

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Baustoffkunde	1-12
1.1.1.	Zweischalige Wand – Bauen mit Backstein	1
1.2.1.	Herstellung	3
1.3.1.	Farbigkeit und Strukturen	5
1.4.1.	Formate	6
1.5.1.	Formate / Formsteine	8
1.6.1.	Europäische Mauerziegelnorm DIN EN 771-1 und CE-Kennzeichnung	10
1.6.2.	Definition von Mauerziegeln	11
1.6.3.	Beanspruchung des Mauerwerks	12

1. BAUSTOFFKUNDE

1.1.1 ZWEISCHALIGE WAND – BAUEN MIT BACKSTEIN

Das zweischalige Prinzip

Das Bauen mit zweischaligem Mauerwerk hat eine lange Tradition. Von Anfang an hatte die Trennung technische Gründe: den langfristigen Witterungsschutz des tragenden Mauerwerks durch ein nichttragendes Verblendmauerwerk.

Das Prinzip gilt heute noch. An die Gebäudehülle werden vielfältige Anforderungen gestellt, die sich bestens mit einem mehrschichtigen Wandaufbau erfüllen lassen, seien es Wetter-, Wärme-, Schall- oder Brandschutz.

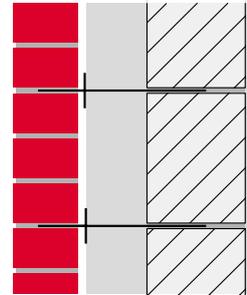
Die zweischalige Wand ist eine zeitgemäße Bauweise, die neben hoher Funktionalität auch für langfristige Wertbeständigkeit bürgt. Die Wahl des Materials in Reinkultur ist eine immer häufiger getroffene Qualitätsentscheidung.

Das Prinzip umfasst zwei massive Schalen: Außenschale und Innenschale, dazwischen in der Regel eine Dämmschicht. Die Vormauerschale besteht stets aus Sichtmauerwerk, die Tragschale kann aus Mauerwerk unterschiedlicher Steinarten oder Beton hergestellt werden.

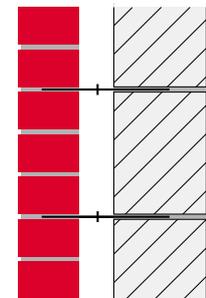
Backstein – ein Begriff für viele Andere

Backstein ist ein überlieferter Familienbegriff für eine Vielzahl gebrannter Mauersteinarten, Voll- und Lochsteine. Allen gemein ist die Grundsubstanz: mineralische Tonerden, die den Steinen, je nach Zusammensetzung und Herstellung ihr spezielles Aussehen und ihre Eigenschaften verleihen. Die normgerechte Definition von Backstein als Vormauerstein enthält DIN 20000-401, die als nationale Norm für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1 steht (siehe 1.6.2 Definition von Mauerziegeln).

ZWEISCHALIGE WAND



▲ ganz oder teilweise mit Wärmedämmung ausgefüllt



▲ mit Luftschicht

1. BAUSTOFFKUNDE

1.1.1 ZWEISCHALIGE WAND – BAUEN MIT BACKSTEIN

Architektur der zweischaligen Wand

Die Bauweise der zweischaligen Wand eignet sich für alle Bauaufgaben: vom Einfamilienhausbau bis zu öffentlichen Bauten. Sie verbindet traditionelle Handwerkskunst mit moderner Befestigungstechnik und rationellem Elementbau – eine Synergie, die Konstruktionen und Gestaltungen weit über den herkömmlichen Mauerwerksbau hinaus ermöglicht.

Das Gestaltungsspektrum ist groß. Ausgangspunkt für das Erscheinungsbild von Gebäuden ist der Backstein als kleinstes und maßgebendes Modul. Formate, Strukturen und Farben des Steins, seine Vermauerung in vielfältigen Struktur- und Ziervorbänden verleihen jeder Architektur charakteristischen Ausdruck. Nicht zuletzt erfüllt das zweischalige Bauen mit Backstein alle zeitgemäßen Anforderungen an das energiesparende und nachhaltige Bauen – von den Ausgangsstoffen über Herstellung bis zur Lebensdauer, von der Bauphysik bis zur Bau- und Wohnökologie.

BACKSTEIN-ARCHITEKTUR UND IHRE VIELFALT (Fritz-Höger-Preis)



▲ Umbau Atelierhaus Dubsstrasse,
Boltshauser Architekten
© Beat Bühler



▲ St. Lukas Art School Brussels,
PoPONCINI & LOOTENS
© Toon Grobet



▲ Parkhaus Jahrhunderthalle Bochum,
raumwerk
© Thomas Koculak



▲ Siza-Pavillon Insel Hombroich,
Alvaro Siza / Rudolf Finsterwalder
© Tomas Riehle



▲ Neue Ortsmitte Wettstetten,
Bembe Dellinger
© Stefan Müller-Naumann



▲ Kantana Film and Animation Institute,
Boonserm Premthada
© Boonserm Premthada

1. BAUSTOFFKUNDE

1.2.1. HERSTELLUNG

Tonbeschaffenheit und Steineigenschaften

Ziegel bestehen aus mineralischen Tonerden oder Lehm. Zur Herstellung werden diese zerkleinert, aufbereitet, zu Rohlingen geformt und nach dem Trocknen bei Temperaturen von 1000°C bis 1200°C im Ring- oder Tunnelofen gebrannt. Je nach Tonvorkommen gibt es große natürliche Unterschiede in der mineralischen Zusammensetzung und Beschaffenheit. Tonqualität und Brenntemperatur bestimmen Farbigkeit und Festigkeit des Ziegels.

Beim Brennvorgang mit Temperaturen ab circa 1100°C beginnt die Oberfläche zu schmelzen, der Vorgang wird auch als Sintern bzw. Schmelzsintern bezeichnet. Diese bei sehr hohen Temperaturen gebrannten Ziegel haben einen harten, hellen Klang – die Klinker. Zudem verleiht das Sintern den Ziegeln eine hohe Druckfestigkeit, besonders geringe Wasseraufnahmefähigkeit und verbessert den Frostwiderstand.

DER WEG DER HERSTELLUNG



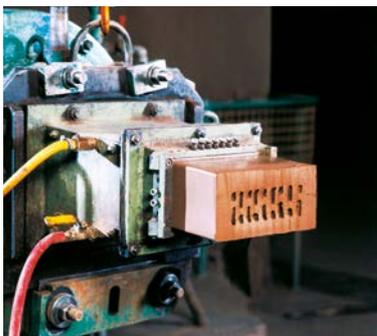
▲ Mauerziegel bestehen aus Lehm und Tonerden.



▲ Unterschiedliche natürliche Beschaffenheit des Rohmaterials.



▲ Schließlich erfolgt das Brennen im Ring- oder Tunnelofen.



▲ Mauerziegel geformt im Strangpressverfahren.



▲ Formung im Handschlagverfahren.



▲ Ofenwagen mit Besatz.

1. BAUSTOFFKUNDE

1.2.1. HERSTELLUNG

Hand- und Wasserstrich- oder Strangpressverfahren

Die Bezeichnung Handstrichziegel, auch Handform- oder Handschlagziegel, stammt aus dem Mittelalter als die überstehende Tonrohmasse mit der Hand von dem formgebenden Holzrahmen abgestrichen wurde und so die typische Oberflächenstruktur mit Kanten und Narben entstand. Als Trennmittel wird Sand benutzt. Durch das Ausschlagen aus der Form entstehen die typischen Quetschfalten.

Wie beim Handstrichverfahren wird bei der Herstellung der Wasserstrichziegel die weiche Tonmasse in Formen ähnlich einer Kuchenform eingestrichen, durch den Einsatz von Wasser als Trennmittel entsteht dann das charakteristische Schlierendesign der Oberfläche. Die strukturierten und leicht unregelmäßigen Backsteine der Hand- und Wasserstrichziegel sind immer Unikate. Im Ergebnis gleicht kein Stein dem anderen.

Beim Strangpressverfahren hingegen wird die Tonmasse unter Druck zu einem Strang gepresst. Von diesem werden die Rohlinge fortlaufend abgeschnitten.

Auf diese Weise entstehen die glatteren, gleichförmigen Steine. Über die endgültige Beschaffenheit entscheiden neben der Brenntemperatur die verschiedenen Möglichkeiten der Oberflächengestaltung: von der mechanischen Profilierung bis zur Glasur.

STRANGPRESSZIEGEL



- ▲ Beim Strangpressverfahren wird die Tonmasse unter Druck zu einem Strang gepresst. So entstehen glatte, gleichförmige Steine.

WASSERSTRICHZIEGEL



- ▲ Beim Wasserstrichverfahren werden die Rohlinge wie mit einer Kuchenform einzeln geformt. Dabei dient Wasser als Trennmittel.

HANDSTRICHZIEGEL / HANDFORMZIEGEL



- ▲ Im Handstrichverfahren wird für die Trennung Sand eingesetzt. Man erhält so sehr rustikale Backsteine.

1. BAUSTOFFKUNDE

1.3.1. FARBIGKEIT UND STRUKTUREN

Material und Behandlung

Die Farbigkeit der Backsteine beruht auf der unterschiedlichen mineralischen Zusammensetzung der Tonerden sowie der Brenntemperatur und dem Herstellungsverfahren. Die Farbpalette ist groß und reicht von strahlendem Weiß über leuchtendes Orange, Rubinrot, Umbra und Graphitgrau bis zu samtigem Schwarz.

Zusätzlich zu den einfarbigen Farbtönen gibt es zahlreiche Zwischentöne. Farbnuancen und Schattierungen können durch strukturierte Oberflächen verstärkt werden. Strukturen resultieren aus dem Herstellungsverfahren (manuell oder maschinell), der Brenntemperatur und den unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen: mechanische Profilierung, Besandung, Bedampfung, Flammung, Kohlebrand, Bossierung und Glasur. Das Erscheinungsbild des Sichtmauerwerks wird bestimmt durch Farbe, Form und Format des Backsteins sowie dessen Vermauerung in unterschiedlichsten Verbänden.

BACKSTEIN VARIANTEN



▲ Beispielhafte Variationen von Backstein.

1. BAUSTOFFKUNDE

1.4.1. FORMATE

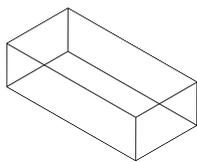
Format und Maßordnung

Vormauerziegel gibt es in einer Reihe unterschiedlicher Formate. Hier zu Lande gebräuchlich sind die klassischen deutschen Formate wie Normalformat (NF), Dünnformat (DF) und zweifaches Dünnformat (2 DF). Dazu kommen Formate, die von den europäischen Nachbarn übernommen wurden, wie das Waalformat (WF) oder das Modulformat (ModF).

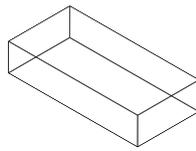
Die deutschen Formate basieren auf dem oktametrischen Maßsystem, niedergelegt in DIN 4172 Maßordnung im Hochbau. Grundlage ist das Maß von 1/8 Meter = 12,5 cm bzw. 125 mm. Dieses umfasst Stein und Mörtelfuge, ausgehend von 1,0 cm Fuge. Die Maße von Steinen und auch Bauteilen ergeben sich aus dem Grundmaß bzw. einem geradzahigen Vielfachen. Die Maße von Backsteinen sind in der DIN EN 771 Mauerziegel definiert.

◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

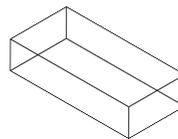
FORMATE



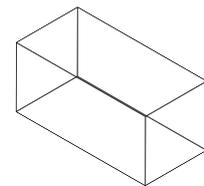
▲ NF – Normalformat
NF 240x115x71mm



▲ DF – Dünnformat
DF 240x115x52mm



▲ OF – Oldenburger Format
OF 220x105x52mm



▲ Zweifaches Dünnformat
2DF 240x115x113mm



▲ Normalformat in der Umsetzung



▲ Dünnformat in der Umsetzung



▲ Zweifaches Dünnformat in der Umsetzung

1. BAUSTOFFKUNDE

1.4.1. FORMATE

Modulsteine

Modulsteine folgen der Modulordnung, festgelegt in DIN 18000 Modulordnung im Bauwesen. Das Modulformat (ModF) beruht auf dem Dezimalsystem, bei dem rechnerisch 1/10 Meter (= 10 cm) als Grundmodul $M=10$ cm angesetzt wird. Die Einheiten der Modulordnung bestehen aus diesem Grundmodul und den Multimodulen, den ganzzahligen Vielfachen des Grundmoduls. Ein waagrechtes Multimodul ist beispielsweise $3M = 30$ cm. Die Maße von Steinen, die im Modulsystem vermauert werden, sind um jeweils 1,0 cm für die Stoßfugenvermörtelung kürzer als das jeweilige Modul.

Sonderformate

In den vergangenen Jahren sind zahlreiche Sonderformate entstanden. Ein Beispiel sind die Langformate, die bis zu einen halben Meter lang und teilweise besonders dünn sind.

Neben herstellerspezifischen Formaten lassen auch häufig Architekten speziell auf ihr Bauvorhaben zugeschnittene Formate entwickeln und herstellen, die zum Teil dann sogar in Serie gegangen sind. Aus der Vermauerung (Steine und Mörtelfugen) ergibt sich der Verband.

WEITERE FORMATE IN DER UMSETZUNG

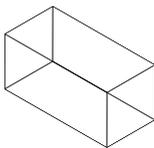


▲ Modulformat

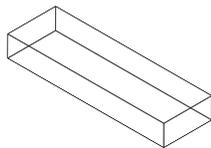


▲ Langformat

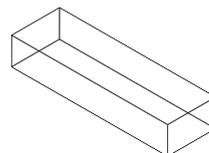
FORMATE



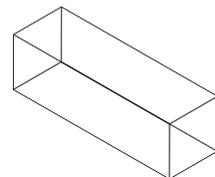
▲ ModF – Modulformat
ModF 190x90x90mm



▲ ModF – Modulformat
ModF 290x90x40mm



▲ ModF – Modulformat
ModF 290x90x52mm



▲ ModF – Modulformat
ModF 290x90x90mm

1. BAUSTOFFKUNDE

1.5.1. FORMATE / FORMSTEINE

Außer der Reihe

Außerhalb des oktametrischen Maßsystemes gibt es eine Reihe von traditionellen Lokalformaten und überlieferten historischen Formaten, die nach wie vor erhältlich sind (Maße in mm).

Formate	Maße (mm)
HF Hamburger Format	220 x 105 x 65
OF Oldenburger Format	220 x 105 x 52
RF Reichsformat	250 x 120 x 65 / 240 x 115 x 65
Großes Klosterformat	285 x 135 x 85
Waalformat	210 x 100 x 50
Waldickformat	210 x 100 x 65
Dänisches Normalformat	228 x 108 x 55

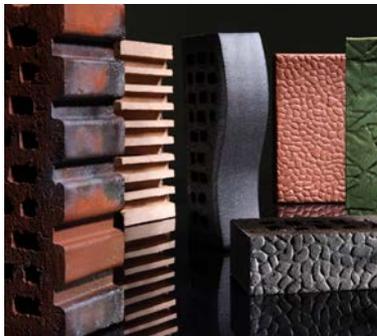
1. BAUSTOFFKUNDE

1.5.1. FORMATE / FORMSTEINE

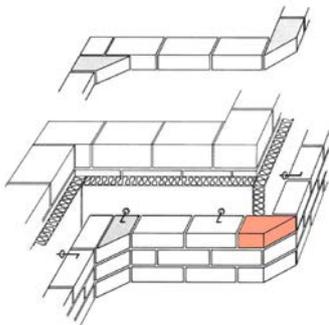
Form- und Spezialsteine

Überall dort wo es schwierig wird, helfen Form- und Spezialsteine weiter. Diese basieren auf den Grundmaßen der jeweiligen Formate. Die Sonderkonstruktionen sind in vielfältigsten Variationen lieferbar; zum Beispiel als Eckstein, Winkelstein, Fensterbankstein oder Gesimsstein. Formsteine können im Strangpressverfahren und als Handformsteine hergestellt werden. Form und Abmessungen sind im Einzelfall zu vereinbaren.

FORMSTEINE UND SPEZIALSTEINE



▲ Verschiedene Typen



▲ Technische Anwendung als Beispiel

1. BAUSTOFFKUNDE

1.6.1. EUROPÄISCHE MAUERZIEGELNORM DIN EN 771-1 UND CE-KENNZEICHNUNG

Seit dem 1. April 2005 gilt die europäische Mauerziegelnorm DIN EN 771-1 ganz offiziell in Deutschland. Diese detaillierte Mauerziegelnorm ist in der gesamten EU gültig und beschreibt sämtliche Regelungen zu Ausgangsstoffen, Herstellung und Anforderungen. Außerdem beschreibt sie ein europaweit vereinheitlichtes Verfahren für die Kennzeichnung und Materialprüfung von Mauerziegeln. Als die DIN EN 771-1 kurz nach ihrer Inkraftsetzung auch in der Bauregelliste B, Teil 1, veröffentlicht worden war, bestand – und besteht bis heute – für alle Mauerziegelhersteller die so genannte CE-Kennzeichnungspflicht.

Die Produzenten von Bauziegeln geben es mit dem Konformitätssignet CE quasi schriftlich: Ihre Bauprodukte sind im Sinne des Bauproduktgesetzes verwendbar. Außerdem bestätigen sie, dass die Bauziegel den legitimierten Eigenschaften der EU-Mauersteinnormen entsprechen. Das quasi zeitgleich mit der Norm DIN EN 771-1 beschlossene CE-Kennzeichen legt indes nur dar, dass die normierten Mauerziegel EU-weit angeboten werden dürfen. Das bedeutet: Ein CE-Kennzeichen ist somit kein Gütesiegel oder Ähnliches.

Zuständig für die Sicherheit bei der Anwendung von Bauprodukten jedweder Art bleiben die einzelnen EU-Staaten, nicht etwa die EU-Kommission in Brüssel. In Deutschland liegt die Verantwortung somit bei den Bauaufsichtsbehörden der Bundesländer. Lediglich CE-gekennzeichnete Mauerziegel, die eindeutig nicht den Qualitätsanforderungen der DIN 105-100 entsprechen, dürfen in der Bundesrepublik Deutschland nur gemeinsam mit der Anwendungsnorm DIN 20000-401 benutzt werden.

Allerdings: Eine Reihe über Jahrzehnte anerkannter Merkmale von Mauerziegeln kommen in der europäischen Mauerziegelnorm DIN EN 771-1 schlichtweg nicht vor. Deshalb hat sich die bundesdeutsche Bauaufsicht dazu entschlossen, eine so genannte Restnorm DIN 105-100 („Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften“) einzuführen. Diese Restnorm basiert auf der früheren nationalen Mauerziegelnormreihe DIN 105. Und die, so die Argumentation, habe sich schließlich über einen langen Zeitraum bewährt.

1. BAUSTOFFKUNDE

1.6.2. DEFINITION VON MAUERZIEGELN

Definition von Sichtmauerwerk

Es handelt sich um Mauerwerk, das außen oder innen verarbeitet werden kann. An die sichtbaren Flächen eines solches Mauerwerks werden spezielle Forderungen im Hinblick auf ihre Optik gestellt: Verarbeitet werden lediglich ausgesuchte, hochwertige Mauerziegel. Die Verarbeitung und Fugenausbildung muss ebenfalls auf einem hohen Niveau stattfinden. Ob das Mauerwerk tragend ist oder nicht, spielt in diesem Kontext keine Rolle.

U Ziegel

Mauerziegel zu verwenden in ungeschütztem Mauerwerk.

P Ziegel

Mauerziegel zu verwenden in geschütztem Mauerwerk.

Mauersteine der Kategorie I

Mauersteine mit einer festgelegten Druckfestigkeit. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Festigkeit nicht erreicht wird, darf dabei nicht über fünf Prozent liegen. Das kann über den Mittelwert oder den charakteristischen Wert festgestellt werden.

Mauersteine der Kategorie II

Mauersteine, die unter dem Vertrauensniveau der Kategorie I rangieren. Produzenten müssen mitteilen, ob der Mauerziegel unter die Kategorie I oder II fällt.

Backstein – Mauerziegel für die Verblendschale

Backstein		
Vormauerziegel	Klinker	Keramikklinker
Vormauer-Vollziegel (VMz)	Vollklinker (KMz)	Keramikvollklinker (KK)
Vormauer-Hochlochziegel (VHLz)	Hochlochklinker (KHLz)	Keramikhochlochklinker (KHK)
Handformziegel		

DIN EN 771-1 und DIN 20000-401

1. BAUSTOFFKUNDE

1.6.3. BEANSPRUCHUNG DES MAUERWERKS

Mauerwerk in stark angreifender Umgebung

Mauerwerk oder Mauerwerksteile, die aufgrund der klimatischen Umstände wassergesättigt (starke Regenfälle, Grundwasser) und dabei zugleich einer relativ häufigen Frost-Tau-Wechselbeanspruchung ausgesetzt sowie nicht mit einem wirksamen Schutz dagegen ausgestattet sind.

Beispiele:

- Unverputztes Mauerwerk nahe der Erdoberfläche (zwei Schichten oberhalb und unterhalb). Durchfeuchtung und Frost können hier auftreten.
- Nicht verputzte Brüstungen, bei denen Durchfeuchtung und Frost auftreten können. Das sind beispielsweise Brüstungen ohne effektive Abdeckungen.
- Nicht verputztes Schornstein-Außenmauerwerk, bei dem Frost und Durchfeuchtung auftreten können.
- Freistehende Wände und Vorhangwände, bei denen Durchfeuchtung und Frost auftreten können, beispielsweise Wände ohne eine effektive Abdeckung.
- Stützmauern, bei denen Durchfeuchtung und Frost auftreten. Dazu gehören Wände ohne wirksame Abdeckung oder ohne Bauwerksabdichtung auf der Rückseite.

Mauerwerk in mäßig angreifender Umgebung

Mauerwerk oder Mauerwerksteile, die während ihrer Nutzung Feuchte und Frost-Tau-Wechselbeanspruchung ausgesetzt sind, die aber nicht zu den Bauten in stark angreifender Umgebung gehören.

Beispiele:

- Es gibt Maßnahmen, die eine Durchfeuchtung des Mauerwerks unterbinden: Dazu gehört der Schutz der Wandkrone etwa durch ein überkragendes Dach oder mittels einer Abdeckung; ebenso Fensterbänke mit angefügter Kehle; schließlich Schichten am Kopf oder am Fuß von Wänden, die die Feuchte blockieren.

Mauerwerk in nicht angreifender Umgebung

Dazu zählen Mauerwerke oder Mauerwerksteile, die so gelegen sind, dass sie nicht von einer Feuchte- und Frost-Tau-Wechselbeanspruchung betroffen sind.

INHALTSVERZEICHNIS

2. Konstruktion	1-46
2.1.1. Entwurf und Konstruktion	1
2.1.2. Maßordnung	2
2.2.1. Das Prinzip der zweischaligen Wand	4
2.2.2. Bauweisen Zweischalige Wand nach DIN EN 1996 (EC 6)	5
2.2.3. Zweischalige Wand teilweise mit Wärmedämmung	6
2.2.4. Zweischalige Wand ganz mit Wärmedämmung	7
2.3.1. Statik	8
2.3.2. Statik – Abfangungen	9
2.3.3. Statik – Luftschichtanker	11
2.4.1. Verband und Fuge	15
2.4.2. Mörtel und Zusätze	22
2.4.3. Mauerverbände	24
2.4.4. Zierverbände	26
2.4.5. Dehnungsfugen in der Außenschale	27
2.4.6. Vertikale Dehnungsfugen	29
2.4.7. Horizontale Dehnungsfugen	31
2.5.1. Elementbau	32
2.5.2. Verblendsturz	34
2.5.3. Fenstersohlbank	41
2.5.4. Sonderbauteile	43
2.5.5. Fassaden	45

2. KONSTRUKTION

2.1.1. ENTWURF UND KONSTRUKTION

Konstruktion gestalten

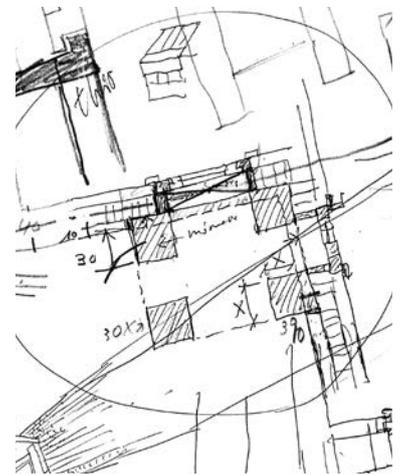
Die konstruktiven Gesetzmäßigkeiten des Mauerwerksbaus bestimmen Form, Fassaden- und Grundrissgestaltung von Gebäuden. Die Architektur des Mauerwerksbaus ist das Resultat aus dem Zusammenwirken von Material, Bauweise und Bauprozess. Steinqualitäten und Techniken, insbesondere deren Weiterentwicklung, haben starken Einfluss auf die architektonischen Möglichkeiten – vom Detail zum Ganzen. Der ursprünglich rein handwerkliche Mauerwerksbau verändert sich zu einer zwar noch handwerklich geprägten, dennoch immer mehr industrialisierten Baumethode. Nach wie vor gelten allerdings die überlieferten Grundregeln:

Der Mauerstein als maßgebendes Modul definiert ein geometrisches Ordnungsprinzip für Tragsysteme, Raumgestaltung und Gebäudehülle. Steinformate und Verbände prägen sichtbares und auch nicht sichtbares Mauerwerk. Die Abtragung der Lasten ist für den Mauerwerksbau grundlegendes Konstruktionsprinzip. Abhängig von den Eigenschaften der Baustoffe und Bauteile, entscheidet es über Wand- und Baukörperstrukturen, den Wechsel von Öffnungen und Mauerverbund, über die Schlankheit von Wänden.

Mit der zweischaligen Wand eröffnen sich für den Mauerwerksbau neue Dimensionen. Entwickelt zum Schlagregenschutz in den Küstengebieten, erfüllt die zweischalige Bauweise heute insbesondere die hohen Ansprüche an den Wärme- und Schallschutz. Die Regeln der Bauphysik fordern multifunktionale Gebäudehüllen, die Aufteilung der unterschiedlichen Funktionen von Außenwänden in mehrere Schichten. Das Resultat sind hochwärmedämmende Gebäudehüllen, die die Auflagen der Energieeinsparverordnung ebenso erfüllen wie die Ansprüche der Bewohner an Komfort und Behaglichkeit.

Die Forderung Konstruktion zu gestalten erhält über die moderne Befestigungstechnik eine besondere Bedeutung. Denn das alte Prinzip des Mauerwerksbaus Hülle gleich Tragwerk gilt für die zweischalige Wand nur bedingt. Abfangungen aus Edelstahlkonsolen und Stahlbetonkonstruktionen, außerdem ein breites Spektrum an vorgefertigten Standard- und Sonderbauteilen ermöglichen Gestaltungen über die dem Mauerwerk gemäße Tektonik hinaus.

BAUKONSTRUKTIONEN



▲ Fritz-Höger-Preis 2014,
Siza-Pavillon Insel Hombroich
© Alvaro Siza, Rudolf Finsterwalder



▲ Fritz-Höger-Preis 2014,
Mapungubwe Interpretive Centre,
Light Earth Designs
© Obie Obermeyer

2. KONSTRUKTION

2.1.2. MASSORDNUNG

Steinformat, Bauricht und Baunenmaß

Zur Mauerwerk gerechten Planung und Ausführung sollte jedem Bauwerk ein Maßsystem der Mauersteine zugrunde gelegt werden. Die Maßordnung bestimmt wesentlich das Erscheinungsbild von Sichtmauerwerksbauten.

Im Folgenden wird das oktametrische Maßsystem erläutert. In Deutschland gilt die DIN 4172 Maßordnung im Hochbau, die auf einem Modul von 12,5 cm basiert. Dieses umfasst Stein und Mörtelfuge, ausgehend von 1,0 cm Fuge. Die Maße von Steinen und Bauteilen beruhen auf dem Modul bzw. geradzahligem Vielfachen.

Der Begriff Modul bezeichnet die Basis eines Maßsystems und ist nicht zu verwechseln mit Modulsteinen. Für die Steinformate muss jeweils das Fugenmaß vom Modulmaß abgezogen werden.

Steinformate

Länge l, Breite b, Höhe h (in mm)

Dünnformat DF

240 / 115 / 52

Normalformat NF

240 / 115 / 71

1 1/2 NF = Zweifaches Dünnformat 2 DF

240 / 115 / 113

Für Vormauerziegel und Klinker gibt es noch eine Reihe weiterer Formate, die jedoch nicht auf dem oktametrischen Maßsystem beruhen (siehe Formate 1.4.1 u. 1.5.1).

2. KONSTRUKTION

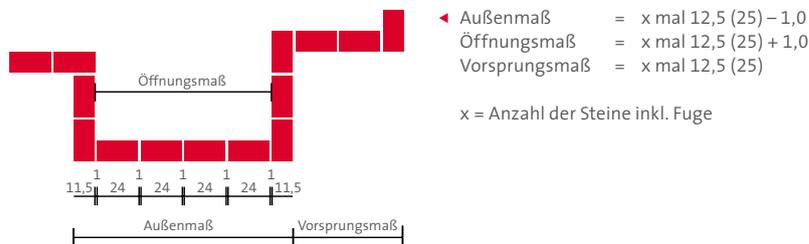
2.1.2. MASSORDNUNG

Bauteilinnenmaße

Das Modul 12,5 mit seinen Vielfachen ist ebenfalls Grundlage der Baurichtmaße: Aus diesen ergeben sich durch Abzug oder Addition des Fugenmaßes von 1,0 cm die Bauteilinnenmaße (siehe untere Grafik).

Die Vorzugsgrößen von Öffnungen (Türen und Fenster) sind auf die Maßordnung abgestimmt. In der Praxis können die Maße nicht exakt eingehalten werden. Daher wird durch Quetschen oder Strecken (nicht mehr als 1,5 cm) der Stoßfugen Passgenauigkeit hergestellt.

BAURICHTMAßE



Modulordnung

Neben der oktametrischen besteht außerdem eine dezimetrische Maßordnung: die Modulordnung nach DIN 18000. Die Einheiten der Modulordnung sind das Grundmodul $M = 10 \text{ cm}$ und die Multimodule genannten ganzzahligen Vielfachen. Waagerechte Multimodule sind $3 M = 30 \text{ cm}$, $6 M = 60 \text{ cm}$ und $12 M = 120 \text{ cm}$. Die Modulordnung folgt einem räumlichen, rechtwinkligen Koordinatensystem (Basis 10 cm) als Bezugssystem für Bauteile und Bauwerke. Um der dezimetrischen Maßordnung gerecht zu werden, werden spezielle Steine gefertigt. Für den Mauerwerksbau ist auf Grund der üblichen Steinmaße das oktametrische Maßsystem jedoch günstiger: konstruktiv und gestalterisch.

Andererseits bestehen Möglichkeiten, Mauerwerksbauteile dem dezimetrischen System in den Längen anzupassen:

- Ausgleich über Variation der Dicke von Stoßfugen des Mauerwerks und von Anschlussfugen.
- Mitverwendung von Steinen, die wenigstens in einer Kantenlänge die Maße 17,5 cm oder 30 cm aufweisen – diese entsprechen den Nennmaßen der DIN 4172.
- Mitverwendung passender Teilsteine, die auf der Baustelle durch Schlagen oder mit der Trennscheibe hergestellt werden.

2. KONSTRUKTION

2.2.1. DAS PRINZIP ZWEISCHALIGE WAND

Norm und Praxis

Nach DIN EN 1996 (EC 6) sind zwei Ausführungsvarianten für zweischalige Wandkonstruktionen möglich: die zweischalige Wand mit Luftschicht, der Schalenzwischenraum enthält keine Dämmung und die zweischalige Wand mit Wärmedämmung im Schalenzwischenraum.

Aus energetischen, konstruktiven und baupraktischen Gründen ist das zweischalige Mauerwerk mit Dämmung bewährter Stand der Technik. Die zweischalige Wand mit Dämmung bietet nicht nur die bewährten bauphysikalischen Eigenschaften des zweischaligen Prinzips, sondern erfüllt auch sämtliche Anforderungen an moderne Außenwandkonstruktionen.

Alle Erläuterungen gelten auch, wenn eine Luftschicht erwünscht ist.

2. KONSTRUKTION

2.2.2. BAUWEISEN ZWEISCHALIGE WAND NACH DIN EN 1996 (EC 6)

Ausführungsvarianten nach DIN EN 1996 (EC 6)

Im EC 6 werden zwei Ausführungsvarianten für zweischalige Wandkonstruktionen aufgeführt. Hauptunterscheidungsmerkmal ist die Anordnung bzw. das Weglassen einer zusätzlichen Wärmedämmschicht. Es wird unterschieden zwischen zweischaligen Außenwandkonstruktionen:

Mit Wärmedämmung:

- Zweischalige Außenwand teilweise mit Wärmedämmung ausgefüllt
- Zweischalige Außenwand ganz mit Wärmedämmung ausgefüllt

Ohne Wärmedämmung:

- Zweischalige Außenwand mit Luftschicht

Die Konstruktion ohne Wärmedämmung findet bei hochwärmedämmenden Innenschalen (z.B.) Ziegelmauerwerk Anwendung.

1. Zweischalige Außenwand mit Wärmedämmung

a) teilweise mit Wärmedämmung ausgefüllt

Diese Konstruktion ist die am häufigsten ausgeführte Bauweise. Grundsätzlich bewährt, jedoch in der korrekten Ausführung sehr anspruchsvoll.

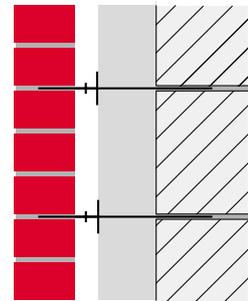
b) ganz mit Wärmedämmung ausgefüllt

Auf Grund einfacher und sicherer Verarbeitung – unter Berücksichtigung feuchtetechnischer Vorkehrungen – und des hohen Wärmeschutzes entwickelt sich diese Variante zur Regelkonstruktion für zweischalige Wände.

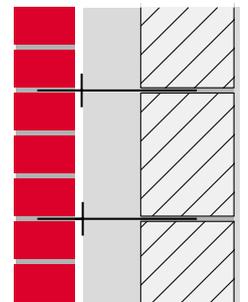
2. Zweischalige Außenwand mit Luftschicht

Die wirksame Trennung von Außen- und Innenschale wird seit über hundert Jahren in Gebieten mit hoher Schlagregenbeanspruchung erfolgreich eingesetzt.

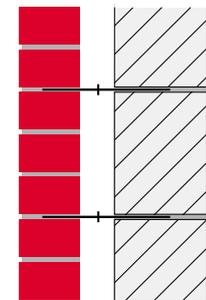
ZWEISCHALIGE AUßENWAND



▲ teilweise mit Wärmedämmung ausgefüllt



▲ ganz mit Wärmedämmung ausgefüllt



▲ mit Luftschicht

2. KONSTRUKTION

2.2.3. ZWEISCHALIGE WAND TEILWEISE MIT WÄRMEDÄMMUNG

Bauweise nach Norm

Die zweischalige Wand mit Luftschicht und Wärmedämmung besteht aus vier Schichten: der tragenden Innenschale (Hintermauerschale), der nicht-tragenden Außenschale (Vormauerschale), der Dämmschicht und der Luftschicht. Der konstruktiv maximale Schalenabstand ist abhängig vom Verankerungssystem.

Die Vormauerschale aus frostbeständigen Mauersteinen dient dem Schlagregenschutz und darf durchaus feucht werden. Feuchtigkeit trocknet durch die Luftzirkulation in der Luftschicht zwischen den Schalen ab. Um eine Hinterlüftung zu gewährleisten, muss die Luftschicht mindestens 4 cm dick sein.

An die Luftschicht werden außerdem folgende Anforderungen gestellt:

- Die Mindestdicke von 4 cm darf in der gesamten Wandhöhe nicht durch Mörtelreste oder andere Gegenstände eingengt werden.
- Durch die Anordnung von Lüftungsöffnungen am Fußpunkt und am oberen Ende des Verblendmauerwerks muss eine Luftzirkulation im Hohlraum gewährleistet sein.
- Bei Unterbrechungen im Hohlraum, etwa durch Fensterbänke, sollten zusätzliche Lüftungsöffnungen im Verblendmauerwerk vorgesehen werden.

Feuchteschutz

Die Innenschalen und die Geschossdecken sind an den Fußpunkten der Zwischenräume der Wandschalen gegen Feuchtigkeit zu schützen. Die Abdichtung – am besten mit bitumenbeständigen Folien – ist im Bereich des Zwischenraumes mit Gefälle nach außen, im Bereich der Außenschale horizontal zu verlegen. Dieses gilt auch bei Fenster- und Türstürzen, sowie im Bereich von Sohlbänken. Die Aufstandsfläche muss so beschaffen sein, dass ein Abrutschen der Außenschale auf ihr nicht eintritt. Die Dichtungsbahn für die untere Sperrschicht muss DIN 18195-4 entsprechen. Sie ist bis zur Vorderkante der Außenschale zu verlegen, an der Innenschale hochzuführen und zu befestigen. Die Dichtungsbahn muss unterstützt werden, sei es durch einen Dämmkeil oder durch eine Untermörtelung. Die Öffnungen zur Hinterlüftung sind in der 1. Steinschicht vorzusehen.

Fassadenbilder

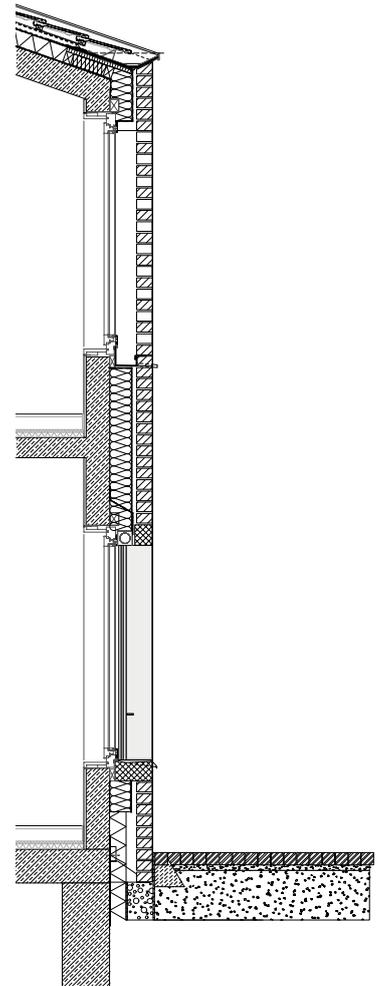
Die Öffnungen zur Hinterlüftung und Entwässerung, meist offene Stoßfugen, sind empfohlene und typische Kennzeichen der zweischaligen Wand. Diese sind technische Notwendigkeit und zugleich Gestaltungselement der unterschiedlichsten Fassadenbilder.

◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

FASSADE



▲ Fritz-Höger-Preis 2014,
Neue Ortsmitte Wettstetten,
Bembé Dellinger
© Stefan Müller-Naumann



▲ Fritz-Höger-Preis 2014,
Fassadenschnitt Neue Ortsmitte
Wettstetten, © Bembé Dellinger

2. KONSTRUKTION

2.2.4. ZWEISCHALIGE WAND GANZ MIT WÄRMEDÄMMUNG

Bauweise nach Norm

Die zweischalige Wand ganz mit Dämmung ausgefüllt besteht aus drei Schichten: der tragenden Innenschale (Hintermauerschale), der nichttragenden Außenschale (Vormauerschale) und der Dämmschicht. Zusätzlich ist ein Fingerspalt zwischen Dämmung und Außenschale von 1 bis 2 cm sinnvoll. Der gesamte Hohlraum kann vollständig mit geeigneten Wärmedämmstoffen verfüllt werden. In den Außenschalen dürfen Vormauerziegel und Klinker verwendet werden, deren Frostwiderstandsfähigkeit nach DIN EN 771-1 geprüft wurde.

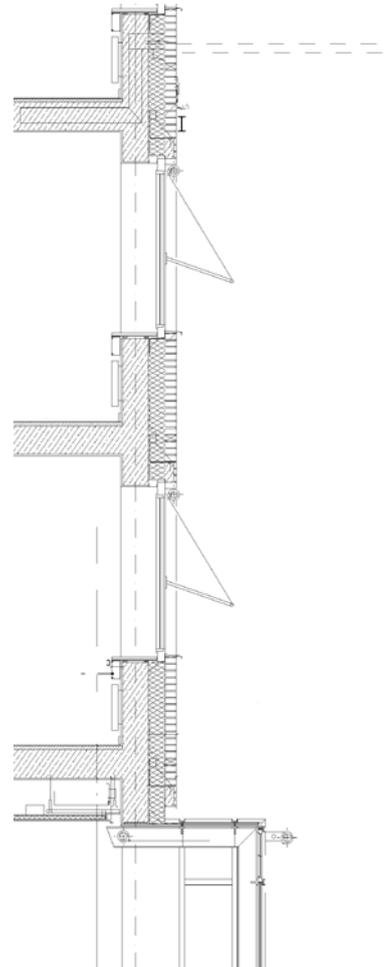
Auf die vollfugige Vermauerung der Verblendschale und die sachgemäße Verfüugung der Sichtflächen ist besonders zu achten. Entwässerungsöffnungen können nach DIN EN 1996 angeordnet werden.

Feuchteschutz

Zum Schutz von Wärmedämmung und Hintermauerschale sind folgende Maßnahmen zu berücksichtigen: Die Dämmung ist mit Dämmstoffen auszuführen, die für diesen Anwendungsbereich genormt oder bauaufsichtlich zugelassen sind DIN 4108-10. Die Dämmstoffe müssen wasserabweisend sein, z. B. hydrophobierte Faserdämmstoffplatten nach DIN 18165 oder Hartschaumplatten nach DIN 18164. Platten und mattenförmige Mineralfaserdämmstoffe sind dichtzustoßen, Platten aus Schaumkunststoffen so auszubilden und zu verlegen (Stufenfalz, Nut und Feder), dass ein Wasserdurchtritt an den Stoßstellen dauerhaft verhindert wird (Feuchteschutz Fußpunkt siehe 2.2.3).

◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

BEISPIEL BAUKONSTRUKTION



▲ Rathaus in Garbsen,
© Schneider & Sendelbach

2. KONSTRUKTION

2.3.1. STATIK

Tragsystem

Der EC6 regelt die Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten. Bei der Bemessung ist die Dicke der Hintermauerschale über die gesamte Länge anzurechnen. Schalenzwischenräume können in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit des Materials für die Innenschale minimiert werden.

Weiterhin gilt: Eigenlasten der Verblendschalen müssen von tragenden Bauteilen aufgenommen und sicher in den Baugrund geleitet werden. Für die Abfangung gibt es mehrere Möglichkeiten: Sie kann über Streifenfundamente, auskragende (Stahlbeton-)Bauteile oder Konsolen aus Edelstahl ausgeführt werden.

Hersteller von Konsolankern bieten – abhängig von der Einbausituation – unterschiedliche Ausführungen an. Die Auswahl des Konsoltyps erfolgt nach Ermittlung der vorhandenen Beanspruchungen über entsprechende Lasttabellen der Hersteller. Für Abfangungen gilt: Sie müssen dauerhaft korrosionsbeständig sein.

Neben der Bemessung und Befestigung von Vormauerschalen durch Drahtanker umfasst das Thema Statik auch die Anordnung von Dehnungsfugen. Wichtig ist vollfugiges Vermörteln und die Einlagerung der Bewehrungsstäbe in Normalmörtel der Mörtelgruppen \geq IIa. Auch Mörtel der Mörtelklasse (M5) nach DIN EN998-2 können verwendet werden.

◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

BEISPIELE KONSTRUKTIONEN



▲ Fritz-Höger-Preis 2014,
Duikklok Tilburg, Bedaux de Brouwer
Architecten © Tim van de Velde



▲ Fritz-Höger-Preis 2014,
Saw Swee Hock Student Centre,
O'Donnell + Tuomey Architects
© Dennis Gilbert

2. KONSTRUKTION

2.3.1. STATIK

Abfangungen sind vorgeschrieben:

- Bei Außenschalen von 115 mm Dicke in Höhenabständen von mindestens 12 m. Die Steine dürfen bis zu 25 mm über ihr Auflager vorstehen. Ist die 115 mm dicke Außenschale jedoch nicht höher als zwei Geschosse bzw. wird alle zwei Geschosse abgefangen, darf sie bis zu 38 mm über ihr Auflager vorstehen. Die Fugen dürfen entweder als Fugenglattstrich oder als nachträgliche Verfugung, letztere mindestens 15 mm flankensauber ausgekratzt, ausgeführt werden.
- Bei Außenschalen mit Dicken von $105 < 115$ mm, die nicht höher als 25 m über Gelände geführt werden dürfen. Diese sind in Höhen von 6 m abzufangen. Diese Außenschale darf maximal 15 mm über ihr Auflager vorstehen. Die Fugen dürfen entweder als Fugenglattstrich oder als nachträgliche Verfugung, letztere mindestens 15 mm flankensauber ausgekratzt, ausgeführt werden.
- Bei Außenschalen mit Dicken von $90 < 105$ mm, die nicht höher als 20 m über Gelände geführt werden dürfen. Diese sind ebenfalls in Höhen von 6m abzufangen. Sie dürfen bis zu 15 mm über ihr Auflager vorstehen. Die Fugen müssen als Fugenglattstrich ausgeführt werden.
- Bei Gebäuden mit bis zu zwei Vollgeschossen darf ein Giebeldreieck bis 4 m Höhe ohne zusätzliche Abfangung ausgeführt werden.

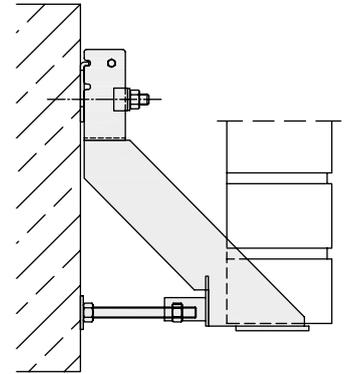
Für die Abfangung stehen Einzelkonsolanker, Winkelkonsolanker mit Aufhängeschlaufen für Stürze, Fertigteilsturz-Abfangungen, Attikaverblendanker und Einmörtelkonsolen aus Edelstahl zur Verfügung.

Alle Systeme zur Verankerung, insbesondere Kombisysteme aus Dübel und Anker für die nachträgliche Montage, müssen bauaufsichtlich zugelassen sein. Innenschalen und Geschossdecken sind an Fußpunkten des Zwischenraumes und an den Berührungspunkten (Fenster, Türen) vor Feuchtigkeit zu schützen. Zudem muss ein Abrutschen der Außenschale verhindert werden.

Konsolanker und Schienen

Konsolanker in Verbindung mit Schienen, Auflagerwinkeln und Sturzabfangungen – allesamt aus nichtrostendem Edelstahl – sind die Grundlage für die Gestaltungsvielfalt zweischaliger Wände. Konsolanker sind für unterschiedliche Laststufen (3,5 kN bis 10,5 kN) einsetzbar. Ihre Justierbarkeit ermöglicht einen stufenlosen Ausgleich (+/- 35 mm) von Bautoleranzen.

KONSOLANKER



▲ Ausführungsbeispiel: Detail



▲ Ausführungsbeispiel: Abfangung Sturz

2. KONSTRUKTION

2.3.2. STATIK – ABFANGUNGEN

ABFANGUNGEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE



▲ EK-D-Justierbare Druckschraube
Laststufen: 3,5 kN–25 kN,
Wandabstände: 20 mm–370 mm,
Höhenjustierung: ± 25 mm



▲ EK-U-Universalanker
Laststufen: 3,5 kN–25 kN,
Wandabstände: 20 mm–370 mm,
Höhenjustierung: ± 25 mm



▲ EK-W Die flexible Lösung bei kleinen Lasten
Laststufen: 1,8 kN–3,5 kN,
Wandabstände: 20 mm–370 mm,
Höhenjustierung: ± 25 mm



▲ EK-L Mit längerem Auflager
Laststufen: 3,5 kN–25 kN,
Wandabstände: 20 mm–370 mm,
Höhenjustierung: ± 25 mm



▲ EK-M Für nachträgliche Verankerung im
Verblendmauerwerk Laststufen: 3,5 kN–7,0 kN,
Wandabstände: 20 mm–200 mm



▲ WA-Ü/WA-Z
Auflagerbreite: 90, 95 und 100 mm,
Öffnungsbreite: bis 2,26 m (> auf Anfrage)



▲ FB-D Justierbare Druckschraube
Laststufen: 3,5 kN–25,0 kN,
Wandabstände: 20 mm–370 mm,
Höhenjustierung: ± 25 mm

2. KONSTRUKTION

2.3.3. STATIK – LUFTSCHICHTANKER

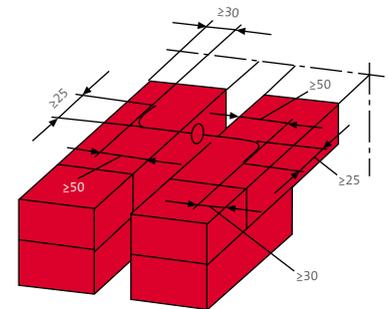
Allgemeine Bestimmungen Luftschichtanker DIN EN 1996

Luftschichtanker dienen als Verbindung für das zweischalige Mauerwerk. Die Mauerwerksschalen sind durch Anker aus nichtrostendem Stahl nach bauaufsichtlicher Zulassung zu verbinden (DIN EN 845-1).

Wenn in der Zulassung für Drahtanker nichts anderes festgelegt ist, gilt für zweischaliges Mauerwerk: Der vertikale Abstand der Drahtanker soll höchstens 500 mm, der horizontale höchstens 750 mm betragen. Der Drahtdurchmesser muss 4 mm betragen. Die Mindestanzahl von Drahtankern pro m² Wandfläche beträgt 7 Anker. Diese Anzahl kann unter gewissen Umständen auf 5 Anker reduziert werden. Außerdem sind an allen freien Rändern (Öffnungen, Gebäudeecken, Dehnungsfugen, oberen Enden der Vormauerschale) zusätzlich drei Drahtanker je Meter Randlänge anzubringen. Die Ankeranzahl richtet sich nach der Zulassung des jeweiligen Ankerherstellers, da alle verwendbaren Anker bauaufsichtlich geregelt sind.

Für gekrümmte Schalen ist die Verformung für Art, Anordnung und Anzahl der Anker zu berücksichtigen. Die Gebäudehöhe, der Abstand der Mauerwerksschalen und die Windlastzone bestimmen die Anzahl und die Stärke der Drahtanker, die mindestens 4 mm beträgt. Die Länge der Anker soll so bemessen sein, dass der Anker 50 mm im Mauerwerk einliegt und noch 25 mm abgewinkelt ist. Hinzugerechnet werden muss die Dicke der Luftschicht und die Stärke des Dämmstoffes. Werden Drahtanker in Leichtmörtel eingebettet, so ist dafür LM 36 erforderlich. Drahtanker in Leichtmörtel LM 21 bedürfen einer anderen Verankerungsart.

DRAHTANKER



▲ nach DIN EN 1996 (EC6):
Einbindungstiefe jeweils 50 mm,
zusätzlich 25 mm abgewinkelt

2. KONSTRUKTION

2.3.3. STATIK – LUFTSCHICHTANKER

Je nach Baumaterial der tragenden Wand (Kalksandstein, Beton, Porenbeton, Mauerwerk aus Mauerziegel) stehen verschiedene Drahtankertypen zur Verfügung, die eingelegt oder eingebohrt werden. Beim gleichzeitigen Bau (Neubau) werden Luftschichtanker in die Mörtelfugen beider Mauer-schalen eingelegt. Bei nachträglicher Errichtung der Vormauerschale werden Luftschichtanker eingebohrt. Anker für Beton müssen immer eingebohrt werden. Drahtanker dürfen keine Feuchtigkeit von der Außen- zur Innenschale leiten. Zum Anker gehören daher eine Klemmscheibe zur Fixierung der Dämmung und zum Abtropfen von Feuchtigkeit.

Mindestanzahl von Drahtankern

Gebäudehöhe	Mindestanzahl n_{min} von Drahtankern je m^2 Wandfläche (Windzonen nach DIN EN 1991-1-1-4/NA)		
	Windzonen 1 bis 3 Windzone 4 Binnenland	Windzone 4 Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	Windzone 4 Inseln der Nordsee
$h \leq 10 \text{ m}$	7 ^a	7	8
$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	7 ^b	8	9
$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$	7	8 ^c	-

- a) in Windzone 1 und Windzone 2 Binnenland: 5 Anker/ m^2
 b) in Windzone 1: 5 Anker/ m^2
 c) ist eine Gebäudegrundrisslänge kleiner als $h/4$: 9 Anker/ m^2

An allen freien Rändern (von Öffnungen, an Gebäudeecken, entlang von Dehnungsfugen und an den oberen Enden der Außenschalen) sind zusätzlich 3 Anker je Meter Randlänge anzuordnen.

BEISPIEL AUSFÜHRUNG



▲ Ausführungsbeispiel: Luftschichtanker

2. KONSTRUKTION

2.3.3. STATIK – LUFTSCHICHTANKER

Luftschichtankertypen

Multi-Luftschichtanker 100 bis 170 mm (Einlegen)

Die Multi-Luftschichtanker sind bauaufsichtlich zugelassen für die Normalmörtel- und Dünnbettfuge des Hintermauerwerks. Die Einbindelänge für die Normalmörtelfuge der Vormauerschale beträgt 60 mm. Die Anker werden nicht mehr abgewinkelt.

Die Multi-Plus-Luftschichtanker 120 bis 250 mm (Einlegen)

Die Multi-Plus-Luftschichtanker sind bauaufsichtlich zugelassen für die Normalmörtel und Dünnbettfuge des Hinter- und Vormauerwerks. Die Einbindelänge der Anker in der Dickbettfuge der Vormauerschale liegt zwischen 60 bis 90 mm, beim Dünnbettverfahren zwischen 50 und 75 mm. Die Anker werden nicht mehr abgewinkelt.

Luftschichtanker Typ DUO 40 bis 150 mm (Einlegen)

Andere für den Einsatz in der Dünnbettfuge zugelassene Anker sind erst ab 100 mm Schalenabstand zugelassen. Die Entwicklung hochwärmedämmenden Hintermauerwerks mit innen liegender Dämmung erlaubt Schalenabstände kleiner als 100 mm bis zum Minimalabstand von 40 mm.

BEISPIEL AUSFÜHRUNG

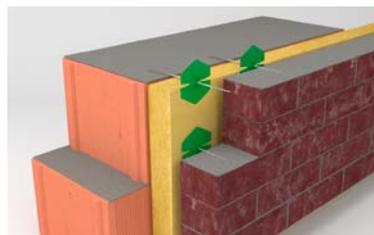


▲ Ausführungsbeispiel: Eingelegte Luftschichtanker

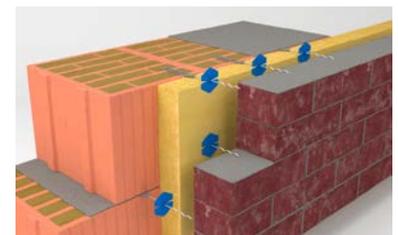
LUFTSCHICHTANKERTYPEN



▲ ISO-Clip Dämmstoff-Klemmscheibe



▲ Typ Multi



▲ Typ DUO



▲ Anker, Typ Multi



▲ Anker, Typ Duo

2. KONSTRUKTION

2.3.3. STATIK – LUFTSCHICHTANKER

Dübelanker ZV-Welle bis 205 mm (Einbohren)

Das System findet Anwendung bei der nachträglichen Verblendung und Isolierung von bestehendem Mauerwerk aus Vollstein bzw. Beton. Durch die Welle am Ankerende entfällt das Abwinkeln in die Vormauerschale.

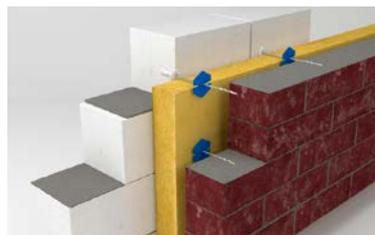
Porenbeton Luftschichtanker PB 10 bis 250mm (Einbohren)

Das System findet Anwendung bei der nachträglichen Verblendung und Isolierung wo die Hintermauerschale aus Porenbeton besteht.

LUFTSCHICHTANKERTYPEN



▲ Typ Dübelanker ZV-Welle



▲ Typ Porenbeton Luftschichtanker PB 10



▲ Anker, Typ ZV-Welle



▲ Anker, Typ PB10

2. KONSTRUKTION

2.4.1. VERBAND UND FUGE

Bautechnik und Gestaltung

Verband und Fuge verleihen dem Sichtmauerwerk sein typisches, dabei durchaus individuelles Erscheinungsbild. Über die Jahrhunderte wurden unterschiedliche (regionale) Vermauerungsarten entwickelt – ob feste Muster wie der Läuferverband oder unregelmäßige Anordnungen wie der Wilde Verband. Im Bereich der Fuge lassen sich Maßtoleranzen der Vormauerziegel und Klinker, die bei der Herstellung auftreten, ausgleichen. Die Verbände und Fugen haben zunächst konstruktive Funktionen wie Mindestüberdeckung und haftschlüssige Verbindung der Steine. So müssen Stoß- und Lagerfugen übereinanderliegender Schichten versetzt sein:

Das Überbindemaß \ddot{u} muss $\geq 0,4 h \geq 45 \text{ mm}$ betragen, wobei h die Steinhöhe (Nennmaß) ist. Der größere Wert ist maßgebend. Die Steine einer Schicht müssen in einer Höhe vermauert sein. Verbände dienen außerdem der Gestaltung, ob in rein konstruktiver Form oder mittels Zierverbänden sowie der Fugenausbildung (glatt, schräg, konkav). Dehnungsfugen gewährleisten außerdem thermisch und statisch bedingte Bewegungen des Mauerwerks. Die Anordnung erfolgt nach statischen Anforderungen – die geschickte Anwendung der Statik bietet dennoch einen gewissen Freiraum in der Gestaltung.

Mörtelfugen im Verblendmauerwerk

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

Dies wird dadurch ermöglicht, dass der Mauermörtel gleich im Zuge der Mauerarbeiten glatt gestrichen wird. Dadurch wird ein homogenes, durchgehendes Fugenbett hergestellt. Die Mörtelfugen im Verblendmauerwerk können auch zur Betonung der plastischen Wirkung der Fassade zurückliegend und abgeschrägt ausgebildet werden. Die bisherigen Erfahrungen mit vielen Ziegelfassaden in Norddeutschland haben gezeigt, dass zurückliegende Fugen im Verblendmauerwerk als schlagregensicher und dauerhaft anzusehen sind. Allerdings ist die Herstellung dieser Fugen wegen der zurückliegenden Form mit mehr Arbeitsaufwand verbunden. Im Allgemeinen sollen die Stoßfugen 1,0 cm und die Lagerfugen ca. 1,2 cm dick sein. Kleine Abweichungen sind zulässig.

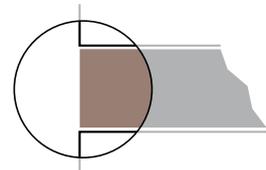
◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

BEISPIEL VERBAND

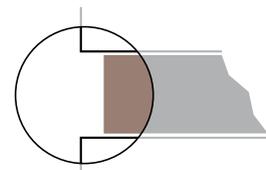


▲ Fritz-Höger-Preis 2014, Prolin, Läuferverband, WEBERWÜRSCHINGER, © Stefan Meyer

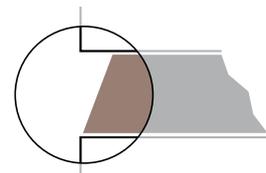
MÖRTELFUGEN AUSBILDUNG



▲ Glattausgeführte Fuge



▲ Zurückliegende Fuge



▲ Abgeschrägte Fuge

2. KONSTRUKTION

2.4.1. VERBAND UND FUGE

Fuge und Farbe

Sichtmauerwerk erhält durch den Einsatz von farbigen Fugmörteln – beispielsweise weiß, grau oder rot – unterschiedliche Erscheinungsbilder. Je unterschiedlicher die Farbe des Mörtels und die Farbe des Steines, so größer ist der Kontrast. Dadurch ist die Trennung der einzelnen Schichten besser lesbar und das Fugennetz wird betont. Ein Mörtel in der Farbe des Steins lässt ein einheitliches Gesamtbild entstehen.

FUGENVARIATIONEN



▲ Helle Fugen



▲ Hellbraune Fugen



▲ Dunkle Fugen



▲ Verschiedenfarbige Fugen:
Stoß- und Lagerfuge



▲ Vermauern mit minimaler Fuge

2. KONSTRUKTION

2.4.1. VERBAND UND FUGE

Verfugen und Fugenbilder

Für das Verfugen stehen zwei Methoden zur Verfügung: der Fugenglattstrich und das nachträgliche Verfugen.

Der Fugenglattstrich, auch als „frisch in frisch“ bekannt, erfolgt in einem Arbeitsgang mit dem Vermauern. Für Vormauerziegel mit einer Dicke < 105 mm ist Fugenglattstrich für die Vormauerschale vorgeschrieben.

Bei der nachträglichen Verfugung werden die Stoß- und Lagerfugen beim Vermauern fachgerecht mind. 15 – 20 mm sauber ausgekratzt. Die Fassade wird später in einem Arbeitsgang verfugt.

FUGENBILDER



▲ Zurückliegende Fuge



▲ Bündige Fuge

2. KONSTRUKTION

2.4.1. VERBAND UND FUGE

Stein und Mörtel

Für die Vermauerung von Vormauerziegeln sind die handwerklichen Regeln einzuhalten, wie sie in der DIN EN 1996 festgehalten sind. Diese umfassen die Einhaltung des Mindest-Überbindemaßes der Steinschichten von jeweils 40% und die Positionierung von Dehnungsfugen. Das Überbindemaß muss mindestens 45 mm bzw. $\geq 0,4$ h des Ziegels betragen. Der größere Wert ist maßgebend. Weiterhin müssen Stein (Saugfähigkeit) und Mörtel (Plastizität, Wasserückhaltevermögen) aufeinander abgestimmt sein. Für die Vermauerung sind Mörtel mit der Druckfestigkeitsklasse M 5 oder M 10 zu verwenden. Die Vermauerung muss vollfugig und kraftschlüssig erfolgen – Hohlräume in der Vermörtelung führen zu schädigendem Wasserstau. Das Wasser kann Kalk aus dem Mörtel herauslösen und so zu Kalkauslaugungen führen.

Wasser und Mörtel

Vormauerziegel und Klinker müssen je nach Saugverhalten gemäß DIN EN 1996 vor der Verarbeitung vorgemästet werden. Damit werden die Saugfähigkeit der Steine und die Aufnahme von Alkalibestandteilen aus dem Mörtelwasser verringert. Vornässen ist bei diesen Ziegeln bei der Verwendung von Baustellenmörtel auf jeden Fall notwendig. Bei geeignetem Werkrockenmörtel kann das Vornässen entfallen, da dieser durch Zusätze über ein erhöhtes Wasserrückhaltevermögen verfügt. Klinker sollen beim Vermauern trocken sein.

Klinker haben ein geringeres Saugverhalten. Der verwendete Mörtel ist darauf abzustimmen. Ein zu steifer Mörtel kann dazu führen, dass die für die Festigkeit des Mörtels erforderliche Hydratation (Erhärtung der Zemente durch Wasser) nicht vollständig erfolgt. Fehlender Haftverbund ermöglicht das Eindringen von Regenwasser in das Mauerwerk. Umgekehrt ist Mörtel so herzustellen, dass er nicht wässert.

Bei der Verarbeitung eines wässernden Mörtels kann kalkhaltiges Wasser zu Verschmutzungen an der Klinkerfassade führen. Die Konsistenz des Mörtels sollte so beschaffen sein, dass er nicht auf der Rückseite der Vormauerschalen abbricht. Die Verwendung von Werkfrischmörtel ist problematisch. Um die Verarbeitungszeit zu verlängern, enthalten diese verzögernde Zusatzmittel. Es besteht die Gefahr des Austrocknens vor der Erhärtung. Als Folge können Ausblühungen auftreten.

Das Abbinden des Mörtels braucht Zeit (2 bis 4 Tage je nach Witterung). Vorzeitiger Entzug von Mörtelwasser durch Witterungseinflüsse ist unbedingt zu vermeiden. Gleichzeitig sind Vormauerziegel vor und während der Verarbeitung vor starkem Schlagregen zu schützen. Hierzu werden diese mit Planen abgedeckt. Dies gilt ebenso für frisch fertiggestelltes Mauerwerk, bis der Trocknungs- und Härtungsprozess abgeschlossen ist. Danach ist der Mörtel wasserfest.

STEIN UND MÖRTEL



▲ Beispiel Vermauern



▲ Beispiel Mörtel

2. KONSTRUKTION

2.4.1. VERBAND UND FUGE

Verlegen von Wärmedämmplatten im Verband

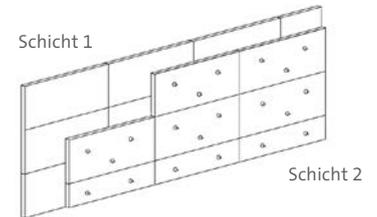
Wärmedämmplatten, ob aus Mineralfaser oder Hartschaum, sollten immer im Verband verlegt werden. Die Überdeckung von Fugen erhöht Winddichtigkeit und Luftdichtheit der Gebäudehülle. Außerdem dient dies der Vermeidung von Wärmebrücken und Tauwasserproblemen.

Fugarbeiten

Die ganzflächige und satte Mörtelfüllung ist beim Verblendmauerwerk als Regenbremse unentbehrlich. An Regentagen darf die Verfugung nur unter Schutzmaßnahmen erfolgen. Jeweils nach Abschluss eines Tagwerks oder vor Eintritt von Regen sind frische Fugen durch Abdeckung gegen Ausspülen und Verschmutzen zu sichern. Fugarbeiten werden zweckmäßig optimal an Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit und geringer Luftbewegung sowie geringer Sonneneinstrahlung ausgeführt. Ungünstigere Witterungsbedingungen (starke Sonneneinstrahlung, verstärkte Windbewegung und Regen) erfordern zusätzliche Schutzvorkehrungen (z. B. Abhängen des Gerüsts mit Planen).

Bei Regen und niedrigen Temperaturen $< 5\text{ °C}$ sollte das Fugen eingestellt werden. Regen kann zum Auslaufen der Fuge und Sonne zu Schwindrissen im Mörtel führen. Bei trockener und warmer Witterung, z. B. in den Sommermonaten, besteht die Gefahr, dass der frisch eingebrachte Fugenmörtel verbrennt (unvollständige Hydratation). Daher sollte der Fugenmörtel zum Schutze der frühzeitigen Austrocknung und zur Förderung des Abbindevorgangs mehrfach mit einer Nebeldüse besprüht werden.

VERLEGEN VON WÄRMEDÄMMPLATTEN



▲ Überdeckung von Wärmedämmplatten

VERMAUERN



▲ Beispiel Ausführung Ecksituation

2. KONSTRUKTION

2.4.1. VERBAND UND FUGE

Fugenglattstrich

Diese Methode bietet die Möglichkeit, mit geringem Aufwand hochwertiges Verblendmauerwerk herzustellen. Voraussetzung dafür ist, dass der Mörtel eine gute Verformbarkeit besitzt. Für dieses Verfahren sollten keine Baustellenmörtel, sondern nur geeignete Fertigmörtel (Werk trockenmörtel) verwendet werden. Damit ist die Voraussetzung für eine einheitliche Fugenfarbe gegeben. Beim Fugenglattstrich wird Mauern und Verfugen in einem Arbeitsgang durchgeführt. D. h. die Fugen müssen ohne verbleibende Hohlräume mit Mörtel gefüllt sein, damit sie anschließend mit der Mauerwerks-oberfläche glatt gestrichen werden können.

Das vollfugige Mauern mit Fugenglattstrich stellt nach dem aktuellen Stand der Technik die sicherste Methode zur Erstellung eines schlagregensicheren Mauerwerks dar. Dieses Verfahren bietet unter technischen Gesichtspunkten gegenüber der noch weit verbreiteten Methode des nachträglichen Verfugens eine Reihe von Vorteilen und wird daher in der einschlägigen Literatur für das Verblendmauerwerk favorisiert. Deshalb sieht sowohl die DIN EN 1996 als auch die VOB den Fugenglattstrich als Regelausführung vor. Wenn Ziegel mit Nennstärken unter 105 mm vermauert werden, muss aus statischen Gründen grundsätzlich der Fugenglattstrich ausgeführt werden.

Als Nachteil beim Fugenglattstrich gilt es allerdings, dass der Zeitpunkt des Glattstreichens der Fugen für die gesamte Fassade genau abgestimmt werden muss, um eine gleichmäßige Fugenfarbe erzielen zu können. Die Fugenfarbe wird weitgehend durch die Konsistenz des Mörtels beim Verstreichen der Fugenoberfläche bestimmt. Bei weichem Mörtel wird die Fuge hell, weil an der Oberfläche eine Anreicherung des Bindemittels entsteht.

Erfolgt das Glattstreichen des Mörtels in angesteiftem Zustand, wird die Oberfläche aufgeraut und die Fuge wird dunkel. Insofern gilt die Bearbeitung der Fuge in gleichmäßig angesteiftem Mörtelzustand für die Farbgleichheit der Fugen als zwingende Voraussetzung. Da jedoch die Einhaltung dieser Notwendigkeit unter Baustellenbedingungen nicht immer umsetzbar ist, müssen geringe Farbunterschiede der Fugen bei Anwendung dieses Verfahrens als unvermeidbar hingenommen werden.

Beim Fugenglattstrich ist besonders auf das vollfugige Mauern zu achten, um nicht später beim Glätten der Fuge nachbessern zu müssen. Beim Aufmauern hervorquellender Mörtel wird mit der Kelle abgestrichen und die Fuge nach dem Anziehen des Mörtels mit einem entsprechend dicken Fugeisen oder Schlauch steinbündig glattgestrichen. Nach Fertigstellung oder bei Arbeitsunterbrechungen muss das Mauerwerk vor Verschmutzungen, Durchnässung oder zu raschem Austrocknen geschützt werden. Bei Bedarf kann das Mauerwerk bei einer Endreinigung mit wenig Wasser und geeigneten Bürsten abgewaschen werden, um auffällige Verschmutzungen zu beseitigen.

Hierbei ist auf chemische Reinigungsmittel oder Öle zu verzichten.

