



Energieeffizienz mit Ziegelfassaden Zweischaliges Mauerwerk mit Polyurethan-Dämmung



In Kooperation mit
dem Fachverband
Ziegelindustrie Nord e. V.

ziegel

Impressum:

IVPU – Industrieverband
Polyurethan-Hartschaum e. V.
Im Kaisemer 5
70191 Stuttgart
www.ivpu.de
www.daemmt-besser.de

Fachverband Ziegelindustrie Nord e. V.
Bahnhofsplatz 2a
26122 Oldenburg

© 2010 by IVPU – Industrieverband
Polyurethan-Hartschaum e. V.
© Fachverband Ziegelindustrie Nord e. V.
1. Auflage
März 2010

1 Einführung

1.1 Ziegelfassaden: Tradition mit Zukunft

Ziegelfassaden haben in Zentral- und Nordeuropa lange Tradition. Sie prägen das Bild vieler Städte und Dörfer und sind integraler Bestandteil der kulturellen Identität.

Die Entscheidung zugunsten von Sichtmauerwerk aus Ziegeln ist keineswegs nur auf traditionelle Werte zurückzuführen, sie unterliegt vielmehr ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten. Ziegelfassaden haben sich durch ihre Dauerhaftigkeit, Wartungsfreiheit, individuelle Gestaltung und Widerstandsfähigkeit gegen extreme Witterungseinflüsse bewährt.

Die Erfahrungen zeigen, dass mit Ziegelfassaden die Vorteile eines klimagerechten Bauens hervorragend zum Tragen kommen. Insbesondere bei energieeffizienten Häusern wird die Fassadengestaltung mit Ziegeln in Zukunft eine dominierende Rolle einnehmen.

1.2 Widerstandsfähig, dauerhaft und werthaltig

Gut gedämmte Gebäude geben wenig Wärme über die Fassade an die Umwelt ab. Was im Sinne der Energieeinsparung vorteilhaft ist, kann unerwünschte Nebeneffekte haben. In klaren, kalten Nächten bildet sich Raureif an der Bauteiloberfläche, sobald die Oberflächentemperatur die Lufttemperatur unterschreitet. Diese Erscheinung wird durch helle Farben und geringe Wärmespeicherfähigkeit verstärkt. Als Folge können sich z. B. an der Nordseite oder im Schatten von Bäumen vermehrt Mikroorganismen wie Algen oder Pilze ansiedeln und die Fassade verunreinigen.

Diese Gefahr ist bei Ziegelfassaden äußerst gering, weil die Ziegel-Verblendschale eine hohe Wärmespeicherfähigkeit aufweist. Die meist dunklen Farben der Mauerziegel in der Fassade begünstigen die Solarabsorption. Folglich tritt auch bei sehr gut gedämmten zweischaligen Außenwänden Algenbildung nicht auf. Die Ziegelfassade bleibt auch ohne aufwendige Instandhaltung dauerhaft schön. Die bei Putzfassaden notwendigen Anstriche in Intervallen von 10 bis 15 Jahren entfallen.

Bild 1

Vier Stadthäuser
mit Ziegelfassade, Hamburg



Ziegelfassaden

- bieten vielfältige architektonische Gestaltungsmöglichkeiten und bleiben dauerhaft schön
- sind langlebig, werthaltig und einfach instand zu halten
- widerstehen extremer Witterung und Umwelteinflüssen
- hemmen Pilz- und Algenbewuchs
- ermöglichen energieeffiziente Bauweise mit Polyurethan-Dämmung

2 Technische und konstruktive Anforderungen

2.1 Mauerwerksnorm DIN 1053

Zweischaliges Verblendmauerwerk hat sich seit vielen Jahrzehnten als Außenwandkonstruktion bewährt. Konstruktion und Ausführung dieser Bauweise ist in DIN 1053 genormt. Aufgrund der hervorragenden, bauphysikalischen Eigenschaften sowie der Nachhaltigkeit ist das Interesse an der zweischaligen Wand in den vergangenen Jahren überregional gestiegen. Gerade bei besonders energieeffizienten Gebäuden wird diese Wandkonstruktion bevorzugt, da sie in Verbindung mit leistungsfähigen Dämmstoffen sehr gute Wärmedämmwerte ermöglicht.

