

Wärmedämmverbundsysteme mit Klinkerriemchen

Biozidfreie Fassaden ohne Risiko von Algen- und Pilzbefall

Mit dem kontinuierlichen Anstieg der Außenwanddämmung mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) hat sich auch das Problem des Algen- und Pilzbefalls an Fassaden in den vergangenen Jahren weiter verschärft. Die bisherigen Ausführungsbeispiele zeigen aber auch, dass sich keine Algen und Pilze an der Fassade ansiedeln können, wenn keramische Klinkerriemchen statt Putz als Abschlusschicht von WDVS verwendet werden. Im Rahmen eines im Frühjahr 2013 abgeschlossenen Forschungsvorhabens beim Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen (IBP) wurde daher der Frage nachgegangen, warum Wärmedämmverbundsysteme mit einer Deckschicht aus Klinkerriemchen im Gegensatz zu den Standardputzsystemen algenresistent sind.

External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Clinker Tiles, façades free of biocide without risks of algal and fungal attacks. *The constant increase of using ETICS is accompanied by a worsening of the problem with algal and fungal attacks. However previous execution examples show that alga and fungus cannot grow if ceramic clinker tiles instead of plasters are used as final layer. In spring 2013 a research project at the Fraunhofer Institut for building physics in Holzkirchen finished investigating the reasons.*

1 Einleitung

Wärmedämmverbundsysteme nehmen bei Außenwänden von Neu- und Altbauten zur Reduzierung von Transmis-

sionswärmeverlusten einen beträchtlichen Marktanteil ein. Dies belegen die vom Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme veröffentlichten Zahlen für die verlegten Flächen in den vergangenen Jahren: 2010 – 41,8 Mio. m², 2011 – 42,5 Mio. m², 2012 – 40,1 m² [1].

Die Zunahme des Algenbefalls an Fassaden aus WDVS hängt nach bisherigen Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts damit zusammen, dass die Erhöhung der Wärmedämmstärke zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste mit einer Abkühlung der Bauteiloberflächen verbunden ist (Bild 1). Folglich führen die niedrigen Temperaturen an Bauteiloberflächen zu einem erhöhten Tauwasseranfall und begünstigen somit die Ansiedlung von Algen und Pilzen [2], [3], [4].

Die beiden für den Algen- und Pilzbefall maßgebenden Kenngrößen, die strahlungstechnischen Eigenschaften und die Taupunktunterschreitungsdauer, wurden für einen mineralischen Putz im Vergleich zu einer aus roten bzw. weißen Klinkerriemchen bestehenden Wandfläche durch Laborversuche, Berechnungen und Freilanduntersuchungen gegenübergestellt [5].

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Klinkerriemchen aufgrund der günstigen strahlungstechnischen Eigenschaften sowie einer im Vergleich zum mineralischen Putz deutlich geringeren Taupunktunterschreitungsdauer eine rasche Feuchtigkeitsabgabe an der Fassade ermöglichen

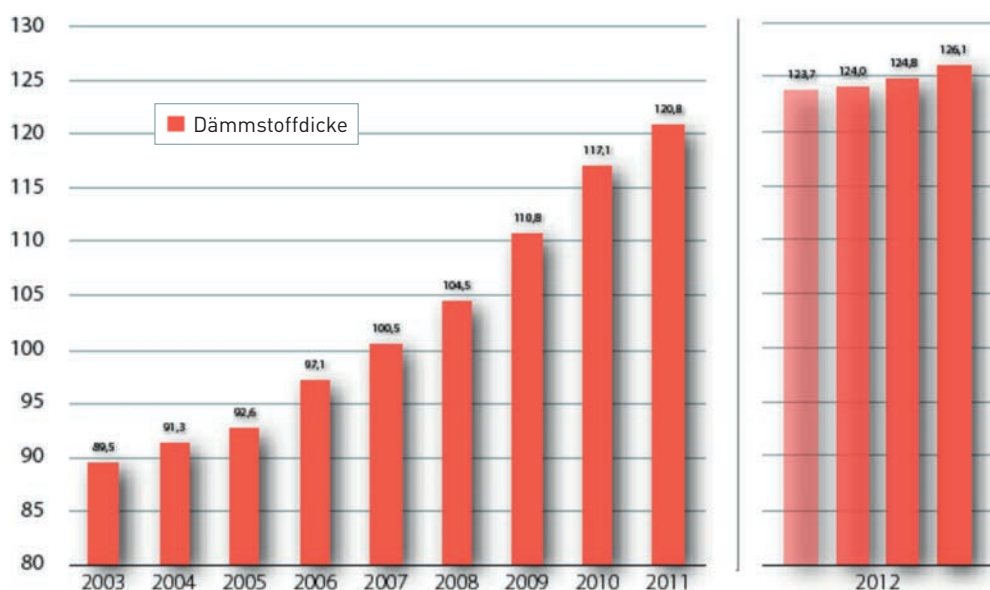


Bild 1. Entwicklung der Dämmstoffdicke bei Außenwänden aus WDVS seit 2003 [1]

Fig. 1. Development of the insulation material thickness of ETICS since 2003

und somit den Algen und Pilzen jegliche Wachstumsbedingungen entziehen.

In diesem Beitrag werden die Wärmedämmverbundsysteme mit Deckschichten aus Putz und Klinkerriemchen auf der Grundlage der langjährigen praktischen Erfahrung und bisherigen Forschungsergebnisse im Hinblick auf ihre Bewuchsanfälligkeit gegenübergestellt.