FUGENGLATTSTRICH



▲ Beispiel Ausführung Fugenglattstrich

2. KONSTRUKTION

2.4.1. VERBAND UND FUGE

Nachträgliches Verfugen

Nachträgliches Verfugen kann in einigen Fällen eine sinnvolle Lösung sein. Dabei ist zu beachten, dass eine Vollfugigkeit des Mörtelbettes in Lager- und Stoßfuge ausgeführt wird. Das nachträgliche Verfugen kann auch angewendet werden, wenn bei sehr ungünstigen Witterungsverhältnissen sonst ein einheitliches Farbbild der Fugen nur schwer erreicht werden kann. Die Fugen sind gleichmäßig 15 mm bis 20 mm tief, flankensauber und gleichmäßig auszukratzen.

Bei Unterschreitung der Mindestauskratztiefe von 15 mm ist die dauerhafte Haftung des Fugmörtels nicht gewährleistet. Nach der Fertigstellung eines Abschnittes muss das Auskratzen durchgeführt werden, solange der Mauer- mörtel noch weich ist. Für nachträgliches Verfugen darf neben der Druckfestigkeitsklasse M 10 auch die Druckfestigkeitsklasse M 5 verwendet werden. Der Fugmörtel wird in zwei Arbeitsgängen gut in die Fugen eingedrückt:

1. Arbeitsgang: erst Stoßfuge, dann Lagerfuge
2. Arbeitsgang: erst Lagerfuge, dann Stoßfuge

Der Fugenmörtel soll eine gut erdfeuchte bis schwachplastische Konsistenz aufweisen. Für eine dichte Fuge ist entscheidend, dass der Mörtel fest in die Fuge eingedrückt und verdichtet wird. Daher sollte das Fugeisen auf keinen Fall breiter als die Fuge selbst sein. Bei diesem Verfahren wird empfohlen, das gesamte Verblendmauerwerk vor dem abschließenden Ausfugen auf zwei Eigenschaften zu prüfen:

1. Mindestauskratztiefe von 15 mm
2. Mörtelfüllungsgrad der Stoßfugen

Häufige Fehler bei der nachträglichen Verfugung sind nicht vollfugige Stoßfugen, und das einlagige Verfugen. Beides führt dazu, dass der Fugenmörtel im hinteren Fugenraum nicht gut verdichtet ist. In diesen Hohlräumen kann sich Wasser sammeln und zu Kalkauslaugungen führen. Unter optimalen Bedingungen kann natürlich auch eine nachträgliche Verfugung zu einer mangelfreien Lösung führen.

2. KONSTRUKTION

2.4.2. MÖRTEL UND ZUSÄTZE

Mörtel und Stein

Die technisch/konstruktive Qualität eines Sichtmauerwerks beruht auf den Eigenschaften von Stein und Mörtel sowie der abgestimmten Kombination beider Materialien. Es gilt zwischen Mörtel und Stein einen kraftschlüssigen, vollfugigen und fugendichten Verbund herzustellen. Mörtel müssen über eine gewisse Verformbarkeit verfügen und gut verarbeitbar sein. Denn neben den Materialeigenschaften bestimmt die Ausführung über Funktionalität und Haltbarkeit der Fugen und damit des gesamten Mauerwerks. Für die Vormauerschale wird unterschieden in Mauer- und Fugmörtel.

In der DIN E 998-2 fallen beide unter den Begriff Mauermörtel. Demnach ist Mauermörtel ein Gemisch aus Sand, Bindemittel und Wasser, gegebenenfalls mit Zusatzstoffen. Der Korndurchmesser des Sandes sollte für Mauermörtel 0–4 mm und für Fugmörtel 0-2 mm betragen. Mauermörtel werden unterschieden in Normalmörtel (NM), Leichtmörtel (LM) und Dünnbettmörtel (DN), Normalmörtel wiederum durch die Druckfestigkeitsklassen M 2,5; M 5; M 10; M 20 definiert. Standard ist die Verwendung von Normalmörtel mit Lagerfugen von 1,2 cm und Stoßfugen von 1,0 cm. Das Dünnbettverfahren (Lagerfuge 1–3 mm) darf nur bei Steinen angewendet werden, deren Herstellungstoleranz $\leq 1,0$ mm beträgt.

Mauermörtel

Werkmauermörtel und werkmäßig hergestellte Mörtel müssen Mörtel nach DIN EN 998-2 sein. Baustellenmörtel müssen Mörtel nach DIN V 18580 sein. Für die Erstellung der Vormauerschale dürfen nur Mörtel der Mörtelgruppe IIa oder III gemäß DIN V 18580 bzw. der Druckfestigkeitsklasse M 5 oder M 10 gemäß DIN EN 998-2 verwendet werden.

Weitere Rezepturen werden tabellarisch in DIN V 18580 Anhang A aufgeführt.

MÖRTEL



▲ Silo



▲ Mörtelwannen

WEITERE INFOS UNTER:
WWW.ZUFRIEDEN-AM-BAU.DE

2. KONSTRUKTION

2.4.2. MÖRTEL UND ZUSÄTZE

Herstellung

Das Mischen von Mörteln auf der Baustelle darf nur maschinell erfolgen. Die gleichmäßige Zusammensetzung des Mörtels muss durch Auswiegen der Bestandteile gewährleistet sein. Der Zeitaufwand ist hoch, empfehlenswert ist daher die Verwendung werksgefertigter Trockenmörtelmischungen, insbesondere bei größeren Projekten. Diese zeichnen sich aus durch guten Kornaufbau des Mörtelsandes und gute Verarbeitbarkeit.

Werkmörtel dürfen nicht mit Zusätzen vermischt werden. Nicht ratsam ist die Verwendung von Werkfrischmörtel mit Erstarrungsverzögerern, da diese Ausblühungen fördern. Sowohl die DIN EN 1996 als auch die VOB sehen den Fugenglattstrich, also das Mauern und Fugen in einem Arbeitsgang mit dem gleichen Material als Regelausführung vor. Für diese Anwendung werden Werk-Trockenmörtel angeboten, die in ihrem Saugverhalten an den Ziegel angepasst sind. In der Regel handelt es sich dabei um Mauermörtel der Druckfestigkeitsklasse M 5.

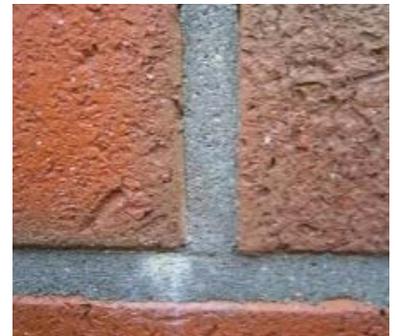
Fugenmörtel

Zum nachträglichen Verfugen werden Fugenmörtel der Druckfestigkeitsklasse M 10 angeboten. Zulässig sind für die Verfugung ebenso Zementmörtel der Gruppe III (1 RT Portlandzement, 4 RT Sand, Körnung 0–2 mm.) Für farbige Fugen haben sich entsprechende Fertig-Fugenmörtel bewährt, da diese ein gleichmäßiges Farbbild ergeben.

Zuschlag- und Zusatzstoffe

Für Mörtel dürfen nur Bindemittel nach DIN EN 197–1 und DIN EN 459–1 verwendet werden – im Wesentlichen Zement und Kalkhydrat.

KALKUSLAUGUNGEN

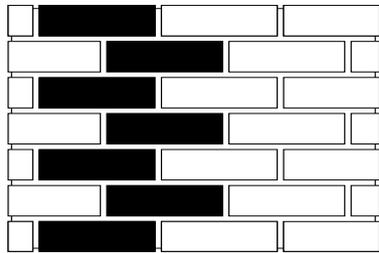


▲ Nicht fachgerechte Ausführung führt zu Kalkauslaugungen © Dipl.-Ing Steffen Haupt

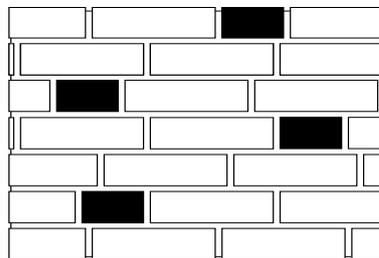
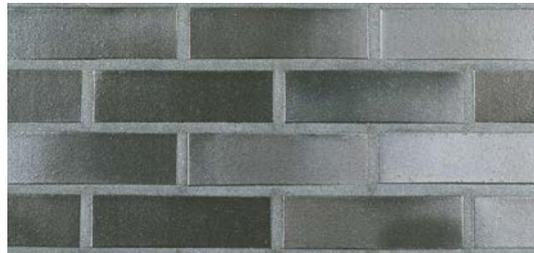
2. KONSTRUKTION

2.4.3. MAUERVERBÄNDE

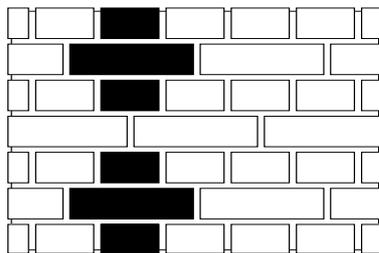
ARTEN DER VERBÄNDE



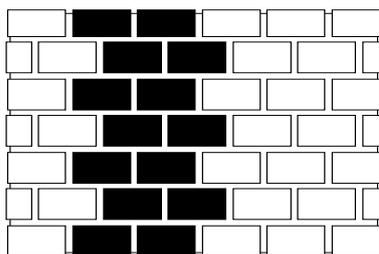
▲ Halbversetzter Läuferverband



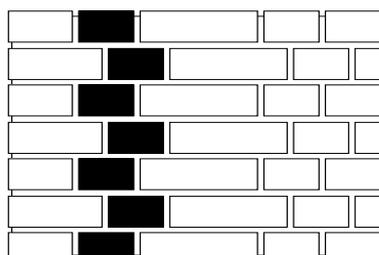
▲ Wilder Verband



▲ Kreuzverband



▲ Kopfverband/Bünderverband



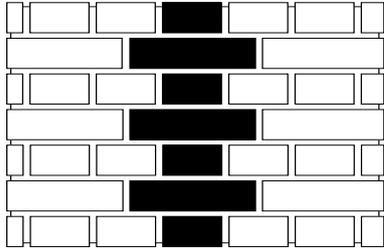
▲ Gotischer Verband



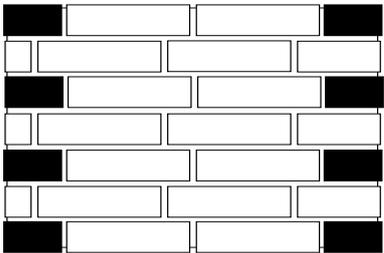
2. KONSTRUKTION

2.4.3. MAUERVERBÄNDE

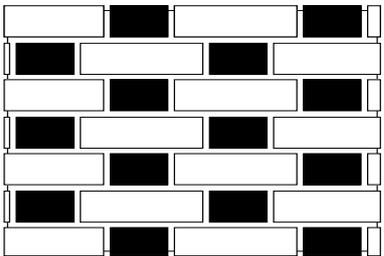
ARTEN DER VERBÄNDE



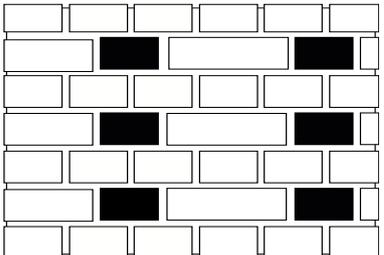
▲ Blockverband



▲ Märkischer Verband



▲ Flämischer Verband



▲ Holländischer Verband

2. KONSTRUKTION

2.4.4. ZIERVERBÄNDE

Gestaltungsvielfalt

Die Vermauerung von Backsteinen bietet vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten. Der Verband stellt nicht nur die konstruktive Einheit des Mauerwerks sicher, sondern ist auch entscheidend für das Erscheinungsbild der Fassade verantwortlich. Neben den klassischen Mauerverbänden wie Läufer-, Binder- und Blockverband gibt es zahlreiche Zierverbände, die sich ähnlich wie die Steinformate, über die Jahrhunderte regional entwickelt haben:

Holländischer, Schlesischer, Flämischer, Märkischer und Gotischer Verband. Dazu kommt der Wilde Verband, der sich, wie der Name schon andeutet, durch eine freie Anordnung auszeichnet. Muster innerhalb von Zierverbänden können durch die Verwendung von farbigen Steinen eine besondere Betonung erfahren. Das Filtermauerwerk mit seinen ziegelgroßen und lichtdurchlässigen Durchbrüchen stellt eine weitere Ausführungsvariante dar.

Wie für alle Mauerverbände muss auch bei Zierverbänden das Überbindemaß der Steine gemäß DIN EN 1996 eingehalten werden. Verbände sind in der Regel waagrecht. In Stürzen werden die Steine auch senkrecht angeordnet (gemauert oder als Fertigteil) – die so genannte Grenadier- oder Rollschicht. Solange die Statik des Mauerwerks nicht beeinträchtigt wird, sind auch achsiale Fugen oder senkrechte Vermauerungen der Steine in beschränktem Umfang möglich. Dies gilt für kleine Wandflächen. Bei größeren Fassaden sind Dehnungsfugen zwischen den gestalterischen und konstruktiven Elementen anzuordnen.

Eine Sonderrolle unter den Zierverbänden nimmt der Stapelverband ein. In diesem Verband liegen die Stoßfugen übereinander, so dass das Überbindemaß nicht eingehalten wird. Da Vormauerschalen mit Stapelverband nicht DIN-konform sind, muss ein Einzelnachweis erbracht werden. Grundsätzlich dürfen Stapelverbände nur mit einer zusätzlichen Fugenbewehrung ausgeführt werden.

ZIERVERBÄNDE BEISPIELE



▲ Fritz-Höger-Preis 2014, CAN fase 1, Heren 5 Architecten bv bna, © Sander Meisner, Kees Hummel



▲ Fritz-Höger-Preis 2014, Ökumenisches Forum Hafencity Hamburg, © Wandel Hoefer Lorch Architekten



▲ Fritz-Höger-Preis 2014, Kita Wittstock, kleyer.koblitz.letzel.freivogel gesellschaft von architekten mbh, © Christian Richters

2. KONSTRUKTION

2.4.5. DEHNUNGSFUGEN IN DER AUßENSCHALE

Dehnungsfuge

Die Dehnungsfuge in der Außenschale kann man ohne weiteres als eine Art Lebensversicherung für die Fassade ansehen. Exaktes und gründliches Arbeiten ist daher von größter Wichtigkeit. Damit die Dehnungsfuge ihre Aufgaben in der Außenschale zuverlässig und einwandfrei erfüllen kann, müssen eine Reihe wichtiger Faktoren beachtet werden: Die korrekte Berechnung ihrer Breite, ihre Anordnung in der Wand sowie Unterschiede zwischen vertikaler und horizontaler Ausführung in Bezug auf Witterungsaspekte und potenzielle Formveränderungen.

Fugenbreite, Fugenausbildung, Fugendichtstoffe

Die Aufgabe einer Dehnungsfuge ist es, die Verformungen der angrenzenden Bauteile (Verkürzungen, Verlängerungen) spannungsfrei aufzunehmen.

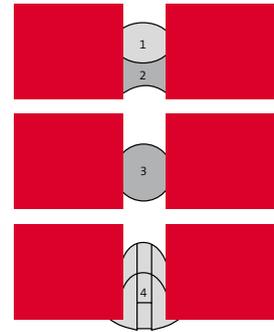
Bei der Bemessung der Fugenbreite ist besonders zu beachten, dass nur etwa 25% der Fugenbreite dauerhaft verformungswirksam, d.h. nahezu spannungsfrei wirksam, sind. Deshalb müssen die Längenänderungen aus den angrenzenden Bauteilen mit dem Faktor 4 multipliziert werden, um die Breite der Dehnungsfuge zu erhalten. In jedem Falle sollte jedoch die Breite einer Dehnungsfuge mindestens 15 mm betragen.

Für die konstruktive Ausbildung ist folgendes zu beachten:

- Die Fugenflanken müssen bis zu einer Tiefe der zweifachen Fugenbreite, min. aber 30 mm parallel verlaufen, damit das Hinterfüllmaterial ausreichenden Halt findet.
- Die Fugenflanken müssen, um danach vollfugig mit Fugendichtmasse ausgefüllt zu werden sauber und frei von Stoffen sein, die das Haften und Erhärten der Fugendichtungsmasse beeinträchtigen.
- Die Mörtelfugen müssen im Bereich der Fugenflanken bündig abgestrichen sein.

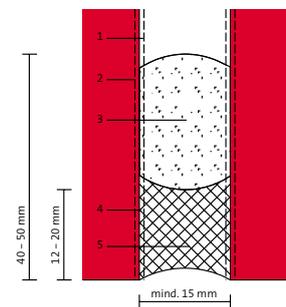
◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

FUGENAUSBILDUNG MIT VERSCHIEDENEN MATERIALIEN

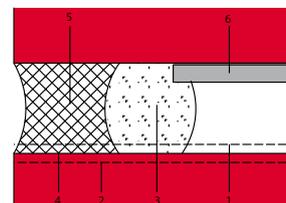


- ▲ 1 Schaumstoff
- 2 Fugenkitt
- 3 Komprimiertes Schwellband
- 4 Klemmprofil

DEHNUNGSFUGEN VERTIKAL



DEHNUNGSFUGEN HORIZONTAL



- ▲ 1 Fuge gestaut
- 2 Fuge gedehnt
- 3 geschlossenzelliges Schaumstoffprofil
- 4 Haftungsgrundierung
- 5 elastoplastischer Dichtstoff (Fugendichtmasse)
- 6 Halben Konsolanker

© Halfen

2. KONSTRUKTION

2.4.5. DEHNUNGSFUGEN IN DER AUßENSCHALE

Als Abdichtungsstoffe kommen in Frage:

- Fugendichtstoffe
- Dichtungsbänder
- Abdeckprofile

Für zweischalige Außenwände werden i. d. R. Fugendichtstoffe, aber auch Fugendichtungsbänder verwendet. Die Bandprofile werden zusammendrückt und in die Fuge eingelegt. Sie sind auch werkseitig vorkomprimiert (z. B. auf Rollen) erhältlich. Nach Lösen der Komprimierung, d. h. nach Abnahme des Fugendichtbandes von der Rolle, entwickelt das Band eine Rückstellkraft, die es fest gegen die Fugenflanken drückt. Vor dem Einbringen des Bandes muss die Fuge nur grob gereinigt werden. Das Band kann von der Rolle in die Fuge verlegt werden. Kleinere, bauübliche Unebenheiten in der Fuge werden durch den ständigen Anpressdruck ausgeglichen.

2. KONSTRUKTION

2.4.6. VERTIKALE DEHNUNGSFUGEN

Vertikale Dehnungsfugen

Die Lage der vertikalen Dehnungsfugen richtet sich sowohl nach der Witterungsbeanspruchung (Temperatur, Niederschlag) als auch nach den möglichen Formänderungen des Verblendschalenmauerwerks. Vertikale Dehnungsfugen sollten grundsätzlich nach einem festen Prinzip (siehe rechte Grafik) angeordnet werden. Da die witterungsbedingten Verformungen der Westwand am größten, die der Nordwand am kleinsten sind, gewährleistet die in der Grafik schematisch dargestellte Dehnungsfugenanordnung für die Westwand die größte und für die Nordwand die kleinste Verformungsmöglichkeit. Die Werte sind durch Erfahrungen sowie durch theoretische und experimentelle Untersuchungen abgesichert. Sie beziehen sich auf die Formänderungswerte der DIN EN 1996 (EC 6). Dehnungsfugen bieten zudem einen kreativen Gestaltungsspielraum in der Ausführung (z.B. mäanderförmige Ausbildung).

Außenschalen (Verblendschalen), empfohlene Abstände vertikaler Dehnungsfugen

Mauerwerk aus	Dehnungsfugenabstand (m)
Kalksandsteinen, Porenbetonsteinen, Betonsteinen	6 ... 8
Leichtbetonsteinen	4 ... 6
Mauerziegeln 1)	8 ... 12

1) Kleinere Werte bei höherem irreversiblen Quellen

VERTIKALE DEHNUNGSFUGEN PRINZIP



▲ Außenschalen (Verblendschalen), vorzugsweise Anordnung von Dehnungsfugen



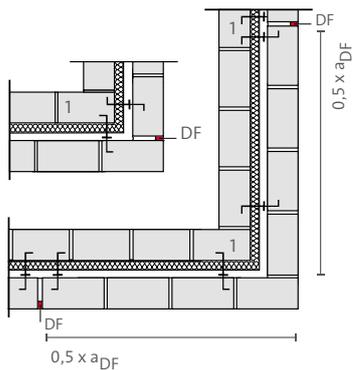
▲ Ausführungsbeispiel

2. KONSTRUKTION

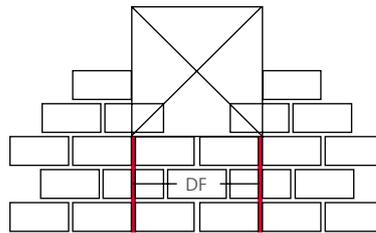
2.4.6. VERTIKALE DEHNUNGSFUGEN

Wenn die Anordnung der Dehnungsfugen in den Eckbereichen aus architektonischen Gründen nicht erwünscht ist, so können diese auch im halben Dehnungsfugenabstand beidseits der Gebäudeecke vorgesehen werden (Bild 1). Da Dehnungsfugen freie Wandränder darstellen, sind an diesen beidseitig drei zusätzliche Anker je laufendem Meter Randlänge anzuordnen (Bild 1). Erhöhte Rissgefahr besteht i. d. R. im Brüstungsbereich der Außenschalen, bedingt durch höhere Zugspannungen infolge Abkühlung und Schwinden im Bereich der Brüstung und Kerbspannungen in den Brüstungsecken, sowie vertikalen Formänderungsunterschieden zwischen Brüstung und angrenzendem Mauerwerk. Brüstungsrisse lassen sich durch einseitige oder zweiseitige Anordnung von Dehnungsfugen (Bild 2) vermeiden. Anstelle der Dehnungsfugen kann auch eine konstruktive Bewehrung im oberen Brüstungsbereich angeordnet werden, um breitere schädliche Risse zu vermeiden (Bild 3).

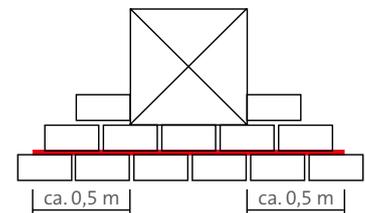
KONSTRUKTIONEN VON DEHNUNGSFUGEN



▲ Bild 1: a_{DF} = Dehnungsfugen
3 Zusatzanker je m Wandhöhe beidseits von DF und Gebäudeecke



▲ Bild 2: Dehnungsfuge DF – ein- oder zweiseitig: Außenschalen (Verblendschalen), Anordnung von Dehnungsfugen DF im Brüstungsbereich



▲ Bild 3: Konstruktive Bewehrung in oberster Lagerfuge

MÖGLICHE ANORDNUNG VON DEHNUNGSFUGEN



▲ Vertikale Dehnungsfuge im Eckbereich



▲ Vertikale Dehnungsfuge

◀ Fritz-Höger-Preis 2014, Kindertagesstätte UKM, BURHOFF und BURHOFF Architekten BDA © Roland Borgmann

2. KONSTRUKTION

2.4.7. HORIZONTALE DEHNUNGSFUGEN

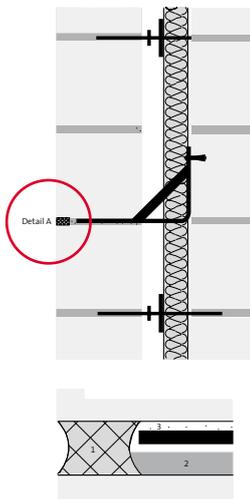
Horizontale Dehnungsfugen

In der Außenschale sind horizontale Dehnungsfugen stets unter Abfangungen anzuordnen. Voraussetzung für die Ausbildung einer funktionsfähigen Dehnungsfuge ist ein genügend großer Zwischenraum zwischen Abfangung und der darunter liegenden Verblendschale, damit die vertikale Formänderung der Außenschale spannungsfrei aufgenommen werden kann. Außenschalen von 115 mm Dicke sollen in Höhenabständen von etwa 12 m abgefangen werden. Sie dürfen bis zu 25 mm über ihr Auflager vorstehen. Ist die 115 mm dicke Außenschale nicht höher als zwei Geschosse oder wird sie alle zwei Geschosse abgefangen, dann darf sie bis zu einem Drittel ihrer Dicke über ihr Auflager vorstehen.

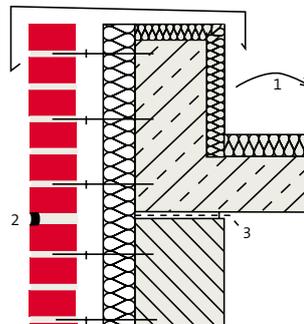
Attika-Verblendanker

Bei Horizontalfugen empfiehlt sich die Anordnung einer Sollbruchstelle durch Einlegen einer Gleitfolie. Außen ist diese als Bewegungsfuge auszubilden. Die Fuge wird entbehrlieh durch Attika-Verblendanker. Überhaupt fungieren alle wasserundurchlässigen Sperrschichten durch Verlegung in einem Mörtelbett bis Vorderkante Vormauerschale als Gleitschicht zur Aufnahme horizontaler Bewegungen.

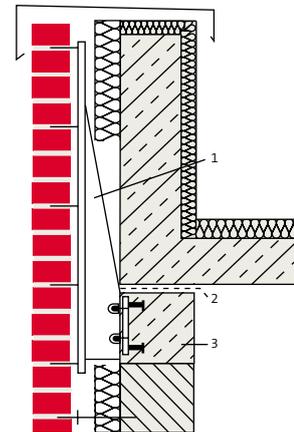
ANORDNUNG HORIZONTALER DEHNUNGSFUGEN



- ▲ Detail A
- 1 Fugendichtmasse
- 2 Hinterfüllmaterial
- 3 Auflagerwinkel



- ▲ Attika-Ausbildung
- 1 Verdrehung
- 2 Sollbruchfuge
- 3 Bitumenbahn



- ▲ Flachdachanschluss mit Attika-Verblendanker
- 1 Maueranschlussanker
- 2 Gleitlager
- 3 Ringbalken

2. KONSTRUKTION

2.5.1. ELEMENTBAU

Gestaltungsvielfalt mit sicheren Fertigteilkonstruktionen

Ziegelfertigteile werden in den meisten Fällen mit der handwerklich errichteten Vormauerschale kombiniert. Sie unterstützen in den Bereichen, wo die Möglichkeiten vom konventionellen Mauerwerk nicht ausreichend oder nicht herstellbar sind. Gerade im Bereich der statischen Möglichkeiten (das Abtragen von Lasten und der schlagregendichten Abdeckung mit Ziegeloptik) bieten diese vorgefertigten Elemente enorme Vorteile.

Auch bei der Realisierung von bestimmten durch den Planer gewünschten geometrischen Formen, die in konventioneller Bauweise nicht herstellbar sind, bieten Ziegelfertigteile eine hohe Gestaltungsvielfalt. Die im Werk vorgefertigten Elemente verfügen über eine hohe Präzision und Genauigkeit in der Ausführung und vermeiden so Ausführungsfehler bei der Herstellung von Sichtmauerwerksfassaden auf der Baustelle. Über den Elementbau wird ein großes Gestaltungsspektrum erschlossen. Komplizierte Bauteile, wie Bögen, Abfangungen, übergroße Spannweiten, horizontal gekrümmte Bauteile und auch Zierbauteile, sind möglich. Alle Elemente werden individuell objektbezogen geplant und hergestellt, die Produktion kann parallel zum Bauverlauf erfolgen.

Es können alle Sorten an Vormauerziegeln verwendet werden und die Einsatzbereiche umfassen alle Bauaufgaben, auch die Sanierung denkmalgeschützter Gebäude.

GESTALTUNGSVIELFALT



▲ Uni Bern Sonderbauteile

2. KONSTRUKTION

2.5.1. ELEMENTBAU

Elementsysteme

Am häufigsten Anwendung finden Fertigteile aus einem tragenden Stahlbetonkern und einer Vormauerschale, die zumeist aus Riemchen an den Sichtflächen besteht. Diese Herstellung erfolgt im so genannten „Negativverfahren“. Dabei werden die Vormauerziegel, die auch auf der Baustelle konventionell vermauert werden, zu Riemchen geschnitten, die dann im Negativ in eine entsprechende Schalung gelegt werden, wo anschließend der Beton von oben eingefüllt wird.

Die Befestigung der Elemente erfolgt entweder in aufgelegter Form in der Vormauerschale oder mit entsprechenden Abhängesystemen an die dahinterliegende tragende Stahlbetonkonstruktion. Die Vormauerziegel für die Fertigteilenelemente sollten immer aus der Produktioncharge stammen, die auch am Gebäude verarbeitet wird. Die vorgefertigten Elemente sind unverfugt, damit mit dem gleichen Mörtel, mit dem auch das konventionelle Mauerwerk erstellt wird, die nachträgliche Verfugung ausgeführt werden kann, so dass keine Farbunterschiede auftreten. Die Verwendung von Form- bzw. Sondersteinen ist möglich.

ELEMENTSYSTEME



▲ Sonderbauteile Attika-Gesims



▲ Bauvorhaben Leer

2. KONSTRUKTION

2.5.2. VERBLENDSTURZ

Überdeckung von Öffnungen im Verblendmauerwerk

Verblendstürze erfüllen nicht nur eine ästhetische Funktion. Auch unter Aspekten der Statik und der Dämmung kommt ihnen größte Bedeutung zu. Präzises Arbeiten unter Berücksichtigung aller spezifischen Charakteristika sowie der einschlägigen Normen ist unerlässlich. Im Folgenden wird unterschieden zwischen scheinrechten Bögen, Grenadierstürzen, Grenadierstürzen mit Fugenbewehrung und Fertigteilstürzen. Die Integration eines Abdichtungssystems findet ebenfalls Berücksichtigung.

Maueröffnungen müssen so abgedeckt werden, dass die Last des darüber befindlichen Mauerwerks sicher auf das angrenzende Mauerwerk übertragen wird. Der frühere Ziegelbogen, der seine Stabilität und Tragkraft fast ausschließlich durch seine Masse erhält, hatte ein beliebtes und schwerfälliges Aussehen. Der Zweck eines echten Bogens ist, einer Auflast oder Kraft zu widerstehen und sie auf eine adäquate Stütze – wie eine Säule oder einen Pfeiler – zu übertragen. Die Tragfähigkeit einer Mauerüberdeckung nimmt mit der Höhe des Querschnitts und mit dem Ansteigen der Bogenwölbung zu. Die Grundformen der Bogenkonstruktion sind: Rundbogen, Spitzbogen und Flachbogen.

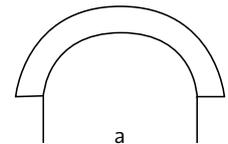
◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

BOGENKONSTRUKTIONEN

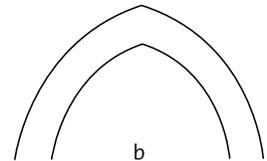


▲ Gemauerter Rundbogen

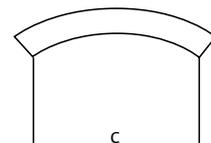
GRUNDFORMEN



a



b



c

▲ a Rundbogen
b Spitzbogen
c Flachbogen

2. KONSTRUKTION

2.5.2. VERBLENDSTURZ

Scheitrechter Bogen

Zur Überdeckung von Maueröffnungen in der heutigen Verblendschale der zweischaligen Außenwand haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Lösungsmöglichkeiten entwickelt. Der früher in Norddeutschland am häufigsten verwendete „scheitrechte Bogen“ wird nur noch selten ausgeführt.

Dessen korrekte Ausbildung ist nicht nur zeitaufwändig, sondern bedarf auch fachkundigen Mauerpersonals und handwerklichen Geschickes. Scheitrechte (waagerechte) Bögen eignen sich wegen geringer Tragfähigkeit nur für Spannweiten bis etwa 1,25 m. Als bewehrtes Mauerwerk oder in Verbindung mit tragenden Stahlprofilen können sie auch für größere Spannweiten in Frage kommen. Obwohl der Bogen eine waagerechte Untersicht hat, beruht seine Stabilität auf den Konstruktionsprinzipien des Bogenbaus. Der scheitrechte Bogen wird mit einer Stichhöhe von 1 % der Spannweite ausgeführt, damit er nach dem Schwinden des Mörtelanteils nicht durchhängend wirkt.

Im Verblendmauerwerk werden die passend gesägten Widerlagersteine so angesetzt, dass der Bogenrücken in einer Lagerfuge des angrenzenden Mauerwerks ausläuft. Die Schräge des Widerlagers wird nach dem Bogenmittelpunkt ausgerichtet

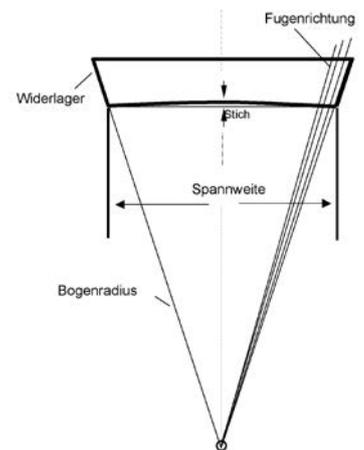
Charakteristische Merkmale eines scheitrechten Bogens

- Stichhöhe $\approx 1/100$ der Öffnungsspannweite. Die Stichhöhe ist zugleich das Maß für die Tragfähigkeit des Bogens. Je kleiner sie ist, umso geringer ist die Tragfähigkeit des Bogens.
- Die Widerlager werden abgeschrägt, damit der scheitrechte Bogen wie ein Keil auf die Widerlager drückt und von diesen getragen wird.
- Widerlagerschrägen und Fugen zeigen zum Bogenmittelpunkt.
- Die Fugen sollen an der Bogenleibung mindestens 0,5 cm, am Bogenrücken höchstens 2,0 cm dick sein.

SCHEITRECHTER BOGEN



▲ Steindicker, scheitrechter Bogen



▲ Konstruktion eines scheitrechten Bogens

2. KONSTRUKTION

2.5.2. VERBLENDSTURZ

Grenadierstürze

Im heutigen Verblendmauerwerk werden die Stürze als stehende Rollschichten mit gleichmäßig parallel verlaufenden Fugen ohne Stich und Widerlager bevorzugt. Die so genannten „Grenadierschichten“ lassen sich relativ schnell herstellen. Traditionellerweise werden die Mauersteine hochkant auf ein provisorisches Holzgestell gesetzt. Das Holzgestell wird erst dann wieder entfernt, nachdem der Mauermörtel erhärtet und die Wand darüber fertiggestellt ist. Entscheidend für die Dauerhaftigkeit dieser Stürze ist die Mörtelqualität in der Grenadierschicht. Grenadierschichten im Verblendmauerwerk werden nicht nach den Verbandsregeln für Mauerwerk unter Einhaltung eines Überbindemaßes gemäß DIN EN 1996 (EC 6) ausgeführt. Insofern dürfen sie keine tragenden Funktionen übernehmen. Grenadierstürze dürfen nur in Verbindung mit Hilfskonstruktionen ausgeführt werden.

Die einfachste Maßnahme zur Sicherung der Grenadierstürze ist die Verwendung eines Stahlwinkels, welcher zur Überdeckung von kleinen Öffnungen von bis zu ca. 200 cm verwendet werden kann. Bei Stahlwinkeln werden die Auflasten über die Biegetragwirkung in die seitlichen Auflager übertragen. Die Auflagertiefe beträgt jeweils mindestens 10 cm. Die häufig verwendeten verzinkten Stahlprofile sind nach DIN EN 1996 (EC 6) nicht zulässig. Für solche Konstruktionen müssen Edelstahlprofile eingesetzt werden.

STÜRZE AUS GRENADIERSCICHT



▲ Stürze aus gemauerten Grenadierschichten gelten als Schwachstelle des Verblendmauerwerks



▲ Das senkrecht angeordnete Widerlager kann keine tragende Funktion übernehmen

2. KONSTRUKTION

2.5.2. VERBLENDSTURZ

Grenadierstürze mit Fugenbewehrung

Eine Möglichkeit zum Ausbilden von Grenadierstürzen sind Grenadierstürze mit Fugenbewehrung. Die Lösung ermöglicht das Überdecken von Maueröffnungen, weil der Stahl die Zugspannungen im unteren Bereich des gemauerten Sturzes aufnimmt. Das auf Bild 1 ersichtliche Bewehrungssystem ist z. B. zur Überdeckung von Öffnungen bis zu einer lichten Weite von 3,01 m bauaufsichtlich zugelassen. Dabei bleibt die Sturzbewehrung von außen unsichtbar.

Der Sturz kann als Grenadierschicht oder als Läufersturz ausgebildet werden. Beim Grenadiersturz müssen die Ziegel untereinander mit Luftsichtankern vernadelt werden. Bei Vollsteinen müssen die erforderlichen Löcher in die Steine gebohrt werden. Die Entwässerung der Vormauerschale erfolgt oberhalb des Sturzes. Nach DIN EN 1996 (EC 6) sind die Innenschalen von zweischaligen Außenwänden auch im Bereich der Fenster- und Türstürze gegen Feuchtigkeit zu schützen.

Hierzu sind oberhalb des Sturzes Dichtungsbahnen erforderlich, die an der tragenden Innenwand befestigt, in der Hohlschicht mit Gefälle nach außen verlegt und schließlich in die Lagerfuge der Vormauerschale eingebettet werden. Für die Funktionstauglichkeit dieser Abdichtung sollten folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Offene Stoßfugen in der Verblendschale zur Ableitung des durch die Verblendschale eingedrungenen Regenwassers.
2. Gefälle der Dichtungsbahn in der Hohlschicht.
3. Entfernung der Mörtelschwelle in der offenen Stoßfuge der Verblendschale.

In Abhängigkeit von der Intensität und Dauer des Schlagregens sowie von der Wasseraufnahmefähigkeit der Verblender kann stets eine geringe Menge Regenwasser, die nicht von dem Verblender aufgenommen werden kann in die Hohlschicht eindringen. Das durch die Steine durchdefundierende Wasser tropft an der Rückseite der Verblendschale ab und wird durch die Entwässerungsöffnungen abgeleitet.

STURZBEWEHRUNGSSYSTEM



▲ Bild 1: Bauaufsichtlich zugelassenes Sturzbewehrungssystem zur Überdeckung von Öffnungen bis zu 3,01 m Breite
© Elmenhorst

2. KONSTRUKTION

2.5.2. VERBLENDSTURZ

Fertigteilstürze – Herstellung, Sturzaufbau

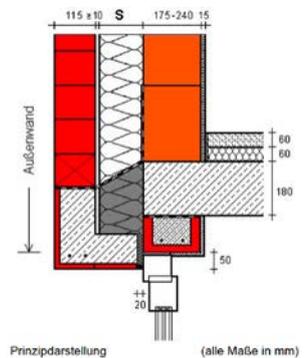
Fertigteilstürze eröffnen neue Dimensionen konstruktiver und gestalterischer Möglichkeiten für das Verblendmauerwerk. Fertigteilstürze, wie z. B. Ziegelfertigstürze, bestehend aus einem tragenden Stahlbetonkern und vorgesetzter Vormauerschale, ermöglichen Abfangungen über große Spannweiten. Sie sind werkseitig mit Montageösen für den Transport und eine schnelle Montage ausgerüstet. Zur Herstellung von Ziegelfertigteilstürzen werden Riemchen in einer Matrice exakt ausgerichtet, eine Bewehrung eingelegt und mit Beton ausgegossen.

Die profilierte Rückseite der Riemchen bewirkt eine Verzahnung mit dem Beton, so dass eine dauerhafte Verbundwirkung garantiert ist. Um Farbunterschiede im Bereich der Fugen zu vermeiden, erfolgt die Verfugung des Fertigteils in einem Arbeitsgang mit dem übrigen Mauerwerk. Die Bewehrung wird auf Stelzen gesetzt, um die erforderliche Mindestüberdeckung mit Beton einzuhalten.

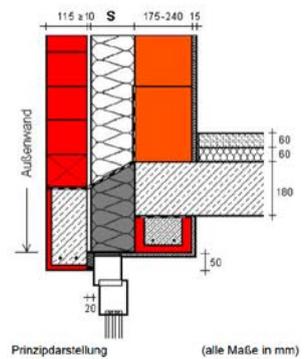
Fertigteilstürze haben den großen Vorteil, dass sie werkseitig mit einer integrierten Wärmedämmung an der Rückseite entsprechend den Anforderungen des Wärmeschutzes für besonderes effiziente Energiesparhäuser, wie z. B. Passivhäuser, ausgestattet werden können. Dadurch können die Wärmebrückenprobleme im Bereich des Fensteranschlusses optimal gelöst werden.

Wärmebrückenarme Anschlussdetails gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 lassen sich am besten mit Fertigteilen realisieren.

VERBLENDSTÜRZE



▲ Fenster bündig mit Hintermauerung



▲ Fenster mittig in Dämmung

VON DER HERSTELLUNG ZUM FERTIGTEIL



▲ In der Holzschalung sind bereits Aussparungen für die Fugen des Sturzes mit einer Auskratztiefe von 1,5 cm berücksichtigt



▲ Die profilierten Winkelriemchen werden unter Einhaltung der Sturzfügen in die Schalung per Hand eingelegt



▲ Ziegelfertigteilsturz für tiefe Laibungen mit integrierter Wärmedämmung

2. KONSTRUKTION

2.5.2. VERBLENDSTURZ

Befestigung der Fertigteilstürze

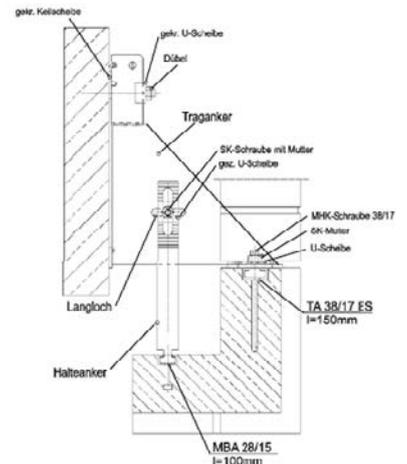
Grundsätzlich wird zwischen zwei Befestigungsvarianten unterschieden:

1. Fertigteilstürze, die in der Ebene der Vormauerschale beidseitig aufgelagert werden, eignen sich zur Überdeckung von Öffnungen bis zu einer Länge von maximal 4 m. Die maximale Tragfähigkeit beträgt 6,5 kN/Auflager.
2. Bei größeren Öffnungen oder höheren Belastungen werden abgehängte Sturzbalken eingesetzt. Sie werden mit Hilfe von Winkelkonsolen oder Hängezugankern aus nichtrostendem Stahl als endlose Überdeckung an die tragende Hintermauerkonstruktion abgehängt. Ziegelfertigteilstürze können eine Last bis zu zwei Vollgeschossen (8 m) aufnehmen. Insofern können sie auch als Zwischenabfangung im Verblendmauerwerk eingesetzt werden.

Um Risse durch Zwangsspannungen in der Vormauerschale zu vermeiden, müssen alle mit dem Hintermauerwerk befestigten Fertigteilstürze durch Anordnung von vertikalen Dehnungsfugen vom angrenzenden Mauerwerk getrennt werden, denn die Verformungseigenschaften der beiden Schalen einer zweischaligen Außenwand sind völlig unterschiedlich.

Während die tragende Innenschale in Abhängigkeit des verwendeten Mauersteins Kriech- und Schwindverformungen unterliegt, muss bei der Vormauerschale mit thermohygrischen Längenänderungen gerechnet werden.

BEFESTIGUNG DER FERTIGTEILSTÜRZE



▲ Detail abgehängter Sturz



▲ Abgehängter Sturz



▲ Zur Vermeidung von Rissen werden der Fertigteilsturz und das Brüstungsmauerwerk durch Anordnung vertikaler Dehnungsfugen vom angrenzenden Verblendmauerwerk getrennt

2. KONSTRUKTION

2.5.2. VERBLENDSTURZ

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

In Norddeutschland werden Öffnungen im Verblendmauerwerk traditionell mit Grenadierstürzen überdeckt. Gemauerte Grenadierstürze müssen allerdings über ihre dekorative Gestaltungsfunktion hinaus die Auflasten des darüber befindlichen Mauerwerks in die seitlichen Auflager weiterleiten. Die Grenadierstürze müssen also tragfähig sein und entsprechend den zu erwartenden Auflasten bemessen und dimensioniert werden. Die heute insbesondere bei kleineren Objekten, wie Ein- oder Zweifamilienhäusern, fast ausschließlich verwendeten Grenadierstürze gelten zugleich als eine Schwachstelle des Verblendmauerwerks. Die Mörtelfugen lassen sich unter Baustellenbedingungen nicht ausreichend verdichten. Sie weisen stets eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit auf.

Da die Abdichtungsebene des Sturzes stets oberhalb der Grenadierschicht liegt, kann das über die Fugen der Grenadierschichten in die Hohlschicht eingedrungene Regenwasser Feuchtigkeitsschäden an den Fensterscheiben oder Innenbauteilen verursachen. Darüber hinaus sind Grenadierschichten ohne Hilfskonstruktionen statisch nicht gesichert und dürfen daher nur in Verbindung mit Fugenbewehrung ausgeführt werden.

Als optimale Lösung zur Ausbildung der Stürze im Verblendmauerwerk gelten die Fertigteilstürze, welche einerseits den Anforderungen der neuen EnEV zur Reduzierung der Wärmebrücken im Bereich der Maueranschlüsse Rechnung tragen, andererseits aufgrund ihres Stahlbetonkerns die Schlagregensicherheit des Mauerwerks im Sturz erhöhen.

2. KONSTRUKTION

2.5.3. FENSTERSOHLBANK

Fensterbankrollschichten – mit Fertigteilen kein Problem

Die Anforderungen an die Ausführung von Fensterbänken als Backsteinrollschicht sind hoch. Die Steine müssen mit einer erhöhten Mörtelaufgabe, einem Gefälle von 15° und einem Überstand von mindestens 40 mm gemauert werden. Die Fugen müssen hohlraumfrei und verdichtet sein, um Ausblühungen zu vermeiden.

◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

Um Durchfeuchtungsproblemen und auch Verarbeitungsfehlern wie Mörtelbrücken oder Einfall von Mörtel in die Luftschicht vorzubeugen, empfiehlt sich der Einsatz von vorgefertigten Fenstersohlbanken. Die Elemente werden individuell objektbezogen angefertigt.

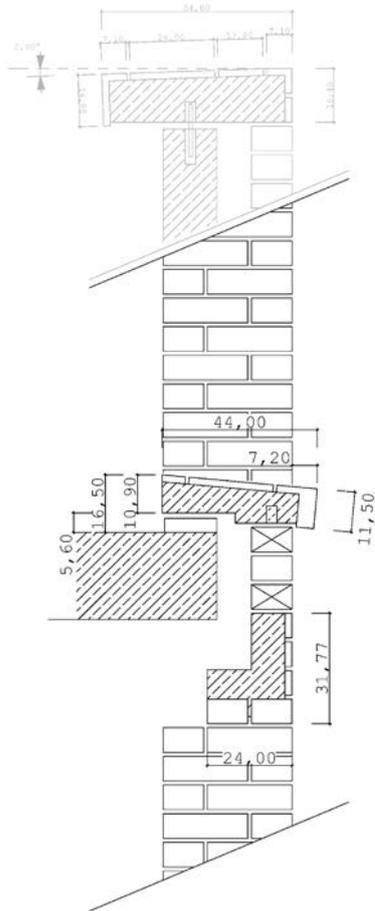
Fassadenbilder

Das Gefälle und der Überstand sind gewährleistet, Probleme mit Mörtel treten nicht auf. Die Fensterbänke reichen bis zur Hintermauerschale; Fensterrahmen und Laibungen werden dauerelastisch versiegelt. Die Form der Sohlbänke ist variabel.

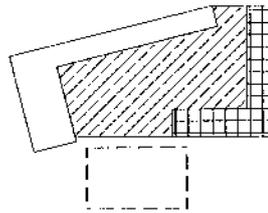
2. KONSTRUKTION

2.5.3. FENSTERSOHLBANK

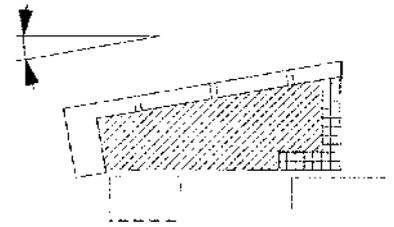
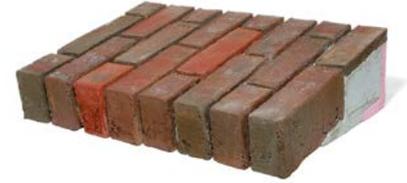
FERTIGTEIL-FENSTERBÄNKE



▲ Mauerwerksabdeckung, Ausführung ohne optische Begrenzung



▲ Fensterbank-Rollschicht Dämmung 3,0 cm



▲ Fensterbank-Rollschicht mit großer Laibungstiefe Dämmung 3,0 cm



▲ Beispiel Rosenbüchel, Baumschlagler Eberle

2. KONSTRUKTION

2.5.4. SONDERBAUTEILE

Mehr als Mauerwerkbau

Ziegel-Fertigteile werden immer dann eingesetzt, wenn Lösungen im herkömmlichen Mauerwerkbau zu kompliziert oder gar nicht herzustellen sind. Individuell entworfene Bauteile werden in Form und Fugenbild werkseitig auf Maß hergestellt und vor Ort exakt in das Mauerwerk eingesetzt.

◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

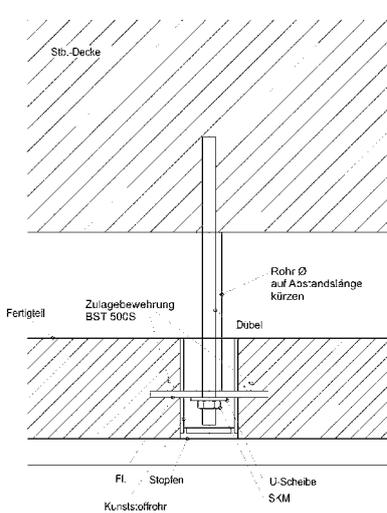
Decken-Untersichtsplatten

Für einen möglichst monolithischen Gesamteindruck bzw. ein einheitliches Erscheinungsbild werden heute immer häufiger Deckenunterseiten von großen Vorsprüngen oder Auskragungen passend zur Fassade in Backstein ausgeführt. Die Bauteile werden als Decken-Untersichtsplatten in Absprache mit dem Planer als Ziegelfertigteil individuell vorgefertigt. Die Befestigungsart ist abhängig von der Bauweise und dem Bauvorhaben zu wählen.

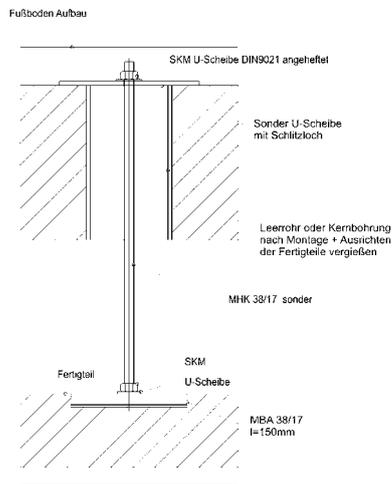
2. KONSTRUKTION

2.5.4. SONDERBAUTEILE

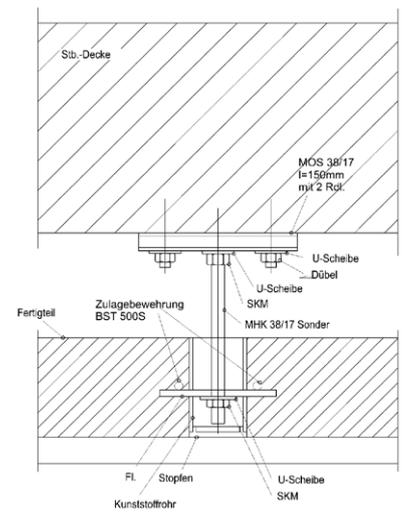
DECKENUNTERSICHTPLATTEN BEFESTIGUNGSTECHNIKEN UND AUSFÜHRUNGSBEISPIELE



▲ Gedübelt



▲ Durch die Decke



▲ Schienen



▲ Deckenuntersichtsplatten Beispiele



2. KONSTRUKTION

2.5.5. FASSADEN

Wirtschaftliche Lösungen durch Elementbau

Der Elementbau mit Fertigteilen aus Backstein erschließt neue konstruktive Möglichkeiten für den Fassadenbau: eine repräsentative wie wirtschaftliche Massivbauweise für Wohn-, Verwaltungs- und Gewerbebauten. Wirtschaftlichkeit beruht auf zeitnaher Fertigung und Anlieferung. Die Transportbewehrungen dienen gleichzeitig zur Montage. Die Befestigung der Elemente erfolgt über Ankersysteme.

Beispiel für Kombination aus Elementbau und konventioneller zweischaliger Außenwand Wohnhochhaus „Jatopa“ in Amsterdam

Die Süd- und Nordfassade der 20-geschossigen Wohnanlage besteht größtenteils aus Ziegel-Fertigteilen während die anderen Fassaden konventionell vor Ort als zweischalige Außenwand erstellt wurden.

Innerhalb der Nordfassade verfügt jedes der Geschosse um eine 2 m Breite vorgelagerte Galerie. Die Galerie- bzw. Balkonplatten sind auf der Hauptkonstruktion und der vorgelagerten Wandscheibe aus Ziegel-Fertigteilen aufgelagert. Alle Elemente sind geschossweise übereinander gesetzt und untereinander mit Anschlussbewehrungen verbunden, die vor Ort je nach Ausrichtung mit einem speziellen Quellschlamm vergossen wurden.

Die Brüstungsbereiche sind als stehender Mauerwerksverband, die Mauerwerkspfeiler als Halbschiffverband ausgeführt. Die vorgefertigten Brüstungen hatten ein Eigengewicht von bis zu 5 Tonnen und wurden durch herausstehende Betonnasen auf die tragenden Pfeiler aufgelegt. Die Galerieplatten sind auf großdimensionierten Edelstahlwinkeln aufgelagert. Die Möglichkeit, dass sich die vorgelagerte Wandscheibe infolge von Temperatureinfluss im Gegensatz zur dahinter liegenden Hauptkonstruktion verformen könnte, musste bei der Planung der Gesamtkonstruktion berücksichtigt werden.

Auf den aufgelegten Brüstungen wurden örtlich nichttragende Mauerwerkspfeiler erstellt, deren Halt über eine innere Stahlkonstruktion erfolgt.

◀ AKTUELLE INFORMATIONEN!

WOHNANLAGE „JATOPA“



▲ Köther, Salman, Koedijk architecten

2. KONSTRUKTION

2.5.5. FASSADEN

Die Brüstungen der Südfassade wurden analog zur Nordfassade aus Ziegelfertigteilen erstellt. Die 7 m langen Balken wurden beidseitig mit einer Stahlkonstruktion auf die Stahlbetonstützen der Hauptkonstruktion aufgelegt. Da gerade die Südseite starken Temperaturschwankungen infolge von Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, wurden die Elemente einseitig starr verankert und auf der anderen Seite gleitend aufgelagert.

Speziell in die Stirnseite der Brüstungen einbetonierte Auflagerkonsolen sorgen dafür, dass die Elemente an ihrem Platz bleiben. In eine mittige runde Aussparung wird ein Dorn aus der Vorortkonstruktion eingepasst, dessen Kunststoffummantelung lässt die zu erwartende Längenausdehnung zu, ohne dass Zwängungen auftreten.

Die vor Ort als zweischalige Außenwandkonstruktion erstellten Mauerwerkspfeiler wurden mittels Luftschichtanker im Bereich der Auflager mit den Stahlbetonstützen verbunden. Für den mittleren frei stehenden Pfeiler wurde eine Stahlkonstruktion errichtet, die über werksseitig vorgesehene Gewindehülsen an den Fertigteilen fixiert wurde. Durch angeschweißte Luftschichtanker wurde dann der örtlich erstellte Mauerwerkspfeiler befestigt, so dass die zu erwartenden Windlasten kraftschlüssig abgeleitet werden können. Damit optisch der Eindruck einer bis zum Dach durchlaufenden Stütze entsteht, wurde der Verband der Stütze in der vorgefertigten Brüstung aufgenommen.

Der Dachrand wurde ebenfalls aus Ziegel-Fertigteilen ausgeführt und mit einbetonierten Einspannankern auf der oberen Deckenplatte befestigt.

WOHNANLAGE „JATOPA“



▲ Köther, Salman, Koedijk architecten

Weiterführende Literatur:
DIN EN 1996 (EC 6)

DIN EN 845-2: Festlegung für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk.
Teil 2: Stürze. August 2003. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Bewehrungssysteme Elmenhorst Bauspezialartikel, Osterbrooksweg 85,
22869 Schenefeld.

DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Beiblatt 2: Wärmebrücken.
Planungs- und Ausführungsbeispiele. Ausgabe Oktober 2003.

Pohl, W. H., Horschler, S.: Baukonstruktionen, Regeldetails. Im Ordner „Von der Idee zur Ausführung“ Herausgeber Fachverband Ziegelindustrie Nord e. V., 2002.

Schubert, P.: Schadenfreies Bauen mit Mauerwerk, Thema 2: Zweischalige Außenwände. Risse durch zu große Verformungsunterschiede in horizontaler Richtung. In: Mauerwerk 5 (2009, H. 4, S. 141–144)

Baulicher Wärmeschutz	3.1.1
Grundlagen	3.2.1–2
Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz	3.3.1
Energieeinsparverordnung 2009 – Grundlagen	3.4.1–3
Energieeinsparverordnung 2009 – Anforderungen an zu errichtende Wohngebäude	3.5.1–4
Auswirkungen der EnEV 2009 für Außenwände aus zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung	3.6
Zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung – Wärmebrückendetails	3.7.1–12
Messen der Gebäudedichtheit	3.8.1–3
Sommerlicher Wärmeschutz	3.9.1–3
Anforderungen an die Anlagentechnik	3.10
Anforderungen aus dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2009	3.11.1–2
Checkliste zum Energieeffizienzhaus	3.12
Energieeinsparverordnung 2009 – Anforderungen an Bestandswohngebäude	3.13.1–4
Nachträglich dämmen	3.14.1–4
Passivhäuser mit zweischaligem Mauerwerk	3.15.1–3
Anschlussdetails	3.16.1–13
Praxisbeispiele für Passivhausprojekte mit zweischaligem Mauerwerk	3.17.1–6

Energiesparendes Bauen und CO₂-Verminderung

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen Schadstoffe. Sie sind uns bekannt unter dem Begriff *saurer Regen*. Sie verursachen das Waldsterben und bewirken Zerstörungserscheinungen an den Oberflächen von Bauteilen. Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht auch das klimarelevante Kohlendioxid (CO₂). Dieses Gas bewirkt durch den so genannten Treibhauseffekt weltweit eine Klimaveränderung mit unabsehbaren

Folgen. Diese Problemstellungen werden uns durch die Medien immer wieder in Erinnerung gerufen. Den Ausstoß des Kohlendioxids in die Atmosphäre zu reduzieren, stellt schon längst nicht mehr allein eine nationale Aufgabe dar, sondern erfordert durch eine weltweit wirksame Klimaveränderung ein weltweit gemeinschaftliches Handeln. Die drastische Reduzierung des Energieverbrauchs stellt in diesem Zusammenhang sicherlich

die Hauptaufgabe dar. Hier sind alle Bereiche der Energieanwendung betroffen. Ein sehr großes Einspar- und CO₂-Verminderungspotenzial ließe sich im Gebäudebereich sowohl im Neubau, als auch im Bereich des Gebäudebestands realisieren. Sparsamer und damit ein verantwortungsvoller Umgang mit der Ressource Energie stellt die Hauptaufgabe der nächsten Jahre sicherlich auch angesichts steigender Energiekosten dar.

Zweischalige Außenwand mit Kerndämmung

Dieser Konstruktionstyp weist ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis auf, da er, bei fachgerechter Ausführung, nicht nur eine bewährte und auch genormte Konstruktion darstellt,

sondern im Vergleich zu anderen Konstruktionen auf viele Jahrzehnte nahezu keinen Wartungsaufwand erfordert. Auch in Zukunft können die Bauschaffenden auf diesen

Konstruktionstyp mit *Vertrauen bauen*. Bei diesem Vorhaben wünschen die Autoren allen am Bau Beteiligten viel Erfolg.

3.2.1 Grundlagen

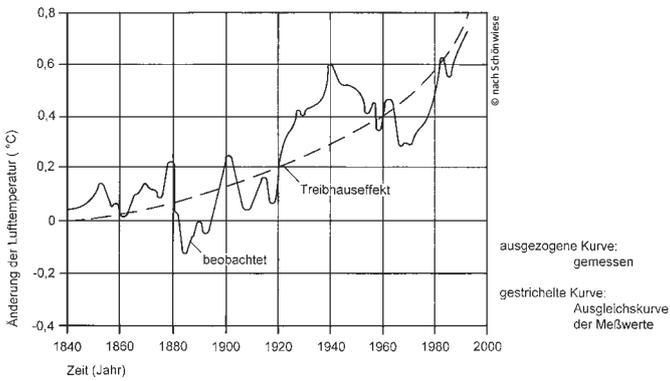


Abbildung 1: Verlauf der Änderung der Außenlufttemperatur weltweit.

In unseren Breiten ist das Klima so beschaffen, dass Innenräume zur Aufrechterhaltung eines behaglichen Raumklimas im Jahr eine lange Zeit beheizt werden müssen. Hierfür benötigen wir Energie. Bei der Verbrennung fossiler Energieträger zur Bereitstellung von Heizwärme entsteht neben den bekannten Schadstoffen wie Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Rauch und Ruß auch Kohlendioxid, CO_2 . Diese Schadstoffe sind unter dem Begriff *saurer Regen* allgemein bekannt. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise das Waldsterben und die Zerstörungerscheinungen an den Oberflächen von Bauteilen zu nennen. Die Auswirkungen des gegenüber früher vermehrten Kohlendioxidausstoßes geben ebenfalls Anlass zu großer Besorgnis. Obwohl aus physiologischer Sicht CO_2 nicht als Schadstoff einzustufen ist – es schadet dem menschlichen Organismus nicht direkt – stellt die Zunahme des CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre global gesehen jedoch eine sehr ernste Gefahr dar. Unbestritten ist, dass eine deutliche Zunahme des CO_2 -Gehaltes aufgrund der Treibhauseigenschaften dieses Gases (Änderung des Strahlungshaushaltes der Atmosphäre) weltweit eine deutliche Klimaveränderung bewirkt, da das CO_2 -Gas mit rund 50 % am anthropogen bedingten Treibhauseffekt beteiligt ist, Abbildung 1.

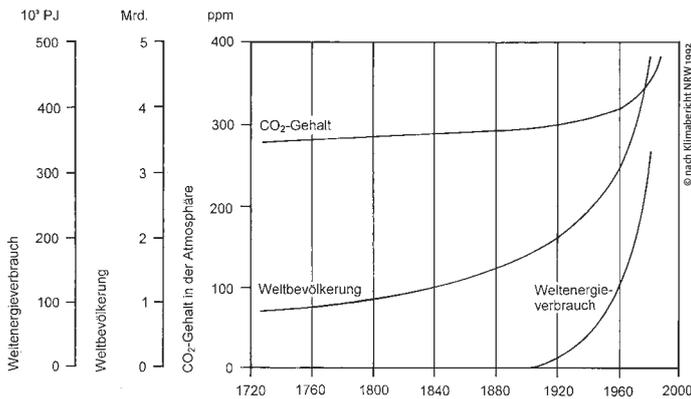


Abbildung 2: Entwicklung von Weltbevölkerung, Energieverbrauch und CO_2 -Emissionen.

In den vergangenen 100 Jahren ist weltweit die CO₂-Emissionsrate aus Verbrennungsprozessen dramatisch angestiegen, bedingt durch eine verstärkte Verwendung fossiler Energieträger, Abbildung 2. Hierfür sind vor allem die Industrieländer verantwortlich. Die Industrieländer mit einem weltweiten Bevölkerungsanteil von rund 25 % verursachen heute etwa 80 % der CO₂-Emissionen. Auf die so genannten Entwicklungsländer mit einem weltweiten Bevölkerungsanteil von 75 % entfällt demgegenüber nur ein CO₂-Emissionsanteil von rund 20 %.

Die Weltbevölkerung steigt dramatisch an; verbunden mit der zunehmenden Industrialisierung der Entwicklungsländer und dem Wunsch, den Lebens-

standard zu erreichen, der dem der Industrieländer gleicht, kann davon ausgegangen werden, dass sich der Primärenergieverbrauch weltweit in den nächsten 30 bis 40 Jahren gegenüber heute fast verdoppeln wird.

Der Primärenergieverbrauch in den OECD-Staaten Europas wird sich in dem eben genannten Zeitraum um etwa 40 % erhöhen. Dieser prognostizierten Entwicklung muss unbedingt entgegengewirkt werden. Es gilt den Energieverbrauch und damit auch die CO₂-Emissionen drastisch zu senken. Unmittelbar wirksam ist die Ausschöpfung und Realisierung technischer CO₂-Vermeidungspotenziale durch eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs.

Gut ein Drittel des gesamten Endenergiebedarfs entfällt in Deutschland auf die Bereitstellung von Heizwärme für Gebäude, Abbildung 3. Im Hinblick auf die steigenden Energiepreise sind energiesparendes Bauen und energiesparendes Nutzen der Räume daher erforderlich. Fossile Energieträger lassen sich im Zeitraum des menschlichen Daseins nicht erneuern; sie sind zu wertvoll, um verbrannt zu werden. Wärmeschutzmaßnahmen sind in diesem Zusammenhang ganz eindeutig ein unverzichtbarer Beitrag zum Umweltschutz; sie sind ein Hauptbestandteil des ökologischen Bauens.

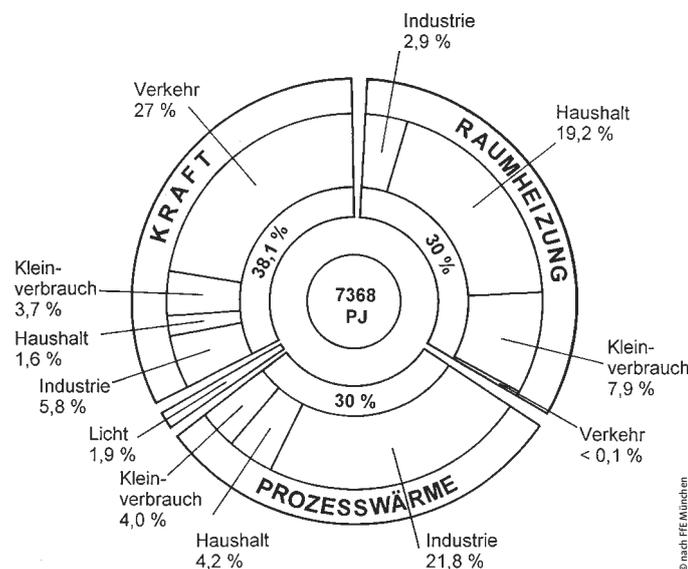


Abbildung 3: Aufteilung des Endenergiebedarfs in Deutschland.

3.3.1 Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz

Maßnahmen zur Energieeinsparung sind nicht freigestellt; sie sind gesetzlich geregelt. Die Anforderungen wurden in den letzten Jahrzehnten immer wieder angehoben. Lange Zeit galten nur die Anforderungen der DIN 4108 *Wärmeschutz im Hochbau*. Hier waren für drei Wärmedämmgebiete Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand der Außenbauteile gestellt.

Nach dem Ende der Erdölkrise wurden auf Grundlage des Energieeinsparungsgesetzes vom 22. Juli 1976 erstmals in einer Wärmeschutzverordnung Anforderungen beschrieben. In Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis des Gebäudes war ein so genannter mittlerer k-Wert des Gebäudes nachzuweisen.

Die Anforderungen zur Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes wurden bereits 1982 angehoben. Die Anhebung der Anforderungen bedeutete, bezogen auf den bis dahin geltenden Wärmedämmstandard, eine Verschärfung um etwa 20 %.

Die **Wärmeschutzverordnung** von 1982/84 wurde 1995 erneut novelliert, d. h. die Anforderungen wurden weiter verschärft. Mit der Einführung der Wärmeschutzverordnung 1995 wurden nicht mehr allein k-Wert-Begrenzungen definiert,

sondern es wurden auf die beheizte Nutzfläche bzw. auf das beheizte Gebäudevolumen bezogene Anforderungen an den Jahres-Heizwärmebedarf für den Zeitraum einer Heizperiode gestellt.

Der Jahres-Heizwärmebedarf eines Gebäudes stellt die Wärmemenge dar, welche ein Heizsystem unter Annahme normierter Randbedingungen jährlich für die Gesamtheit der beheizten Räume des Gebäudes bereitstellen muss.

In einer Bilanz wurden die zu erwartenden Wärmeverluste über Transmission und Lüftung mit den internen und solaren Wärmegewinnen verrechnet. So war es möglich, in Bauteilbereichen, in denen z. B. aus konstruktiven Erwägungen nur eine geringe Wärmedämmstoffdicke realisiert werden konnte und somit für dieses Bauteil ein *Fehlbedarf* hervorgerufen wurde, durch z. B. den Einsatz einer Lüftungsanlage, diesen Fehlbedarf durch den Wirkungsgrad der Anlage auszugleichen. Dadurch ergab sich für den Planer ein größerer Gestaltungsspielraum in konstruktiver, gestalterischer und wirtschaftlicher Hinsicht.

Häufig wurde bei dieser Art der *Verrechnung* jedoch übersehen, dass nach wie vor die Regelungen der DIN 4108

galten, welche Mindestwerte für die Bauteile definierte, die zwingend einzuhalten waren.

Die Anforderungen an die Heizungsanlage wurden durch eine getrennte Verordnung, durch die so genannte Heizungsanlagen-Verordnung, geregelt. Mit der Einführung der Wärmeschutzverordnung 1995 erfolgte eine weitere Minderung des **Heizwärmebedarfs** von Gebäuden von etwa 30 %, bezogen auf den Standard von 1982/84. Der Festschreibung dieses Standards hatte der Bundesrat nur unter der Voraussetzung zugestimmt, dass in den Jahren 1997/99 die Anforderungen erneut angehoben werden sollten.

Die Wärmeschutzverordnung 1995 und die Heizungsanlagenverordnung sind durch die **Energieeinsparverordnung** abgelöst worden. Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) durch die Bundesregierung ist beabsichtigt, den **Heizenergiebedarf** von Gebäuden um rund 25 % zu verringern, bezogen auf das Anforderungsprofil der Wärmeschutzverordnung von 1995.

Die Energieeinsparverordnung wurde 2002, 2004, 2007 und zuletzt zum 1.10.2009 novelliert. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf diesen Stand.

