

# Zweischalige Außenwand mit Ziegel- Verblendmauerwerk

Die zweischalige Außenwand mit Ziegelverblendmauerwerk hat sich in ihrer gut hundertjährigen Geschichte, insbesondere in Regionen mit starker Schlagregenbeanspruchung wie England, Holland und Norddeutschland, hervorragend bewährt und prägt dort das Bild der Städte und Dörfer.



Bei dieser Außenwandkonstruktion übernimmt die Innenschale die Aufgaben der Tragkonstruktion, des Wärme- und Schallschutzes, während die Außenschale aus Vormauerziegel, Klinker und Handformziegel als Wetterschutz fungiert und individuelle Fassadengestaltung ermöglicht. Die beiden unabhängig voneinander stehenden Schalen können verschiedene Steinformate aufweisen, was eine weitgehende Gestaltungsfreiheit in der Außenschale ermöglicht.

Die Außenschale des Mauerwerks wird auch als Vorsatzschale, Verblendschale oder auch Verblendmauerwerk bezeichnet, so dass sich der Sammelbegriff Verblendziegel und Verblender einbürgerte. Das nur sich tragende Verblendmauerwerk ist durch Edelstahlanker mit der tragenden Innenschale befestigt. Zur Erfüllung der Anforderungen an den Wärmeschutz werden Wärmedämmstoffe in die Hohlchicht eingebracht.

## **Die 15 Vorteile**

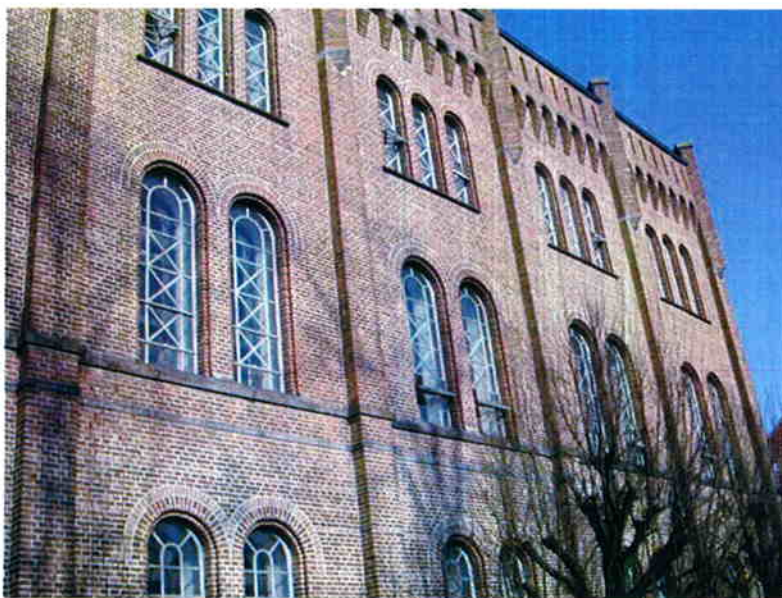
1. Unbegrenzte Lebensdauer
2. Dauerhaft farbecht
3. Individuelle Fassadengestaltung
4. Wertbeständig und dauerhaft wartungsfrei
5. Hoher Wiederverkaufwert
6. Solarabsorption
7. Phasenverschiebung
8. Wärmeschutz
9. Schlagregenschutz
10. Schallschutz
11. Brandschutz
12. Wirtschaftlichkeit
13. Ökologie
14. Unempfindlich gegen Algenbefall
15. Behaglichkeit

# Die **15 Vorteile** der zweischaligen Außenwand mit Ziegel-Verblendmauerwerk

## 1. Unbegrenzte Lebensdauer

Ziegel werden aus natürlichen Rohstoffen, Lehm, Ton und tonigen Massen, bei Temperaturen von über 1000 °C gebrannt. Die Kraft des Feuers verwandelt die Erde zum keramischen Scherben und festigt die einzigartigen Eigenschaften des Ziegels.

Das einzigartige des Ziegels ist die beim keramischen Brand vollzogen Umwandlung der natürlichen Rohstoffe, bei der alle Stoffkomponenten unlösbar miteinander verbacken werden.



Dadurch wird der Ziegel zum festen keramischen Material mit einem kapillaren Porengefüge. Diese Struktur ist einzigartig und gewährleistet das hervorragende Feuchtigkeitsverhalten von Ziegelerzeugnissen und das bewährte Ziegelwohlklima.

Während für die übrigen Mausteine bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung meist nur eine begrenzte Nutzungsdauer zugrunde gelegt wird, wird die Lebensdauer von Vormauerziegel und Klinker sehr hoch angesetzt und in Jahrtausenden bemessen. Versicherungen kalkulieren die Lebensdauer von Gebäuden mit 100 Jahren. Bauwerke mit Ziegelverblendmauerwerk bleiben jedoch noch lange danach standfest. Über 1000 Jahre alte Zeugen der Ziegelbaukunst gibt es in der ganzen Welt.



## 2. Dauerhaft farbecht

Die Vielfalt der natürlichen Tonvorkommen, moderne Brenntechnik mit Temperaturen um 1000 °C, aber auch überlieferte Brennkunst, Tradition und Erfahrung der Ziegler begründen die Farbpalette.



Eine 3 Jahre Alte Verblendschale aus Betonsteinen wirkt fleckig und farblos. Die künstlichen Farbzusätze sind nicht dauerhaft alterungs- und UV-beständig.



Für den Farbton von Verblendziegeln sind die natürliche Rohstoffzusammensetzung und der keramische Brand maßgebend. Der Farbton ist dauerhaft und bleicht auch bei extremen hygri-schen und Thermischen Einflüssen nicht aus (hier eine 100 Jahre alte Ziegelfassade).

Verblendziegel sind in einer erstaunlichen Farbvielfalt zu haben. Dies ist vor allem den vielen wissenschaftlichen Forschungen über Auswirkungen von Temperatur auf Ton und der Reaktion der im Rohstoff enthaltenen natürlichen Bestandteile während des Brennprozesses zu verdanken. Doch im Zusammenwirken vieler chemischer und physikalischer Einflussfaktoren beim Brennen bleibt viel Raum für Zufälle.

Das keramische Material sowie moderne Fertigungs- und Oberflächengestaltungen ermöglichen grenzenlose Farbvarianten und Schattierungen, bringen natürliche Farbigkeit und faszinierende Ausstrahlung in die Fassade. Schon naturrote Ziegelfassaden begeistern seit jeher durch reizvoll-changierende Farbspiele. Der Grund liegt im Wesen der Keramik: Geringfügige Unregelmäßigkeiten in Oberflächenstruktur und Farbe gehören zum Naturbaustoff Verblendziegel wie Farbzeichnung und Maserung zur optischen Eigenart des Holzes.

Fünf Grundarten unterschiedlicher Farbgestaltung zeichnen Verblendziegel aus - naturfarbene, durchgehend gefärbte, engobierte, glasierte und gedämpfte Verblendziegel. Bereits die naturrote Brennfarbe, die sich allein aus naturbelassenen Rohstoffen und deren spezifischen Brenntemperaturen ergibt, umfasst ein breites Spektrum naturroten Farbspiels. Ein gedämpfter Verblendziegel weist eine graublau-silbrige Färbung auf, die durch sauerstoffreduzierten Brand entsteht. Aus einem sonst rot brennenden Ziegel entwickelt sich ein grau- bis anthrazitfarbener Verblendziegel.

