



Außenwand

ENERGIEEFFIZIENT UND NACHHALTIG

Zweischaliges Mauerwerk mit PU-Dämmung



INHALT

Zweischalige Wand – altbewährt und neu gedacht 3

1 | Nachhaltige PU-Dämmung im Zweischalenmauerwerk 4

- 1.1 PU-Vorteile für die zweischalige Außenwand
- 1.2 Handwerksgerechte Ausführung an Anschlüssen

2 | Energieeffizienz und Bauphysik 6

- 2.1 Energieeinsparung im Winter, Hitzeschutz im Sommer
- 2.2 Nenn- und Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit
- 2.3 Energieeffizienter Mauerwerksaufbau
- 2.4 Schutz gegen Schlagregen
- 2.5 Tauwasserschutz
- 2.6 Anforderungen an den Schallschutz
- 2.7 Raumluftheuchte und Lüften
- 2.8 Brandschutzanforderungen an Fassaden

3 | Zweischalige Systemaufbauten 10

- 3.1 Nichttragende Außenschale
- 3.2 Wärmedämmung im Schalenzwischenraum
- 3.3 Verankerung der Verblendschale

4 | PU-Wärmedämmung von zweischaligen Außenwänden 14

4.1 PU-Lösungen für den Neubau

- 4.1.1 Verankerung der Mauerwerksschalen und Befestigung der PU-Dämmplatten
- 4.1.2 Planungs- und Ausführungshinweise

4.2 PU-Lösungen für die Sanierung

- 4.2.1 Bestehende einschalige Außenwände mit Putzfassaden
- 4.2.2 Bestehendes zweischaliges Mauerwerk

5 | Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit 24

- 5.1 Schlanker Mauerwerksaufbau
- 5.2 Zusätzliche Wohnfläche und mehr Gewinn bei der Vermarktung

6 | Emissions- und schadstoffarme PU-Dämmstoffe 26

ZWEISCHALIGE WAND – ALTBEWÄHRT UND NEU GEDACHT

Das zweischalige Mauerwerk hat in Zentral- und Nordeuropa eine lange Tradition. Es prägt das Erscheinungsbild vieler Städte und gehört zur kulturellen Identität. Heute zählt dieser Mauerwerksaufbau wegen seiner Langlebigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber extremen Witterungseinflüssen zu den hochwertigsten und nachhaltigsten Wandkonstruktionen.

Erfahrungen zeigen, dass mit einem Verblendmauerwerk die Vorteile des klimagerechten Bauens hervorragend zum Tragen kommen. Sie widerstehen extremer Witterung und Umwelteinflüssen, sind langlebig, werthaltig und einfach instand zu halten. In der Regel weist das Sichtmauerwerk eine hohe Wärmespeicherfähigkeit auf. Deshalb tritt auch bei sehr gut gedämmten zweischaligen Außenwänden ein Pilz- oder Algenbewuchs nur selten auf. Die gestalterische Vielfalt beim Bauen mit der zweischaligen Wand ist groß: von Raster-Lochfassaden oder perforiertem Mauerwerk über Relieferungen, Ornamentik bis hin zu einfachen Klinkerriemchen. Die Fassade ist robust, stark und bleibt dauerhaft schön. Mit einer nachhaltigen Dämmung aus Polyurethan-Hartschaum (PU) zwischen den Wandschalen erhält die Außenwand einen sehr guten und hochwertigen Wärmeschutz.

Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe (PU) nach DIN EN 13165 sind für die Verwendung im Zweischalenmauerwerk durch DIN 4108-10 (Tabelle 6) mit Anwendungstyp WZ bauaufsichtlich geregelt und können ohne Dämmstoffwechsel auch im Sockel eingesetzt werden.

Als Kerndämmung wird die PU-Dämmschicht zwischen tragender Innenschale und nicht tragender Außenschale (Verblendmauerwerk) eingebaut. Zur Außenschale verbleibt ein Montagespalt von 1 bis 2 cm – der sogenannte Fingerspalt – der als nicht belüftete Luftschicht bezeichnet wird. Die Verbindung der drei Bauteilschichten – Innenschale, Dämmung, Außenschale – erfolgt durch zugelassene Anker. Der Abstand zwischen Innenschale und Verblendmauerwerk ist nach DIN EN 1996-2/NA (Mauerwerksnorm) auf 15 cm begrenzt. Größere Abstände erfordern geeignete Verankerungen und Vormauersteine mit entsprechender bauaufsichtlicher Zulassung. Unter Berücksichtigung des erforderlichen Fingerspalts ist die Dämmschichtdicke in der Regel auf 140 bis 200 mm begrenzt. Die wärmedämmtechnischen Anforderungen (U-Werte) werden mit einer PU-Kerndämmung ohne zusätzlichen Aufwand erfüllt. PU-Dämmstoffe ermöglichen eine hocheffiziente Wärmedämmung bei deutlich reduzierten Dämmschichtdicken. Die Flächengewinne der schlanken Wandaufbauten liegen im Wert meist deutlich über den Materialkosten der Dämmung.

Mehrfamilienhaus in Lübeck,
saniert mit PU-Dämmung im Schalenzwischenraum.
Sanierungsprojekt 2010/2011 im Rahmen
des sozialen Wohnraumförderprogramms
„Wohnen für ältere Menschen“.



1 | NACHHALTIGE PU-DÄMMUNG IM ZWEISCHALENMAUERWERK

Immer knapper werdende Baulandflächen in Städten und Ballungszentren, nachhaltige Gebäudekonzepte und eine stimmige Grundrissoptimierung sowie ein wirtschaftlicher Bauablauf – das sind die Herausforderungen für den Wohnungsneubau von heute. Dazu gehört auch, die Gebäudehülle so zu planen, dass ein Rückbau am Ende der Gebäudenutzung und die anschließende Verwertung von Baustoffen möglich ist. PU-Hartschaum bietet als

nachhaltige Kerndämmung etliche Vorteile. Die Ökobilanzierung von PU-Hartschaum-Dämmstoffen ist in Umwelt-Produktdeklarationen (EPDs) dokumentiert, die für die Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden eingesetzt werden. Sie umfasst alle Prozesse im PU-Lebenszyklus.

Mehr Informationen auf www.daemmt-besser.de

1.1 PU-Vorteile für die zweischalige Außenwand

Dämmösungen aus PU-Hartschaum bieten eine Reihe von nachhaltig überzeugenden Vorteilen:

Lange Lebensdauer

Dämmstoffe aus PU-Hartschaum sind besonders robust, druckfest und formstabil. Sie bieten eine dauerhafte hohe Dämmleistung und halten ein Gebäudeleben lang.

Innovativer Wärmeschutz

PU-Dämmstoffe überzeugen mit einer extrem niedrigen Wärmeleitfähigkeit bei hoher Dämmleistung. Dadurch werden anspruchsvolle U-Wert-Anforderungen, die z. B. in Förderprogrammen vorgegeben sind, mit schlanken Dämmschichten erfüllt.

Weniger Materialeinsatz

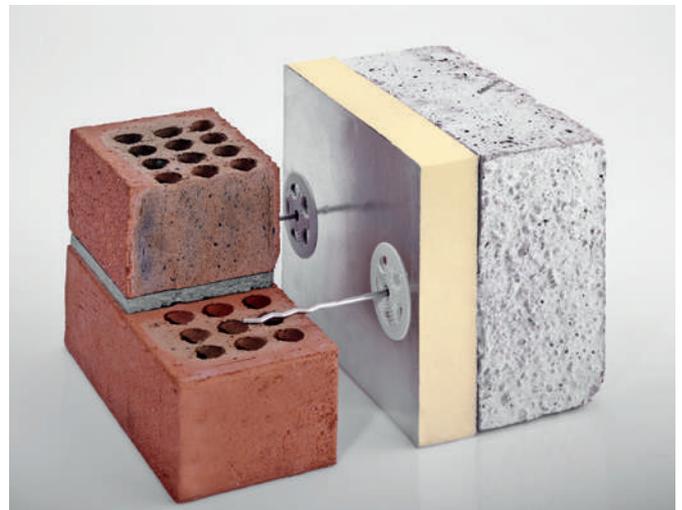
PU-Dämmstoffe haben eine geringe Rohdichte. Die schlanken PU-Dämmungen sind sehr leicht. Ihr niedriges Flächengewicht schlägt sich nicht nur in einem geringen Rohstoff- und Energieeinsatz nieder, sondern ermöglicht eine besonders ökonomische Bauweise: geringere Schalenabstände, kürzere Befestigungselemente und bei einer Sanierung ist in der Regel die Verbreiterung der Aufstandsfläche für die Verblendschale nicht erforderlich.

QNG-konform

QNG steht für „Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude“. PU-Dämmstoffe mit „pure life“-Zertifizierung erfüllen die stofflichen QNG-Anforderungen an Schadstoffvermeidung in Dämmstoffen. Sie sind gesundheitlich unbedenklich und auch für die Verwendung in Innenräumen uneingeschränkt geeignet.

Weiterverwertung von PU-Materialresten

Aus sortenreinen PU-Materialresten, die bei der Produktion oder der Verarbeitung an Baustellen anfallen, werden neue PU-Funktionswerkstoffe für Bauelemente hergestellt.



Fortlaufende Qualitätssicherung

CE-Kennzeichnung, Umwelt-Produktdeklarationen (EPDs), das „Q-Zeichen“ für zertifizierte PU-Dämmstoffeigenschaften und das „pure life“-Siegel für emissions- und schadstoffgeprüfte PU-Dämmstoffe bieten Transparenz und geben Sicherheit, dass sie die Funktion im Gebäude dauerhaft erfüllen können.

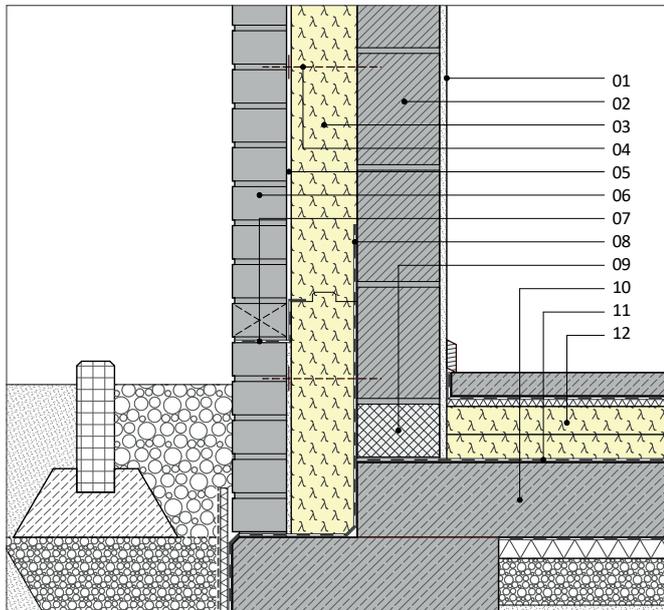
Nachweisfreie Konstruktionen nach DIN 4108-3

Für das nachweisfreie Zweischalenmauerwerk nach DIN EN 1996-2/NA mit PU-Kerndämmung und luftdichter Ausführung ist eine individuelle Glaserberechnung oder ein anderer Nachweis nicht erforderlich. Sie sind bauphysikalisch sicher.