Zielsetzung der Novelle 2009

Die EnEV 2009 als umsetzende Verordnung basiert auf den Rahmenbedingungen zur Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen des im Frühjahr 2009 ebenfalls novellierten Energieeinsparungsgesetz (EnEG). Sie gehört damit zum Recht der Wirtschaft, vor allem der Bau- und Wohnungswirtschaft. Die Gesetzgebungskompetenz des Bundes beruht auf Artikel 74 Abs. 1 Nr. 11 GG. Zur Wahrung der Rechts- und Wirtschaftseinheit ist im gesamtstaatlichen Interesse eine bundesrechtliche Regelung im Sinne des Artikels 72 Abs. 2 GG erforderlich. Insbesondere die vorgesehenen Verschärfungen der materiell-rechtlichen Anforderungen in der Energieeinsparverordnung haben unmittelbaren Einfluss auf die Herstellung der zur Errichtung, Änderung und Nutzung von Gebäuden benötigten Bauprodukte.

Nach den Beschlüssen der Bundesregierung zum Energie- und Klimaprogramm in der Energieeinsparverordnung soll niemand auf Grund der verschärften Anforderungen wirtschaftlich überfordert werden. Nicht zumutbare finanzielle Härten für die betroffenen Hauseigentümer sollen ausdrücklich Berücksichtigung finden. Praktische Bedeutung gewinnt der Grundsatz der wirtschaftlichen Zumutbarkeit bei Anforderungen im Gebäudebestand, insbesondere in Fällen der Kumulation verschiedener Pflichten, z. B. zur Nachrüstung von Gebäuden und Anlagen und zur Außerbetriebnahme elektrischer Speicherheizsysteme.

Die energetische Ertüchtigung des Wohngebäudebestands wird von der Bundesregierung stärker als bisher eingefordert und mit bislang nicht bekannten Bußgeldtatbeständen im Falle der Nichterfüllung sanktio-

niert. Ebenso soll der Vollzug der Verordnung durch die wachsenden Augen des Schornsteinfegers eine stärkere Umsetzung erfahren als bisher. Parallel zur Novellierung der EnEV ist bereits Anfang 2009 ein weiteres wichtiges Gesetz, das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in Kraft getreten, das im Neubau den verpflichtenden Einsatz regenerativer Energieträger verlangt. Da dieses Gesetz hinsichtlich der technischen Belange mit dem EnEV-Verfahren korrespondiert, ist eine gegenseitige Abstimmung dieser zwei Regelungen unabdingbar, wenngleich bislang nicht befriedigend erfolgt. Die Nachweisverfahren der Verordnung sollen möglichst für alle Gebäudetypen und -nutzungen vereinheitlicht werden. Dies führt zu einer Anpassung der Rechenprozedur, die mit der nächsten EnEV-Novelle 2012 abgeschlossen werden soll.

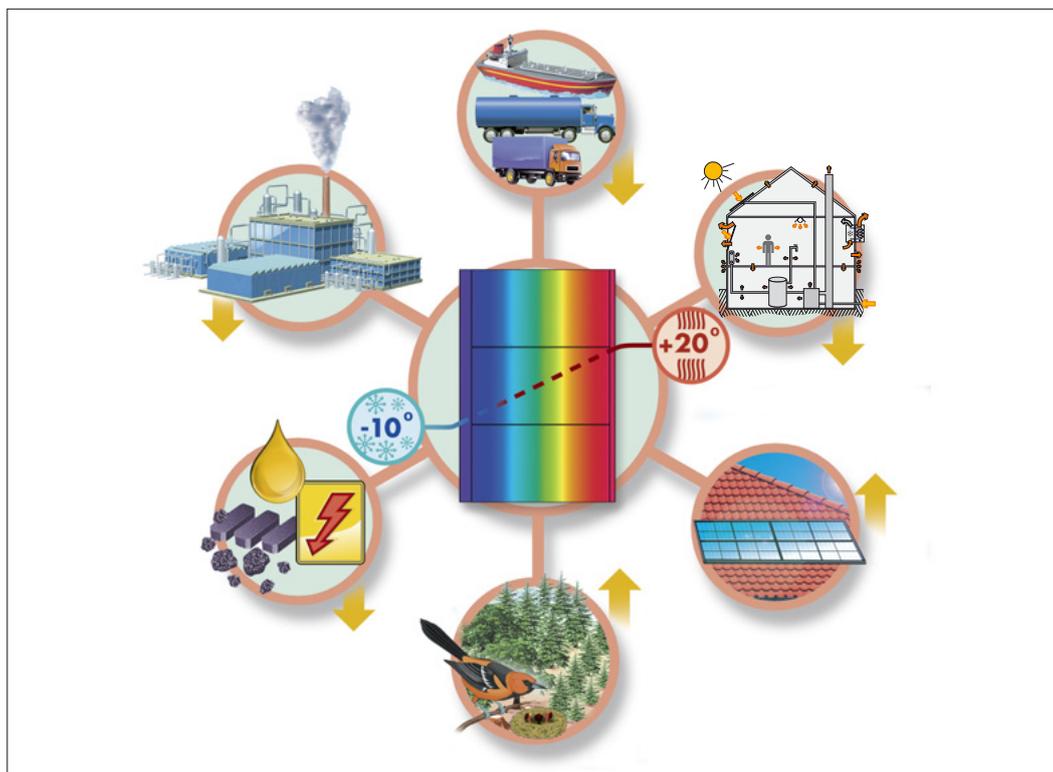


Abbildung 1: Von der Raumwärme zum CO₂-Verbrauch

3.4.2 Grundlagen

Der Verordnungsgeber ist bei der Festlegung von Anforderungen in der Verordnung, soweit es sich um zu errichtende Gebäude handelt, an die gesetzlichen Auflagen des §5 Abs.1 des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) gebunden. Danach müssen die zusätzlichen, durch die energiesparenden Maßnahmen bedingten Aufwendungen sich generell durch die eintretenden Einsparungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer des Gebäudes und seiner Teile erwirtschaften lassen. Werden Anforderungen im Zusammenhang mit der freiwilligen Änderung bestehender Gebäude gestellt, ist die noch zu erwartende Nutzungsdauer des Gebäudes zu berücksichtigen.

Die Bundesregierung hat zu den geplanten materiellen Verschärfungen, Nachrüst- und Außerbetriebnahmeverpflichtungen gutachterliche Einschätzungen zu den daraus resultierenden Mehrkosten, den Energieeinsparpotentialen und den Amortisationszeiten eingeholt. Die Gutachten sollen belegen, dass die Anforderungen dieser Änderungsverordnung den gesetzlichen Vorgaben an die wirtschaftliche Vertretbarkeit genügen. Bei der Festlegung des erhöhten Anforderungsniveaus muss auf bauwirtschaftliche und bautechnische Gesichtspunkte sowie auf die Zumutbarkeit und Vermittelbarkeit gegenüber den Betroffenen Rücksicht genommen werden. Außerdem gilt es, die absehbaren Bauko-

stensteigerungen durch maßvolle Verschärfungen in Grenzen zu halten. In diesem Zusammenhang ist das derzeitige Angebot an Bauprodukten und Bauweisen zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung entschieden, die Verschärfung des Anforderungsniveaus in zwei Schritten zu vollziehen. Neben der nun geltenden Änderungsverordnung 2009 soll im Jahre 2012 ein weiterer Novellierungsschritt vorbereitet werden, der eine neuerliche Verschärfung der energetischen Anforderungen bis zur gleichen Größenordnung erreichen kann, allerdings in Abhängigkeit von den wirtschaftlichen und sonstigen technischen Rahmenbedingungen.

Hinweise zu den Anforderungsgrößen

Durch die Inbezugnahme des primärenergetischen Ansatzes unter Berücksichtigung der Anlagentechnik wird der Eindruck verstärkt, dass eine verbrauchsorientierte Nachweisführung vorliegt und die Ergebnisse recht nah an den tatsächlich zu erwartenden Verbrauchsdaten liegen.

Vor diesen zumindest für den Regelfall unberechtigten Erwartungen soll an dieser Stelle ausdrücklich gewarnt werden. Sämtliche Berechnungen zum Energiebedarf werden mit so genannten normierten Randbe-

dingungen durchgeführt und ergeben einen rechnerischen Endenergie- und Primärenergiebedarf. Dies gilt sowohl für zu errichtende Wohngebäude als auch für Bestandswohngebäude, für die zur Erstellung eines Energieausweises deren Energiebedarf rechnerisch ermittelt wird.

Erst im Gebäudebetrieb unter Berücksichtigung des tatsächlichen Innen- und des Außenklimas, des Nutzerverhaltens und der Betriebsweise der Anlagentechnik stellt sich der dann messbare tatsächliche Energie-

verbrauch ein. Zwischen diesen beiden Kennwerten kann eine erhebliche Differenz liegen. So besteht im Rahmen der Erstellung von Energieausweisen für Bestandsgebäude durchaus die Möglichkeit, diese auf Basis eines Energieverbrauchs anzufertigen. Aber auch bei Anwendung dieser Prozedur ist zumindest eine rechnerische Korrektur der Klimadaten des betrachteten Verbrauchszeitraums vorzunehmen.

Verordnungstext

Der Verordnungstext der Änderung der Energieeinsparverordnung ist im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 23 am 30. April 2009 veröffentlicht.

Flankierende Normen und Regeln

Die zur EnEV-Nachweisführung notwendigen Normen sind die DIN 4108 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung im Hochbau“ mit insgesamt 9 Normteilen dieser Reihe. Daneben sind europäisch harmonisierte Rechenwerke in Bezug genommen, die vor allem Rechenregeln und Bewertungsverfahren bauphysikalischer Effekte beinhalten. Die Bewertung der Anlagentechnik erfolgt mittels DIN V 4701-10 „Energetische Bewer-

tung heiz- und raumluftechnischer Anlagen“. Da einige Normpapiere nebeneinander entstanden sind und der Prozess der Harmonisierung noch lange Zeit nicht abgeschlossen ist, lassen sich teilweise widersprüchliche Regelungen nicht vermeiden.

Für Bestandswohngebäude stehen weiterhin die Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäude-

bestand des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Verfügung. Diese werden ergänzt um Regeln zu Verbrauchskennwerten von Wohngebäuden. Diese so genannten allgemein anerkannten Regeln der Technik unterliegen einer ständigen Überarbeitung und müssen daher vom Anwender auf Aktualität laufend überprüft werden.

Die Hauptanforderung an Wohngebäude sowie gemäß Definition auch an Wohn-, Alten- und Pflegeheime sowie ähnliche Einrichtungen (EnEV §2, Satz 1) richtet sich wie mit der EnEV 2002 eingeführt an den einzuhaltenden Primärenergiebedarf der Wärmebereitstellung für Warmwasser, Heizung und auch der Kühlung. Gegenüber den bisher gültigen Anforderungen der EnEV 2007 findet sich eine Verschärfung zwischen etwa 27 und bis über 40% bezogen auf den Primärenergiebedarf (EnEV §3, Absatz 1). Diese breite Spanne kommt dadurch zustande, dass einerseits das Prozedere der Anforderungsformulierung gewechselt wird. Gebäude mit elektrischer (dezentraler) Trinkwassererwärmung werden eine im Referenzgebäudeverfahren pauschal angesetzte solare Brauchwassererwärmung nicht aufweisen

und können daher zusätzlich mit einem Malus von 10,9 kWh/(m² · a) belegt werden (EnEV Anlage 1, Absatz 1.1). Dieser Malus greift nur dann nicht, wenn für den aus dem EEWärmeG geforderten Einsatz erneuerbarer Energien eine Ersatzmaßnahme gemäß EEWärmeG, Anlage VI, also ein verminderter Primärenergiebedarf nachgewiesen wird.

Der auf die Gebäudenutzfläche A_N bezogene zulässige Primärenergiebedarf ist nicht mehr abhängig vom Hüllflächen-Volumen-Verhältnis A/V eines Gebäudes, sondern allein von dem Energiebedarf des mit normierten Randbedingungen berechneten Referenzgebäudes (EnEV Anlage 1, Tabelle 1). Eine Übersicht der vom Verordnungsgeber festgelegten Randbedingungen zeigt Tabelle 1.

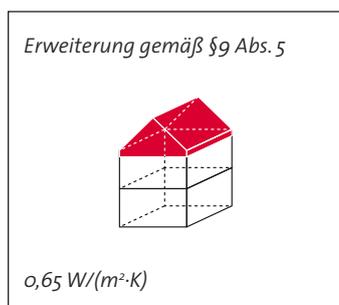
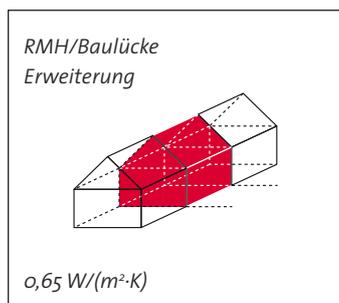
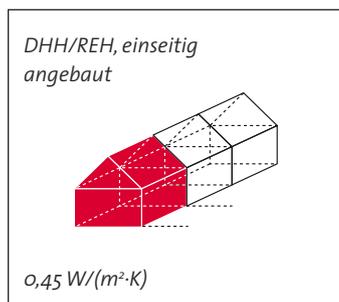
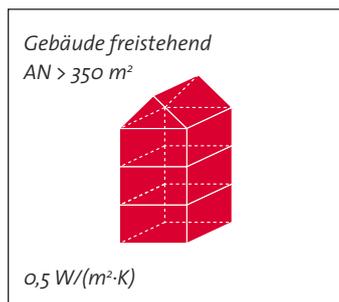
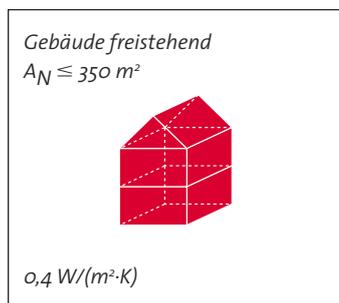
Damit wird ein Verfahren gewählt, das exakt dem des Nichtwohngebäudesektors entspricht und welches für derartige Gebäudenutzungen bereits mit der EnEV 2007 eingeführt wurde. Der Vorteil der Vorgehensweise besteht darin, dass der nicht existente Zusammenhang zwischen dem Kompaktheitsgrad (A/V-Verhältnis) des Gebäudes zu den Anlagenverlusten, den Lüftungswärmeverlusten und auch den internen und solaren Einträgen über die Fassaden den zulässigen Primärenergiebedarf nicht mehr unberechtigt dominiert. Selbstverständlich gehen auch Nachteile einher: Die bislang genannten Abhängigkeiten aus Fensterflächenanteilen der Fassaden sowie Einfluss des architektonischen Entwurfs (A/V-Verhältnis) fließen zukünftig nicht mehr vordergründig in die Anforderungen ein.

3.5.2 Anforderungen an zu errichtende Wohngebäude

Ausführung des Referenzgebäudes gemäß EnEV Anlage 1, Tabelle 1.

Zeile	Bauteil/System	Referenzausführung / Wert (Maßeinheit)	
		Eigenschaft (zu Zeilen 1.1 bis 3)	
1.1	Außenwand, Geschossdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.2	Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer solche nach Zeile 1.1)	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.3	Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.4	Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_W = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_L = 0,60$
1.5	Dachflächenfenster	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_W = 1,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_L = 0,60$
1.6	Lichtkuppeln	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_W = 2,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_L = 0,64$
1.7	Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
2	Bauteile nach den Zeilen 1.1 bis 1.7	Wärmebrückenzuschlag	$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3	Luftdichtheit der Gebäudehülle	Bemessenswert n_{50}	Bei Berechnung nach <ul style="list-style-type: none"> • DIN V 4108-6 : 2003-06: mit Dichtheitsprüfung • DIN V 18599-2 : 2007-02: nach Kategorie I
4	Sonnenschutzvorrichtung	keine Sonnenschutzvorrichtung	
5	Heizungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeerzeugung durch Brennwertkessel (verbessert), Heizöl EL, Aufstellung: <ul style="list-style-type: none"> - für Gebäude bis zu 2 Wohneinheiten innerhalb der thermischen Hülle - für Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten außerhalb der thermischen Hülle • Auslegungstemperatur 55/45 °C, zentrales Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge und Anbindeleitungen, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, Δp konstant), Rohrnetz hydraulisch abgeglichen, Wärmedämmung der Rohrleitungen nach Anlage 5 • Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich 1 K 	
6	Anlage zur Warmwasserbereitung	<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Warmwasserbereitung • gemeinsame Wärmebereitung mit Heizungsanlage nach Zeile 5 • Solaranlage (Kombisystem mit Flachkollektor) entsprechend den Vorgaben nach DIN V 4701-10 : 2003-08 oder DIN V 18599-5 : 2007-02 • Speicher, indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Wärmeerzeuger, Auslegung nach DIN V 4701-10 : 2003-08 oder DIN V 18599-5 : 2007-02 als <ul style="list-style-type: none"> - kleine Solaranlage bei $A_N < 500 \text{ m}^2$ (bivalenter Solarspeicher) - große Solaranlage bei $A_N \geq 500 \text{ m}^2$ • Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge, gemeinsame Installationswand, Wärmedämmung der Rohrleitungen nach Anlage 5, mit Zirkulation, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, Δp konstant) 	
7	Kühlung	keine Kühlung	
8	Lüftung	zentrale Abluftanlage, bedarfsgeführt mit geregelter Gleichstrom(DC)-Ventilator	

Tabelle 1



Der einzuhaltende Wärmeschutz der Gebäudehülle – definiert über den mittleren U-Wert aller Bauteile und als auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust H'_T bezeichnet – wird losgelöst vom für diesen Fall als Führungsgröße geeigneten A/V-Verhältnis eines Gebäudes. Zukünftig werden fixe Werte für unterschiedliche Wohngebäudetypen (EnEV Anlage 1, Tabelle 2) festgelegt.

Die Abbildungen links beinhaltet diese Anforderungen an den Neubau gemäß EnEV §3 sowie an Gebäudeerweiterungen mit mehr als 50 m^2 Nutzfläche gemäß EnEV §9. Vergleicht man diese Zahlenwerte mit den bisherigen Anforderungen, ergeben sich aus Musterberechnungen Verschärfungen zwischen 10 und 25 %, wobei nicht auszuschließen ist, dass bei sehr großen Fensterflächenanteilen auch deutlich höhere Verschärfungen eintreten können.

Somit gilt die Aussage nicht, dass ein reales Objekt mit den Ausführungen des Referenzgebäudes immer die EnEV-Anforderungen erfüllt!

Weiterhin ist zu bemerken, dass gegenüber der Verordnung von 2007 nunmehr kein Aufschlag auf den zulässigen Primär-

energiebedarf gekühlter Wohngebäude zulässig ist. Dies bedeutet somit eine zusätzliche Verschärfung bei derartigen Gebäudeentwürfen und zwingt den Planer verstärkt zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes.

Die Anforderungen sind mit den verschiedensten Kombinationen aus baulichem Wärmeschutz mit einer zweischaligen Wandkonstruktion und vor allem mit primärenergetisch optimaler Anlagentechnik ohne Probleme einzuhalten, so dass eine allgemein gültige Planungsempfehlung zur Zielerreichung nicht formuliert werden kann. Dies bedeutet vor allem hinsichtlich der Umstellung auf das Referenzgebäude-Verfahren, dass grundsätzlich jedes Objekt mit seinen individuellen Eigenschaften über ein computergeführtes Nachweisprogramm bewertet werden muss. Dazu sieht der Verordnungsgeber vor, dass mit Blick in die Zukunft als Regelverfahren die umfangreiche Bilanzierungsnorm DIN V 18599 (EnEV Anlage 1 Absatz 2.1.1) oder alternativ noch das Monatsbilanz-Verfahren der DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 verwendet werden kann (EnEV Anlage 1 Absatz 2.1.2). Sowohl das geplante Objekt als auch das Referenzgebäude müssen

immer mit dem selben Verfahren bewertet werden (EnEV §3 Absatz 3), da es bei einem Verfahrenswechsel durchaus zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann.

So werden beispielsweise die Randbedingungen der bisherigen Nachweisprozedur der DIN V 4701-10 für einen energetischen Standard festgelegt, der eine konstante Heizperiodenlänge von 185 Tagen zur Grundlage hat. Dieser Zeitraum kann insbesondere bei Gebäuden mit sehr kleinem Heizenergiebedarf deutlich zu hoch sein und daher zur Fehlbeurteilung der Anlagenverluste bei hoch wärmedämmten Gebäuden mit deutlich kürzerer Heizperiodenlänge führen. Die Anwendung der DIN V 18599 weist diese Einschränkung nicht auf, da monatsweise Gebäude und Anlagentechnik bilanziert werden. Diese komplexe Methodik bleibt bisher aber nur wenigen Fachingenieuren vorbehalten, da der Umfang des Verfahrens Architekten und Bauingenieure verschreckt. Es muss davon ausgegangen werden, dass spätestens 2012 mit der nächsten Verordnungsnovelle der Systemwechsel der Nachweisverfahren vollzogen werden muss, da die Normungsarbeiten an DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 eingestellt sind.

© Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.

Abbildung 2: Höchstwerte des auf die wärmetauschende Hüllfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes H'_T für fünf verschiedene Gebäudesituationen gemäß EnEV.

3.5.4 Anforderungen an zu errichtende Wohngebäude

Luftdichtheit der Gebäudehülle

Wie schon in den Verordnungen seit 2002 formuliert, ist die Gebäudehülle luftdicht auszuführen (EnEV §6). Die Verordnung legt im sog. Referenzwohngebäude eine Abluftanlage zugrunde, die nur dann energetisch bilanziert werden darf, wenn zuvor die Luftdichtheit der Gebäudehülle mittels

Blower-Door-Verfahren mit einem n_{50} -Luftwechsel $\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ nachgewiesen wurde. So wird die Luftdichtheitsprüfung in Neubauten nahezu obligatorisch. Der Anforderungswert $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$ gilt weiterhin für Gebäude(teile) ohne raumlufttechnische Anlagen = Fensterlüftung.



Foto 1: Sicherstellung der Luftdichtheit einer Außenwand. Hier stellt der Nassputz auf der Innenseite des Mauerwerks die Luftdichtheit sicher.

Berücksichtigung von Wärmebrücken

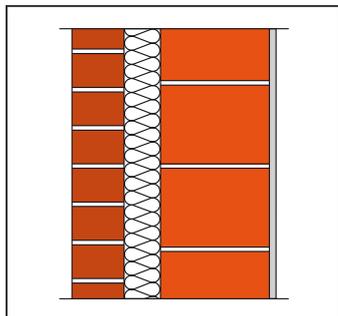
Ein hoher Wärmeschutz der Gebäudehülle wirkt sich gravierend auf die Wärmebrückenthematik (EnEV §7) der Bauteilanschlüsse aus. Die bisher im Beiblatt 2 zu DIN 4108 beschriebenen und von der EnEV für pauschale Nachweise mit reduziertem Zuschlag anzusetzenden Wärmebrückendetails sind vor allem bei Einsatz von Fenstern mit Dreifachverglasungen, Dachdämmungen $>20 \text{ cm}$ und mehrlagigen Fußbodendämmungen nicht ohne weiteres anwendbar. Müssen hier z. B. Gleichwertigkeitsnachweise geführt werden, kann dann darauf verzichtet werden, wenn der Wärmeschutz der geplanten Bauteile höher ist, als in den Beiblatt-Beispielen zugrunde gelegt ist.

Darüber hinaus führen die pauschal nach Norm angenommenen Wärmebrückenverluste zu einer deutlich nachteiligen rechnerischen Bewertung der schon heute in der Praxis ausgeführten hochwertigen Anschlussdetails. Eine zahlenmäßige Abschätzung für alle Mauerwerksarten und Gebäudeentwürfe als Durchschnittswert anzugeben ist schwierig. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass der im Referenzgebäude zugrunde gelegte auf die Gebäudehüllfläche bezogene Pauschalwert ΔU_{WB} von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ beim detaillierten Nachweis um mindestens 50 %, bei optimierten Details sogar auf Null reduziert werden kann.



Foto 2: Massive Wärmebrückenwirkung, Kragplatte aus Stahlträger und Stahlbeton ohne thermische Trennung.

Auswirkungen der EnEV 2009 für Außenwände aus zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung



Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung besteht aus einer in der Regel tragenden **Innenschale** (Hintermauerwerk) und einer nichttragenden **Außenschale** (Verblendmauerwerk). Der Raum zwischen den beiden Schalen kann beim zweischaligen Mauerwerk mit Kerndämmung gänzlich mit Wärmedämmstoff ausgefüllt werden.

Im Zusammenhang mit baupraktischen Bedingungen und den dabei zwangsläufig auftretenden Ebenheitstoleranzen und sonstigen Maßabweichungen ist darauf zu achten, dass der maximal zulässige Schalensabstand gemäß DIN 1053 Teil 1 von $d = 15 \text{ cm}$ nicht überschritten wird.

In Tabelle 2 sind U-Werte aufgeführt. Je nach dem speziellen Einzelfall besteht im Vergleich zu anderen mehrschichtigen Konstruktionen eine ebenso große Variabilität bei der Festlegung der U-Werte. Bei der Berechnung des U-Wertes sind, wie bei anderen Konstruktions-typen auch, die Anforderungen der DIN EN ISO 6946 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der Festlegung der U_{AW} -Werte sind die Anforderungen für die übrigen Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche ferner noch von folgenden Einflussgrößen abhängig:

- Kompaktheitsgrad des Gebäudes,
- Ausrichtung des Gebäudes zu den Himmelsrichtungen (anrechenbare solare Wärme-gewinne),
- Anlagensystem (Heizwärme, Lüftung und Trinkwarmwasser),
- Nachweis der Gebäudedicht-heit.

Selbst für einen sehr ungünstigen Anlagenstatus, sind die Anforderungen der Energieeinspar-verordnung durch eine ent-sprechende Reduzierung der Wärmedurchgangskoeffizienten mit einer zweischaligen Außen-wand sicher zu erfüllen.

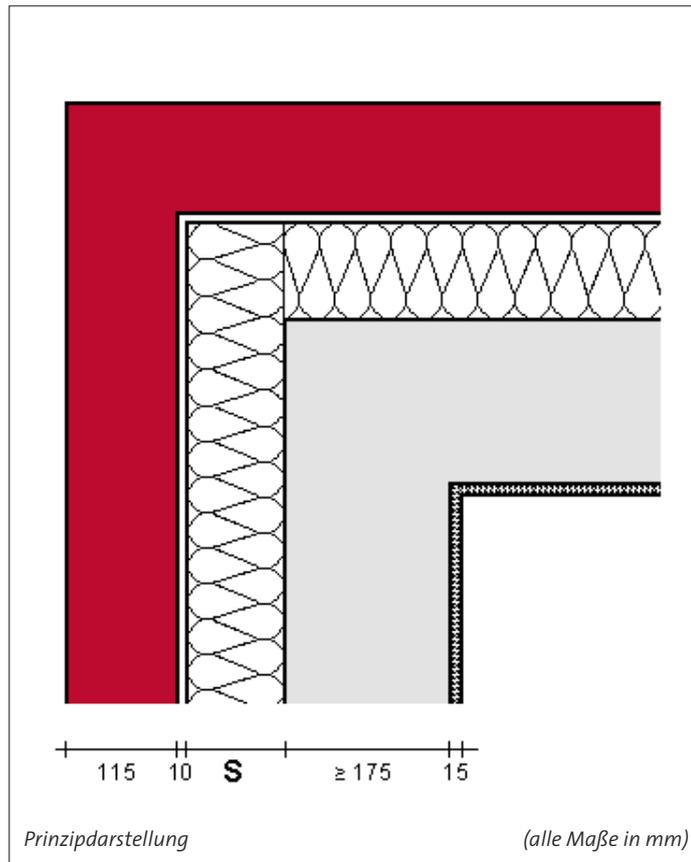
U-Werte von zweischaligem Mauerwerk mit Dämmstoff ohne Luftschicht (Kerndämmung). Die Wärmeleitfähigkeit der Vormauerung ist mit $0,68 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ angenommen.

Wärmeleitfähigkeit λ in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$		U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$					
		Mauerwerksdicke der Innenschale in cm					
		17,5			24		
Mauerwerk (Innenschale)	Dämmstoff	Dämmstoffdicke in cm					
		8	14	20	8	14	20
0,96	0,035	–	0,22	0,16	–	0,22	0,16
	0,025	0,27	0,16	0,12	0,26	0,16	0,12
0,58	0,035	–	0,21	0,16	–	0,21	0,15
	0,025	0,26	0,16	0,12	0,25	0,16	0,11
0,50	0,035	–	0,21	0,16	–	0,21	0,15
	0,025	0,26	0,16	0,11	0,25	0,16	0,11
0,45	0,035	–	0,21	0,15	–	0,20	0,15
	0,025	0,25	0,16	0,11	0,24	0,15	0,11
0,42	0,035	–	0,21	0,15	–	0,20	0,15
	0,025	0,25	0,16	0,11	0,24	0,15	0,11
0,39	0,035	–	0,21	0,15	–	0,20	0,15
	0,025	0,25	0,16	0,11	0,24	0,15	0,11
0,21	0,035	–	0,19	0,14	0,26	0,18	0,14
	0,025	0,23	0,15	0,11	0,21	0,14	0,11
0,18	0,035	0,28	0,19	0,14	0,25	0,18	0,13
	0,025	0,22	0,14	0,11	0,20	0,14	0,10
0,16	0,035	0,27	0,18	0,14	0,24	0,17	0,13
	0,025	0,21	0,14	0,11	0,20	0,13	0,10
0,14	0,035	0,26	0,18	0,14	0,23	0,16	0,13
	0,025	0,21	0,14	0,10	0,19	0,13	0,10

Tabelle 2

Außenwanddecke mit
Kerndämmung und VMz –
außen

(AMz Detail 9500)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$W/(m^2K)$]

Dicke S der Kerndämmung
(035), in mm

λ_{MW} [$W/(m \cdot K)$]	80	140	200
0,16	-0,14	-0,11	-0,09
0,50	-0,15	-0,11	-0,09
0,96	-0,15	-0,11	-0,09

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Bei größeren Wanddicken der Hintermauerung ergeben sich geringfügig günstigere Psi-Werte.

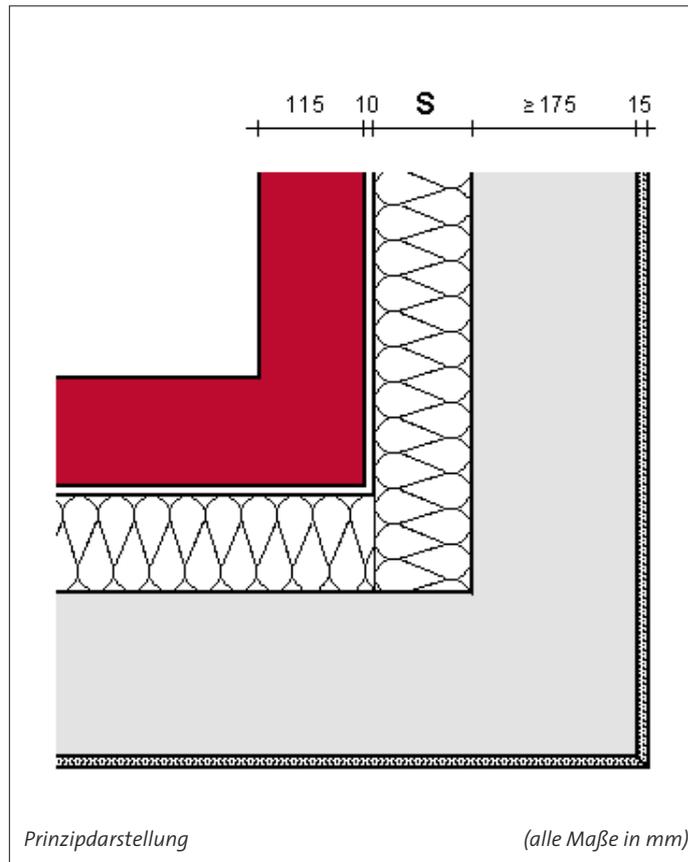
Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Es liegt kein Referenzdetail gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 vor. Ein Gleichwertigkeitsnachweis braucht nicht geführt zu werden.

3.7.2 Wärmebrückendetails

Außenwandecke mit
Kerndämmung und VMz –
Innen

(AMz Detail 9510)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

Dicke S der Kerndämmung (035), in mm

	80	140	200
0,16	0,07	0,06	0,05
0,50	0,08	0,06	0,05
0,96	0,09	0,06	0,05

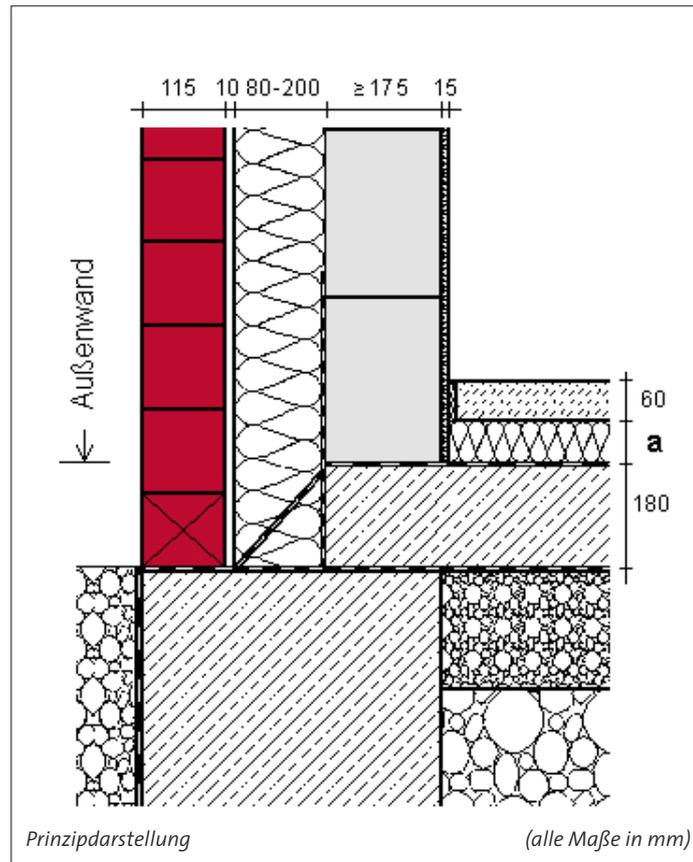
Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Bei größeren Wanddicken der Hintermauerung ergeben sich geringfügig günstigere Psi-Werte.

Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Es liegt kein Referenzdetail gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 vor. Ein Gleichwertigkeitsnachweis braucht nicht geführt zu werden.

Sohlplatte innengedämmt,
Außenwand mit VMz + Kern-
dämmung

(AMz Detail 2500)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$W/(m^2K)$]

Dicke S der Kerndämmung (035), in mm

$\lambda_{\text{Kerndämmung}}$ [$W/(m \cdot K)$]	80	140	200
0,16	-0,05	-0,04	-0,04
0,50	0,02	0,03	0,03
0,96	0,08	0,10	0,10

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dicken a der Estrichdämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung ist mit $0,035 W/(m K)$ angenommen. Die Estrichdämmung weist eine Wärmeleitfähigkeit von $0,035 W/(m K)$ auf. Die Systemgrenze der Bodenplatte liegt unterhalb der Estrichdämmung auf der Rohdecke. Die Ergebnisse gelten für Dicken des WDVS zwischen 80 und 200 mm mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,035 W/(m K)$.

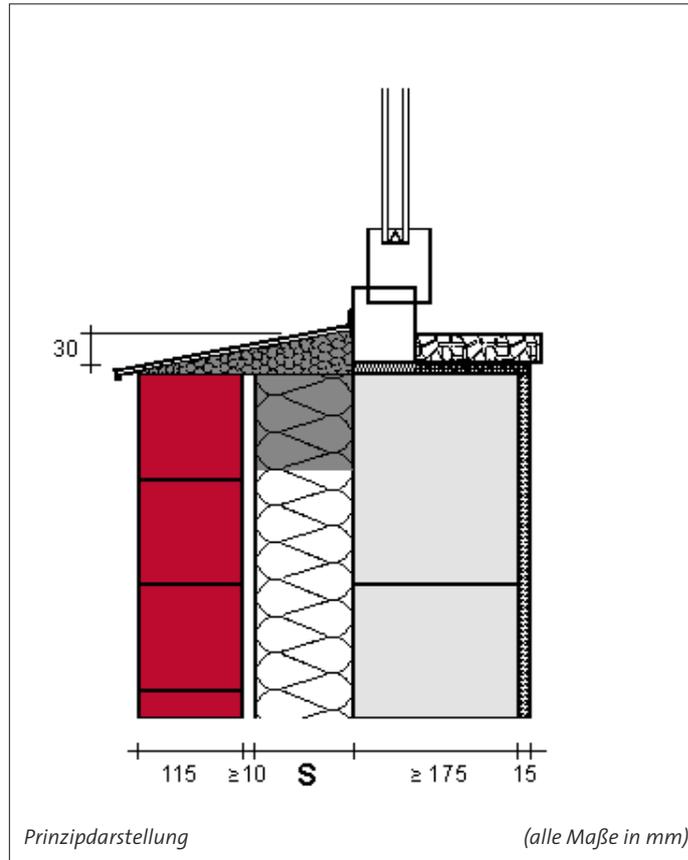
Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $>=0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Ψ -Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 16 ist gegeben.

3.7.4 Wärmebrückendetails

Brüstung – Fenster bündig mit Innenschale – AW VMz + KD

(AMz Detail 4500)



Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Das Fenster weist einen U_w -Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ auf (Weichholz, Kunststoffprofil). Die Fenstereinbauposition liegt außenbündig der Hintermauerung. Die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung ist mit $0,035 \text{ W}/(\text{m K})$ angenommen. Der untere Fensterrahmen ist mit 30 mm Dämmstoff überdämmt.

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$]

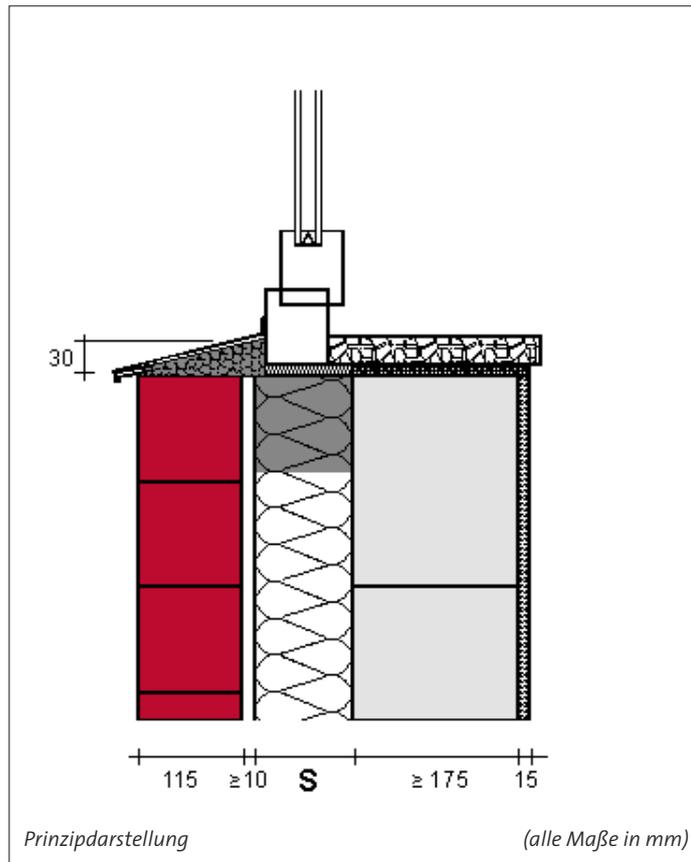
		Dicke S der Kerndämmung (035), in mm		
		80	140	200
$\lambda_{\text{MW}} [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	0,16	0,00	0,00	0,01
	0,50	0,01	0,02	0,02
	0,96	0,02	0,02	0,03

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Ψ -Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 45 ist gegeben.

Brüstung – Fenster mittig in Kerndämmung – AW VMz + KD

(AMz Detail 4510)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$W/(m^2K)$]

Dicke S der Kerndämmung (035), in mm

	80	140	200
λ_{MMW} [$W/(m \cdot K)$]	0,16	-0,01	0,00
	0,50	-0,01	-0,01
	0,96	-0,01	-0,01

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Das Fenster weist einen U_w -Wert von $1,3 W/(m^2 K)$ auf (Weichholz, Kunststoffprofil). Die Fenstereinbauposition liegt mittig der Dämmebene. Die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung ist mit $0,035 W/(m K)$ angenommen. Der untere Fensterrahmen ist mit 30 mm Dämmstoff überdämmt.

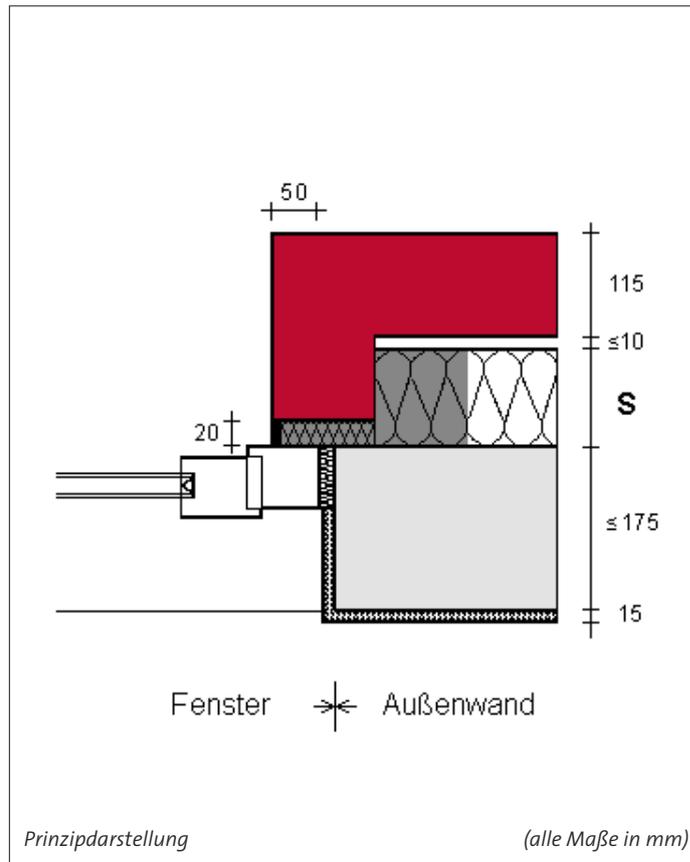
Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 44 ist gegeben.

3.7.6 Wärmebrückendetails

Laibung – Fenster bündig
mit Innenschale –
VMz + Kerndämmung

(AMz Detail 5500)



Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Das Fenster weist einen U_w -Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ auf (Weichholz, Kunststoffprofil). Die Fenstereinbauposition liegt außenbündig der Hintermauerung. Die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung ist mit $0,035 \text{ W}/(\text{m} \text{K})$ angenommen. Der Fensterrahmen ist mit 20 mm Dämmstoff und 50 mm Überdeckung gedämmt.

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$]

Dicke S der Kerndämmung (035), in mm

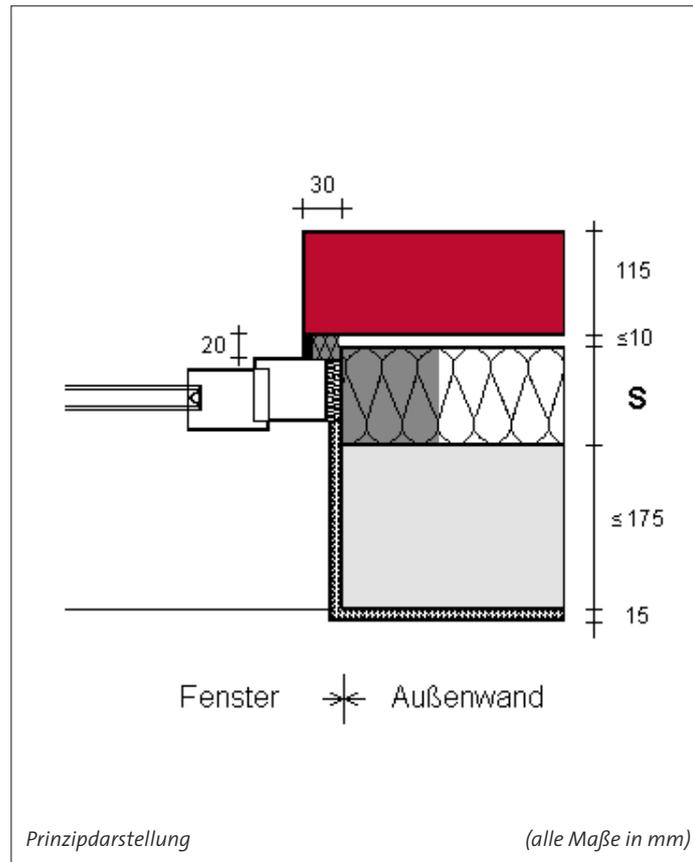
λ_{VMz} [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	80	140	200
0,16	0,02	0,03	0,04
0,50	0,05	0,07	0,08
0,96	0,07	0,08	0,09

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Ψ -Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 51 ist für Ψ -Werte $\leq 0,06 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ gegeben.

Laibung – Fenster mittig in Kerndämmung – VMz + Kerndämmung

(AMz Detail 5510)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$W/(m^2K)$]

Dicke S der Kerndämmung (035), in mm

λ_{MMW} [$W/(m \cdot K)$]	80	140	200
0,16	0,00	0,00	0,00
0,50	-0,01	-0,01	0,00
0,96	-0,01	-0,01	0,00

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Das Fenster weist einen U_w -Wert von $1,3 W/(m^2 K)$ auf (Weichholz, Kunststoffprofil). Die Fensterinbauposition liegt mittig in der Dämmebene. Die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung ist mit $0,035 W/(m K)$ angenommen. Der Fensterrahmen ist mit 20 mm Dämmstoff und 30 mm Überdeckung gedämmt.

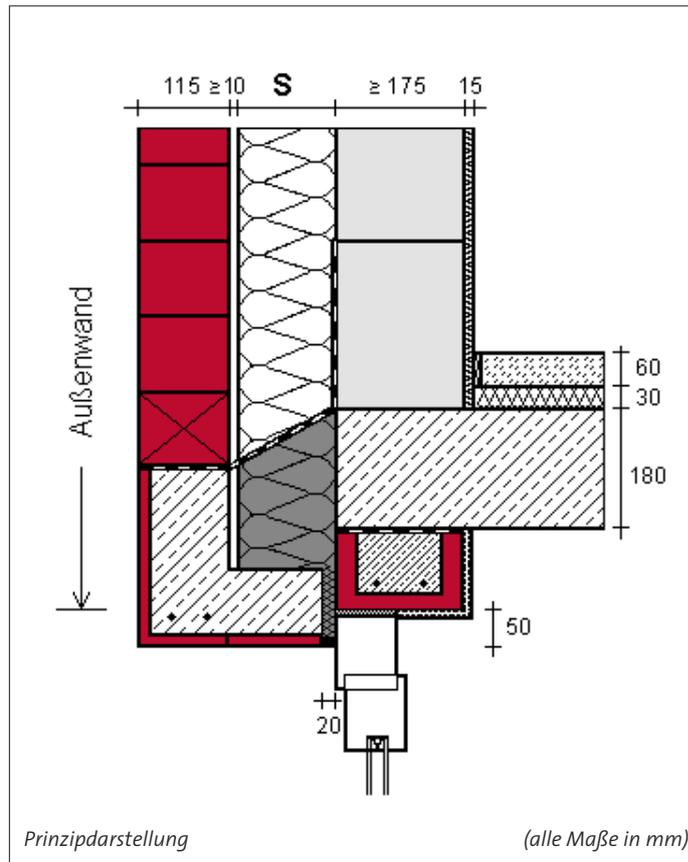
Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 50 ist gegeben.

3.7.8 Wärmebrückendetails

Fenstersturz – Fenster bündig mit Innenschale – VMz + KD

(AMz Detail 6090)



Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Das Fenster weist einen U_w -Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ auf (Weichholz, Kunststoffprofil). Die Fenstereinbauposition liegt außenbündig der Hintermauerung. Der Sturz der Vormauerschale ist als Fertigbetonbauteil konstruiert. Die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung ist mit $0,035 \text{ W}/(\text{m K})$ angenommen. Der Fensterrahmen ist mit 20 mm Dämmstoff und 50 mm Überdeckung gedämmt.

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$]

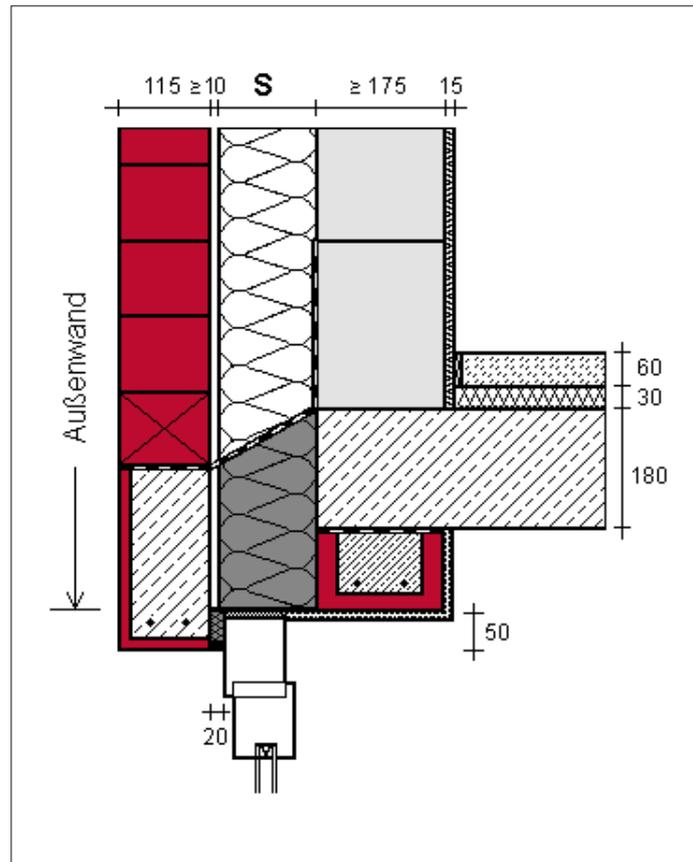
λ_{WW} [$\text{W}/(\text{m K})$]	Dicke S der Kerndämmung (035), in mm		
	80	140	200
0,16	0,07	0,07	0,07
0,50	0,04	0,06	0,06
0,96	0,04	0,05	0,06

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Ψ -Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 57 ist für Ψ -Werte $\leq 0,08 \text{ W}/(\text{m K})$ gegeben.

Fenstersturz – Fenster mittig in
Kerndämmung – VMz + KD

(AMz Detail 6091)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$W/(m^2K)$]

Dicke S der Kerndämmung (035), in mm

$\lambda_{m,m}$ [$W/(m \cdot K)$]	80	140	200
0,16	0,03	0,00	0,00
0,50	0,00	-0,01	-0,01
0,96	0,00	-0,01	-0,01

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Das Fenster weist einen U_w -Wert von $1,3 W/(m^2 K)$ auf (Weichholz, Kunststoffprofil). Die Fenstereinbauposition liegt mittig der Wärmedämmebene. Der Sturz der Vormauerschale ist als Fertigbetonbauteil konstruiert. Die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung ist mit $0,035 W/(m K)$ angenommen. Der Fensterrahmen ist mit 20 mm Dämmstoff und 50 mm Überdeckung gedämmt.

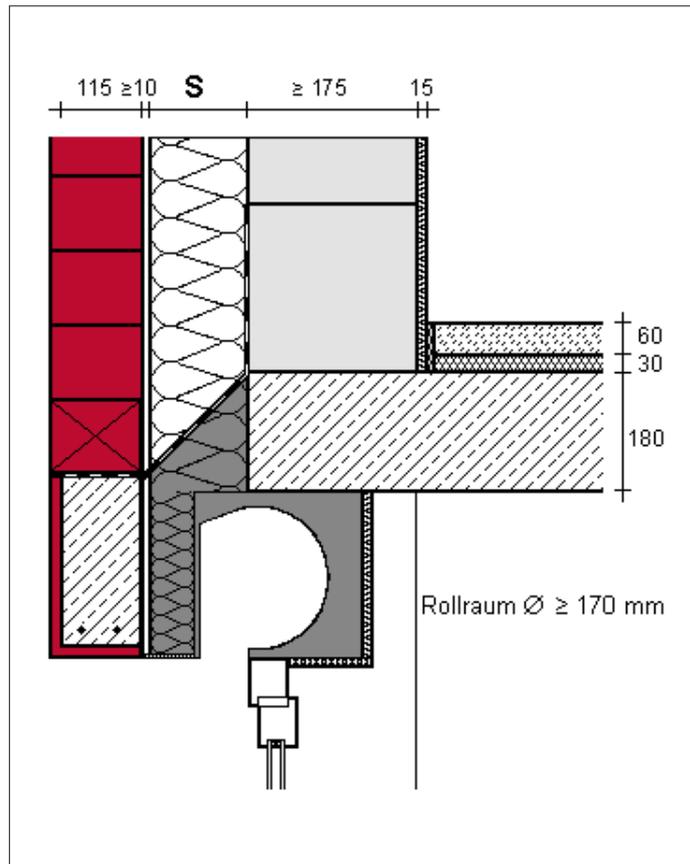
Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 56 ist gegeben.

3.7.10 Wärmebrückendetails

Rollladenkasten –
Fenster mittig – AW mit VMz

(AMz Detail 6510)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$W/(m^2K)$]

Dicke S der Kerndämmung (o35), in mm

λ_{VMz} [$W/(m \cdot K)$]	80	140	200
0,16	0,14	0,13	0,14
0,50	0,10	0,11	0,13
0,96	0,09	0,11	0,13

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Das Fenster weist einen U_w -Wert von $1,3 W/(m^2 K)$ auf (Weichholz, Kunststoffprofil). Der wärmegeämmte Element-Rollladenkasten ist raumseitig geschlossen.

Die Fenstereinbauposition mit dem Rollladenkasten ist außenbündig mit der Hintermauerung. Die Wärmedämmung vor dem Rollladenkasten ergibt sich aus dessen Einbauposition und der Dicke der Kerndämmung.

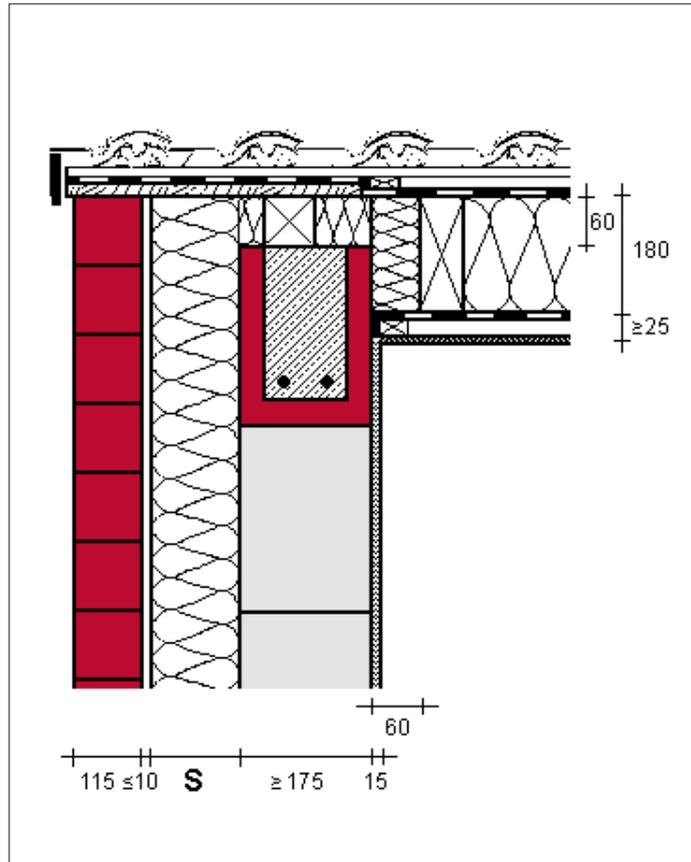
Der Rollladenkasten ist bei der U-Wert - Ermittlung als flächiges Bauteil nicht gesondert zu berücksichtigen und in den Abmessungen der Außenwand enthalten (übermessen).

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 63 ist gegeben.

Ortgang mit Ringanker –
AW mit VMz

(AMz Detail 8500)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$W/(m^2K)$]

Dicke S der Kerndämmung (035), in mm

	80	140	200
Ψ	0,16	0,00	0,01
λ_{VMZ}	0,50	-0,01	0,01
λ_{VMZ}	0,96	-0,01	0,01

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Die Wärmedämmung zwischen den Sparren weist eine Mindestdicke von 180 mm der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/(m K) auf. Der U-Wert des Dachs beträgt

0,2 W/(m² K). Die Mauerkrone der Außenwand ist mit einer Dämmung von 60 mm versehen. Zwischen dem Streichsparren und der Mauerkrone ist eine 60 mm breite Dämmung eingelegt.

Die Rechenergebnisse gelten auch für Dicken der Dachdämmung > 180 mm und Wanddicken > 175 mm.

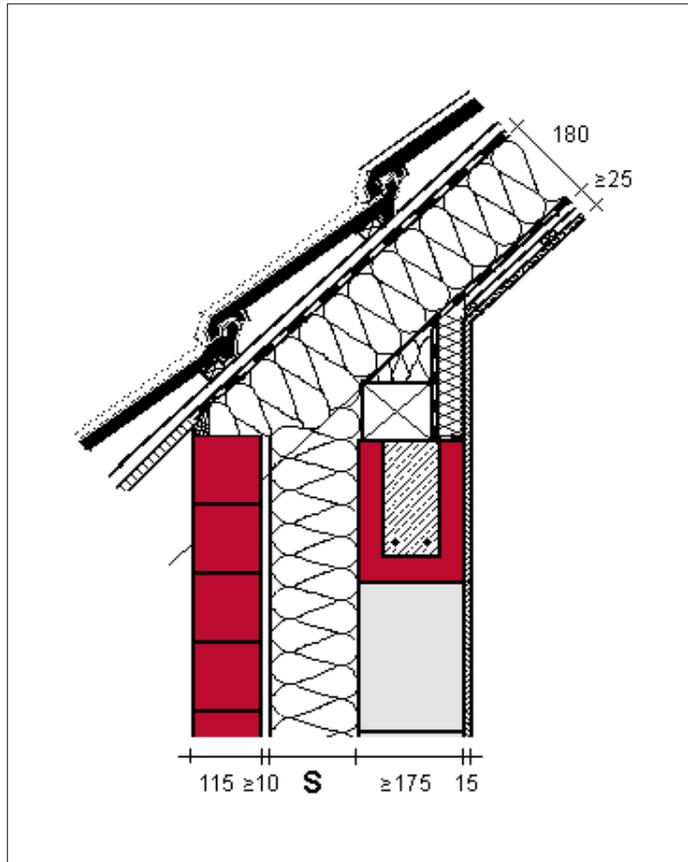
Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt >= 0,7. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 82 ist gegeben.

3.7.12 Wärmebrückendetails

Drempel-Pfettendach,
beh. DG – AW mit VMz

(AMz Detail 8050)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

Dicke S der Kerndämmung
(035), in mm

	80	140	200
0,16	-0,04	-0,04	-0,05
0,50	-0,08	-0,06	-0,06
0,96	-0,09	-0,06	-0,06

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken S der Kerndämmung und Wärmeleitfähigkeiten des Hintermauerwerks für die Wanddicke 175 mm. Der Einfluss hiervon abweichender Wanddicken der Hintermauerung ist von untergeordneter Bedeutung.

Die Wärmedämmung zwischen den Sparren weist eine Mindestdicke von 180 mm der Wärmeleitfähigkeit 0,035 $\text{W}/(\text{m K})$ auf. Der U-Wert des Dachs beträgt 0,2 $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$.

Die Rechenergebnisse gelten auch für Dicken der Dachdämmung > 180 mm.

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Psi-Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen.

Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 Bild 84 ist gegeben.

Es gibt verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Gebäudedichtheit. Das so genannte **Differenzdruck-Verfahren** eignet sich hierfür besonders gut. Mit diesem Verfahren können die relative Gebäudedichtheit bestimmt und ggf. vorhandene Undichtheiten in den Bauteilen der wärmeübertragenden Umfassungsfläche eines Gebäudes aufgespürt werden. Mit dem Vorhandensein von Undichtheiten ist oftmals das Auftreten von Zuglufterscheinungen verbunden. Dies ist häufig der erste Anlass für Auseinandersetzungen zwischen dem Bauherrn und den anderen am Bau Beteiligten.

Relative Gebäudedichtheit

Die relative Gebäudedichtheit ist bei diesem Prüfverfahren wie folgt definiert: Der von einem Ventilator (Bestandteil der Messeinrichtung) geförderte Luftvolumenstrom aus dem Gebäude heraus (Unterdruckmessung) bzw. in das Gebäude hinein (Überdruckmessung) wird bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pascal gemessen.

Dieser Luftvolumenstrom wird durch das austauschfähige Luftvolumen des Gebäudes geteilt. Das Ergebnis ist die Luftwechselrate. Sie wird als so genannter n_{50} -Wert gekennzeichnet und zwar in der Einheit h^{-1} . Das Ergebnis, z. B. gemittelt aus Über- und Unterdruckmessungen von $n_{50} = 3 h^{-1}$ bedeutet, dass das austauschfähige Luftvolumen des Gebäudes unter Prüfbedingungen bei 50 Pa Druckdifferenz zwischen innen und außen in einer Stunde dreimal mit Außenluft ausgetauscht wird. Das Differenzdruck-Verfahren gestattet allerdings **nicht direkt** die Bestimmung / Ermittlung des **natürlichen** Luftwechsels. Mit Hilfe der ermittelten Werte der Durchlässigkeit kann jedoch über Näherungsberechnungen auch der natürliche Luftwechsel unter Normalbedingungen abgeschätzt werden.



Foto 3: Messapparatur zur Überprüfung der Luftdurchlässigkeit: Messuhren, eingebauter Spannrahmen mit Folie und Ventilator.



Foto 4: Strömungsprüfer für Luft zum Sichtbarmachen von Luftströmungen bei Undichtheiten, Strömungsprüfröhrchen-Set.



Foto 5: Aufgesägtes Glasröhrchen; durch Drücken auf den Gummiball wird Rauch freigesetzt.

3.8.2 Messen der Gebäudedichtheit

Beschreibung des Messvorganges

Für die Messung der Luftdurchlässigkeit mit Hilfe des Differenzdruck-Verfahrens wird ein Ventilator in eine Außentür einer Wohnung oder eines Gebäudes luftdicht eingebaut. Dies geschieht mit Hilfe einer Spezialfolie, einem Spannrahmen und Abdichtungsmaterialien. In dieser Spezialfolie befindet sich eine Öffnung, in die ein Ventilator mit einer Durchflussdüse installiert wird; Foto 3.

Durch das Öffnen und Feststellen aller Innentüren wird aus dem Vielraumgebäude im Sinne der hier zu behandelnden Thematik ein *Ein-Zonen-Gebäude*. Nach dem Schließen aller Fenster und Fenstertüren wird im Gebäude durch den Betrieb des Ventilators ein Unter- bzw. Überdruck aufgebaut.

Nach DIN EN 13829 können die Messungen nach zwei Messrandbedingungen unterschieden werden. Im Fall A dürfen nur bestimmte Öffnungen abgeklebt werden, wie z. B. der Abluftventilator einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die übrigen Öffnungen werden lediglich verschlossen, jedoch nicht abgeklebt. Das Gebäude befindet sich dann im „Nutzungsstatus“. Im Fall B werden alle Öffnungen, wie z. B. Briefschlitze, Bestandteile einer Lüftungsanlage usw., abgeklebt. Das Gebäude befindet sich dann in einem speziell präparierten „Messzustand“. In beiden Fällen sind die Messrandbedingungen in einem Messbericht detailliert aufzuführen.

Mit Hilfe eines elektronischen Gerätes zur Regelung der Ventilatorleistung (Drehzahlregelung) und verschiedene Reduzierblenden auf der Ventilatoröffnung können Gebäude mit unterschiedlichen Luftvolumina und Dichtheitsgraden überprüft werden.

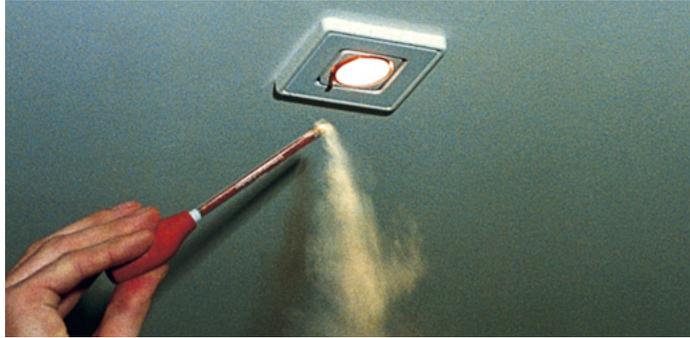


Foto 6: Kehlbalkendecke mit Bekleidung aus Gipskarton und integrierten Lichtauslässen. Einströmende Außenluft wird mit freigesetztem Rauch sichtbar gemacht.



Foto 7: Hohlkammersystem, die luftdichte Schicht darf nicht an diese Wand angeschlossen werden, sondern muss in der Ebene des Daches ohne Unterbrechung durchlaufen.

Das Differenzdruck-Verfahren ermöglicht über die Bestimmung der Luftwechselzahl n_{50} hinaus auch das Aufspüren von Orten mit Undichtheiten im Bereich der inneren Bauteiloberfläche der wärmeübertragenden Umfassungsfläche.

Hierzu wird eine Druckdifferenz von etwa 50 Pa für die Dauer der Suche aufrechterhalten. In Kenntnis der Struktur und des Aufbaus der Bauteile der wärme-

übertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes (Fugen, Anschlüsse von Bauteilen, Stöße von Folien, Durchdringungen usw.) werden diese Orte mit einem Unter- oder einem Überdruck gegenüber außen überprüft. Hier können Luftgeschwindigkeitsmessgeräte, so genannte Thermoanemometersonden, der Strömungsprüfer für Luft (Rauchröhrchen), Foto 4 und 5 oder eine Thermografiekamera eingesetzt werden.

Anmerkung: Der aufgespürte Ort mit einer Undichtheit (Austrittsstelle an der inneren Bauteiloberfläche) ist bei einem Unterdruck die **Austrittsstelle** der Außenluft in den Innenraum. Die **Eintrittsstelle** der Außenluft in das Bauteil kann von diesem Ort weit entfernt liegen. Dies trifft z. B. zu bei Dächern, bei denen eine mit Abstand aufgebrachte innere Bekleidung (Gipskarton, Profilh Holzschalung usw.) vorhanden ist oder auch bei Schächten, leichten Trennwänden und bei Abseiten im Bereich von Drem-peln, Foto 6 und 7. Die hierdurch entstandenen Räume stehen ohne spezielle Abdichtungs-maßnahmen strömungstech-nisch als Hohlkammersysteme miteinander in Verbindung. Das Beseitigen der eigentlichen Undichtheit (Eintrittsstelle) bedingt dann oft einen großen Aufwand, bis hin zur Entfer-nung der gesamten in Frage kommenden inneren Bekleidung.

Die Messung zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit sollte daher immer dann durchge-führt werden, wenn die luft-dichten Schichten eingebaut und ihre Anschlüsse hergestellt worden sind. Jedoch sollten die luftdichten Schichten und deren Anschlüsse dabei noch **nicht** mit Deckschichten be- kleidet sein.

Dies bedingt, dass beim Aufstel- len des Dichtheitskonzeptes dieser Aspekt bereits entspre- chend berücksichtigt wird, d. h. der Termin zur Durchführung der Messung ist in den Ablauf der Arbeiten frühzeitig einzu- planen.

Messungen, die während dieses Ausbaurzustandes durchgeführt werden, haben den großen Vor- teil, dass eventuell vorhandene Undichtheiten schnell erkannt bzw. quantifiziert und mit rela- tiv einfachen Mitteln und damit auch kostengünstig beseitigt werden können.

Die o. a. Empfehlung sollte besonders bei Leichtbauten berücksichtigt werden, da diese Konstruktionsart in vielen Fällen ein sich über das ganze Gebäude erstreckendes zusam- menhängendes Hohlkammer- system ergibt, Foto 6 und 7. In Abhängigkeit vom Ausmaß und der *Qualität* der noch durchzuführenden weiteren Ausbaurarbeiten, muss nach

der Fertigstellung dieser Arbeiten und dem Einzug der Bewohner ggf. noch eine Kontrollmessung durchgeführt werden. Hierbei soll geprüft werden, ob im Rahmen der weiteren Aus- baurarbeiten (Elektroinstallatio- nen, Herstellen der inneren Bekleidung usw.), **nach** Einbau der luftdichten Schicht ggf. die- se nennenswert beschädigt worden ist, Foto 8 und Abbil- dung 3.

Eine Messung zur Bestimmung der Luftdichtheit sollte immer durchgeführt werden, da sie ein gutes Kosten/Nutzen- Verhältnis aufweist und dar- über hinaus hilft, Ärger zu vermeiden.



Foto 8: Kontrollmessung nach Bezug des Gebäudes. Massive Zuglufterscheinungen im Bereich von Deckenlampen

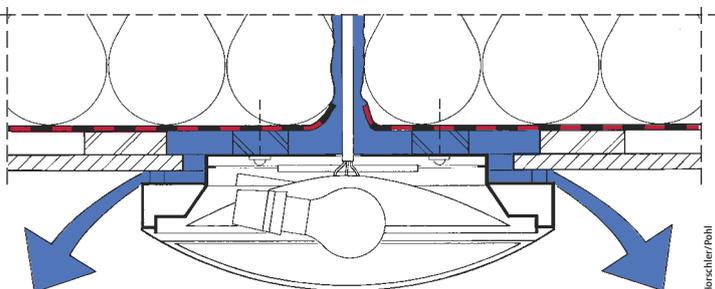


Abbildung 3: Schnittdarstellung aus Foto 17. Zerstörung der luftdichten Schicht durch nachträglichen Einbau von Elt-Kabeln

© alle Abb. Horschler/Pohl

Der Sommerliche Wärmeschutz ist wie bisher gemäß DIN 4108 – 2 oder alternativ mittels Simulationsrechnungen für einzelne Räume, Raumgruppen oder Nutzungszonen nachzuweisen und bleibt damit ohne Änderung gegenüber den Anforderungen der EnEV 2007.

Die EnEV verlangt für Wohngebäude in §3 Absatz 4 ausdrücklich die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß DIN 4108-2. Die in der Vergangenheit gewährten Anforderungserleichterungen, die an den Fensterflächenanteil der Fassaden gebunden waren, sind gestrichen.