Bei der zweischaligen Außenwandkonstruktion übernimmt die Innenschale die Aufgaben der Tragkonstruktion, während die Außenschale als Wetterschutz fungiert und eine individuelle Fassadengestaltung ermöglicht. Die Wärmedämmung ist im Schalenzwischenraum angeordnet. Die Außenschale der Wandkonstruktion wird als Vorsatzschale, Verblendschale oder Verblendmauerwerk bezeichnet. Die Außenschale muss zur Abtragung der Windlasten mit der tragenden Innenschale verankert werden.

2.2 Verankerung

Die Mauerwerksschalen sind durch Anker nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung aus nichtrostendem Stahl oder durch Anker nach DIN EN 845-1, deren Verwendung in einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geregelt ist, zu verbinden.

Der lichte Abstand der Mauerwerksschalen darf 150 mm bei üblicher Flächenverankerung nicht überschreiten. Größere Schalenabstände erfordern spezielle, bauaufsichtlich zugelassene Maueranker. Die Mindestdicke der Außenschale beträgt 90 mm, die Mindestlänge von gemauerten Pfeilern 240 mm. Alle Steine müssen über ihre gesamte Länge, bei unterbrochener Auflagerung in der Abfangebene beidseitig, aufgelagert sein.

Mindestanzahl und Durchmesser von Drahtankern pro Quadratmeter Wandfläche sind in der DIN 1053 zusammengestellt. Außerdem sind an allen freien Rändern (von Öffnungen, an Gebäudeecken, entlang von Dehnungsfugen und an den oberen Enden der Außenschalen) zusätzlich drei Anker pro Meter Randlänge anzubringen.

Tabelle 1

Mindestanzahl und Durchmesser von Drahtankern pro Quadratmeter Wandfläche bei zweischaligem Mauerwerk

		Drahtanker	
		Mindestanzahl	Durchmesser
1	Mindestens, sofern nicht Zeilen 2 und 3 maßgebend	5	3
2	Wandbereich höher als 12 m über Gelände oder Abstand der Mauerwerksschalen über 70 bis 120 mm	5	4
3	Abstand der Mauerwerksschalen über 120 bis 150 mm	7 oder 5	4 oder 5
4	Abstand der Mauerwerksschalen über 150 mm	nach Zulassung	

Da die Anforderungen an die Wärmedämmung von Außenwänden in den vergangenen Jahren gestiegen sind, wird der gesamte Schalenabstand zum Einbau von Wärmedämmung genutzt, d. h., es ist keine Hinterlüftung der Vorsatzschale vorgesehen. Diese Ausführung wird als Volldämmung (früher auch: Kerndämmung) bezeichnet.

Für Innen- und Außenschale werden heute meist Steine unterschiedlicher Formate verwendet. Außerdem wird die Verblendschale oft vor Beton oder Holzwänden errichtet. Deshalb können auch andere Ankerformen und Dübel angewendet werden, wenn deren Brauchbarkeit nach bauaufsichtlichen Regeln, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, nachgewiesen ist. Werden die Drahtanker nicht in der Lagerfuge verlegt oder wird eine andere Art der Verankerung gewählt (z. B. Verdübelung in den Mauerstein), so ist nachzuweisen, dass diese Verankerungsart eine Kraft von mindestens 1 kN bei 1,0 mm Schlupf je Anker aufnehmen kann. Andernfalls ist die Anzahl der Verankerungen zu erhöhen.

3 Wärme- und Feuchteschutz

3.1 Wärmedämmung

Wer heute baut oder saniert, sollte auf einen möglichst geringen Energiebedarf achten. Schließlich sollen die Heizkosten auch noch in Zukunft bezahlbar sein. Weltweit wachsender Energiebedarf bei sinkenden Vorratsmengen wird die Preise auch zukünftig weiter in die Höhe treiben. Der weitaus größte Anteil der Energie in privaten Haushalten (durchschnittlich 77 %) wird fürs Heizen benötigt. Wirksames Energiesparen muss also immer beim Heizenergiebedarf ansetzen. Wärmedämmung ist daher stets der erste Schritt zur energieeffizienten Bauweise.

