Außenwand

ENERGIEEFFIZIENT UND NACHHALTIG

Zweischaliges Mauerwerk mit PU-Dämmung

IVPU Planungshilfe 21 | 01
www.daemmt-besser.de

Polyurethan dämmt besser®

INHALT

Zweischalige Wand – altbewährt und neu gedacht 3

1 | Vorteile der effizienten PU-Dämmung 4
1.1 Nenn- und Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit
1.2 Handwerksgerechte Ausführung an Anschlüssen
1.3 Brandschutzeigenschaften

2 | Energieeffizienz und Bauphysik 6
2.1 Energiesparender Wärmeschutz
2.2 Energieeffizienter Mauerwerksaufbau
2.3 Schutz gegen Schlagregen
2.4 Tauwasserschutz
2.5 Raumluftfeuchte und Lüften
2.6 Brandschutzanforderungen für Fassaden
2.7 Anforderungen an den Schallschutz

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
4.1.3 Systemaufbau mit PU-Dämmung
4.2 PU-Lösungen für die Sanierung
4.2.1 Einschalige Außenwände mit Putzfassaden
4.2.2 Bestehendes zweischaliges Mauerwerk

5 | Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz 24
5.1 Schlanker Mauerwerksaufbau
5.2 Zusätzliche Wohnfläche und mehr Gewinn bei der Vermarktung

6 | Emissions- und schadstoffarme PU-Dämmstoffe 26

Herausgeber: IVPU – Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V. | ivpu@ivpu.de
www.daemmt-besser.de | © 2021 by IVPU | 1. Auflage, März 2021

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

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. Mit einer Hochleistungsdämmung aus Polyurethan-Hartschaum (PU) zwischen den Wandschalen erhält die Außenwand einen wirksamen Wärmeschutz. Das bedeutet in der Praxis:

- Die leistungsfähige PU-Dämmung ermöglicht schlanke Wandaufbauten, schafft mehr Wohnfläche und ist dadurch äußerst profitabel.

- Der begrenzte Raum zwischen den Mauerwerksschalen wird effizient gedämmt, die Grundstücksfläche optimal genutzt.

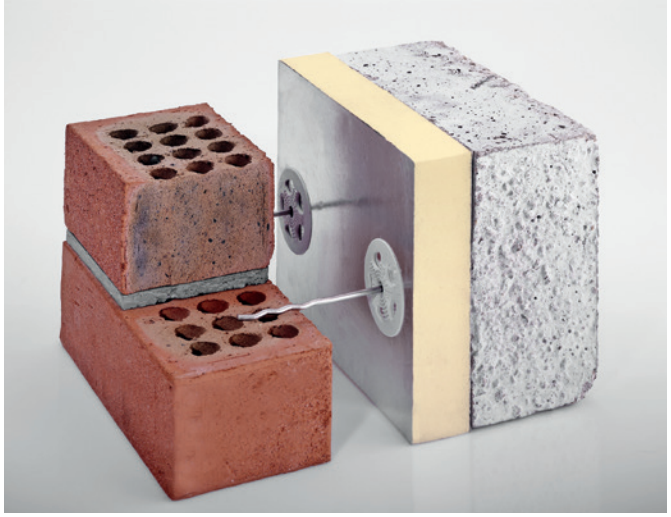
PU-Dämmstoffe sind für die Verwendung im zweischaligen Mauerwerk gemäß DIN 4108-10 genormt, Anwendungstyp nach Tabelle 6: WZ.

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. Die meist dunklen Farben der Mauerwerksfassade begünstigen die Solarabsorption und die damit verbundene Wärmespeicherung in den kalten Wintermonaten. 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 Reliefierungen, Ornamentik bis hin zu einfachen Klinkerriemchen. Die Fassade ist robust, stark und bleibt dauerhaft schön.

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

1 | VORTEILE DER EFFIZIENTEN PU-DÄMMUNG

Polyurethan-Hartschaum (Kurzzeichen „PU“) ist ein geschlossenzelliger Kunststoffschaum, der in Form von Dämmplatten oder Dämmelementen im Hochbau sowie für haus- und betriebstechnische Anlagen eingesetzt wird.



PU-Hartschaum bietet als Kerndämmung etliche Vorteile:

- Der begrenzte Raum zwischen den Mauerwerksschalen wird optimal für die Dämmung genutzt.
- Schlanke Wandaufbauten schaffen mehr Wohnfläche.
- PU-Dämmplatten mit speziellen Plattenformaten können mit dem oktametrischen Maßsystem geplant und ausgeführt werden; daraus resultiert ein geringer Steinverschnitt.
- Wärmedämmtechnische Anforderungen (U-Werte) der Bundesförderung für effiziente Gebäude werden leicht erfüllt, die staatliche Förderung lässt sich voll ausschöpfen.

Übersicht der Eigenschaften von PU-Dämmstoffen:
www.daemmt-besser.de

1.1 Nenn- und Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

Der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit von PU-Dämmplatten ist abhängig von der Deckschicht und der Dämmstoffdicke. Bei PU-Produkten mit diffusionsdichten Deckschichten liegt der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit zwischen λ_D = 0,022 W/(m·K) und λ_D = 0,023 W/(m·K) Bei PU-Dämmplatten mit diffusionsoffenen Deckschichten liegt der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit zwischen λ_D = 0,025 W/(m·K) und λ_D = 0,028 W/(m·K). Der Nennwert wird zusammen mit dem Anwendungstyp nach DIN 4108-10, der Brandklasse und dem CE-Zeichen auf dem Produkt-Etikett angegeben.

Wichtig für die Planung: In Deutschland ist der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit nach DIN 4108-4 maßgebend. Er wird für die Berechnung des Wärmeschutznachweises gemäß GEG herangezogen. Für Dämmplatten aus PU-Hartschaum wird er aus dem Nennwert mit einem Zuschlag von 3 %, jedoch mindestens 1 mW errechnet. Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von PU-Dämmplatten ist abhängig von der Deckschicht und der Dämmstoffdicke. Bei Produkten mit diffusionsdichten Deckschichten liegt der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit zwischen λ_B = 0,023 W/(m·K) und λ_B = 0,024 W/(m·K). Bei PU-Dämmplatten mit diffusionsoffenen Deckschichten liegt der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit zwischen λ_B = 0,026 W/(m·K) und λ_B = 0,029 W/(m·K).

1.2 Handwerksgerechte Ausführung an Anschlüssen

Die wasserabweisenden und feuchtigkeitsbeständigen PU-Dämmplatten können im gesamten Außenwandbereich ohne Dämmstoffwechsel als durchgehende Dämmschicht eingesetzt werden, auch in spritzwasserbelasteten Bereichen wie dem Sockel. So wird eine wärmebrückenreduzierte, gleichbleibende Dämmleistung über die gesamte Wandfläche erzielt.