1.2 Handwerksgerechte Ausführung an Anschlüssen

Die wasserabweisenden und feuchtigkeitsbeständigen PU-Dämmplatten können im Zweischalenmauerwerk ohne Dämmstoffwechsel als durchgehende Dämmschicht eingesetzt werden, auch in spritzwasserbelasteten Bereichen wie dem

Sockel. Das außenseitige Verblendmauerwerk stellt einen ausreichenden Feuchteschutz dar, so dass keine zusätzlichen Feuchteschutzmaßnahmen vorzusehen sind.



Grafik 1: Anschlusspunkt Sockel, Gebäude nicht unterkellert, Entwässerung über Geländeoberkante

- 01 | Innenputz
- 02 | Tragende Innenschale
- 03 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 04 | Maueranker
- 05 | Fingerspalt
- 06 | Nichttragende Außenschale (Verblendmauerwerk)
- 07 | Sperrschicht (Abdichtung nach DIN 18533-2)
- 08 | Bauwerksabdichtung nach DIN 18533-2
- 09 | Wärmedämmstein (Kimmstein)
- 10 | Bodenplatte
- 11 | Abdichtung der Bodenplatte nach DIN 18533-1
- 12 | Fußbodenaufbau mit PU-Dämmung



2 | ENERGIEEFFIZIENZ UND BAUPHYSIK

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für den niedrigen Energiebedarf von Gebäuden ist eine energieeffiziente Gebäudehülle. Das bedeutet jedoch nicht, dass Wände immer dicker gedämmt werden müssen. Entscheidend ist vielmehr die Effizienz des

Wärmeschutzes. Außenwände mit Verblendmauerwerk gelten nach DIN 4108-3 als nachweisfreie Bauteile und sind deshalb aus feuchteschutztechnischer Sicht sicher, wenn ein ausreichender Wärmeschutz vorliegt.

2.1 Energieeinsparung im Winter, Hitzeschutz im Sommer

Der energiesparende Wärmeschutz begrenzt die Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle. Zu den wesentlichen Anforderungen zählen die Vermeidung von Wärmebrücken, die Luft- und Winddichtheit sowie der sommerliche Wärmeschutz.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) verlangt nicht nur eine gute Gebäudedämmung im Winter, sondern auch verbindliche Nachweise für den sommerlichen Wärmeschutz. Die Nachweisführung kann in den meisten Fällen mit dem vereinfachten Sonneneintragskennwertverfahren nach DIN 4108-2 erfolgen. Wenn die Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens ausgeschlossen ist, kann eine dynamisch-thermische Simulationsrechnung zur Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes herangezogen werden. Die zweischalige Außenwand bietet konstruktionsbedingt einen besseren sommerlichen Wärmeschutz als einschalige Wände.

Unerheblich für den sommerlichen Wärmeschutz ist hingegen die Wärmespeicherfähigkeit von Wärmedämmstoffen. Die Funktion der Wärmespeicherung übernimmt beim zweischaligen Mauerwerk die tragende Innenschale. Eine PU-Dämmung begrenzt bei hohen Außentemperaturen das Aufheizen und bei niedrigen Außentemperaturen das Auskühlen der Innenschale.

Neben den Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz gibt es Vorgaben an den Mindestwärmeschutz (nach DIN 4108-2) mit dem Ziel, eine Kondensation der Luftfeuchte auf kalten Bauteiloberflächen auszuschließen und damit einem Befall mit Schimmelpilzen und -sporen in den Wohnräumen vorzubeugen. Ein bauphysikalisch abgestimmter Wandaufbau mit PU-Dämmung verhindert zuverlässig die Tauwasserbildung im Bauteil.

2.2 Nenn- und Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

Der Wärmeschutznachweis wird gemäß GEG mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit nach DIN 4108-4 berechnet. Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von PU-Hartschaum-Dämmstoffen ist abhängig von der Deckschicht und der Dämmstoffdicke. Für PU-Dämmstoffe setzt er sich aus dem Nennwert mit einem

Zuschlag von 3%, jedoch mindestens 1 mW, zusammen. Qualitätsüberwachte PU-Dämmstoffe mit dem Q-Zeichen der Qualitätsgemeinschaft Polyurethan-Hartschaum sind mit dem Nennwert, dem Anwendungstyp nach DIN 4108-10, der Klasse zum Brandverhalten und dem CE-Zeichen auf dem Produkt-Etikett gekennzeichnet.

Tabelle 1: Nennwert und Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit für PU-Hartschaum-Dämmstoffe im Zweischalenmauerwerk

| Anwendungstyp nach DIN 4108-10 | Dämmstofftyp | Nennwert der Wärmeleitfähigkeit | Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit |
|---|--|---------------------------------|---------------------------------------|
| WZ Zweischalige Wand (Kerndämmung) | PU-Dämmplatte mit Alu- oder Mineralvliesdeckschicht | 0,022 bis 0,028 W/(m·K) | 0,023 bis 0,029 W/(m·K) |
| WAS Außendämmung der Wand im Spritzwasserbereich auch mit teilweiser Einbindung ins Erdreich ¹ | PU-Dämmplatte mit Alu- oder Mineralvliesdeckschicht oder PU-Blockschaum ² | 0,022 bis 0,028 W/(m·K) | 0,023 bis 0,029 W/(m·K) |

1 | Mit dauerhaft wasserabweisender Beschichtung/Schicht als Feuchteschutz des Dämmstoffs

2 | Bei der Verwendung von Dichtschlämmen ist die Verträglichkeit insbesondere mit Alu-Deckschichten zu prüfen
Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit entspricht dem Nennwert + 1 mW/(m·K)

2.3 Energieeffizienter Mauerwerksaufbau

Die energetische Optimierung der Außenwand spielt eine zentrale Rolle, um den Anforderungen erhöhter Effizienzstandards bei Gebäuden gerecht zu werden. Bei der Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG) werden klimafreundliche Neubauten und energetische Sanierungen zum Effizienzhaus gefördert. Der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) gilt als entscheidende Größe, wenn

die energetische Qualität eines Bauteils bewertet werden soll. Je kleiner der U-Wert, desto geringer der Wärmeabfluss durch das Bauteil. Der U-Wert hat die Maßeinheit $W/(m^2 \cdot K)$ und gibt an, welche Wärmemenge pro Quadratmeter Wandfläche und Stunde fließt, wenn Außen- und Innenluft einen konstanten Temperaturunterschied von einem Kelvin (1 K) aufweisen.

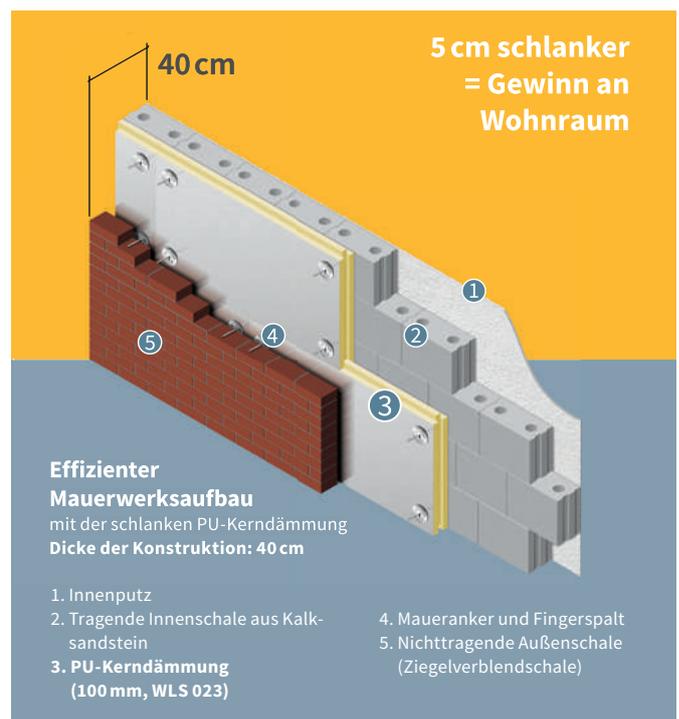
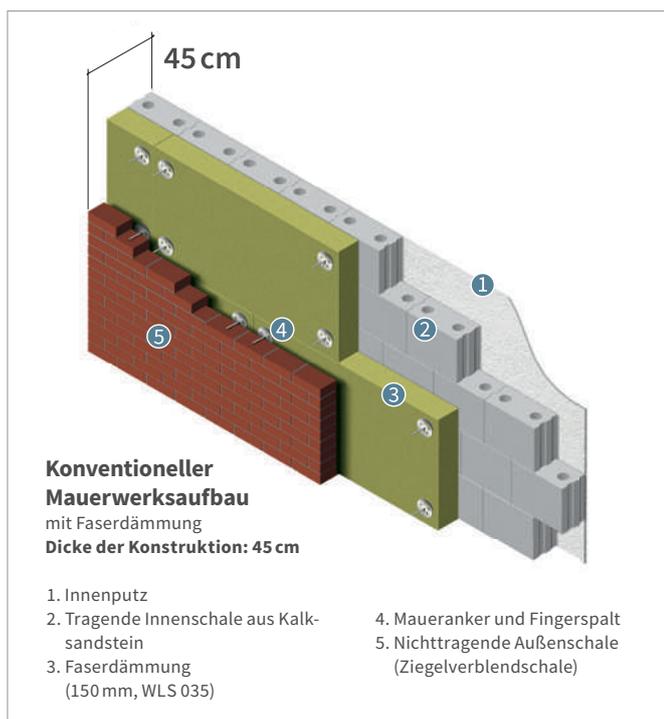
Tabelle 2: Beispielhafte U-Wert-Anforderungen für Außenwände von Wohngebäuden ($\geq 19^\circ C$)

| Anforderungen Neubau | U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ | PU-Dämmdicke in mm (WLS 023) | Wanddicke in mm* |
|---|-----------------------------|------------------------------|------------------|
| GEG (Anlage 1) Neubau Technische Ausführung des Referenzgebäudes | $U < 0,28 W/(m^2 \cdot K)$ | 70 | 370 |
| GEG (Anlage 5) Neubau Vereinfachtes Nachweisverfahren für ein zu errichtendes Wohngebäude | $U < 0,20 W/(m^2 \cdot K)$ | 100 | 400 |
| Klimafreundlicher Neubau (EH 40)** | $U < 0,15 W/(m^2 \cdot K)$ | 140 | 440 |
| Anforderungen Sanierung | U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ | PU-Dämmdicke in mm (WLS 023) | Wanddicke in mm* |
| GEG (Anlage 7) Anforderung an Sanierung | $U < 0,24 W/(m^2 \cdot K)$ | 80 | 380 |
| BEG Richtlinie Einzelmaßnahme Sanierung | $U < 0,20 W/(m^2 \cdot K)$ | 100 | 400 |