Das sommerliche Temperaturverhalten ist von großer Bedeutung für die Behaglichkeit innerhalb moderner Niedrigenergiehäuser. Die sich maximal einstellenden Raumlufttemperaturen hängen von der Klimaregion, von der Bauweise des Gebäudes sowie von dessen Nutzer ab. Die Beeinflussung der Raumlufttemperatur ist durch die Benutzung des Sonnenschutzes und die Belüftung über Fenster und Lüftungsanlagen möglich. Nach DIN 4108-2 sollen im Nachweisverfahren nach sogenannte Sonneneintragskennwerte für kritische Raumsituationen, d.h. für einzelne Räume oder auch zusammenhängende Raumgruppen nicht überschritten werden.

Grenzen Räume, für den ein Nachweis geführt werden soll, an unbeheizte Glasvorbauten oder sind sie mit Doppelfassaden oder transparenter Wärmedämmung versehen, kann das im Folgenden dargestellte vereinfachte Nachweisverfahren nur mit Einschränkungen angewandt werden.

Verfahren

Durch Einhaltung des Sonneneintragskennwertes $S_{\max} = S_{\text{zul}}$ wird unter Standardbedingungen gewährleistet, dass eine bestimmte Grenz-Raumtemperatur in nicht mehr als 10 % der Aufenthaltszeit überschritten wird. Diese Grenz-Temperatur ist abhängig vom Klimastandort und damit von der durchschnittlichen Monatstemperatur des heißesten Monats im Jahr und wird in Deutschland nach drei Regionen gemäß Tabelle 3 unterschieden.

Bei Wohn- und wohnähnlich genutzten Gebäuden kann auf den Nachweis des Sommerlichen Wärmeschutzes verzichtet werden, wenn raum- oder raumgruppenweise die in Tabelle 4 zusammen gestellten, auf die einzelnen Fassaden bezogenen Fensterflächenanteile nicht überschritten werden. Dabei ist zu beachten, dass bei der Ermittlung der Fensterflächenanteile z. B. Dachflächenfenster mit der dazugehörigen Dachfläche berücksichtigt werden müssen. Weiterhin kann auf einen Nachweis verzichtet werden, wenn Ost-, Süd- und Westfenster mit Sonnenschutzvorrichtungen mit einem Abminderungsfaktor $F_C \leq 0,3$ (z. B. Rollläden) ausgestattet sind.

Der Sonneneintragskennwert S eines Raumes ermittelt sich wie folgt:

$$S = \sum_j (A_{w,j} \cdot g_j \cdot F_{C,j}) / A_G \quad (34)$$

mit:

A_w	= gesamte Fensterfläche in m ² (ermittelt nach Rohbaumaßen)
g	= Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung
F_C	= Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen
A_G	= Nettogrundfläche des Raumes

Die Tabelle 5 enthält Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren F_C von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen.

3.9.2 Sommerlicher Wärmeschutz

Tabelle 3

Sommerliche Klimaregionen in Deutschland			
Sommer-Klimaregion	Geografie	Merkmal/ $\theta_{e,M,i,max}$	Grenz-Raumtemperatur
A	Mittelgebirgslagen, Voralpenland, Küstengebiete bedingt	sommerkühl $\leq 16,5^\circ\text{C}$	25°C
B	Übriges Deutschland, außer A und C	gemäßigt $16,5-18^\circ\text{C}$	26°C
C	südlich von Mosel und Main, außer Mittelgebirgszonen	sommerheiß $\geq 18^\circ\text{C}$	27°C

Tabelle 4

Nachweisgrenzen verschiedener Orientierungen und Fensterflächenanteile		
Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster*	Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil fAG [%]
$60^\circ-90^\circ$	Nordost über Süd bis Nordwest	10
	Übrige Nord-Orientierungen	15
$0^\circ-60^\circ$	Alle Orientierungen	7

* sind mehrere Fensterorientierungen vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für fAG bestimmend.

Tabelle 5

Abminderungsfaktoren von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen	
Beschaffenheit der Sonnenschutzvorrichtung	F_C
Ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,0
Innenliegend oder zwischen den Scheiben:	
weiß oder reflektierende Oberfläche mit geringer Transparenz*	0,75
helle Farben und geringe Transparenz*	0,8
dunkle Farben und höhere Transparenz*	0,9
Außenliegend:	
drehbare Lamellen, hinterlüftet	0,25
Jalousien und Stoffe mit geringer Transparenz	0,25
Rollläden, Fensterläden	0,3
Vordächer, Loggien, freistehende Lamellen	0,5
Markisen, oben und seitlich ventiliert, Jalousien allgemein	0,4
Markisen, allgemein	0,5

* eine Transparenz $<15\%$ gilt als gering, ansonsten als erhöht

Anforderungen

Der nach $S_{zul} = \sum S_x$ ermittelte Sonneneintragskennwert S darf den Höchstwert S_{zul} nicht überschreiten. Der Höchstwert wird als Summe aus allen zutreffenden Zuschlagswerten nach folgender Gleichung ermittelt:

Als Zuschläge S_x sind die Werte nach Tabelle 6 anzusetzen:

Zuschlagswerte S_x verschiedener Standortrandbedingungen, Bau- und Betriebsweisen		
Zeile	Gebäudelage und Beschaffenheit	Zuschlagswert S_x
1.1	Gebäude in Klimaregion A	0,04
1.2	Gebäude in Klimaregion B	0,03
1.3	Gebäude in Klimaregion C	0,015
2.1	Leichte Bauart: ohne Nachweis von C_{wirk} / A_G	$0,06 \cdot f_{gew}$
2.2	Mittlere Bauart: $50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{wirk} / A_G \leq 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$	$0,10 \cdot f_{gew}$
2.3	Schwere Bauart: $C_{wirk} / A_G \geq 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$	$0,115 \cdot f_{gew}$
3.1	Erhöhte Nachtlüftung mit $n \geq 1,5 \text{ h}^{-1}$ bei leichter und mittlerer Bauart	+ 0,02
3.2	Erhöhte Nachtlüftung mit $n \geq 1,5 \text{ h}^{-1}$ bei schwerer Bauart	+ 0,03
4	Sonnenschutzverglasung mit $g \leq 0,4$	+ 0,03
5	Fensterneigung 0° - 60° gegenüber der Horizontalen	- $0,12 \cdot f_{neig}$
6	Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster mit Neigung $> 60^\circ$ und Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind	+ $0,10 \cdot f_{nord}$
mit:		
$f_{gew} = (A_w + 0,3 \cdot A_{AW} + 0,1 \cdot A_D) / A_G$		$f_{neig} = A_{w,neig} / A_G =$ Fensterfläche (geneigt) bezogen auf die Nettogrundfläche
A_w = Fensterfläche in m^2 (ermittelt nach Rohbaumaßen)		$f_{nord} = A_{w,nord} / A_{w,gesamt} =$ Fensterfläche nach Zeile 6 bezogen auf die gesamte Fensterfläche eines Raumes
A_{AW} = Außenwandfläche in m^2		
A_D = wärmeübertragende Dach-/Deckenfläche in m^2		
A_G = Nettogrundfläche des Raumes in m^2		

Tabelle 6

Speicherfähigkeit und Bauart

Die Einteilung in Bauarten erfolgt durch die Ermittlung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des betrachteten Raums nach DIN V 4108-6. Dabei ist folgende Einstufung vorzunehmen:

- leichte Bauart: Gebäude ohne Festlegung der Baukonstruktion, Holzständerkonstruktion, leichter Dachgeschossausbau, abgehängte Decken,
- mittlere Bauart: Wohnräume in Gebäuden aus Wärmedämmziegeln und massivem Innenausbau,
- schwere Bauart: Wohnräume z. B. in Ziegelgebäuden aus HLZ mit $\rho \geq 1,0 \text{ kg}/\text{dm}^3$ und massivem Innenausbau.

Heizkessel (EnEV §13), die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden und deren Nennleistung mindestens vier Kilowatt und höchstens 400 Kilowatt beträgt, dürfen zum Zwecke der Inbetriebnahme in Gebäuden nur eingebaut oder aufgestellt werden, wenn sie über eine CE-Kennzeichnung und damit über Mindest-Wirkungsgrade verfügen. Das Produkt aus der Erzeugeraufwandszahl e_g und dem Primärenergiefaktor f_p darf dabei nicht größer als 1,3 sein. Darüber hinaus gelten weitere Anforderungen an andere als hier genannte Wärmeerzeuger.

Zentralheizungen (EnEV §14) müssen beim Einbau in Gebäude mit zentralen selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie zur Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe in Abhängigkeit von der Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße und der Zeit ausgestattet werden. Heizungstechnische Anlagen mit Wasser als Wärmeträger müssen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur ausgerüstet werden. Zirkulationspumpen müssen beim Einbau in Warmwasseranlagen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung versehen sein.

Beim Einbau von Klimaanlageanlagen (EnEV §15) mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als zwölf kW und raumluftechnischen Anlagen, die für einen Volumenstrom der Zuluft von wenigstens 4.000 Kubikmeter je Stunde ausgelegt sind, in Gebäude sowie bei der Erneuerung von Zentralgeräten oder Luftkanalsystemen solcher Anlagen müssen diese so ausgeführt werden, dass die auf das Förder-volumen bezogene elektrische Leistung der Einzelventilatoren oder der gewichtete Mittelwert der auf das jeweilige Fördervolumen bezogenen elektrischen Leistungen aller Zu- und Abluftventilatoren bestimmte Grenzwerte nicht überschreitet. Der Grenzwert kann um Zuschläge für Gas- und HEPA-Filter sowie Wärmerückführungsbauteile erweitert werden.

Können derartige Anlagen die Feuchte der Raumluft unmittelbar verändern, sind diese mit selbsttätig wirkenden Regelungseinrichtungen auszustatten, mit denen getrennte Sollwerte für die Be- und die Entfeuchtung eingestellt werden können und bei denen als Führungsgröße mindestens die direkt gemessene Zu- oder Abluftfeuchte dient.

Lüftungsanlagen müssen mit Einrichtungen zur selbsttätigen Regelung der Volumenströme in Abhängigkeit von den thermischen und stofflichen Lasten oder zur Einstellung der Volumenströme in Abhängigkeit von der Zeit ausgestattet werden, wenn der Zuluftvolumenstrom dieser Anlagen je Quadratmeter versorgter Nettogrundfläche, bei Wohngebäuden je Quadratmeter versorgter Gebäudenutzfläche neun Kubikmeter pro Stunde überschreitet.

Betreiber von Klimaanlageanlagen (Neuanlagen) mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als zwölf kW haben wiederkehrend mindestens alle zehn Jahre die Anlagen einer Inspektion zu unterziehen. Diese ist durch im Sinne der EnEV berechtigten Personen durchführen zu lassen.

Die Anforderungen an die Wärmedämmung von Rohrleitungen (EnEV Anlage 5 Tabelle 1) von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen wie auch der Armaturen sind zukünftig ebenso an Leitungen der Kälteverteilung und des Kaltwassers gestellt. Neben den üblichen Rohrdämmstoffen dürfen auch andere Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wärmedämmwirkung angerechnet werden, z. B. die Wärmedämmung von Leitungswänden.

Anforderungen aus dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2009

3.11.1

Die Bundesregierung hat im Vorgriff auf die EnEV 2009 bereits im Januar 2009 das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) erlassen. Dieses Gesetz steht im engen Zusammenhang mit der EnEV.

Die Eigentümer neu errichteter Gebäude müssen zukünftig Erneuerbare Energien nutzen. Das gilt unabhängig davon, ob es sich um ein Wohngebäude oder ein Nichtwohngebäude handelt. Auch vermietete Immobilien unterliegen der Pflicht. Eigentümer alter Gebäude können ein Förderprogramm der Bundesregierung in Anspruch nehmen, wenn sie freiwillig erneuerbare Energien nutzen. Ein Gebäude ist ein neues Gebäude im Sinne des EEWärmeG, wenn es nach dem 1.1.2009 fertig gestellt wird.

Es existieren unterschiedliche Möglichkeiten, den Forderungen des EEWärmeG zu genügen. Die Strahlungsenergie der Sonne kann durch solarthermische Anlagen genutzt werden (EEWärmeG §5, Absatz 1). Um die Nutzungspflicht des Wärmegesetzes zu erfüllen, müssen Gebäude den Wärmeenergiebedarf in diesem Fall zu mindestens 15 Prozent aus Solarenergie decken. Der Nachweis für Wohngebäude gilt als erfüllt, wenn die Kollektorfläche zur Trinkwassererwärmung bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohnungen $0,04 \text{ m}^2$ Fläche pro m^2 beheizter Nutzfläche (berechnet nach EnEV) bei größeren Wohngebäuden $0,03 \text{ m}^2$ Fläche pro m^2 beheizter Nutzfläche aufweist. Zu beachten ist, dass die Pflicht nur dann erfüllt wird, wenn der Kollektor

mit dem europäischen Prüfzeichen „Solar Keymark“ zertifiziert ist (eine Ausnahme gilt hier nur für Luftkollektoren).

Grundsätzlich kann auch flüssige, gasförmige und jede Form von fester Biomasse zur Pflichterfüllung genutzt werden (EEWärmeG §5, Absätze 2 und 3). Es muss sich dabei allerdings um Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung handeln. So dürfen die „klassischen“ Brennstoffe Holzpellets, Holzhackschnitzel und Scheitholz genutzt werden. Wer feste Biomasse nutzt, muss seinen Wärmebedarf (Warmwasser, Raumwärme und Kühlung) zu mindestens 50 Prozent daraus decken. Das Gesetz stellt zusätzlich zu diesem Mindestanteil gewisse ökologische und technische Anforderungen, die den umweltverträglichen Einsatz der Technologien gewährleisten sollen. So muss ein Ofen, in dem feste Biomasse verbrannt wird, dem Stand der BImSchV entsprechen und einen Kesselwirkungsgrad von mindestens 86 Prozent erreichen. Damit können auch Einzelraumfeuerungsstätten hinsichtlich der Nutzungspflicht grundsätzlich angerechnet werden, wenn sie die zuvor genannten technischen Bedingungen erfüllen. Die Zulässigkeit der Anrechnung von Einzelfeuerstätten obliegt allerdings den Bundesländern.

Neben Solarenergie und Biomasse kann auch Umweltwärme genutzt werden (EEWärmeG §5, Absatz 4). Dies ist Wärme, die Luft oder Wasser entnommen wird. In Abgrenzung zur Abwärme muss es sich um natürliche Wärmequellen handeln.

Geothermie, also Wärme, die aus dem Erdinnern kommt wird je nach Tiefe der Erdbohrung unterschieden zwischen tiefer Geothermie und erdoberflächennaher Geothermie. Während die tiefer gelegenen Erdschichten Wärme mit hohen Temperaturen bergen, muss die erdoberflächennahe Erdwärme mit Hilfe einer Wärmepumpe auf das gewünschte Temperaturniveau angehoben werden. Wer Erdwärme oder Umweltwärme nutzt, muss seinen Wärmebedarf zu mindestens 50 Prozent daraus decken. Das Gesetz stellt auch hier ökologische und technische Anforderungen, z. B. bestimmte Jahresarbeitszahlen beim Einsatz von Wärmepumpen, damit der umweltverträgliche Einsatz der Technologien gewährleistet ist. Die Mindest-Jahresarbeitszahl als das Verhältnis von eingesetzter Energie (Gas oder Strom) und gewonnener Energie (Wärme) wird für unterschiedliche Wärmepumpentypen gefordert. Um diese nachvollziehen zu können, muss die Wärmepumpe grundsätzlich über einen Wärmemengen- und Stromzähler verfügen. Bezieht ein Gebäudeeigentümer Wärme, die durch einen Müllverbrennungsprozess (EEWärmeG §7) gewonnen wird, muss sichergestellt sein, dass mindestens zu 50 Prozent biologisch abbaubare Anteile am Müll verbrannt werden. Auch kann eine hocheffiziente Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Pflicht erfüllend genutzt werden. Bei Nutzung von Wärme aus einem Nah- oder Fernwärmenetze (EEWärmeG §7 Nr. 3), ist die Zusammensetzung dieser Wärme entscheidend. Hiernach gilt der Anschluss an ein Nah- und

3.11.2 Anforderungen aus dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2009

Fernwärmenetz dann als Pflicht erfüllende Ersatzmaßnahme im Sinne des EEWärmeG, wenn zu einem wesentlichen Anteil erneuerbare Energien (biologisch abbaubare Anteile am Müll), zu mehr als 50 % Abwärme oder hocheffiziente KWK genutzt werden.

Nicht immer ist der Einsatz erneuerbarer Energien sinnvoll und so können anstelle erneuerbarer Energien Ersatzmaßnahmen (EEWärmeG §7) ergriffen werden, die ähnlich Klima schonend sind. Dazu zählt die Nutzung von Abwärme. Dies ist Wärme, die bereits unter Einsatz von Energie gewonnen wurde (z. B. Lüftungswärmerückgewinnung). Die „Wiederverwertung“ von Abwärme ist dann anrechenbar, wenn mindestens 50 % des Wärmebedarfs aus Abwärme gewonnen werden. Die Nutzung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) nutzt Ressourcen zur

Stromerzeugung und gleichzeitigen Wärmeengewinnung. Hier ist ein Mindestanteil von 50 % vorgesehen.

Die Verbesserung der Wärmedämmung des Gebäudes um mehr als 15 % gegenüber den Anforderungen der EnEV bei gleichzeitiger Unterschreitung des zulässigen Primärenergiebedarfs gilt ebenso als Ersatzmaßnahme wie der Anschluss an ein Netz der Nah- oder Fernwärmeversorgung, sofern das Netz zu einem wesentlichen Teil mit erneuerbaren Energien bzw. zu mehr als 50% auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung oder Abwärme betrieben wird.

Entscheidend bei allen Varianten der möglichen Maßnahmen ist deren Kombinationsmöglichkeit. So muss der reduzierte Deckungsanteil einer einzelnen Technologie durch die Restdeckung einer oder mehrerer weiterer Technologien ergänzt werden.

Die EnEV berücksichtigt die Anforderungen des EEWärmeG insofern, als sie beim Referenzwohngebäude schon eine solare Warmwasserbereitung annimmt und im Energieausweis die Dokumentation der Nutzung erneuerbarer Energien regelt.

Die detaillierte Nachweisführung ist bislang z. B. durch Mustervordrucke oder ähnliches nicht vorgegeben, da diese Regelungen Sache der Länderbauaufsicht ist. Der Nachweisführende muss hier in enger Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden individuell tätig werden.

Energieausweise

Der Abschnitt 5 der EnEV regelt die Randbedingungen zur Ausstellung eines Energieausweises. Grundsätzlich sind zwei Arten von Energieausweisen zu unterscheiden. Auf der einen Seite darf für sämtliche Wohngebäude der Ausweis auf Grundlage des rechnerischen Energiebedarfs ausgestellt werden (§18).

Für Bestandswohngebäude dürfen auf Grundlage des erfassten Energieverbrauchs witterungsbereinigte Energieverbräuche in einem Verbrauchsausweis aufgeführt werden (§19). Nach dem 1. Oktober 2009 dürfen Verbrauchsausweise nur für Wohngebäude ausgestellt werden,

die mindestens 5 Wohnungen haben und einen Wärmeschutz aufweisen, der mindestens dem der Wärmeschutzverordnung von 1977 entspricht. Gebäude mit schlechterem Wärmeschutz müssen immer über den Energiebedarf bewertet werden.

Die Ausstellungsberechtigung für Energieausweise bei zu errichtenden Gebäuden ist nach den Landesbauordnungen geregelt. Für Bestandswohngebäude sind diese Regelungen in § 21 enthalten. Hierbei ist insbesondere die Qualifikation der Aussteller und eine unter Umständen erforderliche Fortbildungsverpflichtung zu beachten (Anlage 11 EnEV).

Städtebau:

- Südorientierung der Fassaden mit Hauptfensterflächen.
- Ausreichende Gebäudeabstände zur Solarnutzung bei tiefstehender Sonne.
- Höchstmögliche Verdichtung durch Reihenhäuser oder Blockbebauung.
- Solarorientierte Dachneigungen und Firstlinien.
- Begrünung zur sommerlichen Verschattung und zur Beeinflussung des Mikroklimas.

Architektur:

- Kompakte Baukörper mit möglichst breiter Südfreit bei reduzierter Gebäudetiefe.
- Keine Vor- und Rücksprünge von mehr als 0,5 m aus der Baulinie.
- Anordnung von Pufferräumen oder Gebäudeteilen untergeordneter Nutzung im Norden.
- Verzicht auf Erker und Gauben bei vereinfachten Dachformen.
- Sinnvoll aufeinander abgestimmtes Dämmkonzept.
- Darstellung aller wichtigen Baudetails im Rahmen der Ausführungsplanung.
- Erstellung spezifizierter Ausschreibungsunterlagen mit exakten Produktangaben.

Passive Solarenergienutzung:

- Fensterflächenanteile südorientierter Fassaden ffl 50 %, übrige Anteile nicht über die zur Belichtung notwendigen hinaus.
- Optimierte Flächenorientierung und -neigung zur passiven und aktiven Solarenergienutzung.
- Gebäudezonierung und -schnitt nach Nutzungszonen mit unterschiedlichen Raumtemperaturen.
- Anordnung speicherfähiger Innenbauteile im Strahlengang der Sonne.
- Verzicht auf raumseitige Dämmschichten.

Lüftungskonzept:

- Luftdichtheit der Gebäudehülle anstreben.
- Bei Fensterlüftung Möglichkeit der Querlüftung schaffen.
- Nicht jedes Fenster muss offenbar sein.
- Innenliegende Räume oder solche mit hohem notwendigen Luftwechsel mit mechanischer Abluft versehen.
- Zuluftvorwärmung über Glasanbauten oder Erdreich möglich.
- Notwendigkeit einer mechanischen Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung prüfen.

Baulicher Wärmeschutz:

- Zweischalige Außenwände mit sinnvollem Wärmeschutz.
- Fenster mit mindestens doppelt verglasten Wärmeschutzgläsern mit Edelgasfüllung und Infrarotverspiegelung und gleichzeitig hohem Gesamtenergiedurchlassgrad.
- Hochwärmedämmende Fensterrahmen mit möglichst großer Blendrahmenstärke zum Erzielen einer hohen Luftdichtheit in der Einbaufuge.
- Außentüren mit wärmegeämmter Füllung.
- Schrägdächer mit Vollsparren- und Untersparrendämmung und abgestimmten Dichtheitschichten.
- Großzügige Wärme- und Trittschalldämmungen unter schwimmenden Estrichen.
- Hochwertige Dämmung von Abseitenwänden, Gauben und Deckenflächen gegen Außenluft.

Bauausführung:

- Vermeidung von Wärmebrücken an Bauteilanschlüssen (Deckenaufleger, Rolllädenkästen, Dachanschlüsse).
- Verwendung geeigneter Materialien und Materialkombinationen (Dämmung der Satteldächer).
- Einsatz hochwertiger Verglasungen in wärmegeämmten Fensterrahmen (insbesondere bei Dachflächenfenstern).
- Überwachung der Bauausführung an handwerklich schwierigen Baudetails (Dachanschlüsse, Kehlgebälk, Abseiten).
- Ausführung dauerhaft luft- und winddichter Anschlüsse (Kehlgebälk, Gauben, Fenstereinbaufugen).
- Thermische Trennung auskragender und in Kaltbereiche ragender Bauteile (Balkone, Vordächer).
- Überprüfung der wärmetechnischen Kennwerte anhand von Produktbegleitzetteln und Lieferscheinen.

Haustechnik:

- Kurze Heiz- und Warmwasserleitungen zur Verringerung der Verteilverluste.
- Aufstellort der Wärmeerzeugung innerhalb der thermischen Hülle.
- Ausreichende Dämmung der Rohrleitungen auch bei Verlegung in Bauteilen und bei Durchdringungen.
- Einbau zeitlich steuerbarer Zirkulationspumpen, Beleuchtung, etc.
- Überprüfung der möglichen Dämmstärke bei Brauchwasserspeichern über die vorhandene hinaus.
- Beschädigungen von Dichtungsebenen durch Elektroinstallationen, Dunstrohre etc. vermeiden.

Einleitung

Nach EnEV §9 dürfen bei Änderungen bestehender Gebäude deren gesamter Primärenergiebedarf sowie der spezifische auf die Hüllfläche bezogene Transmissionswärmeverlust insgesamt nicht mehr als das 1,4-fache des Wertes von zu errichtenden Gebäuden aufweisen. Alternativ können die geänderten Gebäudeteile in Abhängigkeit der Festlegungen der

Wärmedurchgangskoeffizienten nach Anlage 3 EnEV dimensioniert werden. Zur Erstellung eines bedarfsorientierten Energieausweises macht die Bewertung nach Bauteilkennwerten keinen Sinn, so dass eine Energiebilanz des Gesamtgebäudes zu bevorzugen ist.

Um Bestandswohngebäude zur Erstellung eines Energiebedarfsausweises rechnerisch bewerten zu können, sind in Anlage 3 EnEV sowie in Veröffentlichungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Regeln der Technik niedergeschrieben worden, die eine sachgerechte Bilanzierung der Energieflüsse erlauben.

Randbedingungen zur Energiebilanz

Die Randbedingungen zur Energiebilanz nach DIN V 4108-6 weichen in einigen Bereichen von denen zu errichtender Gebäude ab. So sind z. B. bei Vorhandensein von Innendämmungen an Außenwänden die zusätzlichen Wärmebrückeneffekte deutlich größer als bei Neubauten. Wenn mehr als 50% der Außenwandfläche mit einer Innendämmung ver-

sehen wird, ist der pauschale Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} auf $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu erhöhen.

Die Luftwechselrate berücksichtigt den aus baulichen Gegebenheiten resultierenden Infiltrationsluftwechsel. Weist ein Bestandsgebäude offensichtliche Undichtheiten an Fensterfugen oder im Dachbereich auf, ist die Luftwechselzahl n mit $1,0 \text{ h}^{-1}$ an-

zusetzen. Bei Altbauten mit üblicherweise kleineren Fenstern als im Neubau, ist in der Regel von einem höheren Rahmenanteil auszugehen. Der Abminderungsfaktor F_F ist in diesem Fall auf $0,6$ festgelegt. Alle weiteren Randbedingungen sind exakt gleich mit denen des Monatsbilanzverfahren für zu errichtende Gebäude.

Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung

Regeln der Technik

Die Bewertung von Bestandswohngebäuden erfordert die Kenntnis der wärmeschutztechnischen Kennwerte der Bauteile und der Kennwerte der Anlagentechnik. Da diese Eigenschaftswerte häufig schwierig zu beschaffen sind, hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung öffentliche Bekanntmachungen gemäß §9 Abs. 2 Satz 3 EnEV veranlasst. Inhalt dieser „Datenrichtlinie“ genannten Informationen sind Vereinfachungen für die Aufnahme geometrischer Abmessungen, die Ermittlung energetischer Kennwerte sowie Erfahrungswerte für Bauteile und Anlagenkomponenten von Bestandsgebäuden. Da diesen Bekanntmachungen der Stellenwert anerkannter Regeln der Technik zukommt, können sie im Rahmen der Energieausweiserstellung herangezogen werden. Zur Erstellung eines Energieausweises

auf Basis des rechnerischen Energiebedarfs sind die im Folgenden aufgeführten Regeln zu beachten.

Vereinfachungen beim geometrischen Aufmaß

Die geometrischen Abmessungen eines Bestandswohngebäudes können zum Teil mit vereinfachten Annahmen festgelegt werden. So darf die Ermittlung der Fensterflächen inkl. Außentüren pauschal mit 20% der Wohnfläche erfolgen. Diese Fensterflächen sind dann vollständig ost-/westorientiert im Rechenweg anzunehmen. Ist die Wohnfläche eines Gebäudes nicht bekannt, kann sie aus der nach EnEV ermittelten Gebäudenutzfläche errechnet werden: bei Ein- und Zweifamilienhäusern mit beheiztem Keller beträgt $A_{\text{Wohnfl.}} = A_N/1,35$, bei allen übrigen Wohngebäuden ist $A_{\text{Wohnfl.}} = A_N/1,2$.

Rollladenkästen können pauschal mit 10% der Fensterfläche angesetzt werden. Vor- und Rücksprünge der Fassade bis zu 0,5 m dürfen übermessen werden und pauschal mit einem Zuschlag auf H_T von 5% angesetzt werden. Die gleiche Vorgehensweise ist bei vorhandenen Dachgauben möglich, deren Ansichtslänge l auf 0,5 m genau bestimmt werden darf und die mit einem Zuschlag auf H_T von 10 W/K pro Gaubenseitenwand berücksichtigt wird. Die aus Gauben bedingte Volumenerhöhung ΔV_e beträgt $9 \text{ m}^3 \cdot l$

Innenliegende Kellerabgänge dürfen ebenfalls übermessen werden. In der Berechnung erfolgt ein Zuschlag auf H_T von 50 W/K pro Kellerabgang. Die daraus bedingte Volumenerhöhung ΔV_e beträgt 35 m^3 je Kellerabgang. Heizkörpernischen können mit 50% der Fensterfläche abgeschätzt werden.

3.13.2. Bestandswohngebäude

Energetische Qualität von Bauteilen und Anlagentechnik

Die Datenrichtlinie des BMVBS enthält zur Beschreibung der energetischen Qualität der wärmetauschenden Hüllfläche ein umfangreiches Tabellenwerk mit nach Baualtersklassen eingestuftem Wärmedurchgangskoeffizienten für Dächer, Dachgeschossdecken, Außenwänden, Kellerdecken und Fenster. Die Kennwerte der opaken Bauteile sind zudem für die Basisausführung zuzüglich nachträg-

licher Dämmschichten aufgeführt, so dass eine Abschätzung der Dämmeigenschaften ohne exakte Kenntnis der Bauteilaufbauten möglich ist.

Die energetische Bewertung der Komponenten der Anlagentechnik erfolgt analog dem Tabellen-Verfahren der DIN V 4701-10. Die Datenrichtlinie enthält umfangreiche Tabelleneinträge mit nutzflächenbezo-

genen pauschalen Kennwerten der einzelnen Prozessbereiche, so dass in Verbindung mit DIN V 4701-10 und DIN 4701-12 die Gesamtaufwandszahlen bestehender Heiz-, Warmwasser- und Lüftungsanlagen bestimmt werden können. Auf Grund des großen Umfangs dieser Tabellen wird auf eine Darstellung verzichtet.

Anforderungen an Einzelbauteile

Werden Außenbauteile nach EnEV §9 saniert oder Gebäudeerweiterungen bis zu 50 m² Nutzfläche geplant, sind die betroffenen Außenbauteile nach den folgenden Abschnitten 1 bis 7 auszuführen (Auszug EnEV Anlage 3):

Außenwände

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen Außenwände

- a) ersetzt, erstmalig eingebaut oder in der Weise erneuert werden, dass
- b) Bekleidungen in Form von Platten oder plattenartigen Bauteilen oder Verschalungen sowie Mauerwerks-Vorsatzschalen angebracht werden,
- c) Dämmschichten eingebaut werden oder
- d) bei einer bestehenden Wand mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten größer 0,9 W/(m²·K) der Außenputz erneuert wird,

ist ein Höchstwert der Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,24 W/(m²·K) einzuhalten (siehe Tabelle 7). Bei einer Kerndämmung von mehrschaligem Mauerwerk gemäß Buchstabe c gilt die Anforderung als erfüllt, wenn der bestehende Hohlraum zwischen den Schalen vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird. Beim Einbau von innenraumseitigen Dämmschichten gemäß Buchstabe c gelten die Anforderungen des Satzes 1 als erfüllt, wenn der

Wärmedurchgangskoeffizient des entstehenden Wandaufbaus 0,35 W/(m²·K) nicht überschreitet. Werden bei Außenwänden in Sichtfachwerkbauweise, die der Schlagregenbeanspruchungsgruppe I nach DIN 4108-3 : 2001-06 zuzuordnen sind und in besonders geschützten Lagen liegen, Maßnahmen gemäß Buchstabe a, c oder d durchgeführt, gelten die Anforderungen gemäß Satz 1 als erfüllt, wenn der Wärmedurchgangskoeffizient des entstehenden Wandaufbaus 0,84 W/(m²·K) nicht überschreitet; im Übrigen gelten bei Wänden in Sichtfachwerkbauweise die Anforderungen nach Satz 1 nur in Fällen von Maßnahmen nach Buchstabe b. Werden Maßnahmen nach Satz 1 ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) eingebaut wird.

Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster und Glasdächer

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster und Glasdächer in der Weise erneuert werden, dass

- a) das gesamte Bauteil ersetzt oder erstmalig eingebaut wird,
- b) zusätzliche Vor- oder Innenfenster eingebaut werden oder
- c) die Verglasung ersetzt wird, sind die Anforderungen nach Tabelle 7 Zeile 2 einzuhalten. Satz 1 gilt nicht

für Schaufenster und Türanlagen aus Glas. Bei Maßnahmen gemäß Buchstabe c gilt Satz 1 nicht, wenn der vorhandene Rahmen zur Aufnahme der vorgeschriebenen Verglasung ungeeignet ist. Werden Maßnahmen nach Buchstabe c ausgeführt und ist die Glasdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn eine Verglasung mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von höchstens 1,30 W/(m²·K) eingebaut wird. Werden Maßnahmen nach Buchstabe c an Kasten- oder Verbundfenstern durchgeführt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn eine Glas-tafel mit einer infrarot-reflektierenden Beschichtung mit einer Emissivität $\epsilon_n \leq 0,2$ eingebaut wird. Werden bei Maßnahmen nach Satz 1

1. Schallschutzverglasungen mit einem bewerteten Schalldämmmaß der Verglasung von $R_{w,R} > 40 \text{ dB}$ nach DIN EN ISO 717-1 : 1997-01 oder einer vergleichbaren Anforderung oder

Anforderungen an Einzelbauteile

2. Isolierglas-Sonderaufbauten zur Durchschusshemmung, Durchbruchhemmung oder Sprengwirkungshemmung nach anerkannten Regeln der Technik oder
3. Isolierglas-Sonderaufbauten als Brandschutzglas mit einer Einzelelementdicke von mindestens 18 mm nach DIN 4102-13 : 1990-05 oder einer vergleichbaren Anforderung

verwendet, sind abweichend von Satz 1 die Anforderungen nach Tabelle 7 Zeile 3 einzuhalten.

Außentüren

Bei der Erneuerung von Außentüren dürfen nur Außentüren eingebaut werden, deren Türfläche einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht überschreitet. Nr. 2 Satz 2 bleibt unberührt.

Decken, Dächer und Dachschrägen

Steildächer

Soweit bei Steildächern Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen sowie Decken und Wände (einschließlich Dachschrägen), die beheizte oder gekühlte Räume nach oben gegen die Außenluft abgrenzen,

- a) ersetzt, erstmalig eingebaut oder in der Weise erneuert werden, dass
- b) die Dachhaut bzw. außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen ersetzt oder neu aufgebaut werden,
- c) innenseitige Bekleidungen oder Verschalungen angebracht oder erneuert werden,
- d) Dämmschichten eingebaut werden,
- e) zusätzliche Bekleidungen oder Dämmschichten an Wänden zum unbeheizten Dachraum eingebaut werden,

sind für die betroffenen Bauteile die Anforderungen nach Tabelle 7 Zeile 4a einzuhalten. Wird bei Maßnahmen nach Buchstabe b

oder d der Wärmeschutz als Zwischensparrendämmung ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke wegen einer innenseitigen Bekleidung oder der Sparrenhöhe begrenzt, so gilt die Anforderung als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke eingebaut wird. Die Sätze 1 und 2 gelten nur für opake Bauteile.

Flachdächer

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen Flachdächer

- a) ersetzt, erstmalig eingebaut oder in der Weise erneuert werden, dass
- b) die Dachhaut bzw. außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen ersetzt oder neu aufgebaut werden,
- c) innenseitige Bekleidungen oder Verschalungen angebracht oder erneuert werden,
- d) Dämmschichten eingebaut werden,

sind die Anforderungen nach Tabelle 7 Zeile 4 b einzuhalten. Werden bei der Flachdacherneuerung Gefälledächer durch die keilförmige Anordnung einer Dämmschicht aufgebaut, so ist der Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN ISO 6946 : 1996-11 Anhang C zu ermitteln. Der Bemessungswert des Wärmedurchgangswiderstandes am tiefsten Punkt der neuen Dämmschicht muss den Mindestwärmeschutz nach § 7 Absatz 1 gewährleisten. Werden Maßnahmen nach Satz 1 ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) eingebaut wird. Die Sätze 1 bis 4 gelten nur für opake Bauteile.

Wände und Decken gegen unbeheizte Räume, Erdreich und nach unten an Außenluft

Soweit bei beheizten Räumen Decken oder Wände, die an unbeheizte Räume, an Erdreich oder nach unten an Außenluft grenzen,

- a) ersetzt, erstmalig eingebaut oder in der Weise erneuert werden, dass
- b) außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen, Feuchtigkeitssperren oder Drainagen angebracht oder erneuert,
- c) Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite aufgebaut oder erneuert,
- d) Deckenbekleidungen auf der Kaltseite angebracht oder
- e) Dämmschichten eingebaut werden,

sind die Anforderungen nach Tabelle 7 Zeile 5 einzuhalten, wenn die Änderung nicht von Nr. 4.1 erfasst wird. Werden Maßnahmen nach Satz 1 ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) eingebaut wird.

Vorhangfassaden

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen Vorhangfassaden in der Weise erneuert werden, dass das gesamte Bauteil ersetzt oder erstmalig eingebaut wird, sind die Anforderungen nach Tabelle 7 Zeile 2 d einzuhalten. Werden bei Maßnahmen nach Satz 1 Sonderverglasungen entsprechend Nr. 2 Satz 2 verwendet, sind abweichend von Satz 1 die Anforderungen nach Tabelle 1 Zeile 3 c einzuhalten.

3.13.4 Bestandswohngebäude

Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen				
Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$
			Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{\text{max}}^{1)}$	
	1	2	3	4
1	Außenwände	Nr. 1 a bis d	0,24 W/(m ² · K)	0,35 W/(m ² · K)
2a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren	Nr. 2 a und b	1,30 W/(m ² · K) ²⁾	1,90 W/(m ² · K) ²⁾
2b	Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,40 W/(m ² · K) ²⁾	1,90 W/(m ² · K) ²⁾
2c	Verglasungen	Nr. 2 c	1,10 W/(m ² · K) ³⁾	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,50 W/(m ² · K) ⁴⁾	1,90 W/(m ² · K) ⁴⁾
2e	Glasdächer	Nr. 2 a und c	2,00 W/(m ² · K) ³⁾	2,70 W/(m ² · K) ³⁾
3a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a und b	2,00 W/(m ² · K) ²⁾	2,80 W/(m ² · K) ²⁾
3b	Sonderverglasungen	Nr. 2 c	1,60 W/(m ² · K) ³⁾	keine Anforderung
3c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,30 W/(m ² · K) ⁴⁾	3,0 W/(m ² · K) ⁴⁾
4a	Decken, Dächer und Dachschrägen	Nr. 4.1	0,24 W/(m ² · K)	0,35 W/(m ² · K)
4b	Flachdächer	Nr. 4.2	0,20 W/(m ² · K)	0,35 W/(m ² · K)
5a	Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	Nr. 5 a, b, d und e	0,30 W/(m ² · K)	keine Anforderung
5b	Fußbodenaufbauten	Nr. 5 c	0,50 W/(m ² · K)	keine Anforderung
5c	Decken nach unten an Außenluft	Nr. 5 a bis e	0,24 W/(m ² · K)	0,30 W/(m ² · K)

Tabelle 7

- 1) Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils unter Berücksichtigung der neuen und der vorhandenen Bauteilschichten; für die Berechnung opaker Bauteile ist DIN EN ISO 6946 : 1996-11 zu verwenden.
- 2) Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters; der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters ist technischen Produkt-Spezifikationen zu entnehmen oder gemäß den nach den Landesbauordnungen bekannt gemachten energetischen Kennwerten für Bauprodukte zu bestimmen. Hierunter fallen insbesondere energetische Kennwerte aus europäischen technischen Zulassungen sowie energetische Kennwerte der Regelungen nach der Bauregelliste A Teil 1 und auf Grund von Festlegungen in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.
- 3) Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung; der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung ist technischen Produkt-Spezifikationen zu entnehmen oder gemäß den nach den Landesbauordnungen bekannt gemachten energetischen Kennwerten für Bauprodukte zu bestimmen. Hierunter fallen insbesondere energetische Kennwerte aus europäischen technischen Zulassungen sowie energetische Kennwerte der Regelungen nach der Bauregelliste A Teil 1 und auf Grund von Festlegungen in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.
- 4) Wärmedurchgangskoeffizient der Vorhangfassade; er ist nach anerkannten Regeln der Technik zu ermitteln.

Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen 3.14.1

Neue Standards in „alten“ Hüllen



© Hyperdämm

Bestand mit ungedämmter zweischaliger Wand aus Ziegel.

In immer kürzeren Abständen erhöhen sich die energetischen Anforderungen an Gebäude. Die einmal für gut befundene Konstruktion droht hinter den heute notwendigen Standards zurückzubleiben. Dagegen hilft die nachträgliche Wärmedäm-

mung der Außenwände. Eine Methode, mit der sich Energiebilanz, Wirtschaftlichkeit und Komfort zukunftstauglich vereinen lassen. Richtig gemacht können außerdem die schon vorhandenen Qualitäten des Backsteins, wie Wetterschutz, Haltbarkeit und Aussehen, auch weiterhin genutzt werden. Die einmal geschaffenen Werte bleiben erhalten, ja werden sogar noch vergrößert. Hier werden bewährte Maßnahmen aufgezeigt, Bestandsgebäude im Sinne der „Modernen Energiebauweisen“ nachzurüsten. Ausführliche Informationen finden Sie in Kapitel 7.5 bis 7.7.1.



© Hyperdämm

Intakter Schalenzwischenraum zur nachträglichen Kerndämmung.

Drei Möglichkeiten zur Verbesserung des Wärmeschutzes

Bei zweischaligen Bauweisen bieten sich folgende Maßnahmen zur nachträglichen Dämmung an: Kerndämmung, vollständige Erneuerung der Vorsatzschale plus Dämmung und Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit Riemchen

auf der bestehenden Vormauerschale. Die besten U-Werte und damit der höchste bauliche Wärmeschutz wird durch die Erneuerung der Vorsatzschale erreicht. Die am häufigsten angewandte Methode ist wegen der technischen

Einfachheit und der energetischen Wirksamkeit die Kerndämmung: Der schon vorhandene Luftraum zwischen tragender Wand und Vormauerschale wird dabei vollständig mit Dämmstoff verfüllt.

Kerndämmung – die Luft kann raus

Eine nachträgliche Vollfüllung der Luftschicht ist völlig sicher.

In nahezu drei Jahrzehnten Praxis ist bei fachgerechter Vollämmung und mängelfreier Vormauerschale kein einziger Schadensfall bekannt geworden. Selbst der befürchtete Wärmebrückeneffekt und

damit Tauwasserbildung in der Konstruktion ist nicht eingetreten. Vielmehr wird das Schimmelrisiko auch an durchstoßenden Bauteilen reduziert. Zugleich wird das Temperaturniveau der innenliegenden Bauteile einschließlich der Wärmebrücken angehoben. Fachgerecht hergestellt erfüllen auch nach-

trägliche Dämmungen die Forderungen der DIN 1053 – dann eben als zweischalige Außenwände mit Kerndämmung.



© Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.

Vollfüllen des Schalenzwischenraums durch Entnahme eines Steins der Vormauerschale.



© Rockwool

Vollfüllen des Schalenzwischenraums durch Bohrlöcher.

3.14.2 Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen

Kerndämmung sicher ausführen

Garant für eine funktionierende Kerndämmung ist die fachgerechte Ausführung. Diese beginnt bei der Gebäudebestandsaufnahme. Hierbei wird die vorhandene Konstruktion auf Eignung überprüft: auf intakte Verfugung, luftdichte Bauteilanschlüsse, durchgängige Luftschicht, mangelfreie Drahtanker und regelgerechte

Verarbeitungsmöglichkeit der Dämmstoffe. Für die Begutachtung der Luftschicht ist nur eine Technoskopie zuverlässig.

Und ganz wichtig: Nach der Ausführung sollte die tatsächliche Vollfüllung mittels Wärmebildkamera kontrolliert werden! All dies sind Qualitätskriterien für die Wahl eines Anbieters.



© Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.

Der Zwischenraum wird mittels Technoskopie auf Eignung geprüft

Hydrophobierung – der richtige Dämmstoff

Dämmstoffe für jede Art von Kerndämmung müssen nach DIN 1053 hydrophobiert (wasserabweisend), unverrottbar, nicht brennbar und umweltverträglich sein. Zur nachträglichen Dämmung werden die Dämmstoffe entweder geschüttet, eingeblasen oder geschäumt. Dafür werden Öff-

nungen gebohrt, besser noch einzelne Steine freigefräst und nach der Vollfüllung wieder eingesetzt.

Der Markt bietet eine Reihe von bewährten Dämmstoffen: Perlite, ein mit Silicium hydrophobiertes Lavagestein, RigiPerl 035 und HK35, zwei

Polystyrol-Partikelschäume, Rockwool-Granulat, ein naturharzgebundenes Steinwollzeugnis, SLS 20, ein Granulat aus Blähglas und Iso-Schaum, ein Kunstharzprodukt aus dem Bergbau.

Gut informiert ist halb gebaut.

Welches Material am besten eingesetzt wird und wie sich die Maßnahme rechnet, lässt sich nur Objekt abhängig bestimmen. Ratsam sind daher immer Beratungen durch Dämmstoffanbieter und erfahrene Handwerker. Detaillierte Informationen erhalten Planer und Bauherren bei den Dämmstoffanbietern.

Hier die wichtigsten:

- **Gesamtverband Dämmstoffindustrie GDI**
www.g-d-i.de
- **Perlite**
www.knauf-perlite.de
- **Rigiperl® 035**
www.rigips.de
- **HK-35**
www.hk-35.de
- **Iso-Schaum**
www.schaumsystemzentrale.de
- **Steinwoll-Granulat KD**
www.rockwool.de
- **SLS-20**
www.ecoba.de

Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen 3.14.3

Fördermittel für energetische Sanierungen

Fördermittel für energetische Sanierungen nutzen. Angesichts der Einbaupreise von etwa 330,- bis 350,- EUR/m³ (bei 10 cm Dämmstärke also 33,- bis 35,- EUR/m²) ist eine Inanspruchnahme von Fördermitteln ratsam. So bezuschussen die Länder Hamburg und Bremen Kerndämmungen als Einzelmaßnahmen per se mit 4,- EUR/m² (Klimaschutzprogramm „Wärmeschutz im Gebäudebestand, www.arbeitundklimaschutz.de). Die bundesweiten Fördermittel aus dem

CO₂-Sanierungsprogramm der KfW-Förderbank (www.kfw.de) sind zwar höher, dafür bestehen auch höhere Anforderungen an die Ausführung. Um Förderfähigkeit zu erlangen, muss die Luftschicht vollständig verfüllt sein und ein Wärmedurchlasswiderstand der Gesamtkonstruktion von mind. 2,3 (m²K)/W erreicht werden. Das bedeutet in der Praxis mindestens 8,0 cm Dämmung bzw. vorhandene Luftschicht. Die Inanspruchnahme der KfW-Mittel empfiehlt sich vor allem

dann, wenn die Außenwand Teil eines ganzen Maßnahmenpaketes zur wärmetechnischen Sanierung eines Gebäudes ist.

Für die Planung solcher Sanierungen und die damit einhergehende Beantragung von Fördermitteln sollte ein zugelassener Energieberater hinzugezogen werden.

(Alle Angaben zu Preisen und Fördermitteln unverbindlich, Stand Frühjahr 2008.)

Standhafter Schutz – Kompletterneuerung Vormauerkonstruktion

Der Abriss der alten Verblendschale ist die beste Lösung für die Modernisierung eines Gebäudes. Denn mit der wärmetechnischen Sanierung kann zugleich eine langfristige Sicherstellung der Standfestigkeit verbunden werden. Dies gilt insbesondere für Gebäude, die vor 1974 errichtet wurden. Erst seit diesem Jahr sind Drahtanker aus nicht rostendem Stahl vorgeschrieben. Im Laufe der Zeit haben sich immer wieder alte Drahtanker als korrosionsanfällig erwiesen.

Die oberste Bauaufsicht in Schleswig-Holstein hat daher mit einem Erlass im Jahr 2002 die Besitzer von zwei- und mehrgeschossigen Häusern aufgefordert, den Zustand der Drahtanker laufend zu prüfen.

Bei der Kompletterneuerung lassen sich durch Kerndämmung Dämmstärken von 15 cm, durch besondere Zulassung bis 20 cm realisieren. Außerdem können Wärmebrücken reduziert und die Bauteilanschlüsse nach neuesten Erkenntnissen opti-

miert werden. Eine solche Maßnahme lohnt sich bei einer Gesamtanierung eines Hauses.

Angesichts steigender Energiepreise können solche Maßnahmen die Wirtschaftlichkeit schon mittelfristig deutlich erhöhen. Und mit dem gerade eingeführten Energiepass für Mietobjekte steigen bei hochwertig sanierten Objekten zudem die finanziellen Chancen der Vermietbarkeit.

Fassadensanierung durch Kerndämmung und eine Vormauer-schale aus Backstein: Fundament, Maueranker und Dämmmatten, Fensteranschluss.



© Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.

3.14.4 Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen

Ein neues warmes Kleid – Verbundsystem mit Klinkerriemchen

Hoher Wärmeschutz plus alle Vorteile keramischer Fassaden: Die nachträgliche Verkleidung eines Gebäudes mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aus Polystyrol- oder Mineralwollplatten bietet eine gute Alternative zur wärmetechnischen Sanierung, ohne auf die Qualitäten eines Ziegelsichtmauerwerkes zu verzichten. Das WDVS wird direkt auf das alte, zuvor gesäuberte, Sichtmauerwerk mittels Mörtel und Dübel aufgebracht. Darauf kommt eine Armierungsschicht aus Armierung und einem zweilagigen Mörtel. Nach vollständiger Austrocknung werden dann im so genannten Floating-Buttering-Verfahren Klinkerriemchen verklebt.

Die nachträgliche Dämmung mit WDVS hat allerdings Tücken. So sollte die vorhandene Luftschicht zwischen tragender Wand und alter Vormauerschale zusätzlich als Kerndämmung vollfüllt werden. Nur so kann auch die erwünschte Dämmwirkung erreicht werden.



© Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.

Verarbeitung von Riemchen auf Wärmedämmverbundsystem: Verkleben auf der Fläche und am Sturz, Verfugen und Glätten.

Passivhäuser mit zweischaligem Mauerwerk 3.15.1

Passivhaus

Ein Passivhaus ist ein Gebäude, das „passiv“ von der Sonne, von inneren Wärmequellen und von zurückgewonnener Wärme angenehm warm gehalten wird. Es braucht daher kein separates aktives Heizsystem. Basis sind allein höchste Qualitäten der Gebäudehülle und eine kontrollierte Wohnlüftung.

Die Anforderungen an Passivhäuser

Gemäß Passivhausinstitut Darmstadt müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Kompakte Bauformen mit optimalem Oberflächen-/Volumen-Verhältnis
- Optimale Orientierung des Gebäudes nach Süden (passive Solarenergienutzung)

- Hochwärmedämmte Fenster: $U_w < 0,8$ [W/(m²·K)], g-Wert $\geq 50\%$
- Überdurchschnittliche Dämmung der Außenbauteile: U-Werte $\leq 0,15$ [W/(m²·K)]
- Wärmebrückenminimierte Konstruktion: $\psi < 0,01$ [W/(m·K)]
- Dichte Gebäudehülle: $n_{50} \leq 0,6$ h⁻¹
- Kontrollierte Wohnlüftung: Anforderung 30 [m³/h·Person] mit Wärmerückgewinnung $\eta > 80\%$ der Abluft
- Geringer Energieverbrauch bei der Brauchwasserbereitung und -verteilung
- Erdwärmetauscher: Vorerwärmung der Frischluft
- Verwendung effizienter Haushaltsgeräte
- Deckung des Restenergieverbrauchs durch Erneuerbare Energien (z. B. thermische Solaranlage)
- Jahresheizenergiebedarf unter 15 [kWh/(m²·a)], Bezugsflächen sind die Wohnfläche
- Primärenergieeinsatz max: 120 [kWh/(m²·a)]



© Bongers Architekten

Passivhaus Projektierungspaket (PHPP)

Nachweisverfahren für den Passivhaus-Standard ist das Passivhaus Projektierungspaket (PHPP). Dieses wurde speziell für Passivhäuser entwickelt, eignet sich aber auch für andere Gebäude. Es handelt sich um ein aus mehreren Nachweisen bestehendes Rechenverfahren zur Ermittlung von Heizwärme- und

Primärenergiebedarf von Gebäuden. Das Verfahren beruht im Wesentlichen auf europäischen Normen. Darüber hinaus enthält es ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der sommerlichen Übertemperaturhäufigkeit von Gebäuden. Bezugsquelle: Passivhaus-Institut (www.passivhaus.de).

Qualität kontrollieren – Zertifizierung

Jede Planung ist so gut wie die Berechnung und Ausführung. Da die EnEV viel Spielraum für individuelle Konzepte lässt, kann der Markt für Planer und Bauherren bisweilen unübersichtlich erscheinen. Die Gütegemeinschaft Niedrigenergie-

Häuser (www.guetezeichen.de) bietet die Überwachung von Planung und Bau eines Einfamilienhauses an. Das Passivhaus-institut nimmt Zertifizierungen von Passivhäusern vor.

Moderne Energiebauweisen – 3.15.2

zweischaliges Ziegelsichtmauerwerk

Zweischalige Energiebauweisen – erhöhter Wärmeschutz

EnEV 2009/KfW-Effizienzhaus 70 und 55, Passivhaus – für all diese Energiestandards bietet zweischaliges Ziegelsichtmauerwerk konstruktive Lösungen in einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis.

Zwar darf nach DIN 1053 der Abstand von Vormauerschale (VMZ) und Hintermauerschale (HMZ) maximal 15 cm betragen, folglich sind im Zwischenraum auch maximal 15 cm Wärmedämmung möglich. Der Markt bietet jedoch Maueranker, die für einen Abstand von bis zu 22 cm zugelassen sind (siehe z. B. www.bever.de). Aufgrund des Tragfähigkeitsnachweises und der bauaufsichtlichen Zulassung der Maueranker kann der Zwischenraum und damit auch die Dämmstärke bei Kerndämmung mit maximal 20 cm erhöht werden. Auf diese Weise sind alle genannten Standards zu erfüllen. Die Stärke der Innenschale beträgt dabei mindestens 17,5 cm.

Energieoptimierung und Feuchteschutz

Die hohen Dämmstärken moderner Energiebauweisen allgemein beeinflussen das bisher bekannte physikalische Verhalten von Fassaden signifikant. So trägt die völlige Abkopplung des Wärmestroms von innen nach außen dazu bei, dass die Oberflächentemperaturen an der Fassade stark absinken. Bei Fassaden mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) ist daher ein neues Phänomen aufgetaucht. Wenn die Abschlusschicht der Fassade aufgrund geringer Dicke und/oder heller Farben solare Wärme im Tagesverlauf nicht speichern kann, bildet sich in klaren, kalten Nächten schnell Raureif an der Bauteiloberfläche – sobald die Oberflächentemperatur die Lufttemperatur unterscheidet. In ungünstigen Lagen kann es dadurch zu vermehrtem Wachstum von Mikroorganismen (Algen,



Detail Wandaufbau Maueranker



Detail Wandaufbau mit Dämmung

Pilzen) kommen, das zur Beeinträchtigung des Fassadenbildes führt. Zwar ist Algenbewuchs kein konstruktiver Schaden, sehr wohl aber ein genauso ernst zu nehmender ästhetischer Schaden, wie das Landgericht Frankfurt am

Main mit Aktenzeichen 19.12.1999 3-130-104/96 urteilte. Fassaden haben neben funktionalen im selben Maße ästhetische und wirtschaftliche Ansprüche zu erfüllen.

3.15.3 Moderne Energiebauweisen – zweischaliges Ziegelsichtmauerwerk

**Fortsetzung:
Energieoptimierung und Feuch-
teschutz**

Die Gefahr ist, wie Erfahrungen in Norddeutschland zeigen, bei Ziegelsichtmauerwerk äußerst gering. Die 11,5 cm starken Verblender zeichnen sich durch hohe Wärmespeicherfähigkeit aus. Die meist dunklen Steine begünstigen die Solarabsorption. Der Feuchtigkeitsanfall ist, wenn überhaupt, sehr klein. Folglich bleiben auch bei hohen wärmegeprägten zweischaligen Außenwänden die bewährten Eigenschaften, wie Witterungs- und Feuchtigkeitsschutz, Langlebigkeit, Beständigkeit des Fassadenbildes, der Verblendschale erhalten.



Algenwachstum und Verfärbungen auf Putzoberflächen bei hochwärmegeprägten Bauweisen. Beim anschließenden Klinkermauerwerk ist kein Algenwachstum vorhanden.

Höchster Standard als planerische Leitlinie

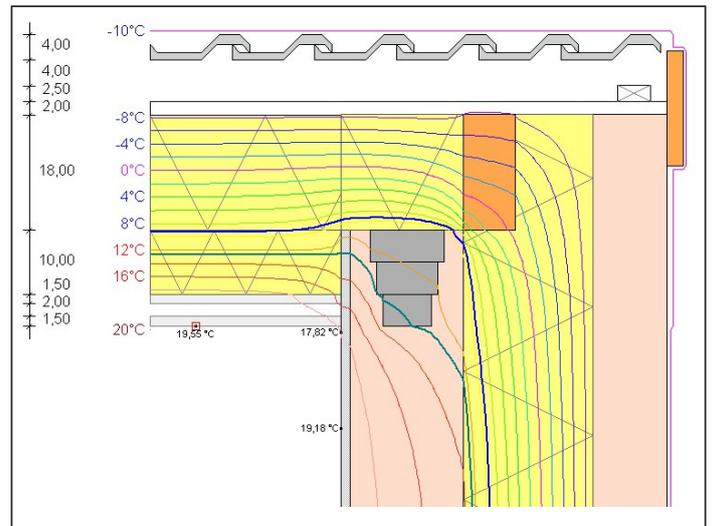
Die energetischen Qualitäten einer Konstruktion hängen im Einzelfall von den Dämmstärken, dem Dämmstoff und seiner Qualifizierung sowie den Steinarten in der Hintermauerschale ab. Um die rechnerischen Vorgaben auch in der Praxis zu erreichen, müssen ebenfalls hohe Standards in der Verarbeitung eingehalten werden.

Planungshilfe – Konstruktion und Wärmebrückennachweis

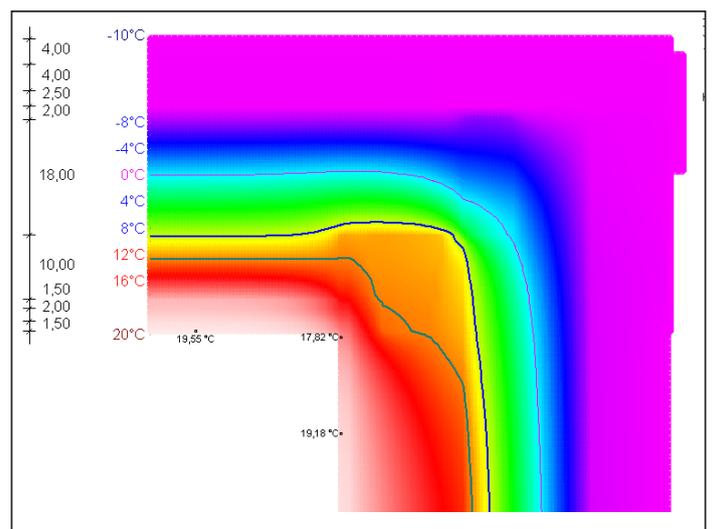
Je höher der Dämmstandard einer Außenwand, um so bedeutender der Einfluss der Wärmebrücken. Als Wärmebrücken werden Bauteile bezeichnet, durch die mehr Wärme als durch die angrenzenden Bereiche fließt. Und dies geschieht logischerweise am ehesten in den Bauteilanschlüssen, deren optimale Ausführung im Folgenden dargestellt werden.

Die hier aufgeführten Details erfüllen die technischen Vorschriften und sind praxiserprobt. Aufgrund des rechnerischen Nachweises der

Wärmebrücken (Psi-Wert) können die Details direkt in eigene Planungen übertragen und für Einzelnachweise nach EnEV und für das Passivhausprojektierungspaket PHPP genutzt werden. Die Annahmen für die Berechnung der Psi-Werte sind hier immer auf der sicheren Seite, insbesondere bei erdberührenden Bauteilen. Im konkreten Einzelfall können also bessere Werte erreicht werden!



Der Isothermenverlauf des Details 9 dokumentiert Wärmebrückenfreiheit und Praxistauglichkeit.



Das Temperaturbild ist Sinnbild für den hohen Wärmeschutz und die thermische Behaglichkeit im Innern des Hauses.

Die Details decken alle gängigen Bauteilanschlüsse ab. Der Vollständigkeit wegen sind eine Gebäudeecke, ein Geschossdeckenanschluss und eine Innenwandaufstellung hinzugefügt. Diese sind vorgeschriebene Bestandteile der

genannten Einzelnachweise – bei Planungen zweischaliger Bauweisen können so, quasi aus einer Hand, alle relevanten Details und Werte aus der vorliegenden Planungshilfe genutzt werden.

3.16.2 Passivhausdetails

U-Werte Außenwände

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwände (U-Werte) bei Passivhäusern dürfen maximal $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ betragen.

Zweischalige Außenwände mit Backstein können diese Anforderung problemlos erfüllen.

Die Berechnung der U-Werte erfolgt nach DIN EN ISO 6946:1996. Dabei muss der Einfluss von Wärmebrücken berücksichtigt werden. Dazu gehören auch alle mechanischen Befestigungsteile, die die Wärmedämmung durchstoßen, wie Konsolen und Drahtanker.

Aufbau zweischaliger Außenwand im Passivhaus-Standard

Die hier aufgeführten Passivhausdetails sind wie folgt aufgebaut und berechnet:

Verblendmauerwerk:

11,5 cm Vormauerziegel oder Klinker
Rohdichte $1,8 \lambda = 0,81 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

20 cm Mineralfaserdämmung
 $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Innenschale:

17,5 Poroton
 $\lambda = 0,16 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

1,5 cm Innenputz
 $\lambda = 0,7 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der zweischaligen Außenwand:

U-Wert = $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Korrekturwert des U-Wertes für Maueranker

Prinzipiell müssen Maueranker als Wärmebrücken nachgewiesen und als Korrekturwert einbezogen werden. Der Wärmedurchgangskoeffizient U muss jedoch nur dann korrigiert werden, wenn die Gesamtkorrektur ΔU_f größer als 3 % von U ist. Dies ist bei folgendem Beispiel nicht der Fall: Die Maueranker sind als Wärmebrücken vernachlässigbar!

Beispielhafte Nachweisrechnung [1]

Als Befestigungsmittel werden bauaufsichtlich zugelassene Edelstahl-Multiluftschichtanker der Firma BEVER eingesetzt (www.bever.de).

Der korrigierte Wärmedurchgangskoeffizient U_c wird durch Addition eines Korrekturterms ΔU bestimmt:
 $U_c = U + \Delta U$.

Für die zweischalige Außenwand mit Kerndämmung ist:
 $\Delta U = \Delta U_f$

ΔU_f = die Korrektur für mechanische Befestigungsteile (Drahtanker)

$\Delta U_f = a_f \lambda_f n_f A_f$
 a_f = konstanter Koeffizient
 $a_f = 6 \text{ m}^2$
 λ_f die Wärmeleitfähigkeit des Befestigungsteils
 $\lambda_f = 15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 n_f Anzahl der Befestigungsteile (Drahtanker) je m^2
 $n_f = 7$
 A_f die Querschnittsfläche eines Befestigungsteils (Drahtankers)
 $A_f = 1,2 \text{ cm} \cdot 0,05 \text{ cm}$
 $= 0,060 \text{ cm}^2$

$\Delta U_f = 6 \cdot 15 \cdot 7 \cdot 10^{-6}$
 $\Delta U_f = 0,004 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 $U_c = U + 0,004 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
entspricht 2,7 % des U-Wertes

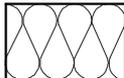
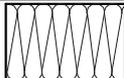
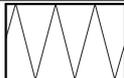
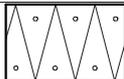
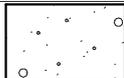
Passivhausdetails 3.16.3

Darstellung nach DIN 4108 Bbl 2

Die Darstellung der Passivhausdetails erfolgt nach den Vorgaben der DIN 4108 Bbl 2:2006-03. Fachlich selbstverständlich kann so auf

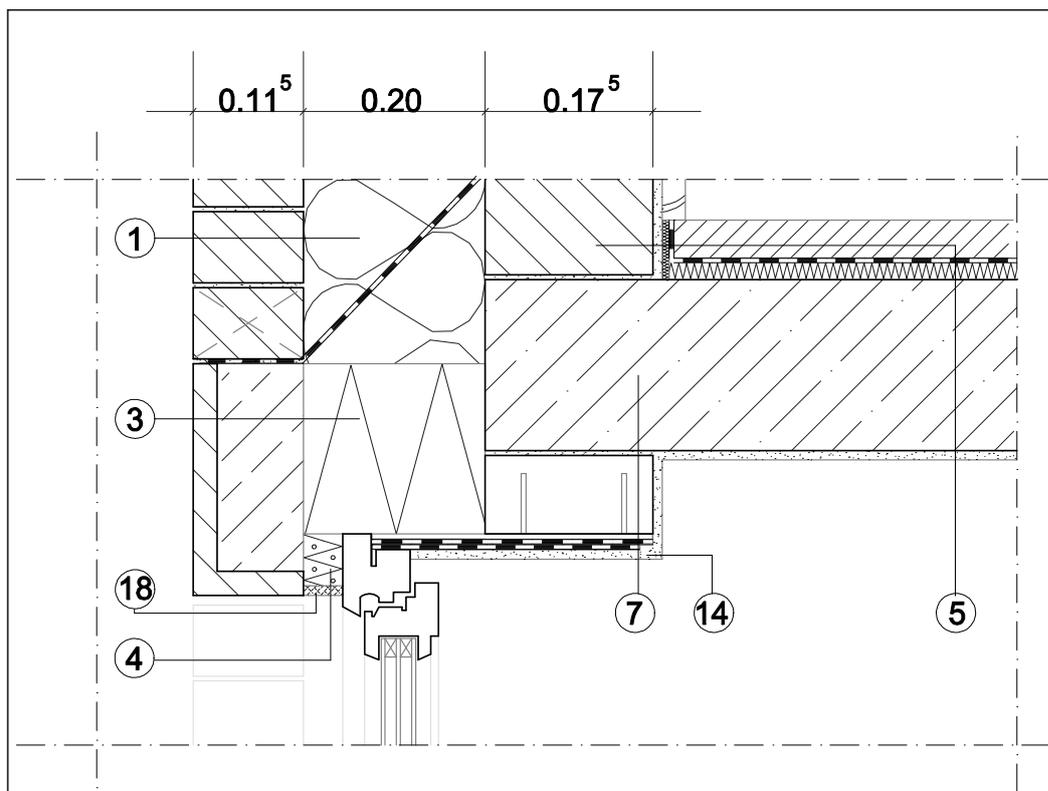
Beschriftungen direkt an den Details verzichtet werden, was die Lesbarkeit und die Orientierung erhöhen.

Im Übrigen gelten bei der Anwendung alle in diesem Planungsordner aufgeführten und baurechtlich geltenden Bestimmungen.

Nr. des Bildelements	Zeichnerische Abbildung	Material	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/mK
1		Kerndämmung Mineralfaser	0.035
2		Perimeterdämmung	0.035
3		Extrudierter Polystyrolschaum	0.035
4		Expandierter Polystyrolschaum	0.035
5		tragendes Hintermauerwerk, Wärmedämmziegel	0.160
6		Verblendmauerwerk	0.810
7		Stahlbeton	2.100
8		Estrich	-
9		Gipskartonplatte	-
10		Celitplatte	-
11		Hartschaum-Bauplatte	0.035
12		Holz	-
13		BFU	-
14		Putz	-
15		Erdreich	-
16		Sickerschicht	-
17		Kiesschüttung	-
18		Kompriband	-

3.16.4 Passivhausdetails

Detail 1:
Verblendsturz aus
Grenadierschicht



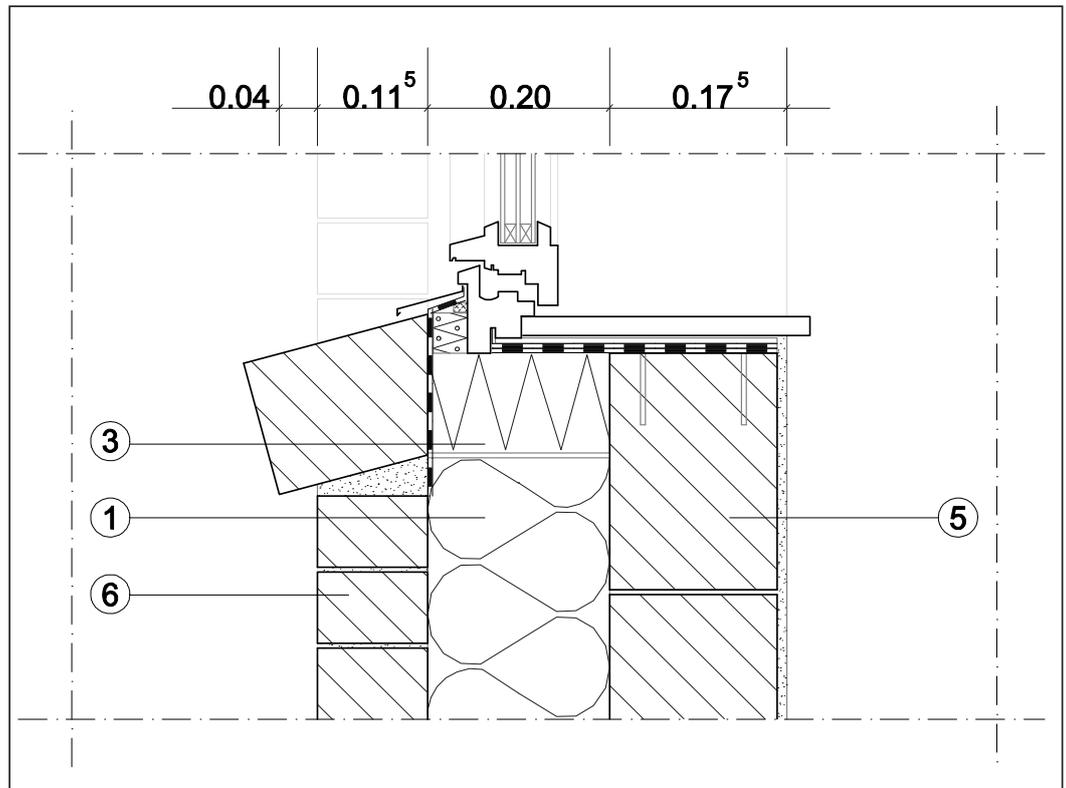
Psi-Wert: $\Psi = 0,00 [W/m\cdot K]$

Der Sturz ist als stehende Rollschicht (Grenadierschicht) ausgebildet. Oberhalb des Sturzes muss eine Sperrschicht eingebaut werden, um zu verhindern, dass über die Fugenfläche eingedrungenes Regenwasser an der Rückseite der Verblendschale bis auf das Fenster herunterläuft. Die Sperrschicht sollte seitlich von Fensterleibungen mindestens um 50 cm verlängert werden, damit das Regenwasser weit-

räumig vom Fenster ferngehalten werden kann. Gemäß DIN 1053-1 sind offene Stoßfugen zur Entwässerung der Verblendschale vorgeschrieben. Zur Einhaltung der Normforderung reicht es i.d.R. aus, wenn in der Ebene der Dichtungsbahn in der Verblendschale jede zweite Stoßfuge offen bleibt. Die Sperrschicht soll nach DIN 1053-1 bis zur Wandaußenfläche geführt werden. Ein besonderes Au-

genmerk gilt der lückenlosen Dämmung in der Hohlschicht unterhalb der Sperrschicht. Zur Schließung der Hohlschicht in der Laibung wird Primeterdämmung verwendet. Sie bildet einen stabilen und wasserabweisenden Abschluss in der Hohlschicht und bedarf auf ihrer Stirnfläche zur Rückseite der Verblendschale keiner weiteren Sperrschichten.