1.3 Brandschutzeigenschaften

PU-Hartschaum ist bauaufsichtlich als „normalentflammbar“ (europäische Brandklasse D und E nach EN 13501-1) eingestuft. Für Anwendungsbereiche oder im Systemaufbau mit höheren Anforderungen werden „schwerentflammbare“ PU-Dämmprodukte angeboten (europäische Brandklasse B und C nach EN 13501). PU-Hartschaum tropft im Brandfall weder „brennend“ noch „nicht brennend“ ab. Der Dämmstoff schmilzt, glimmt oder schwelt nicht. Somit besteht nicht die Gefahr, dass sich ein Brand unbemerkt in der Dämmschicht ausbreitet.[1]

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

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 Wirksamkeit des Wärmeschutzes. Die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) für Neubau und für die Sanierung von Bestandsgebäuden haben zum Ziel, den Energiebedarf von Gebäuden soweit zu minimieren, dass dieser nach Möglichkeit durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Außenwände mit Verblendmauerwerk (zweischaligem Mauerwerk) gelten nach DIN 4108-3 als nachweisfreie Bauteile und sind deshalb aus feuchteschutztechnischer Sicht besonders sicher.

2.1 Energiesparender Wärmeschutz

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.

Überhitzte Räume im Sommer werden schnell zur Belastung. Das GEG fordert deshalb 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, ist zur Bewertung eine dynamisch-thermische Simulationsrechnung durchzuführen. 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. Die hoch wirksame PU-Dämmung verhindert bei hohen Außentemperaturen das Aufheizen und bei niedrigen Außentemperaturen das Auskühlen der Innenschale.

Neben den Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz existieren zusätzliche 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 auf der raumseitigen Bauteiloberfläche und im Bauteil. Der Feuchteschutz ist eine wesentliche Grundlage, um einen funktionierenden Wärmeschutz zu gewährleisten.

2.2 Energieeffizienter Mauerwerksaufbau

Ein wichtiger Bestandteil der Projektierung bzw. der Sanierungsplanung ist die Energieeffizienz der Gebäudehülle mit dem Ziel, CO_2-Emissionen langfristig zu reduzieren. Die energetische Optimierung der Außenwand spielt eine zentrale Rolle, um den Anforderungen erhöhter Effizienzstandards gerecht zu werden. Im Rahmen der Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG) werden Neubau und energetische Sanierungen zum KfW-Effizienzhaus mit zinsgünstigen Krediten und Investitionszuschüssen gefördert.

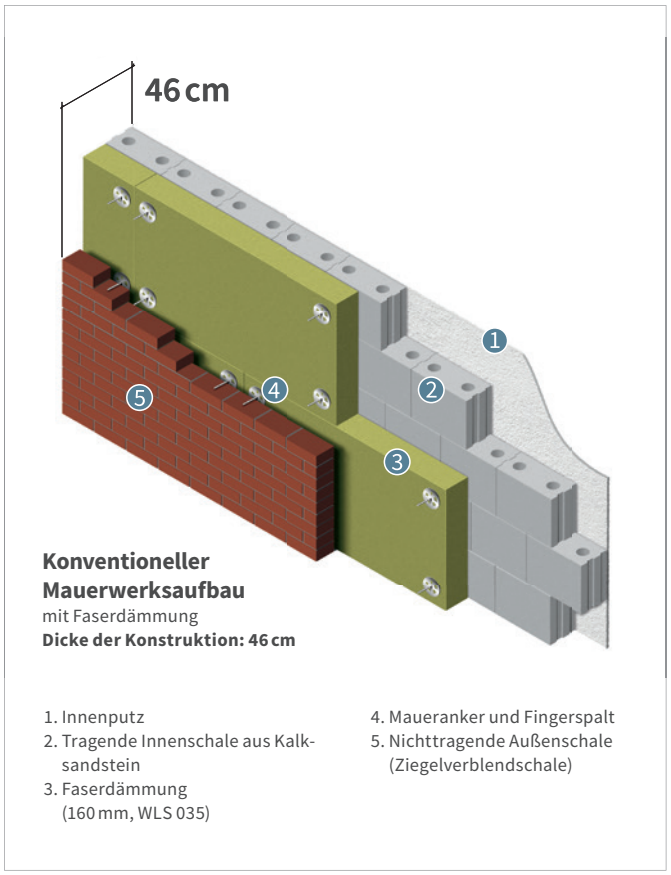
Der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) gilt als entscheidende Größe, wenn die energetische Qualität eines Bauteils bewertet werden soll. Je kleiner der U-Wert, desto geringer der Wärmeabfluss durch das Bauteil. Der U-Wert hat die Maßeinheit $W/(m^2 \cdot K)$ und gibt an, welche Wärmeleistung pro Quadratmeter Wandfläche strömt, wenn Außen- und Innenfläche einen konstanten Temperaturunterschied von einem Grad (1 K) aufweisen.

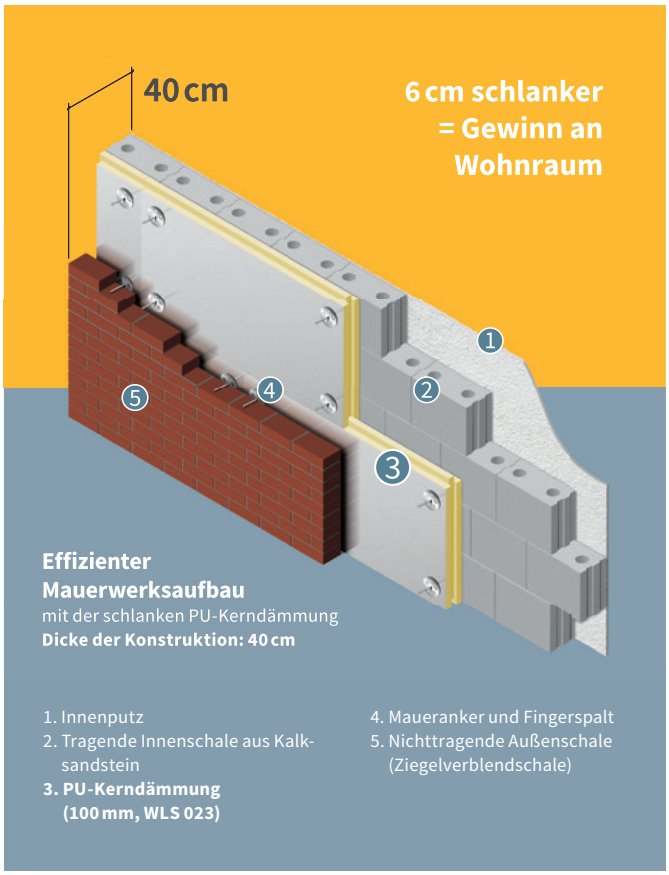
Durch eine wirksam gedämmte Außenwand mit einem U-Wert von 0,20 $W/(m^2 \cdot K)$ fließt zehnmal weniger Wärme als durch eine nicht gedämmte Wand mit einem U-Wert von 2,00 $W/(m^2 \cdot K)$.