* Die Berechnung der Wanddicken wurde für einen Wandaufbau mit einer 175 mm tragenden Innenschale aus 175 mm Kalksandstein mit $\lambda = 0,70 W/(m \cdot K)$, PU-Wärmedämmung, einem 10 mm Fingerspalt als nicht belüftete Luftschicht ($R = 0,15 m^2 \cdot K/W$) und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit $\lambda = 0,68 W/(m \cdot K)$ unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} durchgeführt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

** U-Wert des vereinfachten Nachweisverfahrens für ein EH 55 ($H'_t = 70\%$ von $H'_{t,Ref}$) wurde auf die Anforderung an ein EH 40 ($H'_t = 55\%$ von $H'_{t,Ref}$) extrapoliert.

Grafik 2: Mauerwerksaufbauten mit $U\text{-Wert} \leq 0,20 W/(m^2 \cdot K)$



Höhere U-Wert-Anforderungen erfordern nicht unbedingt dickere Dämmschichten. PU-Dämmstoffe ermöglichen aufgrund ihrer hohen Dämmleistung schlanke Wandkonstruktionen. Das ist vorteilhaft für eine effiziente Flächenausnutzung.

2.4 Schutz gegen Schlagregen

Das zweischalige Mauerwerk hat historisch seinen Ursprung in Regionen mit besonders hoher Schlagregenbelastung. Die Konstruktion soll eine Durchfeuchtung der Außenwand verhindern. Bei starkem und anhaltendem Schlagregen fließt das Wasser an der Oberfläche der Verblendschale ab. Das Eindringen von Wasser in

die Konstruktion wird nur durch die Kapillarität der Steine und Fugen in der Verblendschale bestimmt. Eine fachgerechte Ausführung der Verblendschale und die Verwendung von geeigneten Materialien sind Voraussetzung für einen wirksamen Schlagregenschutz.

2.5 Tauwasserschutz

Nachweisfreies Bauteil

Bei einem zweischaligen Mauerwerk mit Kerndämmung besteht erfahrungsgemäß kein Tauwasserrisiko. Das Zweischalenmauerwerk nach DIN EN 1996-1-1 ist in DIN 4108-3 als nachweisfreies Bauteil eingestuft, so dass kein gesonderter rechnerischer Bauteilnachweis erforderlich ist.

Hygrothermische Simulation

Anhand von hygrothermischen instationären Simulationen⁴ wurde nachgewiesen, dass der Gesamtwassergehalt von zweischaligen Wandaufbauten mit diffusionsdicht kaschierten PU-Dämmplatten im Berechnungszeitraum von fünf Jahren abnimmt. Die Austrocknung der Innenwandschale wird durch die diffusionsdichte Deckschicht der Dämmplatten nicht behindert.

Monitoring in der Praxis

Von 2010 bis 2011 wurde in Lübeck ein Mehrfamilienhaus aus dem Jahr 1969 mit 56 Wohneinheiten energetisch saniert. Die ursprüngliche, nicht gedämmte und schadhafte Verblendfassade wurde abgebrochen. Der Neuaufbau der Verblendfassade erhielt im Schalenzwischenraum eine PU-Kerndämmung. Im Rahmen eines begleitenden Forschungsprojekts untersuchte das Institut für angewandte Bauforschung der FH Lübeck in einem Langzeitversuch über fünf Jahre die Auswirkung der beidseitigen dampfdichten Alu-Verbundfolienkaschierung der PU-Dämmung im realen Wandaufbau.⁵ Das Monitoring-System erfasste nach der Sanierung kontinuierlich Temperatur und Feuchtegehalt an mehreren Stellen des Außenwandquerschnitts.

Die im fünfjährigen Monitoring gemessenen Werte bestätigen die berechneten Ergebnisse aus der hygrothermischen instationären Simulation. Der Praxistest belegt die bauphysikalische Eignung und die Dauerhaftigkeit einer zweischaligen Wandkonstruktion mit dampfdiffusionsdichter PU-Kerndämmung im bewohnten Gebäude.

2.6 Anforderungen an den Schallschutz

In DIN 4109-1 sind Mindestanforderungen zum Schallschutz festgelegt. Die Schalldämmung von Wänden hängt im Wesentlichen von der flächenbezogenen Masse des Bauteils ab. Mit zweischaligen massiven Außenwänden sind die Schalen durch die Kerndämmung getrennt. Draht- bzw. Luftschichtanker begrenzen zwar die Schalldämmung, behindern jedoch nicht die Vorteile des mehrschichtigen Aufbaus, der wie ein Masse-Feder-Masse-Schwingungssystem wirkt.

Gemäß den Vorgaben der Norm darf das bewertete Schalldämmmaß bei zweischaligen Außenwänden aus der Summe der flächenbezogenen Massen der beiden Schalen wie bei einschaligem Mauerwerk mit biegesteifen Wänden ermittelt werden. Mit zweischaligen Wandkonstruktionen können im Vergleich zu einschaligen Wänden jedoch erheblich bessere Schalldämmwerte erreicht werden.

4 | Materialprüfanstalt Schleswig-Holstein, Numerische Simulation des Tauwasseranfalls in zweischaligem Verblendmauerwerk Prüfbericht P 249-08a, 2008, Prüfbericht P 213-08b 2009
5 | Wolff, Jan Thore: Energieeffiziente Gebäude mit Zweischalenmauerwerk, Master-Thesis an der Fachhochschule Lübeck Fachbereich Bauwesen, 19.01.2016

2.7 Raumluftfeuchte und Lüften

Es wird oft behauptet, dass Wärmedämmung das Atmen von Wänden behindere und zu Schimmelbildung führe. Diese Behauptungen halten sich seit Jahrzehnten hartnäckig, obwohl sie in der Baupraxis wissenschaftlich zweifelsfrei widerlegt sind. Durch verputzte Wände und durch Fensterglas kann kein Luftaustausch stattfinden. Das wurde bereits 1928 von dem Bauphysiker E. Raisch⁶ bewiesen. Raisch stellte fest, dass der Luftdurchgang pro Stunde durch ein einziges Schlüsselloch in einem Zimmer 50-mal größer ist als durch eine 1 m² große Außenwandfläche.⁷

Die in einer Wohnung entstehende Feuchte kann nicht durch die Bauteile abgeführt werden. Selbst durch vermeintlich diffusionsoffene Wandkonstruktionen wird auch bei großem Dampfdruckgefälle zwischen innen und außen so gut wie kein Wasserdampf abgeführt. Die Raumluftfeuchte muss durch Fensterlüftung oder Lüftungsanlagen abgeführt werden. Es gibt keine Alternative zum aktiven Lüften.



2.8 Brandschutzanforderungen für Fassaden

Zum vorbeugenden Brandschutz zählen Maßnahmen, die in erster Linie die Entstehung und Ausbreitung von Bränden verhindern sollen. In Wohngebäuden mit bis zu zwei Vollgeschossen (Gebäudeklasse 1 bis 3 mit einer Höhe bis zu 7 Meter, d. h. Höhe der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, bezogen auf das mittlere Geländeniveau) bestehen keine erhöhten Anforderungen an das Brandverhalten von Wärmedämmungen.

Dämmstoffe aus PU-Hartschaum sind bauaufsichtlich als „normalentflammbar“ (Klassen des Brandverhaltens D und E nach EN 13501-1) eingestuft. Für Aufbauten mit höheren Anforderungen werden „schwerentflammbare“ PU-Dämmstoffe angeboten (Klassen des Brandverhaltens B und C nach EN 13501-1). PU-Hartschaum tropft im Brandfall weder „brennend“ noch „nicht brennend“ ab.

Der Dämmstoff schmilzt, glimmt oder schwellt nicht. Somit besteht nicht die Gefahr, dass sich ein Brand unbemerkt in der Dämmschicht ausbreitet.⁸

Normalentflammbare PU-Dämmstoffe können in den Gebäudeklassen 1 bis 3 ohne Einschränkungen verwendet werden. In den Gebäudeklassen 4 und 5 sind mindestens schwerentflammbare Dämmstoffe in zweischaligen Wänden erforderlich. Planung und Ausführung sind in DIN 4102-4 bauaufsichtlich geregelt.

6 | Erwin Raisch: Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen. In: Gesundheits-Ingenieur, 30. Heft, 1928.

7 | Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig: Wohnungslüftung, Feuchte und Schimmel in Wohnungen - ein neues Problem? Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 1999.

8 | Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (FMPA), Otto-Graf-Institut, Stuttgart: Prüfbericht 16-27375, Stuttgart, 1998.

3 | ZWEISCHALIGE SYSTEMAUFBAUTEN

Bei der zweischaligen Außenwand sind die Funktionsschichten komplett getrennt. Damit ist die kapillare Übertragung von Feuchtigkeit ausgeschlossen. Thermische Längenänderungen haben keine negativen Auswirkungen auf den Verbund der Schichten wie z. B. bei verputzten Wandsystemen (WDVS). Die Ausführung des zweischaligen Mauerwerkes ist nach DIN EN 1996-2/NA bauaufsichtlich geregelt.

Aufgrund ihrer hohen Masse kann die Verblendschale die Wärme des Tagesverlaufes speichern und dadurch ein starkes Absinken der Oberflächentemperatur verhindern. Die Temperatur der Fassadenoberfläche unterschreitet auch in klaren kalten Nächten die Lufttemperatur kaum. Die Entstehung von Tauwasser oder Reif wird verhindert und die Gefahr der Ansiedlung von Algen oder Pilzen ist bei Mauerwerksfassaden, im Gegensatz zu verputzten Systemen, äußerst gering.