Detail 2:
Sohlbank aus Rollschicht



Psi-Wert: $\Psi = 0,00$ [W/m·K]

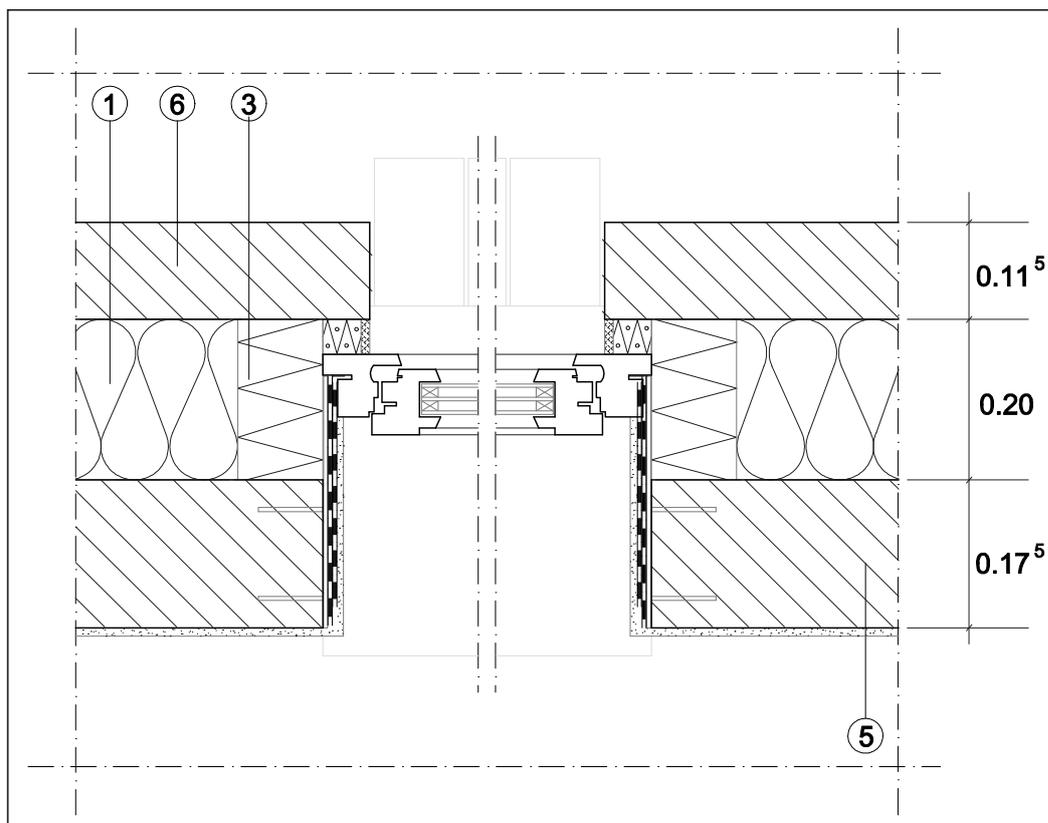
Unterhalb des Fensters kommen in der Regel formstabile Dämmstreifen aus Perimeterdämmung zur Reduzierung der Wärmebrücken zum Einsatz. Die Sperrschicht hinter der Sohlbank muss verhindern, dass Regenwasser an die Innenbauteile gelangen kann. Sie muss jedoch nicht unter die Sohlbank geführt werden, sondern kann zwischen der Verblendschale und der Wärmedämmung angeordnet

werden, wenn dem Mörtel im Bereich der Sohlbank Dichtungsmittel zugegeben werden. Rollschichten ohne zusätzliche Maßnahmen sind nicht wasserundurchlässig. Sonst würde sie unterhalb der Sohlbank eine Trennschicht in der Mörtelfuge bilden, welche häufig mit Rissbildungen in dieser Lagerfuge verbunden ist. Die Außensohlbank sollte grundsätzlich ein Mindestgefälle von 5° aufweisen. Aufgrund

der Erfahrungen der Ziegelindustrie mit solchen Bauteilen wird jedoch ein ausreichendes Gefälle von etwa 15° für die Außensohlbänke aus gemauertem Ziegelrollschicht empfohlen. Die Sohlbank sollte darüber hinaus einen Mindestüberstand von 4 cm aufweisen und möglichst mit einer Tropfnase ausgestattet werden.

3.16.6 Passivhausdetails

Detail 3:
seitliche Laibungsanschlüsse



Psi-Wert: $\Psi = 0,00 [W/m \cdot K]$

Gemäß EnEV und nach DIN 4108 müssen wärmeübertragende Umfassungsflächen einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig ausgebildet werden. Unkontrollierter Wärmeverlust über eine undichte Gebäudehülle soll so verhindert werden. Um Tauwasserbildung im Anschlussbereich zu vermeiden muss diese Abdichtung auf der warmen Seite erfolgen. Gemäß DIN 18355 (Tischlerarbeiten) und DIN 18360 (Metallarbeiten) sind Fenster so einzubauen, dass der Bau-

körperanschluss dauerhaft schlagregendicht ist. Kann die Schlagregendichtheit des Fensteranschlusses nicht hergestellt werden, ist eine äußere Abdichtung zwischen Fenster und Außenwand erforderlich. Die Anschlussfugen im Außenbereich zwischen dem Blendrahmen und Verblendmauerwerk werden mit geschlossenzelligem Hinterfüllmaterial und spritzbarem dauerelastischen Dichtstoff abgedichtet. Die Randfugen zwischen der Rollschicht und der Laibung werden vollfugig

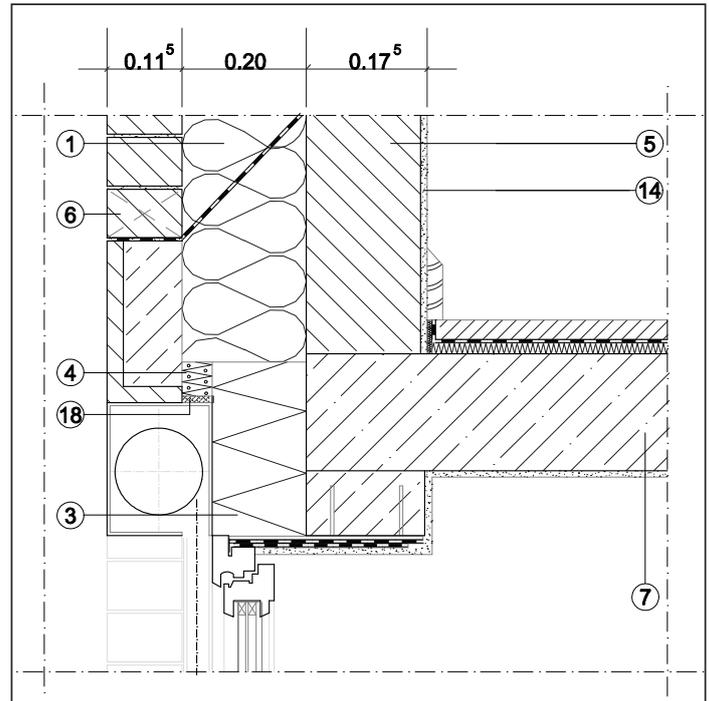
vermörtelt. Fehlen die bauseitigen Voraussetzungen für fachgerechte Befestigung und Abdichtung der einzubauenden Fenster, sollte der Ausführende schriftlich Bedenken anmelden. Gemäß DIN 4108-7 ist der Glattstrich an den Fensterlaibungen zum fachgerechten Fenstereinbau vorzunehmen. Gemäß VOB kann der Maurer den Glattstrich an Laibungen vor dem Fenstereinbau als besondere Leistung geltend machen.

**Detail 4.1:
Verblendsturz aus Grenadierschicht mit Rollladenkasten**

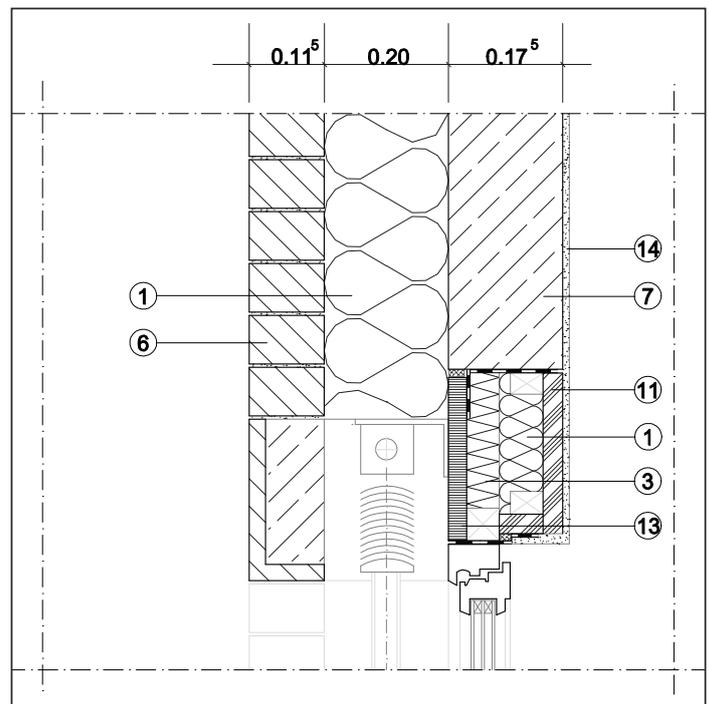
**Detail 4.2:
Verblendsturz aus Grenadierschicht mit Jalousiekasten**

Die Fenster sind bei 4.1 in der Ebene der Vormauerschale und bei 4.2 in der Ebene der Kerndämmung eingesetzt. Die Positionierung in 4.1 ist energetisch die wirksamere Lösung. Gestalterisch ist dies die kompliziertere Lösung. Beide Ausführungen werden im tragenden Hintermauerwerk mittels QMS-Befestigungsschienen verankert.

Die Abdichtung der Fenster erfolgt 4-seitig mit Butylband, die Fensterbefestigungsschienen werden zusätzlich abgedichtet. Diese Abdichtungsmethode stellt eine dauerhafte und winddichte Lösung dar, so dass sich hier keine Beanstandungen aus den Blowerdoor-Messungen ergeben können. Der Sturz aus Grenadierschicht befindet sich in 4.1 oberhalb des Rollladenkastens. Die Abfangung des Sturzes erfolgt durch Winkelprofile, aus Edelstahl. Die verwendeten Rollladenkästen erfüllen die Anforderungen der EnEV, sowie DIN 4108 Bbl. 2. Je nach Ausführung des Rollladenkastendeckels können Schalldämmwerte bis zur höchsten Schallschutzklasse erreicht werden.



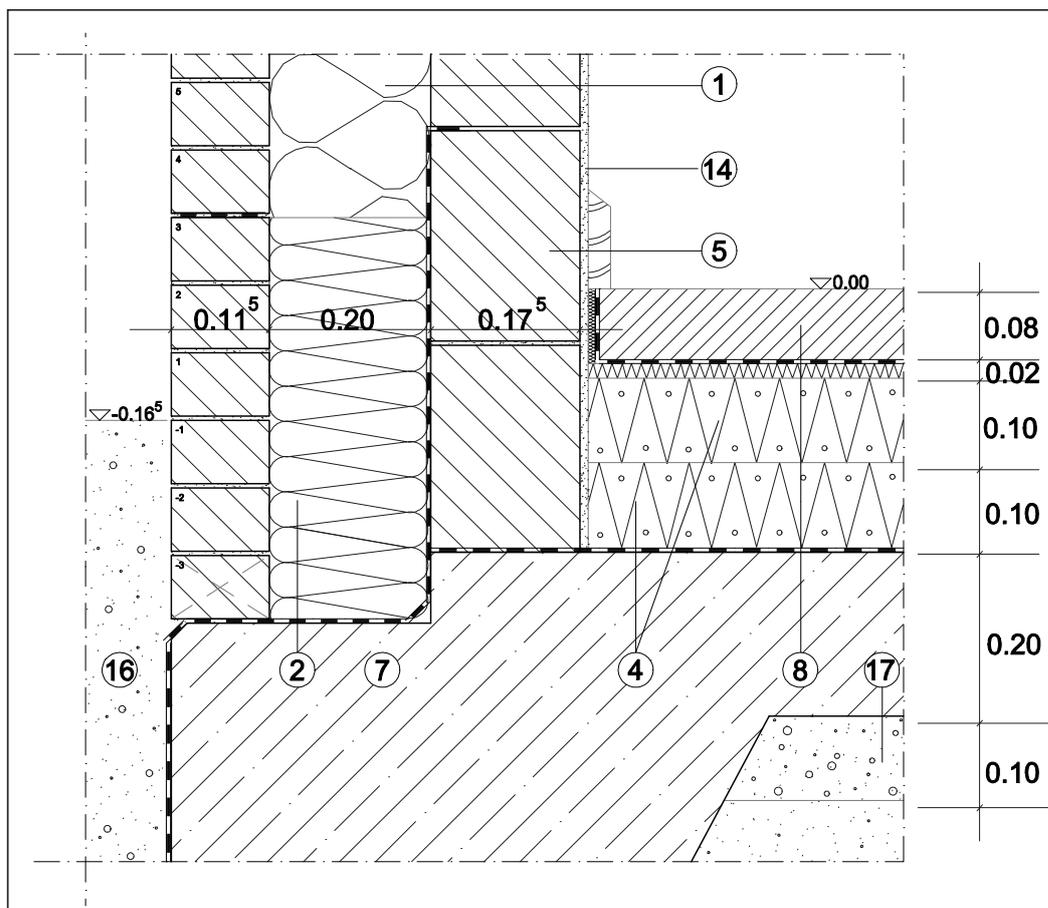
Psi-Wert: $\Psi = 0,03 [W/m \cdot K]$



Psi-Wert: $\Psi = 0,06 [W/m \cdot K]$

3.16.8 Passivhausdetails

Detail 5:
Sockelanschluss



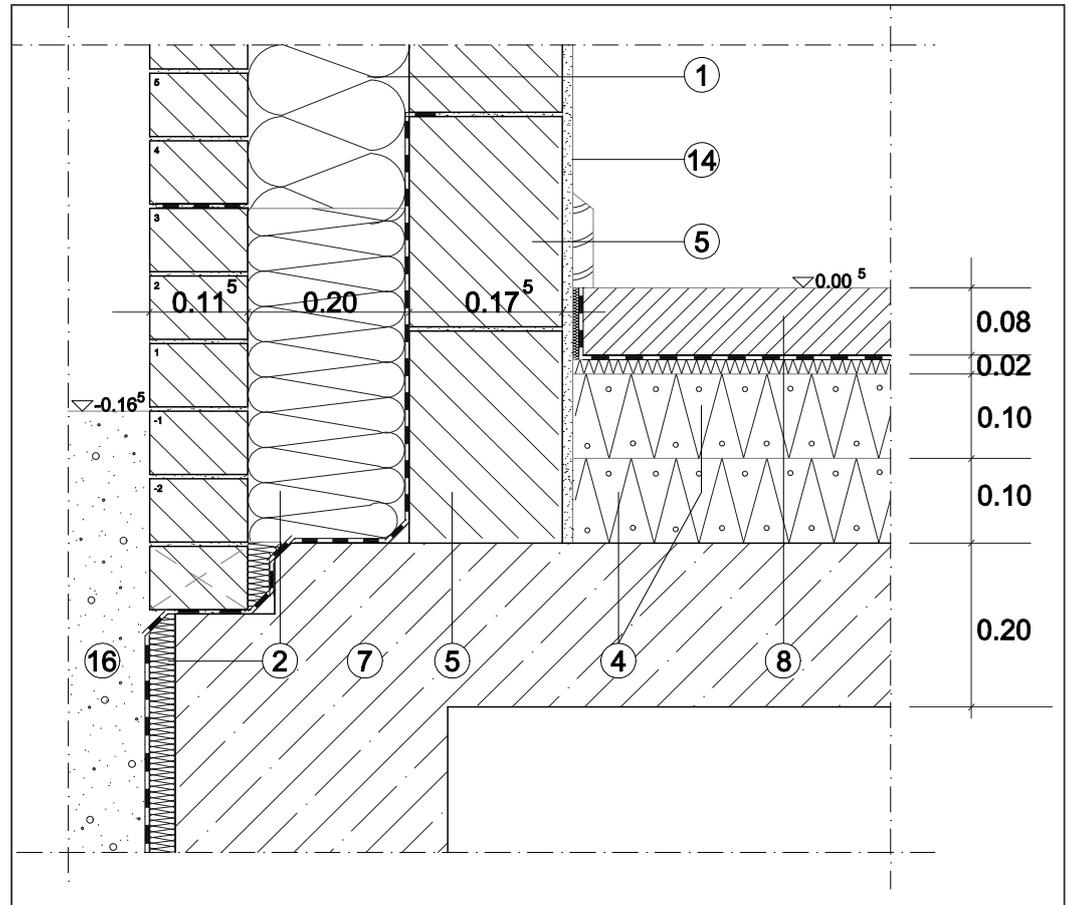
Psi-Wert: $\Psi = 0,00 [W/m \cdot K]$

Die durchgehende Hohlschicht ermöglicht eine optimale, wärmebrückenfreie Dämmung der Gebäudehülle. Bei der Sockelausbildung wird für den im Erdreich befindlichen Bereich dauerhaft feuchtebeständige Perimeterdämmung verwendet. Grundsätzlich darf im Erdreich zwischen der Wärmedämmung und der

Rückseite der Verblendschale keine Hohlschicht vorgesehen werden. Es ist empfehlenswert, die Perimeterdämmung bis etwa 15 cm oberhalb der Geländeoberfläche zu führen. Nach der letzten Fassung der DIN 18195:2000-08 ist lediglich eine horizontale Sperrschicht erforderlich, die i. d. R. im Fußpunkt unterhalb der

1. Mauerwerkslage anzuordnen ist. Erfolgt hierdurch die Entwässerung unterhalb der Geländeoberfläche, ist über eine Sickerschicht oder Dränung zu entwässern. Im Verblendmauerwerk kann bei Bedarf zusätzlich eine horizontale Sperrschicht gegen aufsteigende Feuchtigkeit angeordnet werden.

Detail 6:
Sockelanschluss unterkellert



Psi-Wert: $\Psi = 0,00$ [W/m·K]

Aus Gründen des Feuchteschutzes ist es besser, die Bodenplatte mit einem Absatz zu versehen und die Verblendschale gegenüber der tragenden Innenschale mehrere Zentimeter tiefer aufzustellen. Auf diese Weise wird eine Pufferzone geschaffen, die im Falle eines übermäßigen Feuchtigkeitseintrages über das Erdreich die tragenden Bauteile schützt.

Die Abdichtung des Sockels sollte möglichst mit einem einzigen Material ausgeführt werden, um feuchtigkeitsanfällige Nahtbildungen zu vermeiden. Schweißbahnen, die häufig zur Sockelabdichtung verwendet werden, dürfen nicht unter die Verblendschale geführt werden. Diese sind lediglich zur senkrechten Mauerabdichtung geeignet. Insofern sollte die

Sockelabdichtung möglichst mit einem geeigneten Material gemäß DIN 18195 (z. B. KSK-Bahnen) oder auch mit bauaufsichtlich zugelassenen Dichtungsbahnen (z. B. Procell F+M, Dörken) durchgeführt werden.

3.16.10 Passivhausdetails

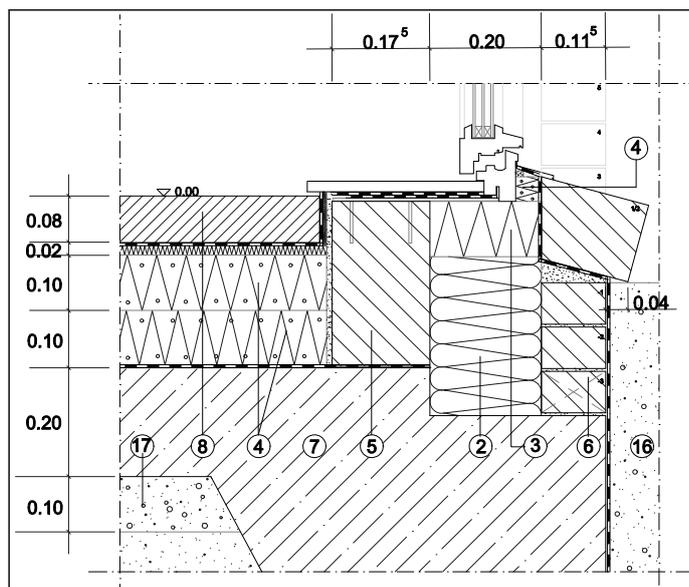
Detail 7.1: Terrassenanschluss

Detail 7.2: Terrassenanschluss (Durchgezogener Estrich)

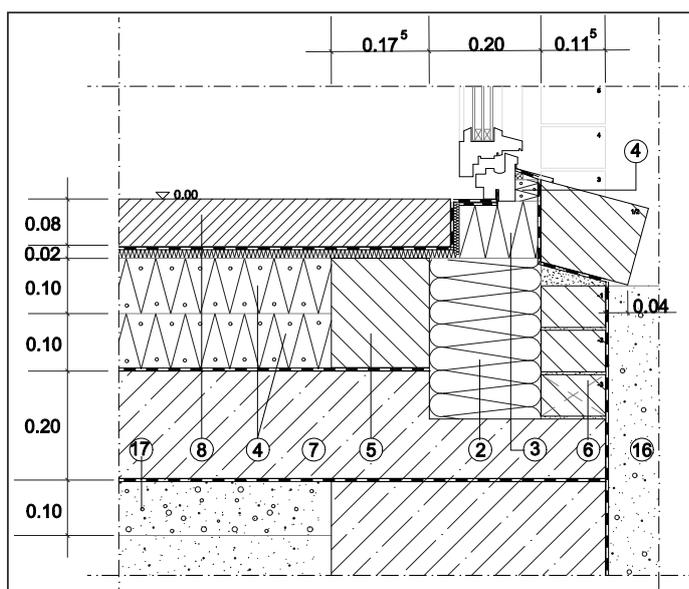
Die Details 7.1 und 7.2 zeigen einen weitgehend identischen Aufbau. In 7.2 ist eine bis zur Tür durchgehende Verlegung des Estrichs (und des Bodenbelages) dargestellt. Wird dies gestalterisch bevorzugt, ist die Lösung ebenfalls bedenkenlos zu verwenden, da die Variante wärmetechnisch nur einen geringfügig schlechteren Wert aufweist.

Die Einhaltung der empfohlenen Neigung von 15° für Sohlbänke aus gemauerter Rollschicht kann bei der alltäglichen Nutzung als störend empfunden werden. Bei kleineren Gebäuden mit entsprechenden Dachüberständen und geringen Feuchtigkeitsbeanspruchungen kann auf die starke Gefällebildung verzichtet werden. Die Sohlbank sollte jedoch in jedem Fall ein Gefälle von 5° aufweisen.

Die Abdichtung sollte analog zur Sockelabdichtung hinter der Verblendschale auf der Außenseite der tragenden Innenschale aufgebracht werden. Die hier gezeigte Abdichtung auf der Außenseite der Verblendschale ist ebenfalls möglich, kommt jedoch aus gestalterischen Gründen nur in Einzelfällen zur Ausführung.

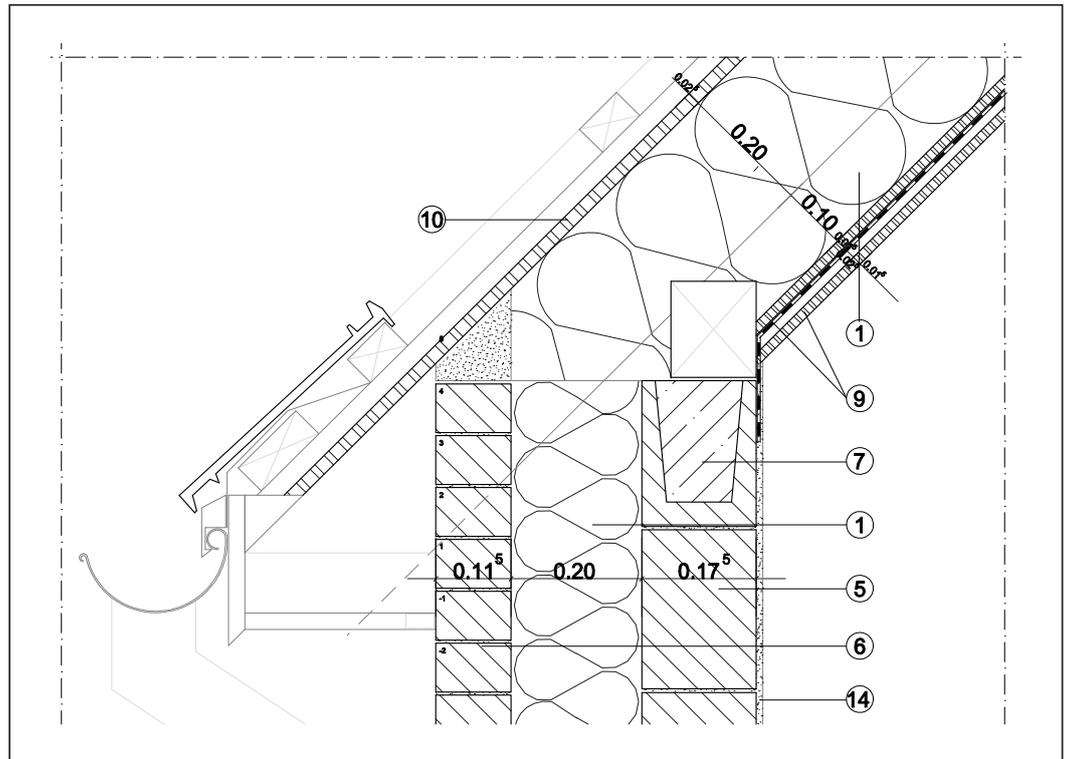


Psi-Wert: $\Psi = -0,03$ [W/m·K]



Psi-Wert: $\Psi = -0,02$ [W/m·K]

Detail 8: Traufe



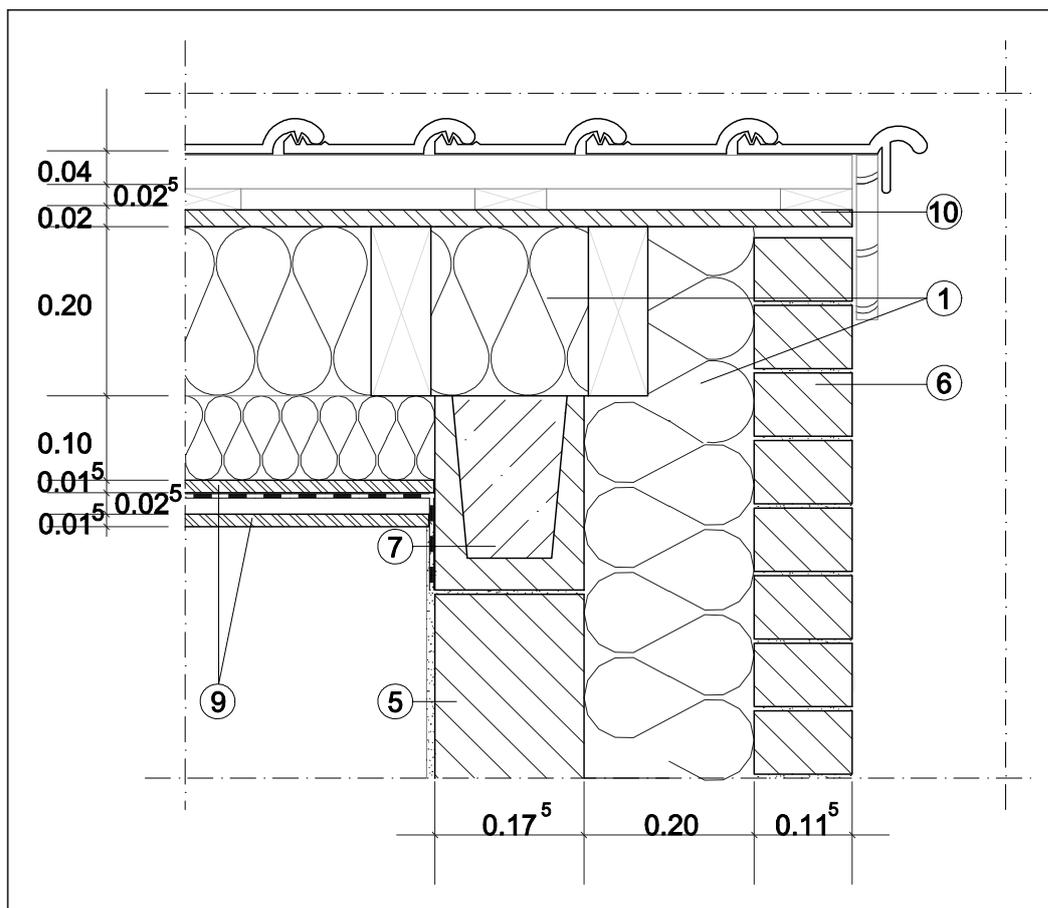
Psi-Wert: $\Psi = -0,08 \text{ [W/m}\cdot\text{K]}$

Die Verblendschale wird in den Traufkasten geführt und oberseitig vermörtelt. Sie muss zusätzlich auch am oberen Ende durch Drahtanker mit der tragenden Innenschale verbunden sein. Gemäß DIN 4108 Bbl 2 sollen die Wärmedämmschichten

des geneigten Daches und der zweischaligen Wand möglichst ohne eine Reduzierung der Dämmstoffdicke miteinander verbunden werden. Zur Sicherstellung der Gebäudeluftdichtheit ist an der Innenseite ein Nassputz erforderlich.

3.16.12 Passivhausdetails

Detail 9:
Ortgang



Psi-Wert: $\Psi = -0,06 \text{ [W/m}\cdot\text{K]}$

Ein fast bündiger Abschluss erfolgt mit einem Ortgangsziegel. Für die oberste Reihe der Verblendschale sind verschiedene Ausführungsvarianten vorstellbar. Hier ist eine Vermörtelung der obersten

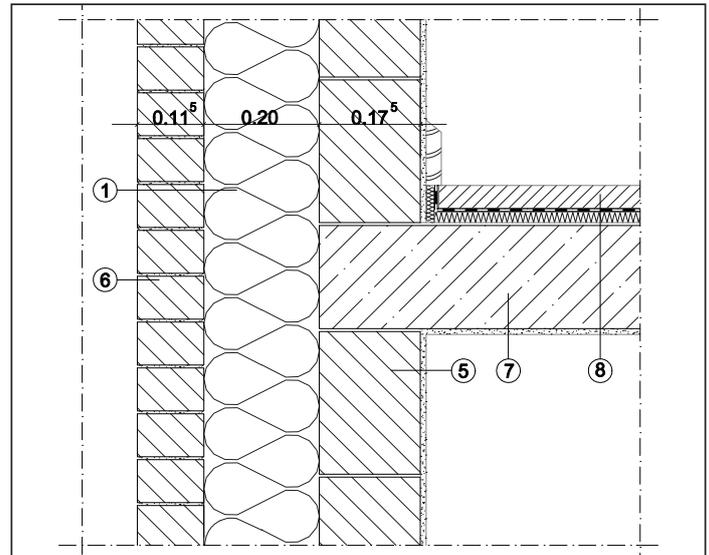
Fuge dargestellt. Allerdings sollte auch der obere Rand der Verblendschale mit der tragenden Innenschale verankert werden (Drahtanker in der vorletzten Lagerfuge).

**Detail 10:
Geschossdeckenanschluss**

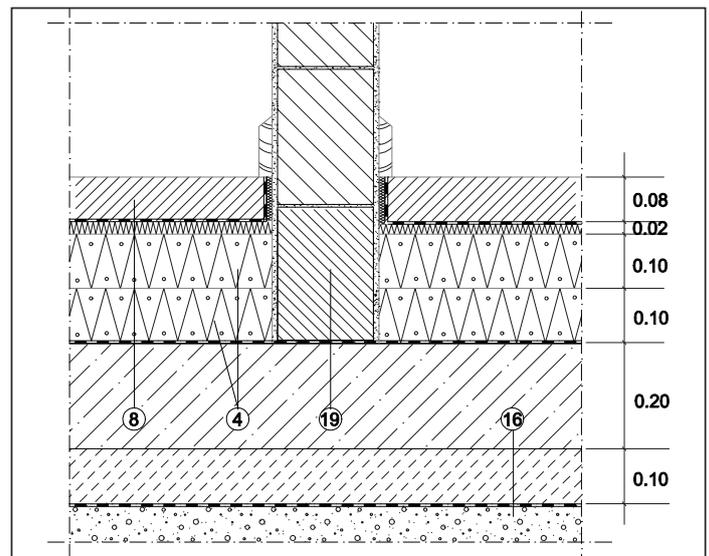
**Detail 11:
Innenwandaufstellung**

**Detail 12:
Gebäudeecke**

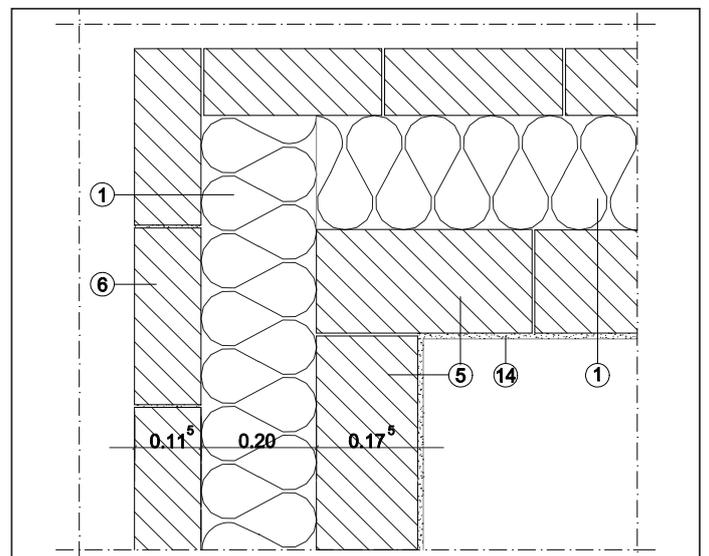
Die Details 10, 11 und 12 sind hier aus Gründen der Vollständigkeit dargestellt. An die Ausführung werden keine weiteren besonderen Anforderungen gestellt – bis auf die Dichtungsbahn der Innenwandaufstellung. Wichtig sind aber die Psi-Werte, die für die energetischen Nachweise gebraucht werden.



Psi-Wert: $\Psi = 0,01 \text{ [W/m}\cdot\text{K]}$



Psi-Wert: $\Psi = 0,01 \text{ [W/m}\cdot\text{K]}$



Psi-Wert: $\Psi = -0,09 \text{ [W/m}\cdot\text{K]}$

Praxisbeispiel Passivhaus – Neubau Einfamilienhaus Jacobs, Wassenberg

„Die-Kinder-sind-aus-dem-Haus“-Haus

Das Haus ist zur südwestlich orientierten Gartenseite fast vollständig geöffnet. Auf der Gartenseite wurde dem dort zweigeschossigen Baukörper über die gesamte Breite eine leichte Stahlkonstruktion vorgestellt. Diese dient als Sonnenschutz und als Balkon sowie als Gerüst für die Solar Kollektoren und die PV-Anlage. Vor dem Haupthaus auf der Straßenseite befindet sich ein abschirmender, eingeschossiger Flachdachbaukörper, der dienende Nutzungen aufnimmt. Außer der Hauseingangstür hat er nur noch ein kleines Fenster im Gästebad.

Die Form des Hauses wird von den Materialien geprägt: auf der Vorderseite rot-blau-bunte Backsteine der Außenwände und antrazithfarbene Dach- eindeckung des gebogenen Pultdaches, auf der Rückseite große Glasflächen und die filigranen Stahlprofile der vorgestellten Balkonkonstruktion.

Architekt

Rongen Architekten,
Wassenberg

Baujahr 2005

Wohnfläche 198,73 m²

Aufbau Außenwände

11,5 cm Klinker
15 cm MineralfaserKerndäm-
mung (WLG 035)
30 cm Porenbeton

U-Wert Außenwände

0,126 W/(m²·K)

Luftdichtheit n₅₀ = 0,6h⁻¹

Innenputz gewährleistet
Gebäudedichtheit

Heizwärmebedarf

13 kWh/(m²·a)

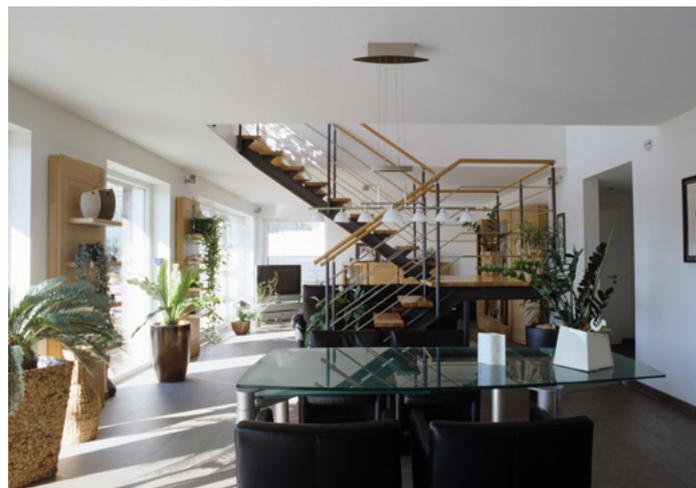
Primärenergie-Kennwert

52,4 kWh/(m²·a)

(berechnet nach PHPP)



Südwestansicht außen: Öffnung Gebäude zum Garten und zur Sonne,
Alle Abbildungen zu diesem Projekt © Rongen Architekten



Südwestansicht innen: passive Sonnenenergienutzung im Wohnraum



Badezimmer mit Gitter der kontrollierten Lüftungsanlage in der Rückwand

3.17.2 Passivhausprojekte

Weitere Konstruktionen und Kennwerte

Bodenplatte:

18 cm Beton, 32 cm Polystyrol-
dämmung (WLG 035)

U-Wert **0,105 W/(m²·K)**

Flachdach/Gründach:

16 cm Betondeckenplatte,
32 cm Polystyrol-
dämmung (WLG 035)

U-Wert **0,096 W/(m²·K)**

Pulldach:

32+6 cm Mineralwolle-
dämmung (WLG),
Ziegeleindeckung

U-Wert **0,096 W/(m²·K)**

Fenster:

Passivhaus Holz/Alu

U_w-Wert **0,75 W/(m²·K)**

Verglasung:

U_g-Wert **0,6 W/(m²·K),**
g-Wert = 55 %

Energieversorgung

Lüftungsanlage mit Wärme-
rückgewinnung, Erdwärme-
tauscher, Holzpelletofen,
Nennwärmeleistung 10 kW,
Kesselwirkungsgrad 94,2 %
Flachkollektor 6,45 m² zur
Erwärmung des Brauch-
wassers und zur Heizungs-
unterstützung, Photovoltaik-
anlage, Gesamtleistung 2,1 kWp



Fensterabdichtung innen



Sockelanschluss der zweischaligen
Wand und Terrassentüranschluss



**Praxisbeispiel Passivhaus –
Neubau Mehrfamilienhaus
„An der Rennkoppel“,
Hamburg**

**14 Wohneinheiten für die
Genossenschaft „Süderelbe“ eG**

Im Gebäude werden unterschiedliche Wohnungsgrößen (ca. 65 m²–100 m²) und unterschiedliche Wohnungsgrundrisse als genossenschaftliche Mietwohnungen angeboten. Individuelle Wohnwünsche der Bewohner werden durch vielfältige Grundrissvarianten erfüllt. Kleine Gärten erweitern für die Erdgeschosswohnungen das Wohnen nach draußen. Die Wohnungen im Obergeschoss haben großzügige Balkone vor den Wohnräumen.

Das Passivhauskonzept beinhaltet eine intensive Nutzung der Sonnenenergie. Die Südverglasungen sind Energiegewinnflächen und wärmen das Gebäude passiv durch die Sonnenwärme. Alle Fenster können sowohl im Sommer wie im Winter jederzeit geöffnet werden. Zusätzlich zur Fensterlüftung verfügt das Haus über eine Lüftungsanlage, die dauerhaft für frische, staub- und pollenfreie Luft in den Wohnungen sorgt. Die Wohntemperaturen können von den Bewohnern wohnungsweise individuell gewählt werden.

Architekt

Dittert & Reumschüssel Architektur und Stadtentwicklung, Hamburg, Hannover

Baujahr 2004–2005

Geschosszahlen

3 Vollgeschosse + Kellergeschoss

Wohnfläche 1.243 m²

Anzahl der WE 14

Anzahl Bewohner

Das Gebäude ist auf 49 Bewohner ausgelegt.

Aufbau Außenwände

11,5 cm Klinker
20 cm Mineralfaser-Kerndämmung (WLG 035)
24 cm Porenbeton

U-Wert Außenwand

0,122 W/(m²·K)



Südfassade mit vorgesetzten Balkonen, alle Abbildungen zu diesem Projekt © Dittmer & Reumschüssel



Straßenansicht mit Lochfassaden

Transmissionswärmeverlust

H_T = 0,2; Grenzwert = 0,6

Energiekennwert Heizwärme

(Warmwasser, Heizung und Hilfsstrom)

Vorhanden: 14 kWh/(m²·a)

Anforderungen: 15 kWh/(m²·a)

Drucktest-Ergebnis

Vorhanden: 0,17 h⁻¹

Anforderungen: 0,60 h⁻¹

Primärenergie-Kennwert

(Nachweis nach PHPP2004)

Vorhanden: 99 kWh/(m²·a)

Anforderungen: 120 kWh/(m²·a)

3.17.4 Passivhausprojekte

Weitere Konstruktionen und Kennwerte

Flachdach:
18 cm Betondecke,
40 cm Wärmedämmung
U-Wert **0,086 W/(m²·K)**

Decke über Keller:
16 cm Beton, 20 cm Wärme-
dämmung
U-Wert **0,148 W/(m²·K)**

Boden gegen Erdreich:
20 cm Sohle, 20 cm Wärme-
dämmung
U-Wert **0,153 W/(m²·K)**

Fensterpaneele:
0,341 W/(m²·K)

Passivhausfenster:
U_f-Wert **0,71 W/(m²·K)**

Energieversorgung
Anlagentechnik zur Beheizung/
Warmwasser: Holzpelletofen.
Anlagentechnik zur Lüftung:
Kontrollierte Be- und Entlüftung
mit Wärmerückgewinnung.

Investitionskosten
Baukosten brutto
1.344.275 € inkl. MwSt
Technische Anlagen
301.837 € inkl. MwSt

Summe Kostengruppe 3–6
1.646.112 € inkl. MwSt
€/m² Wohnfläche
1.646.112 € / 1.243 m²
= 1.324 €/m² inkl. MwSt
Nebenkosten Planer ca. 20 %
der Bausumme



Blowerdoortest zur Prüfung der Gebäudedichtheit an der Terrassentür



Detail Terrassentür/Fenster:
Abschlussleiste in Vormauerschale
integriert



Detail Sockel/Terrassentür

Praxisbeispiel Passivhaus – Sanierung Einfamilienhaus Dehnhard, Lübeck

„Energiesparmeister“

Die Sanierung eines bestehenden Wohnhauses in ein Passivhaus stellt höchste planerische Anforderungen. Angefangen bei der Ausrichtung des Gebäudes, der Verschattung durch angrenzende Gebäude oder Vegetation sind besonders dem solaren Gewinn häufig Grenzen gesetzt, die nur schwer durch andere Maßnahmen zu kompensieren sind. Und auch beim Gebäude selbst sind im Nachhinein die notwendigen Maßnahmen oft wesentlich schwerer umzusetzen. Begrenzung der Fußbodenhöhe (Dämmung) und Deckenhöhe (Lüftungsrohre), kaum zu verhindernde Wärmebrücken der bestehenden Wände sowie bestehende Öffnungen für Fenster und Türen sowie eine nicht vorhandene Luftdichtheitsebene brauchen viel planerisches und handwerkliches Geschick.

Von 40 cm Ausschachtung der Sohle für entsprechende Dämmung, über den Einsatz von hochwertiger Vakuumdämmung in der Außenwand und im niedrigen Keller über neue Fensteröffnungen (größer im Süden, kleiner im Norden) mit dreifachverglasten Passivhausfenstern bis hin zum komplett veränderten Dach (mit Südfäche für 20 m²-Kollektoren) wurden sämtliche wärmeabgebenden Bauteile passivhaus-tauglich gemacht. Einzig die Wärmebrücken der Fundamente konnten nicht verhindert, durch Perimeterdämmung aber reduziert werden. Diese machen heute mit ca. 3,4 kWh/(m²·a) ein Viertel des gesamten Energieverlustes aus. Die bestehende Verblendschale wurde abgetragen, gesäubert und nach Einbringen der Außenwanddämmung wieder aufgemauert.



Wohnhaus vor ...



... und nach der Sanierung.



Abriss der alten Vormauerschale, alle Abbildungen zu diesem Projekt
© Solarc Architekten

3.17.6 Passivhausprojekte

Anerkennung fand das Projekt beim Wettbewerb „Energiesparmeister“, ausgeschrieben vom Bundesumweltministerium in Zusammenarbeit mit ZDF Umwelt und co2online.

Architekt

Solarc Architekten, Lübeck

Wohnfläche 185 m²

Aufbau Außenwände

Haupthaus (1934)
11,5 cm Ziegel (recycelt)
2,3 cm Vakuumdämmung
1,9 cm Vakuumdämmung
11,5 cm Ziegel
1,5 cm Innenputz

Anbau (1960er Jahre)
11,5 cm Lehmsteine (recycelt)
2,3 cm Vakuumdämmung
1,9 cm Vakuumdämmung
17,5 cm Hochlochziegel

Energieversorgung

Holzpellet-Zentralheizung,
Thermische Solaranlage, 20 m²
Photovoltaikanlage, 12 m²
Kontrollierte Lüftungsanlage
(> 90% WRG) mit Erdwärmetauscher

Energieverbrauch

ca. 900 kg Holzpellets
inkl. Warmwasser, Spülmaschine und Waschmaschine,
2500 kWh Ökostrom,
1300 kWh PV-Stromeinspeisung



Aufbringen der Vakuumdämmung



Anbringen der Vormauerschale

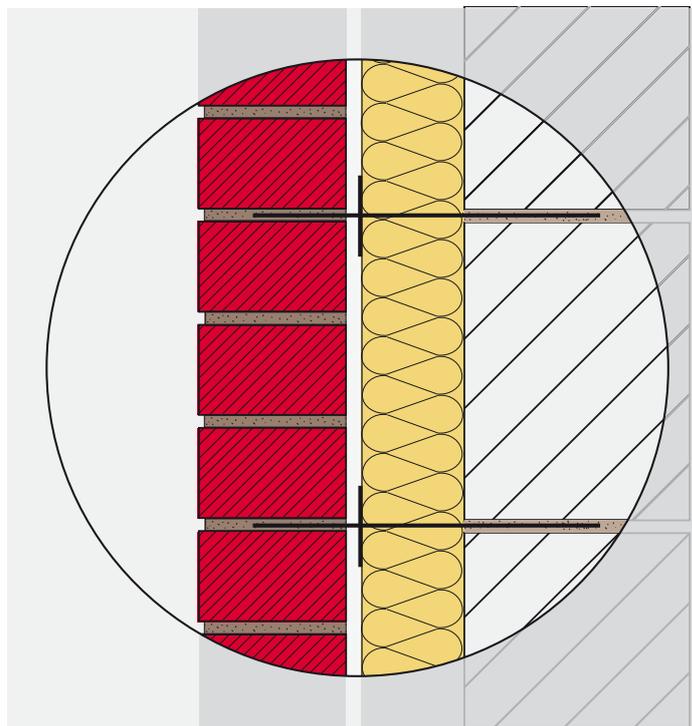


Dämmung Sockel

Regeldetails und Praxis	4.1.1
Vorbemerkungen zu den Anschlusspunkten	4.2.1 - 2
Anschlusspunkt Sockel Dicke der Wärmedämmschicht $d = 10$ cm	4.3.1 - 3
Anschlusspunkt Fenster Dicke der Wärmedämmschicht $d = 10$ cm	4.4.1 - 6
Anschlusspunkt Dach Dicke der Wärmedämmschicht $d = 10$ cm	4.5.1 - 2
Anschlusspunkt Sockel Dicke der Wärmedämmschicht $d = 14$ cm	4.6.1 - 3
Anschlusspunkt Fenster Dicke der Wärmedämmschicht $d = 14$ cm	4.7.1 - 6
Anschlusspunkt Dach Dicke der Wärmedämmschicht $d = 14$ cm	4.8.1 - 2

Empfehlung und Planungshilfe

Die nachfolgend dargestellten Anschlussituationen wurden vorrangig unter wärmeschutztechnischen Gesichtspunkten entwickelt. Dabei wurde dem Aspekt der Minimierung von Wärmebrückenwirkungen ein großer Stellenwert eingeräumt. Die dargestellten Anschlussituationen und der dazugehörige Erläuterungsteil sind bei Verwendung in jedem Einzelfall objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen. Das zweischalige Mauerwerk mit Kerndämmung hat sich bewährt. Auch aus diesem Grund entspricht diese Konstruktion dem Stand der Technik. Unter Berücksichtigung der Verschärfung der wärmeschutztechnischen Anforderungen mit Einführung der Energieeinsparverordnung wird sich hieran nichts ändern. Die dargestellten Details des Konstruktionstypes zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung lassen sich auch auf die Ausführung zweischaliges Mauerwerk mit Wärmedämm- und Luftschicht übertragen. Dabei wird der Fingerspalt zu einer Luftschicht erweitert. Bei gleichbleibendem



Zweischalige Außenwand mit Kerndämmung

Schalenabstand wird dadurch die Wärmedämmschichtdicke reduziert. Im Hinblick auf den Wärmedurchgangskoeffizienten ergeben sich dadurch Veränderungen und speziell bei

einem Schalenabstand von $d = 10 \text{ cm}$ **keine** Gleichwertigkeit mit den Konstruktionsprinzipien der DIN 4108 Bbl 2 bei der Berücksichtigung im Wärmeschutznachweis.

Vorbemerkungen zu den Anschlusspunkten

Die nachfolgend dargestellten Anschlusspunkte des Konstruktionstyps *Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung* wurden ohne einen realen Objektbezug entwickelt. Ziel war, die Anschlussituationen aus wärmeschutztechnischer d. h. hier aus energetischer Sicht zu optimieren. Es wurden zwei verschiedene Wärmedämmstandards für die Außenwand zugrunde gelegt:

Fall A:
Wärmedämmschichtdicke der **zweischaligen Außenwand**,
 $d = 10 \text{ cm}$.

Fall B:
Wärmedämmschichtdicke der **zweischaligen Außenwand**,
 $d = 14 \text{ cm}$.

Für die Innenschale wurden verschiedene Baustoffe berücksichtigt; die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeiten

betragen $\lambda = 0,21-0,33-0,54$ und $0,99 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Bei der Ausarbeitung der Anschlusspunkte wurde auch auf die in Lit. 07, Lit. 18 und Lit. 19, aufgeführt in 3.14.1 Literatur, gewonnenen Erfahrungen zurückgegriffen, teilweise handelt es sich hierbei um überarbeitete Auszüge aus der o. a. Literatur.

Bei der Ermittlung der speziellen U-Werte unter Berücksichtigung aller Bauteilschichten sind gemäß DIN EN ISO 6946 ggf. Korrekturfaktoren für den Wärmebrückeneinfluss durch mechanische Befestigungsteile (z. B. Drahtanker) und das Vorhandensein von Luftspalten in Wärmedämmschichten zu berücksichtigen. Bei Drahtankern ist die numerische Berücksichtigung erst bei sehr kleinen U-Werten gegeben, Abbildung 32. In der Norm DIN EN ISO 6946 werden u. a. auch Rechenver-

fahren für die Ermittlung der Wärmeübergangswiderstände, Wärmedurchlasswiderstände für Luftschichten, Wärmedurchlasswiderstände unbeheizter Räume sowie Wärmedurchgangswiderstände von homogenen und inhomogenen Schichten vorgestellt. Die ausgearbeiteten Lösungen können nur als Empfehlung für die Planung angesehen werden, welche der Anwender eigenverantwortlich und objektbezogen für den realen Einzelfall überprüfen muss. Bei den dargestellten Anschlusspunkten wurden weitgehend die geltenden Normen berücksichtigt; jedoch kann der Stand der technischen Entwicklung auf diesem Gebiet oftmals nicht allein aus den Festlegungen der Normen abgeleitet werden, so dass Abweichungen an einigen Stellen unvermeidlich sind.

4.2.1 Vorbemerkungen zu den Anschlusspunkten

Hinweise zur Darstellung und Konstruktion

Nachfolgend werden für die dargestellten Anschlusspunkte allgemeine Hinweise gegeben:

Der Abstand zwischen Kelleraußenwand und gewachsenem Erdreich wurde relativ knapp bemessen. Hier sollte im Einzelfall unbedingt darauf geachtet werden, dass ein genügend breiter Raum vorhanden ist, damit die Herstellung der Sperrschicht, der Einbau der Perimeterdämmschicht, der Dränschicht und der Ringdränleitung mangelfrei erfolgen und darüber hinaus auch eine Kontrolle dieser Arbeiten ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann.

Maßnahmen zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung, wie der Einbau eines speziellen Elementes mit geringer Wärmeleitfähigkeit z. B. im Bereich auf bzw. unterhalb der Kellerdecke, beim Anschlusspunkt Außenwand an Kellerdecke, Keller nicht beheizt, sind in den dargestellten Anschlusspunkten mit Buchstaben gekennzeichnet.

Neben der Überprüfung der Anschlusspunkte im Hinblick auf Übereinstimmung mit den Angaben der DIN 4108 Bbl 2 wurde den Aspekten Langlebigkeit, Minimierung von Wartungsaufwand und geringe Schadensanfälligkeit ein vergleichbar großer Stellenwert eingeräumt.

Erdberührte Bauteile sind u. a. gem. DIN 1053 und DIN 18195 abzudichten. Bei den Anschlusssituationen wurde von einzelnen Regelungen der geltenden Normen abgewichen.

Die 11,5 cm dicke Außenschale ist wasserdurchlässig.

Nach DIN 1053 darf der lichte Abstand der Mauerwerksschalen 150 mm nicht überschreiten. Der Hohlraum zwischen den Mauerwerksschalen darf ohne verbleibende Luftschicht verfüllt werden, wenn Wärmedämmstoffe verwendet

werden, die für diesen Anwendungsbereich genormt sind oder deren Brauchbarkeit nach den bauaufsichtlichen Vorschriften nachgewiesen ist, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Es treten konstruktiv bedingte Wärmebrückenwirkungen im Auflager der Außenschale (Fußpunkt) und im Bereich der Fenster- und Dachanschlüsse auf. Maßnahmen zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung, wie der Einbau eines hochdämmenden Elementes in der ersten Steinschicht auf der Fundamentplatte, bzw. unterhalb der Kellerdecke sind unbedingt auch tragwerkstechnisch für den jeweiligen Einzelfall zu untersuchen. Für den Aufstandsbereich der Außenschale auf einem hochdämmenden Element ist neben den tragwerkstechnischen Belangen ggf. auch die Frostbeständigkeit im Bereich dieser speziellen Steinschicht zu überprüfen. Bei der Verwendung von Steinmaterial mit einer kleinen Wärmeleitfähigkeit (λ etwa kleiner $0,33 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) im Bereich der Innenschale kann auf den Einbau eines hochdämmenden Elementes verzichtet werden.

Bei der Anordnung von Drahtankern in der Planung sind unterschiedliche Einflüsse zu berücksichtigen:

- Steinformat der Außenschale,
- Steinformat der Innenschale,
- Dicke der Stahlbetondecke,
- Toleranzen in der Ausführung.

Diese Einflüsse können z. B. durch den Einbau einer Ausgleichsschicht als erste Schicht auf der Geschossdecke bzw. in Einzelfällen auch durch eine Ausgleichsschicht unterhalb der Stahlbetondecke berücksichtigt werden.

Der Fensteranschluss unten und der äußere Brüstungsbereich werden direkt vom Niederschlag erreicht. Dieser Bereich muss daher mit einer

Vorbemerkungen zu den Anschlusspunkten 4.2.2

Hinweise zur Darstellung und Konstruktion

Fenstersohlbank abgedeckt werden. Diese muss mit einem deutlichen Gefälle nach außen versehen werden. Die Fensterbank kann unterschiedlich geführt werden.

Fall A:

Bauteile, die im Bereich der Fläche wasserdicht sind, z. B. Fensterbänke aus Metall (Aluminiumlegierungen, bzw. Titanzink) oder aus Fertigteilen (Ziegel und Stahlbeton).

Fall B:

Bauteile, die in der Fläche nicht wasserdicht sind (z. B. gemauerte Fenstersohlbänke). Hier kann das Regenwasser durch die Fugen und das Steinmaterial durchtreten.

Für beide Fälle ist die Notwendigkeit einer Sperrschicht unterhalb der Fenstersohlbank zu überprüfen, siehe hierzu DIN 1053-1. Seitlich sollte die Sperrschicht jeweils etwa 25 cm über die Fensteröffnung hinaus geführt werden, damit Wasser, welches nicht über die offenen Stoßfugen im Bereich der Fensteröffnung nach außen fließen konnte, seitlich in den Fingerspalt entwässern kann, ohne den Fensteranschluss zu durchfeuchten.

Es wird besonders darauf hingewiesen, dass alle Anschlusspunkte einschließlich deren Regelkonstruktionen auch im Hinblick auf diffusionstechnische Belange für den speziellen Einzelfall zu überprüfen sind. Im Rahmen dieser Veröffentlichung wurde wegen der Vielzahl möglicher Fälle auf diese Überprüfung verzichtet.

Bei der konstruktiven Durcharbeitung eines Anschlusspunktes müssen neben wärmeschutztechnischen Belangen auch die vorhandene Druckspannung, der Schlagregenschutz, die schallschutz- und verformungstechnischen Belange usw. berücksichtigt werden.

Jeder Anschlusspunkt muss weiterhin auch unter feuchte-schutztechnischen Gesichtspunkten (z. B. Vermeidung von Schimmelpilzbildung) geprüft werden. Für die Anschlusspunkte ergeben sich, in Abhängigkeit von den in den jeweils zugeordneten Tabellen angegebenen Wärmeleitfähigkeiten der Innenschale, die minimalen inneren Oberflächentemperaturen θ_{si} ; ermittelt, unter Zugrundelegung der Randbedingungen der DIN 4108-2:2003-07.

Besonders wichtig ist die **Umsetzung** der nachfolgenden Regeldetails, der wärmeschutztechnisch überprüften Anschlusspunkte auf der Baustelle. Schon im Stadium der Ausführungsplanung sollten sich Planende und Ausführende darüber verständigen, wie baupraktische, auf den jeweiligen Einzelfall angepasste Lösungen entwickelt werden können. Dies gilt insbesondere in Bezug auf den Abgleich mit der DIN 4108 Bbl 2. Im Rahmen der Ausschreibung sollte auf die Anforderungen hinsichtlich der Wärmedämm- und Dichtheitskonzepte hingewiesen werden.

Zur Vereinfachung des Nachweises gemäß Energieeinsparverordnung wurden für den Anwender die nachfolgend aufgeführten Anschlusssituationen für die Außenwand aus zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung im Hinblick auf Übereinstimmung mit den Angaben der DIN 4108 Bbl 2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Wärmebrücken Planungs- und Ausführungsbeispiele überprüft.

In einigen Bauteilsituationen wurden gegenüber den im Beiblatt 2 angegebenen Lösungen Modifikationen vorgenommen, welche aus der Sicht der Autoren baupraktisch sinnvoller sind bzw. zu einer weiteren Optimierung des Wärmebrückeneinflusses führen.

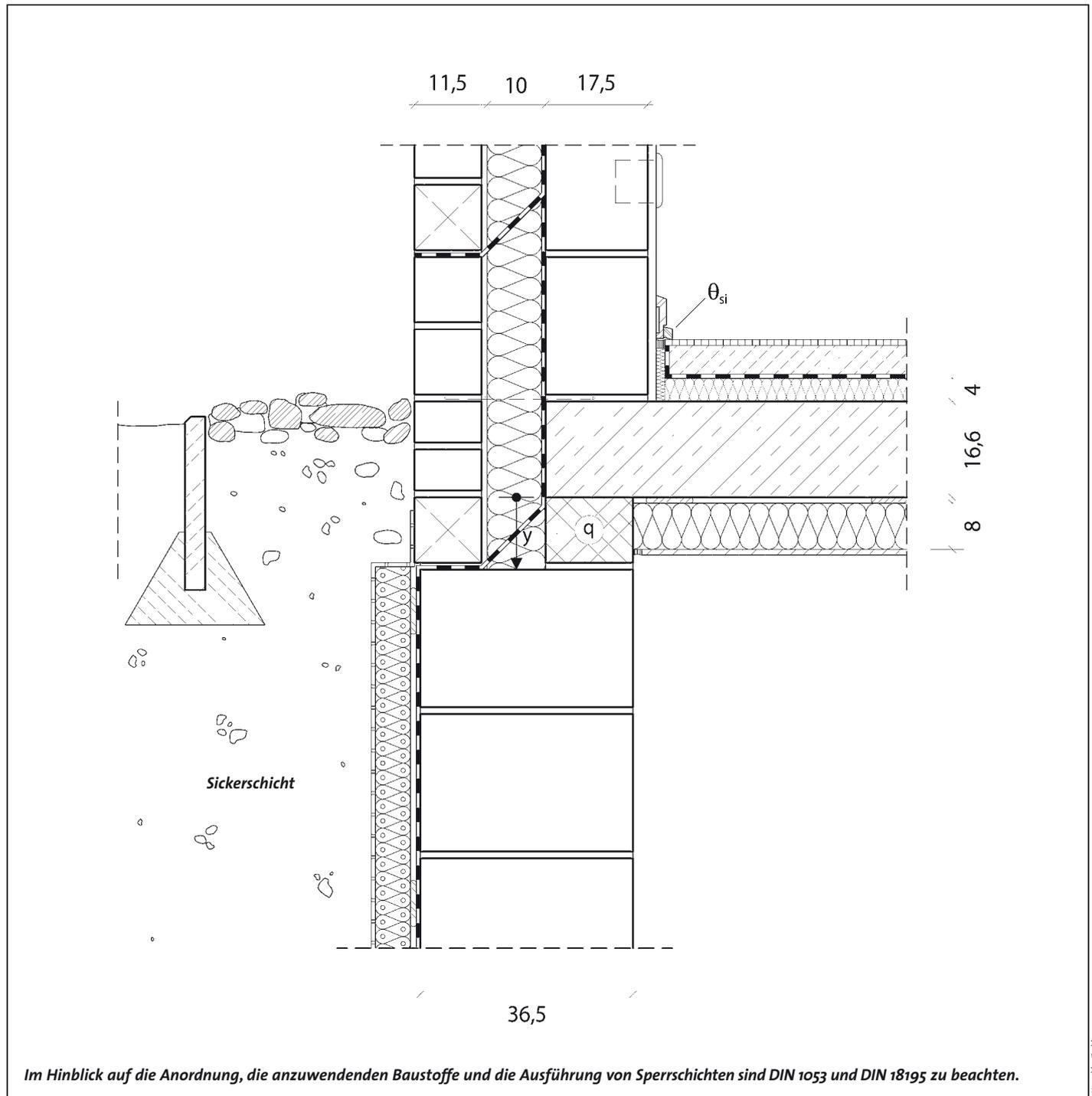
Anmerkung:

Bei nennenswerten Abweichungen von den Konstruktionsprinzipien der DIN 4108 Beiblatt 2 müssen die Auswirkungen mit Hilfe einer Wärmebrückenberechnung überprüft werden.

Inwieweit derartige Modifikationen aus rechtlicher Sicht im Rahmen des Nachweisverfahrens statthaft sind, bedarf einer rechtlichen Beurteilung. Dieser Aspekt ist, wie auch die Über-einstimmung der hier dargestellten Details mit geltenden Normen und anderen Regelwerken, vom Anwender eigenverantwortlich zu überprüfen.

Die Überprüfung der Gleichwertigkeit und die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen wurden unter den Randbedingungen der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01 bzw. DIN EN ISO 10211 durchgeführt. In der DIN 4108 Bbl 2 finden sich die Angaben zu den Systemgrenzen zwischen den einzelnen Bauteilen, die Wärmeübergangswiderstände und die Temperaturrandbedingungen zur Bestimmung der minimalen Oberflächentemperaturen und längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ . Auf eine Nennung und Aufführung dieser Randbedingungen wird hier daher verzichtet.

4.3.1 Anschlusspunkt Sockel



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Spezielle Steinschicht (Maßnahme q): 0,21 W/(m·K)

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 16,7 \text{ °C}$

$\lambda = 0,54 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 16,2 \text{ °C}$

$\lambda = 0,33 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 16,4 \text{ °C}$

$\lambda = 0,99 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 16,1 \text{ °C}$

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Unbeheizter Keller: 10 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Kellerwand – Kellerdecke – Außenwand

Wärmedämmschichtdicke
d = 10 cm

Wärmedämmschicht ober- und unterhalb der Kellerdecke

Keller nicht beheizt

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht im Bereich der Decke zum nicht beheizten Keller ist oberhalb (Trittschalldämmschicht) und unterhalb (Wärmedämmschicht) der Kellerdecke angeordnet. Die erste Steinschicht unterhalb der Kellerdecke lässt keine Verbindung mit der Kerndämmschicht und der Wärmedämmschicht unter der Kellerdecke zu, so dass ein geschlossener Zug der Wärmedämmschichten nicht möglich ist.

Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von den Dicken der Stoffschichten, deren Wärmeleitfähigkeiten und der Einbindetiefe der Kerndämmschicht (Maß y).

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip, wird zur Minimierung der Wärmebrückewirkung vorgeschlagen, eine Einbindetiefe der Kerndämmschicht, bezogen auf die Unterkante Kellerdecke, von etwa 12,5 cm und eine Dicke der Kerndämmschicht von d = 10 cm vorzusehen.

Weiterhin wird empfohlen, eine spezielle erste Schicht **unterhalb** der Kellerdecke aus Steinmaterial mit geringer Wärmeleitfähigkeit, $\lambda = 0,21 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, Steinhöhe 11,3 cm, Maßnahme (q), anzuordnen.

Anmerkung: Diese Maßnahme sollte sinngemäß aus Gründen eines energiesparenden Wärmeschutzes und eines erhöhten feuchteschutztechnischen Niveaus auch im Anschlussbereich von Kellerinnenwänden an die Kellerdecke vorgesehen werden.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,19 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips in DIN 4108 Bbl 2 Bild 34.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz) im Bereich der Bohrungen erforderlich.

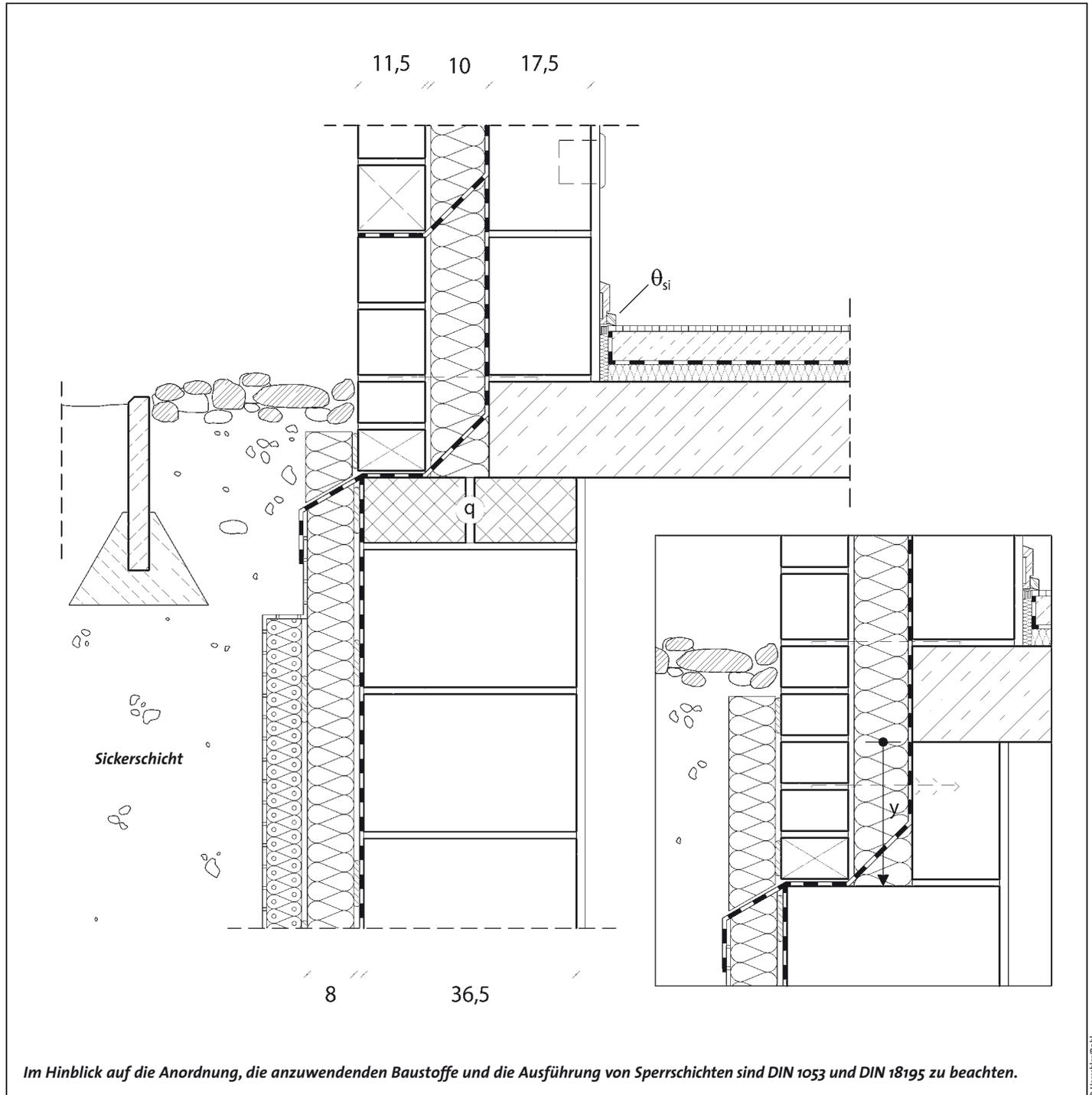
Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Sonstiges

Aus Gründen der Frostsicherheit des nicht beheizten Kellers kann zusätzlich außen eine Perimeterdämmschicht bis in eine Tiefe von etwa 1 m eingebaut werden.