Zweischalige Außenwände mit Polyurethan-Volldämmung eignen sich besonders für energieeffiziente Häuser bis hin zum Passivhausstandard. Sie ermöglichen die Verbindung von Ästhetik, Beständigkeit und Widerstandsfähigkeit mit hervorragendem Wärmeschutz.

Bild 2

Dämmen einer zweischaligen Außenwand mit Polyurethan



3.2 Hochleistungsdämmstoffe aus Polyurethan

Steigende Ansprüche an den Wärmeschutz von Gebäuden müssen nicht zwangsläufig zu dickeren Dämmschichten führen. Die besonders leistungsfähigen Dämmstoffe aus Polyurethan ermöglichen eine Verbesserung des Wärmeschutzes bei gleicher Wanddicke. Polyurethan erlaubt die Verbindung von hervorragender Wärmedämmung mit schlanken Aufbauten. Dadurch kann die Grundstücksfläche besser genutzt und mehr Wohnraum geschaffen werden. Polyurethan-Dämmstoffe der Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) 024 dämmen um zwei Drittel besser als konventionelle Dämmstoffe der WLS 040.

Aufgrund ihrer Geschlossenzelligkeit nehmen Polyurethan-Dämmstoffe praktisch kein Wasser auf. Daher kann die Dämmschicht nicht durchfeuchten.

Wärmedämmung

- ist der erste und wirtschaftlichste Schritt zum nachhaltigen und energieeffizienten Bauen
- schafft Unabhängigkeit von steigenden Energiepreisen
- steigert den Wert des Hauses und schützt die Bausubstanz
- erhöht den Wohnkomfort und verbessert das Wohnklima
- vermindert den CO₂-Ausstoß und trägt aktiv zum Klimaschutz bei

Tabelle 2

Wärmeleitfähigkeitsstufen und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von Polyurethan-Dämmstoffen

Deckschicht	Qualitätstyp	Wärmeleitfähigkeit	
		Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS)	W/(m·K)
Aluminium	PUR/PIR 024 WZ	024	0,024
Mineralvlies	PUR/PIR 027/028/029 WZ	027 - 029	0,027 - 0,029

Polyurethan-Dämmstoffe

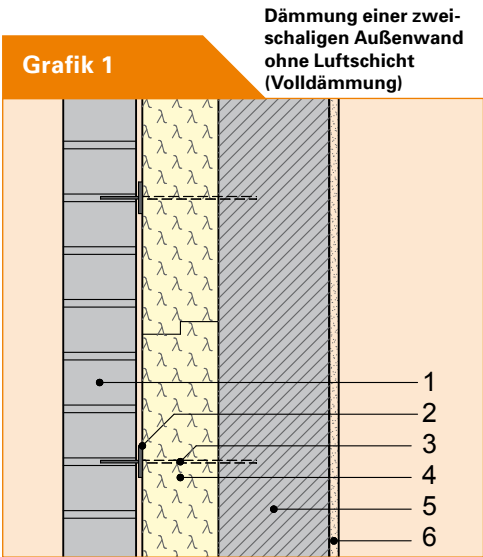
- zeichnen sich durch besondere Leistungsfähigkeit aus
- dämmen bis zu zwei Drittel besser als herkömmliche Dämmstoffe
- ermöglichen schlanke Wandaufbauten und schaffen mehr nutzbare Wohnfläche
- sind feuchtigkeitsunempfindlich und verrotten nicht
- sind langlebig, dauerhaft und formstabil
- werden nicht von Außenluft durchströmt
- lassen sich leicht handhaben und einfach verarbeiten

3.3 U-Wert in Abhängigkeit vom Wärmeschutzniveau

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ist ein Maß für die Wärmedämmeigenschaften von Bauteilen. Er beschreibt den Wärmestrom durch ein Bauteil in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur. Je kleiner der U-Wert, desto besser ist der Wärmeschutz.