U-Wert-Anforderungen für Wohngebäude

GEG (Anlage 7) Anforderung an Sanierung	$U < 0{,}24\ W/(m^2 \cdot K)$
GEG (Anlage 1) Anforderung an Neubau (Referenzgebäude)	$U < 0{,}22\ W/(m^2 \cdot K)$
BEG Einzelmaßnahme Sanierung Außenwand	$U < 0{,}20\ W/(m^2 \cdot K)$
KfW-Effizienzhaus 55 (im vereinfachten Nachweisverfahren)	$U < 0{,}20\ W/(m^2 \cdot K)$
Passivhausstandard (Quelle: Passivhaus Institut)	$U < 0{,}15\ W/(m^2 \cdot K)$

Grafik 1 | Effizienter Mauerwerksaufbau mit U-Wert ≤ 0,20 W/(m²·K): Nicht dicker, sondern besser dämmen





Höhere U-Wert-Anforderungen erfordern nicht unbedingt dickere Dämmschichten. Entscheidend ist die Effizienz des Dämmstoffes. Voraussetzung für energieeffiziente Gebäude ist eine wirksame und langlebige Wärmedämmung. PU-Dämmstoffe ermöglichen aufgrund ihrer hohen Dämmleistung schlanke Wandkonstruktionen. Die Grundstücksfläche wird besser genutzt und die Förderung für Effizienzhäuser lässt sich voll ausschöpfen.

2.3 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.

2.4 Tauwasserschutz

Normativer Nachweis
Bei einem zweischaligen Mauerwerk mit Volldämmung 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.

Rechnerischer Nachweis
Anhand von hygrothermischen instationären Simulationen[2] 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.[3]

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.

2.5 Raumluftfeuchte und Lüften

Es wird oft behauptet, dass Wärmedämmung das Atmen von Wänden behindere und zu Schimmelbildung führe. Diese Diskussionen werden emotional geführt und die 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. Raisch[4] bewiesen. Raisch stellte fest, dass der Luftdurchgang pro Stunde durch ein einziges Schlüsselloch in einem Zimmer 50-mal größer ist als durch 1 m² große Außenwandfläche.[5]

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 | Materialprüfanstalt Schleswig-Holstein, Numerische Simulation des Tauwasseranfalls in zweischaligem Verblendmauerwerk Prüfbericht P 249-08a, 2008, Prüfbericht P 213-08b 2009
3 | Wolff, Jan Thore: Energieeffiziente Gebäude mit Zweischalenmauerwerk, Master-Thesis an der Fachhochschule Lübeck Fachbereich Bauwesen, 19.01.2016
4 | Erwin Raisch: Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen. In: Gesundheits-Ingenieur, 30. Heft, 1928.
5 | Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig: Wohnungslüftung, Feuchte und Schimmel in Wohnungen - ein neues Problem? Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 1999.

2.6 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 m, 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. Normalentflammbare PU-Dämmstoffe können 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 geregelt.

2.7 Anforderungen an den Schallschutz

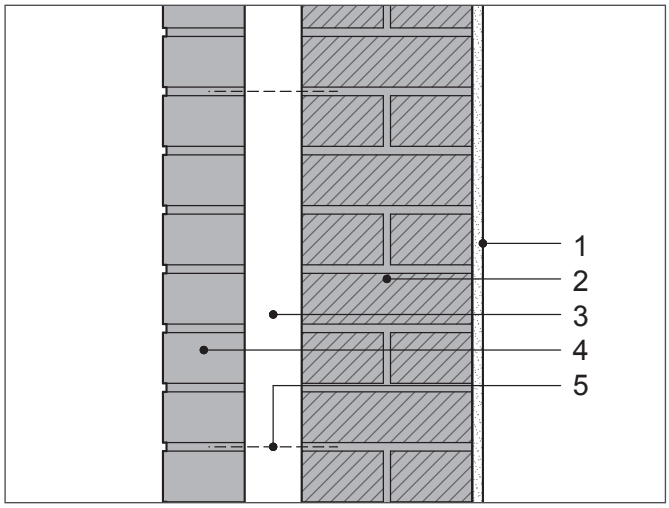
In DIN 4109:1989-11 sind verbindliche Anforderungen zum Schallschutz festgelegt. Die Schalldämmung von Wänden hängt im Wesentlichen von der flächenbezogenen Masse des Bauteils ab. Mit zweischaligen massiven Außenwänden sind die Schalen wegen der nach DIN EN 1996/NA einzubauenden Luftschichtanker zwar nicht vollständig getrennt, dennoch kann bei diesem mehrschichtigen Aufbau, der wie ein Masse-Feder-Masse-Schwingungssystem wirkt, gegenüber einschaligen Mauerwerksaufbauten gleicher flächenbezogener Masse eine deutlich höhere Schalldämmung erreicht werden.

Nach DIN 4109 darf das bewertete Schalldämm-Maß bei zweischaligen Konstruktionen aus der Summe der flächenbezogenen Massen der beiden Schalen wie bei einschaligen biegesteifen Wänden ermittelt werden. Abhängig von der Ausführung wird der ermittelte Wert mit einem Korrekturwert versehen.

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 Systemen (WDVS). Die Ausführung des zweischaligen Mauerwerkes ist nach DIN EN 1996-2/NA geregelt.

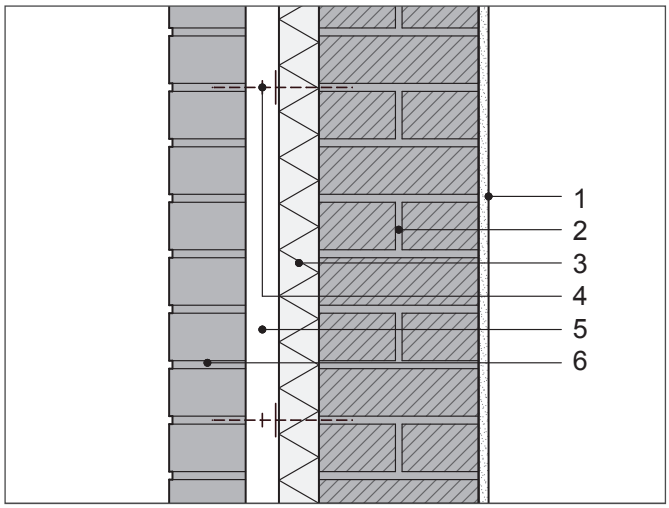
Aufgrund ihrer hohen Masse kann die Verblendschale die Wärme des Tagesverlaufes speichern und dadurch ein starkes Absinken der Oberflächentemperatur verhindern. Die Temperatur der Fassadenoberfläche unterschreitet auch in klaren kalten Nächten die Lufttemperatur kaum. Die Entstehung von Tauwasser oder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



Grafik 2 | Zweischalige Wand mit Luftschicht, ohne Dämmung

1 | Innenputz
2 | Tragende Innenschale
3 | Luftschicht
4 | Nichttragende Außenschale
5 | Überbinder/Maueranker

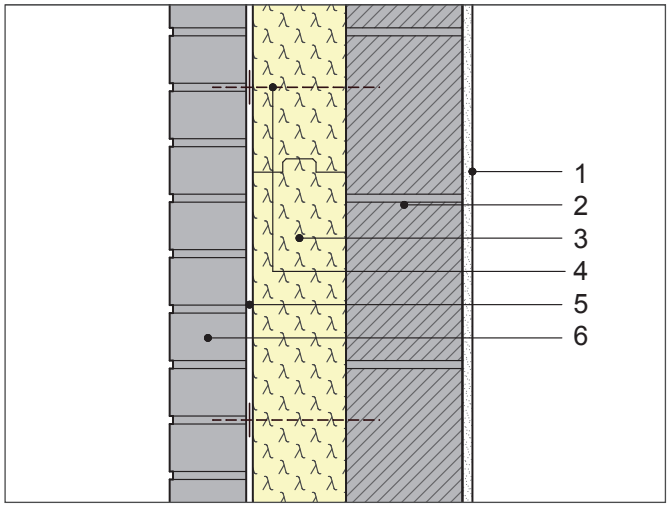
Die Dicke des Schalenzwischenraumes entspricht der Dicke der Luftschicht.



