung
3	Messung: Mittlerer Benetzungswinkel	
4	Berechnung: Mittlere Geschwindigkeit der Benetzungswinkelabnahme	
5	Berechnung: Benetzungswinkel-Stabilität	
6	Klassifizierung: „besiedlungsresistent“ - „besiedlungsanfällig“ - „sehr besiedlungsanfällig“	

Tabelle 3: Abläufe von Probengewinnung, Messungen und Klassifizierung [2]

Kat.	Mittlere Fluoreszenzquantenausbeute in 10^{-2} -	Bewitterungs-Dauer	Fassade ist für Algen
0	$\leq 1,0$	> 5 Jahre	besiedlungsresistent
1	1,1 - 2,0	> 5 Jahre	besiedlungsanfällig
2	2,1 - 4,0	beliebig	sehr besiedlungsanfällig
3	4,1 - 8,0		
4	8,1 - 16,0		
5	> 16,1		

Tabelle 4: Bewitterungstest [2]

2.10 Witterungsinstabilität und Algenbesiedlung

Untersuchungen haben erneut bestätigt, dass witterungsbedingte Veränderungen dazu führen, dass sich die Rauheit der Putzfassaden verändert. Durch REM-Untersuchungen konnten Änderungen in Richtung einer Erhöhung der Rauheit oder einer Glättung der rauen Oberfläche beobachtet werden. Signifikante Veränderungen der Oberfläche sind dafür verantwortlich, dass Algenbesiedlungen und weiteres Wachstum intensiviert werden.

2.11 Algenbesiedlung und Verschmutzung

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass es keinen Zusammenhang zwischen den beiden Phänomenen der Algenbesiedlung und der Verschmutzung gibt. Verschmutzte Fassaden ohne Algenbesiedlung wurden ebenso festgestellt wie auch unverschmutzte algenbesiedelte.

3 Praktische Hinweise und Empfehlungen

3.1 Vorbemerkungen

Auf den wärmedämmten Fassaden zeichnen sich nach ca. zwei-drei Jahren nach der thermischen Sanierung sehr intensiv ausgeprägte Biofilme ab. Insbesondere sind Algen (sowie Pilze und Flechten) zu erkennen, die einen schlechten Gesamteindruck des gesamten Bauwerkes herbeiführen. Hauptursache der Algenbildung sind intensiv und lang anhaltend auftretende Oberflächen-Feuchtigkeitsfilme, die bei geringer Wärmedämmung infolge höherer Oberflächentemperaturen schneller verdunsten konnten. In dem Forschungsbericht [6] wird z. B. behauptet, dass "häufig beregnete Fassadenoberflächen heute oft nicht mehr durch Schmutzfreiheit, sondern durch Algenbewuchs erkennbar sind, da Feuchtigkeit eine Voraussetzung für Algenwachstum ist." Nach dem heutigen Stand der Technik ist es unmöglich, das Problem der Algenbesiedlung auf Fassaden durch die Anwendung eines bestimmten Fassadensystems bzw. einer Fassadenproduktgruppe zu lösen. Die experimentellen Ergebnisse (u. a. vom Fraunhofer Institut für Bauphysik) haben eine erhöhte Außenputzfeuchte an mit WDVS ausgerüsteten Fassaden im Vergleich zu monolithischen Wänden gezeigt, was die Grundvoraussetzung für Algenbewuchs darstellt. [7]

Derzeit entwickelt die Industrie eine ganze Reihe innovativer Beschichtungen / Farben mit chemischen und physikalischen Ansätzen zur Reduktion einer möglichen Besiedlung durch Algen an Fassadenflächen. Dazu gehören z. B. spezielle Oberflächenstrukturen oder Maßnahmen, die

- die Wasserbelastung verringern und damit die Entstehung eines Feuchtigkeitsfilms an der Fassadenoberfläche verhindern und
- innovative Zusätze, die chemische (Biozide) oder physikalische Wirkungen (z. B. PCM-Zuschläge in Farb- und Putzsystemen oder Beschichtungen mit photokatalytischen Einstellungen) auslösen.