Neubauten sind gemäß EnEV 2009 so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nach Anlage 1 Tabelle 1 nicht überschritten wird. Der U-Wert des Referenzgebäudes für die Außenwand beträgt 0,28 W/(m²·K). Bei der Sanierung von bestehenden Außenwänden (Altbau) lässt die EnEV 2009 einen Höchstwert von 0,24 W/(m²·K) zu. Für Neubauten empfiehlt die Deutsche Energieagentur dena einen U-Wert von höchstens 0,18 W/(m²·K). Passivhausniveau ($U \leq 0,12$ W/(m²·K)) kann bei zweischaligen Wänden mit Polyurethan-Volldämmung problemlos erreicht werden.

Tabelle 3	
Wärmedurchgangskoeffizienten für Außenwände	
Wärmeschutzniveau	U-Wert W/(m²·K)
EnEV 2009 Referenzgebäude Neubau	≤ 0,28
EnEV 2009 Höchstwert Sanierung (Altbau)	≤ 0,24
Empfehlung dena für Neubauten	≤ 0,18
Passivhaus	≤ 0,12



- 1 Außenschale
- 2 Klemmplatte
- 3 Maueranker
- 4 PUR/PIR-Wärmedämmung
- 5 Tragende Wand
- 6 Innenputz

Tabelle 4				
U-Wert-Berechnung mit einer Hintermauerschale aus Hochlochziegeln				
Wärmeschutz-niveau	U-Wert W/(m²·K)	Polyurethan		Anderer Dämmstoff
		WLS 024 mm	WLS 027/028 mm	WLS 040 mm
Sanierung (EnEV 2009)	0,24	80	80	120
	0,21	80	100	140
	0,18	100	120	180
	0,16	120	140	200
	0,14	140	160	240
Passivhaus	0,12	160	200	280

Wandaufbau: Ziegelverblendmauerwerk 115 mm, Dämmung, Hintermauerschale Hochlochziegel 175 mm ($\lambda = 0,18$ W/(m·K)), Putz. Die Berechnung wurde für die im Bild genannte Schichtenfolge durchgeführt. Weitere objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 5				
U-Wert-Berechnung mit einer Hintermauerschale aus Porenbeton				
Wärmeschutz-niveau	U-Wert W/(m²·K)	Polyurethan		Anderer Dämmstoff
		WLS 024 mm	WLS 027/028 mm	WLS 040 mm
Sanierung (EnEV 2009)	0,24	60	80	100
	0,19	80	100	140
	0,17	100	120	160
	0,15	120	140	200
	0,13	140	160	240
Passivhaus	0,12	160	180	260

Wandaufbau: Ziegelverblendmauerwerk 115 mm, Dämmung, Hintermauerschale Porenbeton 175 mm ($\lambda = 0,12$ W/(m·K)). Die Berechnung wurde für die im Bild genannte Schichtenfolge durchgeführt. Weitere objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 6

U-Wert-Berechnung mit einer
Hintermauerschale aus Kalksandstein

Wärmeschutz- niveau	U-Wert	Polyurethan		Anderer Dämmstoff
	W/(m ² ·K)	WLS 024 mm	WLS 027/028 mm	WLS 040 mm
Sanierung (EnEV 2009)	0,24	100	100	140
	0,21	100	120	180
	0,18	120	140	200
	0,16	140	160	220
	0,14	160	180	260
Passivhaus	0,12	180	220	300

Wandaufbau: Ziegelverblendmauerwerk 115 mm, Dämmung, Hintermauerschale Kalksandstein 175 mm 1600 kg/m³ ($\lambda = 0,79 \text{ W/(m·K)}$). Die Berechnung wurde für die im Bild genannte Schichtenfolge durchgeführt. Weitere objektspezifische Besonderheiten z. B. nach DIN EN ISO 6946 wurden nicht berücksichtigt.