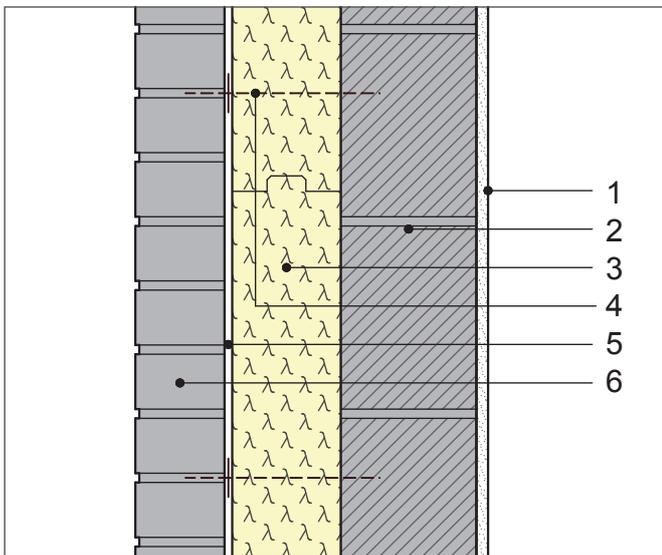


3.1 Nichttragende Außenschale (Verblendmauerwerk, Verblendschale, Vormauerschale)

Die nichttragende Außenschale dient als Witterungsschutz und zugleich der Gestaltung des Gebäudes. Sie wird in der Regel aus gebrannten Ziegelsteinen (Klinker), aber auch aus Kalksandstein oder Betonsteinen als Sichtmauerwerk ausgeführt. Die vielfältigen Formate, Oberflächenstrukturen und Farben der Verblender ermöglichen mit der Auswahl des Mauerwerksverbandes fast unbegrenzte individuelle Gestaltungsmöglichkeiten.

Die Mindestdicke der Außenschale beträgt 90 mm, die Mindestlänge von gemauerten Pfeilern 240 mm. Die Außenschale muss über ihre ganze Länge und vollflächig aufgelagert sein. Bei unterbrochener Auflagerung (z. B. auf Konsolen) müssen in der Abfangebene alle Steine beidseitig aufgelagert sein.

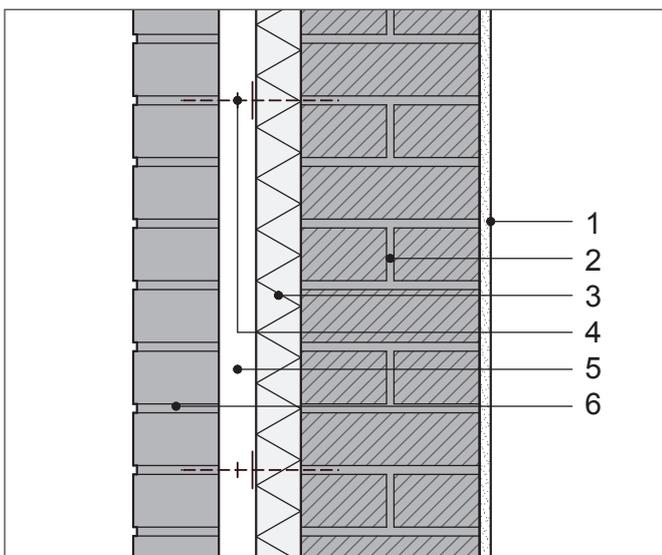
3.2 Wärmedämmung im Schalenzwischenraum



Der Schalenzwischenraum kann ganz oder teilweise mit Dämmstoffen des Anwendungstyps WZ gemäß DIN 4108-10 ausgefüllt sein. Wird der Zwischenraum vollständig gedämmt, verbleibt zwischen Verblendschale und Wärmedämmung nur ein Fingerspalt (nicht belüftete Luftschicht). Der Fingerspalt ist ca. 1 bis 2 cm breit und dient zur leichteren Montage der Vormauerschale und zum Ausgleich von Bautoleranzen.

Grafik 3 | Zweischalige Wand mit Kerndämmung (Volldämmung)

- 1 | Innenputz
- 2 | Tragende Innenschale
- 3 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 4 | Maueranker
- 5 | Fingerspalt
- 6 | Nichttragende Außenschale



Ist eine belüftete Luftschicht im Schalenzwischenraum geplant, muss diese mindestens 60 mm dick sein. Sie darf auf 40 mm vermindert werden, wenn der Mauermörtel mindestens an einer Hohlraumseite abgestrichen wird.

Grafik 4 | Zweischalige Wand mit Wärmedämmung und Luftschicht

- 1 | Innenputz
- 2 | Tragende Innenschale
- 3 | Wärmedämmung
- 4 | Maueranker
- 5 | Luftschicht
- 6 | Nichttragende Außenschale



3.3 Verankerung der Verblendschale

Die Verankerung der Verblendschale erfolgt mittels Anker aus nichtrostendem Stahl in der Tragschale. Bei der Ausführung mit Wärmedämmung werden die Dämmstoffe gleichzeitig mit der Verankerung an der Tragschale befestigt und mit Hilfe von Klemmscheiben oder Dübeltellern in der Lage gesichert.

Entsprechend DIN EN 1996 sind Anker nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung zu verwenden.

Alternativ können Drahtanker nach DIN EN 845-1, deren Verwendung in einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geregelt ist, eingesetzt werden. Die Kriterien für ihre Anwendung sind in DIN EN 1996-2 bauaufsichtlich festgelegt:

- Drahtdurchmesser: 4 mm
- Lichter Abstand der Mauerwerksschalen: max. 150 mm
- Ankerabstand: vertikal max. 500 mm, horizontal max. 750 mm
- Normalmauermörtel: mind. Gruppe IIa
- Mindestanzahl je m² Wandfläche: siehe Tabelle 3

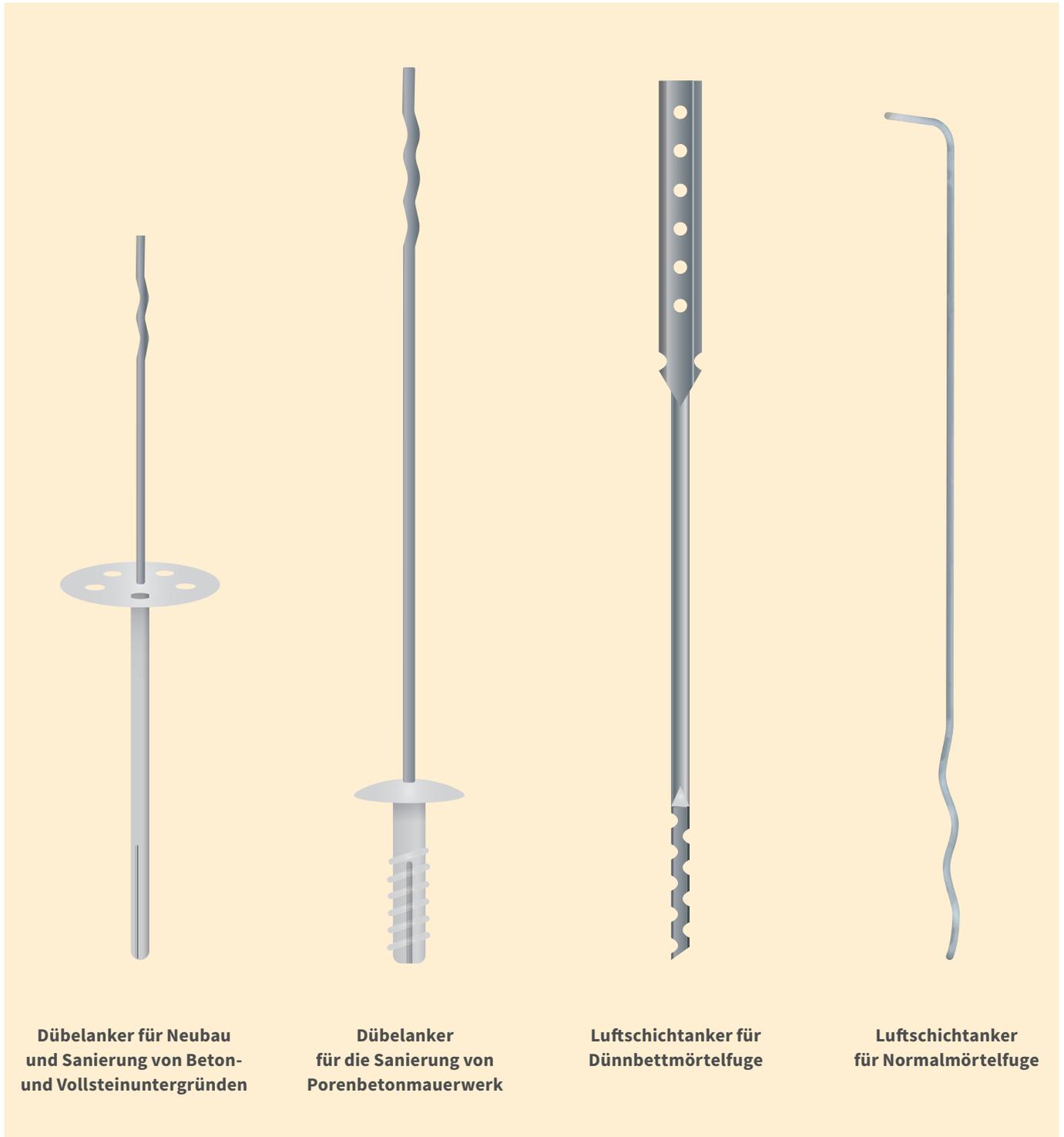
Tabelle 3 | NA.D.1 aus DIN EN 1996-2/NA:
Mindestanzahl n_{tmin} von Drahtankern je m² Wandfläche (Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/NA)

| Gebäudehöhe | Windzone 1 bis 3 Windzone 4 Binnenland | Windzone 4 Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee | Windzone 4 Inseln der Nordsee |
|-----------------------------------|---|---|----------------------------------|
| $h < 10 \text{ m}$ | 7 ^a | 7 | 8 |
| $10 \text{ m} < h < 18 \text{ m}$ | 7 ^b | 8 | 9 |
| $18 \text{ m} < h < 25 \text{ m}$ | 7 | 8 ^c | |

a | in Windzone 1 und Windzone 2 Binnenland: 5 Anker/m² b | in Windzone 1: 5 Anker/m² c | ist eine Gebäudegrundrisslinie kleiner als h/4: 9 Anker/m²

Zusätzlich sind an allen freien Rändern, an Gebäudeecken, Öffnungen und entlang von Dehnungsfugen sowie an den oberen Enden der Außenschalen zusätzlich drei Anker je Meter Randlänge zu setzen.