2 Wandaufbau

Wärmedämmverbundsysteme, auch Thermohaut genannt, eignen sich sowohl für den Neubau als auch für die nachträgliche Wärmedämmung von Außenwänden. Sie bestehen aus Dämmstoffplatten, die direkt auf das Mauerwerk oder die bestehende Fassade (Altbau) aufgeklebt und je nach Untergrund auch gedübelt werden. Auf die Dämmschicht wird ein armierter Unterputz aufgetragen, welcher

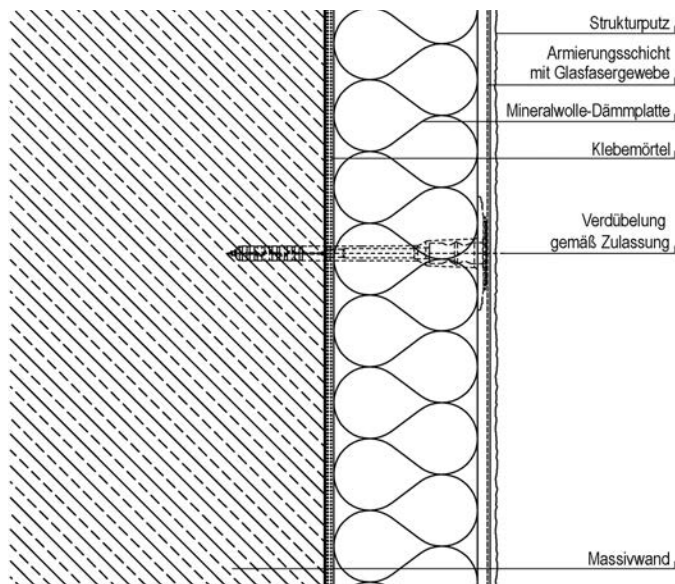


Bild 2. Aufbauprinzip eines Wärmedämmverbundsystems mit Putz als Deckschicht [6]

Fig. 2. Assembly of the thermal insulation composite system with plaster as top layer

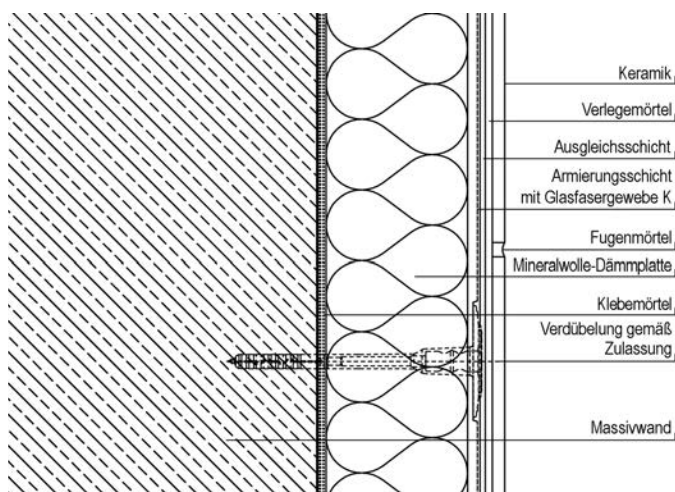


Bild 3. Aufbauprinzip eines Wärmedämmverbundsystems mit Klinkerriemchen als Deckschicht [6]

Fig. 3. Assembly of a thermal insulation composite system with clinker tiles as top layer

geringe Bewegungen des Untergrundes sowie Dehnungsspannungen aufnimmt und die Grundlage für die Deckschicht bietet. Die Deckschicht bilden Kunstharzputze oder mineralische Putze. Insbesondere in Verbindung mit Styropor-Dämmplatten ist WDVS ein preisgünstiges Außenwanddämmsystem (Bild 2).

Wärmedämmverbundsysteme können zudem mit einer Deckschicht aus Klinkerriemchen statt mit Putz ausgeführt werden. Wärmedämmverbundsysteme mit Klinkerriemchen werden in der Regel immer dann verwendet, wenn erhöhte Anforderungen an die Fassadendauerhaftigkeit gestellt werden und eine anspruchsvolle und individuelle Fassadengestaltung beabsichtigt wird (Bild 3).

3 Problem der Algenbildung bei Wärmedämmverbundsystemen

Das Problem der Veralgung von Fassaden mit WDVS hat sich im Zuge der Verschärfung der gesetzlichen Anforderungen an die energetische Qualität von beheizten Gebäuden spätestens seit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (EnEV) 1995 zunehmend verschärft (Bilder 4 und 5). Auf das Problem der Fassadenveralgung wurde durch Fachaufsätze erstmalig in den Jahren 1999 [7] und 2000 [8], [9] aufmerksam gemacht. Im Jahre 2001 haben die Hochschule Wismar und das Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen ihre Ergebnisse zu diesem Thema im Rahmen des 3. Dahlberg-Kolloquiums in Wismar vorgestellt [10], [11]. Die bis heute noch aktuellen Erkenntnisse führen die Zunahme der Algenbesiedlung an Fassaden aus WDVS auf die folgenden Haupteinflussfaktoren zurück:

a) Gut und sehr gut gedämmte Gebäude (Niedrig- und Passivhäuser)

Der Wärmefluss von beheizten Innenräumen nach außen wird durch die hohe Wärmedämmschicht abgekoppelt (Bild 6). Die Oberflächentemperatur der Fassade an der obersten Schicht kühlt sich somit in den kalten und klaren Nächten infolge langwelliger Abstrahlung stark ab und un-



Bild 4. Algenbefall auf der Fassade einer mit WDVS sanierten Außenwand ca. drei Jahre nach Fertigstellung