3.4 Schutz gegen Schlagregen

Die Verblendschale aus Vormauerziegeln oder Klinkern hat sich in Gebieten mit hoher Schlagregenbeanspruchung, wie Norddeutschland, Holland und England sowie in den Küstengebieten, als dauerhaft beständig gegen Witterungseinflüsse bewährt. Ausschlaggebend dafür ist vor allem die Verwendung von bindemittelfreien Ziegeln, welche aufgrund der natürlichen Rohstoffzusammensetzung aus tonigen Massen und der hohen Brenntemperatur bei der Herstellung von über 1000 °C besonders günstige hygrische Eigenschaften aufweisen.

Ziegel besitzen die niedrigste Gleichgewichtsfeuchte unter allen Baustoffen. 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. Für die konstruktive Detailplanung bedeutet das: Der Abstand der vertikalen Dehnungsfugen in der Verblendschale kann deutlich größer gewählt werden als bei anderen Mauersteinen.

Hinzu kommt: Polyurethan-Dämmstoffe in der Hohlachicht nehmen aufgrund ihrer Geschlossenzelligkeit nur in sehr geringem Maße Wasser auf. Sie sind für die zweischalige Außenwand daher ideal geeignet.

3.5 Tauwasserschutz

Zweischaliges Mauerwerk mit Volldämmung gemäß DIN 1053 gehört zu den bewährten Baukonstruktionen, bei denen erfahrungsgemäß kein Tauwasserrisiko besteht. Daher ist kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich. Dies gilt auch für die Volldämmung mit diffusionsdichten Polyurethan-Dämmplatten, die sich z. B. in Großbritannien und den Niederlanden seit vielen Jahren bewährt haben.

Die Materialprüfanstalt Schleswig-Holstein hat durch numerische Untersuchungen unter Annahme instationärer Bedingungen diese praktische Erfahrung bestätigt. Die Berechnung des Instituts ergab, dass der Gesamtwassergehalt von Wandaufbauten mit diffusionsdichten Polyurethan-Dämmplatten im Berechnungszeitraum von fünf Jahren insgesamt abnimmt. Die Austrocknung der Innenwandschale erfolgt zur Raumseite und wird durch die Aluminium-Deckschicht nicht behindert. Polyurethan-Dämmstoffe der Wärmeleitfähigkeitsstufe WLS 024 sind somit für die Wärmedämmung von zweischaligen Außenwänden bestens geeignet.