Die vorliegenden praktischen Hinweise und Empfehlungen wurden auf der Basis der Studie ALMO-Nord erarbeitet, wobei einige Punkte die Ergebnisse langjähriger Erfahrungen von Beteiligten der Arbeitsgruppe (der Hochschule Wismar, des Dahlberg-Institutes e.V. Wismar und der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. Kiel) beinhalten.

3.2 Produktdatenblätter für verwendete Materialien und Rückstellproben

Alle Arten von WDVS sind aus verschiedenen Materialien zusammengesetzt. Manche Hersteller kennzeichnen jeden Bestandteil des Produktes genau, andere geben nur Informationen zu den Hauptbestandteilen an. Angaben zu den verwendeten Materialien stehen üblicherweise auf der Verpackung, einige Firmen legen ausführliche Produktdatenblätter bei. Falls Unklarheiten bestehen (z. B. keine Angaben zu Basisstoffen, Zuschlägen oder Bioziden), sollte man beim Hersteller bzw. Vertreiber anfragen. Seriöse Firmen geben gern Auskunft.

Im Zweifelsfall soll es möglich sein, die wichtigsten Bestandteile und physikalische Kenngrößen mittels spezieller Laboruntersuchungen festzustellen. Dafür werden Rückstellproben mit minimalen Größen von 5 x 5 cm, bestehend aus Putz und Farbbeschichtung, benötigt. Die Proben sind während des laufenden Betriebs der Sanierung unter Beobachtung des Auftraggebers zu gewinnen. Rückstellproben sind unter Luftabschluss trocken zu lagern.

3.3 Langfristige Anwendung des Beschichtungssystems auf dem Markt

wenn ja: Algen- bzw. Pilzbefall nach der Nutzungszeit

Eine langfristige praktische Anwendung der Farb- oder Putzsysteme auf Fassaden ist ein Kriterium für die Einschätzung deren Algen- bzw. Schmutzresistenz. Die Algenbesiedlungsresistenz von verschiedenen Fassadenprodukten kann mit Hilfe der Referenzobjekte nachgewiesen werden (Bild 6). Die Objekte, bei denen die in Frage kommenden Beschichtungen bereits verwendet wurden, müssen besichtigt und visuell oder durch eine Beprobung mit anschließenden Untersuchungen begutachtet werden. Dabei soll die Nutzungsdauer der Beschichtungssysteme mindestens drei Jahre sein. Ein Gebäude,

das seit mindestens drei Jahren algenfrei steht, hat eine bessere Chance weiter algenfrei zu bleiben.

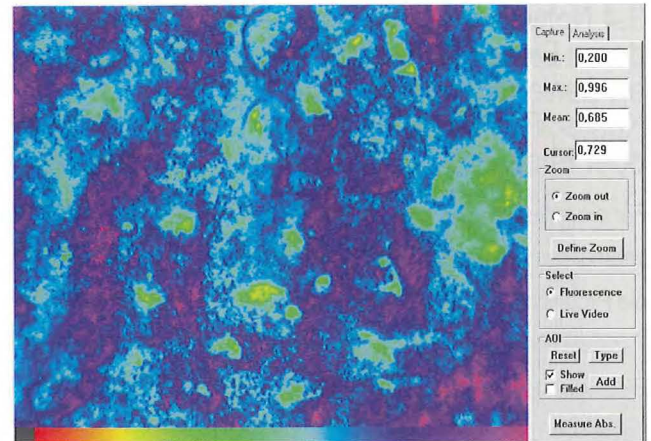
Nach einer kurzen Beobachtungszeit (kürzer als 2 Jahre) kann die PAM-Diagnostik für die Früherkennung einer möglichen Algenbesiedlung verwendet werden (s. Punkt 2.2).