Da in der Praxis fast ausschließlich Anker nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung zum Einsatz kommen, sollten die dort beschriebenen Anwendungskriterien, z. B. maximaler Schalenabstand, Mauersteinart, Fugenausführung und Ankerabstände beachtet werden.



Drahtanker und Luftschichtanker werden beim Aufmauern der tragenden Hintermauerschale in deren Lagerfugen eingelegt. Dadurch ist die Lage der Anker festgelegt. Die Lagerfugen der Verblendschale und die in der Hintermauerschale müssen in den gleichen Höhen angeordnet werden.

Für das Verblendmauerwerk werden unterschiedliche Formate angeboten. Deshalb kann die Verwendung von Dübelankern vorteilhaft sein. Sie können unabhängig von den Lagerfugen in der Hintermauerschale angeordnet werden.

4 | PU-WÄRMEDÄMMUNG VON ZWEISCHALIGEN AUSSENWÄNDEN

4.1 PU-Lösungen für den Neubau

Innovative Architektur verleiht Gebäuden mit einer zweischaligen Außenwand gestalterische Qualität und Einzigartigkeit. Dabei ist die Dämmung des Schalenzwischenraums wichtiger Bestandteil der energieeffizienten Gebäudehülle. Die PU-Dämmung ist robust und dauerhaft. Sie muss über die Lebensdauer des Gebäudes nicht

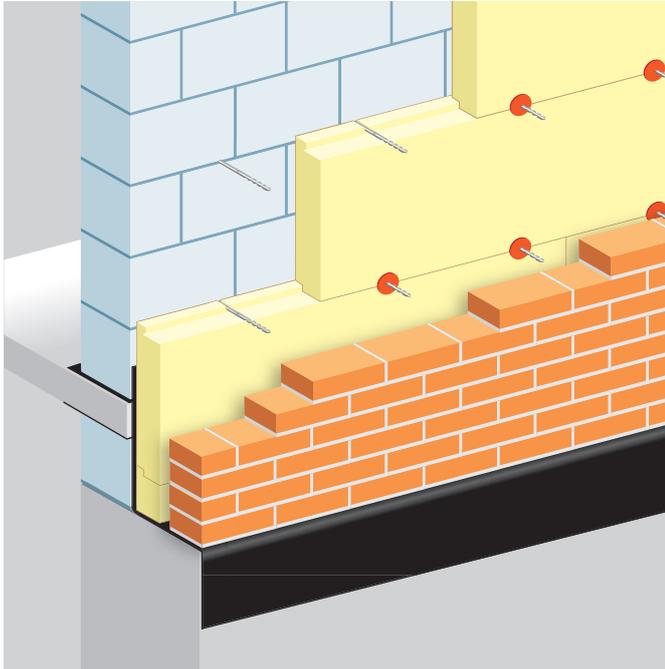
erneuert werden, verursacht keine Wartungskosten, unterliegt keinen Energiepreisschwankungen und verbessert den Wohnkomfort. Nach dem Rückbau können die mechanisch befestigten PU-Dämmelemente zu hochwertigen Funktionswerkstoffen recycelt werden.



Stadthäuser in Hamburg Winterhude; Giorgio Gullotta Architekten Hamburg

Bildquelle: Fritz-Höger-Preis 2008: Projekt 123. Stadthäuser in Hamburg Winterhude. Giorgio Gullotta Architekten Hamburg.

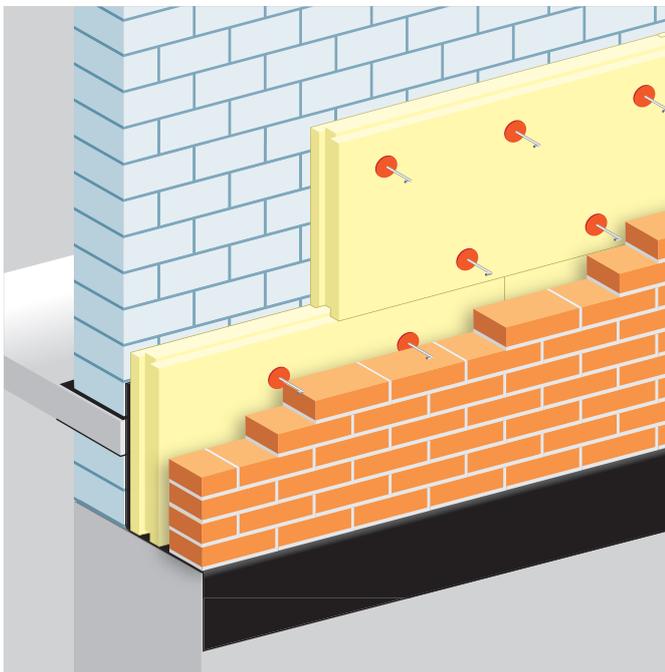
4.1.1 Verankerung der Mauerwerksschalen und Befestigung der PU-Dämmplatten



Draht- und Luftsichtanker für Normal- oder Dünnbettfuge

Draht und Luftsichtanker werden bei der Erstellung des Rohbaus in die Normal- oder Dünnbettfuge der tragenden Innenschale eingemörtelt. Vertikal werden sie in der Regel im Abstand von 500 mm angeordnet. Für diese Art der Verankerung eignen sich PU-Dämmplatten in der Plattenbreite 500 mm (Deckmaß). Die Dämmplatten werden zwischen die Anker montiert und mit aufgeschobenem Teller lagegesichert. Müssen Anker beispielsweise an Rand- und Eckausbildungen der Plattenfläche angeordnet werden, werden die druckfesten PU-Dämmplatten vorgebohrt. Zusätzlich kann das Bohrloch vor dem Aufschieben der Halteteller ausgeschäumt werden.

Grafik 5: Befestigung mit Draht- und Luftsichtanker (Ausführungsbeispiel)



Dübelanker für Innenschalen aus Beton oder Vollsteinen

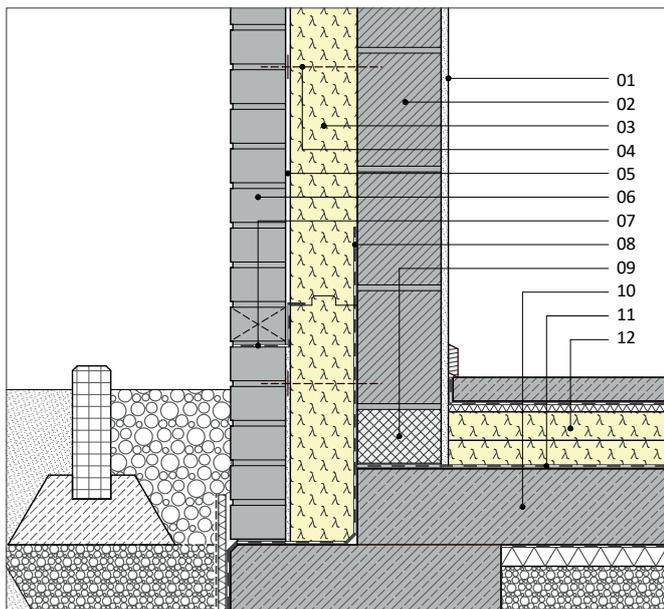
Bei Ausführung der tragenden Innenschalen aus Beton, Porenbeton oder Vollsteinen ist die Verwendung von Dübelankern, z. B. Langschaft-Tellerdübel, vorteilhaft. Die Anordnung der Dübelanker erfolgt nach den statischen Vorgaben, unabhängig vom verwendeten Steinformat und den Lagerfugen der tragenden Innenwand. Die Anker werden gleichzeitig mit der Befestigung der PU-Dämmplatten beim Aufmauern der Verblendschale montiert.

Grafik 6: Befestigung mit Dübelanker (Ausführungsbeispiel)

4.1.2 Planungs- und Ausführungshinweise

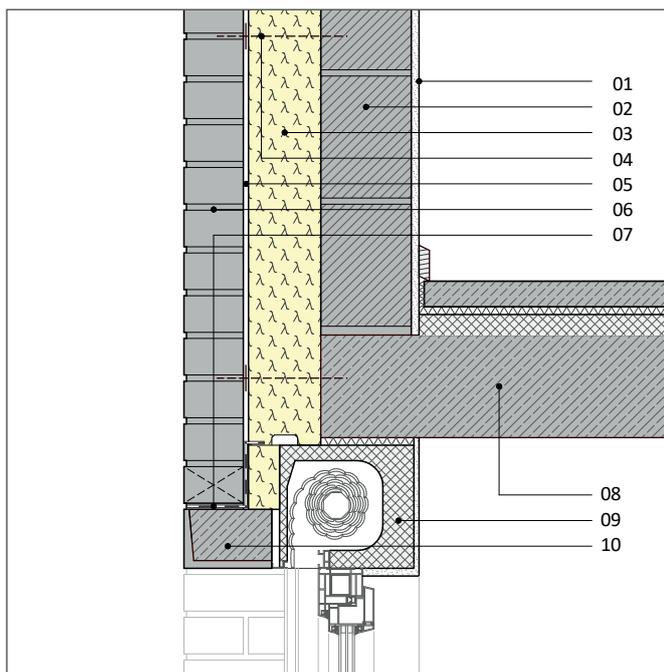
Die PU-Dämmplatten werden in der Ausführung dicht gestoßen im Verband verlegt. Zur Vermeidung von Hinterströmungen werden die Dämmplatten plan auf der tragenden Wand verlegt. Überstehende Mörtelwulste sind vor der Verlegung zu entfernen. Wird der Schalenzwischenraum vollständig mit Dämmung ausgefüllt (Kerndämmung), ist zur Montage der Verblendschale ein Fingerspalt von 1 bis 2 cm vor der Wärmedämmung einzuplanen.

Die PU-Dämmung kann im zweischaligen Mauerwerk ohne Dämmstoffwechsel auch in spritzwasserbelasteten Bereichen (z. B. im Sockelbereich) ausgeführt werden. Die PU-Dämmung ist druckfest und formstabil.