Grafik 3 | Zweischalige Wand mit Wärmedämmung und Luftschicht

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

Der Schalenzwischenraum wird nur teilweise mit einer Wärmedämmschicht ausgefüllt.



Grafik 4 | Zweischalige Wand mit Kerndämmung (Volldämmung)

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

Der Schalenzwischenraum wird vollständig mit einer Wärmedämmschicht ausgefüllt.

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. Der Fingerspalt ist ca. 1 bis 2 cm breit und dient zur leichteren Montage der Vormauerschale und zum Ausgleich von Bautoleranzen.

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

Der maximale Schalenabstand richtet sich nach der Art der Verankerung der Außenschale an der tragenden Innenschale. Für Drahtanker entsprechend DIN EN 1996-2 ist der lichte Abstand der Mauerwerksschalen auf 150 mm begrenzt. Weitere Ankerformen, z. B. Flachstahlanker oder Dübelanker, sind mit allgemeiner bauaufsichtliche Zulassung für Schalenabstände bis 250 mm verwendbar.

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 mittels Klemmscheibe oder Dübelteller in der Lage gesichert.

Entsprechend DIN EN 1996 sind Anker nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung oder Drahtanker nach DIN EN 845-1, deren Verwendung in einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geregelt ist, zu verwenden.

Für Drahtanker nach DIN EN 845-1 sind die Anwendungskriterien in DIN EN 1996-2 beschrieben, sofern in einer Zulassung nichts anderes festgelegt ist:

- 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 1

Tabelle 1 | 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 m	7[a]	7	8
10 m < h < 18 m	7[b]	8	9
18 m < h < 25 m	7	8[c]	

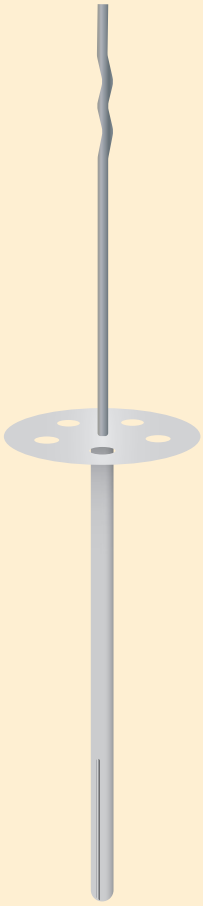
a | in Windzone 1 und Windzone 2 Binnenland: 5 Anker/m² b | in Windzone 1: 5 Anker/m² c | ist eine Gebäudegrundrisslinie kleiner als h/4: 9 Anker/m²

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

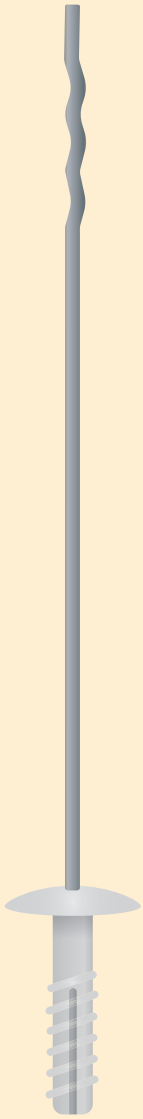
In der Praxis werden fast ausschließlich Anker nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung verwendet. Die Anwendungskriterien für diese Anker, z. B. maximaler Schalenabstand, Mauersteinart, Fugenausführung und Ankerabstände sind in der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung beschrieben.

Luftschichtanker für Dünnbettmörtelfuge

Luftschichtanker für Normalmörtelfuge



Dübelanker für Neubau und Sanierung von Beton- und Vollsteinuntergründen



Dübelanker für die Sanierung von Porenbeton-Mauerwerk

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

Innovative Architektur verleiht Gebäuden mit einer zweischaligen Außenwand gestalterische Qualität und Einzigartigkeit. Dabei ist die Dämmung des Schalenzwischenraums wichtiger Bestandteil der energieeffizienten Gebäudehülle. Wegen ihres hohen Energiesparpotenzials trägt die PU-Dämmung auf nachhaltige Weise dazu bei, CO_2-Emissionen einzusparen. Die 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-Dämmstoffe zu hochwertigen Konstruktionswerkstoffen recycelt werden.

4.1 PU-Lösungen für den Neubau

Zweischalige Außenwandkonstruktionen, bei denen der Schalenzwischenraum vollständig mit PU-Dämmung ausgefüllt ist, sind besonders energieeffizient und damit ideal für die Planung von Effizienz- oder Passivhäusern. Die Hochleistungsdämmung verbindet Ästhetik und Beständigkeit mit einem sehr guten Wärmeschutz bei schlanken Wandaufbauten. Dadurch kann die Grundstücksfläche besser genutzt und ein Zuwachs an Wohnfläche gewonnen werden.

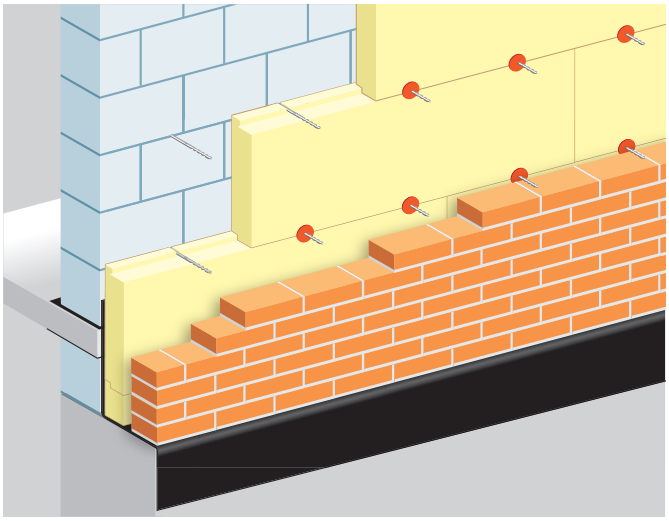
Stadthäuser in Hamburg Winterhude; Giorgio Gullotta Architekten Hamburg
Bildquelle: Fritz-Höger-Preis 2008: Projekt 123. Stadthäuser in Hamburg Winterhude. Giorgio Gullotta Architekten Hamburg.