Fig. 4. Alga attack three years after completion of this façade restored with ETICS



Bild 5. Die hohe Schlagregenbeanspruchung in Norddeutschland begünstigt zusätzlich den Algen- und Pilzbefall bei Fassaden aus WDVS
 Fig. 5. High pelting rain load in northern Germany increases alga and fungal attacks at ETICS façades



Bild 7. Die große Dämmdicke und die dünne Putzschicht sind maßgebend dafür, dass sich die Putzoberfläche stark abkühlt und unter die Lufttaupunkttemperatur fällt
 Fig. 7. This high insulation thickness and the thin plaster layer are decisive for the plaster surface cooling intensively down under the air dew point



Bild 6. Dämmplatten mit Dicken von 20 cm und mehr zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste koppeln den Wärmestrom von innen nach außen ab
 Fig. 6. Insulation boards with a thickness of 20 cm and more, for reducing the thermal transmissions losses, undock the thermal flow from the inside to the outside

terschreitet die Taupunkttemperatur der Luft. Bei Unterschreitung der Taupunkttemperaturen tritt Kondensat auf. Besonders auf sich im Schatten anderer Gebäude bzw. auf der Nordseite befindlichen Fassadenflächen ist großes Algenrisiko gegeben.

b) Dünne Putzschicht

Besonders anfällig für den Algenbewuchs sind Wärmedämmverbundsysteme, bei denen die Putzschicht nur wenige mm dick ist (Bild 7). Die geringe Wärmespeicherfähigkeit der Putzschicht bewirkt eine Wärmeabstrahlung in klaren Nächten und somit eine Absenkung der Oberflächentemperatur, die stets zu schädlicher Tauwasserbildung führen kann, sobald sie die Taupunkttemperatur der Umgebungsluft unterschreitet.

c) Helle Farbe

Helle Putzfarben begünstigen den Algenbewuchs auf Fassaden aus Wärmedämmverbundsystemen. Die relativ geringe Lichtabsorption bei hellen Putzfassaden führt zu einer Absenkung der Oberflächentemperatur und gleichzeitig zu einer Verlangsamung der Verdunstungsrate.

Die hier für den Algen- und Pilzbefall maßgebenden Einflussfaktoren gehören jedoch zu den charakteristischen Eigenschaften von Wärmedämmverbundsystemen mit Standputzschichten. Insofern muss bei allen Außenwänden für heute energieeffiziente Gebäude gemäß den Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2009 und insbesondere bei Niedrigenergie- und Passivhäusern grundsätzlich mit Algen- und Pilzbefall gerechnet werden, wenn die Wärmedämmverbundsysteme zur Ausführung kommen.

4 Nachträgliche Außenwanddämmung mit WDVS

Das Ausmaß der Problematik der Veralgung von Wärmedämmverbundsystemen wird in einem im Jahre 2010 fertiggestellten Forschungsvorhaben deutlich [12]. Dabei sind insgesamt 48 modernisierte bzw. sanierte Bauprojekte in den Ländern Brandenburg, Hamburg, Schleswig Holstein und Mecklenburg-Vorpommern durch verschiedene bauwerksdiagnostische und labortechnische Verfahren untersucht worden. Die wichtigsten Ergebnisse des Forschungsvorhabens können wie folgt zusammengefasst werden:

- Auf den Fassaden mit Wärmedämmverbundsystemen zeichnen sich nach ca. zwei bis drei Jahren nach der thermischen Sanierung sehr intensiv ausgeprägte Biofilme ab.
- Die Algenbesiedlung betrifft alle Putzsysteme unabhängig von der chemischen Rezeptur (auf mineralischer Basis, auf Silikonharz- und Acrylbasis).
- Die Häufigkeit und die Intensität der Algenbesiedlung sind unabhängig von der Dämmstoffdicke.
- Eine hydrophobe oder hydrophile Einstellung der Putzsysteme spielt im Hinblick auf ihre Algenbesiedlungsre-

sistenz keine Rolle, beide Gruppen sind gleich häufig algenbesiedelt.

- Ohne eine biozide Ausrüstung können bereits nach zwei bis drei Jahren Algenbesiedlungen auf der Putzoberfläche einsetzen. Dieses Phänomen wird gegenwärtig durch biozide Zusätze zeitlich befristet unterdrückt. Der Zeitpunkt der Algenbesiedlung wird aber dadurch lediglich nach hinten verschoben. Keineswegs wird damit eine dauerhafte Verhinderung von Algenbesiedlung erreicht.
- Bei den untersuchten Putzfassaden wurden durch chemische Analysen die Biozide, z. B. Cabendazim, Dioron und Octylisotiozolon, gefunden.
- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den beiden Phänomenen der Algenbesiedlung und der Fassadenverschmutzung. Verschmutzte Fassaden ohne Algenbesiedlung wurden ebenso festgestellt wie auch unverschmutzte algenbesiedelte.
- Nach dem heutigen Stand der Technik ist es unmöglich, das Problem der Algenbesiedlung auf Putzfassaden durch Anwendung eines bestimmten Fassadensystems bzw. einer Produktgruppe zu lösen.
- Der Farbton der Putzsysteme übt keinen wesentlichen Einfluss auf die Algenbildung aus.
- Um Algen auf Putzfassaden abzutöten bzw. deren Wachstum zu hemmen, werden die Produkte mit algiziden Wirkstoffen ausgerüstet. Dafür werden spezielle Substanzen, z. B. Schwermetallsalze, verschiedene Biozide oder Antibiotika, verwendet. Die damit verbundenen Probleme sind schnelle Auswaschung und damit Verlust der antimikrobiellen Eigenschaften, Umweltbelastung und erhöhte Materialkosten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an nachträglich mit WDVS gedämmten Außenwänden decken sich weitgehend mit den bisherigen Forschungsarbeiten zum Algen- und Pilzbefall von Fassaden bei Neubauten. Aufgrund der im Forschungsvorhaben festgestellten, hohen Schadensquote bei den mit WDVS sanierten Fassaden muss zusätzlich davon ausgegangen, dass WDVS bei makroklimatischen Bedingungen in Norddeutschland besonders anfällig sind. Die lediglich zeitbegrenzte Widerstandsfähigkeit von Putzfassaden und Anstrichsystemen gegen Algen- und Pilzbefall geht nach den Forschungsergebnissen auf deren biozide Ausrüstung zurück.