4.3.2 Anschlusspunkt Sockel



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Spezielle Steinschicht (Maßnahme q): 0,21 W/(m·K)

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,4$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,3$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,3$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,2$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Kellerwand – Kellerdecke – Außenwand

Wärmedämmschichtdicke
 $d = 10 \text{ cm}$

Keller beheizt

Wärmedämmkonzept

Die Außenschale lässt keine Verbindung zwischen Kerndämmschicht und Perimeterdämmschicht zu; ein geschlossener Zug der Wärmedämmschichten ist somit nicht möglich. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung abhängig ist von den Dicken der Stoffschichten, deren Wärmeleitfähigkeiten und der Einbindetiefe der Kerndämmschicht im Bereich der Außenschale und dem Überdeckungsmaß der Kerndämmung bezogen auf die im Erdreich befindliche Perimeterdämmschicht (Maß y), Variante.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip, wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, eine Einbindetiefe der Kerndämmschicht, bezogen auf die Oberkante Kellerdecke, von etwa 16,6 cm vorzusehen.

Weiterhin wird empfohlen, eine spezielle erste Schicht **unterhalb** der Kellerdecke und der Außenschale aus Steinmaterial mit geringer Wärmeleitfähigkeit, z. B. $\lambda = 0,21 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, Steinhöhe 11,3 cm, Maßnahme (q), anzuordnen. Die Maßnahme (q) ist aus tragwerkstechnischer Sicht zu überprüfen. Alternativ kann die Einbindetiefe der Kerndämmschicht, bezogen auf die im Erdreich befindliche Perimeterdämmschicht, erhöht werden. In der Variante wurde das Maß y mit einer Höhe von $h = 25 \text{ cm}$ und einer Dicke $d = 10 \text{ cm}$ gewählt.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,22 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entsprechen die beiden Anschlussvarianten der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips in DIN 4108 Bbl 2 Bild 32.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale anschließen können.

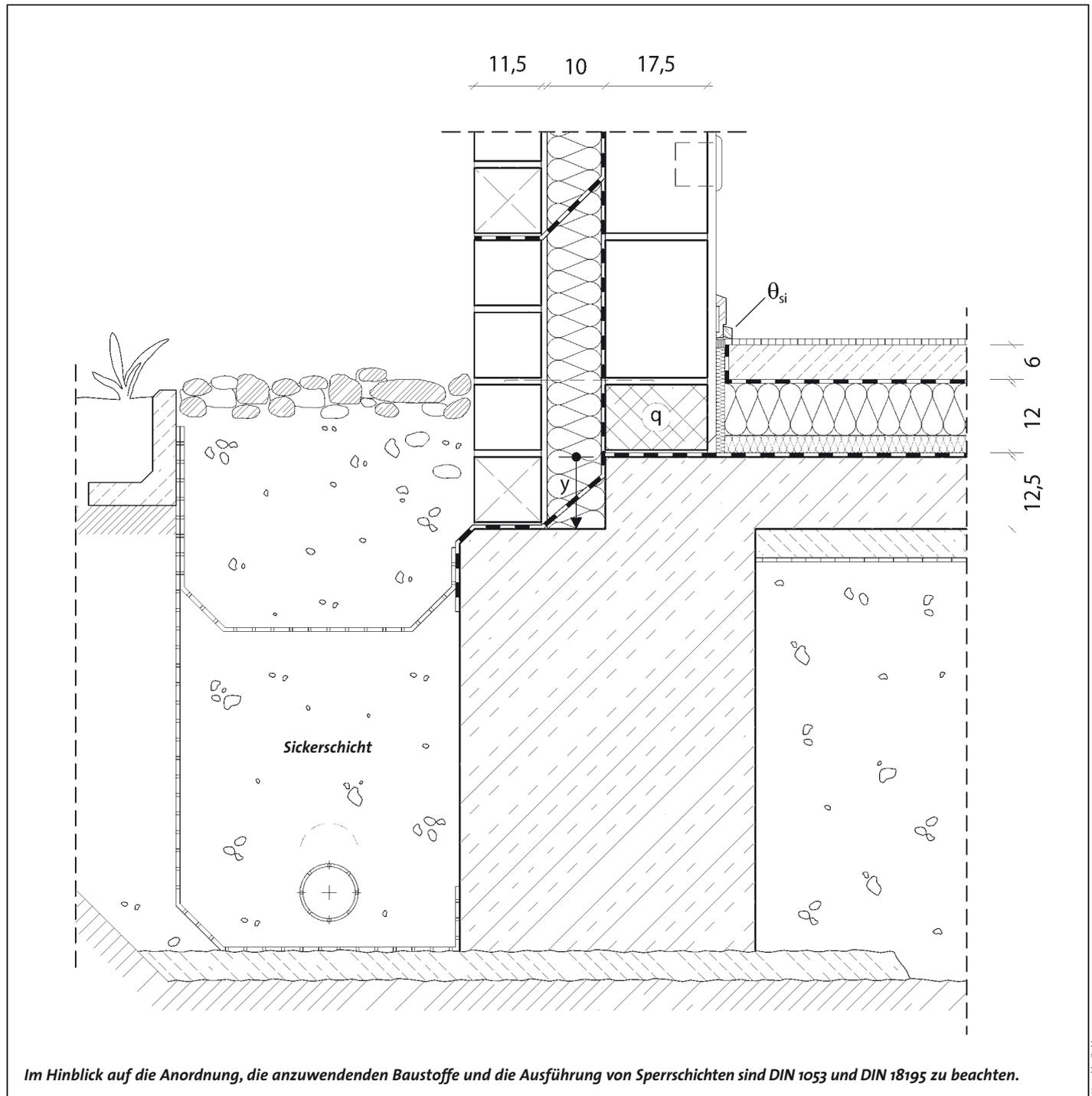
Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Sonstiges

Regenwasser, das auf der äußeren Oberfläche der Außenschale herabläuft, beansprucht den oberen Anschluss: Perimeterdämmschicht an Außenschale. Da diese Dämmschicht selten hohlraumfrei auf die Kellerwand aufgebracht werden kann, besteht die Gefahr, dass über eindringendes Wasser zusätzlich zur Feuchtigkeitsbeanspruchung der vertikalen Sperrschicht (schwach drückendes Wasser) eine **massenstrombedingte Wärmebrückenwirkung** entsteht.

Zur Vermeidung der Problemstellung wird eine Abdichtung dieses Anschlusspunktes vorgeschlagen, und zwar Fortführung der Sperrschicht zur Fußpunktentwässerung über die angeschrägte Perimeterdämmschicht hinaus oder eine separat hergestellte Abdichtung aus Spachtelmasse mit eingelegerter Armierung. Siehe hierzu auch die Ausführung in DIN 4108-2: 2003-07: „Langanhaltendes Stauwasser oder drückendes Wasser ist im Bereich der Dämmschicht zu vermeiden. Die Dämmplatten müssen dicht gestoßen im Verband verlegt werden und eben auf dem Untergrund aufliegen“, sowie die Hinweise aus den Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassungen für den jeweiligen Anwendungsfall.

4.3.3 Anschlusspunkt Sockel



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Spezielle Steinschicht (Maßnahme q): 0,21 W/(m·K)

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,1$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,1$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,1$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,2$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Erreich: 5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Außenwand – Fundamentplatte

Wärmedämmschichtdicke
 $d = 10 \text{ cm}$

Wärmedämmschicht auf der
Sohlplatte

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht ist hier auf der Sohlplatte angeordnet; die Innenschale lässt keine Verbindung mit der Kern-dämmschicht zu, ein geschlossener Zug der Wärmedämmschichten ist somit nicht möglich. Diese Situation stellt daher eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von den Dicken der Stoffschichten, deren Wärmeleitfähigkeiten, der Einbindetiefe der Kern-dämmschicht im Bereich des Fundamentes, bezogen auf die Oberkante der Sohlplatte und einer zusätzlichen Randdämmung im Bereich des Fundamentes (Perimeterdämmung).

Zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung wird vorgeschlagen, eine Einbindetiefe der Kerndämmschicht, bezogen auf die Oberkante Fundamentplatte, von mindestens 12,5 cm vorzusehen (Maß y). Die Dicke der Kerndämmschicht sollte 10 cm betragen.

Weiterhin ist zusätzlich eine spezielle erste Schicht im Bereich der Innenschale **auf** der Fundamentplatte aus Steinmaterial mit geringer Wärmeleitfähigkeit, z. B. $\lambda = 0,21 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, Steinhöhe 11,3 cm, Maßnahme (q), angeordnet.

Anmerkung: Diese Maßnahme sollte sinngemäß aus Gründen eines energiesparenden Wärmeschutzes und eines erhöhten feuchteschutztechnischen Niveaus auch im Anschlussbereich von Innenwänden an die Fundamentplatte vorgesehen werden.

Eine zusätzlich außen angeordnete Randdämmung führt zu einer weiteren Minimierung der Wärmebrückenwirkung. Für den Fall, dass eine höhere Oberflächentemperatur $\theta_{s,i}$, als in der Tabelle angegeben, gewünscht wird, wird der Einbau einer Randdämmung empfohlen (Erhöhung der Oberflächentemperatur um rund $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,10 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips in DIN 4108 Bbl 2 Bild 16.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

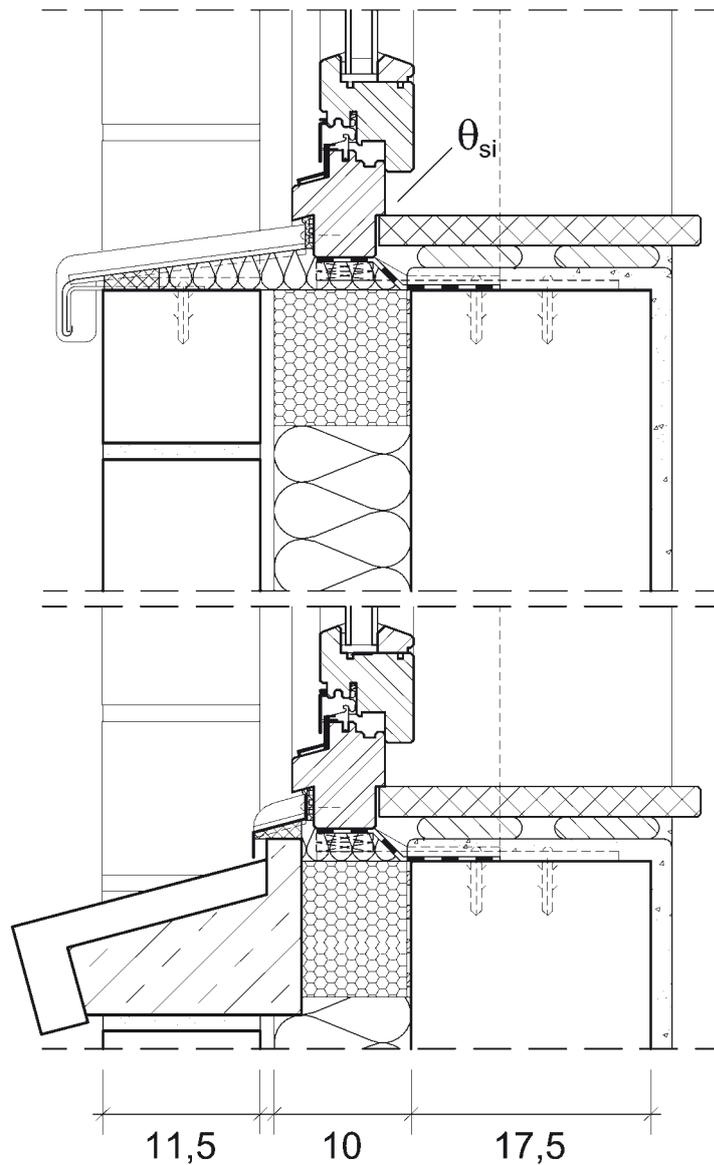
Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärme-dämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

4.4.1 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Wärmedämmstoff Fertigteil (Maßnahme q): 0,035 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 17,1$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 17,3$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 17,2$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 17,4$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster an Außenwand

**Dicke der Wärmedämmschicht
d = 10 cm**

unterer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip, wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, das Fenster in der Ebene der Wärmedämmschicht anzuordnen. Diese Maßnahme bedingt spezielle Maßnahmen zur Befestigung des Fensters. Hier wird bei Verwendung von Metallen empfohlen, nur Metalle mit geringer Wärmeleitfähigkeit und diese überdies nur zur punktuellen Unterstützung des Fensters zu verwenden. Auf eine ausreichende thermische Entkopplung des Metallprofils nach außen ist unbedingt zu achten.

Weiterhin sind Hohlräume unterhalb der Fensterbank vollständig mit Wärmedämmstoff zu verschließen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 44.

Als äußere Fensterbank ist eine Fensterbank aus Aluminium vorgesehen. Es ist darauf zu achten, dass unterhalb der Fensterbank der Wärmedämmstoff hohlraumfrei eingebaut wird.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

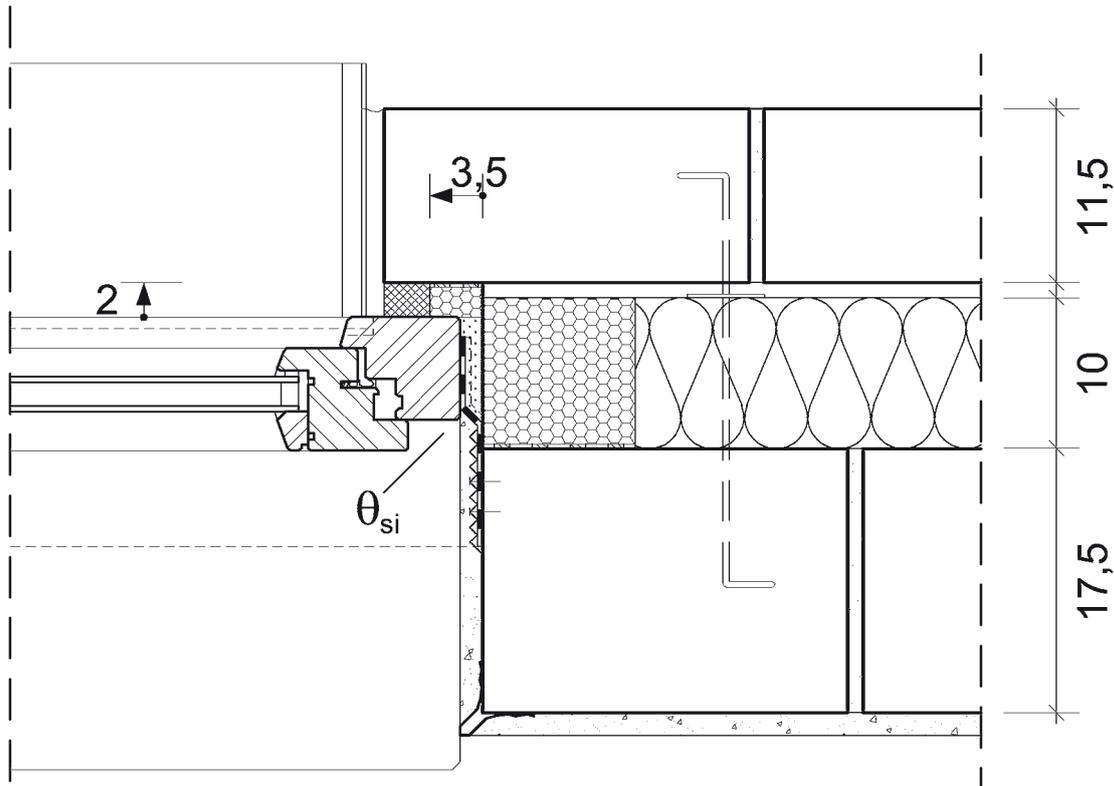
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde ein System mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Die Mauerwerksflächen im Bereich des Fensteranschlusses sind ggf. vorzuputzen (Ausgleichsmörtel).

Anmerkung: Das Ausschäumen der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Außenwand als alleinige Abdichtungsmaßnahme stellt **keinen** luftdichten Verschluss dar.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Die Herstellung des winddichten Fensteranschlusses bedingt Maßnahmen an der Außenseite. Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und äußerer Fensterbank erfolgt über ein elastisches, alterungsbeständiges Dichtprofil. Die Abdichtung der Fuge zwischen Fertigbauteil und Fensterbank aus Aluminium erfolgt durch ein vor-komprimiertes Dichtband.

4.4.2 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlüssen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13 \text{ W/(m·K)}$ ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 17,4 \text{ °C}$

$\lambda = 0,54 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 17,6 \text{ °C}$

$\lambda = 0,33 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 17,5 \text{ °C}$

$\lambda = 0,99 \text{ W/(m·K)}$

$\theta_{si} = 17,7 \text{ °C}$

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Anschlusspunkt Fenster 4.4.2

Fenster an Außenwand

**Dicke der Wärmedämmschicht
 $d = 10 \text{ cm}$**

seitlicher Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 50 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, das Fenster in der Wärmedämmebene anzuordnen. Weiterhin wurde zwischen der Außenschale und dem Blendrahmen eine thermische Trennung mit Hilfe einer 2 cm dicken Wärmedämmschicht (z. B. extr. PS-Hartschaum) vorgesehen. Diese Wärmedämmschicht ist möglichst weit auf den Fensterblendrahmen zu führen. Gewählt wurde hier ein Überbindemaß von 3,5 cm, bezogen auf das lichte innere Rohmauerwerkmaß.

Weiterhin ist eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Die Dicke dieser Wärmedämmschicht sollte gemäß Beiblatt 2 mindestens 1 cm und die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ betragen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 50.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde ein System mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Die Mauerwerksflächen im Bereich des Fensteranschlusses sind ggf. zu verputzen (Fugenglattstrich).

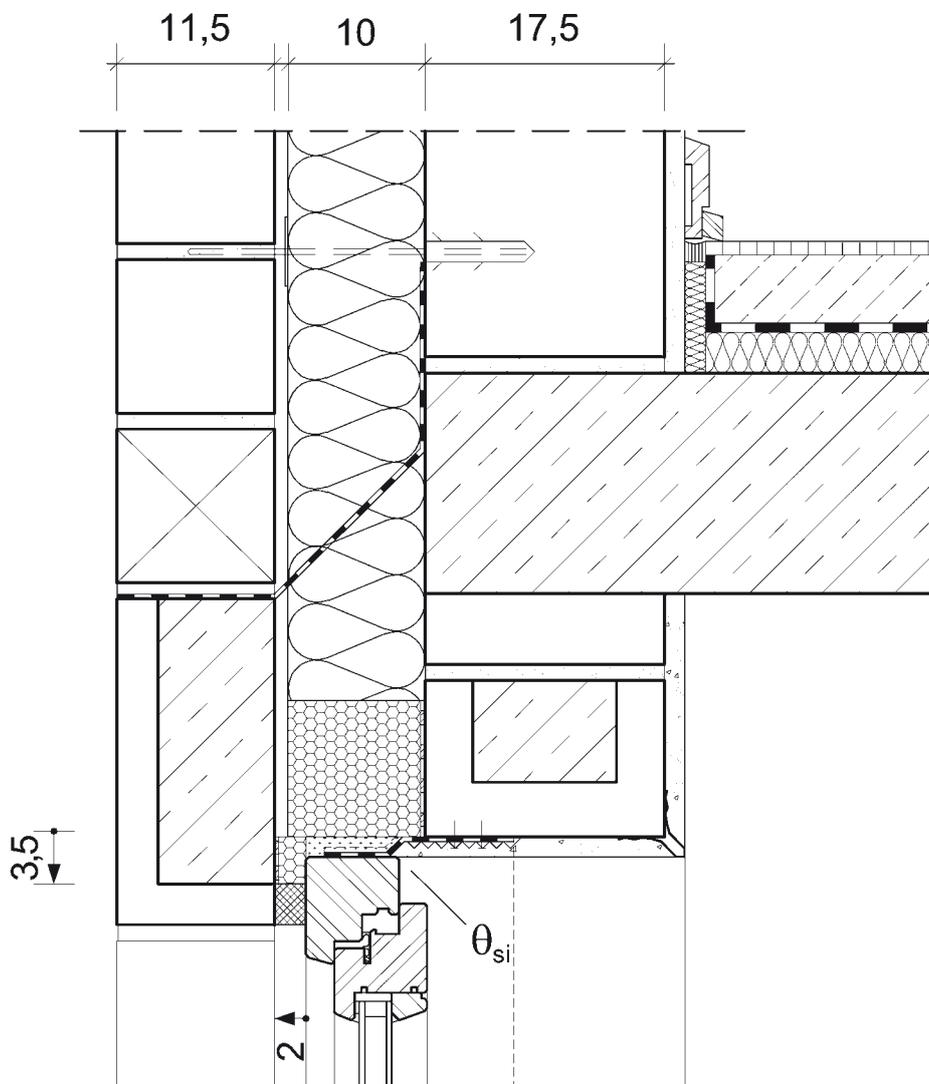
Anmerkung: Das Ausschäumen der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Außenwand als alleinige Abdichtungsmaßnahme stellt **keinen** luftdichten Verschluss dar.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Blendrahmen und Außenschale ist auch aus feuchteschutztechnischer Sicht erforderlich; hier kann ein Baudichtstoff verwendet werden.

4.4.3 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Für $\lambda = 0,21$ bzw. $0,33$, Schale des Sturzes: $\lambda = 0,42$ W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,2$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,2$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,2$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,2$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht
 $d = 10 \text{ cm}$

oberer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 56 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, das Fenster in der Wärmedämmebene anzuordnen. Weiterhin wurde zwischen der Außenschale und dem Blendrahmen eine thermische Trennung mit Hilfe einer 2 cm dicken Wärmedämmschicht (z. B. extr. PS-Hartschaum) vorgesehen. Diese Wärmedämmschicht ist möglichst weit auf den Fensterblendrahmen zu führen. Gewählt wurde hier ein Überbindemaß von 3,5 cm, bezogen auf das lichte innere Rohmauerwerk.

Weiterhin ist eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Die Dicke dieser Wärmedämmschicht sollte gemäß Beiblatt 2 mindestens 1 cm und die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ betragen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:

$\Psi \leq 0,03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 56.

Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips B.28, Variante 2.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

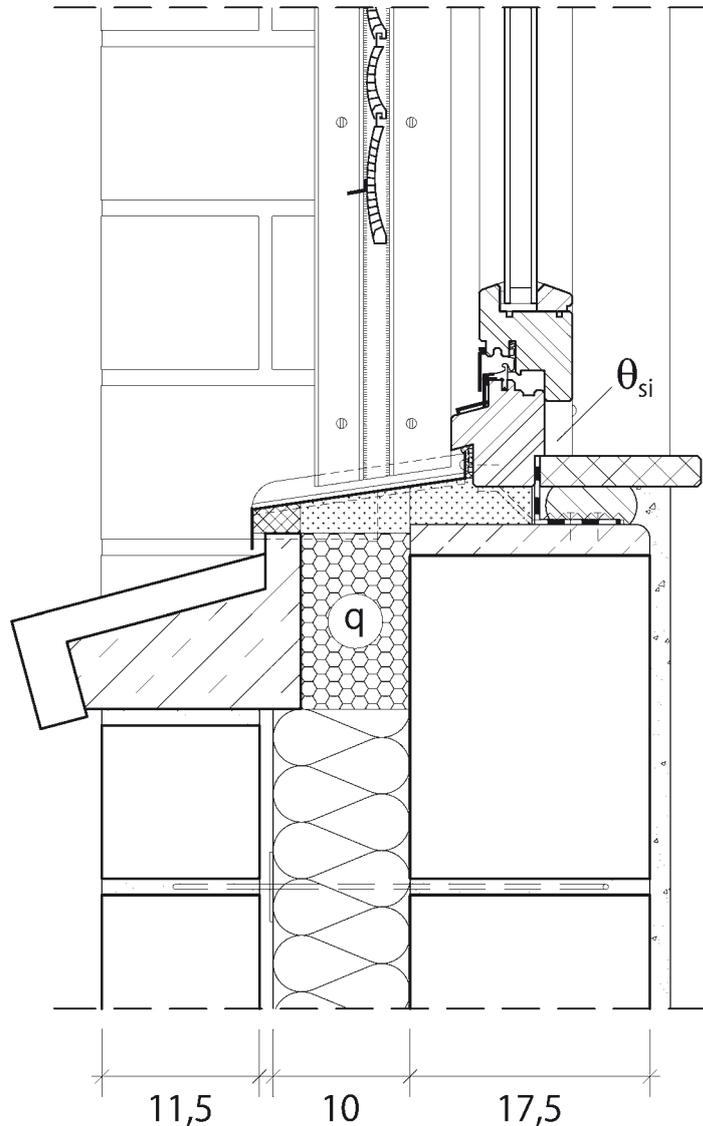
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde ein System mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen.

Anmerkung: Das relativ häufig ausgeführte Ausschäumen der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale als alleinige Abdichtungsmaßnahme stellt **keinen** luftdichten Verschluss dar.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Blendrahmen und Außenschale ist auch aus feuchteschutztechnischer Sicht erforderlich; hier kann ein Baudichtstoff verwendet werden.

4.4.4 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Wärmedämmstoff Fertigteile, Maßnahme (q): 0,035 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,5$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,7$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,5$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,9$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster mit Rollläden an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht $d = 10 \text{ cm}$

unterer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In der DIN 4108 Bbl 2 Bild 45 ist dargestellt, dass das Fenster bündig mit der Außenseite der Innenschale abschließt.

Die Lage des Fensters ergibt sich aus der Einbausituation des Rollladenkastens in Verbindung mit der Führungsschiene, siehe hierzu den seitlichen und den oberen Anschluss. Insofern ergeben sich Abhängigkeiten und u. U. Abweichungen vom angegebenen Konstruktionsprinzip. Bei nennenswerten Abweichungen vom Konstruktionsprinzip wird empfohlen, die Auswirkungen mit Hilfe einer Wärmebrückenberechnung zu überprüfen.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 45 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Diese Wärmedämmschicht sollte gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 mindestens 1 cm und die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W(m}\cdot\text{K)}$ betragen. Im dargestellten Detail wurde eine Wärmedämmschicht von $\geq 2 \text{ cm}$ und eine Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W(m}\cdot\text{K)}$ gewählt. Diese ist unbedingt bis zur Fertigteilfensterbank

(Fertigteil aus Stahlbeton mit Formstein, wärmetechnisch getrennt von der Innenschale durch eine 8 cm dicke Dämmschicht, $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) zu führen.

Hohlräume unterhalb der Fensterbank sind dementsprechend vollständig mit Wärmedämmstoff der o. a. Wärmeleitfähigkeit zu verschließen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,11 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 45.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d.h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

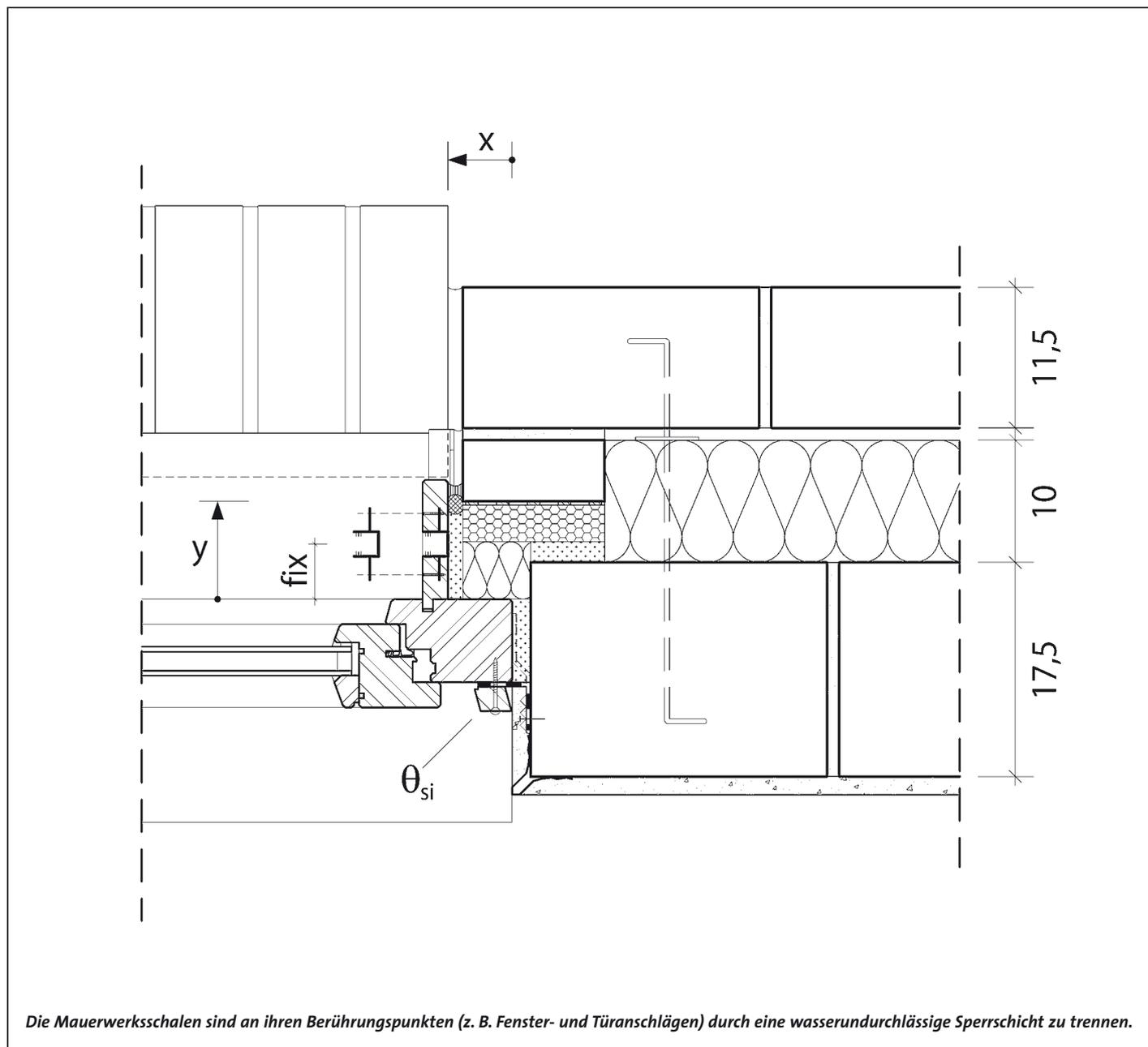
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde ein System mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Die Mauerwerksflächen im Bereich des Fensteranschlusses sind ggf. vorzuputzen (Ausgleichsmörtel)

Anmerkung: Das Ausschäumen der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Außenwand als alleinige Abdichtungsmaßnahme stellt keinen luftdichten Verschluss dar.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und äußerer Fensterbank erfolgt über ein elastisches, alterungsbeständiges Dichtprofil. Die Abdichtung der Fuge zwischen Fertigbauteil und Fensterbank aus Aluminium erfolgt durch ein vorkomprimiertes Dichtband.

4.4.5 Anschlusspunkt Fenster



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)
Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)
Spezielle Maßnahme y und x: 0,035 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)
 $\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 17,5$ °C
 $\theta_{si} = 17,4$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)
 $\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 17,4$ °C
 $\theta_{si} = 17,4$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster mit Rolladen an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht $d = 10 \text{ cm}$

seitlicher Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In der DIN 4108 Bbl 2 Bild 51 ist dargestellt, dass das Fenster bündig mit der Außenseite der Innenschale abschließt.

Die Lage des Fensters ergibt sich aus der Einbausituation des Rolladenkastens in Verbindung mit der Führungsschiene, siehe hierzu den unteren und den oberen Anschluss. Insofern ergeben sich Abhängigkeiten und u. U. Abweichungen vom angegebenen Konstruktionsprinzip. Bei nennenswerten Abweichungen vom Konstruktionsprinzip wird empfohlen, die Auswirkungen mit Hilfe einer Wärmebrückenberechnung zu überprüfen.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 51 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, zwischen der Außenschale und dem Fensterblendrahmen bzw. der Innenschale eine thermische Trennung (Maß y) mit Hilfe einer Wärmedämmschicht (z. B. aus extr. PS-Hartschaum) vorzusehen (Maß y). Gewählt wurde hier zwischen Außen- und Innenschale ein Maß von 5 cm. Diese Wärmedämmschicht ist möglichst weit auf den Fensterblendrahmen zu führen, Maß x. Gewählt wurde hier ein Maß von 5 cm.

Weiterhin ist eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Die Dicke dieser Wärmedämmschicht sollte gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 mindestens 1 cm betragen. Aus baupraktischer Sicht wurde dieser Anschlusspunkt, wie dargestellt, modifiziert.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 51.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

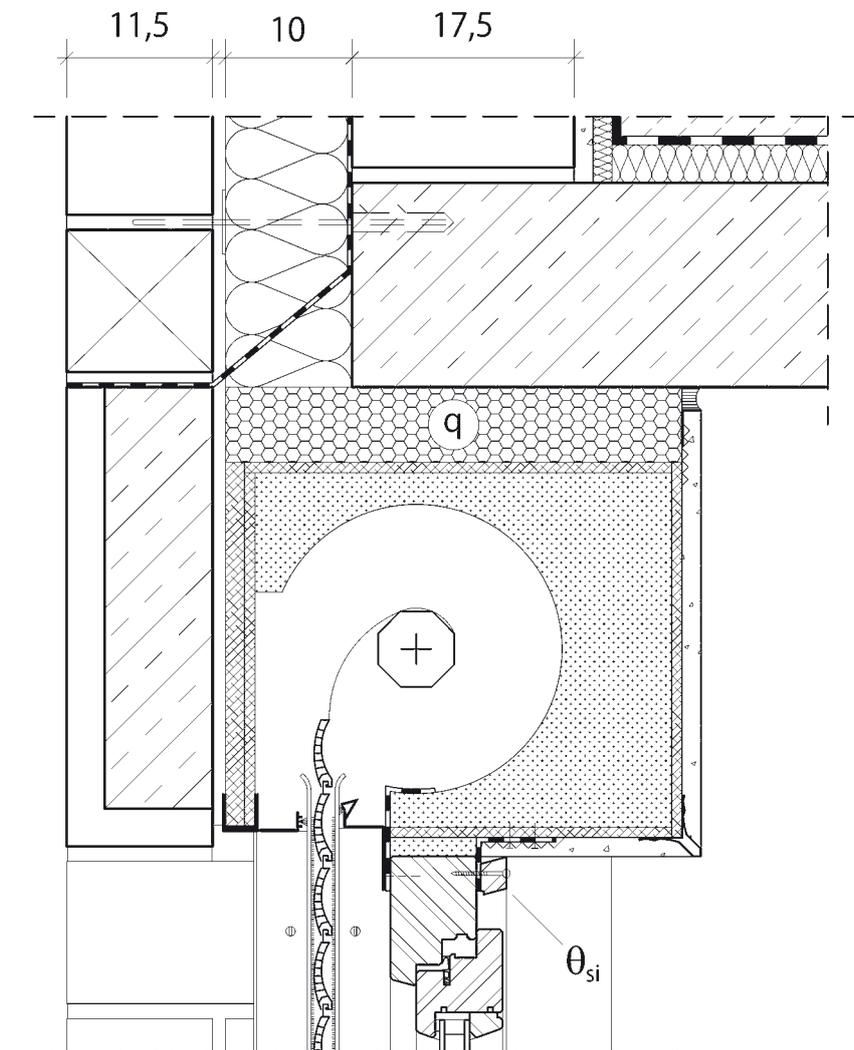
Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputzteil im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde ein System mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Zusammen mit dem Nassputz, der auf das selbstklebende Dichtband mit Hilfe eines Putzträgers geführt werden kann, verschließen diese Schichten sicher die Oberfläche des Leibungsmauerwerks, da sie mit dem Nassputz einen geschlossenen Zug bilden.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Zwischen einer äußeren Zarge und der Außenschale erfolgt die Abdichtung mittels einer geschlossenzelligen PE-Rundschur und einem Baudichtstoff.

4.4.6 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Dämmstoff Rollladen: 0,035 W/(m·K), Herstellerangabe 0,030 W/(m·K)

Teilbelüfteter Rollraum: 1,96 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 13,2$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 13,2$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 13,2$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 13,2$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster mit Rollläden an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht $d = 10 \text{ cm}$

oberer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Rollladenkasten und dieser an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters zur Wärmedämmschicht, dem Rahmenmaterial, der Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 63 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, zwischen dem Rollladenkasten und der Geschossdecke eine Wärmedämmschicht mit der Dicke von $d = 6 \text{ cm}$ anzuordnen, Maßnahme (q). Gewählt wurde hier ein Hartschaum. Aufgrund des hohen Wärmedämmstoffanteils des hier verwendeten Rollladenkastens kann auf Wärmedämmschichten auf der Innen- bzw. der Unterseite des Rollladenkastens verzichtet werden.

Die Lage des Fensters ergibt sich aus der Einbausituation des Rollladenkastens in Verbindung mit der Führungsschiene, siehe hierzu den seitlichen und den unteren Anschluss. Insofern ergeben sich Abhängigkeiten und u. U. Abweichungen vom Konstruktionsprinzip. Bei nennenswerten Abweichungen vom Konstruktionsprinzip wird empfohlen, die Auswirkungen mit Hilfe einer Wärmebrückenberechnung zu überprüfen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,29 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 63.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

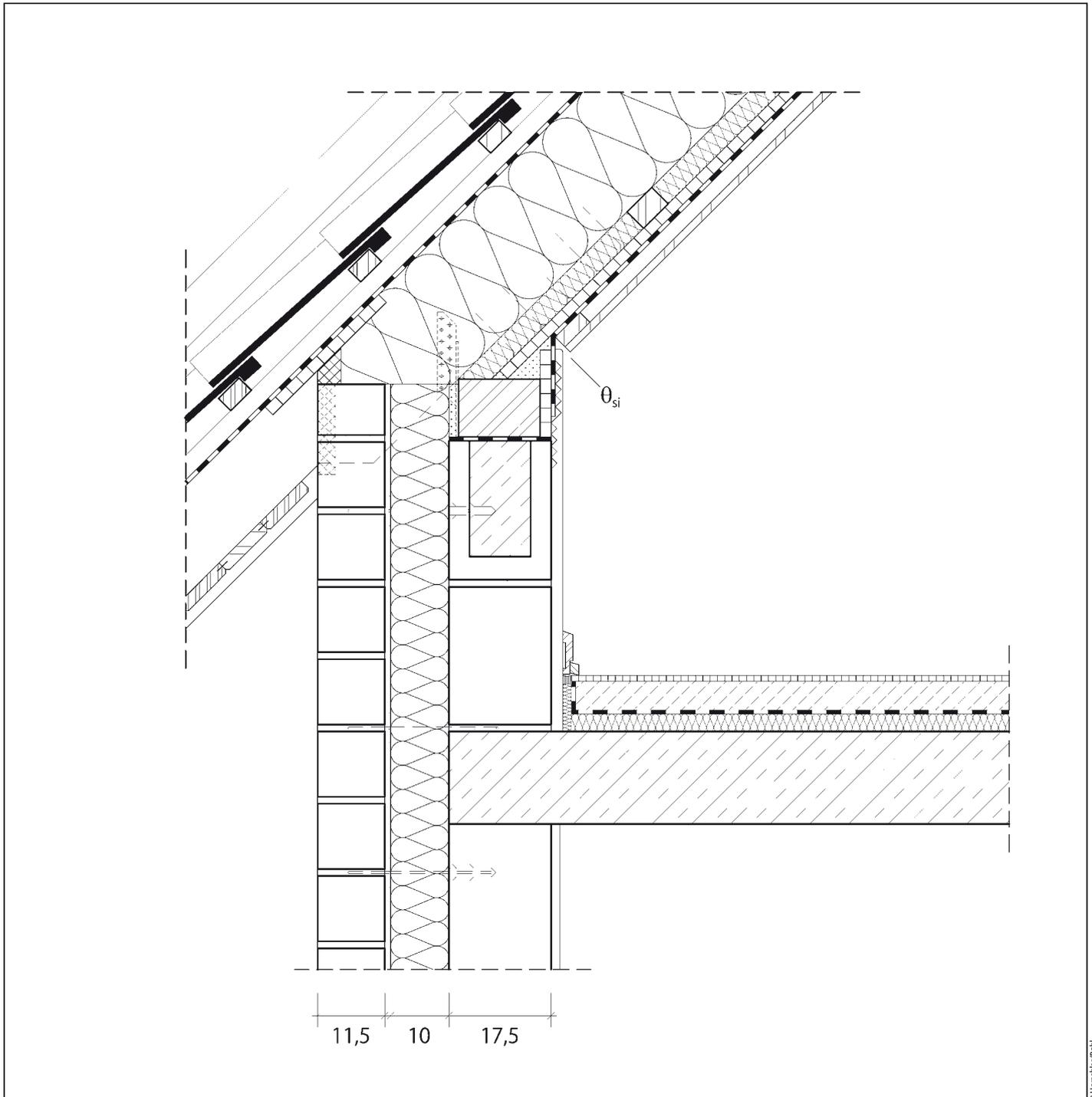
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Rollladenkasten erfolgt hier mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Zusammen mit dem Nassputz, der auf das selbstklebende Dichtband mit Hilfe eines Putzträgers und auf den Rollladenkasten geführt wurde, verschließen diese Schichten sicher die Oberflächen der verschiedenen Bauteile und bilden mit dem Nassputz einen geschlossenen Zug. Am Übergang zwischen Nassputz und Geschossdecke wurde zur Sicherstellung der Luftdichtheit ein Baudichtstoff vorgesehen.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Die Fuge zwischen dem Blendrahmen und dem Rollladenkasten muss mit einem aufgeklebten Dichtband verschlossen werden.

Sonstiges

Bei Mauerwerk aus Lochsteinen wird empfohlen, die Berührungsflächen des Rollladenkastens mit dem Mauerwerk (Auflager und seitliche Flächen) luftdicht zu verschließen (z. B. Putz).

4.5.1 Anschlusspunkt Dach



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Für $\lambda = 0,21$ bzw. 0,33, Schale des Ringbalkens: $\lambda = 0,42$ W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,5$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,6$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,6$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,6$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Außenwand an geneigtes Dach (Traufe)

Dicke der Wärmedämmschicht
 $d = 10 \text{ cm}$

Wärmedämmkonzept

Die unterhalb der Sparren vorgesehene Wärmedämmschicht minimiert in der Dachfläche die Wärmebrückenwirkung der Sparren.

Die Durchstoßung der Sparren durch die Außenwand stellt ebenfalls eine Wärmebrücke dar, diese kann bei dem Baustoff Holz vernachlässigt werden.

Beim in DIN 4108 Bbl 2 dargestellten Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 85 ist eine Wärmedämmschicht auch auf der Innenseite der Pfette dargestellt. Auf diese Wärmedämmschicht wurde hier verzichtet. Es ist darauf zu achten, dass Hohlräume im Bereich der Pfette mit Wärmedämmstoff verschlossen werden.

In DIN 4108 Bbl 2 ist dargestellt, dass die Wärmedämmschichten des geneigten Dachs und der zweischaligen Wand möglichst ohne eine Reduzierung der Dicken miteinander verbunden werden sollten.

Für den Fall, dass für den Anschlusspunkt mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, und die Wärmedämmschichten ohne eine Reduzierung der Dicken miteinander verbunden sind, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 85. Ein Gleichwertigkeitsnachweis kann unter o. a. Bedingungen hier entfallen.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale, aber auch an das geneigte Dach anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Diese Forderung gilt auch für den Einbau von Wärmedämmschichten zwischen und unter den Sparren. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Dach

Luftdichtheit: In der Fläche wird diese durch eine Holzwerkstoffplatte und eine Folie sichergestellt.

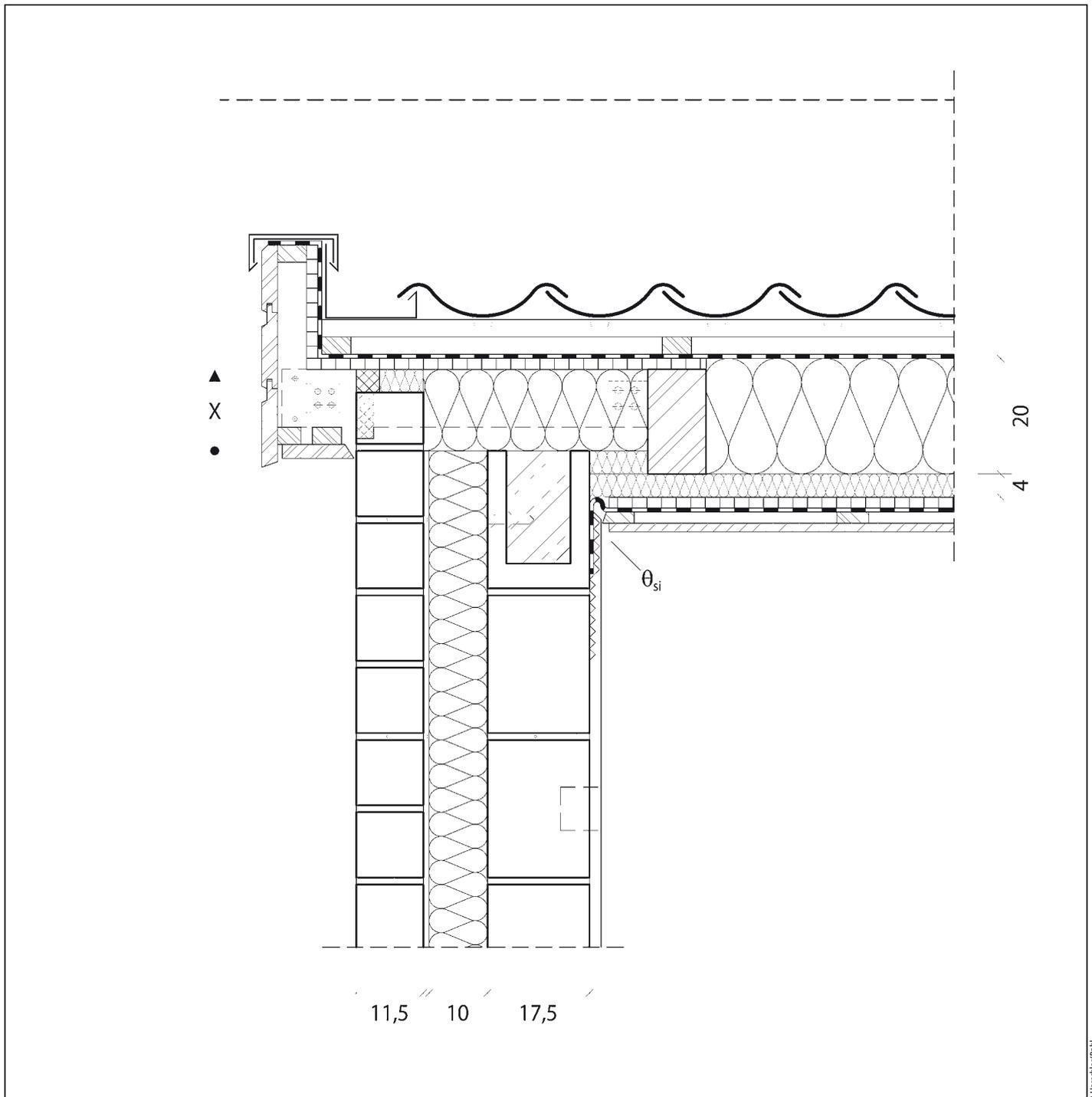
Winddichtheit: Die Winddichtheit wird durch eine diffusionsoffene Unterspannbahn gewährleistet.

Anschluss: Außenwand – geneigtes Dach

Luftdichtheit: Die luftdichte Schicht des geneigten Daches, die Folie, wird hier auf die Innenschale geführt, mit einem Putzträger versehen und mit der luftdichten Schicht der Außenwand (Nassputz) verbunden.

Winddichtheit: Die Winddichtheit im Durchstoßpunkt Sparren / Außenschale wird durch den Einbau eines vorkomprimierten Dichtbandes sichergestellt. Diese Maßnahme ist um die Sparren herum und auch zwischen Außenschale und eingepasster Holzwerkstoffplatte auszuführen.

4.5.2 Anschlusspunkt Dach



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Für $\lambda = 0,21$ bzw. 0,33, Schale des Ringbalkens: $\lambda = 0,42$ W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,2$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,6$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,4$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 15,9$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Außenwand an geneigtes Dach (Ortgang)

Dicke der Wärmedämmschicht $d = 10 \text{ cm}$

Wärmedämmkonzept

Die unterhalb der Sparren vorgesehene Wärmedämmschicht minimiert in der Dachfläche die Wärmebrückenwirkung der Sparren.

Die Durchstoßung der Stichsparren durch die Außenwand stellt ebenfalls eine Wärmebrücke dar, diese kann bei dem Baustoff Holz vernachlässigt werden.

Im Anschlussbereich zwischen geneigtem Dach und Außenwand ergibt sich immer eine stofflich-geometrische Wärmebrücke. Die Wirkung dieser Wärmebrücke kann sehr deutlich minimiert werden durch die Anordnung einer Wärmedämmschicht auf der Mauerkrone, Maß x.

Der Bereich zwischen dem Sparren und der Innenschale, und auch der Bereich über der Innenschale (Wärmedämmschicht auf der Mauerkrone), ist hierzu mit Wärmedämmstoff lückenlos auszufüllen. In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 83 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, auf der Mauerkrone der Innenschale und zwischen dem Sparren und der Wand jeweils eine Wärmedämmschicht mit der Dicke $d \geq 6 \text{ cm}$ vorzusehen. Gewählt wurde hier eine Dicke der Wärmedämmschicht auf der Mauerkrone mit $d = 14 \text{ cm}$, Maß x. Diese Maßnahme ist auch im Bereich der in die Dachfläche einbindenden Innenwände vorzusehen. Es sind brand- und schallschutztechnische Anforderungen unbedingt zu beachten.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für den Anschlusspunkt mindestens die Wärmeleit-

fähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 83.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale, aber auch an das geneigte Dach anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und die Wärmedämmstoffplatten sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärme-

dämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Diese Forderung gilt auch für den Einbau von Wärmedämmschichten zwischen und unter den Sparren. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat.

Dach

Luftdichtheit: In der Fläche wird diese durch eine Holzwerkstoffplatte und eine Folie sichergestellt. In dem Hohlraum zwischen Folie bzw. Holzwerkstoffplatte und innerer Bekleidung kann die Elektroinstallation geführt werden, ohne die luftdichte Schicht zu zerstören.

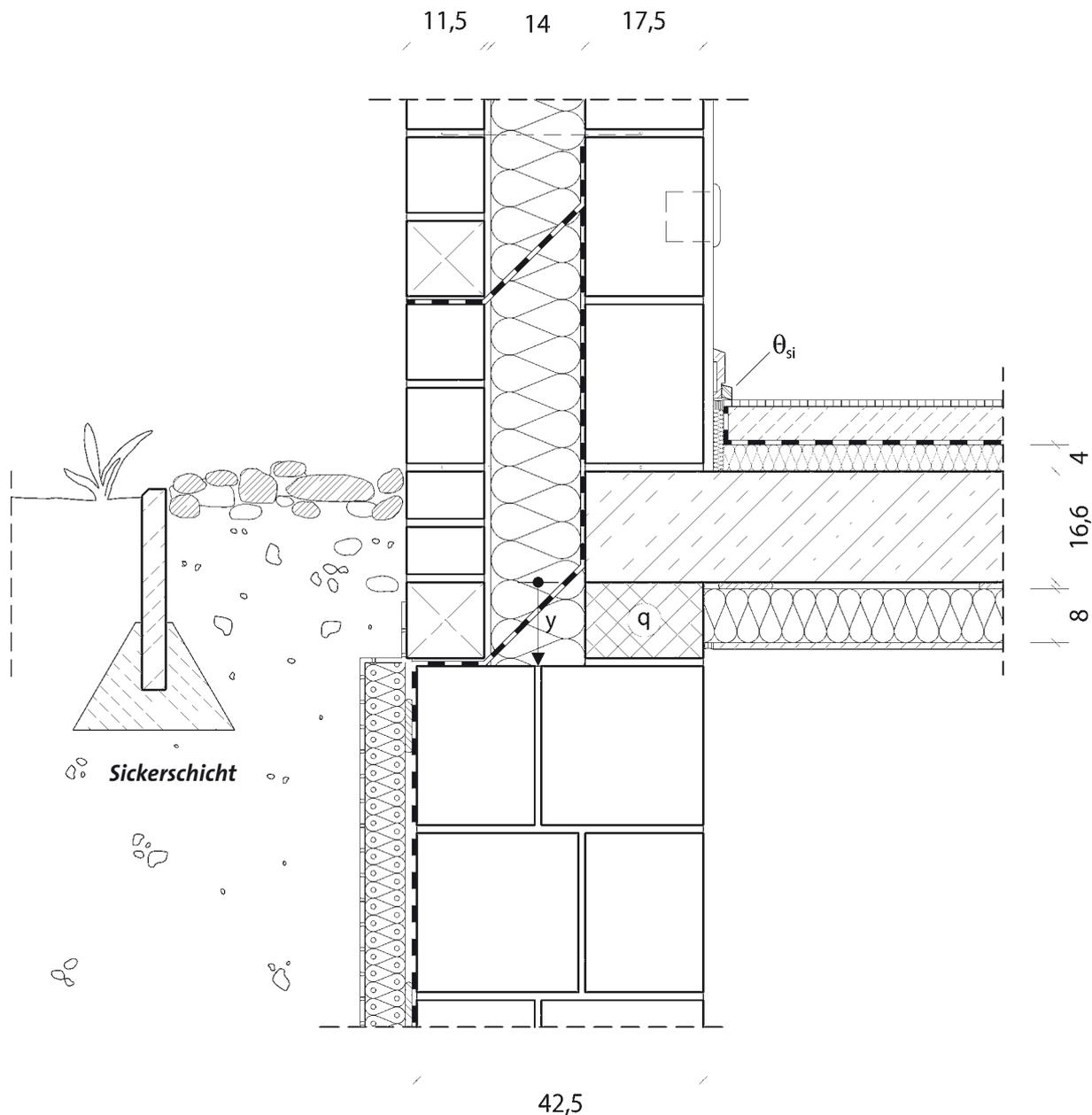
Winddichtheit: Die Winddichtheit wird durch eine diffusionsoffene Unterspannbahn gewährleistet.

Anschluss: Giebelwand – geneigtes Dach

Luftdichtheit: Die luftdichte Schicht des geneigten Daches, die Folie, wird hier auf die Innenschale geführt, mit einem Putzträger versehen und mit der luftdichten Schicht der Innenschale (Nassputz) verbunden.

Winddichtheit: Die Winddichtheit im Durchstoßpunkt Stichsparren / Außenschale wird durch den Einbau eines vor-komprimierten Dichtbandes sichergestellt. Diese Maßnahme ist um die Sparren herum und auch zwischen Außenschale und eingepasster Holzwerkstoffplatte auszuführen.

4.6.1 Anschlusspunkt Sockel



Im Hinblick auf die Anordnung, die anzuwendenden Baustoffe und die Ausführung von Sperrschichten sind DIN 1053 und DIN 18195 zu beachten.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Außenschale: 0,87 W/(m·K) Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)
 Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K) Spezielle Steinschicht (Maßnahme q): 0,21 W/(m·K)

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,01 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 16,9 \text{ °C}$	$\lambda = 0,54 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,04 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 16,5 \text{ °C}$
$\lambda = 0,33 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,02 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 16,7 \text{ °C}$	$\lambda = 0,99 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,06 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 16,4 \text{ °C}$

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C Außenlufttemperatur: -5 °C Unbeheizter Keller: 10 °C
 Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Anschlusspunkt Sockel 4.6.1

Kellerwand – Kellerdecke – Außenwand

Wärmedämmschichtdicke $d = 14 \text{ cm}$

Wärmedämmschicht ober- und unterhalb der Kellerdecke

Keller nicht beheizt

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht im Bereich der Decke zum nicht beheizten Keller ist oberhalb (Trittschalldämmschicht) und unterhalb (Wärmedämmschicht) der Kellerdecke angeordnet. Die erste Steinschicht unterhalb der Kellerdecke lässt keine Verbindung mit der Kerndämmschicht und der Wärmedämmschicht unter der Kellerdecke zu, so dass ein geschlossener Zug der Wärmedämmschichten nicht möglich ist.

Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von den Dicken der Stoffschichten, deren Wärmeleitfähigkeiten und der Einbindetiefe der Kerndämmschicht (Maß y).

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip, wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, eine Einbindetiefe der Kerndämmschicht, bezogen auf die Unterkante Kellerdecke, von etwa 12,5 cm und eine Dicke der Kerndämmschicht von $d = 14 \text{ cm}$ vorzusehen.

Weiterhin wird empfohlen, eine spezielle erste Schicht **unterhalb** der Kellerdecke aus Steinmaterial mit geringer Wärmeleitfähigkeit, $\lambda = 0,21 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, Steinhöhe 11,3 cm, Maßnahme (q), anzuordnen.

Anmerkung: Diese Maßnahme sollte sinngemäß aus Gründen eines energiesparenden Wärmeschutzes und eines erhöhten feuchteschutztechnischen Niveaus auch im Anschlussbereich von Kellerinnenwänden an die Kellerdecke vorgesehen werden.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,19 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips in DIN 4108 Bbl 2 Bild 34.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

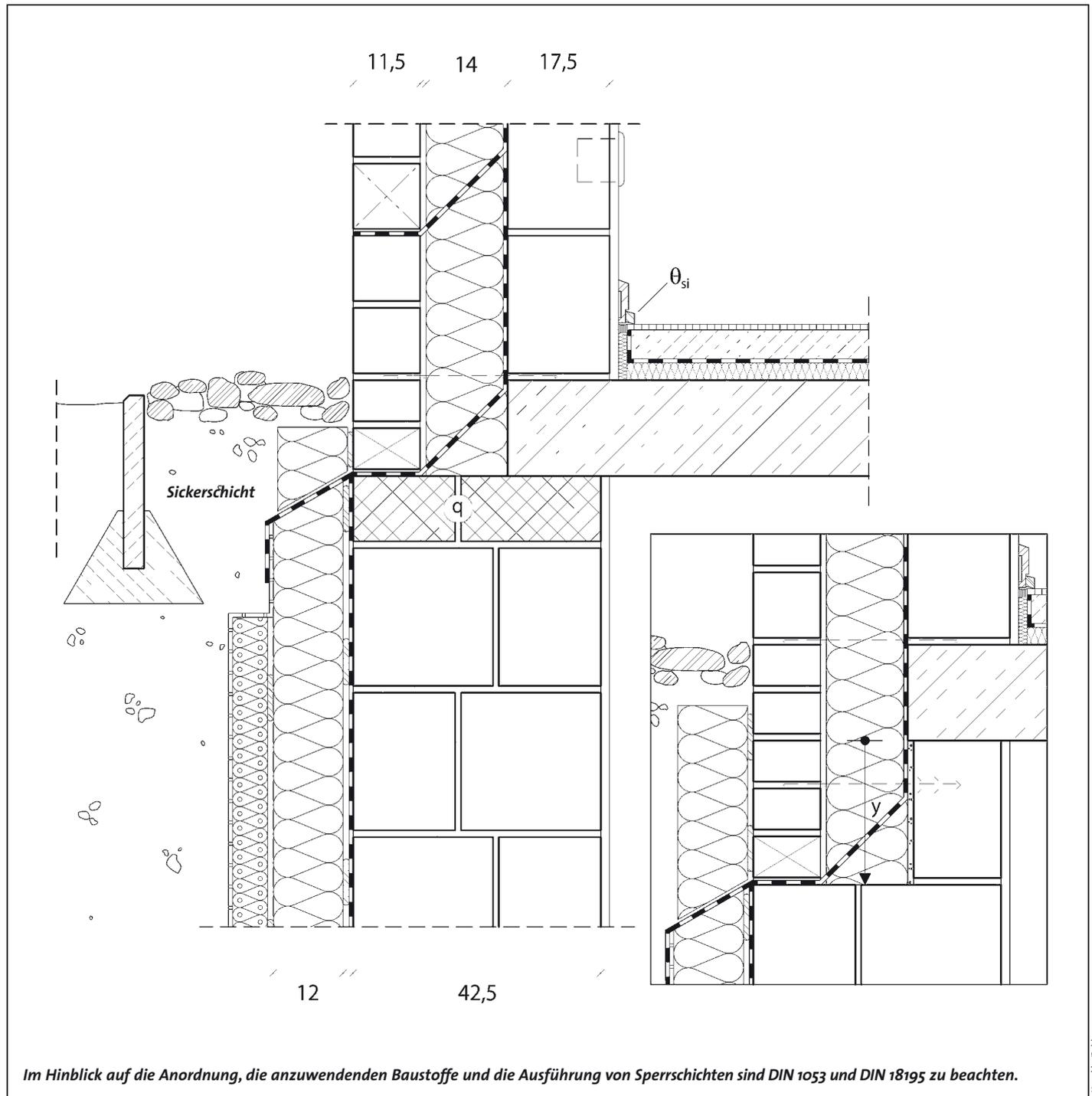
Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten **mit versetzten Stößen** sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Sonstiges

Aus Gründen der Frostsicherheit des nicht beheizten Kellers kann zusätzlich außen eine Perimeterdämmschicht bis in eine Tiefe von etwa 1,0 m eingebaut werden.

4.6.2 Anschlusspunkt Sockel



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Spezielle Steinschicht (Maßnahme q): 0,21 W/(m·K)

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)

$\Psi = 0,07$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,7$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K)

$\Psi = 0,08$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,6$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K)

$\Psi = 0,08$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,6$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K)

$\Psi = 0,10$ W/(m·K)

$\theta_{si} = 18,6$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Kellerwand – Kellerdecke – Außenwand

Wärmedämmschichtdicke $d = 14 \text{ cm}$

Keller beheizt

Wärmedämmkonzept

Die Außenschale lässt keine Verbindung zwischen Kerndämmschicht und Perimeterdämmschicht zu; ein geschlossener Zug der Wärmedämmschichten ist somit nicht möglich. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von den Dicken der Stoffschichten, deren Wärmeleitfähigkeiten und der Einbindetiefe der Kerndämmschicht im Bereich der Außenschale und dem Überdeckungsmaß der Kerndämmung bezogen auf die im Erdreich befindliche Perimeterdämmschicht (Maß y), Variante.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip wird zur Minimierung der Wärmebrückwirkung vorgeschlagen, eine Einbindetiefe der Kerndämmschicht, bezogen auf die Oberkante Kellerdecke, von etwa 16,6 cm vorzusehen.

Weiterhin wird empfohlen, eine spezielle erste Schicht **unterhalb** der Kellerdecke aus Steinmaterial mit geringer Wärmeleitfähigkeit, $\lambda = 0,21 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, Steinhöhe 11,3 cm, Maßnahme (q), anzuordnen. Die Maßnahme (q) ist aus tragwerktechnischer Sicht zu überprüfen. Alternativ kann die Einbindetiefe der Kerndämmschicht bezogen auf die im Erdreich befindliche Perimeterdämmschicht erhöht werden. In der Variante wurde das Maß y mit einer Höhe von $h = 25 \text{ cm}$ und einer Dicke $d = 14 \text{ cm}$ gewählt.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entsprechen die beiden Anschlussvarianten der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips in DIN 4108 Bbl 2 Bild 32.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale anschließen können.

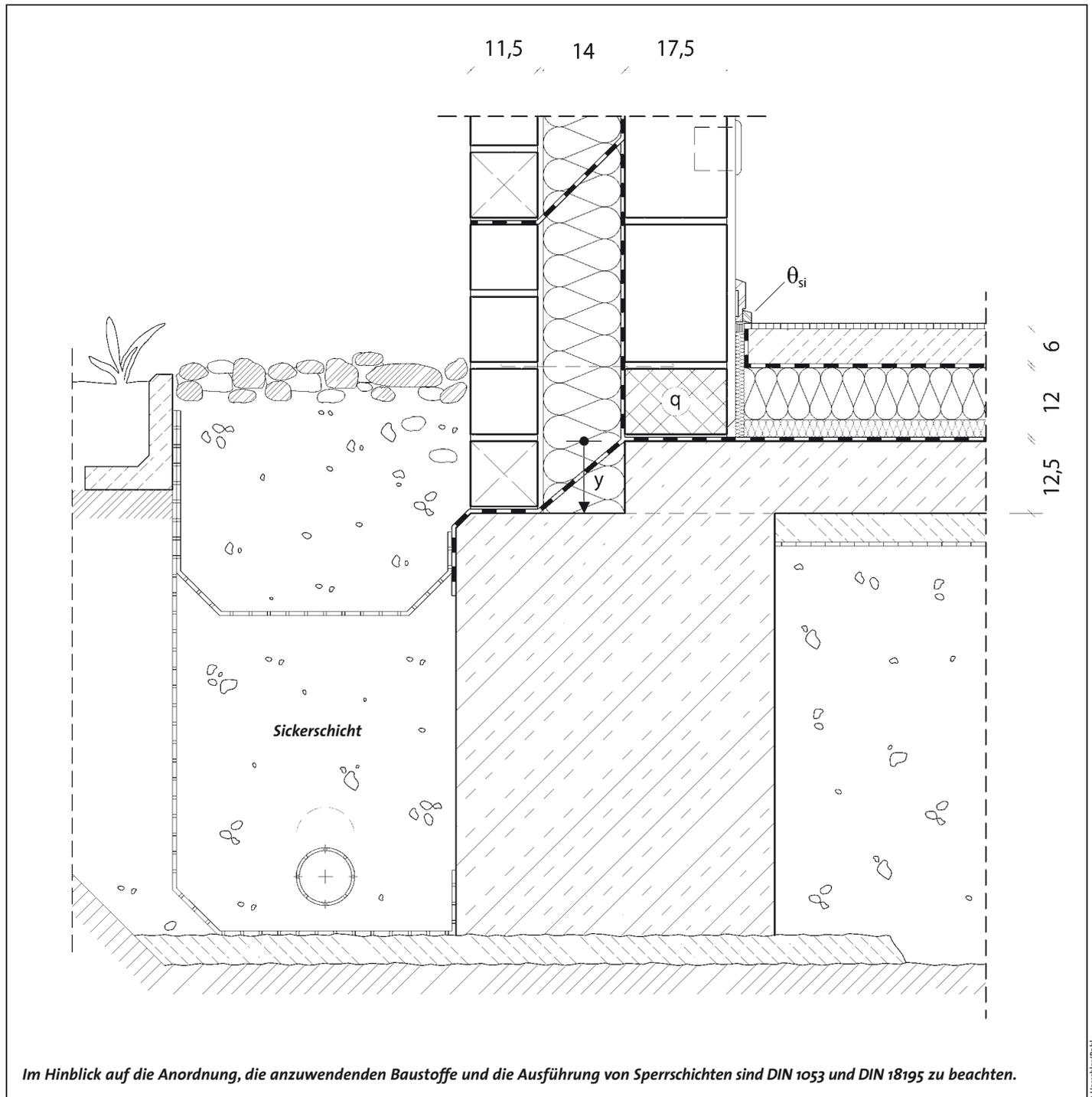
Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten **mit versetzten Stößen** sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Sonstiges

Regenwasser, das auf der äußeren Oberfläche der Außenschale herabläuft, beansprucht den oberen Anschluss: Perimeterdämmschicht an Außenschale. Da diese Dämmschicht selten hohlraumfrei auf die Kellerwand aufgebracht werden kann, besteht die Gefahr, dass über eindringendes Wasser zusätzlich zur Feuchtigkeitsbeanspruchung der vertikalen Sperrschicht (schwach drückendes Wasser) eine **massenstrombedingte Wärmebrückenwirkung** entsteht.

Zur Vermeidung der Problemstellung wird eine Abdichtung dieses Anschlusspunktes vorgeschlagen, und zwar Fortführung der Sperrschicht zur Fußpunktentwässerung über die angeschrägte Perimeterdämmschicht hinaus, oder eine separat hergestellte Abdichtung aus Spachtelmasse mit eingelegerter Armierung. Siehe hierzu auch die Ausführung in DIN 4108-2: 2003-07: „Langanhaltendes Stauwasser oder drückendes Wasser ist im Bereich der Dämmschicht zu vermeiden. Die Dämmplatten müssen dicht gestoßen im Verband verlegt werden und eben auf dem Untergrund aufliegen“, sowie die Hinweise aus den Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassungen für den jeweiligen Anwendungsfall.

4.6.3 Anschlusspunkt Sockel



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Außenschale: 0,87 W/(m·K) Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)
 Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K) Spezielle Steinschicht (Maßnahme q): 0,21 W/(m·K)

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)	$\Psi = -0,05$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 15,2$ °C	$\lambda = 0,54$ W/(m·K)	$\Psi = -0,02$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 15,2$ °C
$\lambda = 0,33$ W/(m·K)	$\Psi = -0,03$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 15,2$ °C	$\lambda = 0,99$ W/(m·K)	$\Psi = -0,01$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 15,4$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C Außenlufttemperatur: -5 °C Erdreich: 5 °C
 Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Außenwand – Fundamentplatte

Wärmedämmschichtdicke
 $d = 14 \text{ cm}$

Wärmedämmschicht auf der
Sohlplatte

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht ist hier auf der Sohlplatte angeordnet; die Innenschale lässt keine Verbindung mit der Kerndämmschicht zu, ein geschlossener Zug der Wärmedämmschichten ist somit nicht möglich. Diese Situation stellt daher eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von den Dicken der Stoffschichten, deren Wärmeleitfähigkeiten, der Einbindetiefe der Kerndämmschicht im Bereich des Fundamentes bezogen auf die Oberkante der Fundamentplatte und einer zusätzlichen Randdämmung im Bereich des Fundamentes (Perimeterdämmung).

Zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung wird vorgeschlagen, eine Einbindetiefe der Kerndämmschicht bezogen auf die Oberkante Fundamentplatte von mindestens 12,5 cm vorzusehen (Maß y). Die Dicke der Kerndämmschicht sollte 14 cm betragen.

Weiterhin ist zusätzlich eine spezielle erste Schicht im Bereich der Innenschale auf der Fundamentplatte aus Steinmaterial mit geringer Wärmeleitfähigkeit, z. B. $\lambda = 0,21 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, Steinhöhe 11,3 cm, Maßnahme (q), angeordnet.

Anmerkung: Diese Maßnahme sollte sinngemäß aus Gründen eines energiesparenden Wärmeschutzes und eines erhöhten feuchteschutztechnischen Niveaus auch im Anschlussbereich von Innenwänden an die Fundamentplatte vorgesehen werden.

Eine zusätzlich außen angeordnete Randdämmung führt zu einer weiteren Minimierung der Wärmebrückenwirkung. Für den Fall, dass eine höhere Oberflächentemperatur $\theta_{s,i}$, als in der Tabelle angegeben, gewünscht wird, wird der Einbau einer Randdämmung empfohlen (Erhöhung der Oberflächentemperatur um rund $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips in DIN 4108 Bbl 2 Bild 16.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

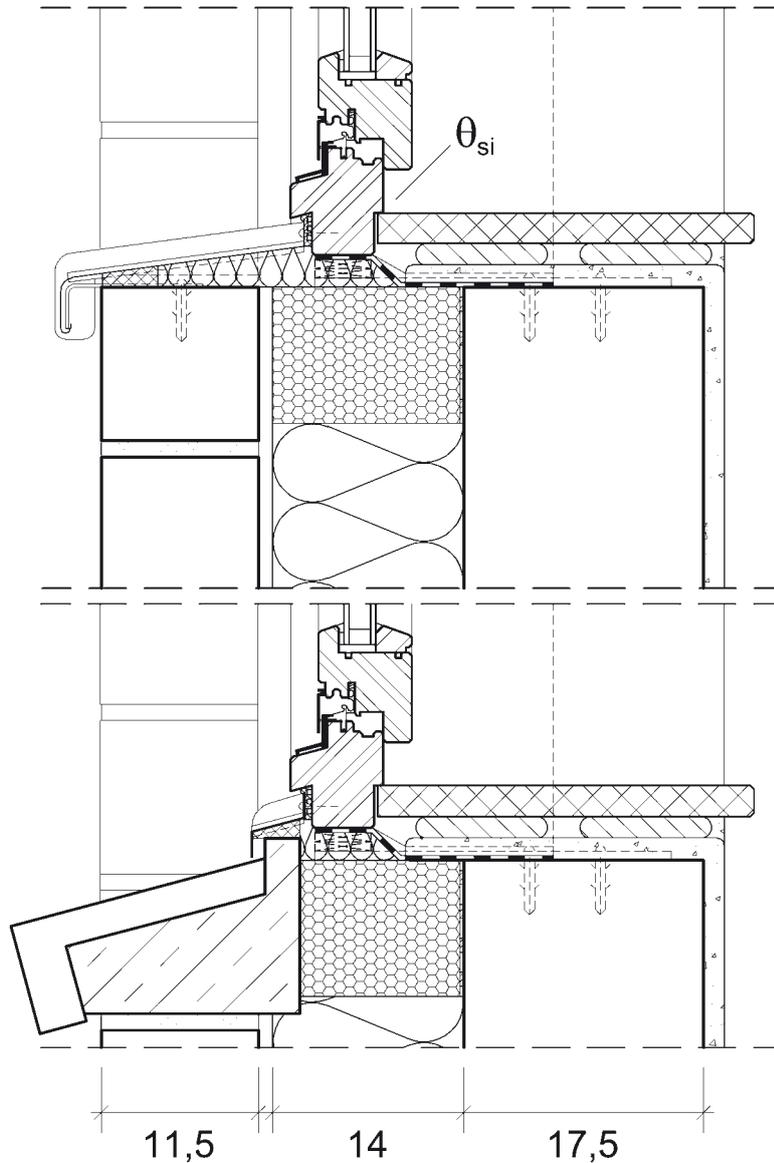
Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten mit versetzten Stößen sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

4.7.1 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Wärmedämmstoff Fertigteil, (Maßnahme q): 0,035 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)	$\Psi = 0,00$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,2$ °C	$\lambda = 0,54$ W/(m·K)	$\Psi = -0,01$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,3$ °C
$\lambda = 0,33$ W/(m·K)	$\Psi = -0,01$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,3$ °C	$\lambda = 0,99$ W/(m·K)	$\Psi = -0,01$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,3$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht
d = 14 cm

unterer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip, wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, das Fenster in der Ebene der Wärmedämmschicht anzuordnen. Diese Maßnahme bedingt spezielle Maßnahmen zur Befestigung des Fensters. Hier wird bei Verwendung von Metallen empfohlen, nur Metalle mit geringer Wärmeleitfähigkeit und diese überdies nur zur punktuellen Unterstützung des Fensters zu verwenden. Auf eine ausreichende thermische Entkopplung des Metallprofils nach außen ist unbedingt zu achten.

Weiterhin sind Hohlräume unterhalb der Fensterbank vollständig mit Wärmedämmstoff zu verschließen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entsprechen die beiden Anschlussvarianten der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 44.

Als äußere Fensterbank ist eine Fensterbank aus Aluminium vorgesehen. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass unterhalb der Fensterbank der Wärmedämmstoff hohlraumfrei eingebaut wird.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

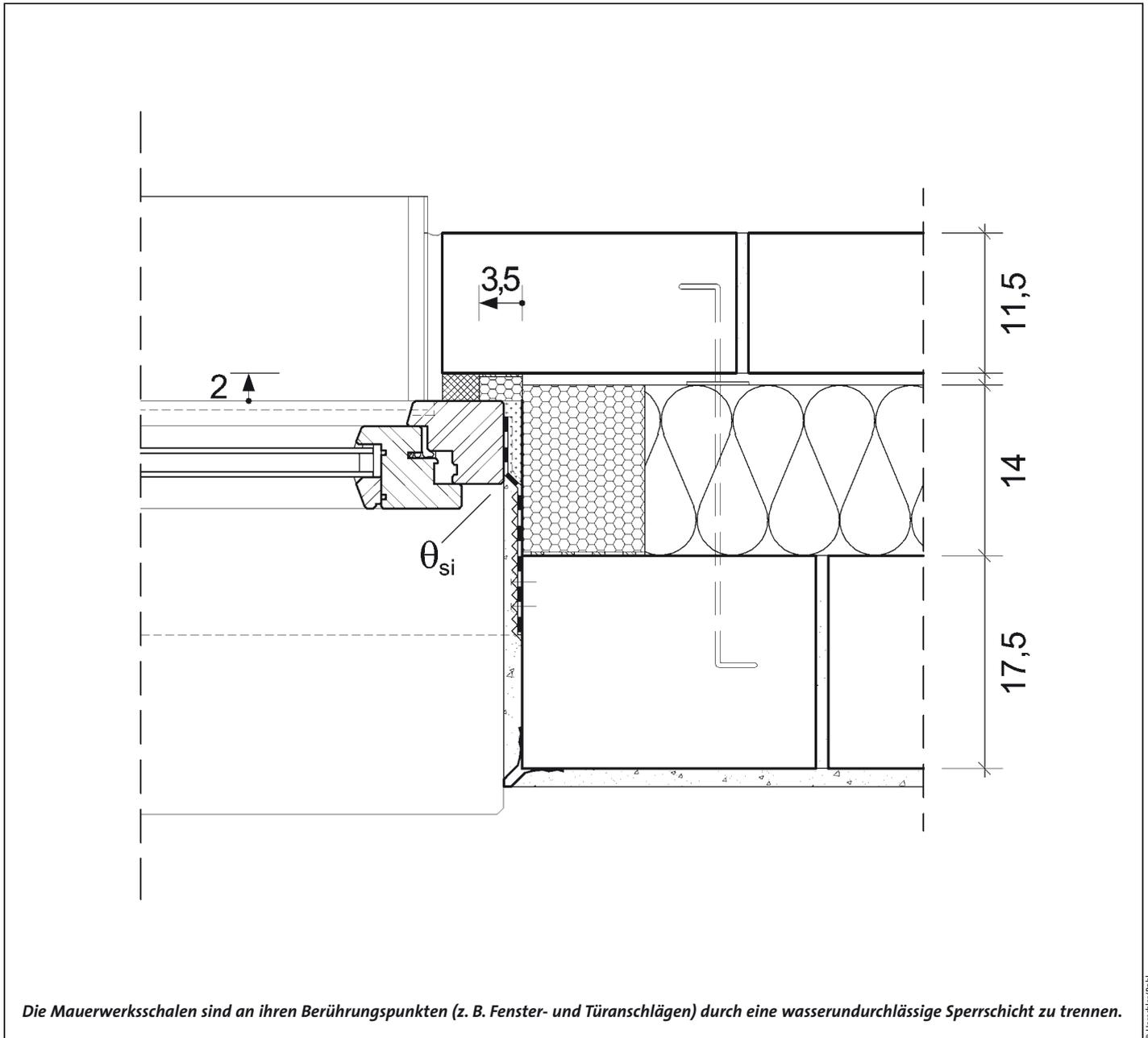
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde hier ein System mit einem vorkomprimierten Dichtband. Die Mauerwerksflächen im Bereich des Fensteranschlusses sind ggf. vorzuputzen (Ausgleichsmörtel).

Anmerkung: Das Ausschäumen der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Außenwand als alleinige Abdichtungsmaßnahme stellt **keinen** luftdichten Verschluss dar.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten **mit versetzten Stößen** sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Die Herstellung des winddichten Fensteranschlusses bedingt Maßnahmen an der Außenseite. Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und äußerer Fensterbank erfolgt über ein elastisches, alterungsbeständiges Dichtprofil. Die Abdichtung der Fuge zwischen Fertigbauteil und Fensterbank aus Aluminium erfolgt durch ein vorkomprimiertes Dichtband.

4.7.2 Anschlusspunkt Fenster



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Außenschale: 0,87 W/(m·K) Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)
 Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)	$\Psi = -0,02$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,5$ °C	$\lambda = 0,54$ W/(m·K)	$\Psi = -0,02$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,5$ °C
$\lambda = 0,33$ W/(m·K)	$\Psi = -0,02$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,5$ °C	$\lambda = 0,99$ W/(m·K)	$\Psi = -0,02$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,6$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht
 $d = 14 \text{ cm}$

seitlicher Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung dieser Wärmebrücke ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 50 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, das Fenster in der Wärmedämmebene anzuordnen. Weiterhin wurde zwischen der Außenschale und dem Blendrahmen eine thermische Trennung mit Hilfe einer 2 cm dicken Wärmedämmschicht (z. B. aus extr. PS-Hartschaum) vorgesehen. Diese Wärmedämmschicht ist möglichst weit auf den Fensterblendrahmen zu führen. Gewählt wurde hier ein Überbindemaß von 3,5 cm, bezogen auf das lichte innere Rohmauerwerk.

Weiterhin ist eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Die Dicke dieser Wärmedämmschicht sollte gemäß Beiblatt 2 mindestens 1 cm und die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ betragen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 50.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

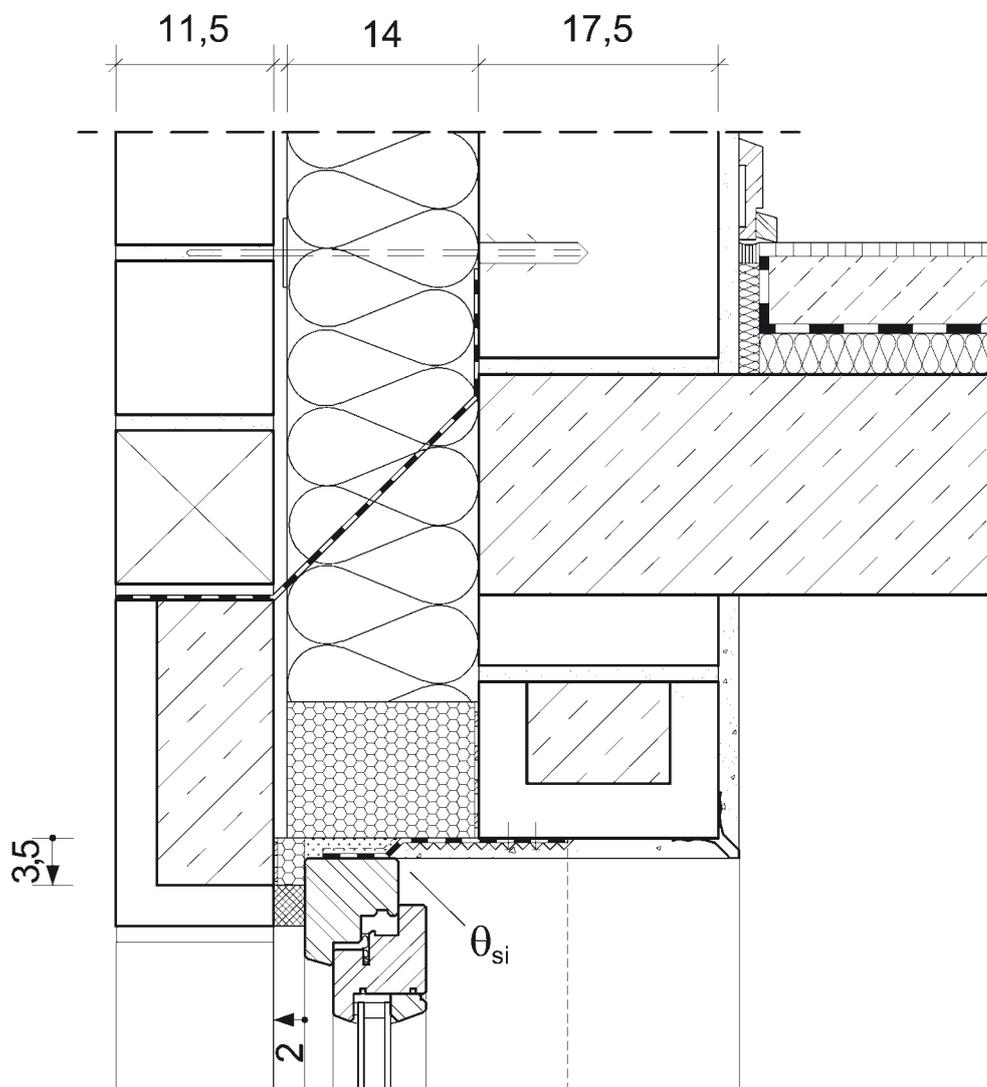
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde hier ein System mit einem vorkomprierten Dichtband. Die Mauerwerksflächen im Bereich des Fensteranschlusses sind ggf. vorzuputzen (Fugenglattstrich).

Anmerkung: Das Ausschäumen der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Außenwand als alleinige Abdichtungsmaßnahme stellt **keinen** luftdichten Verschluss dar.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten **mit versetzten Stößen** sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Die Abdichtung zwischen äußerer Verleistung und Außenschale erfolgt mit einem Baudichtstoff.

4.7.3 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Für $\lambda = 0,21$ bzw. 0,33, Schale des Sturzes: $\lambda = 0,42$ W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)	$\Psi = -0,01$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,5$ °C	$\lambda = 0,54$ W/(m·K)	$\Psi = -0,02$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,5$ °C
$\lambda = 0,33$ W/(m·K)	$\Psi = -0,01$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,5$ °C	$\lambda = 0,99$ W/(m·K)	$\Psi = -0,02$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 17,5$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht
d = 14 cm

oberer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 56 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, das Fenster in der Wärmedämmebene anzuordnen. Weiterhin wurde zwischen der Außenschale und dem Blendrahmen eine thermische Trennung mit Hilfe einer 2 cm dicken Wärmedämmschicht (z. B. extr. PS-Hartschaum) vorgesehen. Diese Wärmedämmschicht ist möglichst weit auf den Fensterblendrahmen zu führen. Gewählt wurde hier ein Überbindemaß von 3,5 cm, bezogen auf das lichte innere Rohmauerwerk.

Weiterhin ist eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Die Dicke dieser Wärmedämmschicht sollte gemäß Beiblatt 2 mindestens 1 cm und die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ betragen.

Ergebnis: Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrundegelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 56.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz) im Bereich der Bohrungen erforderlich.

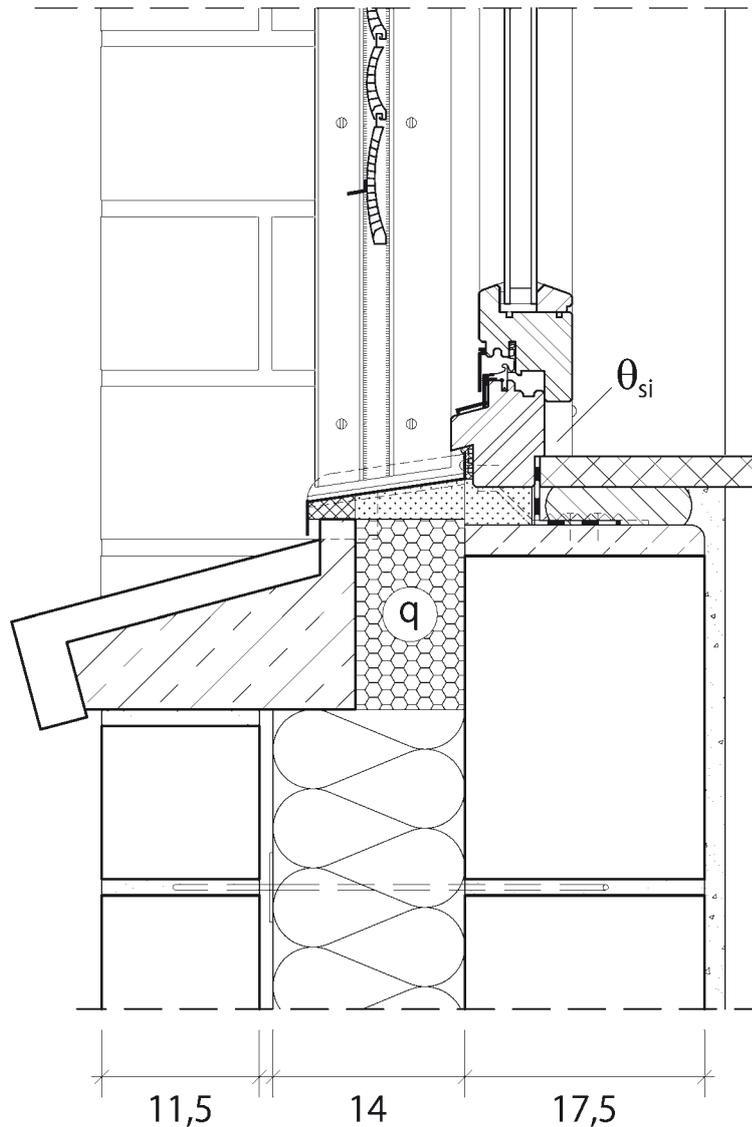
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenschale kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde hier ein System mit einem vorkomprimierten Dichtband.

Anmerkung: Das relativ häufig ausgeführte Ausschäumen der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale als alleinige Abdichtungsmaßnahme stellt **keinen** luftdichten Verschluss dar.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten **mit versetzten Stößen** sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Die Abdichtung zwischen äußerer Verleistung und Außenschale erfolgt mit einem Baudichtstoff.

4.7.4 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Wärmedämmstoff Fertigteile, (Maßnahme q): 0,035 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13$ W/(m·K) ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21$ W/(m·K) $\Psi = 0,01$ W/(m·K) $\theta_{si} = 15,9$ °C

$\lambda = 0,33$ W/(m·K) $\Psi = 0,02$ W/(m·K) $\theta_{si} = 16,0$ °C

$\lambda = 0,54$ W/(m·K) $\Psi = 0,02$ W/(m·K) $\theta_{si} = 16,2$ °C

$\lambda = 0,99$ W/(m·K) $\Psi = 0,03$ W/(m·K) $\theta_{si} = 16,6$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster mit Rollläden an Außenwand

**Dicke der Wärmedämmschicht
d = 14 cm**

unterer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In der DIN 4108 Bbl 2 Bild 45 ist dargestellt, dass das Fenster bündig mit der Außenseite der Innenschale abschließt.

Die Lage des Fensters ergibt sich aus der Einbausituation des Rollladenkastens in Verbindung mit der Führungsschiene, siehe hierzu den seitlichen und den oberen Anschluss. Insofern ergeben sich Abhängigkeiten und u. U. Abweichungen vom angegebenen Konstruktionsprinzip. Bei nennenswerten Abweichungen vom Konstruktionsprinzip wird empfohlen, die Auswirkungen mit Hilfe einer Wärmebrückenberechnung zu überprüfen.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 45 wird zur Minimierung der Wärmebrückeneinwirkung vorgeschlagen, eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Diese Wärmedämmschicht sollte gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 mindestens 1 cm und die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ betragen. Im dargestellten Detail wurde eine Wärmedämmschicht von $\geq 2 \text{ cm}$ und eine Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ gewählt. Diese ist unbedingt bis zur Fertigteilfensterbank (Fertigteil aus Stahlbeton mit Formstein, wärmetechnisch getrennt

von der Innenschale durch eine 8 cm dicke Dämmschicht, $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) zu führen. Hohlräume unterhalb der Fensterbank sind dementsprechend vollständig mit Wärmedämmstoff der o. a. Wärmeleitfähigkeit zu verschließen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,11 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden und des Weiteren auch der Fensterblendrahmen bündig mit der Außenseite der Innenschale abschließt, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 45.

Alternativ zu einem Fertigteil kann auch eine Fensterbank aus Aluminium eingebaut werden. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass unterhalb der Fensterbank der Wärmedämmstoff hohlraumfrei eingebaut wird.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

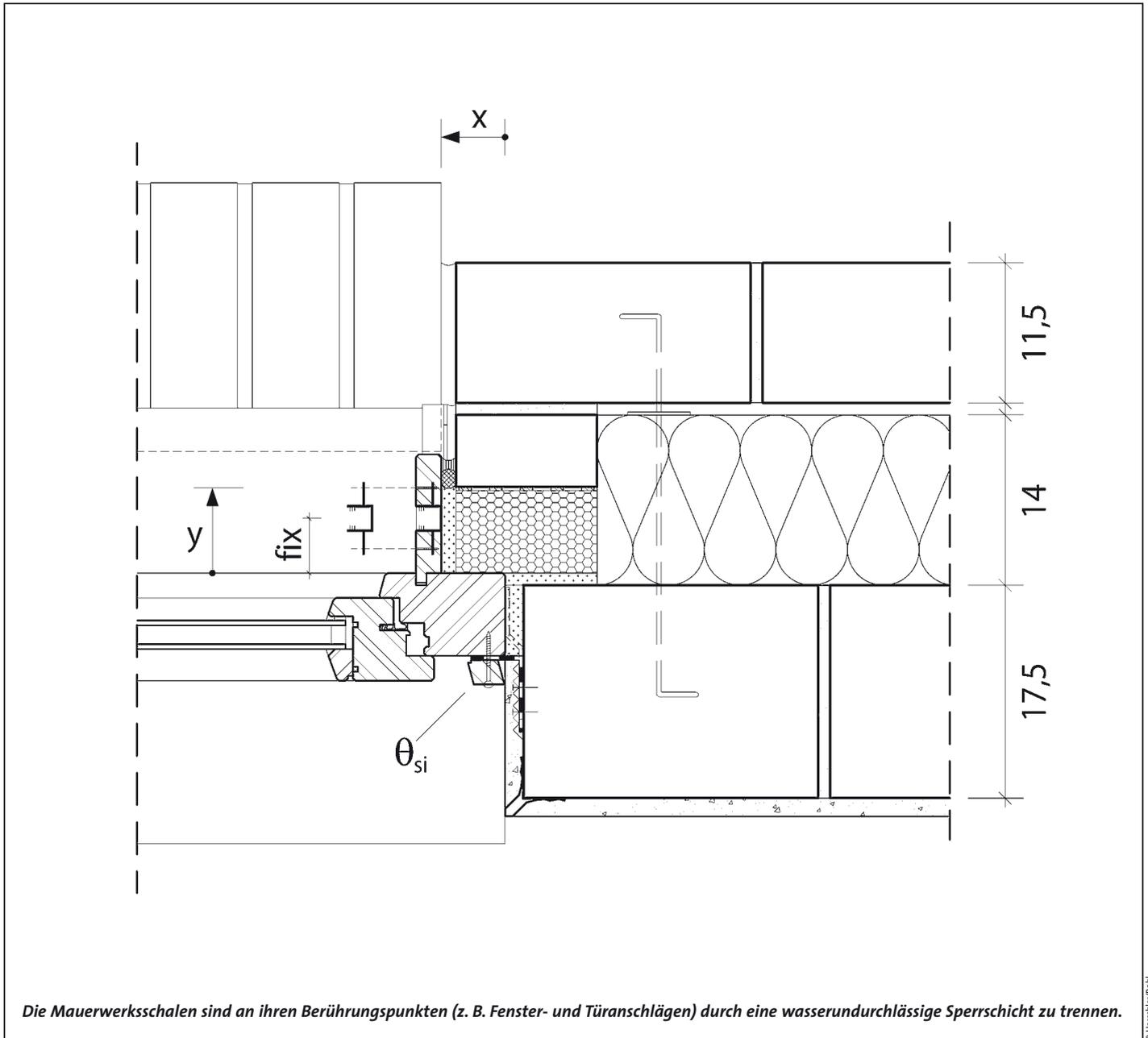
Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputz im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde ein System mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Die Mauerwerksflächen im Bereich des Fensteranschlusses sind ggf. vorzuputzen (Ausgleichsmörtel).

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten **mit versetzten Stoßen** sichergestellt. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und äußerer Fensterbank erfolgt über ein elastisches alterungsbeständiges Dichtprofil. Die Abdichtung der Fuge zwischen Fertigbauteil und Fensterbank aus Aluminium erfolgt durch ein vorkomprimiertes Dichtband.

4.7.5 Anschlusspunkt Fenster



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K)
 Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)
 spezielle Maßnahme y und x: 0,035 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13 \text{ W/(m·K)}$ ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

$\lambda = 0,21 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = -0,04 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 17,7 \text{ °C}$	$\lambda = 0,54 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = -0,03 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 17,7 \text{ °C}$
$\lambda = 0,33 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = -0,03 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 17,7 \text{ °C}$	$\lambda = 0,99 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = -0,03 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 17,9 \text{ °C}$

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Fenster mit Rollläden an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht $d = 14 \text{ cm}$

seitlicher Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters in Bezug zur Wärmedämmschicht, der thermischen Qualität des Fensters, den Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In der DIN 4108 Bbl 2 Bild 51 ist dargestellt, dass das Fenster bündig mit der Außenseite der Innenschale abschließt.

Die Lage des Fensters ergibt sich aus der Einbausituation des Rollladenkastens in Verbindung mit der Führungsschiene, siehe hierzu den unteren und den oberen Anschluss. Insofern ergeben sich Abhängigkeiten und u. U. Abweichungen vom angegebenen Konstruktionsprinzip. Bei nennenswerten Abweichungen vom Konstruktionsprinzip wird empfohlen, die Auswirkungen mit Hilfe einer Wärmebrückenberechnung zu überprüfen.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 51 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, zwischen der Außen- und der Innenschale eine thermische Trennung (Maß y) mit Hilfe einer Wärmedämmschicht (z. B. aus extr. PS-Hartschaum) vorzusehen (Maß y). Gewählt wurde hier ein Maß von 7 cm. Diese Wärmedämmschicht ist möglichst weit auf den Fensterblendrahmen zu führen (Maß x). Gewählt wurde hier ein Maß von 5 cm.

Weiterhin ist eine Wärmedämmschicht zwischen dem Fensterblendrahmen und der Innenschale vorzusehen. Die Dicke dieser Wärmedämmschicht sollte gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 mindestens 1 cm betragen. Aus baupraktischer Sicht wurde dieser Anschlusspunkt, wie dargestellt, modifiziert.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt: $\Psi \leq 0,06 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 51.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

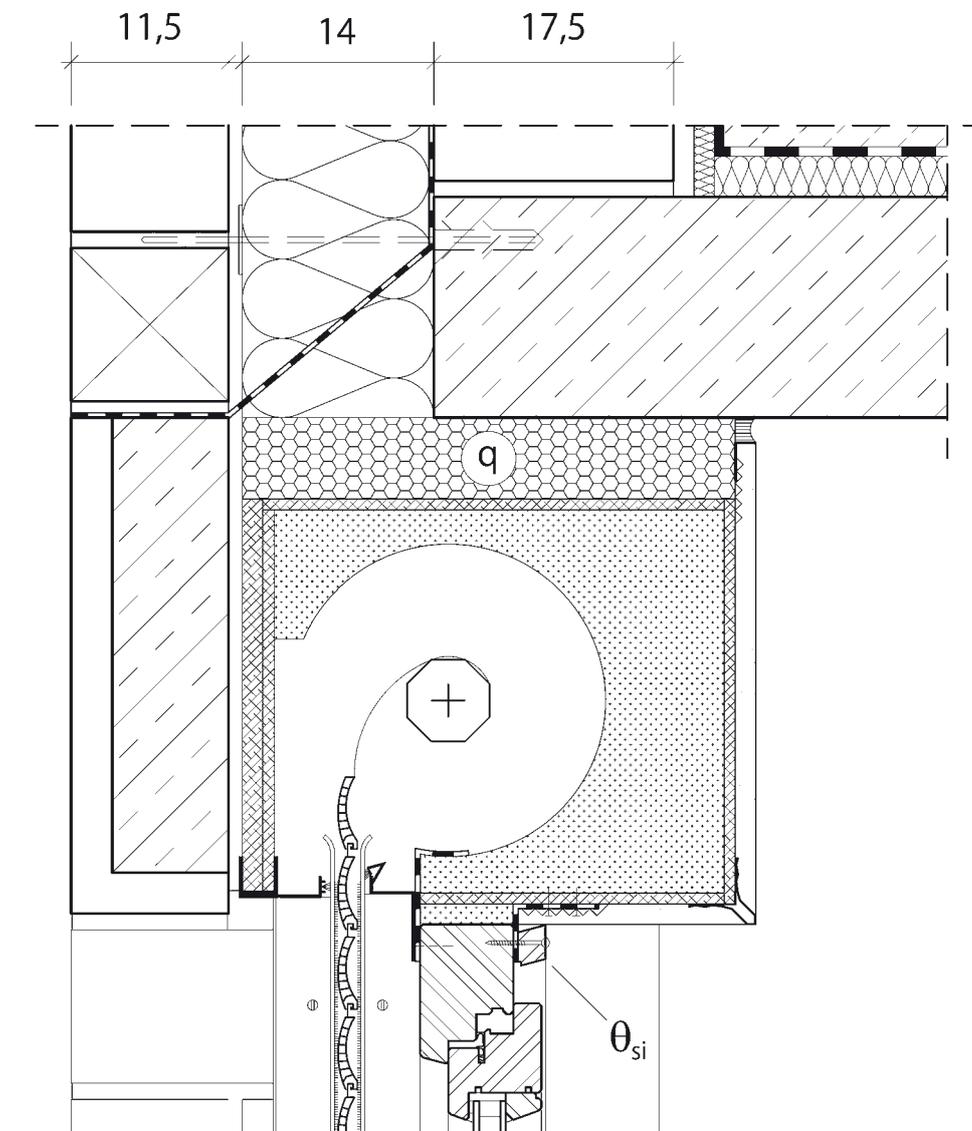
Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputzteil im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Innenschale bzw. Innenputz kann alternativ mit mehreren Systemen vorgenommen werden. Gewählt wurde ein System mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Zusammen mit dem Nassputz, der auf das selbstklebende Dichtband mit Hilfe eines Putzträgers geführt werden kann, verschließen diese Schichten sicher die Oberfläche des Leibungsmauerwerks, da sie mit dem Nassputz einen geschlossenen Zug bilden.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten mit versetzten Stößen sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E.

Zwischen einer äußeren Zarge und der Außenschale erfolgt die Abdichtung mittels einer geschlossenzelligen PE-Rundschnur und einem Baudichtstoff.

4.7.6 Anschlusspunkt Fenster



Die Mauerwerksschalen sind an ihren Berührungspunkten (z. B. Fenster- und Türanschlügen) durch eine wasserundurchlässige Sperrschicht zu trennen.

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Außenschale: 0,87 W/(m·K) Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)
 Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K) Dämmstoff Rollladen: 0,035 W/(m·K), Herstellerangabe 0,030 W/(m·K)
 Teilbelüfteter Rollraum: 1,96 W/(m·K)

Achtung: Im realen Einzelfall können sich ggf. niedrigere Oberflächentemperaturen, als nachfolgend dargestellt, ergeben. Dies liegt in der Verwendung einer thermisch homogenen „Fenstermaske“ gemäß DIN 4108 Bbl 2 begründet, bei der das Fenster mit einer Dicke von 0,07 m und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,13 \text{ W/(m·K)}$ ersetzt wird.

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,12 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 13,2 \text{ °C}$	$\lambda = 0,54 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,11 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 13,2 \text{ °C}$
$\lambda = 0,33 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,11 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 13,2 \text{ °C}$	$\lambda = 0,99 \text{ W/(m·K)}$	$\Psi = 0,10 \text{ W/(m·K)}$	$\theta_{si} = 13,2 \text{ °C}$

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07 und der DIN 4108 Bbl 2: 2004-01

Innenlufttemperatur: 20 °C Außenlufttemperatur: -5 °C
 Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Fenster mit Rollläden an Außenwand

Dicke der Wärmedämmschicht $d = 14 \text{ cm}$

oberer Anschluss

Wärmedämmkonzept

Die Wärmedämmschicht muss an den Rollladenkasten und dieser an den Fensterblendrahmen angeschlossen werden. Diese Situation stellt eine stofflich-geometrische Wärmebrücke dar, deren Wirkung ist abhängig von der Lage des Fensters zur Wärmedämmschicht, dem Rahmenmaterial, der Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe und den Dicken der Bauteilschichten.

In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 63 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, zwischen dem Rollladenkasten und der Geschossdecke eine Wärmedämmschicht mit der Dicke von $d = 6 \text{ cm}$ anzuordnen, Maßnahme (q). Aufgrund des hohen Wärmedämmstoffanteils des hier verwendeten Rollladenkastens kann auf zusätzliche Wärmedämmschichten auf der Innen- bzw. der Unterseite des Rollladenkastens verzichtet werden.

Die Lage des Fensters ergibt sich aus der Einbausituation des Rollladenkastens in Verbindung mit der Führungsschiene, siehe hierzu den seitlichen und den unteren Anschluss. Insofern ergeben sich Abhängigkeiten und u. U. Abweichungen vom Konstruktionsprinzip. Bei nennenswerten Abweichungen vom Konstruktionsprinzip wird empfohlen, die Auswirkungen mit Hilfe einer Wärmebrückenberechnung zu überprüfen.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,29 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für die Bauteilschichten mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 63.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsputzteil im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

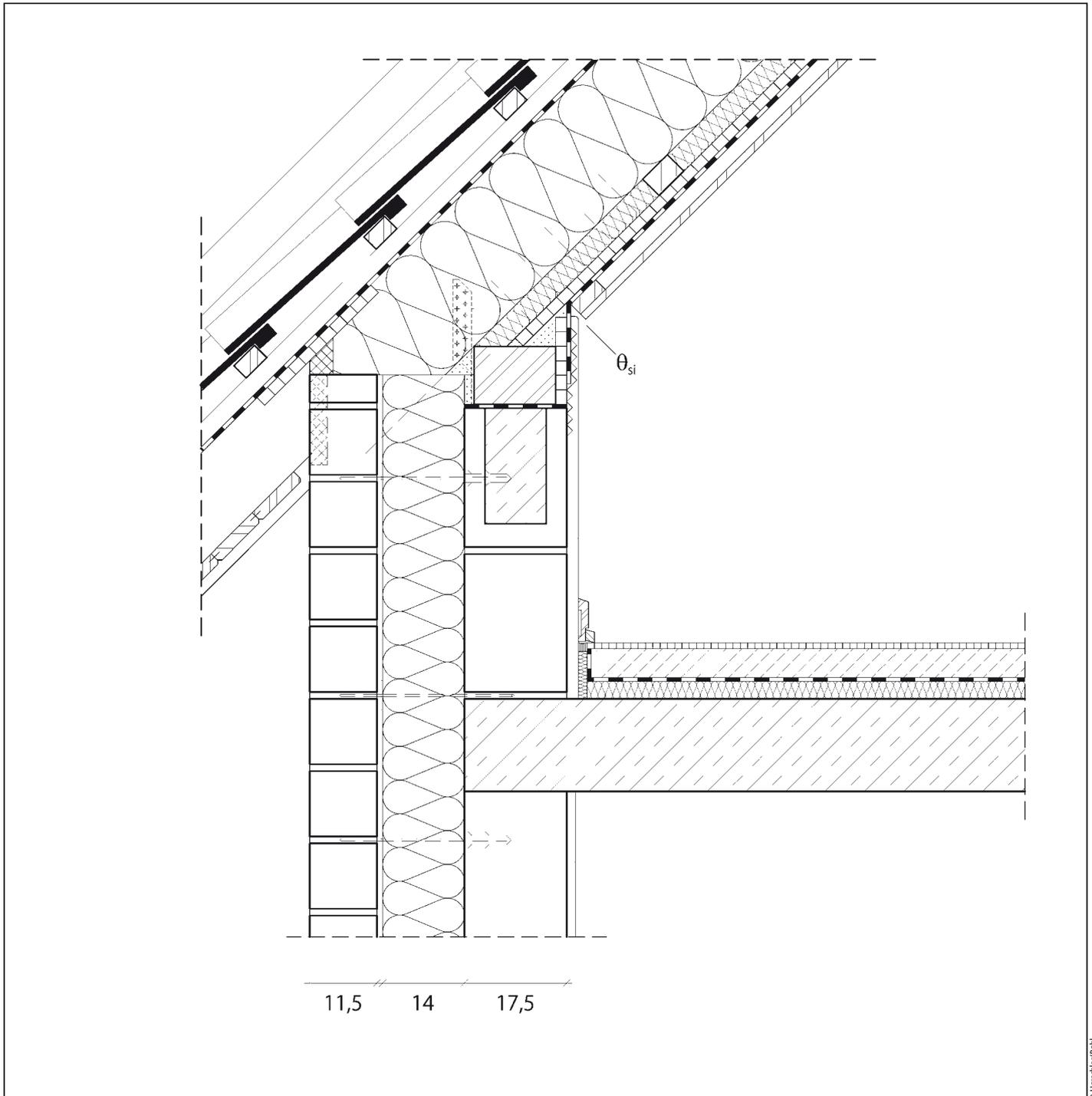
Die Abdichtung der Fuge zwischen Fensterblendrahmen und Rollladenkasten erfolgt hier mit einem selbstklebenden Dichtband mit mechanischer Sicherung auf dem Blendrahmen. Zusammen mit dem Nassputz, der auf das selbstklebende Dichtband mit Hilfe eines Putzträgers und auf den Rollladenkasten geführt wurde, verschließen diese Schichten sicher die Oberflächen der verschiedenen Bauteile und bilden mit dem Nassputz einen geschlossenen Zug. Am Übergang zwischen Nassputz und Geschossdecke wurde zur Sicherstellung der Luftdichtheit ein Baudichtstoff vorgesehen.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten mit versetzten Stößen sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Die Fuge zwischen dem auf dem Blendrahmen befestigten Holzprofil und dem Rollladenkasten muss mit einem aufgeklebten Dichtband dauerhaft verschlossen werden.

Sonstiges

Das gewählte Rollladensystem hat eine außenliegende Revisionsöffnung, dadurch ist eine Voraussetzung für die Sicherstellung der Wind- bzw. Luftdichtheit gegeben. Bei Mauerwerk aus Lochsteinen wird empfohlen, die Berührungsflächen des Rollladenkastens mit dem Mauerwerk luftdicht zu verschließen (z. B. Putz).

4.8.1 Anschlusspunkt Dach



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W(m·K) Für $\lambda = 0,21$ bzw. 0,33, Schale des Ringbalkens: $\lambda = 0,42$ W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W(m·K) $\Psi = -0,01$ W(m·K) $\theta_{si} = 18,7$ °C

$\lambda = 0,54$ W(m·K) $\Psi = -0,02$ W(m·K) $\theta_{si} = 18,7$ °C

$\lambda = 0,33$ W(m·K) $\Psi = -0,02$ W(m·K) $\theta_{si} = 18,7$ °C

$\lambda = 0,99$ W(m·K) $\Psi = -0,03$ W(m·K) $\theta_{si} = 18,7$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Außenwand an geneigtes Dach (Traufe)

Dicke der Wärmedämmschicht
 $d = 14 \text{ cm}$

Wärmedämmkonzept

Die unterhalb der Sparren vorgesehene Wärmedämmschicht minimiert in der Dachfläche die Wärmebrückenwirkung der Sparren.

Die Durchstoßung der Sparren durch die Außenwand stellt ebenfalls eine Wärmebrücke dar, diese kann bei dem Baustoff Holz vernachlässigt werden.

Beim in DIN 4108 Bbl 2 dargestellten Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 85 ist eine Wärmedämmschicht auch auf der Innenseite der Pfette dargestellt. Auf diese Wärmedämmschicht wurde hier verzichtet. Es ist darauf zu achten, dass Hohlräume im Bereich der Pfette mit Wärmedämmstoff verschlossen werden.

In DIN 4108 Bbl 2 ist dargestellt, dass die Wärmedämmschichten des geneigten Dachs und der zweischaligen Wand möglichst ohne eine Reduzierung der Dicken miteinander verbunden werden sollten.

Für den Fall, dass für den Anschlusspunkt mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, und die Wärmedämmschichten ohne eine Reduzierung der Dicken miteinander verbunden sind, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 85. Ein Gleichwertigkeitsnachweis kann unter den o. a. Bedingungen hier entfallen.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gipsspachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale, aber auch an das geneigte Dach anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten **mit versetzten Stößen** sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den

Wärmedämmstoff hohlraumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Diese Forderung gilt auch für den Einbau von Wärmedämmschichten zwischen und unter den Sparren.

Dach

Luftdichtheit: In der Fläche wird diese durch eine Holzwerkstoffplatte und eine Folie sichergestellt.

Winddichtheit: Die Winddichtheit wird durch eine diffusionsoffene Unterspannbahn gewährleistet.

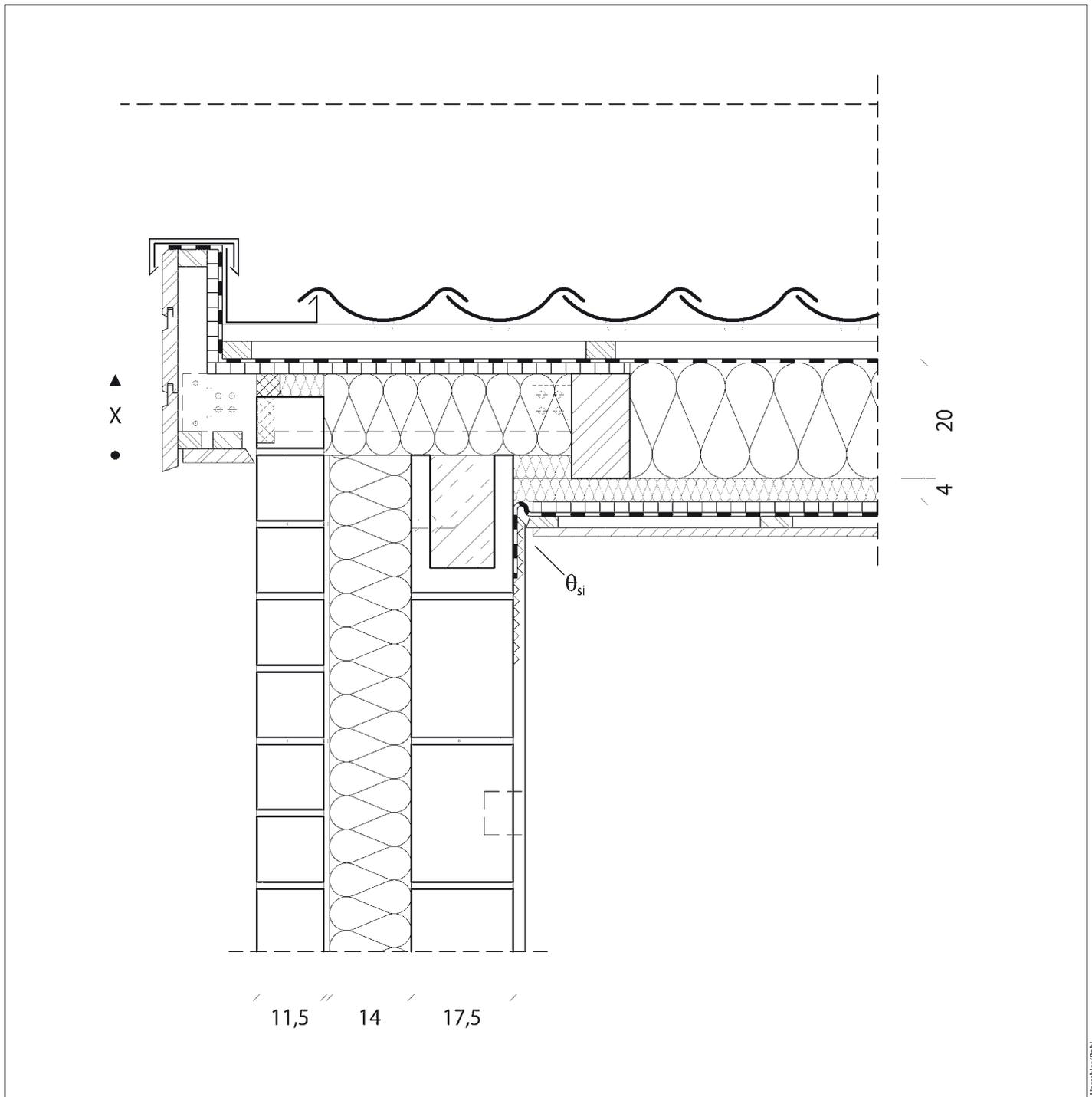
Anschluss: Außenwand – geneigtes Dach

Luftdichtheit: Die luftdichte Schicht des geneigten Daches, die Folie, wird hier auf die Innenschale geführt, mit einem Putzträger versehen und mit der luftdichten Schicht der Außenwand (Nassputz) verbunden.

Winddichtheit:

Die Winddichtheit im Durchstoßpunkt Sparren / Außenschale wird durch den Einbau eines vorkomprimierten Dichtbandes sichergestellt. Diese Maßnahme ist um die Sparren herum und auch zwischen Außenschale und eingepasster Holzwerkstoffplatte auszuführen.

4.8.2 Anschlusspunkt Dach



Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Innenschale: 0,21 bis 0,99 W/(m·K) Für $\lambda = 0,21$ bzw. 0,33, Schale des Ringbalkens: $\lambda = 0,42$ W/(m·K)

Wärmedämmstoff: 0,04 W/(m·K)

Außenschale: 0,87 W/(m·K)

Stahlbeton: 2,10 W/(m·K)

Der dargestellte Anschlusspunkt ist im Hinblick auf Übereinstimmung mit geltenden Normen oder sonstigen Bestimmungen bzw. Erfordernissen entsprechend dem Stand der Technik vom Anwender unbedingt objektbezogen und eigenverantwortlich zu überprüfen!

Minimale Oberflächentemperaturen θ_{si} in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der Innenschale

$\lambda = 0,21$ W/(m·K)	$\Psi = -0,05$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 15,6$ °C	$\lambda = 0,54$ W/(m·K)	$\Psi = -0,05$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 16,0$ °C
$\lambda = 0,33$ W/(m·K)	$\Psi = -0,05$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 15,8$ °C	$\lambda = 0,99$ W/(m·K)	$\Psi = -0,05$ W/(m·K)	$\theta_{si} = 16,3$ °C

Randbedingungen für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperaturen DIN 4108-2: 2003-07

Innenlufttemperatur: 20 °C

Außenlufttemperatur: -5 °C

Wärmeübergangswiderstand innen: 0,25 m²·K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²·K/W

Außenwand an geneigtes Dach (Ortgang)

Dicke der Wärmedämmschicht $d = 14 \text{ cm}$

Wärmedämmkonzept

Die unterhalb der Sparren vorgesehene Wärmedämmschicht minimiert in der Dachfläche die Wärmebrückenwirkung der Sparren.

Die Durchstoßung der Stichsparren durch die Außenwand stellt ebenfalls eine Wärmebrücke dar, diese kann bei dem Baustoff Holz vernachlässigt werden.

Im Anschlussbereich zwischen geneigtem Dach und Außenwand ergibt sich immer eine stofflich-geometrische Wärmebrücke. Die Wirkung dieser Wärmebrücke kann sehr deutlich minimiert werden durch die Anordnung einer Wärmedämmschicht auf der Mauerkrone, Maß x.

Der Bereich zwischen dem Sparren und der Innenschale, und auch der Bereich über der Innenschale (Wärmedämmschicht auf der Mauerkrone) ist hierzu mit Wärmedämmstoff lückenlos auszufüllen. In Anlehnung an das in DIN 4108 Bbl 2 dargestellte Konstruktionsprinzip mit der Bezeichnung Bild 83 wird zur Minimierung der Wärmebrückenwirkung vorgeschlagen, auf der Mauerkrone der Innenschale und zwischen dem Sparren und der Wand jeweils eine Wärmedämmschicht mit der Dicke $d \geq 6 \text{ cm}$ vorzusehen. Gewählt wurde hier eine Dicke der Wärmedämmschicht auf der Mauerkrone mit $d = 14 \text{ cm}$, Maß x. Diese Maßnahme ist auch im Bereich der in die Dachfläche einbindenden Innenwände vorzusehen. Es sind brand- und schallschutztechnische Anforderungen unbedingt zu beachten.

Der geforderte Ψ -Wert gemäß DIN 4108 Bbl 2 beträgt:
 $\Psi \leq 0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Für den Fall, dass für den Anschlusspunkt mindestens die Wärmeleitfähigkeiten, welche in der

Legende angegeben sind, zugrunde gelegt werden, entspricht dieser Anschlusspunkt der energetischen Qualität des Konstruktionsprinzips Bild 83.

Dichtheitskonzepte

Die Energieeinsparverordnung räumt dem Aspekt der Gebäudedichtheit einen relativ großen Stellenwert im Nachweisverfahren ein. Hierbei darf die Luftwechselrate von „n“ $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden, wenn der Nachweis der Gebäudedichtheit erbracht wird, d. h. der jeweils geforderte Grenzwert bei der messtechnischen Überprüfung (siehe Abschnitt 3.8.1) nicht überschritten wird.

Aus diesem Grund sind sowohl für die Regelflächen der Außenbauteile als auch für die Anschlusspunkte spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebäudedichtheit erforderlich.

Luftdichtheit: Für die Innenschale ist ein Nassputz, bzw. Fugenglattstrich erforderlich. In Bereichen von Bohrungen für ELT-Installationen (z. B. Steckdosen) sind ggf. flankierende Maßnahmen (z. B. Gips-pachtel im Bereich der Bohrungen) erforderlich.

Diese Forderung bezieht sich sinngemäß auch auf mehrschalige Leichtbauwände, die an die Innenschale, aber auch an das geneigte Dach anschließen können.

Winddichtheit: Sie wird durch die Außenschale und z. B. durch einen zweilagigen Einbau von Wärmedämmstoffplatten mit versetzten Stößen sichergestellt. Die DIN 1053 Teil 1 weist in Abschnitt 8.4.3.4 „Zweischalige Außenwände mit Kerndämmung“ darauf hin, wie der Einbau der verschiedenen Dämmstoffarten zu erfolgen hat. Es wird empfohlen, den Wärmedämmstoff hohl-

raumfrei auf die Innenschale einzubauen, Wärmedämmstoffplatten dicht aneinander zu stoßen, oder durch flankierende Maßnahmen sicherzustellen, dass sich keine Rotationsströmung um den Wärmedämmstoff herum ausbilden kann, siehe auch DIN EN ISO 6946, Anhang D und E. Diese Forderung gilt auch für den Einbau von Wärmedämmschichten zwischen und unter den Sparren.

Dach

Luftdichtheit: In der Fläche wird diese durch eine Holzwerkstoffplatte und eine Folie sichergestellt. In dem Hohlraum zwischen Folie bzw. Holzwerkstoffplatte und innerer Bekleidung kann die Elektroinstallation geführt werden, ohne die luftdichte Schicht zu zerstören.

Winddichtheit: Die Winddichtheit wird durch eine diffusions-offene Unterspannbahn gewährleistet.

Anschluss: Giebelwand – geneigtes Dach

Luftdichtheit: Die luftdichte Schicht des geneigten Daches, die Folie, wird hier auf die Innenschale geführt, mit einem Putzträger versehen und mit der luftdichten Schicht der Innenschale (Nassputz) verbunden.

Winddichtheit: Die Winddichtheit im Durchstoßpunkt Stichsparren / Außenschale wird durch den Einbau eines vor-komprimierten Dichtbandes sichergestellt. Diese Maßnahme ist um die Sparren herum und auch zwischen Außenschale und eingepasster Holzwerkstoffplatte auszuführen.

Inhaltsverzeichnis 5

Bauphysik der zweischaligen Wand	5.1.1
Feuchteschutz – Schlagregenschutz	5.2.1
Feuchteschutz im Detail	5.2.2 - 4
Grundlagen Schallschutz	5.3.1
Schalltechnischer Nachweis	5.3.2
Brandschutz	5.4.1
Solarabsorption	5.5.1

Bauphysik der zweischaligen Wand 5.1.1

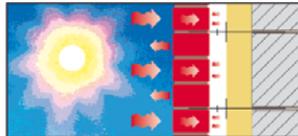
Rundum Schutz

Zweischalige Wände haben wie alle Außenwände Schutzfunktionen zu erfüllen: Brand- und Schallschutz, Wärme- und Feuchteschutz. Wärmeschutz und Feuchteschutz als Tauwasserschutz gehen miteinander einher – ein hoher Wärmedämmstandard und eine luftdichte Gebäudehülle sind der beste Garant gegen Kondensat im Mauerwerk. Winterlicher Wärmeschutz

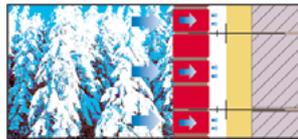
meschutz heißt auch sommerlicher Wärmeschutz – wirkungsvoller Schutz vor Kälte und Überhitzung (siehe Kapitel 3 und 4). Eine besondere Eigenschaft ist der hohe Schlagregenschutz des zweischaligen Prinzips. Die Vormauerschale aus witterungsbeständigem Backsteinmauerwerk schützt Wärmedämmung und Hintermauerschale dauerhaft vor Feuchtigkeit. Kapillari-

tät und Diffusionseigenschaften des Verblendmauerwerks in Kombination mit konstruktiven Maßnahmen erfüllen höchste Anforderungen. Und: Das tragende Mauerwerk bleibt das ganze Jahr über trocken – Voraussetzung für ein gesundes Wohnklima und hohe Wohnqualität.

Sommerlicher Wärmeschutz



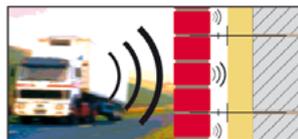
Winterlicher Wärmeschutz



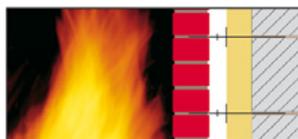
Schlagregenschutz



Schallschutz



Brandschutz

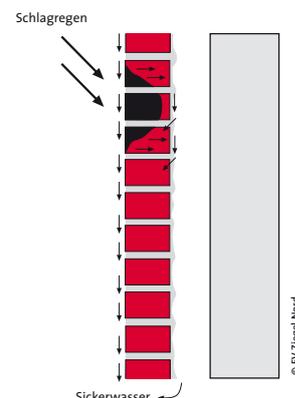


Feuchteschutz – Schlagregenschutz 5.2.1

Das zweischalige Prinzip

Die Teilung der Außenwandfunktionen in zwei Schalen bietet einen optimalen Wetterschutz. Die Außenschale schützt vor Regen, die Innenschale dient zur Winddichtung. Die Trennung der beiden Schalen verhindert den Wassertransport von außen nach innen. Wirksamer Schlagregenschutz beruht auf den Qualitäten des Materials (Stein und Mörtel) und der materialgerechten Ausführung des

Vormauerwerks: Feuchteschutz beginnt im Detail. Für die Außenschale dürfen Steine mit und ohne Lochung verwendet werden. Die Lochung hat keinen signifikanten Einfluss auf die Schlagregensicherheit. Zugelassen sind ebenfalls glasierte Steine oder Steine mit Oberflächenbeschichtungen, deren Frostbeständigkeit nachgewiesen ist (DIN 52252-1).



Prinzip der Schlagregensicherung: Kapillarität und Diffusion von Stein und Mörtel sorgen dafür, dass nur geringe Mengen Regenwasser an die Rückseite der Verblendschale gelangen.

Kapillare Saugfähigkeit

Backsteine sind stark saugfähig. Ein durch Kapillare verbundenes offenes Porensystem ermöglicht die freie Wasserbewegung im Scherben. Folge sind schnelle Wasseraufnahme und -abgabe. Auch die Wasserdampfdurchlässigkeit der Steine ist hoch. Auf Grund der bauphysikalischen Vorteile ist die zweischalige Außenwand mit Verblendmauerwerk gemäß DIN 4108-3 in die höchste

Beanspruchungsgruppe III bei Niederschlagsmengen von über 800 mm/Jahr eingestuft. Schlagregenschutz bedeutet, dass eine geringe Menge Regenwasser in das Vormauerwerk eindringen oder dieses gar durchdringen darf, ohne Schaden anzurichten. Bei Regen kommt es zunächst zu einer Selbstdichtung: Kapillare von Stein und Mörtel füllen sich mit Wasser, es bildet sich ein Wasserfilm an

der Oberfläche, die Hauptmenge des Regens fließt ab. Wie viel Wasser in das Mauerwerk eindringt, ist abhängig von der Kapillarität des verwendeten Steins und Mörtels. Erst wenn die gesamte Verblendschale gesättigt ist, fließt Wasser rückseitig ab und wird über Dichtungsbahnen und Entwässerungsöffnungen nach außen abgeleitet.

Trocknung und Kapillarwirkung

Eingedrungenes Wasser wird über die Kapillarwirkung von Stein und Mörtel zur Oberfläche transportiert und an die Außenluft abgegeben. Bei abnehmendem Feuchtegehalt erfolgt die weitere Trocknung

über Dampfdiffusion. Die Saugfähigkeit bei glasierten und hochgebrannten Steinen ist eingeschränkt, so dass deren Kapillarität im Schlagregenschutz keine große Rolle spielt. Wichtig für die Trocknung ist

hier die hohe Kapillarität und gute Diffusionseigenschaft des Fugmörtels. Der Kapillartransport über die Mörtelfugen reicht sogar für die Trocknung von Tauwasser aus der Hintermauerschale aus.

Prinzip Schlagregensicherung

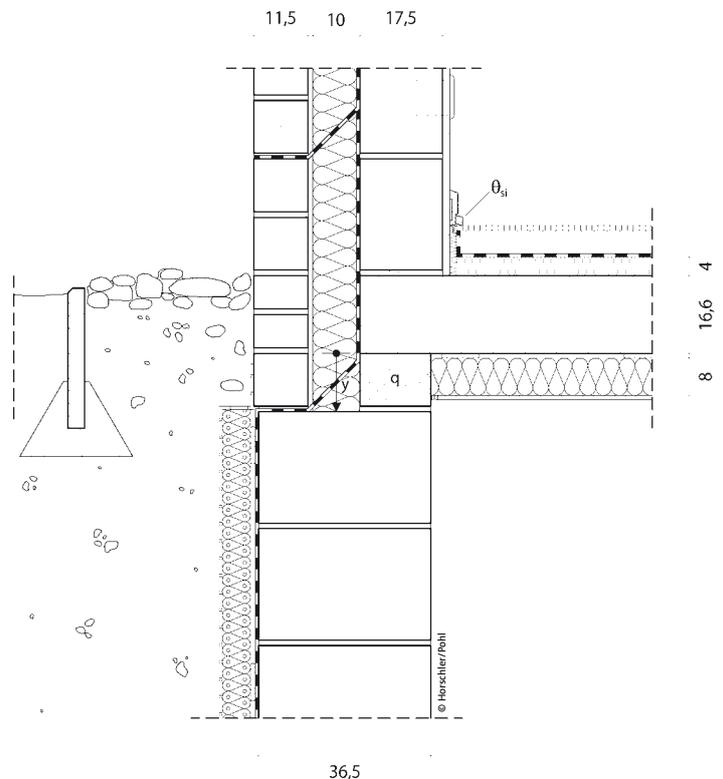
Aufgabe ist es, durch planerische und konstruktive Maßnahmen den Übergang von Feuchtigkeit auf Wärmedämmung und innere Wandschale zu verhindern, eindringendes Wasser sicher abzuführen. Die Maßnahmen umfassen den Einbau von Dichtungen, Sperrschichten und Entwässerungsöffnungen

sowie wasserabweisender Dämmstoffe. Verankerungen, Auflager und Berührungspunkte der beiden Mauerchalen müssen so ausgebildet sein, dass kein Wasser übergeleitet werden kann. Maueranker müssen nach außen geneigt sein, besser noch mit Tropfscheiben versehen werden. Wichtig ist

die Ausführung: Klinker sollten nur trocken und vollfugig vermauert werden. Mörtel der Mörtelgruppe IIa (am besten Werk trockenmörtel) gewährleisten dichten Haftverbund. Fugenglattstrich hat eine geringere Wasseraufnahme als nachträgliches Verfugen (siehe 6.2.1).

Fußpunkt / Sockel

Auf die Ausbildung des Fußpunktes ist besondere Sorgfalt zu verwenden, insbesondere im Falle einer erdberührenden Vormauerschale. Bei allen Arten von Verblendmauerwerk muss die Abdichtung des Schalenzwischenraumes in Höhe der Aufstandsfläche, also unter der ersten Steinschicht, angeordnet werden. Die Abdichtung ist an der Innenschale bis 30 cm über Gelände oder bis 15 cm über die Aufstandsfläche zu führen. Die Abdichtung muss an der Außenseite der Innenschale hochgeführt werden. Abdichtungsbahnen müssen der DIN 18195-4 entsprechen: in der Regel Bitumen- oder Polymerbahnen. Es ist mindestens eine Sperrschicht vorzusehen. Der Schalenzwischenraum sollte am Fußpunkt oberhalb der Oberkante des Geländes entwässert werden. Erfolgt die Entwässerung unterhalb der Oberfläche des Geländes, muss eine Sickerschicht oder Dränung vorgesehen werden. Bei kapillarsaugendem Verblendmauerwerk sollte oberhalb der Spritzwasserzone eine zusätzliche waagerechte Abdichtung angeordnet werden. Durch eine Schüttung aus Grobkies als Dränageschicht kann das Aufsteigen von Kapillarfeuchtigkeit wirkungsvoll verhindert werden. Zudem ist es möglich, den Mörtel des Verblendmauerwerks im Sockelbereich als „Sperrmörtel“ mit wasserabweisenden Zusätzen auszuführen. Für die Ausführung von Be- und Entlüftung siehe 2.3.2 Zweischalige Wand mit Lüftung und Wärmedämmung sowie 2.3.4 Zweischalige Wand mit Kerndämmung.



Fußpunkt einer zweischaligen Wand mit Kerndämmung – Entwässerung unterhalb der Geländeoberfläche (siehe Anschlusspunkt 4.1.1)



Zweifache Sperrschicht einer zweischaligen Wand bei erdberührendem Mauerwerk

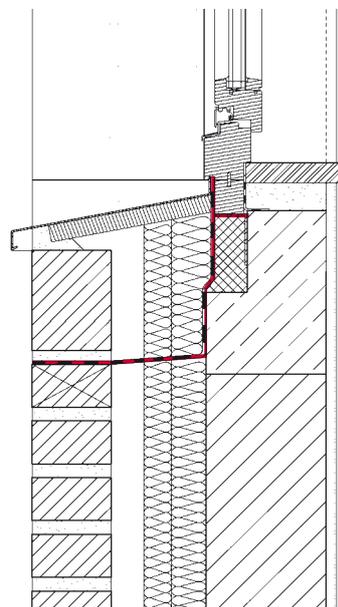
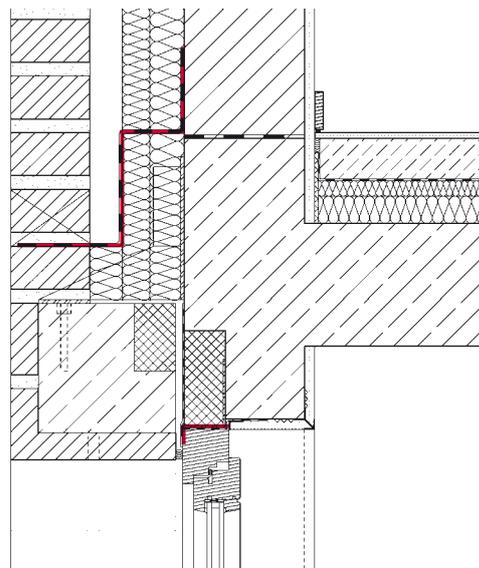
Fenstersturz, -laibung und -sohlbank

Bei der Überdeckung von Öffnungen sind stets Fußpunktabdichtungen und Entwässerungsöffnungen gemäß DIN 1053-1 vorzusehen. Die Abdichtungsbahnen sind seitlich ca. 20 cm über die Fensterlaibungen hinwegzuführen und an beiden Enden in die Stoßfugen der darüberliegenden Steinschicht einzumauern. Damit wird ein seitlicher Ablauf von Wasser verhindert. Auch im Bereich der Laibungen soll mittels Dichtungsbahnen eine Überleitung von Feuchtigkeit verhindert werden. Werden allerdings Wasser ableitende Dämmstoffe verwendet, kann auf eine Dichtung verzichtet werden. Diese ist aus Gründen der Luftdichtheit dennoch ratsam.

Sohlbänke sind ebenfalls mit Dichtungsbahn einzubauen. Die Abdichtung sollte auch hier an den Seiten nach oben geführt werden. Um das Eindringen von Feuchtigkeit bei Sohlbänken zu gewährleisten, muss in erster Linie die Oberfläche wasserdicht sein. Es ist auf eine vollfugige und haftschlüssige Verfugung zu achten. Außerdem sollte dem Mörtel ein wasserabweisender Zusatz beigefügt werden. Sinnvoll ist hier der Einsatz von Fertigteilen (siehe 2.6.1 Elementbau). Sohlbänke sind mit ausreichend Gefälle (mind. 15°) und mit Überstand einzubauen. Auch bei der Verwendung von Metallfensterbänken ist eine Dichtungsbahn notwendig. Diese sollte seitlich mit der Abdichtung der Fensterbank (am besten mit Metallanschlussprofil und dauerelastischem Dichtstoff) verbunden werden.

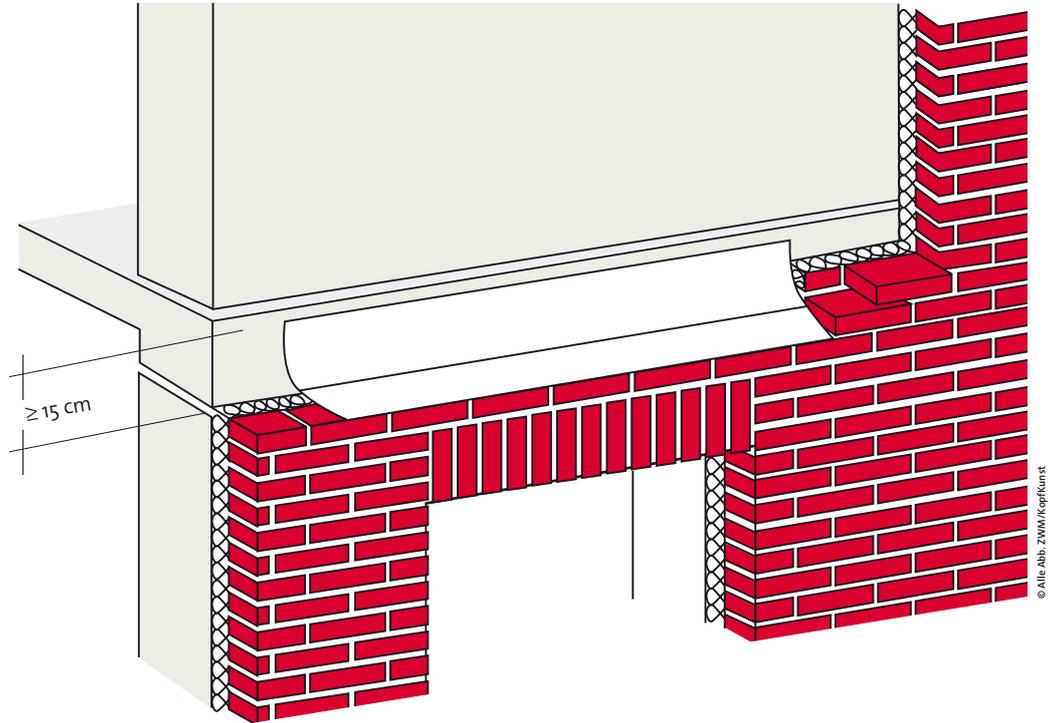


Metallfensterbank Pfarrheim Münster, Architekt: Eckhard Scholz, Senden

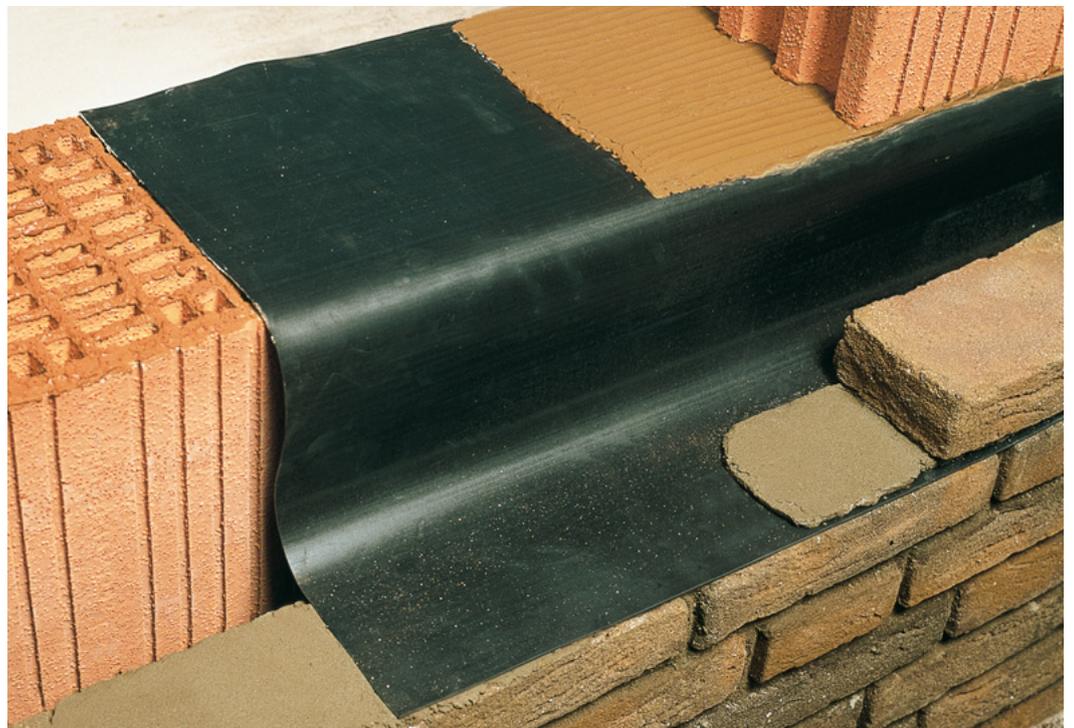


Vertikalschnitt Außenwand mit Dichtungsbahnen
 1. als Feuchteschutz der zweischaligen Wand und
 2. als Luftdichtung

Feuchteschutz im Detail 5.2.4



Fachgerechter Einbau von Dichtungsbahnen über Stürzen: Befestigung an der Hintermauerschale und in der Hohl-
schicht mit Gefälle nach außen.