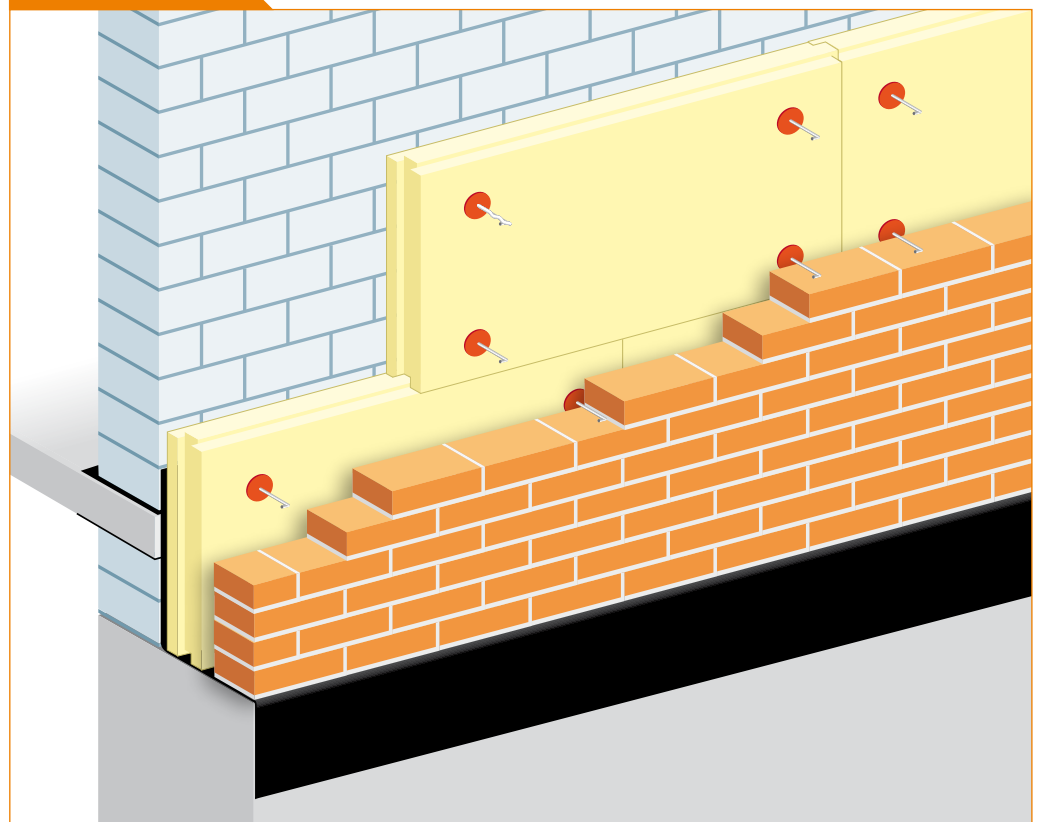
4 Verlegung der Dämmplatten

Bei der Volldämmung mit Polyurethan verbleibt zwischen Vormauerschale und Dämmung nur ein Fingerspalt. Die Dämmplatten mit Stufenfalz oder Nut- und Federprofilen werden ein- oder zweilagig dicht gestoßen im Verband verlegt. Sie bilden eine Wasser abweisende, wärmebrücken- und fugenfreie Dämmschicht.

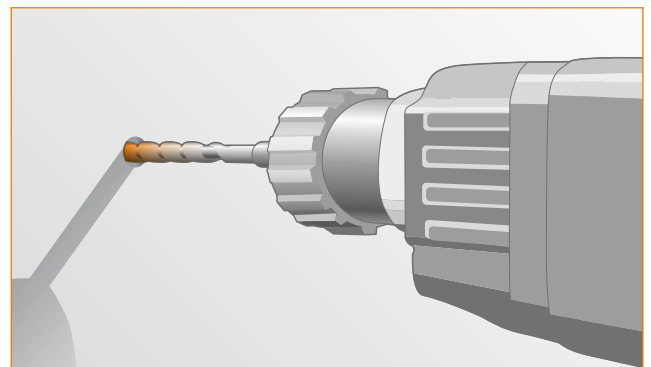
Die Dämmplatten können mit Dübelankern an der tragenden Innenschale befestigt werden.

Grafik 2

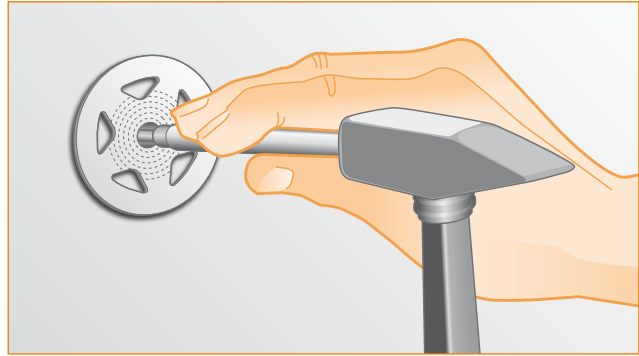
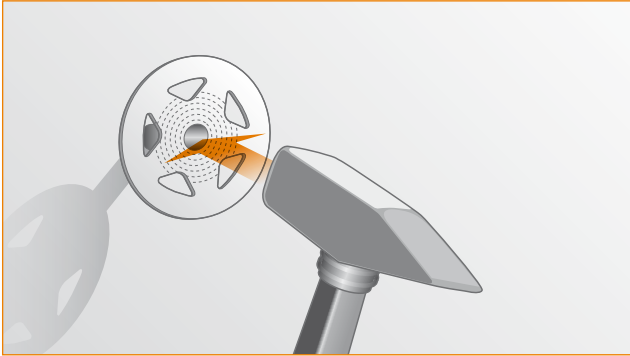
**Befestigung mit Dübelankern
(schematisch)**