5 Biozide in Putzen und Farben

Biozide oder biozide Zubereitungen sind dazu bestimmt, auf chemischem oder biologischem Wege Schadorganismen zu kontrollieren, abzutöten oder unschädlich zu machen. Biozide unterscheiden sich von Pflanzenschutzmitteln in erster Linie nur durch ihre Anwendungsgebiete und können die gleichen Wirkstoffe umfassen [13]. Zum Schutz vor Algen- und Pilzbefall werden Putze und kunststoffgebundene Fassadenfarben mit Bioziden ausgerüstet. Zu den gebräuchlichsten Bioziden zählen die Algizide Terbutryn, Diuron und Cybutryn, die Fungizide Carbendazim und IPBC und Wirkstoffe mit breitem Wirkspektrum wie Zinkpyrithion und OIT. Zur Gewährleistung eines Schutzes gegen verschiedene Algen und Pilze werden meistens drei bis fünf Biozide als Mischungen kombiniert eingesetzt [14].

Der Wirkstoff Terbutryn ist in Putzen und Farben zum Schutz gegen Algen und Pilze unter der Biozid-Richtlinie notifiziert. Als Pflanzenschutzmittel ist es dagegen in Deutschland seit 1997 nicht mehr zugelassen [15]. Die neue „Biozid-Verordnung“ wurde im Mai 2012 verabschiedet. Nach ihrer Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union (Nr. L 167) trat die Verordnung am 17.07.2012 in Kraft. Angewendet werden muss die neue Verordnung ab dem 01.09.2013 und löst damit die bis dato geltende Biozid-Richtlinie (RL 98/8/EG) ab. Angesichts der Bedeutung der Biozide für die Umwelt und die Gesundheit von Menschen hat die Bundesregierung ein neues Biozidportal eingerichtet. Darin wird u. a. auf die Risiken im Umgang mit Bioziden hingewiesen und die Möglichkeiten zur Minimierung des Biozid-Einsatzes werden aufgezeigt.

Die Wirksamkeit von Bioziden zum Schutz von Fassaden gegen Algen- und Pilzbefall beruht darauf, dass sie wasserlöslich sind und mit Hilfe von Regenwasser an die Fassadenoberfläche gelangen. Aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit werden Biozide in Putzen und Farben mit abfließendem Regenwasser ausgewaschen und gelangen ins Erdreich. Gemäß den Untersuchungen in [15] werden die meisten Biozide aus neuen Fassaden ausgewaschen [16]. Die nachgewiesenen Biozid-Konzentrationen lagen bei einem neu erstellten Gebäude um rund einen Faktor 1000 höher als bei einem vier Jahre alten Gebäude.

Wegen ihrer Toxizität muss der Einsatz von Nanopartikeln in Farben und Putzen zum Schutz gegen mikrobiellen Befall ebenfalls als bedenklich bezeichnet werden. Titandioxid-Nanopartikeln werden in Fassadenfarben u. a. als Weißpigmente eingesetzt und gelangen durch den Einfluss des Regenwassers in die Umwelt. Insbesondere gehören Silbernanopartikeln wegen der bekannten keimtötenden Wirkung von Silber zu den am häufigsten eingesetzten Partikeln [17].

Die bisherigen Forschungsarbeiten in der Schweiz haben zudem gezeigt, dass Auswaschungen von Bioziden wegen der ökotoxischen Effekte einiger der verwendeten Wirkstoffe ein hohes potentielles Belastungsrisiko für Gewässer darstellen [18].

Die Auswaschungsrate von Bioziden ist von drei unterschiedlichen Instituten, der Bundesanstalt für Materialprüfung und -forschung (BAM), Berlin, dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), Holzkirchen, der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt (EMPA) und EAWAG, Dübendorf, eindeutig belegt worden [19].

6 WDVS mit Klinkerriemchen

Klinkerriemchen als Deckschicht von Wärmedämmverbundsystemen stellen eine umweltfreundliche Alternative zu Putzen und Farben dar. Klinkerriemchen sind im Gegensatz zu Putzen und Farben algenresistent und werden nicht mit Bioziden ausgerüstet (Bild 8).

Klinkerriemchen werden genauso wie Verblendklinker aus natürlichen Rohstoffen, Ton und tonigen Massen, geformt und bei Temperaturen von ca. 1100 °C gebrannt (Bild 9). Die physikalischen Eigenschaften und Formate von Klinkerriemchen sind mit Verblendklinkern identisch. Oberflächenstrukturen und Farben stimmen deshalb stets überein. Insofern entspricht der visuelle Eindruck von Riemchenfassaden auch dem eines Ziegelverblendmauerwerks.