Ziegelfassaden behalten ihren ästhetischen Reiz über die gesamte Lebensdauer. Ziegelerzeugnisse stellen den einzigen, künstlich hergestellten Mauerstein dar, dessen Farbton mit zunehmendem Alter nicht ausbleicht oder sich verändert. Dies ist darin begründet, dass der Ziegel ausschließlich aus natürlichen Rohstoffen und ohne Bindemittel hergestellt wird. Während bei den anderen Mauersteinen das Bindemittel für die Festigkeit des Korngerüsts maßgebend ist, geschieht dies bei einem Mauerziegel durch die hohe Brenntemperatur im Brennofen. Der Nachteil von bindemittelhaltigen Baustoffen besteht darin, dass das Bindemittel (Kalk, Zement) mit der Zeit unter Einwirkung von Umwelteinflüssen seine ursprüngli-

chen Eigenschaften ganz oder teilweise verliert. Die meist nur künstlich erzeugten Farbtöne, wie z. B. bei gefärbten Betonsteinen, werden mit der Zeit unter Einwirkung des sauren Regens und wegen der geringen UV-Beständigkeit ausgebleicht.

### 3. Individuelle Fassadengestaltung

Die nahezu unbegrenzte Farben- und Strukturvielfalt der Ziegel eröffnen Architekten und Bauherren großen Spielraum zur Fassadengestaltung. Der Mauerziegel im Sichtmauerwerk hat die besondere Eigenschaft, als kleinste Einheit eines Maßsystems, eines Rasters zu funktionieren und dennoch spricht er die menschlichen Sinne an durch Farbigekeit und Schattierungsreichtum, durch Greifbarkeit für das Auge, durch Tastbarkeit seiner Oberfläche und vor allem dadurch, mit ihm als Formstein fast jede künstlerische Absicht in die Tat umsetzen zu können.



Mit den kleinformigen Backsteinen sind äußerst gegensätzliche Baugedanken vereinigt: Ältestes und Neuestes, Rationalität und Romantik, Handlichkeit und Monumentalität, Normierung und künstlerisch freie Gestaltung. Der Verblendziegel in der Fassade ist ein wertvoller, bewährter und authentischer Baustoff.

Die optische Wirkung von Ziegelfassaden hängt weitgehend von den verwendeten Farben ab. Dunkle Steine wirken massiv und reduzieren optisch die Höhe des Gebäudes, während helle Steine den entgegengesetzten Effekt erzielen.

Die Oberflächenstrukturierung hängt in der Regel von der Art des Rohstoffs, dem Herstellungsverfahren und der Oberflächenbehandlung ab. Die Farbe eines Backsteins wird durch seine Oberflächenstruktur ergänzt. Durch unterschiedliche Profilierungsverfahren können die Steinoberflächen strukturiert werden. Zur Oberflächenbearbeitung stranggepresster Ziegel gehören die mechanische Bearbeitung der Sichtflächen durch genarbte Walzen und rotierende Stahldrahtbürsten, das Abschälen der glatten Presshaut und das Einwirken keilförmiger Dorne, die mittels Schablonen über die Sichtflächen geführt werden und wellige Riefen erzeugen.



Das Format ist Grundlage für Maßstab und Proportionen einer Ziegelfassade. Es prägt die optische Wirkung und zwingt den Architekten zur Ordnung in der Gestaltung seines Bauwerks. So wirkt beispielsweise eine aus kleinformatischen Steinen bestehende Fassade lebhaft, während große Steinformate eher ein ruhiges Fassadenbild vermitteln.

Die Fuge hat als Bindeglied der Einzelemente konstruktive Bedeutung und spielt auch als Gestaltungsmittel eine wichtige Rolle. Mit der Wahl der Fugenstruktur und –Farbe kann das Gesamtbild der Fassade entscheidend beeinflusst werden. Eine tief zurückliegende Fuge beispielsweise verstärkt die Licht- und Schattenwirkung durch dunklen Schattenwurf. Bündig mit der Mauerwerksoberfläche ausgebildete Fugen werfen keinen Schatten, betonen aber dafür die Gesamtfläche der Wand

## 4. Wertbeständig und dauerhaft wartungsfrei

Ein hoher Pflegeaufwand kost nicht nur Zeit und Geld. Er belastet auch die Umwelt. Deshalb sind Instandhaltungskosten ein wichtiges Kriterium für die Umweltfreundlichkeit einer Außenwand. Ziegelfassaden benötigen keine Putzsysteme oder Schutzanstriche gegen Pilze, Algen und Frosteinwirkungen

Gebannter Ton ist praktisch unverrottbar, dies beweisen uns Tontafeln, der Assyrer und in noch stärkerem Maße historische Sichtmauerwerke, denen der "saure Regen" in den letzten Jahrzehnten nichts anhaben konnte. Die Arbeitsflächen und Fußböden in chemischen Labors sind ebenso aus gebranntem Ton wie die Sohlen der Gerinne von Abwasserkanälen.

Bauwerke werden in den norddeutschen Gebieten mit höchster Schlagregenbelastung bevorzugt mit Ziegelsichtmauerwerk ausgeführt. Die Wartungsfreiheit von Ziegelfassaden beruht auf den bauphysikalischen Eigenschaften des keramischen Scherbens. Aufgrund ihrer hohen Druckfestigkeit sind die Verblendziegel im Sichtmauerwerk gegen mechanische Einwirkungen unempfindlich. Durch ihre relativ dichte Oberfläche besitzen die Verblendziegel einen Selbstreinigungseffekt: Die in der Atmosphäre befindlichen Schmutzpartikel können nicht in die Oberfläche eindringen und werden unter Einwirkung des Regens rasch abgewaschen.

Wer Anfang der neunziger Jahre in den neuen Bundesländern die schönen Ziegelfassaden der Post, Bahn und anderen Bauherren aufmerksam betrachtet hat und mit nebenstehenden, sonstigen Fassaden verglich, der konnte den Geltungswert auch älterer Ziegelfassaden sehr anschaulich schätzen lernen, insbesondere angesichts 50 Jahre fehlender Fassadenpflege.



# 5. Hoher Wiederverkaufswert

Immobilien sind nur ein sicherer Beitrag zur Altersvorsorge, wenn Sie Ihren Wert erhalten. Häuser aus Ziegelfassaden sind dauerhaft gegen Witterungseinflüsse unempfindlich und völlig wartungsfrei.

Die solide Bausubstanz einer Ziegelfassade gewährleistet eine lange Lebensdauer. Das macht sich im Wiederverkaufswert deutlich bemerkbar. Häuser mit zweischaligem Ziegelverblendmauerwerk haben einen hohen Markt- und Imagewert, wodurch sich die Wohnungen teurer verkaufen oder vermieten lassen. Dem Käufer gegenüber besticht insbesondere das Argument der 80 jährigen Wartungsfreiheit.

Wichtig ist dann ein hoher Wiederverkaufswert. Ein Haus sollte möglichst viele Käufer ansprechen. Verkaufsfördernd sind verschleißfeste Bausubstanz, marktgerechte Architektur und familiengerechte Grundrisse.

## **Fremdfinanzierung**

Das eigene Haus bedeutet für viele Bauherren den Einstieg in die Vermögensbildung, eine zusätzliche Alterssicherung, aber leider häufig auch eine langfristig hohe Verschuldung. In den meisten Fällen finanzieren Bauherren ihr neues Zuhause über die Kombination von Eigenkapital und Kredit.