Grafik 7: Anschlusspunkt Sockel, Gebäude nicht unterkellert, Entwässerung über Geländeoberkante

- 01 | Innenputz
- 02 | Tragende Innenschale
- 03 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 04 | Maueranker
- 05 | Fingerspalt
- 06 | Nichttragende Außenschale (Verblendmauerwerk)
- 07 | Sperrschicht (Abdichtung nach DIN 18533-2)
- 08 | Bauwerksabdichtung nach DIN 18533-2
- 09 | Wärmedämmstein (Kimmstein)
- 10 | Bodenplatte
- 11 | Abdichtung der Bodenplatte nach DIN 18533-1
- 12 | Fußbodenaufbau mit PU-Dämmung

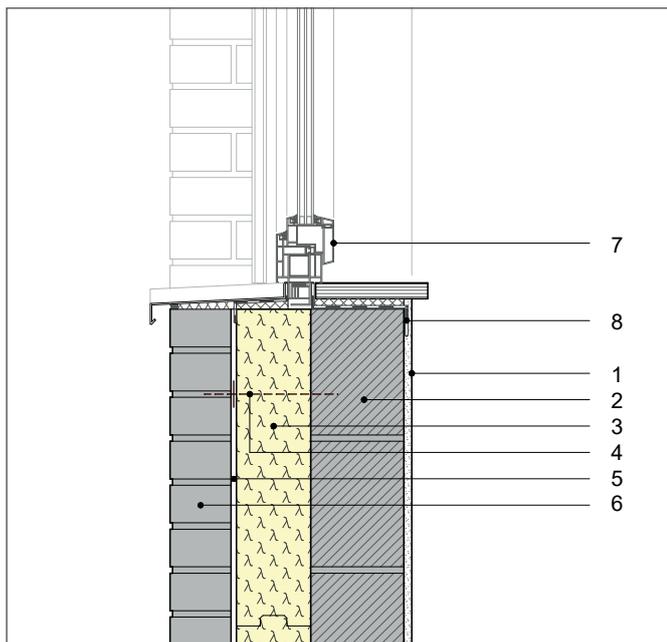


Grafik 8: Fensteranschluss oben mit Rollladenkasten

- 01 | Innenputz
- 02 | Tragende Innenschale
- 03 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 04 | Maueranker
- 05 | Fingerspalt
- 06 | Nichttragende Außenschale (Verblendmauerwerk)
- 07 | Sperrschicht (Abdichtung nach DIN 18533-2)
- 08 | Stahlbetondecke
- 09 | Rollladenkasten
- 10 | Fenstersturz

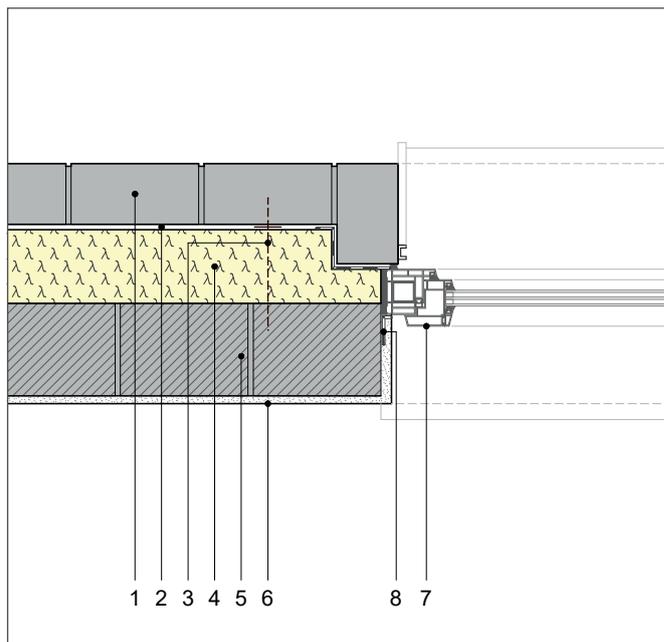


Bildquelle: Bewerber für den „Fritz-Höger-Preis 2008“: SechsH / 6H Kugler, Eckhoff, Riebelmann, Freie Architekten BDA, © Roland Halbe Fotografie / 2006



**Grafik 9: Fensteranschluss vertikal,
Fenster in Dämmebene**

- 01 | Innenputz
- 02 | Tragende Innenschale
- 03 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 04 | Maueranker
- 05 | Fingerspalt
- 06 | Nichttragende Außenschale
- 07 | Fenster
- 08 | Fensteranschluss (luftdicht)



**Grafik 10: Fensteranschluss horizontal,
Fenster in Dämmebene**

- 01 | Nichttragende Außenschale
- 02 | Fingerspalt
- 03 | Maueranker
- 04 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 05 | Tragende Innenschale
- 06 | Innenputz
- 07 | Fenster
- 08 | Fensteranschluss (luftdicht)

Tabelle 4: Zweischalige Wand mit Innenschale aus Kalksandstein und PU-Dämmung

| Kalksandstein Innenschale 17,5 cm (Rohdichte in kg/dm ³) | PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Dämmschichtdicke in mm | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 |
| λ_B in W/(m·K) | U-Werte in W/(m ² ·K)* | | | | | | | |
| 1,3 (2,2) | 0,24 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 1,1 (2,0) | 0,24 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 0,99 (1,8) | 0,24 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 0,79 (1,6) | 0,24 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 0,7 (1,4) | 0,24 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 0,56 (1,2) | 0,23 | 0,19 | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |

*) Die Berechnung der U-Werte wurde mit einer 175 mm tragenden Wand aus Kalksandstein und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit $\lambda = 0,68 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, einem 10 mm Fingerspalt als nicht belüftete Luftschicht ($R = 0,15 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$) unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} durchgeführt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt. Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit können je nach Hersteller und verwendetem Mörtel differieren.

Tabelle 5: Zweischalige Wand mit Innenschale aus Porenbeton und PU-Dämmung

| Porenbeton Innenschale 17,5 cm (Festigkeitsklasse) | PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Dämmschichtdicke in mm | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|--|
| | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | |
| λ_B in W/(m·K) | U-Werte in W/(m ² ·K)* | | | | | | | |
| 0,21 (6) | 0,21 | 0,18 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | |
| 0,18 (6) | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | |
| 0,16 (4) | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | |
| 0,14 (2,4) | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | |
| 0,13 (2,4) | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | |
| 0,12 (2,4) | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | |
| 0,10 (2,4) | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | |
| 0,08 (2,4) | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | |

*) Die Berechnung der U-Werte wurde mit einer 175 mm tragenden Wand aus Porenbeton und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit $\lambda = 0,68 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, einem 10 mm Fingerspalt als nicht belüftete Luftschicht ($R = 0,15 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$) unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} durchgeführt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt. Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit können je nach Hersteller und verwendetem Mörtel differieren.

Tabelle 6: Zweischalige Wand mit Innenschale aus Hochlochziegel und PU-Dämmung

| Hochlochziegel Innenschale 17,5 cm (Rohdichte in kg/dm ³) | PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_b = 0,022 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_b = 0,023 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ Dämmschichtdicke in mm | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|------|
| | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| λ_b in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | U-Werte in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})^*$ | | | | | | |
| 0,18 (0,80) | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 0,16 (0,75–0,80) | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 0,14 (0,70) | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,10 |
| 0,12 (0,65) | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 |

*) Die Berechnung der U-Werte wurde mit einer 175 mm tragenden Wand aus Hochlochziegel und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit $\lambda = 0,68 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, einem 10 mm Fingerspalt als nicht belüftete Luftschicht ($R = 0,15 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$) unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} durchgeführt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt. Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit können je nach Hersteller und verwendetem Mörtel differieren.



4.2 PU-Lösungen für die Sanierung

Auch für die energetische Sanierung bietet der zweischalige Wandaufbau individuelle Lösungen mit einer effizienten PU-Wärmedämmung.

4.2.1 Bestehende einschalige Außenwände mit Putzfassaden

Putzfassaden können durch das Vorsetzen einer Verblendschale und die Montage einer Wärmedämmung in ein zweischaliges Mauerwerk saniert werden. Für die Montage der Verblendschale wird eine tragfähige Aufstandsfläche benötigt. Hierzu gibt es verschiedene Lösungsvarianten, abhängig von den örtlichen Gegebenheiten und dem Zustand des Bestandsgebäudes.

Vorgesetztes Streifenfundament

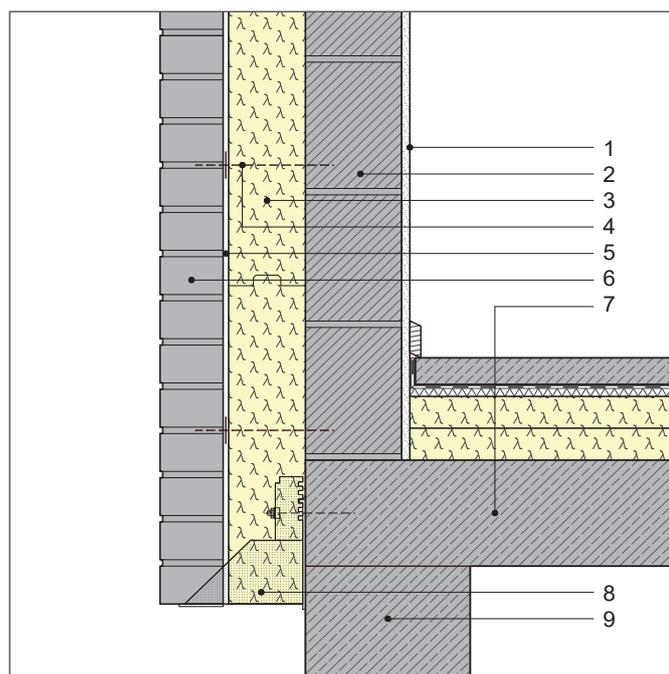
Das vorhandene Fundament wird verbreitert oder es wird ein Streifenfundament vorgesetzt. Diese Maßnahme ist zwar aufwendig, bietet jedoch den Vorteil, dass somit auch defekte Feuchtigkeitssperren im Aufbau saniert werden können.

Abfangen der Verblendschale

Das Abfangen der Verblendschale kann durch das Anbringen von bauaufsichtlich zugelassenen Konsolankern am vorhandenen intakten Fundament, an der Boden- oder der Kellerdeckenplatte hergestellt werden. Die Ausführung ist in DIN EN 1996-2, NA.D.1 bauaufsichtlich geregelt. Abhängig von der Einbausituation bieten Hersteller von Konsolankern unterschiedliche Ausführungen an.