Bild 8. Klinkerriemchen als Deckschicht von WDVS bilden eine robuste und wartungsfreie Wandbekleidung
 Fig. 8. *Clinker tiles as top layer of ETICS form a robust and maintenance-free wall covering*



Bild 9. Klinkerriemchen sind dünne Ziegelscheiben mit seit vielen Jahrhunderten bekannten und bewährten Materialeigenschaften
 Fig. 9. *Clinker tiles are thin brick slices with material characteristics that are already known and reliable for hundreds of years*

Wärmedämmverbundsysteme mit Deckschichten aus Klinkerriemchen haben sich aufgrund von vielen Ausführungsbeispielen bei Neu- und Altbaumaßnahmen in den vergangenen zwanzig Jahren als unempfindlich gegen Algen- und Pilzbefall bewährt. Dies geht insbesondere auf die folgenden charakteristischen Klinkereigenschaften zurück:

- bindemittelfreier keramischer Scherben (frei von Zement und Kalk), weshalb eine Wasserlagerung im Porengefüge nicht stattfinden kann
- dicht gebrannte, gesinterte Oberfläche, welche das Eindringen des Regenwassers weitgehend an der Fassadenoberfläche abwehrt
- sehr gute Solarabsorption insbesondere bei dunklen Farbnuancen
- trockene Oberfläche als Folge der raschen kapillaren Feuchtigkeitsabgabe.

Strahlungstechnische Eigenschaften und die daraus resultierende Taupunktunterschreitungsdauer sind nach An-

sicht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen die wichtigsten Kriterien für den Algen- und Pilzbefall bei Fassaden aus WDVS. Die im Rahmen eines Forschungsvorhabes durchgeführten Vergleichsuntersuchungen zwischen Deckschichten aus Putz und Klinkerriemchen werden wie folgt zusammengefasst.

7 Neueste Forschungsergebnisse

Bei dem Untersuchungsprogramm ging es schwerpunktmäßig darum, die Taupunktunterschreitungsdauer in Verbindung mit der Tauwassermenge an den Wandoberflächen als maßgebende Einflussfaktoren für das Bewuchsrisiko durch Algen und Pilze zu erfassen und zu quantifizieren [20], [21].

An einem bestehenden, im Winter beheizten Gebäude auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts in Holzkirchen wurden drei Wandflächen mit einem identischen WDVS-Wandaufbau bestehend aus jeweils 12 cm Polystyrol aufgebaut. Die drei angelegten Wandflächen aus WDVS unterschieden sich lediglich in der Materialwahl für die Deckschicht. Das erste Feld wurde mit einer mineralischen Putzschicht, die beiden anderen mit einer Deckschicht aus roten und weißen Klinkerriemchen versehen (Bild 10).

Über einen Zeitraum von anderthalb Jahren wurden die Temperatur und die Feuchtigkeitsaufnahme an den Wandoberflächen gemessen. Zur Erfassung des Verhaltens der mit Farbanstrichen versehenen Putzsysteme wurde auf die mineralische Putzoberfläche im letzten Halbjahr der Versuchsdauer eine Silikonharzfarbe appliziert.

Die besonders günstigen strahlungstechnischen Eigenschaften von Klinkerriemchen führen dazu, dass die höchsten Temperaturen bei den Riemchenwänden gemessen werden konnten. Bedingt durch einen Absorptionsgrad von 0,78 für rote Klinkerriemchen, 0,42 für weiße und 0,2 für den Putz wurde folgende maximale Temperaturen an den Wandoberflächen gemessen:

- Feld 1 mit Putz: ca. 45 °C
- Feld 2 mit roten Klinkerriemchen: ca. 75 °C
- Feld 3 mit weißen Klinkerriemchen: ca. 60 °C



Bild 10. Die auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen angelegten WDVS-Wandflächen mit Deckschichten aus Putz, roten und weißen Klinkerriemchen

Fig. 10. Outside installed ETICS walls with top layer out of plaster and red and white clinker tiles at the Fraunhofer Institut of Building Physics in Holzkirchen

Die kontinuierlichen Temperaturmessungen an den Wandoberflächen haben zudem ergeben, dass nach Sonnenuntergang die Temperaturabsenkung bei der Putzvariante deutlich früher als bei den Klinkervarianten eintritt. Ein Unterschied zwischen den roten und weißen Klinkerriemchen ist nachts kaum festzustellen. Putz und Klinkerriemchen erwärmen sich morgens ohne nennenswerten zeitlichen Versatz. Die Dauer der Taupunkttemperaturunterschreitung ist somit bei der Putzvariante aufgrund der früheren Abkühlung länger. Die Unterschiede zwischen den Wandsystemen werden durch die in Kelvin x Stunde gewichtete Summe der Temperaturunterschreitungsdauer in Tabelle 1 besonders deutlich.

Neben den Temperaturmessungen wurden auch die Tauwassermengen an den Wandoberflächen gravimetrisch ermittelt. Trotz einer im Vergleich zu den Riemchenfeldern langen Taupunktunterschreitungsdauer von insgesamt 1409 Stunden konnten keine nennenswerten Tauwassermengen bei der mineralischen Putzschicht ermittelt werden. Dies hängt vor allem mit der kapillaren Saugfähigkeit der Putzoberfläche zusammen. Mit einem Wasseraufnahmekoeffizient von $w = 0,35 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ ist die kapillare Wasseraufnahmefähigkeit an der Putzoberfläche deutlich höher als bei den Klinkerriemchen (Klinkerriemchen: w -Wert/

weiß = $0,03 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$, w -Wert/rot = $0,14 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$). Dadurch wird das anfallende Tauwasser in der Putzschicht bis zum Sättigungszustand gelagert. Erst wenn das gesamte Porengefüge mit Wasser gesättigt ist, kann sich Tauwasser an der Putzoberfläche bilden und durch Abtupfen gravimetrisch erfasst werden.