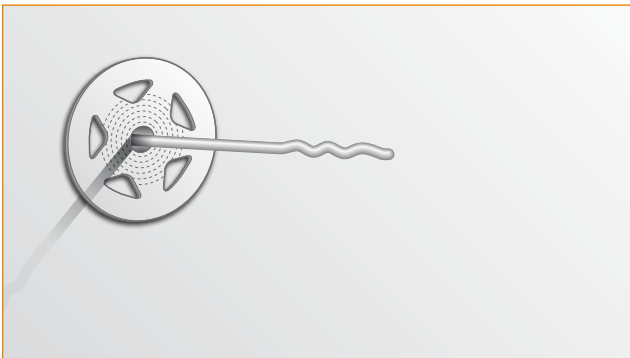
Zur Befestigung wird die tragende Innenschale gemeinsam mit der Dämmplatte vorgebohrt.



Anschließend wird der Kunststoffdübel montiert und damit werden gleichzeitig die Dämmplatten an der Innenschale befestigt.



Zur Verankerung der Außenschale werden die Drahtanker in den Dübel eingesteckt und mittels Einschlaghülse in die Spreizzone des Dübels eingeschlagen.

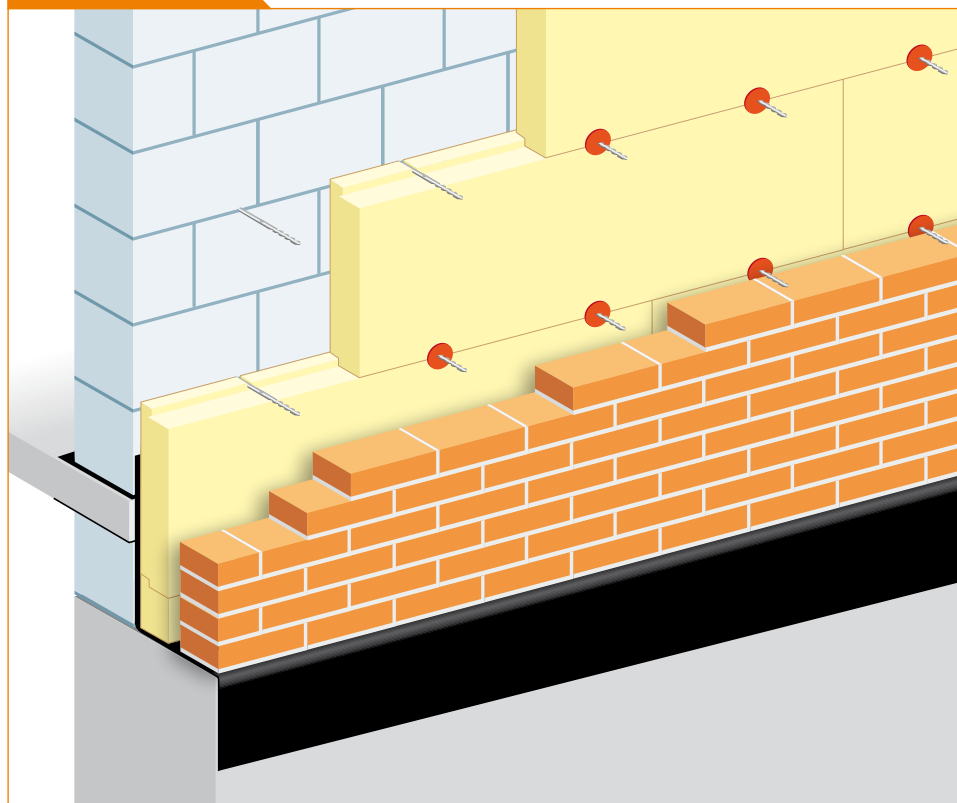


Empfohlen wird dieser Schritt im Arbeitsfortgang beim Hochmauern der Außenschale.

Alternativ zur Dübelbefestigung können Dämmelemente zwischen eingemauerten Mauerwerksankern montiert werden.