Bestehende zweischalige Konstruktionen, bei denen der Schalenzwischenraum nur teilweise mit einer Wärmedämmschicht ausgefüllt wurde, können mit Erneuerung der Verblendschale und einer hoch-effizienten PU-Kerndämmung ertüchtigt werden.



Grafik 11: Abfangen der Verblendschale mit Konsolanker

- 1 | Innenputz
- 2 | Tragende Innenschale
- 3 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 4 | Maueranker
- 5 | Fingerspalt
- 6 | Nichttragende Außenschale
- 7 | Stahlbetonkellerdecke
- 8 | Konsolanker
- 9 | Streifenfundament

4.2.2 Bestehendes zweischaliges Mauerwerk

Die optimale Sanierungslösung eines bestehenden zweischaligen Mauerwerks besteht darin, die bestehende, schadhafte Vormauerschale abzubrechen und mit einer hochwirksamen Kerndämmung im Schalenzwischenraum wieder neu aufzumauern. Auf diese Weise kann die Fassade neu und individuell gestaltet werden.



Sanierung einer bestehenden zweischaligen Wand:
Abbruch der Vormauerschale.

Planungs- und Ausführungshinweise

Ist für den Neubau einer Verblendschale ein größerer Schalenzwischenraum erforderlich, muss die vorhandene tragfähige Aufstandsfläche verbreitert werden. Das Abfangen der Verblendschale kann durch eine Verbreiterung des vorhandenen Fundaments oder durch das Anbringen von bauaufsichtlich zugelassenen Konsolankern erfolgen. Die Ausführung ist in DIN EN 1996-2, NA.D.1 bauaufsichtlich geregelt.

Bei der Sanierung muss davon ausgegangen werden, dass das vorhandene Hintermauerwerk Unebenheiten aufweist. Um eine flächige Auflage der Dämmplatten zu gewährleisten und Hinterströmungen zu verhindern, kann eine druckweiche Ausgleichsschicht, z. B. in Form einer 20 mm dicken Faserdämmplatte, zwischen der PU-Dämmung und der tragenden Innenschale angebracht werden. Zur Verankerung der tragenden Innenschale und zur Befestigung der Dämmplatten wird die Verwendung von Dübelankern, z. B. mit langem Kunststoffschacht und integriertem Teller, empfohlen.



Die Anker werden gleichzeitig mit der Befestigung der PU-Dämmplatten beim Aufmauern der Verblendschale montiert.

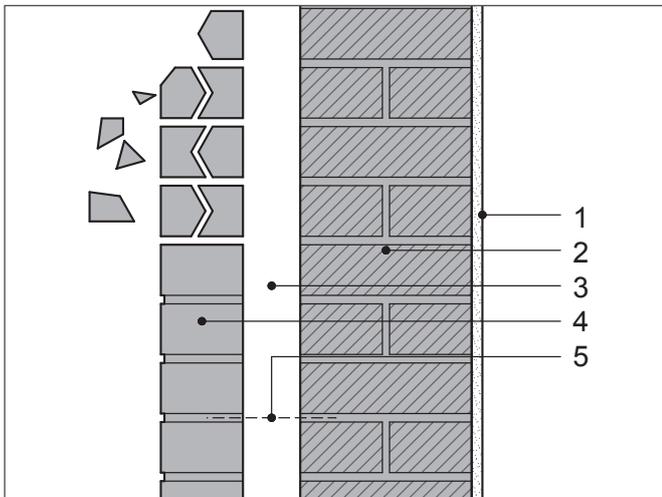


Systemaufbau mit PU-Kerndämmung

Beispiel für einen typischen Wandaufbau für zweischaliges Mauerwerk mit Baujahr 1950 bis 1960: Innenschale aus 24 cm Ziegelmauerwerk, 2 bis 6 cm belüftete Luftschicht, 11,5 cm Klinker-Verblendschale

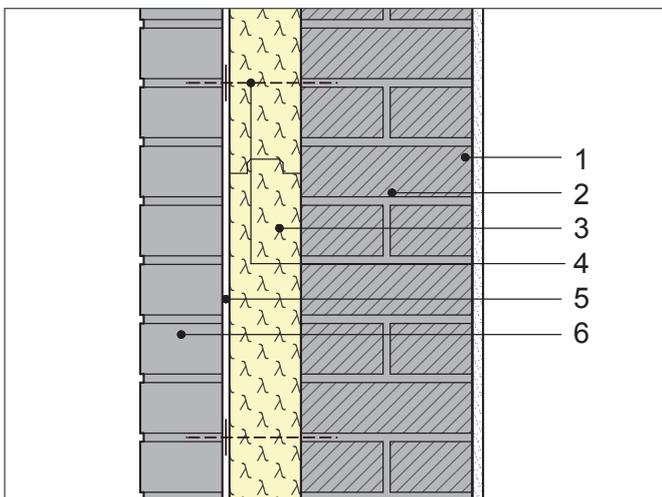
U-Wert: $1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bis $1,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Die Sanierung erfolgt durch Abriss und Neuaufbau der Verblendschale mit größerem Schalenabstand und Montage einer PU-Kerndämmung.



Grafik 12: Bestehendes Zweischalenmauerwerk, nicht gedämmt, Abriss der vorhandenen Verblendschale

- 1 | Innenputz
- 2 | Tragende Innenschale
- 3 | Luftschicht, 2 bis 6 cm
- 4 | Verblendschale
- 5 | Maueranker



Grafik 13: Zweischalenmauerwerk, Sanierung mit PU-Kerndämmung im Schalenzwischenraum, neue Verblendschale

- 1 | Innenputz
- 2 | Vorhandene tragende Innenschale
- 3 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
- 4 | Maueranker
- 5 | Fingerspalt
- 6 | Neue nichttragende Verblendschale



Tabelle 7: U-Wert-Vergleich bei Kerndämmung des Schalenzwischenraums

| Schalenabstand in mm | Dämmdicke in mm | U-Wert in W/(m ² ·K)* | | |
|-------------------------|--------------------|--|--|--|
| | | PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ | Faserdämmung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ | Faserdämmung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ |
| 90 | 80 | 0,24 | 0,30 | 0,33 |
| 110 | 100 | 0,20 | 0,25 | 0,28 |
| 130 | 120 | 0,17 | 0,22 | 0,24 |
| 150 | 140 | 0,15 | 0,19 | 0,21 |
| 170 | 160 | 0,13 | 0,17 | 0,19 |
| 190 | 180 | 0,12 | 0,15 | 0,17 |
| 210 | 200 | 0,11 | 0,14 | 0,16 |

*) Die Berechnung der U-Werte wurde für einen zweischaligen Wandaufbau entsprechend mit einer 115 mm dicken Ziegelverblendschale, einem 10 mm Fingerspalt als nicht belüftete Luftschicht ($R = 0,15 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$) und einer 240 mm tragenden Wand aus Ziegelmauerwerk unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} durchgeführt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Eine PU-Kerndämmung mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ erzielt bereits bei einem Schalenabstand von 110 mm (Dämmdicke 100 mm) einen U-Wert $\leq 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Damit erfüllt die PU-Dämmung die Anforderungen für Einzelmaßnahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) und kann mit einem Investitionszuschuss gefördert werden.

Eine herkömmliche Faserdämmung mit Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ erfüllt diese U-Wert-

Anforderung erst ab einem Schalenabstand von 150 mm (Dämmdicke 140 mm); bei der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ beträgt der Schalenabstand 170 mm und die Dämmdicke 160 mm.

Bei gleichen U-Wert-Anforderungen lassen sich mit einer PU-Kerndämmung wesentlich geringere Schalenabstände realisieren. Das bedeutet auch eine deutliche Reduzierung der Sanierungskosten, da der Aufwand für die Verbreiterung der Aufstandsfläche für die Verblendschale geringer ist.

5 | ENERGIEEFFIZIENZ UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

Effizienzhäusern gehört die Zukunft. Sie bieten alles, was von einem nachhaltigen Gebäude erwartet wird: geringerer Energiebedarf, höchster Wohnkomfort, hohe Immobilienwerte und CO₂-Einsparungen. Um den besseren Energiestandard zu erreichen, müssen Neubauten und Bestandsgebäude in der Sanierung effizient gedämmt werden. In vielen Fällen bedeutet das immer dickere Wandkonstruktionen, was zu einem Verlust an Wohnfläche führt. Die Dicke der Dämmschicht ist jedoch kein Maß für deren Effizienz. Entscheidend ist vielmehr die niedrige Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes.

Die PU-Devis lautet deshalb: Nicht dicker, sondern besser dämmen.

Ein Mauerwerksaufbau mit PU-Kerndämmung ist profitabel. Der begrenzte Raum zwischen den Mauerwerksschalen wird effizient gedämmt. Die schlanken Wandaufbauten führen zu einem Zuwachs an Wohn- oder Nutzfläche. Die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) und der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) werden umstandslos erfüllt.

5.1 Schlanker Mauerwerksaufbau

Effizienzhäuser (EH) 55 benötigen für Außenwände im Neubau U-Werte $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Im Vergleich zu herkömmlichen Dämm Lösungen erzielt eine schlanke Mauerwerkskonstruktion mit

PU-Kerndämmung bei gleichen Wärmeschutzanforderungen einen deutlichen Zuwachs an Wohn- bzw. Nutzfläche.

Tabelle 8: U-Wert-Vergleich bei Kerndämmung des Schalenzwischenraums

| U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D = 0,022 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ | | Faserdämmung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ | | Faserdämmung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_B = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ | |
|---|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
| | Dämmdicke in mm | Wanddicke in mm | Dämmdicke in mm | Wanddicke in mm | Dämmdicke in mm | Wanddicke in mm |
| 0,28 | 70 | 370 | 90 | 390 | 100 | 400 |
| 0,24 | 80 | 380 | 110 | 410 | 120 | 420 |
| 0,20 | 100 | 400 | 140 | 440 | 150 | 450 |
| 0,18 | 110 | 410 | 150 | 450 | 170 | 470 |
| 0,16 | 130 | 430 | 180 | 480 | 190 | 490 |
| 0,15 | 140 | 440 | 190 | 490 | 210 | 510 |
| 0,14 | 150 | 450 | 200 | 500 | 220 | 520 |
| 0,12 | 170 | 470 | 240 | 540 | 260 | 560 |

Die Berechnung der Wanddicken wurde für einen Wandaufbau mit einer 175 mm tragenden Innenschale aus 175 mm Kalksandstein mit $\lambda = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, Wärmedämmung, einem 10 mm Fingerspalt als nicht belüftete Luftschicht ($R = 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit $\lambda = 0,68 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} durchgeführt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Um die energetische Vorgabe für ein EH 55 im Neubau mit einem U-Wert $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu erfüllen, muss die zweischalige Wand mit einer Faserdämmung mindestens 40 mm dicker ausgeführt werden als mit einer PU-Dämmung.