Diese Untersuchungsergebnisse machen deutlich, dass bei Tauwasserausfall an der Putzoberfläche eines mineralischen Putzes keine rasche Abtrocknung erfolgt, sondern das Wasser erst auf dem kapillaren Wege in die tieferen Zonen hinter der Putzoberfläche wandert und sich bis zum Sättigungszustand dort lagert. Die langandauernde Wasserlagerung im Porengefüge erklärt auch die Anfälligkeit des mineralischen Putzes für einen mikrobiellen Bewuchs und bestätigt zugleich die im Abschnitt 4 zitierten Forschungsergebnisse aus [12], dass die Algenbesiedlung alle Putzsysteme unabhängig von der chemischen Rezeptur, auf mineralischer Basis und auf Silikonharzbasis, betrifft. Klinkerriemchenoberflächen verhalten sich dagegen optimal: Bedingt durch eine wesentlich kürzere Taupunktunterschreitungsdauer und eine erheblich höhere Oberflächentemperatur als Folge des höheren Absorptionsgrads kommt es auf der Klinkerriemchenoberfläche zwar zum Tauwasserausfall, dieses Wasser kann sich jedoch auf der dicht gebrannten Klinkeroberfläche nicht lange halten und verdunstet rasch wieder.

Bei Verwendung eines Anstrichs auf dem mineralischen Putz muss grundsätzlich mit einem erhöhten Risiko für Algen- und Pilzbewuchs gerechnet werden, da sowohl die Taupunktunterschreitungsdauer als auch die Tauwassermenge im Vergleich zum mineralischen Putz deutlich zunehmen. Bedingt durch den Anstrich mit einem Wasseraufnahmekoeffizienten von w -Wert = $0,07 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ bleibt die Putzoberfläche über eine längere Zeit nass. Dies haben die exemplarisch durchgeführten Oberflächenfeuchtebestimmungen an einem Tag im September ergeben. Im Gegensatz zu den Klinkerriemchen, auf denen sich relativ geringe Tauwassermengen von ca. 10 g/m^2 abtupfen lassen, finden sich auf dem Putz-Anstrich-System Tauwassermengen zwischen 50 und 60 g/m^2 . Bild 11 zeigt die abgetupfte Tauwassermenge von 08.15 Uhr bis 11.15 Uhr. Während auf dem Putzsystem mit Anstrich die Tauwassermenge bis 9:45 Uhr noch zunimmt, trocknen die Klinkerriemchen bereits wieder ab.

Tabelle 1. Summe der gewichteten Taupunktunterschreitungsdauer an den Wandoberflächen.; die Messungen wurden jeweils im oberen Drittel der Wandflächen vorgenommen
Table 1. Sum of the weighted duration until temperature at the wall surfaces goes below the dew point; measurements have been taken from the upper third of the wall surface

	Summe der gewichteten Taupunktunterschreitungsdauer [Kelvin x h] August 2011 bis Dezember 2012
Putz	1409
weiße Klinkerriemchen	1016
rote Klinkerriemchen	792

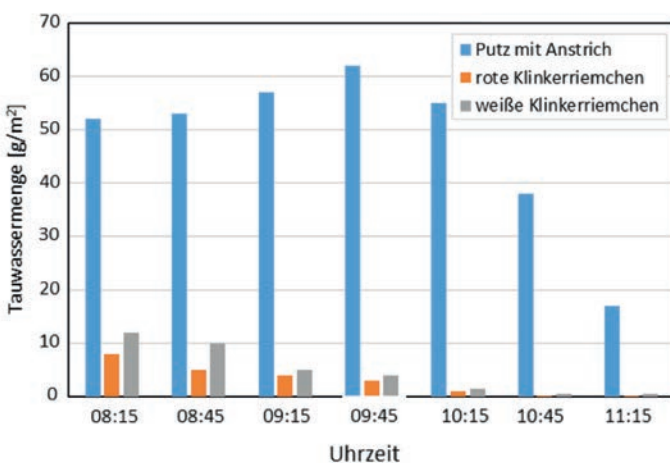


Bild 11. Gravimetrisch durch Abtupfen ermittelte Tauwassermenge auf den Wandflächen an einem Septembertag
Fig. 11. Amount of melt water on the wall surface on a day in September that have been investigated gravimetrisally by dabbing

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

1) WDVS mit Dämmplatten aus Styropor ermöglichen die einfachste und günstigste Variante für eine Wärmedämmung von Außenwänden. Insofern erhalten viele Neubauten bis zur Bauwerksklasse 3, bei denen keine normativen Brandschutzanforderungen existieren, eine Standardaußenwanddämmung aus WDVS mit einer Putzschicht. Weitaus bedeutsamer sind Wärmedämmverbundsysteme für die nachträgliche Wärmedämmung von Außenwänden im Gebäudebestand, da sie energetische Aspekte und Wirtschaftlichkeit optimal vereinen können. Aus diesem Grund findet die Außenwanddämmung mit WDVS auch politische Unterstützung. Denn die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 40 % gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 zu senken, können nur dann erreicht werden, wenn der Heizenergie-

verbrauch im Gebäudebestand weiter gesenkt wird. Beheizte Gebäude verursachen rund 40 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland und etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen. Da über 80 % der Gebäude älter als 25 Jahre sind, existiert ein hohes Energieeinsparpotential durch eine Verbesserung der Dämmqualität in der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