wenn nein: Innovative Produkte

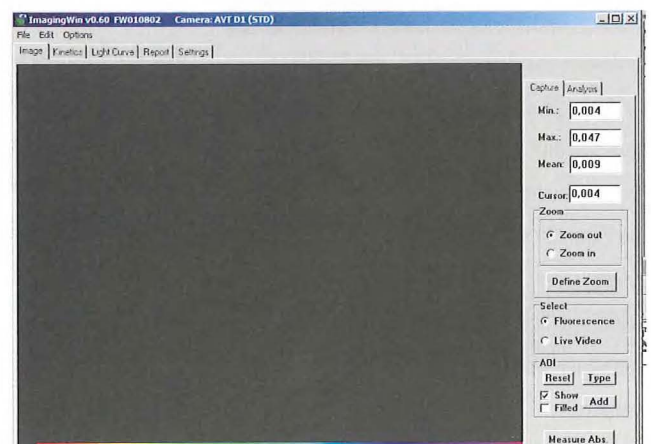
Innovative Farben und Putzsysteme, die nicht langfristig bewittert wurden, sollten vorsichtig verwendet werden. Nicht alle modernen Lösungen, die im Grunde auf hochwissenschaftlichen Konzepten beruhen, sind in der Lage, nach einer bestimmten Bewitterungszeit die ursprünglichen Eigenschaften und Wirkungsmechanismen zu behalten (Bild 5). Für eine sichere Nutzung müssen die Produkte entweder durch einen Dauertest an Testflächen oder durch einen Schnelltest im Labor geprüft werden.



Bild 5: Ein innovativer Fassaden-Farbanstrich nach zweijähriger Bewitterung



Beispiel einer stark algenbesiedelten Fassade: links - Fotoaufnahme im Dezember 2008 (Sanierung im 2003), rechts - PAM-Aufnahme



Beispiel einer algenfreien Fassade: links - Aufnahme im Dezember 2008 (Sanierung im 2006), rechts - PAM-Aufnahme



Beispiel einer algenfreien Fassade in Hamburg, Sanierung im 1989



Beispiel einer stark algenbesiedelten Fassade in Kiel, Sanierung im 2000

Bild 6 Fassaden mit verschiedenen Nutzungsdauern und Graden der Algenbesiedlung

3.4 Notwendigkeit der besonderen Bioschutzmaßnahmen an Sanierungsobjekten mit Küste-, Feldrand-, Wald- und / oder Flusslage

Für die extremen Klima- oder Umgebungsbedingungen (ein Beispiel im Bild 7) sollte die Produktauswahl für die Sanierung einer Fassade besonders streng sein. Die mit Bioziden ausgerüsteten Flächen können das Algenwachstum nur eine begrenzte Zeit zurückhalten.

Die Lösung können solche WDVS bringen, in denen das Auswaschen von Algiziden (durch z. B. deren Verkapselung) gezielt verlangsamt wurde oder dicke Putzsysteme, die ausreichend saugfähig sind, um die Feuchte von der Fassadenoberfläche fernzuhalten. In beiden Fällen sind die Wirkungsmechanismen durch Vorlage von aussagekräftigen Prüfergebnissen nachzuweisen.



Bild 7 Dicht wachsende Pflanzen verhindern den Feuchtigkeitstransport und erhöhen den „Biodruck“ an der Fassade

3.5 Dämmstoffdicke und konstruktive Besonderheiten

Die Dämmstoffdicke hat keinen Einfluss auf die Algenbesiedlungsresistenz einer Fassade. Die konstruktiven Besonderheiten können im Gegenteil Algenbesiedlungen beschleunigen und hervorheben. Es geht nicht nur um Baufehler, die örtlich das Wasserangebot erhöhen und lokale Algenbesiedlungen verursachen. Es sollte auch die Homogenität des Fassadensystems sowie der darunter liegenden Konstruktion überprüft werden. Bestandteile, welche die thermische Leitfähigkeit oder Tauwasserbildung beeinflussen, können sich auch nach einer bestimmten Nutzungszeit wegen einer auffälligen Algen- bzw. Verschmutzungsbildung abzeichnen.

3.6 Biozide Ausstattung der Beschichtungen

Um Algen auf Bauwerksfassaden abzutöten bzw. deren Wachstum zu hemmen, wird die Möglichkeit genutzt, algizide Wirkstoffe in die Fassadenprodukte einzusetzen. Dafür werden spezielle Substanzen z. B. Schwermetallsalze, verschiedene Biozide oder Antibiotika verwendet.

Es gibt folgende Probleme bei der Verwendung von algizidhaltigen Wirkstoffen:

- schnelle Auswaschung und damit Verlust der antimikrobiellen Eigenschaften (Bild 8)
- Umweltschädlichkeit und
- erhöhte Materialkosten.