Grafik 3

Befestigung mit Flachankern (schematisch)



5 Quellen

Literatur

IVPU (Hrsg.), Wärmedämmstoffe aus Polyurethan-Hartschaum: Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Stuttgart, 2010

IVPU (Hrsg.), Planungshilfe „Wand“, Stuttgart, 2010

KopfKunst, Agentur für Kommunikation (Hrsg.), Fritz-Höger-Preis 2008: Preisträger, Nominierte und Teilnehmer, Münster 2008

Materialprüfanstalt Schleswig-Holstein, Prüfbericht P 249-08
Numerische Simulation des Tauwasseranfalls in zweischaligem Verblendmauerwerk, Lübeck, 2009

Zweischalige Wand Marketing e. V. (Hrsg.), Ziegel Verblendmauerwerk: Planung und Ausführung, Bonn 2008

Abbildungen

Bild 1: Bewerber für den Fritz-Höger-Preis 2008
Projekt 123 Vier Stadthäuser, Hamburg
Giorgio Gullotta Architekten, Hamburg

Bild 2: Recticel Dämmsysteme GmbH, Wiesbaden

Grafik 1: IVPÜ

Grafik 2: IVPÜ

Grafik 3: IVPÜ

Bildstreifen auf der Titelseite:

Bewerber für den Fritz-Höger-Preis 2008 (von links nach rechts)

- Projekt 320 Windsor Reutlinger Straße
Riehle und Partner Architekten, Reutlingen
- Projekt 91 Innenhof, Baur-Areal, Stuttgart
SechsH / 6H Kugler, Eckhoff, Riebelmann, Freie Architekten BDA,
Stuttgart, Fotograf: Roland Halbe Fotografie / 2006
- Projekt 227 De Eekenhof, Enschede
Claus en Kaan Architekten, Amsterdam/Rotterdam,
Fotograf: 004@Christian_Richter
- Projekt 237 Stadthaus Neu-Ulm
Fink + Jocher Architekten, München

Bildstreifen auf der Rückseite:

Bewerber für den Fritz-Höger-Preis 2008 (links und rechts)

- Projekt 123 Vier Stadthäuser, Hamburg
Giorgio Gullotta Architekten, Hamburg
- Projekt 207 Vattenfall Vertriebszentrum Berlin, Westfassade Detail VI
Kahlfeldt Architekten, Berlin
- Bildmotiv mittig Wohnhaus, EcoTherm Deutschland GmbH & Co. KG,
Ibbenbüren



IVPU Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V.
Im Kaisemer 5 • 70191 Stuttgart
Telefax +49 (0) 711 29 49 02
info@daemmt-besser.de • www.daemmt-besser.de

Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) Dämmstoffhersteller

KARL BACHL GmbH & Co. KG
Kunststoffverarbeitung
Osterbachtal 1
94133 Röhrnbach
www.bachl.de

EcoTherm Deutschland
GmbH & Co. KG
Fuggerstraße 15
49479 Ibbenbüren
www.ecotherm.de

Recticel Dämmsysteme GmbH
Hagenauer Str. 42
65203 Wiesbaden
www.recticel-daemmsysteme.de

Paul Bauder GmbH & Co. KG
Korntaler Landstr. 63
70499 Stuttgart
www.bauder.de

Linzmeier Bauelemente GmbH
Postfach 12 63
88492 Riedlingen
www.linzmeier.de

Remmers Baustofftechnik GmbH
Bernhard-Remmers-Str. 13
49624 Lönigen
www.remmers.de

puren gmbh
Rengoldshauser Str. 4
88662 Überlingen
www.puren.com

Steinbacher Dämmstoff GmbH
Salzburger Straße 35
A-6383 Erpfendorf
www.steinbacher.at

Rohstoffhersteller

Bayer MaterialScience AG
www.bayermaterialscience.com

DOW Europe GmbH
www.dow.com

C.O.I.M. S.p.A.
Chimica Organica Industriale
Milanese
www.coimgroup.com

BASF Polyurethanes GmbH
www.pu.basf.de

Huntsman (Germany) GmbH
www.huntsman.com