Bei der Fremdfinanzierung entscheidet die Beleihungsgrenze über die Vergabe von Hypotheken. Banken oder Sparkassen achten in der Regel darauf, dass die Rückzahlung der Kredite bei einem Verkauf auch unter ungünstigen Umständen gewährleistet ist.

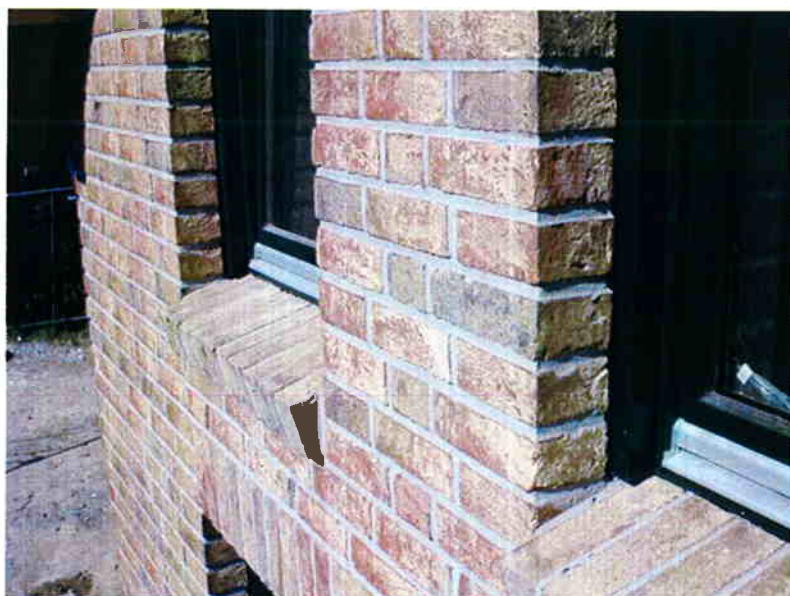
Bei geringem Eigenanteil kann die Beleihungsgrenze darüber entscheiden, ob das Bauvorhaben ausführbar ist. Die Beleihungsgrenze richtet sich danach, wie hoch die Kreditgeber das Risiko einschätzen. Mit einem Massivhaus aus zweischaligem Ziegelverblendmauerwerk ist man auch bei der Fremdfinanzierung vorn. Die Wertbeständigkeit eines massiven Eigenheims aus Ziegel sichert auch eine hohe Beleihungsgrenze.



## 6. Solarabsorption

Zweischalige Außenwand mit Ziegelverblendmauerwerk zeigt den höchsten solaren Absorptionsgrad

Die vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik durchgeführten experimentellen Untersuchungen zum Einfluss der Absorption von Sonnenstrahlung auf die Transmissionswärmeverluste von Außenwänden aus Ziegelmauerwerk haben ergeben, dass solare Effekte zu einer vom Strahlungsabsorptionsgrad abhängigen und vom Wärmedurchgangskoeffizienten unabhängigen Reduktion der Transmissionswärmeverluste an nichttransparenten Außenbauteilen wie Ziegelmauerwerk führen. Die Höhe der Einsparung ist jedoch grundsätzlich abhängig von der Einstrahlung und damit von der Orientierung, von den klimatischen Randbedingungen und von der Trübung der Luft.



Die Höhe der prozentualen Einsparungen, die eine relative große, nicht vermeidbare Messunsicherheit aufweisen, hängt vom Absorptionsgrad der Oberfläche der angebotenen Einstrahlung und der mittleren Lufttemperaturdifferenz ab.

Die Ergebnisse dieser und anderer Forschungsarbeiten zu diesem Thema hat die Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel in einem Bericht wie folgt zusammengefasst.

Die Betrachtung der Solarabsorption bei opaken Bauteiloberflächen mit den

damit verbundenen Energiegewinnungen fand über eine lange Zeit wenig Beachtung in den Bewertungsverfahren zur Ermittlung des Wärmebedarfs von Gebäuden. Die neuen europäischen Normen zur Berechnung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden ermöglichen jedoch derzeit die Berücksichtigung dieser Solareffekte, die sich beim dazugehörigen Nachweisverfahren positiv auswirken können.

Simulationsberechnungen haben ergeben, dass bei Einsatz heller, d.h. verputzter einschaliger Außenwände 1,5 – 4,5 % Heizwärme durch Solarabsorption eingespart werden kann. Bei dunklen Oberflächen liegen diese Werte zwischen 2 und etwa 8 % Energieeinsparung. Dieser Bonus ist weitgehend unabhängig von der ein- oder zweischaligen Bauweise. Schwere Außenwände zeigen allerdings höhere Verbesserungsmaße als leichte Wände wie z. B. hoch gedämmte Holzständerkonstruktionen.

Die Zusammenfassung der Auswertung der Forschungsarbeiten unterschiedlicher Autoren lässt die Schlussfolgerung zu, dass die solare Absorption auf Außenwänden zu nennenswerten Heizwärmeeinsparungen führen kann.

Bei hoch absorbierenden Oberflächen wie z. B. dunklen Vormauerziegel- und Klinkerwänden sind die höchsten Verbesserungswerte von bis zu 26% an südorientierten Wänden erreichbar. Die Reduzierung des Heizwärmebedarfs durchschnittlicher Gebäudes fällt auf Grund

des geringen Anteils der Außenwände an den Gesamtverlust nur noch vermindert in Gewicht. Etwa 2 bis 8% Heizwärmeeinsparung sind in der Praxis bei unverschatteten Fassaden möglich.

## 7. Phasenverschiebung

Die wärmedämmenden Eigenschaften eines Bauteils verringern den Wärmedurchgang von der warmen zur kalten Seite. So reduziert z. B. eine gute Wärmedämmung der Außenbauteile den Heizenergiebedarf eines Gebäudes. Zudem werden durch eine gute Wärmedämmung die tageszeitlich, witterungs- oder nutzungsbedingten Temperaturschwankungen geringer, was zur Verbesserung der Behaglichkeit des Raumklimas beiträgt.

Der Vorgang der Wärmespeicherung in seinem zeitlichen Ablauf sei am Beispiel einer Ziegelverblendschale dargestellt: Scheint die Sonne auf eine Verblendschale, so erwärmt sich diese allmählich. Die höchste Temperatur tritt an der Rückseite der Verblendschale erst auf, wenn sie außen schon wieder abgeklingen ist. Diese **Phasenverschiebung** bewirkt, dass ein Teil der eingestrahelten Wärmemenge nach Rückgang der maximalen Außentemperatur nicht weiter nach innen vordringt, sondern wieder an die bereits abgekühlte Außenseite zurückfließt. Daher schwanken die Temperaturen an der Außenoberfläche einer Außenwand weit mehr als an der Innenoberfläche. Als Faustregel gilt, dass ein Material Wärme umso besser speichern kann, je schwerer es ist. Zweischalige Außenwände sind durch die Wirkung der Ziegelverblendschale nicht nur speicherfähig, sondern vor allem auch wärmedämmend.

Die hervorragende Phasenverschiebung bei massiven Ziegelverblendschalen trägt dazu bei, dass Oberflächentemperatur der Fassade nicht stark abkühlen kann. Auch bei ungünstigen makroklimatischen Bedingungen, wie z. B. permanente Feuchtigkeit, geringe Sonnenbestrahlung durch Verschattung, haben sich die Ziegeverblendschalen in Norddeutschland und an den Küstenregionen als besonders widerstandsfähig und unempfindlich gegen Witterungseinflüsse oder auch Algenbefall über viele Jahrhunderte bewährt.