Bild 8 Beispiele einiger Farbbeschichtungen mit verschiedenen Biozidgehalten (Info des Herstellers), algenbesiedelt nach 3-jähriger Bewitterung

3.7 Farbton

Die auf dem Markt angebotenen Fassadenprodukte werden heutzutage biozid eingestellt. Die Biozide (häufig als Kombinationsprodukte gegen Algen und Pilze eingesetzt) vermeiden das Algen- und Pilzwachstum im Fassadenbereich bis sie ausgewaschen sind und keine Wirkung mehr aufzeigen. Um die Wirkungskdauer der Biozide bzw. die Dauer der Algenfreiheit auf Fassaden einschätzen zu können, sind exakte Angaben zur Biozidart, -konzentration und zum Auswaschverhalten der Biozide unter Witterungseinflüssen erforderlich.

Ein Farbton übt keinen wesentlichen Einfluss auf die Algen- bzw. Schmutzbildung aus (Bild 9). Eine dunkle Farbe der Südseite, die mehr Sonnenenergie annimmt und damit das Wasserangebot begrenzt, kann den biologischen Druck begrenzt schwächen. Ansonsten sind die hellen und dunklen Fassadenoberflächen nach den Untersuchungen nahezu gleich häufig algenbesiedelt.

Man kann einen gewissen optischen Effekt zum Kaschieren des Biofilms durch die Anwendung von dunkleren Farbtönen erreichen, weil auf grünem bzw. dunklem Farbhintergrund Algen- bzw. Schmutzbildungen optisch nicht sofort zu erkennen sind.



Bild 9 Algenbesiedlungen auf Fassaden mit unterschiedlichen Farbtönen

3.8 Besondere hydrophobe oder saugfähige Eigenschaften

Die Unterschiede zwischen ultrahydrophoben, hydrophoben und hydrophilen Oberflächen beeinflussen zwar das Verhalten des Wassers auf der Baustoffoberfläche, spielen aber keine entscheidende Rolle im Hinblick auf die Algenbesiedlungsresistenz. Alle Produktgruppen sind gleich häufig algenbesiedelt (Bild 10).

Wichtiger als das Benetzungsverhalten an sich sind einerseits das Verhältnis zwischen der Wasseraufnahme- und -abgabegeschwindigkeit und andererseits die Witterungsstabilität der Baustoffoberflächen, ausgedrückt durch die neue Kenngröße der Benetzungswinkel-Stabilität.

Zum Nachweis der Veränderungen von hydrophoben / hydrophilen Einstellungen der Fassadenfläche bzw. für die Bestimmung der Benetzungswinkel-Stabilitätskenngröße sind Rückstellproben, bestehend aus Putz und Farbbeschichtung, erforderlich (s. Punkt 3.2).

3.9 Benetzungswinkelstabilität

Weil der Benetzungswinkel selbst keine Aussagen zur Algenbesiedlungsanfälligkeit / -resistenz erlaubt, wurde die neue Kenngröße „Benetzungswinkelstabilität“ eingeführt, mit deren Hilfe Informationen zur Besiedlung gewonnen werden können. Diese neue Kenngröße vergleicht das Benetzungswinkelverhalten stark und schwach bewitterter Fassadenmaterialien eines Bauwerkes miteinander und ist damit ein Kriterium für die Stabilität.

Diese Möglichkeiten können genutzt werden, um neue Produkte im Hinblick auf ihre Eignung zu prüfen. Der Unterschied zwischen stark und schwach bewitterten Fassaden kann durch einen Schnelltest bzw. eine künstliche Alterung unter Laborbedingungen vor der Produktanwendung simuliert werden.