Bei einem EH 40 mit einem U-Richtwert $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ muss das Zweischalenmauerwerk mit einer Faserdämmung mindestens 50 mm dicker ausgeführt werden.

5.2 Zusätzliche Wohnfläche und mehr Gewinn bei der Vermarktung

Mehr Wohnfläche bei gleichen Gebäudeabmessungen bedeutet einen zusätzlichen Gewinn bei der Vermarktung der Immobilie.

Beispielrechnung:

Gebäudeart: Freistehendes Wohngebäude, 3 Wohngeschosse, Grundfläche: 288 m², Baunennmaß: 24 m × 12 m

Außenwandaufbau: Zweischalige Außenwand mit Kerndämmung des Schalenzwischenraumes

Dämmlösungen im Vergleich

- Faserdämmung, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

$$\lambda_b = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

- PU-Dämmung, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

$$\lambda_b = 0,023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Tabelle 9: Wohnflächenvergleich bei verschiedenen Effizienzstandards und Dämmvarianten

| U-Wert des Gebäudes | Wohnfläche gesamt | | |
|--|---|--|--|
| | Effizienter Mauerwerksaufbau mit PU-Dämmung $\lambda_b = 0,023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})^*$ | Konventioneller Mauerwerksaufbau mit Faserdämmung $\lambda_b = 0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})^{**}$ | Konventioneller Mauerwerksaufbau mit Faserdämmung $\lambda_b = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})^{**}$ |
| GEG (Anlage 5) Vereinfachtes Nachweisverfahren für ein zu errichtendes Gebäude U-Wert 0,20 W/(m ² ·K) | 779,52 m² | 771,28 m ² | 769,23 m ² |
| EH 40 (Klimafreundlicher Neubau) U-Richtwert: 0,15 W/(m·K) | 767,28 m² | 761,04 m ² | 756,96 m ² |

* PU-Kerndämmung ($\lambda_b = 0,023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$): 100 mm für $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 140 mm für $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

** Faserdämmung ($\lambda_b = 0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$): 140 mm für $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und 190 mm für $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
Faserdämmung ($\lambda_b = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$): 150 mm für $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und 210 mm für $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Tabelle 10: Schlanker Mauerwerksaufbau mit PU-Dämmung – Gewinn an Wohnfläche und Mehrerlös bei Vermarktung

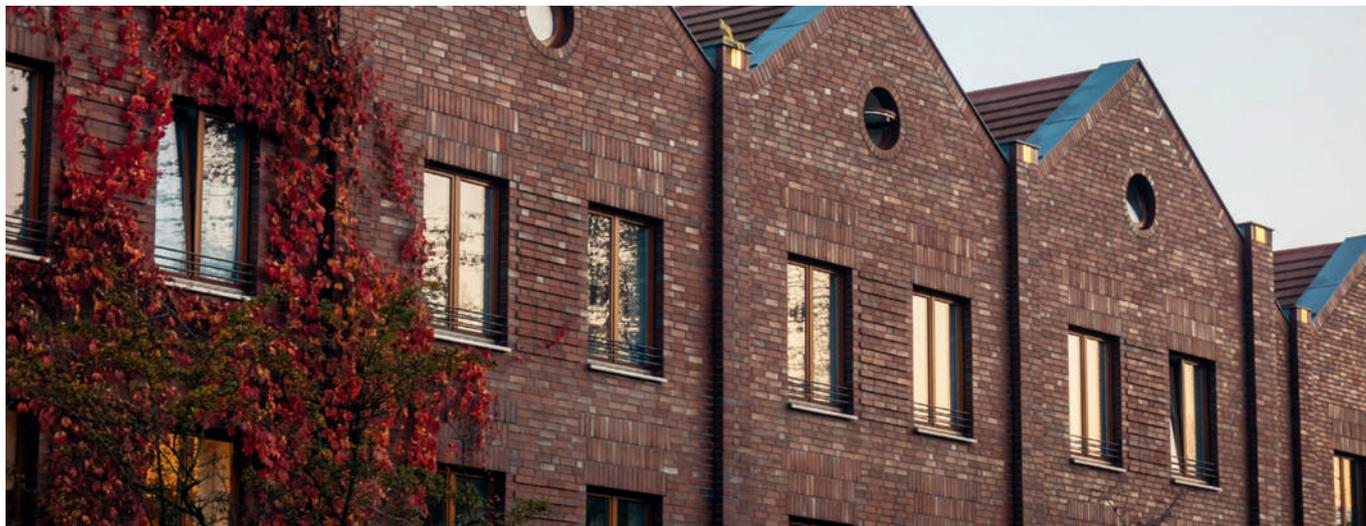
| U-Wert des Gebäudes | Gewinn an Wohnfläche bei energieeffizientem Mauerwerksaufbau mit PU-Dämmung* | Mehrerlös bei 3.500 €/m ² | Mehrerlös bei 5.500 €/m ² |
|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| GEG (Anlage 5) Vereinfachtes Nachweisverfahren für ein zu errichtendes Gebäude U-Wert 0,20 W/(m ² ·K) | + 10,29 m² | 36.015 € | 56.596 € |
| EH 40 (Klimafreundlicher Neubau) U-Richtwert: 0,15 W/(m·K) | + 14,32 m² | 50.120 € | 78.760 € |

* Die Wohnflächenberechnung basiert auf der Wohnflächenverordnung (WoFlV)

Gebäudeart: Freistehendes Wohngebäude, 3 Wohngeschosse, Grundfläche von 288 m² (Baunennmaß 24 m × 12 m)

Außenwandaufbau: Tragende Innenschale aus 175 mm Kalksandstein $\lambda = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, Wärmedämmung, einem 10 mm Fingerspalt als nicht belüftete Luftschicht ($R = 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$), Ziegelverblendschale 115 mm $\lambda = 0,68 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Wärmedämmung: PU-Kerndämmung ($\lambda_b = 0,023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$): 100 mm für $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 140 mm für $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ im Vergleich zu einer Faserdämmung ($\lambda_b = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$): 150 mm für $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und 210 mm für $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – siehe Tabelle 8.



6 | EMISSIONS- UND SCHADSTOFFARME PU-DÄMMSTOFFE

Die Verwendung emissions- und schadstoffarmer Dämmstoffe ist eine wichtige Voraussetzung für gute Innenraumluftqualität und ein gesundes Wohnumfeld. Nach den Bauordnungen der Länder dürfen Dämmstoffe nur dann verwendet werden, wenn sie der Europäischen Bauproduktenverordnung (BauPVO), der Musterbauordnung (MBO) und den Landesbauordnungen (LBO) entsprechen. Die wesentlichen Merkmale von Bauprodukten sind in der Leistungserklärung zu deklarieren.

Die DIN EN 16516 „Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Bestimmung von Emissionen in die Innenraumluft“ wird in den nationalen bauaufsichtlichen Nachweisverfahren als Grundlage für die Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen verwendet.

Die Freisetzung flüchtiger Stoffe bei Bauprodukten und damit auch bei Dämmstoffen darf bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. **Zertifizierte PU-Dämmstoffe, die das Umweltqualitätszeichen „pure life“ tragen, sind gesundheitlich unbedenklich und für die Verwendung in Innenräumen geeignet. Sie erfüllen u. a. die Anforderungen des staatlichen Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) hinsichtlich der Schadstoffvermeidung in Dämmstoffen. Es gilt der Prüfstandard WKI-PS-EPUD-001 des Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Instituts.** Die Qualitätssicherung der PU-Dämmprodukte umfasst die jährliche Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle sowie Emissionsuntersuchungen im Labor an Stichproben, die im Dämmstoff-Herstellwerk entnommen werden.



Erfüllt die QNG-Anforderungen an Schadstoffvermeidung in Dämmstoffen.
„pure life“ ist eine Marke der ÜGPU.

PU-Dämmstoffe erfüllen die Bewertungskriterien

- des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) in Deutschland,
- der Verordnung zur Deklaration von VOC-Emissionen in Frankreich und hierbei der besten Emissionsklasse A+,
- des königlichen Erlasses in Belgien zur Festlegung der Grenzwerte für die Emissionen von Bauprodukten in Innenräumen,
- des Blauen Engels RAL-ZU 132 für Wärmedämmstoffe,
- die stofflichen Anforderungen des QNG-Siegels an Schadstoffvermeidung in Dämmstoffen.

Mehr Informationen über das Umweltqualitätszeichen „pure life“ auf www.uegpu.de/pure-life/



INTERESSE GEWECKT? WIR BERATEN SIE GERNE PERSÖNLICH:

Die Dämmexperten

Karl Bachl
Kunststoffverarbeitung
GmbH & Co. KG
www.bachl.de

Paul Bauder GmbH & Co. KG
www.bauder.de

BMI Deutschland GmbH
www.bmigroup.com/de

Holcim Solutions and
Products EMEA BV
www.holcimelevate.com/dach-de

IKO Insulations BV
www.enertherm.eu

Kingspan Insulation
GmbH & Co. KG
www.kingspaninsulation.de

Linzmeier Bauelemente
GmbH
www.linzmeier.de

puren gmbh
www.puren.com

RECTICEL NV/SA
www.recticel.com

SOPREMA GmbH
www.soprema.de

Steinbacher Dämmstoff
GmbH
www.steinbacher.at

Unilin Insulation
www.unilininsulation.com

Der IVPU

Wärmedämmung ist aktiver Klimaschutz und die zentrale Stellschraube, um den Energiebedarf deutlich zu reduzieren und den CO₂-Ausstoß zu senken. Der IVPU – Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V. – setzt sich für die Förderung zukunftsweisender Dämmtechniken ein.

Der IVPU ist der deutsche Verband führender Hersteller und Rohstofflieferanten des Hochleistungsdämmstoffes Polyurethan-Hartschaum (PU). Weiter gehören auch Deckschichtenhersteller, Hersteller bestimmter Rohstoffkomponenten und Anbieter kompletter Dachsysteme als Gastmitglieder zum IVPU. Der Verband wurde 1973 gegründet. Die Geschäftsstelle hat ihren Sitz in Stuttgart.

Herausgeber:

IVPU Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V.
Heilbronner Straße 154 | 70191 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711 29 17 16
ivpu@ivpu.de | www.daemmt-besser.de