2) Ein Nachteil der Wärmedämmverbundsysteme besteht darin, dass sie nach zwei bis drei Jahren optischen Veränderungen als Folge von Algen- und Pilzbefall unterliegen können. Das Problem der Algenbildung bei Putzfassaden hängt mit dem bereits beschriebenen Funktionsprinzip der Wärmedämmverbundsysteme zusammen und kann daher durch hydrophobe oder hydrophile Oberflächeneinstellung nicht vollständig außer Kraft gesetzt werden. Die Zunahme des Algen- und Pilzbefalls an Fassaden in den vergangenen Jahren geht daher auf die Erhöhung der Dämmdicke zurück. Der These, dass „Reinheit der Luft“ [22] für die Zunahme des Algenbefalls an Fassaden in den vergangenen Jahren verantwortlich sei, ist entgegen zu halten, dass eine Erhöhung des Algen- und Pilzbefalls bei monolithischen Außenwänden mit Putz, jedoch ohne Wärmedämmung, bisher nicht registriert werden konnte.

3) Der Algen- und Pilzbefall an Putzfassaden innerhalb der ersten Jahre nach der Fertigstellung bedeutet eine Beeinträchtigung der ästhetischen Fassadenwirkung und stellt daher einen optischen Mangel dar. Die Algenbildung kann aber auch in Abhängigkeit von der Intensität des Befalls die Feuchtigkeitsverdunstung an der Putzoberfläche erheblich verlangsamen und somit zu einem erhöhten Feuchtigkeitshaushalt des Putzes beitragen. Die damit verbundene Erhöhung des Frosttauwwechsels an der Putzoberfläche beschleunigt den Zerfall des Putzbindemittels und kann daher als eine Minderung der technischen Fassadenfunktion angesehen werden.

4) Um den Algenbewuchs auf Fassaden zu verhindern, werden Putze und Anstriche mit Bioziden ausgerüstet. Die Belastung des Grund- und Oberflächenwassers durch Biozide stellt ein nicht zu unterschätzendes Problem dar. Die akuten und chronischen Kriterien sowie die vorhergesagten Konzentrationen bei den Untersuchungen in der Schweiz weisen auf eine hohe Ökotoxizität der betrachteten Biozide hin [17]. Bedingt durch die seit der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahre 1977 kontinuierlich gestiegenen Anforderungen an die energetische Qualität von beheizten Gebäuden muss künftig mit einer generellen Zunahme des Eintrags von Bioziden in den Boden und anschließend ins Grund- und Oberflächenwasser gerechnet werden.

5) Vor dem Hintergrund der bisher veröffentlichten Ergebnisse zur Auswaschung von Bioziden aus Fassaden muss die Sinnhaftigkeit der Außenwanddämmung mit WDVS unter ökologischen Gesichtspunkten in Frage gestellt werden, wenn dadurch jährlich viele Tonnen Biozide (60 bis 300 t in der Schweiz [15]) mit einem gegenwärtig noch nicht endgültig absehbaren Gesundheitsgefährdungspotential in die Umwelt gelangen.

6) Die Putzfassaden in Norddeutschland sind besonders gefährdet, da die Auswaschungsrate von Bioziden mit der Höhe der Schlagregenbeanspruchung zunimmt. Solche Wandsysteme leisten daher unabhängig von ihrer Wirksamkeit zur Reduzierung der Transmissionswärme-

verluste keinen Beitrag zu einer ökologisch nachhaltigen Bauweise.

7) Klinkerriemchen stellen dagegen eine biozidfreie und umweltfreundliche Alternative für die Deckschicht von Wärmedämmverbundsystemen dar. Die Hintergründe für die Unempfindlichkeit von Klinkerriemchen gegen Algen- und Pilzbefall wurden in einem Forschungsvorhaben beim Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen (IBP) untersucht. Aufgrund bisheriger Forschungsarbeiten beim IBP werden die beiden Einflussgrößen Taupunktunterschreitungsdauer und Tauwassermenge als Haupteinflussfaktoren für den mikrobiellen Bewuchs von Putzfassaden genannt. Im Rahmen der darauf ausgerichteten Untersuchungen konnten deutliche Unterschiede zwischen den Putzsystemen und Klinkerriemchen festgestellt werden.

8) Bedingt durch eine wesentlich geringere Taupunktunterschreitungsdauer fällt bei Fassaden aus Klinkerriemchen grundsätzlich wenig Tauwasser aus. Zudem verhalten sich Klinkerriemchen im Falle eines Tauwasserausfalls völlig anders als Putzsysteme: Bei Deckschichten aus Klinkerriemchen wird das Tauwasser aufgrund ihrer charakteristischen keramischen Eigenschaften, wie z. B. hoher Absorptionsgrad, niedrige Emissionsrate, geringer Wasseraufnahmekoeffizient sowie bindemittelfreier Scherben rasch wieder verdunstet, so dass eine trockene und somit algenresistente Wandoberfläche entsteht. Bei Putzfassaden mit einem Silikonharzanstrich kommt es dagegen zu einem sehr hohen Tauwasserausfall, der insbesondere in den frühen Morgenstunden kontinuierlich zunimmt und dafür sorgt, dass die Wandoberfläche über einen längeren Zeitraum nass bleibt. Bei dem mineralischen Putz ohne Anstrich ist die Taupunktunterschreitungsdauer ebenfalls deutlich höher als bei den Klinkerriemchen. Die Bewuchsanfälligkeit bei einem mineralischen Putzsystem ist darauf zurückzuführen, dass anfallendes Tauwasser kapillar bis zum Sättigungszustand aufgesogen wird. Auf diese Weise bleibt der mineralische Putz mit seinem nasskalten Gefüge trotz einer hydrophilen Oberfläche genauso bewuchsanfällig wie der hydrophob eingestellte Silikonharzanstrich, bei dem die hohe Tauwassermenge an der Oberfläche für die Algenbesiedlung ausschlaggebend ist.