4.1.1 Verankerung der Mauerwerksschalen und Befestigung der PU-Dämmplatten

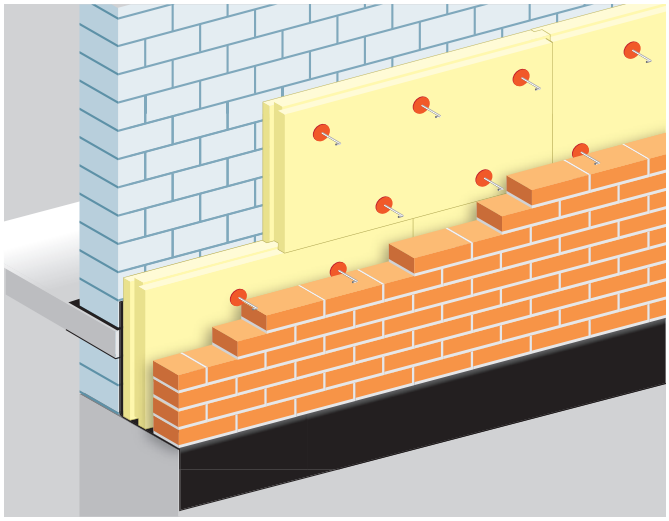
Draht- und Luftschichtanker für Normal- oder Dünnbettfuge
Draht und Luftschichtanker werden bei der Erstellung des Rohbaus in die Normal- oder Dünnbettfuge der tragenden Innenschale eingemörtelt. Vertikal werden sie in der Regel im Abstand von 500 mm angeordnet. Für diese Art der Verankerung eignen sich 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.

Dübelanker für Innenschalen aus Beton oder Vollsteinen
Bei Ausführung der tragenden Innenschalen aus Beton 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 5: Befestigung mit Draht- und Luftschichtanker (Ausführungsbeispiel)



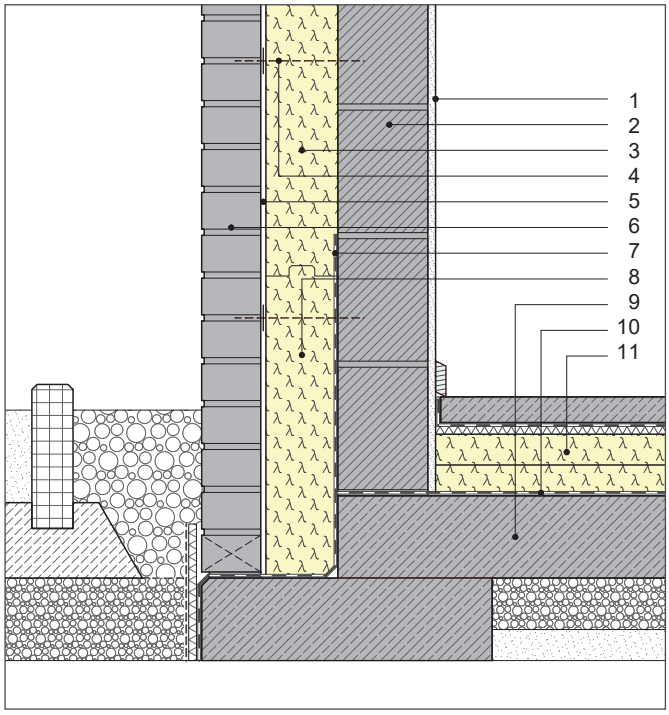
Grafik 6: Befestigung mit Dübelanker (Ausführungsbeispiel)



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.

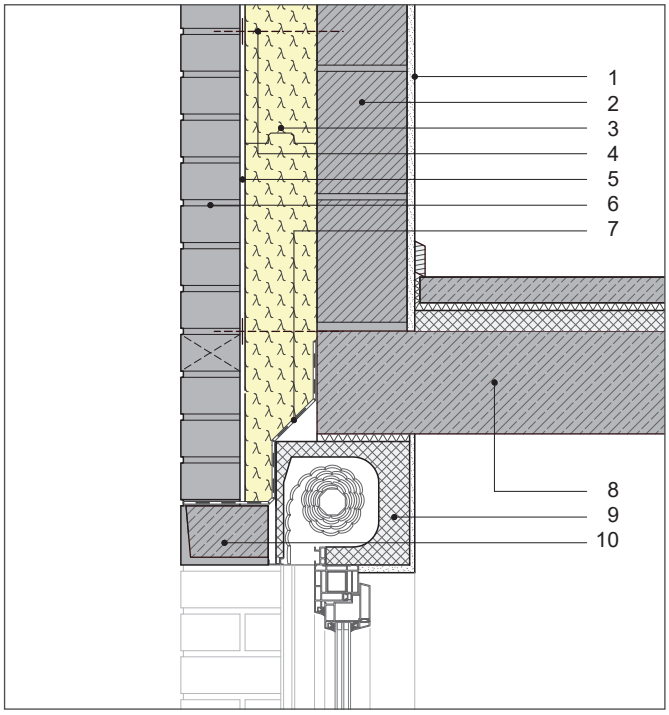
Die PU-Dämmung kann im zweischaligen Mauerwerk ohne Dämmstoffwechsel auch in spritzwasserbelasteten Bereichen (z. B. im Sockelbereich) ausgeführt werden (Anwendungstyp nach DIN 4108-10: WS). Die Dämmung ist wasserabweisend, feuchtigkeitsbeständig, druckfest und formstabil.



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

PU-Dämmplatten werden im Sockelbereich ohne Dämmstoffwechsel bis auf die Feuchtigkeitssperre am unteren Sockelabschluss verlegt.

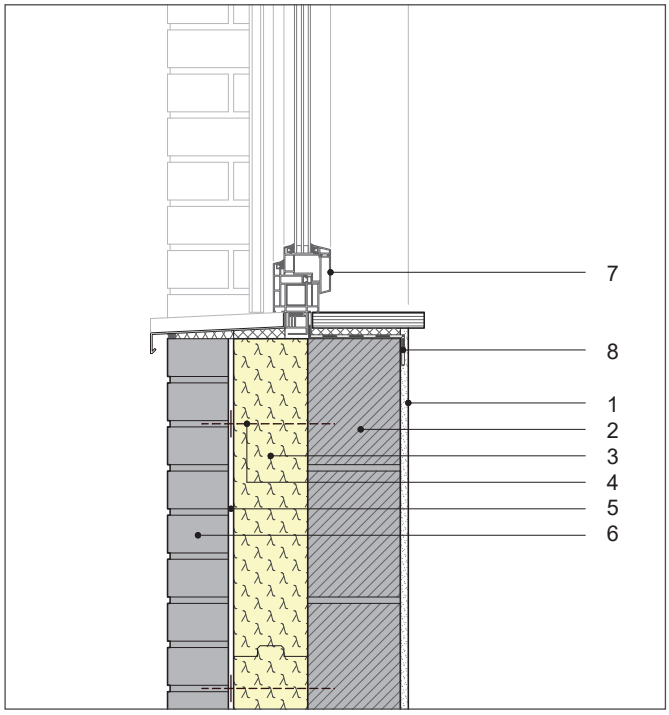
01 | Innenputz
02 | Tragende Innenschale
03 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
04 | Maueranker
05 | Fingerspalt
06 | Nichttragende Außenschale
07 | Abdichtung nach DIN 18533-1
08 | PU-Dämmung im Sockelbereich (DIN 4108-10: WS)
09 | Bodenplatte
10 | Abdichtung der Bodenplatte nach DIN 18533-1
11 | Fußbodenaufbau mit PU-Dämmung