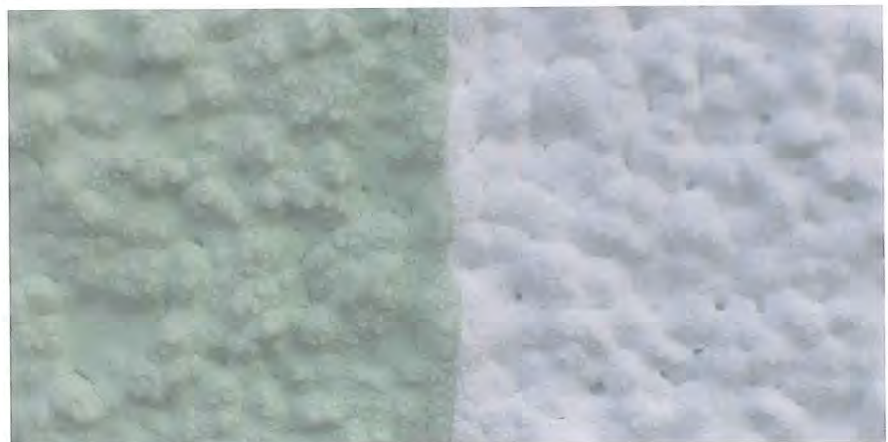


Bild 10: Wasserfilmbildung auf hydrophob (Fotos oben) und hydrophil (Foto unten) eingestellten Fassaden

3.10 Wasseraufnahme- und Rücktrocknungskoeffizienten

Die Saugfähigkeit der WDVS-Systeme kann die Wassermenge auf der Fassadenoberfläche sehr stark beeinflussen, u. a. sehr stark reduzieren und damit das Algenwachstum zurückhalten. Entscheidend ist dabei das Verhältnis Wasseraufnahme / Wasserabgabe. Die Bestimmung der Wasseraufnahme erfolgt nach EN ISO 15148. [8] Die Definition eines geeigneten Trocknungskennwerts ist noch Gegenstand der aktuellen Diskussion.

3.11 pH-Wert auf der Baustoffoberfläche

In der Fachliteratur wird immer wieder erwähnt, dass neutrale bis alkalische Verhältnisse sich als besiedlungsförderlich erweisen. [9] Die Fassadenfarbe oder Putzmischung sollte also vor der Verwendung auf saure oder alkalische Eigenschaften (z. B. mit Hilfe von Lackmuspapier) überprüft werden können.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die im Rahmen der Studie ALMO-NORD durchgeführten Untersuchungen haben dazu beigetragen, die geeigneten Diagnostikinstrumente zu finden, die eine quantitative Einschätzung zur Besiedlungsneigung frei bewitterter Fassadenoberflächen ermöglichen.

Die Ergebnisse der Studie haben erneut gezeigt, dass die bewitterungsbedingten Veränderungen der Oberflächen als eine wichtige Ursache der Algenbesiedlungen anzusehen sind.

Im Rahmen des Projekts war es aus mehreren Gründen (u. a. Auswahl der Versuchsobjekte und dadurch Reduzierung der Anzahl von repräsentativen Fassaden) nicht möglich, eindeutig festzustellen, welche konkreten Fassadenbeschichtungen und -systeme ausgewählt und angewendet werden müssen, um die Algenbesiedlung zu vermeiden.

Als Perspektive für die Entwicklung von algenresistenten Fassadenprodukten kann die Herstellung solcher Beschichtungsmaterialien und -baustoffe genannt werden, die Witterungsstabilität aufweisen und optimale (minimal für die Umweltbelastung und ausreichend für Algenbekämpfung) biozide Einstellungen haben.

Im Hinblick auf die Problematik der Algenbesiedlung auf Fassaden bzw. auf Ermittlung anderer Einflussfaktoren besteht noch weiterer Untersuchungsbedarf.