Besonders anfällig für den Algenbewuchs sind dagegen die Wärmedämmverbundsysteme, bei denen die Putzschicht nur wenige mm dick ist. 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.

Algen können die Fassadenoberflächen chemisch und physikalisch verändern. Es wäre also nicht richtig, wenn man bei Algenbewuchs nur von einem optischen Mangel sprechen würde. Der Algenbefall verändert die Feuchtigkeitskonzentration an der Bauteiloberfläche. Algen an Fassadenoberflächen sind Feuchtigkeitsindikatoren, die eine hemmende Wirkung auf die Feuchtigkeitsverdunstung ausüben. Die Konsequenz daraus ist nicht nur die Erhöhung der Frostgefahr mit anschließendem Zerfall der Bausubstanz an der Bauteiloberfläche, sondern auch eine schnelle Verschmutzung der Fassade als Folge der Ablagerung von Schmutz und Staubpartikeln an der feuchten Fassadenoberfläche. Dies führt zu einer Verkürzung der Zeitintervalle für die Instandsetzungsmaßnahmen an der Fassadenoberfläche.



**Neubau eines Bürogebäudes in Oldenburg mit Außenwänden aus einem WDVS. System STO**

Neubau, Februar 2003 ·



Algen und Pilzbefall,  
Dezember 2005 ·



Gerüstaufbau zur Instandsetzung der  
Fassade, April 2007

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Speicherfähige Bauteile führen bei kontinuierlicher Raumnutzung zu erhöhter Behaglichkeit des Raumklimas im Gebäudeinneren (Grund: geringe Schwankungen der Raumlufttemperaturen, niedrigere Temperaturspitzen im Sommer, langsamerer Temperaturrückgang bei Ausfall der Heizung).

Die Speicherung der in der Übergangszeit und im Winter durch Fensterflächen einfallenden Sonnenenergie wirkt sich positiv auf das energetische Verhalten der Gebäude aus. Speichermassen in dauernd genutzten Räumen erlauben eine Beheizung mit trägen Heizsystemen.

Ein Verzicht auf wärmespeichernde Bauteile bietet sich bei Gebäuden an, die nur gelegentlich genutzt werden (Lager, Versammlungsstätten). Sind diese Gebäude in leichter Bauweise erstellt, können sie mithilfe rasch regelbarer Heizungsanlagen schnell aufgeheizt werden, um nach ihrer Nutzung ebenso schnell wieder abzukühlen.

## 8. Wärmeschutz

Zweischalige Außenwände mit Ziegelverblendmauerwerk ist eine bewährte Wandkonstruktion, die in DIN 1053-1 genormt ist. Sie wird in DIN 4108-3 für die Gebiete mit hoher Schlagregenbeanspruchung (Beanspruchung III) empfohlen.

Diese Wandkonstruktion bietet neben den bereits seit Jahrzehnten bekannten bauphysikalischen Vorteilen beim Feucht- und Schallschutz auch einen hervorragenden Wärmeschutz. Durch die Variation der Baustoffstärke und -art für die Mauersteine der tragenden Innenschale und die Wärmedämmung in der Hohlschicht kann jedes Wärmedämmniveau problemlos erreicht werden. Insofern wird die zweischalige Außenwand in den vergangenen Jahren zunehmend zur Realisierung von besonders energieeffizienten Häusern, wie z. B. Niedrigenergiehäuser, Passivhäuser, 3 Liter Häuser sowie KfW 40 und 60, bevorzugt.

Mit der EnEV soll der Heizenergiebedarf von Neubauten um ca. 30 % gegenüber den bisherigen Anforderungen gesenkt werden. Was bisher als Niedrigenergiehausstandard galt, wird zur Regel.



Der bereits seit mehreren Jahren anhaltende Trend zur zweischaligen Bauweise wird mit der Einführung der EnEV neue Impulse bekommen. Als einzige

Außenwandkonstruktion mit einer hundertjährigen Erfolgsgeschichte erfüllt die zweischalige Außenwand mit einem bauphysikalisch bewährten Konstruktionsprinzip die heutigen Anforderungen der EnEV und an Passivhäuser problemlos.

Das zweischalige Ziegelverblendmauerwerk eignet sich insbesondere für die Passivhäuser, bei denen eine sehr gut gedämmte

Gebäudehülle gefordert wird. Der für die Außenwände von Passivhäusern geforderte Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert  $\cdot 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  wird mit dieser Wandkonstruktion nicht nur erreicht, sondern auch deutlich unterboten.

Beispiel:  
Für den folgenden Wandaufbau

1,5 cm Innengipsputz  
24 cm tragende Innenschale aus Poroton  
20 cm Steinwolle  
10,5 cm Ziegel-Verblendmauerwerk

**U-Wert = 0,11  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$**

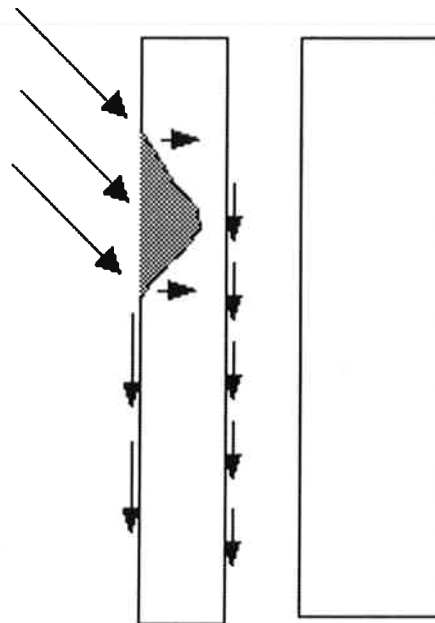
Unter Beachtung aller relevanten Aspekte für die Wahl einer Außenwandkonstruktion, wie z. B. Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Individuelle Gestaltungsvielfalt, wird das zweischalige Ziegelverblendmauerwerk auch bei den künftigen energieeffizienten Häusern ihre dominierende Marktposition in Norddeutschland behaupten und weiter ausbauen.

## 9. Schlagregenschutz

Ausschlaggebend für die hervorragende Widerstandsfähigkeit von zweischaligen Außenwänden gegen extreme Witterungseinflüsse an den Küstengebieten ist vor allem die Verwendung von bindemittelfreien Ziegeln in der Verblendschale. Die Verblendziegel weisen aufgrund ihrer natürlichen Rohstoffzusammensetzung besonders günstige, hygrische Eigenschaften auf.

Ziegel besitzen die niedrigste Gleichgewichtsfeuchte unter allen Baustoffen. (1,5 Vol.%) Dies wirkt sich auf das Schwind- und Quellverhalten von Verblendschalen positiv aus. Die Längenänderungen und Verformungen der Verblendschalen aus Ziegeln sind gegenüber anderen Baustoffen am geringsten. Dies macht sich auch in der konstruktiven Detailplanung in der Weise bemerkbar, dass der Abstand der vertikalen Dehnungsfugen in der Verblendschale deutlich größer (etwa doppelt groß) gewählt werden kann als bei anderen Mauersteinen, wie Kalksand- und Betonsteine.

Grundsätzlich haben sich unbehandelte, bindemittelhaltige Mauersteine, wie z. B. Beton-, oder Kalksandsteine, in der Verblendschale der zweischaligen Außenwände bisher nicht als dauerhaft und wertbeständig erwiesen. Sie sind schmutzanfällig, nicht farbbeständig und bedürfen genauso wie die Putzfassaden einer regelmäßigen Wartung.