Grafik 8: Fensteranschluss oben mit Rollladenkasten

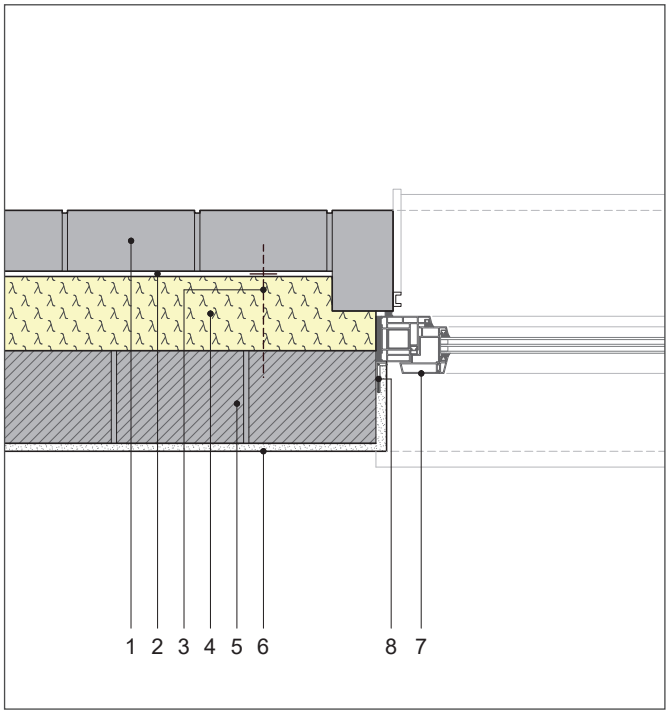
PU-Dämmplatten werden ohne Dämmstoffwechsel bis zu den Randabschlüssen am Rollladenkasten eingesetzt.

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



Grafik 9: Fensteranschluss vertikal, Fenster in Dämmebene

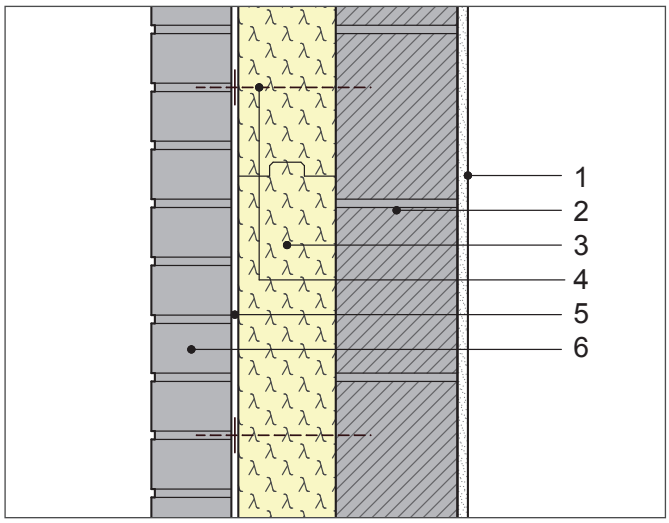
01 | Innenputz
02 | Tragende Innenschale
03 | PU-Dämmung (DIN 4108-10: WZ)
04 | Maueranker
05 | Fingerspalt
06 | Nichttragende Außenschale
07 | Fenster
08 | Fensteranschluss (luftdicht)



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)

4.1.3 Systemaufbau mit PU-Dämmung



Grafik 11: Zweischalige Wand mit PU-Dämmung ohne Luftschicht

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

Tabelle 2: Zweischalige Wand mit Innenschale aus Kalksandstein und PU-Dämmung

Kalksandstein Innenschale 17,5 cm (Rohdichte in kg/dm³)	PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_D = 0,022 W/(m·K) Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,023 W/(m·K) Dämmschichtdicke in mm						
	100	120	140	160	180	200	220
λ_B in W/(m·K)	U-Werte in W/(m²·K)						
1,30 (2,2)	0,21	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
1,10 (2,0)	0,21	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,99 (1,8)	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,79 (1,6)	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,70 (1,4)	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,56 (1,2)	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10

Die Berechnung des U-Wertes wurde mit einer 175 mm tragenden Wand aus Kalksandstein und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit λ = 0,68 W/(m·K) 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 3: Zweischalige Wand mit Innenschale aus Porenbeton und PU-Dämmung

Porenbeton Innenschale 17,5 cm (Festigkeitsklasse), Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_D = 0,022 W/(m·K) Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,023 W/(m·K) Dämmschichtdicke in mm					
	100	120	140	160	180	200
λ_B in W/(m·K)	U-Werte in W/(m²·K)					
0,21 (6)	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10
0,18 (6)	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
0,16 (4)	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,14 (2,4)	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,13 (2,4)	0,17	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
0,12 (2,4)	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,10
0,10 (2)	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
0,08 (2)	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09

Die Berechnung des U-Wertes wurde mit einer 175 mm tragenden Wand aus Porenbeton und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit λ = 0,68 W/(m·K) 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 4: Zweischalige Wand mit Innenschale aus Hochlochziegel und PU-Dämmung

Hochlochziegel Innenschale 17,5 cm (Rohdichte in kg/dm³)	PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_D = 0,022 W/(m·K) Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,023 W/(m·K) Dämmschichtdicke in mm					
	100	120	140	160	180	200
λ_B in W/(m·K)	U-Werte in W/(m²·K)					
0,18 (0,80)	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
0,16 (0,75–0,80)	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,14 (0,70)	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
0,12 (0,65)	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,10

Die Berechnung des U-Wertes wurde mit einer 175 mm tragenden Wand aus Hochlochziegeln und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit λ = 0,68 W/(m·K) 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 bei energetischer Sanierung von Außenwänden bietet der zweischalige Aufbau individuelle Lösungen mit einem hochwirksamen Wärmeschutz und einer sehr langen Lebensdauer.

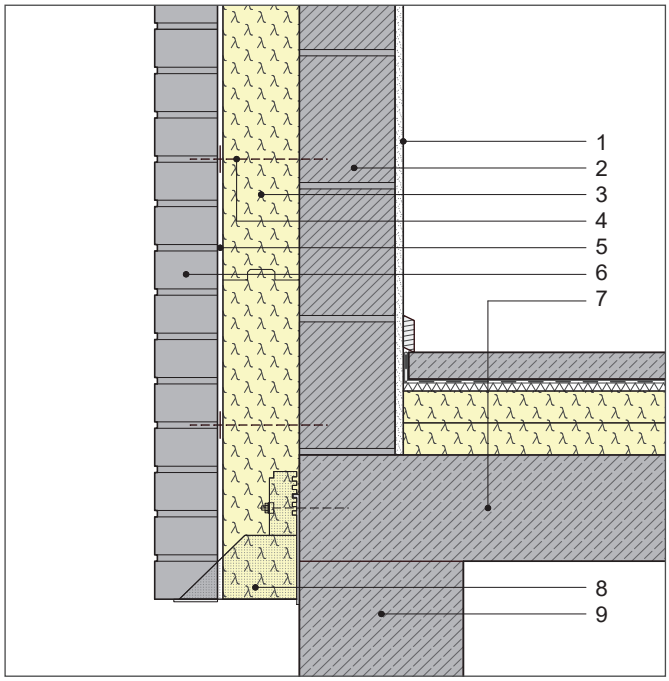
4.2.1 Einschalige Außenwände mit Putzfassaden

Putzfassaden können durch das Vorsetzen einer Verblendschale und die Montage einer hochwirksamen 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 Gebäudes.