Literatur

- [1] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e. V. www.fachverband-wdvs.de
- [2] Künzel, H. M., Sedlbauer, K.: Algen auf Wärmedämm-Verbundsystemen. IBP-Mitteilung 382. 28 (2001). Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst. Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart/Valley 2001.
- [3] Sedlbauer, K., Krus, M.: Schimmelbildung auf WDVS infolge „Baufehlern“? IBP-Mitteilung 391. 28 (2001). Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst. Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart/Valley 2001.
- [4] Krus, M. et al.: Vermeidung von Algen- und Schimmelpilzwachstum an Fassaden durch Beschichtungen mit verringerter langwelliger Abstrahlung. IBP-Mitteilung 478. 33 (2006). Neue Forschungsergebnisse kurz gefasst. Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart/Valley/Kassel 2006.
- [5] Künzel, H. M., Fitz, K.: Untersuchungen an Wärmedämmverbundsystemen mit Deckschichten aus Putz und Klinkerriemchen hinsichtlich Bewuchsanfälligkeit. IBP-Bericht HTB-19/2013.

- [6] Alsecco GmbH und Co. Homepage: www.alsecco.de
- [7] *Blaich, J.*: Bauschäden. Analyse und Vermeidung. Stuttgart: IRB Verlag, 1999.
- [8] *Klinkenberg, G., Venzmer, H.*: Algen auf Fassaden nachträglich wärmedämmter Plattenbauten – Schadensausmaß, Ursachen und Lösungen für ein Anti-Algenkonzept. Berlin: Huss-Medien 2000.
- [9] *Cziesielski, E., Vogdt, F. U.*: Schäden an Wärmedämmverbundsystemen. Schadenfreies Bauen. Stuttgart: IRB Verlag, 2000.
- [10] *Künzel, H. M.* et al.: Algen auf Fassaden. Bauphysik als Ursache? Bauphysik als Lösung. Beitrag zum 3. Dahlberg-Kolloquium. Mikroorganismen und Bauwerksinstandsetzung. Wismar, Sept. 2001.
- [11] *Venzmer, H.*: Mikroorganismen und Bauwerksinstandsetzung. Veralgung von Fassaden und Mauerwerksentsalzung mit denitrifizierenden Bakterien. Vorträge 3. Dahlberg-Kolloquium, 13./14. September 2001. Sonderheft Dahlberg-Kolloquium.
- [12] *Venzmer, H.* et al.: Algenbesiedelte Fassaden. Produkterfahrungen – Prüfungen, Grenzwerte. Mitteilungsblatt März 2012. Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. Kiel. Nr. 240, Heft 2/10.
- [13] *Walser, A.*: Gewässerbelastung durch Biozide aus Gebäudefassaden. gwa 88 (2008), H. 8, S. 639–647.
- [14] *Denzler, L.*: Mit dem Regen gelangen Substanzen zur Vermeidung von Algen- und Pilzbefall in die Gewässer. Neue Zürcher Zeitung, NZZ Online. 21. Januar 2009.
- [15] *Kahle, M., Nöh, I.*: Biozide in Gewässern: Eintragspfade und Informationen zur Belastungssituation und deren Auswirkungen. Umweltbundesamt, Juni 2009.
- [16] *Burkhardt, M.* et al.: Schadstoffe aus Fassaden. Zeitschrift TEC21 (2009), Nr 3-4, S. 28–31.
- [17] *Behra, R.*: Silbernanopartikel wirken toxisch. Zeitschrift: Chemikalien und Effekte. Eawag news 67d/Juni 2009.
- [18] *Burkhardt, M.* et al.: Biozide in Gebäudefassaden – öko-toxikologische Effekte, Auswaschung und Belastungsabschätzung für Gewässer. Umweltwiss Schadst Forsch (2009). Springer Verlag 2009.
- [19] *Hladik, M.* et al.: Erstaunliche Erkenntnisse einer internationalen Fachtagung. Biozide und Nanopartikel. 11/09 green-building, S. 32–35.
- [20] *Künzel, H. M., Fitz, K.*: Untersuchungen an Wärmedämmverbund-Systemen mit Dickschichten aus Putz und Klinkerriemchen hinsichtlich Bewuchsanfälligkeit. IBP-Bericht HTB 19/2013.
- [21] *Thiel, A., Krus, M.*: Untersuchungen an Wärmedämmverbund-Systemen mit Dickschichten aus Putz und Klinkerriemchen hinsichtlich Bewuchsanfälligkeit. IBP-Bericht RKB 011/2013/292.
- [22] *Künzel, H.*: Algenbewuchs an Fassaden: Eine Folge reiner Luft! Arconis 5 (2000), H. 3, S. 20–22.

Autor dieses Beitrages:

Dr.-Ing. Nasser Altaha,
Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V., Oldenburg



Fachverband Ziegelindustrie Nord e. V.

Bahnhofsplatz 2a · 26122 Oldenburg

Tel. 0441 / 210 26 12

Fax 0441 / 210 26 20

fachverband@ziegelindustrie.de