Aufgrund von besonders günstigen bauphysikalischen Eigenschaften ist die zweischalige Außenwand mit Verblendmauerwerk nach DIN 4108 Teil 3 in der höchsten Beanspruchungsgruppe III bei Niederschlagsmengen von über 800 mm pro Jahr eingestuft.

Die Ziegelverblendschale hat eine ausgezeichnete Kapillarität und ist diffusionsoffen. Die Diffusionswiderstandszahl der Vormauerziegel liegt bei 5 bis 10, bei Klinker bei 50 bis 100. Aufgrund der Kapillarität der Verblendschale gehört die zweischalige Wand gemäß DIN 4108-3 zu den Bauteilen, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich. Und dies gilt völlig unabhängig davon, ob die Wand als Kerndämmung oder mit Luftschicht und Dämmung ausgeführt wird.

Das Eindringen des Regenwassers in die Wand erfolgt im Wesentlichen durch den Staudruck des Windes und die Kapillarwirkung der Mauersteine. Als wichtigste Treibkraft für das Eindringen des Regenwassers in die Baustoffe gelten jedoch in Norddeutschland die Windkräfte, die das Wasser in die Poren der Baustoffoberfläche hinein pressen. Bis zur Fertigstellung der Verblendschale muss mit zeitweise völliger Durchfeuchtung der Innenschale gerechnet werden.

Baustoffe mit feinsten durchgehenden Kapillaren, wie z. B. Ziegel, besitzen dagegen eine große Kapillarleitfähigkeit, die eine rasche Austrocknung des Bauteils ermöglicht. Der Feuchtigkeitsgehalt sinkt bei solchen Baustoffen verhältnismäßig schnell, da das Wasser aus dem Stein infolge des Kapillarsoges an die Oberfläche befördert wird und dort verdunsten kann. Aus diesem Grunde sinkt bei aus Ziegeln bestehenden Wänden die Feuchtigkeit ziemlich gleichmäßig über den ganzen Wandquerschnitt. Die Bildung eines feuchten Kerns im Innern des Mauerwerks tritt gar nicht auf. Der Kalksandstein liegt in seinem Austrocknungsverhalten zwischen diesen beiden Baustoffen.

## 10. Schallschutz

Stets mindestens um 5 dB besser als bei monolithischen Wänden

Der Schallschutz in Gebäuden hat eine große Bedeutung für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen.

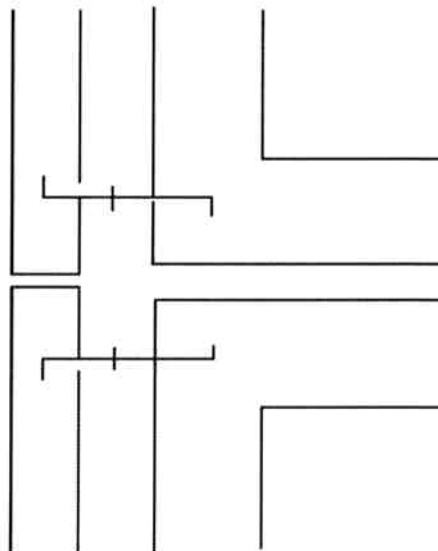
In DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" sind Anforderungen an den Schallschutz mit dem Ziel festgelegt, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen.

Die Schalldämmung eines Bauteils hängt in erster Linie von der flächenbezogener Masse ab.

Zur Berechnung der flächenbezogenen Masse von Mauerwerkswänden sind in DIN 4109 Wandrohdichten in Abhängigkeit von den verwendeten Mauersteinen und der Rohdichte des Mauermörtels angegeben.

Bei zweischaligen Außenwänden nach DIN 1053-1 mit oder ohne Luftschicht darf das bewertete Schalldämmmaß  $R'_{w,R}$  aus der Summe der flächenbezogenen Massen beider Schalen, wie bei einschaligem Mauerwerk mit biegesteifen Wänden, ermittelt werden. Der so ermittelte Wert darf um 5 dB erhöht werden, da die Luftschicht bzw. die Dämmschicht zwischen den Schalen einen zusätzlichen Schallschutz ergibt.

Der Zuschlagwert darf sogar 8 dB betragen, wenn die flächenbezogene Masse der auf die Innenschale der Außenwand anschließender Trennwände größer als 50% der flächenbezogenen Masse der inneren Schale der Außenwand ist.



Die oben beschriebenen Merkmale der zweischaligen Außenwand bedeuten, dass mit dieser Wandkonstruktion im Vergleich zu einschaligen Wänden stets erhebliche bessere Schalldämmwerte zu erreichen sind.

Zweischalige Außenwände erreichen bewertete Schalldämmmaße  $R'w$  von 55 bis 60 dB und darüber. Grund ist der mehrschichtige Aufbau: Dieser wirkt wie ein Masse-Feder-Masse-Schwingungssystem. Massive Schalen, unterschiedlich dick und schwer, brechen die Schallwellen, verhindern Resonanzen. Wichtig ist die wirkungsvolle Trennung durch Luftschicht und/oder Dämmung. Drahtanker und Abfangungssysteme begrenzen zwar die Schalldämmung insgesamt, behindern jedoch nicht die Vorteile des zweischaligen Schalldämm-Systems.

Mit zweischaligen Außenwänden können nicht nur die Mindestanforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109, sondern auch die erhöhten Anforderungen nach Beiblatt 2 problemlos erfüllt werden.

# 11. Brandschutz

## Baustoffklassen nach DIN 4102-1 und Euroklassen

Der Ziegel ist bereits für den Bauherrn durchs Feuer gegangen. Wände aus Ziegel erfüllen die Anforderungen der DIN 4102 an die Feuerwiderstandsklasse F 90 "feuerbeständig".

Ziegel setzen keine giftigen Rauchgase frei und brennen auch nicht. Im Gegenteil, sie behindern die Brandausbreitung. Mit Ziegel schafft man die Grundvoraussetzung für maximale Sicherheit.

Eines der wichtigsten Kriterien für die Beurteilung von Baustoffen ist ihr Verhalten im Brandfall. Die brandschutztechnische Einstufung von Baustoffen erfolgte bisher nach DIN 4102-1. Dort wird unterschieden zwischen nichtbrennenden (Baustoffklasse A) und brennenden Baustoffen (Baustoffklasse B). Die Einstufung in Baustoffklassen erfolgt entweder mit genormten Brandversuchen nach DIN 4102-1 oder bei entsprechend bewährten Baustoffen anhand einer Klassifizierung in DIN 4102-4.

Brandschutzklassen von Baustoffen

Baustoffe, z.B. Stahl, Steine, Holz, Dämmstoffe, werden nach ihrem Brandverhalten in Klassen eingeteilt. **Vormauerziegel und Klinker sind nicht brennbar und entsprechen als klassifizierte Baustoffe der Baustoffklasse A1.**

Die Einstufung in Euroklassen erfolgt über die in der Europäischen Kommission festgelegten Prüfverfahren oder bei bewährten, nichtbrennbaren Bauprodukten der Euroklasse A1 über die Entscheidung 2000/605/EG.

Bei zweischaligen Außenwänden wird nur die tragende innere Schale brandschutztechnisch beurteilt. Die äußere nichttragende Verblendschale schützt die innere Schale bei Brandbeanspruchungen von außen und darf nach DIN 4102-4, Abschnitt 4.5.2.10, wie eine Putzschicht angesetzt werden.