- Das vorhandene Fundament wird verbreitert oder es wird ein Streifenfundament vorgesetzt. Diese Maßnahme ist zwar recht aufwendig, bietet jedoch den großen Vorteil, dass gleichzeitig defekte Feuchtigkeitssperren des Gebäudes saniert werden können.

- Eine weitere Möglichkeit ist das Abfangen der Verblendschale durch das Anbringen von bauaufsichtlich zugelassenen Konsolankern am vorhandenen intakten Fundament, an der Boden- oder Kellerdeckenplatte. Die Ausführung zum Abfangen von Verblendschalen ist in DIN EN 1996-2, NA.D.1 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 hocheffizienten PU-Kerndämmung ertüchtigt werden.



Grafik 12: Auflage 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 Vormauerschale abzubrechen und mit einer hochwirksamen Volldämmung im Schalenzwischenraum wieder neu aufzumauern. Diese Sanierungslösung bietet sich an, wenn die Verblendschale schadhaft ist und erneuert werden muss. Auf diese Weise kann die Fassade neu und individuell gestaltet werden.

Sanierung einer bestehenden zweischaligen Wand: Abbruch der Vormauerschale.

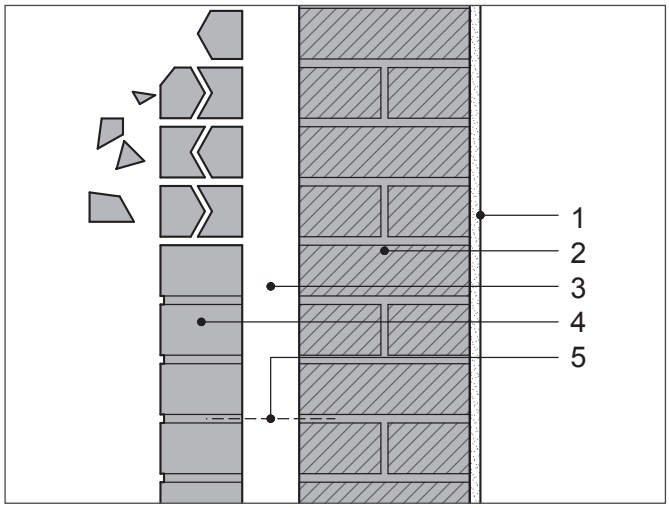
Planungs- und Ausführungshinweise
Ist für den Neubau einer Verblendschale ein größerer Schalenzwischenraum erforderlich, muss die vorhandene tragfähige Aufstandsfläche verbreitert werden. Das Abfangen der Verblendschale kann durch eine Verbreiterung des vorhandenen Fundaments oder durch das Anbringen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

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

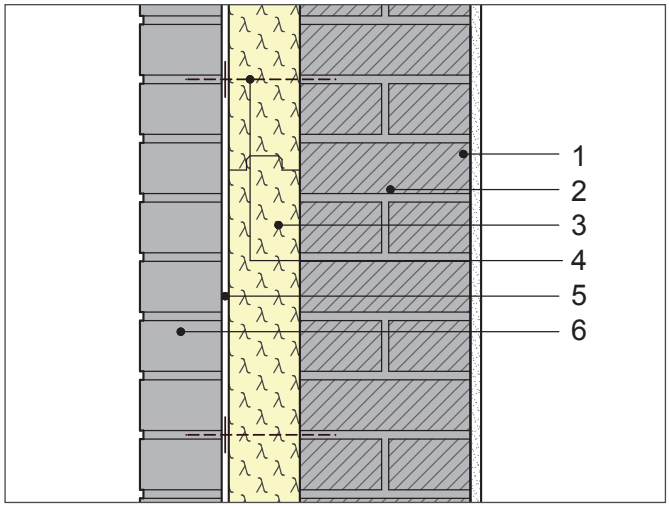
Systemaufbau mit PU-Kerndämmung
Beispiel für einen typischen Wandaufbau für zweischaliges Mauerwerk mit Baujahr 1950 bis 1960: Innenschale aus 24 cm Ziegelmauerwerk, 2 bis 6 cm Luftschicht, 11,5 cm Klinker-Verblendschale
U-Wert: 1,00 W/(m²·K) bis 1,40 W/(m²·K)

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



Grafik 13: Bestehendes Zweischalenmauerwerk, nicht gedämmt, Abriss der vorhandenen Verblendschale

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



Grafik 14: Zweischalenmauerwerk, Sanierung mit PU-Volldämmung 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 5: U-Wert-Vergleich bei Volldämmung des Schalenzwischenraums

Schalenabstand in mm	Dämmdicke in mm	U-Wert in W/(m²·K)*	
		PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_D = 0,022 W/(m·K) Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,023 W/(m·K)	Faserdämmung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,035 W/(m·K)
90	80	0,25	0,35
110	100	0,20	0,29
130	120	0,17	0,25
150	140	0,15	0,22
170	160	0,13	0,20
190	180	0,12	0,18
210	200	0,11	0,16

*) Die Berechnung der U-Werte wurde für einen zweischaligen Wandaufbau entsprechend mit einer 115 mm dicken Ziegelverblendschale 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.

Ein PU-Volldämmung mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von λ_B = 0,023 W/(m·K) erzielt bereits bei einem Schalenabstand von 110 mm (Dämmdicke 100 mm) einen U-Wert ≤ 0,20 W/(m²·K). Damit erfüllt diese Dämmlösung die Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude. Eine herkömmliche Faserdämmung mit Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von λ_B = 0,035 W/(m·K) erfüllt diese U-Wert-Anforderung erst ab einem Schalenabstand von 170 mm (Dämmdicke 160 mm).

Der Vergleich in Tabelle 6 zeigt: Bei gleichen U-Wert-Anforderungen lassen sich mit einer PU-Volldämmung 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 | WIRTSCHAFTLICHKEIT UND ENERGIEEFFIZIENZ

Effizienzhäusern gehört die Zukunft. Sie bieten alles, was von einem modernen Gebäude erwartet wird: geringe Energiekosten, höchster Wohnkomfort, hohe Immobilienwerte und eine CO_2-Einsparung. Um den besseren Energiestandard zu erreichen, müssen Neubauten und Bestandsgebäude in der Sanierung wirksam 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 Wirksamkeit. Entscheidend ist vielmehr die niedrige Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes. Die PU-Devise lautet deshalb: Nicht dicker, sondern besser dämmen.

Ein Mauerwerksaufbau mit PU-Volldämmung ist profitabel. Der begrenzte Raum zwischen den Mauerwerksschalen wird effizient gedämmt. Die schlanken Wandaufbauten führen zu einem Zuwachs an Wohnfläche. Die Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude werden erfüllt und die Förderung lässt sich voll ausschöpfen.

5.1 Schlanker Mauerwerksaufbau

KfW-Effizienzhäuser 55 fordern für Außenwände im Neubau U-Werte ≤ 0,20 W/(m²·K). Im Vergleich zu herkömmlichen Dämmlösungen erzielt eine schlanke Mauerwerkskonstruktion mit PU-Volldämmung bei gleichen Wärmeschutzanforderungen einen deutlichen Zuwachs an Wohnfläche.