Literatur

- [1] Venzmer, H., von Werder, J. und Wagner, C.: *Monitoring von Algenbesiedlungen mit Hilfe der PAM - Fluorometrie*, 6. Dahlberg-Kolloquium, Januar 2006, Wismar, Verlag Bauwesen Berlin und Fraunhofer IRB-Verlag Stuttgart 2006
- [2] Venzmer, H., Lesnych, N. und Koss, L.: *Witterungsstabile Fassaden sind resistenter gegen Algenbesiedlungen*, Europäischer Sanierungskalender 2010 (Hrsg. H. Venzmer), Beuth-Verlag, Berlin-Wien-Zürich 2010
- [3] Venzmer, H., Lesnych, N. und Koss, L.: *Rasterelektronenmikroskopie bei der Prüfung von Fassadenbaustoffen*, 8. Dahlberg-Kolloquium, Wismar, Beuth-Verlag, Berlin-Wien-Zürich, 2008
- [4] Venzmer, H., Koss, L. und Lesnych, N.: *Benetzungswinkel-Stabilität und Algenbesiedlung ausgewählter Fassadenoberflächen*, 8. Dahlberg-Kolloquium, Wismar, Beuth-Verlag, Berlin-Wien-Zürich, 2008
- [5] Venzmer, H., Koss, L. und Lesnych, N.: *Früherkennung und Bewertung von Fassaden-Biofilmen unter Einbeziehung der DNA-Analytik (FABIO-DNA). Entwicklung, Optimierung und Bereitstellung eines neuartigen Prüfkonzeptes - Bauphysikalischer Schnelltest*, Hochschule Wismar, Forschungsbericht, 2009
- [6] Künzel, H., Künzel, H. M., Sedlbauer, K.: *Langzeitverhalten von Wärmedämmverbundsystemen*, Bericht HTB 01/2005 des IBP Stuttgart, 2005
- [7] Künzel, H. M., Sedlbauer, K.: *Algen auf Wärmedämmverbundsystemen*, IBP - Mitteilung 28, Nr. 382, 2001
- [8] DIN EN ISO 15148 - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen. - CEN 2002
- [9] Klinkenberg, G. und Venzmer, H.: *Algen auf Fassaden nachträglich wärmegeämmter Plattenbauten . Schadensmaß, Ursachen und Lösungen für ein Anti-Algenkonzept*, FAS-Schriftenreihe, Heft 11, HUSS Verlag Berlin, 2000

Bände aus der Schriftenreihe „Bauen in Schleswig-Holstein“



Festschrift 50 Jahre Arbeitsgemeinschaft
für zeitgemäßes Bauen e.V. Kiel
Ein Rückblick 1946 - 1996

Heft 45 Ein Garten im Hof - Der Gustav-
Schatz-Hof in Kiel-Gaarden

Heft 46 40 Jahre ARGE auf der NordBau

Projektdokumentationen

Besser planen - kostengünstiger
Bauen - Wohnungsbauprojekt
Norderstedt-Harckesheyde (Teil 2)

Wohnprojekt Brachvogelweg
Kooperation, Qualitätssicherung
und Kostenmanagement für
Passivhäuser und Niedrigenergie-
häuser

Sonderveröffentlichung

Leitfaden für Gruppenwohn-
projekte - In Zusammenarbeit
mit dem Innenministerium des
Landes Schleswig-Holstein

Forschungsbericht: Siedlungen
der 50er Jahre - Modernisierung
oder Abriss?

Mitteilungshefte

Heft 210 Schallschutz von Haustrenn-
wänden

Heft 217 Zukunftsweisende Wohnprojekte
in Schleswig-Holstein

Heft 218 Nachrüstung von Gebäuden
mit Aufzügen

Heft 219 Neues im VOB-Bereich 2000

Heft 220 Besser Planen - Besser Wohnen

Heft 222 Niedrigenergiehaus

Heft 223 Qualitäten im Siedlungs- und
Wohnungsbau für Schleswig-
Holstein

Heft 224 Neues im VOB-Bereich 2002

Heft 225 Freisitze

Heft 226 Schornsteinwirtschaftlichkeits-
untersuchung II

Heft 227 Kostengünstige Außenwände
in Norddeutschland

Heft 228 Sicherung Nachhaltiger
Qualitätsstandards der
Bautechnik in der Praxis

Heft 229 Rationelle Installation einer
definierten Wohnungslüftung

Heft 230 Nachhaltige, beispielhafte
Baukonstruktionen in Schleswig-
Holstein

Heft 231 Holzfenster im Wohnungsbau

Heft 232 Neues im VOB-Bereich 2006

Heft 233 Bauen und Wohnen für ältere
Menschen

Heft 234 Mauerwerksbau

Heft 235 Innovative Dämmtechniken

Heft 236 Eckernförde Wilhelmsthal

Heft 237 Mehr Qualität - weniger CO₂
Wettbewerb 2008, Dokumentation

Heft 238 Unsere alten Häuser sind besser
als ihr Ruf

Heft 239 Unsere neuen Häuser verbrau-
chen mehr als sie sollten

**Arbeitsgemeinschaft
für zeitgemäßes Bauen e.V.**

Walkerdamm 17
24103 Kiel

Telefon 0431 - 6 63 69-0

Telefax 0431 - 6 63 69-69

e-mail mail@arge-sh.de

Internet www.arge-sh.de