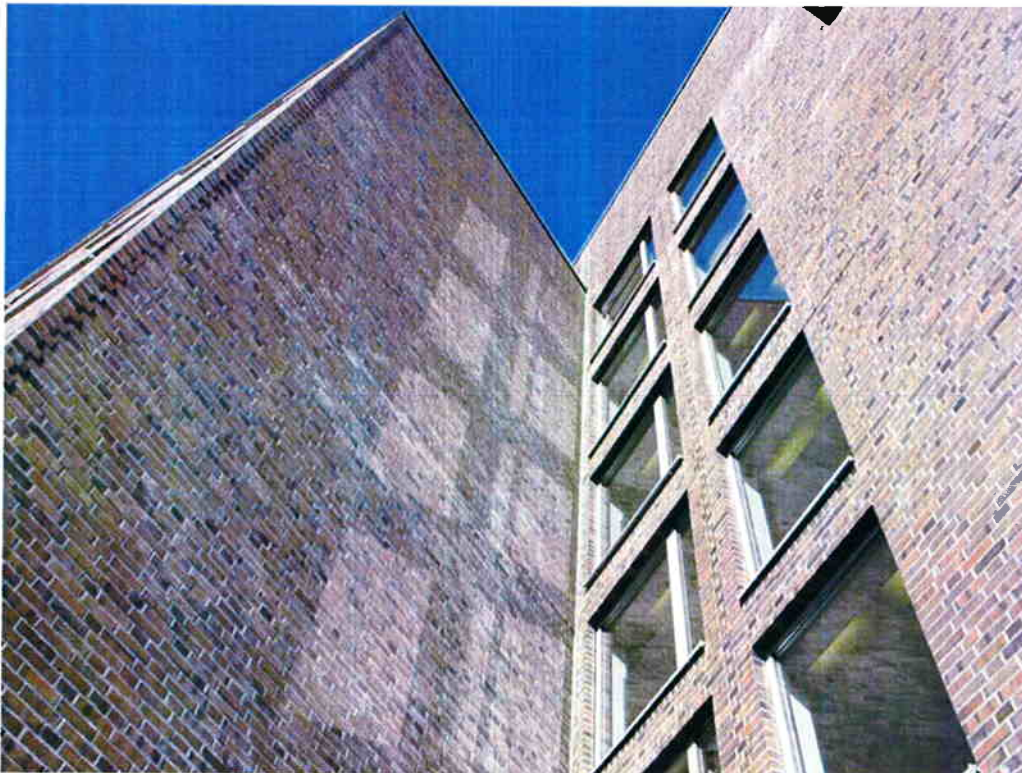
Für die innenseitig verputzte tragende Schale von zweischaligen Außenwänden dürfen daher die Werte für verputztes Ziegelmauerwerk angesetzt werden. Der Putz ist dabei nur auf der Raumseite, nicht aber zwischen den Schalen erforderlich.

# 12. Wirtschaftlichkeit

Dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnungen (80 Jahre 4 % Realzins) zeigen, dass zweischalige Außenwände mit Ziegelverblendmauerwerk etwa die gleichen Barwerte benötigen wie einschalige Mauerwerkswände mit WDVS; d. h. sie kosten auf lange Sicht das gleiche. Insofern ist es völlig falsch, wenn bei der Investitionskosten die späteren Instandhaltungskosten vernachlässigt werden.

Es wurde außerdem festgestellt, dass mit zunehmender Wärmedämmung ein wirtschaftlicher Vorteil für die zweischalige Wand eintritt, weil für z. B.  $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  noch nicht 10 cm zusätzliche Wärmedämmung benötigt wird.

Fassaden mit WDVS mit 17,5 cm Hintermauerung und Steinen der Rohdichte  $1,2 \text{ kg/m}^3$  sind zwar einige cm schlanker als zweischalige Wände mit Kerndämmung, aber sie bieten auch einen geringen Schallschutz. Das wird selbst bei 24 cm Hintermauerung nicht so gut wie bei den zweischaligen Wänden mit 17,5 cm Innenschale, die dann insgesamt etwa gleich dick sind wie die WDVS-Wände.



Auch beim Primärenergiebedarf liegen die zweischaligen Wände niedriger. Nach 80 Jahren Nutzungsdauer liegen sie sogar erheblich günstiger. Mit zunehmender Wärmedämmung ( $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) vergrößert sich der Vorsprung der zweischaligen Wände gegenüber WDVS-Wänden.

Keine andere Wandkonstruktion ist so wertbeständig und Robust. Eine zweischalige Wand mit Ziegelverblendmauerwerk ist ein Leben lang wartungs- und reparaturfrei. Schmutzpartikeln können sich an der Mauerwerksoberfläche nicht absetzen und werden durch Regen abgewaschen. Die Mehrkosten für eine zweischalige Außenwand mit Ziegelverblendmauerwerk haben sich gegenüber einer Fassade mit Wärmedämmverbundsystemen spätestens dann amortisiert, wenn die Putzfassade zum ersten Mal erneuert wird.

Wegen ihrer sehr niedrigen Instandhaltungskosten sind zweischalige Außenwände mit Ziegelverblendmauerwerk langfristig meist sogar kostengünstiger als Wärmedämmverbundsysteme.

## 13. Ökologie

Wer heute baut, prägt die Umwelt von morgen, ihre mögliche Schönheit und Harmonie. Er kann aber Belastungen schaffen, die sich für lange Zeit als schädigende Einflüsse auswirken können. Das Bauen ist daher so zu planen, dass unsere Welt so wenig wie möglich belastet wird.

Ökologische Aspekte: Der Rohstoff für Ziegel kommt aus dem Boden unseres Umfeldes und wird heute mit modernsten Anlagen ebenso umweltschonend und sorgsam bearbeitet.

Ziegel geben keine schädlichen Stäube, Fasern oder Gase ab.

Bei späterem Abbruch des Gebäudes entstehen keine Probleme bei der Materialtrennung. Monolithische Ziegelwände lassen sich einfach entsorgen und das Ziegelmaterial ist sogar wiederverwertbar

Häuser mit zweischaligem Ziegelverblendmauerwerk zeichnen sich durch eine lange Lebensdauer und niedrige Unterhaltskosten aus. Auch aus ökologischer Sicht ist dies im Vergleich zu Produkten mit kürzerer Nutzungszeit zu bevorzugen.

Die zweischalige Außenwand wird in einem ökologischen Baustoffratgeber des Landesinstitutes für Bauwesen und angewandte Bauforschung NRW als **Ökologisch empfehlenswert bis sehr empfehlenswert** eingestuft. Dagegen wird die Außenwand mit WDVS bei Neubauten als Ökologisch nicht empfehlenswert bewertet.

Je länger die Lebensdauer eines Hauses, desto besser für die Umwelt. Irgendwann ist es widerrufflich so weit: Das Haus muss abgebrochen werden. Mineralische Baustoffe sind kein Sondermüll.



# 14. Unempfindlich gegen Algenbefall

Der Grund für die Verhinderung des Risikos von Algenwachstum bei Einsatz von Ziegeln als Wetterschutzschicht liegt in der größeren Wärmespeicherfähigkeit des keramischen Baustoffs, die einer Unterkühlung durch langwellige Abstrahlung entgegen wirkt. Fehlendes Wasser durch Tauwasserbildung an der Wandoberfläche vermindert das Risiko der Algenbildung.