Tabelle 6: U-Wert-Vergleich bei Volldämmung des Schalenzwischenraums

U-Wert in W/(m²·K)	PU-Dämmung Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_D = 0,022 W/(m·K) Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,023 W/(m·K)		Faserdämmung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,035 W/(m·K)	
	Dämmdicke in mm	Wanddicke in mm	Dämmdicke in mm	Wanddicke in mm
0,24	90	390	130	430
0,20	**100**	**400**	**160**	**460**
0,18	120	420	180	480
0,16	140	440	200	500
0,14	**160**	**460**	**230**	**530**
0,12	180	480	270	570

Die Berechnung der Wanddicken wurde für einen Wandaufbau mit einer 175 mm tragenden Innenschale aus 175 mm Kalksandstein mit λ = 0,70 W/(m · K), Wärmedämmung, Fingerspalt 10 mm und einer 115 mm Ziegelverblendschale mit λ = 0,96 W/(m·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 KfW-Effizienzhaus 55[6] im Neubau mit einem U-Wert ≤ 0,20 W/(m²·K) zu erfüllen, muss die zweischalige Wand mit einer Faserdämmung 60 mm dicker ausgeführt werden als mit einer PU-Dämmung. Bei einem KfW-Effizienzhaus 40 mit einem U-Wert ≤ 0,14 W/(m²·K) muss die Wand mit einer Faserdämmung sogar 70 mm dicker ausgeführt werden.

6 | KfW: Anlage zum Merkblatt Energieeffizient Bauen – Technische Mindestanforderungen. Alternativer Nachweis nach Referenzwerten. Stand: 01/2020
KfW: Infoblatt Energieeffizient Bauen und Sanieren – Wohngebäude. Stand: 02/2021

5.2 Zusätzliche Wohnfläche und mehr Gewinn bei der Vermarktung

Mehr verkäufliche Wohnfläche bei gleichen Gebäudeabmessungen bedeutet einen zusätzlichen Gewinn bei der Vermarktung der Immobilie bzw. höhere Mieteinnahmen bei der Vermietung.

Beispielrechnung:

Gebäudeart:

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

Außenwandaufbau:

zweischalige Außenwand mit Volldämmung des Schalenzwischenraumes

Vergleich folgender Dämmlösungen:

- Faserdämmung, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,035 W/(m·K)
- PU-Dämmung, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B = 0,023 W/(m·K)

Anforderungen an den U-Wert:

U ≤ 0,20 W/(m²·K) (KfW-Effizienzhaus 55 mit vereinfachtem Nachweis)

U ≤ 0,14 W/(m²·K) (Richtwert für KfW-Effizienzhaus 40)

Tabelle 7: Wohnflächenvergleich bei verschiedenen KfW-Effizienzstandards und Mauerwerksaufbauten

U-Wert des Gebäudes	Wohnfläche gesamt	
	Effizienter Mauerwerksaufbau mit PU-Dämmung*	Konventioneller Mauerwerksaufbau mit Faserdämmung**
KfW-Effizienzhaus 55 U-Wert: 0,20 W/(m·K)	**779,52 m²**	767,18 m²
KfW-Effizienzhaus 40 U-Wert: 0,14 W/(m·K)	**767,18 m²**	752,89 m²

*) Faserdämmung (λ_B = 0,035 W/(m·K)): 160 mm für KfW-Effizienzhaus 55 (vereinfachter Nachweis), 230 mm für KfW-Effizienzhaus 40 (Richtwert)

**) PU-Kerndämmung (λ_B = 0,023 W/(m·K)): 100 mm für KfW-Effizienzhaus 55 (vereinfachter Nachweis), 160 mm für KfW-Effizienzhaus 40 (Richtwert)

Tabelle 8: Schlanker Mauerwerksaufbau mit PU – Gewinn an Wohnfläche und Mehrerlös bei Vermarktung

U-Wert des Gebäudes	Gewinn an Wohnfläche bei energieeffizientem Mauerwerksaufbau mit PU-Dämmung*	Mehrerlös bei 3.500 € / m²	Mehrerlös bei 5.500 € / m²
KfW-Effizienzhaus 55 U-Wert: 0,20 W/(m·K)	**+ 12,34 m²**	43.190 €	67.870 €
KfW-Effizienzhaus 40 U-Wert: 0,14 W/(m·K)	**+ 14,29 m²**	50.015 €	78.595 €

***) 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 λ = 0,70 W/(m·K), Wärmedämmung, Fingerspalt 10 mm, Ziegelverblendschale 115 mm λ = 0,96 W/(m·K)

Wärmedämmung: PU-Kerndämmung (λ_B = 0,023 W/(m·K)): 100 mm für KfW-Effizienzhaus 55 (vereinfachter Nachweis), 160 mm für KfW-Effizienzhaus 40 (Richtwert) im Vergleich zu einer Faserdämmung (λ_B = 0,035 W/(m·K)): 160 mm für KfW-Effizienzhaus 55 (vereinfachter Nachweis), 230 mm für KfW-Effizienzhaus 40 (Richtwert) – siehe Tabelle 6.

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) 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 Umwelt-Qualitätszeichen „pure life“ tragen, erfüllen besonders strenge Anforderungen hinsichtlich der Freisetzung flüchtiger Stoffe. Es gilt der Prüfstandard WKI-PS-EPUD-001 des Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Instituts. Die Überwachung der PU-Dämmprodukte umfasst die jährliche Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle sowie Emissionsuntersuchungen im Labor an Stichproben, die im Dämmstoff-Herstellwerk entnommen werden.

EMISSIONSGEPRÜFT
pure life®
schützt Mensch und Umwelt
EMISSIONSGEPRÜFT

pure life ist ein Zeichen der ÜGPU e. V.

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.

Mehr Informationen über das Umwelt-Qualitätszeichen „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 Steildach GmbH
www.braas.de

Firestone Building Products EMEA BV
www.firestonebpe.com/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 Dämmsysteme GmbH
www.recticel-daemmsysteme.de

SOPREMA GmbH
www.soprema.de

Steinbacher Dämmstoff GmbH
www.steinbacher.at

UNILIN, division insulation
www.unilininsulation.com

Der IVPU

Der IVPU ist der Bundesverband führender Hersteller und Rohstofflieferanten des Hochleistungsdämmstoffes PU-Hartschaum.

Zu seinen Gastmitgliedern gehören zudem Hersteller von Rohstoffkomponenten und Deckschichten. Der Verband wurde 1973 gegründet und hat seinen Sitz in Stuttgart.

In Kooperation mit nationalen und europäischen Organisationen wirkt der Verband an der Erarbeitung normativer und technischer Regelwerke mit und unterstützt die Qualitätssicherung der Dämmprodukte aus PU-Hartschaum.

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

© 2021 by IVPU | März 2021 | **Bildnachweis:** SechsH / 6H Kugler, Eckhoff, Riebelmann, Freie Architekten BDA, © Roland Halbe Fotografie / 2006, Wolfgang Maxwitat (3), PU Europe (4), Giorgio Gullotta Architekten Hamburg (14), Recticel Insulation (20), Wolfgang Maxwitat (beide Bilder) (21), ÜGPU (27); **Shutterstock:** geogif (2), r.classen (8), Bildagentur Zoonar GmbH (10), Mariia Korneeva (27); **AdobeStock:** elxeneize (5), Robert Herhold (17), lesniewski (22).