Die aktuelle Brisanz dieser Thematik wird durch das 4. Dahlberg-Kolloquium "Algen und Pilze auf Fassaden II" (8. und 9. Mai 2003) belegt. Heute werden algenbefallene Fassadenoberflächen von Mietern und Eigentümern nicht mehr klaglos hingenommen. Ein Trend, den auch Wohnungsbaugesellschaften verzeichnen, denen die Mieter wegen unansehnlich gewordener Fassaden nicht selten davon laufen. Auch der bislang einzige Lösungsansatz, Algen und Pilze auf WDVS-Systemen zu verhindern, findet auf Grund des gewachsenen Umweltbewusstseins in der Öffentlichkeit kaum Akzeptanz: Denn die gebräuchlichste Methode bestehe darin, algizide und fungizide Wirkstoffe - also Gifte

- den Putz- und Farbschichten beizumengen. Allerdings können Biozide nur dann wirksam werden, wenn sie eine gewisse Löslichkeit besitzen, da sie sonst von den Mikroorganismen nicht aufgenommen werden. Durch die notwendigen Auswaschvorgänge ist die Dauerhaftigkeit dieser Maßnahme begrenzt. Planer, aber auch bauausführende Unternehmen seien gehalten, bei Einsatz einer Vollwärmespeicherung den Bauherren von vornherein auf die Gefahr bzw. das Risiko von Verunreinigungen durch Algen und Pilze hinzuweisen.



Die Aufgaben einer Außenwandkonstruktion bestehen nicht nur in der Erfüllung des baulichen Wärmeschutzes, sondern auch im Schutz der Gebäudehülle vor Schäden aus klimabedingten Feuchteeinwirkungen, thermischer Beanspruchung sowie in der Schaffung eines thermisch behaglichen Raumklimas für die Bewohner. Bei Auswahl bzw. Festlegung der Außenwandkonstruktion müssen daher bautechnische, bauphysikalische und wirtschaftliche Aspekte in Einklang gebracht werden.



Die neuesten Erkenntnisse mit Algenbildung auf hoch wärmegeämmten Fassaden mit Wärmedämmverbundsystemen bestätigen die längst bekannte These, dass Bauweisen nur dann dauerhaft sind, wenn sie auf die regionalen klimatischen Beanspruchungen abgestimmt werden. Die mittlere relative Luftfeuchte in Norddeutschland von etwa 85% an 100 bis 150 Tagen im Jahr stellt äußerst günstige Bedingungen für das Wachstum von Algen auf Fassaden aus Wärmedämmverbundsystemen dar. Mit der Zunahme der Algenbildung an Fassaden aus Wärmedämmverbundsystemen ist deutlich geworden, dass die Umsetzung dieser Bauweise nur bis zu einer bestimmten Dämmstärke praxistauglich ist. Es sei denn, die regelmäßigen Reinigungs- und Anstrichkosten des Putzes werden bereits bei der Planung einkalkuliert.

Die bekannt gewordenen Ergebnisse mit Algen auf Fassaden aus Wärmedämmverbundsystemen sind weiterhin ein Beleg dafür, dass es falsch ist, wenn als Kalkulationsgrundlage für die Errichtung von Neubauten nur die Herstellungskosten und nicht die anfallenden Wartungskosten zugrunde gelegt werden.

Der Baustoff Ziegel im Sichtmauerwerk hat sich über Jahrhunderte als widerstandsfähig und dauerhaft gegen extreme Witterungseinflüsse, wie z. B. an den Küstengebieten, bewährt. Zweischalige Außenwände mit Ziegel-Verblendmauerwerk stellen auch eine gute Alternative für die Wahl der Außenwandkonstruktion bei den besonders energieeffizienten Häusern, wie z. B. Passivhäusern, dar. Sie erfüllen die Anforderungen der Passivhäuser hinsichtlich eines sehr niedrigen U-Wertes, und bieten zugleich die seit Jahrzehnten bewährten Vorteile der Ziegelfassaden in Norddeutschland.



Unter Beachtung aller relevanten Aspekte für die Wahl einer Außenwandkonstruktion, wie z. B. Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Gestaltungsvielfalt und Bauphysik, wird die zweischalige Außenwand mit Ziegelverblendmauerwerk auch bei den besonderen modernen Energiesparhäusern der Zukunft eine dominierende Rolle einnehmen.

Die bei über 1000 °C gebrannten Vormauerziegel und Klinker in der Verblendschale sind weiterhin der Garant dafür, dass sich auch auf den Oberflächen von hoch wärmegeämmten zweischaligen Außenwänden keine Algen ansiedeln können.

# 15. Behaglichkeit

Wann man sich für ein aus zweischaligem Ziegelverblendmauerwerk bestehendes Haus entscheidet, kann sicher sein, dass ein dauerhaft behagliches und gesundes Raumklima garantiert ist. Insbesondere mit einer tragenden Innenschale aus Wärmedämmziegeln erreicht man nach der Baufertigstellung am schnellsten trockene Räume, welche als unabdingbare Voraussetzung für gesundes und behagliches Raumklima gelten. Während Ziegelverblendschalen dafür sorgen, dass die tragenden Innenschale dauerhaft vor Regeneinwirkung, Frost und Hitze geschützt ist, trägt eine tragende Innenschale aus Ziegel dazu bei, dass folgende für die Behaglichkeit des Raumklimas relevanten Eigenschaften stets erfüllt sind:

## - Bindemittelfrei, Gesundes Klima

Da der Baustoffe Ziegel aus natürlichen Rohstoffen, Lehm, Ton, geformt und bei Temperaturen von über 1000 °C gebrannt wird, ist er der Garant für ein gesundes Wohnklima. Im Gegensatz dazu sind bindemittelhaltige Mauersteine, wie z. B. Kalksandstein, Porenbeton oder Beton, kalk- oder zementhaltig. Das Bindemittel bewirkt, dass die Feuchtigkeit über eine längere Zeit im Mauerstein bleibt. Insbesondere bei Porenbetonsteinen bildet sich bei einer Bauteildurchfeuchtung während der Ausführung die so genannte Kernfeuchtigkeit, deren Verdunstung aufgrund geringer Kapillarität bei Porenbetonsteinen mehrere Jahre andauern kann. Dies führt häufig dazu, dass sich auf den Innenwände im Bereich der Wärmebrücken Schimmelpilz ansiedelt.

## - Frei von Giften und Allergien

Wasser, Erde und Feuer. Ziegel sind reine Naturbaustoffe. Sie erhalten keine Fasern, entwickeln weder Stäube noch chemische Substanzen ab.

## - Keine Schimmelgefahr

Ziegel sind stets diffusionsoffen und tragen zu einem optimalen Wasserdampfausgleich bei. Die Wandoberflächen trocknen durch die hervorragende Kapillarität sehr schnell aus, weshalb die Gefahr einer Schimmelbildung ausgeschlossen werden kann.



## Elektro-Smog

Menschen empfinden den unsichtbaren Elektrosmog als eine Art Bedrohung. Zweischalige, massive Ziegelwände schützen ohne zusätzliche Maßnahmen gegen Strahlungen aus Sendemasten für Mobiltelefone und Starkstromleitungen. Die meisten zweischaligen Außenwände können aufgrund ihrer relativ breiten Wanddicke und ihres hohen Wandgewichts solche Strahlungen zu 100 % abschirmen.

Dr.-Ing. N. Altaha  
ZIEGEL-Anwendungstechnik und -Bauberatung  
Fachverband Ziegelindustrie Nord e. V.  
Bahnhofsplatz 2a  
26122 Oldenburg  
Tel.: 0441/2102612  
Fax: 0441/2102620  
Mobil: 0173/8607238

Mail: [altaha@ziegelindustrie.de](mailto:altaha@ziegelindustrie.de)

# 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 biocides 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. m<sup>2</sup>, 2011 – 42,5 Mio. m<sup>2</sup>, 2012 – 40,1 m<sup>2</sup> [1].

Die Zunahme des Algenbefalls an Fassaden aus WDVS hängt nach bisherigen Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts damit zusammen, dass die Erhöhung der Wärmedämmdicke 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

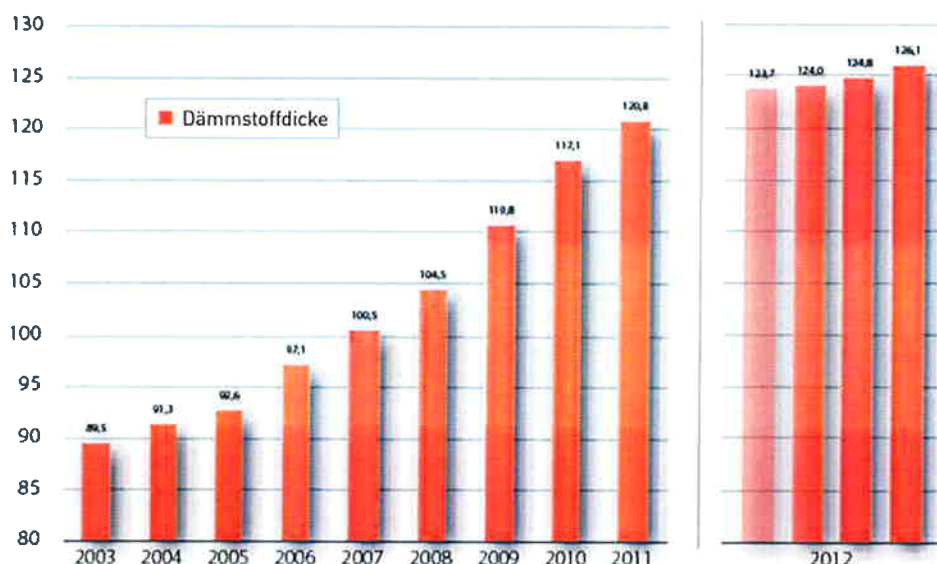


Bild 1. Entwicklung der Dämmstoffdicke bei Außenwänden aus WDVS seit 2003 [1]

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

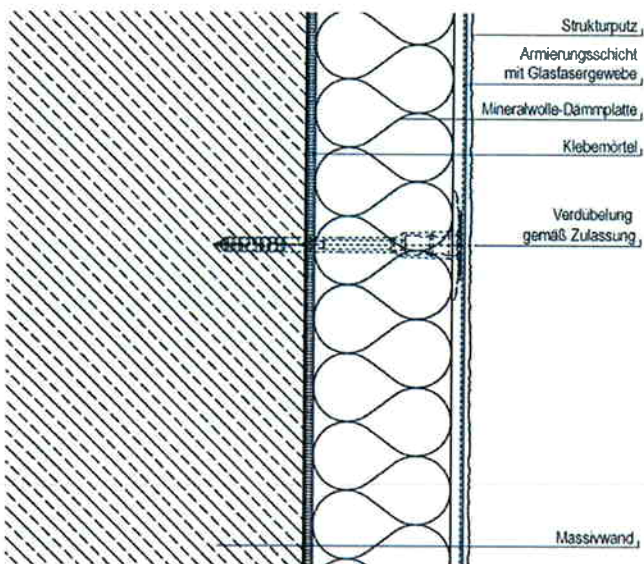


Bild 2. Aufbauprinzip eines Wärmedämmverbundsystems mit Putz als Deckschicht [6]  
Fig. 2. Assembly of the thermal insulation composite system with plaster as top layer

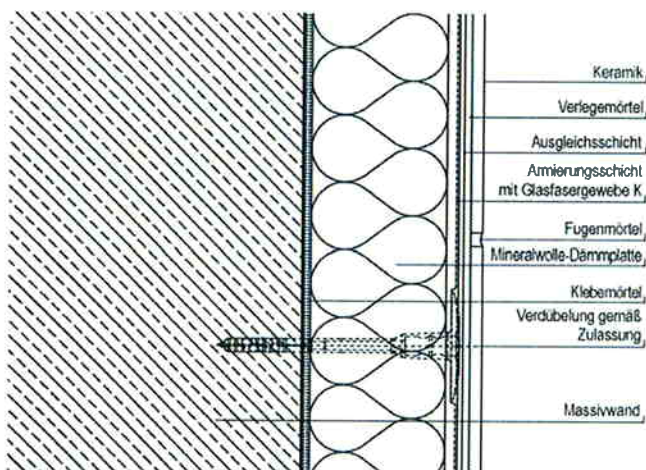


Bild 3. Aufbauprinzip eines Wärmedämmverbundsystems mit Klinkerriemchen als Deckschicht [6]  
Fig. 3. Assembly of a thermal insulation composite system with clinker tiles as top layer

geringe Bewegungen des Untergrundes sowie Dehnungs- und Spannungen aufnimmt und die Grundlage für die Deckschicht bildet. 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 langweiliger 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 facade 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 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, Diron 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 Bewuchsrisko 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 Farbstrichen 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.  $10 \text{ g/m}^2$  abtupfen lassen, finden sich auf dem Putz-Anstrich-System Tauwassermengen zwischen  $50$  und  $60 \text{ g/m}^2$ . 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

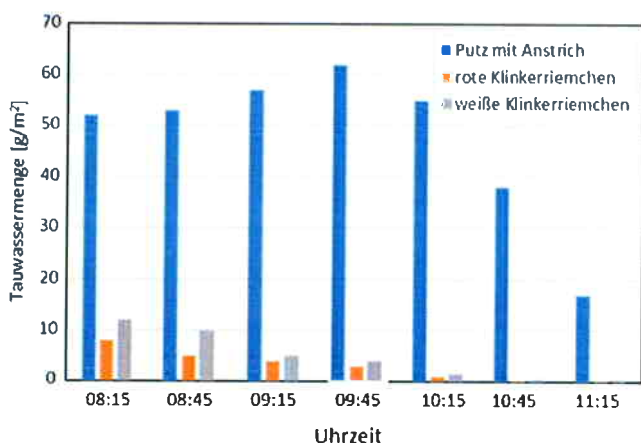


Bild 11. Gravimetrisch durch Abtupfen ermittelte Tauwassermenge auf den Wandflächen an einem Septembertag  
Fig. 11. Amount of melt water on the wall surface on a day in September that have been investigated gravimetrically by dabbing

## 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. Weit aus 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 Frosttauwechsels 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](http://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 langweilliger 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](http://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 – ökotoxikologische 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 greenbuilding, 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



**ZIEGEL**

**Fachverband Ziegelindustrie Nord e. V.**

Bahnhofsplatz 2a · 26122 Oldenburg

Tel. 0441 / 210 26 12

Fax 0441 / 210 26 20

[fachverband@ziegelindustrie.de](mailto:fachverband@ziegelindustrie.de)