Die Dichtungsbahn muss hohlkehlenförmig ausgebildet sein.

Bautechnik und Hörempfinden

Schallschutz im Hochbau ist kein rein technisches Thema. Denn das menschliche Hörempfinden ist genau wie der so genannte *Lästigkeitsgrad* von Lärm individuell. Durch bauliche Maßnahmen kann nicht verhindert werden, dass keine Geräusche mehr wahrgenommen werden. Die normativen Mindestanforderungen an den Schallschutz implizieren daher

ein zumutbares Maß an Lärm. So resultiert das bewertete Schalldämm-Maß $R'w$ für Bauteile aus dem gemessenen Schalldämm-Maß R und dem durchschnittlichen Hörempfinden aus tiefen und hohen Frequenzen (Zahl der Schwingungen pro Sekunde in Hertz, Hz). Die Stärke eines Schalls (Geräuschs) wird durch den Schallpegel L in der Einheit Dezibel

(dB) erfasst. L bezeichnet das Verhältnis von Schalldruck und der Empfindungswelle des menschlichen Ohres bei 1000 Hz. Es gibt zwei Wege der Schallübertragung: Luftschall- und Körperschall-Übertragung. Letztere spielt bei Außenwänden kaum eine Rolle. Daher beziehen sich alle Ausführungen zu zweischaligen Wänden auf die Luftschalldämmung.

Anwendung der DIN 4109 für Außenwände

Die Anforderungen an den Schallschutz sind geregelt in der DIN 4109 *Schallschutz im Hochbau*. Das Beiblatt 1 enthält Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, das Beiblatt 2 Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz sowie Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich.

Um die Größenordnung des notwendigen Lärmschutzes zu ermitteln, werden die Außengeräusche in Lärmpegelbereiche von I bis VII eingeteilt. Diesen ist jeweils ein maßgeblicher Außenlärmpegel von 55 bis über 80 dB(A) zugeordnet. Auf Grund der zu erwartenden oder bestehenden Lärmbelastigung wird der erforderliche Lärm-/Schallschutz von Außenbauteilen als resultierendes Schalldämm-Maß $R'w, res$ definiert – je nach Raumart zwischen 35 und 50 dB (siehe Tabelle 1).

Der geforderte Lärmschutz muss von dem gesamten Bauteil, einschließlich Öffnungen, erbracht werden. Über den Fensterflächenanteil (in %) werden die bewerteten Schalldämm-Maße $R'w$ für Wand und Fenster bestimmt. Der maximale Wert für Wände beträgt dabei 60 dB bei einem Fensterflächenanteil $> = 45\%$ (siehe Tabelle 2).

Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel dB(A)	Raumarten		
		Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichts- und ähnliche Räume	Büroräume ¹⁾ und ähnliches
		erf. $R'w, res$ des Außenbauteils in dB		
I	bis 55	35	30	–
II	56 bis 60	35	30	30
III	61 bis 65	40	35	30
IV	66 bis 70	45	40	35
V	71 bis 75	50	45	40
VI	76 bis 80	²⁾	50	45
VII	> 80	²⁾	²⁾	50

1) An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm der darin ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.
2) Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen nach DIN 4109

erf. $R'w, res$ in dB nach Tab. 8	Schalldämm-Maße für Wand/Fenster in . . dB/. . dB bei folgenden Fensterflächenanteilen in %					
	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %
30	30/25	30/25	35/25	35/25	50/25	30/30
35	35/30 40/25	35/30	35/32 40/30	40/30	40/32 50/30	45/32
40	40/32 45/30	40/35	45/35	45/35	40/37 60/35	40/37
45	45/37 50/35	45/40 50/37	50/40	50/40	50/42 60/40	60/42
50	55/40	55/42	55/45	55/45	60/45	–

Diese Tabelle gilt nur für Wohngebäude mit üblicher Raumhöhe von etwa 2,5 m und Raumtiefe von etwa 4,5 m oder mehr und einem Verhältnis der zugehörigen Fassadenfläche zur Grundfläche des Raumes von ca. 0,5.

Erforderliche Schalldämm-Maße erf. $R'w, res$ bei Kombinationen von Außenwänden und Fenstern nach DIN 4109

Schalltechnischer Nachweis 5.3.2

Berechnungsgrundlagen

Zweischalige Wandkonstruktionen gehören zu den bewährten Bauweisen, so dass für den schallschutztechnischen Nachweis die bewerteten Schalldämm-Maße R'_w der DIN 4109 verwendet werden können. Das bewertete Schalldämm-Maß R'_w zweischaliger Wände wird aus der flächenbezogenen Masse (kg/m²) der Vormauer- (g_1) und Hintermauerschale (g_2) ermittelt. Basis sind die Werte einschaliger Wände nach Tabelle 2 Beiblatt 1 DIN 4109 (siehe Tabelle 3), und zwar entsprechend einschaligem Mauerwerk mit biegesteifen Wänden (siehe Tabelle 2). Zweischalige Wände erhalten einen Aufschlag von 5 dB, da Luftschicht und Wärmedämmung einen zusätzlichen Schallschutz ergeben.

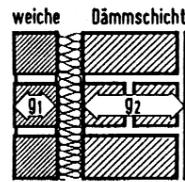
Berechnungsformel für hinterlüftete Vormauerschalen mit Wärmedämmung und kerngedämmte Wände mit weicher Dämmschicht nach Beiblatt 1 DIN 4109:

$$\text{vorh. } R'_w = R'_{w,R,g_1+g_2} + 5\text{dB.}$$

Zweischalige Wände mit weicher Dämmung erhalten einen Aufschlag von 5dB, da dies einen zusätzlichen Schallschutz ergibt. Beträgt das Flächen-gewicht an die Außenwand angrenzender Innenwände mehr als 50% der Hintermauerschale, so darf das Ergebnis um nochmals 3dB erhöht werden.

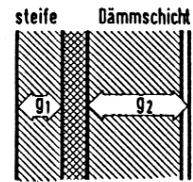
Zweischalige Wände – extrem gute Lärmschützer

Zweischalige Außenwände, ob mit Luftschicht und Wärmedämmung oder mit Kerndämmung, erreichen bewertete Schalldämmmaße R'_w von 55 bis 60 dB und darüber. Grund ist der mehrschichtige Aufbau:



weiche Dämmschicht
 R'_w DIN 4109 Beiblatt 1
anrechenbar: Ges.gewicht g_{1+2}

g_{1+2}	R'_w	g_{1+2}	R'_w
250	52	380	57
270	53	410	58
295	54	450	59
320	55	490	60
350	56	530	61
		580	62
		630	63
		680	64
		740	65
		810	66



steife Dämmschicht
 R'_w DIN 4109 Beiblatt 1
anrechenbar: Ges.gewicht g_{1+2}

g_{1+2}	R'_w	g_{1+2}	R'_w
250	45	380	50
270	46	410	51
295	47	450	52
320	48	490	53
350	49	530	54
		580	55
		630	56
		680	57
		740	58
		810	59

© Mauerwerkbau Aktuell

Bewertete Schalldämm-Maße R'_w bei weicher und steifer Dämmschicht (nach DIN 4109)

Bei Wänden mit Kerndämmung aus steifer Dämmung errechnet sich die Schalldämmung nach Beiblatt 1 DIN 4109 wie folgt:

$$\text{vorh. } R'_w = R'_{w,R,g_1+g_2} - 2\text{dB.}$$

Harte Dämmstoffe bewirken eine gewisse Schallübertragung zwischen den ebenfalls biegesteifen Mauerwerksschalen.

Die Bauweise der zweischaligen Wand bietet vielfältige Kombinationsmöglichkeiten mit leichten oder schweren Steinen in der Hintermauerschale. Durch entsprechende Auswahl können die Schalldämmwerte der Gesamtwand stark beeinflusst werden. Anders kann bei hoher Außenlärmbelastung durch eine zweischalige Wand auch bei leichter (hoch wärmedämmender) Innenschale ein erhöhter Schallschutz erfüllt werden.

Dieser wirkt wie ein Masse-Feder-Masse-Schwingungssystem. Massive Schalen, unterschiedlich dick und schwer, brechen die Schallwellen, verhindern Resonanzen. Wichtig ist die wirkungsvolle Trennung

Spalte	1	2
Zeile	Flächenbezogene Masse kg/m ²	Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ dB
1	85	34
2	90	35
3	95	36
4	105	37
5	115	38
6	125	39
7	135	40
8	150	41
9	160	42
10	175	43
11	190	44
12	210	45
13	230	46
14	250	47
15	270	48
16	295	49
17	320	50
18	350	51
19	380	52
20	410	52
21	450	54
22	490	55
23	530	56
24	580	57

Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ von einschaligen biegesteifen Wänden (Rechenwerte) Gültigkeit für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse m'_{L} , Mittel von etwa 300kg/m². Die Werte der Zeilen von 25 bis 31 gelten nur für die Ermittlung zweischaliger Wände aus biegesteifen Mauerwerksschalen.

durch Luftschicht und/oder Dämmung. Drahtanker und Abfangungssysteme begrenzen zwar die Schalldämmung insgesamt, behindern jedoch nicht das zweischalige Schalldämm-System.

Landesbauordnung und DIN 4102

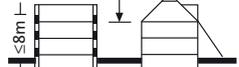
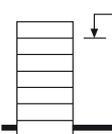
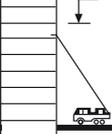
Die Anforderungen des Brandschutzes sind nicht in Normen, sondern in der jeweiligen Landesbauordnung (LBO) festgelegt. Abhängig von der Nutzungsart (etwa Wohnhäuser oder Versammlungsstätten) gelten spezielle Verordnungen. Die DIN 4102 *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen* dient als brandschutztechnische Grundlage für die LBO. So werden Wohngebäude und Bauwerke vergleichbarer Nutzungen nach Gebäudehöhe (Anleiterbarkeit) und Anzahl der Wohneinheiten in fünf Gebäudeklassen eingestuft. Die Gebäudeklasse bestimmt die Anforderungen an den Brandschutz, und zwar jeweils der Baustoffe und der Bauteile. Die Baustoffe sind dabei in Brandschutzklassen, die Bauteile in Feuerwiderstandsklassen eingestuft.

Die Einstufung von Baustoffen erfolgt nach nichtbrennbaren (A) und brennbaren (B) Baustoffen:

- A1 nichtbrennbare Baustoffe, wie Mauersteine
- A2 geringe Menge brennbarer Substanzen zulässig
- B1 schwerentflammbare Baustoffe
- B2 normalentflammbare Baustoffe
- B3 leichtentflammbare Baustoffe (Verwendung am Bau nicht zulässig)

Die Einstufung von Bauteilen erfolgt nach Feuerwiderstandsdauer in Minuten (Erhalt der Tragfähigkeit) und der Brennbarkeit (A = nicht brennbar, AB = im Wesentlichen nicht brennbar, B = brennbar).

Beispiel: Mauerwerk F 90 AB = Feuerwiderstandsdauer 90 Minuten und in den wesentlichen Teilen aus nicht brennbaren Baustoffen.

Gebäude-Klasse				
1	2	3	4	5
Wohngebäude freistehend 1 WE	Gebäude mit geringer Höhe Anleiterbarkeit $H \leq 8\text{ m}$ OFF $\leq 7\text{ m}$ $\leq 2\text{ WE}$	Gebäude $\leq 3\text{ WE}$	Sonstige Gebäude $H > 8\text{ m}$ OFF $> 7\text{ m}$ $\leq 22\text{ m}$	Hochhäuser mit Aufenthaltsräumen OFF $> 22\text{ m}$
	Feuerwehreinsatz mit Steckleitern OFF $\leq 7\text{ m}$		OFF $\leq 22\text{ m}$	OFF $\leq 22\text{ m}$
				

Klassifizierung von Gebäuden in Abhängigkeit von der Anleiterhöhe H_0 8,0m (OFF 7m) sowie der Anzahl der Wohnungseinheiten nach DIN 4102

Zweischalige Wand für jede Gebäudeklasse

Teil 4 der DIN 4102 enthält eine umfangreiche Liste bewährter, so genannter geregelter Baustoffe und Bauteile, die keiner Einzelprüfung mehr bedürfen – so auch die zweischalige Wand – als Außenwand, eine raumabschließende und insgesamt tragende Wand. Raumabschließende Wände dienen zur Verhinderung der Brandübertragung. Daher sind Mindestdicken vorgeschrieben, die schon herkömmliches einschaliges Mauerwerk leicht erfüllt (siehe Tabelle 1). Dämmstoffe mineralischer Fasern oder Hartschaumplatten müssen der Baustoffklasse A oder B1 (DIN 18165) entsprechen. Sperrschichten gegen Feuchtigkeit beeinflussen die Feuerwiderstandsklasse nicht. Fazit: Zweischalige Wände erfüllen die Brandschutzanforderungen aller Gebäudeklassen.

Wandart	Mauerwerk aus: (Ziegelart) mit Normalmörtel ¹⁾	Mindestdicke d in mm für die Feuerwiderstandsklasse		
		F 30	F 60	F 90
Tragende raumabschließende Wände verputzt ^{*)}	Mauerziegel nach DIN 105 Teil 1 Voll- und Hochlochziegel Lochung A und B unter Verwendung von ¹⁾	115	115	115
	Leichthochlochziegel DIN 105 Teil 2 Rohdichte $\geq 0,8$ Lochung A und B unter Verwendung von ¹⁾	115	115	115
	Leichthochlochziegel DIN 105 Teil 2 Rohdichte $\geq 0,8$ Lochung W unter Verwendung von ¹⁾	115	175	240
	Ziegelfertigbauteile nach DIN 1053 Teil 4	115	115	165

Mindestwanddicken von tragenden raumabschließenden Ziegelwänden (Auszug aus DIN 4102 Teil 4 Tab. 39)

Solarabsorption

Die vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik durchgeführten experimentellen Untersuchungen zum Einfluss der Absorption von Sonnenstrahlung auf die Transmissionswärmeverluste von Außenwänden aus Ziegelmauerwerk haben die im Folgenden angeführten Erkenntnisse ergeben:

Solare Effekte führen zu einer vom Strahlungsabsorptionsgrad abhängigen und vom Wärmedurchgangskoeffizienten unabhängigen Reduktion der Transmissionswärmeverluste an nichttransparenten Außenbauteilen wie dem Ziegelmauerwerk.

Die Höhe der Einsparung ist jedoch grundsätzlich abhängig von der Einstrahlung und damit von der Orientierung, von den klimatischen Randbedingungen und von der Trübung der Luft [1].

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

Die Ergebnisse dieser und anderer Forschungsarbeiten zu diesem Thema hat die Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel in einem Bericht wie folgt zusammengefasst [2]:

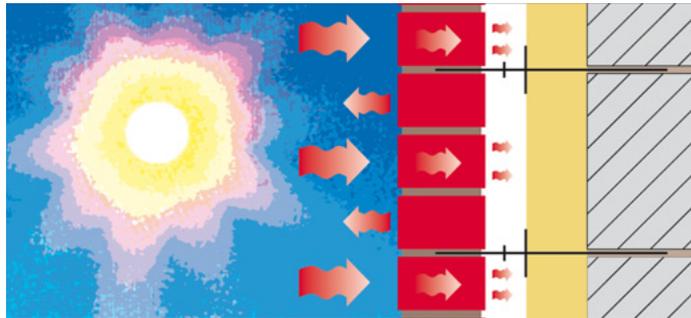
Die Betrachtung der Solarabsorption bei opaken Bauteiloberflächen mit den damit verbundenen Energiegewinnungen fand über eine lange Zeit wenig Beachtung in den Bewertungsverfahren zur Ermittlung des Wärmebedarfs von Gebäuden. Die neuen europäischen Normen zur

Berechnung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden ermöglichen jedoch derzeit die Berücksichtigung dieser Solareffekte, die sich beim dazugehörigen Nachweisverfahren positiv auswirken können.

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

Wärmedurchgangskoeffizient ohne Strahlung U_R [W/m ² K]	Solarer Absorptionskoeffizient α_s [-]	Bauweise	Effektiver Wärmedurchgangskoeffizient U_{eff} [W/m ² K]	Verbesserungsmaß [%]
0,48	0,67	monolithisch 36,5 cm	0,38	21
0,44	0,32	Dämmputz 30+6 cm	0,40	10
0,38	0,71	2-schalig Klinker	0,28	26
0,39	0,68	WDVS	0,34	12

Effektive Wärmedurchgangskoeffizienten und prozentuale Verbesserungsmaße von südorientierten Außenwänden mit unterschiedlicher Farbgebung und verschiedenartigem Aufbau.



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

Bei hoch absorbierenden Oberflächen, wie z. B. dunklen Vormauerziegel- und Klinkerwänden, sind die höchsten Verbesserungswerte von bis zu 26 % an südorientierten Wänden erreichbar. Die Reduzierung des Heizwärmebedarfs durchschnittlicher Gebäude fällt auf Grund des geringen Anteils der Außenwände am Gesamtwärmeverlust nur noch vermindert ins Gewicht. Etwa 2 bis 8 % Heizwärmeeinsparung sind in der Praxis bei unverschatteten Fassaden möglich.

Literaturhinweise:

[1] Lindauer, E.: Einfluss der Absorption von Sonnenstrahlung auf die Transmissionswärmeverluste von Außenwänden aus Ziegelmauerwerk. Bericht REB 4/1996. Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.

[2] AMz-Bericht 5/1997: Solarabsorption auf Außenwänden und Reduktion der Transmissionsverluste. Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V. im Bundesverband der deutschen Ziegelindustrie.

Inhaltsverzeichnis 6

Vermauern	6.1.1
Verfugen	6.2.1
Reinigen	6.3.1
Ausführungsempfehlungen	6.4.1
Leitdetails für die sichere Ausführung	6.5.1
Typische Ausführungsfehler	6.6.1
Rissbildung	6.7.1
Durchfeuchtung / Ausblühungen / Auslaugungen	6.8.1 - 2
Fokus Fuge	6.9.1
Vermeidung von Ausblühungen	6.10.1

Stein und Mörtel

Für die Vermauerung von Backsteinen sind die handwerklichen Regeln einzuhalten, wie sie in der DIN 1053-1 festgehalten sind. Diese umfassen die Einhaltung des Mindest-Überbindemaßes der Steinschichten von jeweils 40% und die Positionierung von Dehnungsfugen (siehe Verband und Fuge 2.4.1). Weiterhin müssen Stein (Saugfähigkeit) und Mörtel (Plastizität, Wasserhaltevermögen) aufeinander abgestimmt sein. Für die Vermauerung sind Mörtel der Mörtelgruppe MG IIa zu verwenden (siehe Mörtel 2.5.1). Die Vermauerung muss vollfugig und haftschlüssig erfolgen – Hohlräume in der Vermörtelung führen zu schädigendem Wasserstau.



Wasser und Mörtel

Vormauerziegel müssen je nach Saugverhalten vor der Verarbeitung vorgemästet werden. Damit werden die Saugfähigkeit der Steine und die Aufnahme von Alkalibestandteilen aus dem Mörtelwasser verringert. Vornässen ist auf jeden Fall notwendig bei der Verwendung von Baustellenmörtel. Bei geeignetem Werk trockenmörtel kann das Vornässen entfallen, wenn dieser durch Zusätze über ein erhöhtes Wasserrückhaltevermögen verfügt. Klinker sollen nur trocken vermauert werden. Auf Grund ihres geringen Saugvermögens neigen diese zum Schwimmen. Es ist daher zweckmäßig, die Plastizität des Mörtels etwas herabzusetzen. Ein zu steifer Mörtel kann dazu führen, dass die für die Festigkeit des Mörtels erforderliche Hydratation (Erhärtung der Zemente durch Wasser) nicht vollständig erfolgt. Fehlender Haftverbund ermöglicht das Eindringen von Regenwasser in das Mauerwerk. Umgekehrt ist Mörtel so einzustellen, dass er nicht wässert. Bei der Verarbeitung eines wässernden Mörtels kann kalkhaltiges Wasser zu Verschmutzungen an der Klinkerfassade führen. Die Konsistenz des Mörtels sollte so beschaffen sein, dass er nicht auf der Rückseite der Vorsatzschalen abbricht. Die Verwendung von Werkfrischmörtel ist problematisch. Um die Verarbeitungszeit zu verlängern, enthalten diese verzögernde Zusatzmittel. Es besteht die Gefahr des Austrocknens vor der Erhärtung. Folge können Ausblühungen sein.

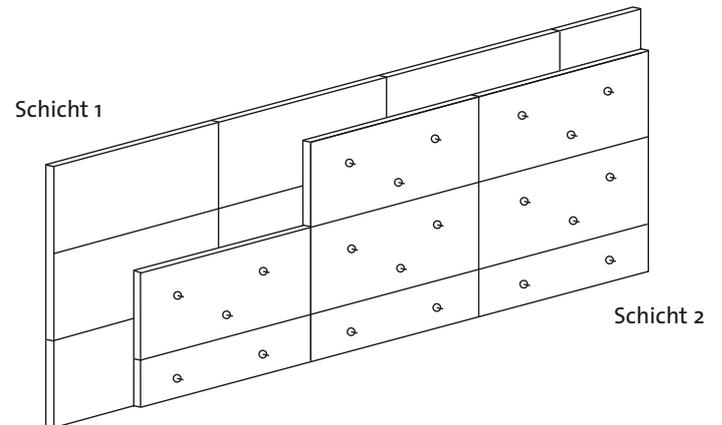
Das Abbinden des Mörtels braucht Zeit (2 bis 4 Tage je nach Witterung). Vorzeitiger Entzug von Mörtelwasser durch Witterungseinflüsse ist unbedingt zu vermeiden. Andererseits sind Vormauerziegel vor und während der Verarbeitung vor starkem Schlagregen zu schützen. Dies gilt ebenso für frisch fertiggestelltes Mauerwerk, bis der Trocknungs- und Härtungsprozess abgeschlossen ist. Danach ist der Mörtel wasserfest. Bei Regen und Frost sollte nicht gemauert werden (siehe Ausführungsempfehlungen 6.4.1).

Prinzip Zweischalige Wand: Arbeitsschritte vom Einlegen der Anker über die Befestigung der Wärmedämmung (siehe Rückseite) und Anbringen der Tropfscheiben bis zur Verfugung



Verlegen von Wärmedämmplatten im Verband

Wärmedämmplatten, ob aus Mineralfaser oder Hartschaum, sollten immer im Verband verlegt werden. Die Überdeckung von Fugen erhöht Winddichtigkeit und Luftdichtheit der Gebäudehülle. Außerdem dient dies der Vermeidung von Kältebrücken und Tauwasserproblemen.



Fugarbeiten

Die ganzflächige und satte Mörtelfüllung ist beim Verblendmauerwerk als Regenbremse unentbehrlich. An Regentagen darf die Verfugung nur unter Schutzmaßnahmen erfolgen. Jeweils nach Abschluss eines Tagwerks oder vor Eintritt von Regen sind frische Fugen durch Abdeckung gegen Ausspülen und Verschmutzen zu sichern.

Fugarbeiten werden zweckmäßig an Tagen mit hoher

Luftfeuchtigkeit und geringer Luftbewegung sowie geringer Sonneneinstrahlung ausgeführt. Ungünstigere Witterungsbedingungen (starke Sonneneinstrahlung, verstärkte Windbewegung und Regen) erfordern zusätzliche Schutzvorkehrungen (z. B. Abhängen des Gerüsts mit Planen).

Bei Regen und Frost ($< 5^{\circ}\text{C}$) sollte das Fugen eingestellt werden. Regen kann zum Auslaufen der Fuge und Sonne zu

Schwindrissen im Mörtel führen. Bei trockener und warmer Witterung, z. B. in den Sommermonaten, besteht die Gefahr, dass der frisch eingebrachte Fugenmörtel verbrennt (unvollständige Hydratation). Daher sollte der Fugenmörtel zum Schutze der frühzeitigen Austrocknung und zur Förderung des Abbindevorgangs mehrfach mit einer Nebeldüse besprüht werden.

Fugenglattstrich

Diese Methode bietet die Möglichkeit, mit geringem Aufwand hochwertiges Verblendmauerwerk herzustellen. Voraussetzung dafür ist, dass der Mörtel eine gute Verformbarkeit besitzt. Für dieses Verfahren sollten keine Baustellenmörtel, sondern nur geeignete Fertigmörtel (Werk trockenmörtel) verwendet werden. Damit ist die Voraussetzung für eine einheitliche Fugenfarbe gegeben.

Beim Fugenglattstrich wird Mauern und Verfugen in einem Arbeitsgang durchgeführt. D. h. die Fugen müssen ohne verbleibende Hohlräume mit Mörtel gefüllt sein, damit sie anschließend bündig mit der Mauerwerksoberfläche glatt gestrichen werden können.

Das vollfugige Mauern mit Fugenglattstrich stellt nach dem aktuellen Stand der Technik die sicherste Methode zur Erstellung eines schlagregensicheren Mauerwerks dar. Dieses Verfahren bietet unter technischen Gesichtspunkten gegenüber der noch weit verbreiteten Methode „nachträgliches Verfugen“ eine Reihe von Vorteilen und wird daher in der einschlägigen Literatur für das Verblendmauerwerk favorisiert.



Als Nachteil beim „Fugenglattstrich“ gilt es allerdings, dass der Zeitpunkt des Glattstreichens der Fugen für die gesamte Fassade genau abgestimmt werden muss, um eine völlig gleichmäßige Fugenfarbe erzielen zu können. Selbst geringe Schwankungen in der Temperatur und/oder Luftfeuchtigkeit beim Verstreichen der Fugen machen sich später durch unterschiedliche Helligkeit der Fugenfarbe bemerkbar.

Die Fugenfarbe wird also weitgehend durch die Konsistenz des Mörtels beim Verstreichen der Fugenoberfläche bestimmt. Bei weichem Mörtel wird die Fuge hell, weil an der Oberfläche eine Anreicherung des Bindemittelleims entsteht. Erfolgt das Glattstreichen des Mörtels in angesteiftem Zustand, wird die Oberfläche aufgeraut und die Fuge wird dunkel.

Insofern gilt die Bearbeitung der Fuge in gleichmäßig angesteiftem Mörtelzustand für die Farbgleichheit der Fugen als zwingende Voraussetzung. Da jedoch die Einhaltung dieser Notwendigkeit unter Baustellenbedingungen kaum umsetzbar ist, müssen geringe Farbunterschiede der Fugen bei Anwendung dieses Verfahrens als unvermeidbar hingenommen werden.

Beim Fugenglattstrich ist besonders auf das vollfugige Mauern zu achten, um nicht später beim Glätten der Fuge nachbessern zu müssen. Beim Aufmauern hervorquellender Mörtel wird mit der Kelle abgestrichen und die Fuge nach dem Anziehen des Mörtels mit einem entsprechend dicken Fugeisen oder Schlauch steinbündig glattgestrichen. Nach Fertigstellung oder bei Arbeitsunterbrechungen muss das Mauerwerk vor Verschmutzungen, Durchnässung oder zu raschem Austrocknen geschützt werden. Bei Bedarf kann das Mauerwerk bei einer Endreinigung mit wenig Wasser und geeigneten Bürsten abgewaschen werden, um auffällige Verschmutzungen zu beseitigen. Hierbei sollte auf chemische Reinigungsmittel oder Öle verzichtet werden.

Nachträgliches Verfugen

Nachträgliches Verfugen sollte nur in Ausnahmefällen vereinbart werden. Dieses Verfahren ist aufgrund der vielen Arbeitsgänge schadensanfällig. Das nachträgliche Verfugen ist nur dann zu empfehlen, wenn entsprechende Erfahrungen mit „Fugenglattstrich“ fehlen.

Die Fugen sind gleichmäßig 1,5 cm bis 2 cm tief flankensauber und gleichmäßig auszukratzen. Bei Unterschreitung der Mindestauskratztiefe von 1,5 cm ist die dauerhafte Haftung des Fugmörtels nicht gewährleistet. Das Auskratzen muss vor jeder Arbeitsphase durchgeführt werden, solange der Mauermörtel noch weich ist. Für nachträgliches Verfugen darf neben den Mörtelgruppen MG II und MG IIa auch die Mörtelgruppe MG III (nur für Klinker) verwendet werden.

Der Fugmörtel wird in zwei Arbeitsgängen gut in die Fugen eingedrückt:

1. Arbeitsgang: erst Stoßfuge, dann Lagerfuge
2. Arbeitsgang: erst Lagerfuge, dann Stoßfuge

Der Fugmörtel soll eine gut erdfeuchte bis schwachplastische Konsistenz aufweisen.



Für eine dichte Fuge ist entscheidend, dass der Mörtel fest in die Fuge eingedrückt und verdichtet wird. Daher sollte das Fugeisen auf keinen Fall breiter als die Fuge selbst sein.

Bei diesem Verfahren wird empfohlen, das gesamte Verblendmauerwerk vor dem abschließenden Ausfugen auf zwei Eigenschaften zu prüfen:

1. Mindestauskratztiefe von 1,5 cm
2. Mörtelfüllungsgrad der Stoßfugen

Die Stoßfugen dürfen keine Hohlräume aufweisen. Nur wenn diese beiden Voraussetzungen erfüllt sind, kann die dauerhafte Funktionstauglichkeit des Verblendmauerwerks garantiert werden.

Verschmutzungsarten	<p>Die Reinigung von Fassaden wird notwendig:</p> <ul style="list-style-type: none">- bei Verunreinigung durch Mörtel und Bindemittel- vor der nachträglichen Verfügung- bei Ausblühungen- bei Kalkauslaugungen und Kalkaussinterungen		
Vermeidung von Verschmutzungen	<p>Verunreinigungen durch Mörtelreste bleiben beim Vermauern nicht aus. Dennoch sparen Vorsorgemaßnahmen erheblichen Aufwand bei der stets notwendigen Reinigung. Außerdem wird das frische Mauerwerk von Beeinträchtigungen durch größere Wassermengen und</p>	<p>Reinigungsmittel verschont. Die beste und billigste Reinigung ist die sofortige Beseitigung der frischen Mörtelreste. Mörtelkästen sollen entweder mit genügendem Abstand von der Fassade aufgestellt, oder das Mauerwerk durch Folien vor Mörtelspritzern geschützt werden.</p>	<p>Bei Arbeitsunterbrechungen sollten Gerüste gereinigt und das innere Gerüstbrett hochgestellt werden. Empfehlenswert ist es, das Mauerwerk durch Folien vor Witterungseinflüssen zu schützen.</p>
Trockene Reinigung	<p>Die Reinigung muss in jedem Fall mit der trockenen Entfernung loser und gröberer Mörtelverschmutzungen beginnen, um die folgende nasse Reinigung zu erleichtern. Zudem wird so die Einwirkungszeit von</p>	<p>Reinigungsmitteln vermindert. Zum Entfernen grober Verschmutzungen werden auf glatten Ziegelflächen Spatel, bei rauhen Flächen Holzbrettchen und in beiden Fällen Wurzelbürsten verwendet. Für strukturier-</p>	<p>te und besandete Oberflächen eignet sich das Abstrahlen mit Wasser und Feingranulat (Jost-Verfahren). Die Trockenreinigung hat sich als gute Methode zur Beseitigung lose aufgetrockneter Salze erwiesen.</p>
Entfernung von Kalkauslaugungen und -aussinterungen	<p>Zur Beseitigung alter Kalkauslaugungen und -aussinterungen können spezielle chemische Reinigungsmittel verwendet werden.</p>	<p>Eine Liste von Chemikalien und Reinigungsmitteln ist bei dem Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V. zu beziehen.</p>	

Reinigung bei Ausblühungen

Zur Beseitigung von Ausblühungen an Mauerwerks-oberflächen dürfen grundsätzlich keine chemischen Reinigungsmittel oder Salzsäure eingesetzt werden. Chemische

der natürliche Abwascheffekt des Regens nicht einwirken kann. Zur Reinigung solcher Ausblühungen reicht es völlig aus, wenn die betreffenden Flächen trocken oder in Kombi-



Reinigungsmittel reagieren weniger mit den meist sulfathaltigen Ausblühungen, sondern sie können zusätzliche Verunreinigungen oder irreversible Verfärbungen an der Mauerwerksoberfläche verursachen.

Eine zusätzliche Reinigung ist nur dann erforderlich, wenn

nation mit wenig Wasser abgebürstet werden. Bei hartnäckigen Ausblühungen mit geringer Wasserlöslichkeit hat sich die Verwendung vom warmen Wasser (ca. 80 °C) als besonders effektiv erwiesen.

Ausführungsempfehlungen 6.4.1

Baustelle

Sachgerechte Anlieferung und Lagerung von Backsteinen und Mörtel schützen das Baumaterial von Anfang an vor Verunreinigungen und Feuchtigkeit. Backsteine werden auf Paletten entweder in so genannten Hulo-Systemen – in Reihe ohne Verpackung – oder in Folie eingeschweißt geliefert. In beiden Fällen sind die Paletten auf einer ausreichend großen und ebenen Fläche zu lagern. Die Lagerfläche ist durch Schaltafeln gegen Bodenfeuchtigkeit zu schützen. Die gesamte Lieferung sollte weiterhin gegen Regen und Verschmutzung mit Planen abgedeckt werden. Einschweißfolien sollten auf vom Wetter geschützten Seiten zur Belüftung der Backsteinpakete geöffnet werden.



Sachgerechte Lagerung auf Paletten

Grundregeln der Verarbeitung

Die wichtigsten Regeln zur sicheren und schonenden Verarbeitung von Backsteinen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Gütegesicherte, normgerechte Backsteine für zusammenhängende Bauabschnitte bestellen und Boden frei lagern.
- Backsteine aus mehreren Paketen gleichzeitig verarbeiten, um ein gleichmäßiges Erscheinungsbild zu erreichen.
- Geeignete Vormauermörtel passend zum Backstein verarbeiten.
- Vormauermörtel nach den Hinweisen des Herstellers zur Verarbeitung gerecht einstellen.
- Stark saugende Backsteine vornässen.
- Backsteine vollfugig vermauern und Mörtelbrücken vermeiden.
- Fugenglattstrich nach dem Anziehen ausführen.
- Trockene Beton- und Mörtelreste mit Holzspatel und Wurzelbürste entfernen.
- Frisches Mauerwerk, Backstein, Mörtel und Dämmung, vor Verschmutzung schützen.
- Frisches Mauerwerk bei Arbeitsunterbrechungen vor Regen und Sonne schützen (2 bis 4 Tage) bis der Mörtel ausreichend Festigkeit gebildet hat.
- Wasser von Dachkonstruktionen oder höheren Einbauten durch Regenrinnen ableiten.
- Bei längeren Arbeitspausen das erste Gerüstbrett hochstellen oder entfernen.
- Vor dem Fugen Mauerwerk durch Abspritzen mit klarem Wasser oder Dampfstrahlen reinigen.
- Fugmörtel beim nachträglichen Verfugen sorgfältig verdichten.
- Schnelles Austrocknen der Fugen sowie starke Beregnung nach Fugarbeiten durch Schutzmaßnahmen oder Bewässern vermeiden.
- Bei Regen und Frost sollte nicht gemauert werden.

Leitdetails für die sichere Ausführung 6.5.1

Handwerkliche Verarbeitung und Schadensvermeidung

Mauerwerkgerechte Planung und Ausführung sind die Grundlage für die Funktionalität von Sichtmauerwerk. Gemeinsam mit der sorgfältigen Detailausbildung geben sie die Gewähr für Schadensfreiheit und lange Lebensdauer. Verarbeitungsfehler aber auch unsachgemäße Gestaltung sind Ursachen für Beeinträchtigungen, etwa Risse, Durchfeuchtungen oder Ausblühungen.



Mauerwerkgerechte Planung und Ausführung sind die Grundlage für die Funktionalität von Sichtmauerwerk. Gemeinsam mit der sorgfältigen Detailausbildung geben sie die Gewähr für Schadensfreiheit und

lange Lebensdauer. Verarbeitungsfehler aber auch unsachgemäßer Gestaltungswille sind Ursachen für Beeinträchtigungen, etwa Risse, Durchfeuchtungen oder Ausblühungen.

Statik und Feuchteschutz

Die wichtigsten Parameter für die sichere Konstruktion zweischaliger Wände sind Auflage und Befestigung der Vorsatzschale (siehe Statik 2.3.1), Anordnung und ausreichende Dimensionierung von Dehnungsfugen (siehe Verband und Fuge 2.4.1) sowie Feuchtigkeitssperren und Abdichtungen gegen aufsteigende Feuchtigkeit (siehe Feuchteschutz im Detail 5.2.2 - 5.2.4).

Besondere Aufmerksamkeit verlangen Fußpunkte / Sockel, Fensterstürze und -sohlbänke.



Vor der nachträglichen Verfügung durch die Bauleitung zu prüfen: Feuchtigkeitssperre unter gemauelter Rollschicht der Fensterbank.



Beispielhafte Detaillösungen: Feuchtigkeitssperre an Sockel und Terrassenstürze, Dehnungsfuge auf wetter-

geschützter Seite, Fugenglattstrich, Stürze mit Konsolankerschienen.

Typische Ausführungsfehler 6.6.1

Fehler kennen – Fehler vermeiden

Sicherlich kann man bei der Ausführung alles falsch machen, was man auch richtig machen kann. Bei sorgfältiger und fachgerechter Ausführung ist die zweischalige Wand eine Bauweise hoher Funktionalität mit langer Lebensdauer. Daher sollten nur ausgebildete Fachkräfte zur Ausführung herangezogen werden. Die beispielhafte Darstellung häufiger Fehler soll das Bewusstsein für diese schärfen. Beeinträchtigungen oder Bauschäden resultieren selten aus mangelhaftem Material, sondern aus mangelhafter Planung und Ausführung.



Rund um's Fenster

Ob Sturz, Fensterbank oder Laibung, an diesem Fenster stimmt nichts. Zunächst fehlen Entwässerungsöffnungen oberhalb des Sturzes und unterhalb der Fensterbank. Sollte eine Feuchtigkeitssperre im Sturz eingebaut sein, so ist diese funktionslos. Die waagerechte Fensterbank aus einer gemauerten Rollschicht verstößt gegen die DIN 1053. Die Fen-

sterbank hätte entweder mit deutlichem Gefälle $> 22^\circ$ oder alternativ mit einer wasserundurchlässigen Abdeckung ausgebildet werden müssen. Verfüugung und seitliche Anschlüsse der Fensterbank sind fehlerhaft, die Durchfeuchtung ist vorprogrammiert. Statt einer mauerwerkgerechten Laibung wurde eine Rollladenschiene eingebaut und mit Fugmörtel vollge-



Fugendichtung / Dehnungsfugen

Die Fugenausbildung, ob Anschluss- oder Dehnungsfuge, ist oft konstruktiv ungeeignet, um dauerelastischen Dichtstoff überhaupt in ausreichend großer Menge aufnehmen zu können, oder eben zu groß: Eine dauerhafte Zweiflankenhaftung

ist hier nicht gewährleistet (siehe Verband und Fuge 2.4.1). Raue und unregelmäßige Steinoberflächen und unzureichende Mörtelverfugung erschweren die Verarbeitung des Dichtstoffes.



Fußpunkt und Sockel

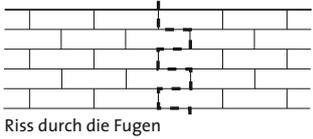
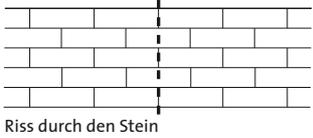
Die An- und Abdichtung dieses Sockels sind sowohl entlang der Wand wie im Bereich der Gehwegplatten keinesfalls Stand der Technik. Die Ausführung der Dehnungsfugen wie auch der Mörtelfugen ist höchst mangelhaft. Insbesondere die Tiefe der Fugen behindert einen schnellen Ablauf des Regenwassers.



Risse durch Schwinden und Temperaturänderungen

Die Vormauerschale unterliegt Beanspruchungen durch Temperaturdehnungen und Feuchtigkeitsänderungen. Diese führen bei Behinderung der freien Verformung zu Zugspannungen. Die statisch notwendige Verbindung von Vor- und Hintermauerschale durch Drahtanker behindert nicht die Bewegung. Ursache sind vielmehr die Auflagerung und der Anschluss an angrenzende Bauteile. Zugspannungen verlaufen überwiegend horizontal, wodurch meist vertikal gerichtete Risse auftreten: abhängig von

der Festigkeit zwischen Mauerstein und Mörtel entlang des Fugenverlaufes oder durch die Steine. Beste Vorbeugemaßnahme sind möglichst große Überbindelängen der Mauersteine. Die Risse (Breite unter 0,2 mm) wirken sich nicht negativ auf die Standsicherheit aus, können aber die Funktionalität einschränken. Durch eine konstruktive Bewehrung kann die Rissentstehung nicht verhindert werden. Allerdings werden durch diese die Risse fein verteilt und unschädlich.



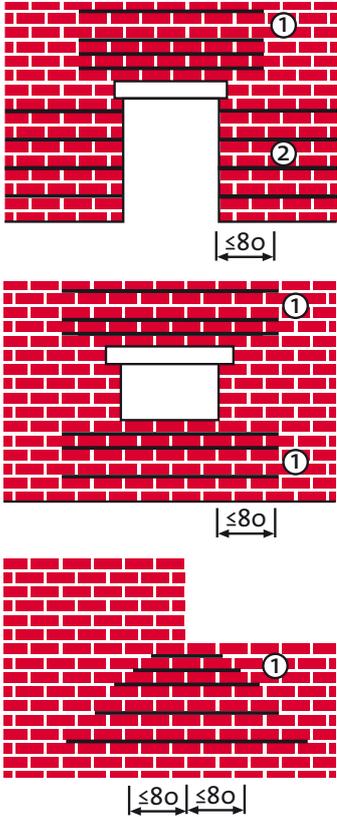
Riss durch Schwinden und Temperaturänderungen

Rissgefährdete Bereiche

Einspringende Ecken an Öffnungen und Höhenversprünge sind prinzipiell rissgefährdet. An diesen Stellen konzentrieren sich Verformungen der Wand und Spannungen. Daher sind hier, wie auch bei starrer Befes-

tigung der Vorsatzschale durch Abfangungen an der Tragkonstruktion, Dehnungsfugen zuzuordnen. Alternativ können auch konstruktive Bewehrungen vorgesehen werden. Die Verankerungslänge der

Bewehrung hinter den gefährdeten Bereichen sollte mindestens 80 cm betragen. Empfehlenswert ist eine 3-lagige Ausführung.



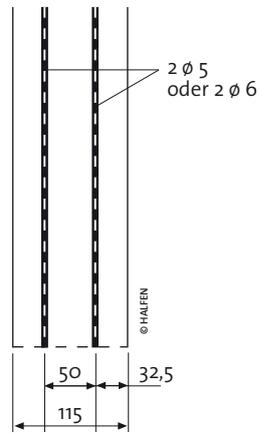
Lagerfugenbewehrung von Riss gefährdeten Bereichen



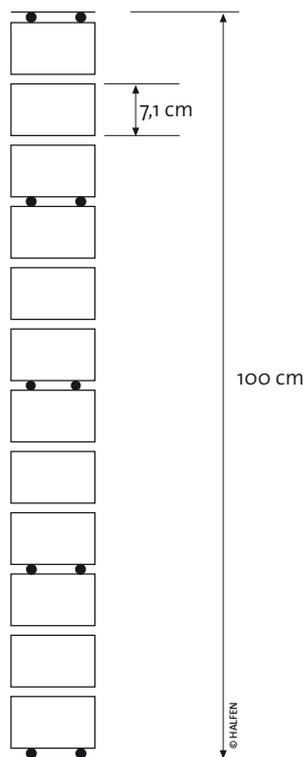
Werden keine Dehnungsfugen an den Ecken vorgesehen, entstehen Risse

Bewehrung

Richtwerte für die Anordnung von Dehnungsfugen bzw. die fugenfreien Abstände finden sich in DIN 1053-1 (siehe Dehnungsfugen 2.4.5). Können die empfohlenen Richtwerte nicht eingehalten werden, müssen konstruktive Bewehrungen in die Lagerfugen der Vorsatzschale eingebracht werden. Mindestbewehrung pro Lagerfuge sind zwei parallel verlaufende Stahl-Längsstäbe mit einem Durchmesser von 5 oder 6 mm. Zum dauerhaften Schutz vor Korrosion müssen diese aus Edelstahl bestehen.



Bewehrungsanordnung in der Lagerfuge



Bewehrungsanordnung in einer Verblendschale im Steinformat NF (4 Stk / stgm)

Durchfeuchtung / Ausblühungen 6.8.1

Mauerwerk – Wasser – Ausblühungen

Mauerwerk ist grundsätzlich nicht wasserdicht. Dies ist kein Widerspruch. Ist doch der Schutz der inneren tragenden Wand vor Regenwasser eine der wichtigsten Aufgaben der Vormauerschale. Feuchtigkeit im Verblendmauerwerk kann keinen Schaden anrichten, solange die bauphysikalische Kausalkette Aufsaugen-Trocknen über Kapillarität und Diffusion des Mauerwerks gewährleistet ist. (siehe Schlagregenschutz 5.2.1).

Die Kapillarität von Stein und Mörtel ist Voraussetzung für die Funktionalität des Mauerwerks, aber auch Grund für die Entstehung von Ausblühungen. Wasser, das in Stein und Mörtel aufgesogen wird, transportiert beim Hinausfließen gelöstes Calciumhydroxid an die Oberfläche des Mauerwerks. Dort verdunstet das Wasser und lässt das weiße feinkristalline Salz zurück. Gelöstes Calciumhydroxid befindet sich vor allem in frischem Mauerwerk, in dem das Abbinden des Zementes noch nicht abgeschlossen ist. Ausblühungen können demnach schon während der Verarbeitung und innerhalb der



Unzureichender konstruktiver Feuchteschutz führt zu Durchfeuchtungen und Ausblühungen, hier: tiefausgerundete Fugen, fehlende Tropfkante am Sturz, Fensterbänke aus Rollschichten ohne Überstände

ersten Jahre nach Errichtung auftreten, insbesondere, wenn Schutzmaßnahmen vernachlässigt werden. Der Schutz von frischem Mauerwerk vor zu schneller Trocknung und Schlagregen dient der vollständigen Bindung bzw. Umwandlung aller wasserlöslichen Bestandteile (Festigkeit und Haftschlüssig-

keit) und damit auch der Vermeidung von Ausblühungen. Unachtsamkeit und fehlerhafte Ausführungen erhöhen die Wasserbelastung, beeinträchtigen die Funktionalität und das Erscheinungsbild der zweischaligen Wand. Dauerhafte Durchfeuchtungen führen zu Frostschäden.

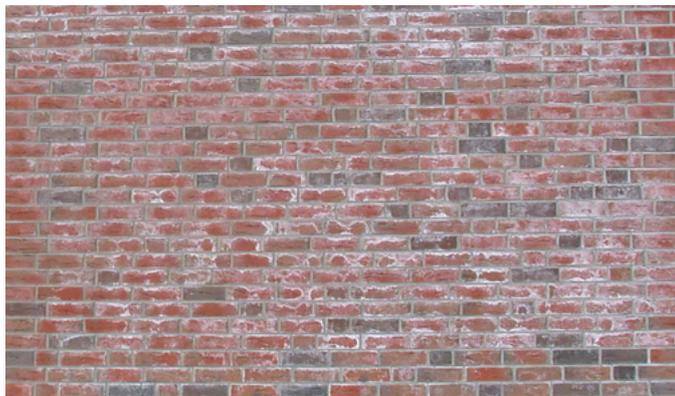
Salz der Fuge

Obwohl der Fugenteil nur 15 bis 20% des gesamten Mauerwerks beträgt, ist der Gehalt an ausblühfähigen Salzen in der Mörtelfuge erheblich höher als in den Steinen. Ausblühungen an den Rändern des Steines beruhen auf zu hoher Wasserdurchlässigkeit der Fugen. Diese ermöglichen das leichte Eindringen des Regenwassers ins Mauerwerk. Die Verdunstung des Wassers erfolgt dagegen über die Oberfläche des Steins, da dieser im Vergleich zum Mörtel ein erheblich höheres kapillares Saugvermögen besitzt. Wasserlösliche Salze werden im Zuge der kapillaren Wasserleitung an die Oberfläche transportiert. Dort kristallisieren die Salze aus. Ausblühungen verursachen keine Schäden, verschwinden oft durch Witterungseinflüsse im Laufe der Zeit von selbst.



Typisches Erscheinungsbild von Ausblühungen: Getrocknete Salze aus der Fuge setzen sich am Rand der Steine ab. Die Ursache ist im Einzelfall zu klären.

Vermeidung von Ausblühungen und Auslaugungen



Vorübergehende Ausblühungen bei einer neu errichteten Ziegelfassade als Folge einer permanenten Durchfeuchtung des Mauerwerks während der Bauphase.

Ausblühungen treten bei neu errichteten Ziegelfassaden häufig auf, wenn in der Bauphase eine übermäßig hohe Durchfeuchtung des Mauerwerks stattgefunden hat. Das sind wasserlösliche Salze, die in gelöster Form durch die Kapillarwirkung der Mauersteine an die Mauerwerksoberfläche transportiert und dort nach Verdunstung von Wasser auskristallisieren. Die Ausscheidung der Salze an der Mauerwerksoberfläche kann eine vorübergehende Störung der Fassadenoptik zur Folge haben, die jedoch nur von kurzer Dauer ist. Ausblühungen an neu errichteten Backsteinfassaden verschwinden unter Einwirkung natürlicher Witterungseinflüsse von selbst wieder.

Bei neu errichteten Verblendschalen aus mineralischen Baustoffen muss grundsätzlich immer mit Ausblühungen gerechnet werden, wenn eine starke Wasserbeanspruchung des Mauerwerks während der Bauausführung oder unmittelbar danach stattgefunden hat. Dies ist z. B. der Fall, wenn die Verblendschale mit Salzsäure gereinigt wird. Dabei können größere Wassermengen durch die noch offenen Fugen ins Mauerwerk eindringen und

später Ausblühungen verursachen.

Auch kann der unsachgemäße Einsatz von Salzsäure Ausblühungen am Mauerwerk hervorrufen. Insbesondere bei Einsatz konzentrierter Salzsäure werden carbonatische Bestandteile im Mörtel angegriffen. Durch die Reaktion mit der Säure werden das neutrale Salz Calciumchlorid (CaCl_2) sowie Wasser neu gebildet. Das neu entstehende Salz ist leicht wasserlöslich und kann in Verbindung mit Regenwasser oder als Folge von Wasserbehandlung des Mauerwerks vor und nach der Reinigung an die Mauerwerksfläche transportiert und dort abgelagert werden. Die an der Mauerwerksoberfläche verbleibenden Säurereste tragen nach Verdunstung von Wasser dazu bei, dass das Mauerwerk fleckig und unansehnlich wirkt.



Ausblühungen an einer Fassade aus saugfähigen Vormauerziegeln, verursacht durch Reinigung mit Salzsäure.

Ausblühungen an neu errichteten Mauerwerksoberflächen verschwinden innerhalb der ersten zwei Jahre unter Einwirkung von Regen und Wind von selbst. In dieser Zeit stellt sich die so genannte Gleichgewichtsfeuchte der Außenwand als Folge der Beheizung der Innenräume und Feuchtigkeitsverdunstung an der Außenfläche allmählich ein. Bis dahin können immer wieder leichte Ausblühungen an der Mauerwerksoberfläche sichtbar werden, welche allerdings in der Intensität und Erscheinungsform eine deutlich abnehmende Tendenz erkennen lassen.

Der Unbedenklichkeit der Ausblühungen an neu errichteten Mauerwerksflächen trägt eine im Jahre 1997 von dem „Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau“ herausgegebene Broschüre (Leitfaden über zunehmende Unregelmäßigkeiten bei Neubauten) Rechnung, wenn es dort heißt: „Ausblühungen aus leicht löslichen Salzen, die häufig kurz nach der Fertigstellung des Bauteils auftreten, sind in gewissem Umfang hinzunehmen. Sie werden in der Regel durch den sogenannten „Selbstreinigungseffekt“ des Witterungseinflusses im Laufe der Zeit von selbst beseitigt bzw. können an Flächen einfach (z. B. durch Bürsten) entfernt werden.“

Auslaugungen

Auslaugungen sind meist weißliche Ablagerungen an der Mauerwerksoberfläche, deren Ursache ausschließlich in mangelhafter Bauausführung liegt. Auslaugungen sind Bestandteile der Mörtelfugen, die auf die Fassade ausgeschwemmt werden, wenn:

- ▶ nicht vollfugig gemauert wurde,
- ▶ der Fugenmörtel zu trocken eingebracht wurde,
- ▶ bei trockener und warmer Witterung eine Nachbehandlung der Fugen mit Wasser versäumt wurde,
- ▶ das Mauerwerk während der Bauausführung nicht konsequent vor Regenwasser geschützt wurde,
- ▶ bei Frost gemauert oder gefugt wurde.

Kalkablagerungen lassen sich im frischen Zustand noch leicht abbürsten. Mit zunehmendem Alter gewinnen sie jedoch an Festigkeit, weil unter Einwirkung der Luftkohlenensäure das praktisch unlösliche „Calciumcarbonat“ gebildet wird (Carbonatisierung).



Auslaugungen als Folge mangelhafter Schutzmaßnahmen während der Bauausführung oder unmittelbar danach.

Bindeglied und Schwachstelle

Fugen halten das Mauerwerk zusammen. Umgekehrt kann nur über die Fugen so viel Wasser eindringen, dass das Mauerwerk geschädigt wird. Ursachen sind meist geringe Verdichtung (unvollständig gefüllte Stoßfugen) und schlechte Haftung des Mörtels an den Steinen. Durch frühzeitiges Entziehen von Anmachwasser *verdurstet* der Mörtel. Bei porösem Mörtel dringt Wasser durch Risse, Poren, Hohlräume, und Blattkapillare werden mit Wasser gefüllt und halten dieses im Mauerwerk. Der Mörtel laugt aus – Kalkfahnen und Ausblühungen sind die Folgen.



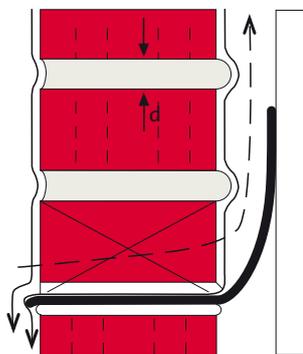
Verarbeitungsfehler: nicht haftschlüssiger Mörtel fördert Wassereintritt.

Die Kunst der Fuge

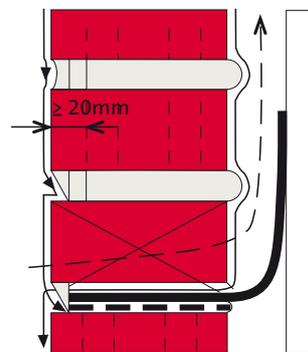
Wesentlichen Einfluss auf den Wassereintritt hat die Fugenausbildung – technisch und gestalterisch. Das Glattnstrichverfahren zeichnet sich auf Grund der homogenen Mörtelmasse durch hohe Haftung,

Dichtung und Belastbarkeit aus. Bei der nachträglichen Verfugung ist auf Grund problemhafter Verdichtung und unzureichender Verbindung zwischen Mauer- und Fugmörtel die Schadensanfälligkeit hoch.

Die gilt auch für gestaltete Fugen unterschiedlichster Art: Wasser verweilt auf den Kanten, Dichtungsbahnen werden unterlaufen. Die Regel der Technik verlangt vollfugiges Mauern.



Verfugen mit Fugenglattnstrich gewährt Dichtigkeit des Mauerwerks (robustes und zuverlässiges Verfahren).



Nachträgliches Verfugen erhöht die Gefahr des Wassereintritts, insbesondere bei nicht vollständiger Verfüllung der Fugen.



Nicht vollständig gefüllte Fugen verursachen verstärkten Witterungsangriff, mögliche Folgen: Mörtelzerstörung, Algenbewuchs

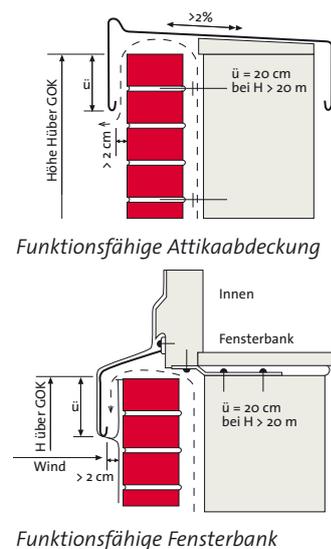
Vermeidung von Ausblühungen 6.10.1

Konstruktiver Feuchteschutz

Vorrangiges Ziel von Planung und Ausführung ist es, Wasser am Eindringen in das Mauerwerk bzw. ein längeres Verweilen zu verhindern. Es gilt, über konstruktive Maßnahmen für eine schnelle und sichere Ableitung von Regenwasser zu sorgen – und zwar auf der Oberfläche der Vormauerschale.

Höchste Schadensanfälligkeit besteht an horizontalem Mauerwerk. Daher sollten hand-

werklich ausgeführte Mauerkronen und Rollschichten vermieden und statt dessen Fertigteile verwendet werden (siehe Elementbau 2.6.1). Eine Alternative zu derartigen Fertigteilen ist die Verwendung von Metallkonstruktionen, etwa auf der Attika oder als Fensterbank. Für die Ausbildung von Fußpunkten, Fensterbänken und Stürzen (siehe Feuchteschutz im Detail 5.2.2 und Leitdetails 6.5.1).



Reinigung und Gebrauch

Reinigung allgemein und in Verbindung mit nachträglichem Verfugen bringt eine hohe Wasserlast auf die Fassade. Insbesondere in Verbindung mit salzsäurehaltigen Lösungen erhöht sich das Risiko von Ausblühungen. Fließendes Wasser auf frischem Mauerwerk fördert per se das Ausspülen von Salzen. Durch die Reaktion des Mörtels mit der Säure wird sogar zusätzliches Calciumchlorid gebildet. Empfehlungen: Fugenglattstrich statt nachträgliches Verfugen, Mauerwerk während und unmittelbar nach Verarbeitung reinigen, größere Verschmutzungen vermeiden und nur mit klarem Wasser spülen, wenn vorher bestmöglichst trocken abgeburstet wurde (siehe Reinigen 6.3.1).



Kalkausblühungen als Folge mangelhafter Wasserführung in der Bauphase

Ausblühungen und Auslaugungen entstehen auch durch undichte Regenrohre und abtropfendes Wasser von benachbar-

ten Bauteilen, speziell, wenn diese aus Beton bestehen. Denn auch im Beton wird Kalk aus dem Zement gelöst.

Diese führen zu chemischen Reaktionen auf dem Sichtmauerwerk.

Hydrophobierung/ Imprägnierung

Durch Hydrophobierung werden die oberflächennahen, kapillarsaugenden Poren von Stein und Mörtel gegen das Eindringen von Schlagregen imprägniert. Die Diffusion von Wasser aus dem Mauerwerk muss allerdings weiterhin möglich sein. Hydrophobierende Imprägnierungen bestehen in den meisten Fällen aus farblo-

sen silizium-organischen Verbindungen – Lösemittelhaltige oder wasserlösliche Dispersionen.

Entscheidend für die Wirksamkeit sind saubere und glatte Oberflächen der Steine und Mörtelfugen. Grob strukturierte Steine, unregelmäßige Vermauerungen und schadhafte Fugen

können die Hydrophobierung ins Gegenteil verkehren: Durch Risse im Imprägnierungsfilm kann Wasser eindringen, die Imprägnierung behindert die vollständige Trocknung. Folgen sind dauerhafte Durchfeuchtungen und Frostschäden. Mangelhafte Hydrophobierungen können nur äußerst schwierig nachgebessert werden.

Inhaltsverzeichnis 7

Baukosten/Gebäudeunterhalt	7.1.1
Kalkulation	7.2.1
Kalkulationshilfe	7.3.1
Substanzschutz	7.4.1
Sanierung und nachträgliche Wärmedämmung	7.5
Sanierung bestehender Putzfassaden/ Sanierungsdetails	7.5.1
Nachträgliche Wärmedämmung zweischaliger Außenwände	7.5.2
Neuverblendung alter Verblendschalen	7.5.3
Fassadenbekleidung mit Klinkerriemchen	7.5.4
Sanierung mit WDVS und Riemchenbekleidung	7.5.5
Verarbeitung von Klinkerriemchen	7.5.6
Sanierung zweischaliger Altbauten	7.6.1
Bauen im Bestand/Rekonstruktion	7.7.1
Literaturhinweise	7.8.1

Zweischalig – langfristig wirtschaftlich

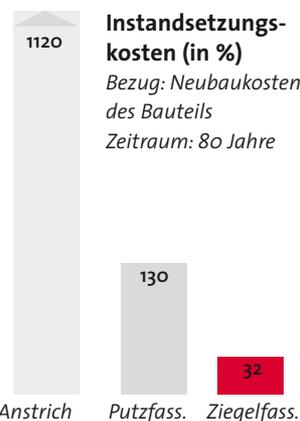
Über die Erstellungskosten zweischaliger Wände lassen sich keine allgemeingültigen Angaben machen. Zu unterschiedlich sind die Parameter: von der Bauaufgabe über die Bauwerksgeometrie und die individuellen Bedingungen vor Ort bis zu Stein- und Verarbeitungsart. Dazu kommen regionale, ja von Anbieter zu Anbieter unterschiedliche, Arbeits- und Lohnstrukturen.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Bauweisen umfassen neben den Kosten für die Erstellung insbesondere die Kosten für den Bauunterhalt. Gerade in der mittel- und langfristigen Bilanzierung hat die zweischalige Wand aus Verblendmauerwerk erhebliche Kostenvorteile gegenüber anderen Bauweisen. So fallen bei einschaligen Außenwänden mit Wärmedämmverbundsystemen, mit Putz und Anstrich schon nach etwa 20 Jahren Ausbesserungs- und Pflegekosten für Neuanstrich, Neuputz oder Kompletterneuerungen an – durchschnittlich 100,- EUR/m².

Zweischalige Wände sind dagegen nahezu wartungsfrei, wie der jüngste Bauschadensbericht der Bundesregierung belegt. In einem Zeitraum von 80 Jahren sind demnach bei einem Haus mit Verblendmauerwerk Wartungskosten in Höhe von 32% der Neubaukosten zu erwarten. Der weitaus größte Teil resultiert aus dem Unterhalt der Verfüzung. Bei einer Putzfassade beträgt der Kostenanteil für Ausbesserungsarbeiten schon 130%, bei einem Anstrich gar 1.120%.

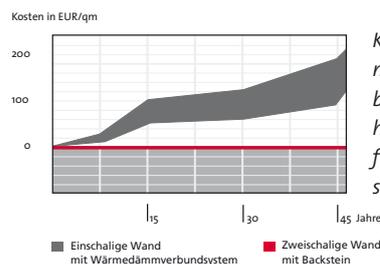


Zweischalige Bauweise für hohe Lebensdauer



Quelle: Bauschadensbericht der Bundesregierung 1996

Instandsetzungskosten (in %) in Bezug auf die Neubaukosten von Außenwandkonstruktionen, Zeitraum: 80 Jahre;



Kostenvergleich: Einschalige Wände mit Wärmedämmverbundsystem bedürfen nach 15 bis 45 Jahren erheblichen Unterhalt; der Aufwand für zweischalige Wände mit Backstein bewegt sich um Null.

Grundlagen der Kalkulation

Arbeitsaufwand und Baustoffbedarf für Mauerwerksarbeiten sind abhängig von der Form des Bauwerks (gegliedertes oder großflächiges Mauerwerk, Anzahl und Art der Öffnungen), den verwendeten Steinformaten, der Fugenausbildung und Verfugungsart. Zu beachten sind weiterhin Nebenkosten wie Mauerhilfen, erforderliche Arbeits- und Schutzgerüste sowie die Nachbehandlung von Mauerwerk. Kosten, die sich nicht direkt einzelnen Teilleistungen zurechnen lassen, werden als Gemeinkosten erfasst, wie z. B. die Kosten der Baustelleneinrichtung, der Bauleitung, der Hilfslöhne und Nebenstoffe sowie die Allgemeinen Geschäftskosten.

In der Kalkulation zweischaliger Wände müssen Vor- und Hintermauerschale unterschieden werden. Für die Innenschale gewinnt der Einsatz großformatiger Plansteine oder Planelemente an Bedeutung. So sinkt der Zeitbedarf für die Verarbeitung von Großformaten um bis



zu 15%. Bei einem Hochlochziegel ergeben sich allein durch die Formatwahl von 2 DF auf 16 DF Arbeitszeitunterschiede von 2,2 Stunden pro m³ Mauerwerk (von 5,0 auf 2,8). Die Steinzahl reduziert sich von 263 auf 32 Stück / m³ und der Mörtelbedarf von 260 auf 140 Liter / m³.

In der Vormauerschale können aus konstruktiven Gründen nur kleinformatige Steine eingesetzt werden. Der Einsatz von Fertigteilen, insbesondere bei seriellen Bauteilen, bringt erhebliche Zeit- und Kostenvorteile.

Arbeitszeit-Richtwerte

Angebots- wie genauere Auftragskalkulation für die Verarbeitung klein- und großformatiger Steine beruhen oft auf Erfahrung. Hilfen bieten die Steinhersteller sowie die Arbeitszeit-Richtwerte Hochbau (ARH). Diese wurden vom Bundesausschuss Leistungslohn gemein-

sam von den Tarifparteien der Bauwirtschaft und wiederum den Steinherstellern durch umfangreiche Zeitmessungen auf Baustellen unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade ermittelt. Die Arbeitszeit-Richtwertetabellen enthalten übergreifende Angaben für den Mauer-

werksbau, das ergänzende Handbuch Arbeitsorganisation Bau System und produktbezogene Werte (Quelle: Zeittechnik-Verlag GmbH, Neu-Isenburg). Anhaltspunkte für die überschlägige Kalkulation finden sich in der Tabelle auf der folgenden Seite.

Kostenermittlung nach DIN 276

Die Kostenermittlung dient nicht zur Kalkulation von Baukosten sondern zur Budgetierung: der möglichst exakten Ermittlung des vom Bauherrn zu zahlenden Baupreises. Sie sollte nach DIN 276 *Kosten von*

Hochbauten parallel zur Bauplanung in vier Stufen erfolgen:

- Kostenschätzung
- Kostenberechnung
- Kostenanschlag
- Kostenfeststellung.

DIN 276 enthält dazu eine einheitliche Gliederung nach Kostengruppen; die Kostengruppe 300 umfasst Kostenindizes für Baukonstruktionen, 330 für Außenwände.

Baustoffbedarf für Mauerwerk und Richtwerte für Arbeitszeitaufwand

	Format Abmessung L/B/H cm	Einheit	Wand- dicke cm	Baustoffbedarf		Grundwert Volles Mauer- werk Stunden	Grundwert Gegliedertes Mauerwerk Stunden	Zuschläge für Bereitstellen der Bau- stoffe, Hilfs- und Arbeitsmittel Stunden
				Ziegel Stck.	Mörtel* Ltr.			
Mauer- werk	NF 24,0/11,5/7,1	1,00 m ³	36,5	407	261	4,46	5,00	0,6 – 1,5 je nach Ziegel-Format und betrieblichen Arbeits- bedingungen
		1,00 m ³	24,0	412	250	4,61	5,16	
		1,00 m ²	11,5	50	30	0,84	0,94	
		1,00 m ²	7,1	33	14	0,86	0,96	
	2 DF 24,0/11,5/11,3	1,00 m ³	36,5	272	222	3,82	4,28	
		1,00 m ³	24,0	275	240	3,93	4,40	
	3 DF 24,0/17,5/11,3	1,00 m ²	11,5	33	20	0,72	0,81	
		1,00 m ³	24,0	190	210	3,29	3,68	
		1,00 m ³	17,5	189	225	3,50	3,92	
	2+3 DF	1,00 m ²	17,5	33	35	0,61	0,68	
		1,00 m ³	30,0	110/110	210	3,51	3,93	
	5 DF 30,0/24,0/11,3	1,00 m ³	30,0	110	180	3,34	3,74	
		1,00 m ³	24,0	113	170	3,48	3,93	
	6 DF 36,5/24,0/11,3	1,00 m ³	36,5	90	200	3,46	3,90	
1,00 m ³		24,0	90	190	3,05	3,45		
10 DF 30,0/24,0/23,8	1,00 m ³	30,0	55	130	2,30	2,60		
	1,00 m ³	24,0	55	140	2,35	2,66		
12 DF 36,5/24,0/23,8	1,00 m ³	36,5	44	155	1,95	2,20		
	1,00 m ³	24,0	44	125	2,30	2,60		
16 DF 49,0/24,0/23,8	1,00 m ³	24,0	33	95	2,11	2,38		
20 DF 49,0/30,0/23,8	1,00 m ³	30,0	27	95	2,00	2,25		
Ver- blend- mauer- werk	DF 24/11,5/5,2	1,00 m ²	11,5	67	41	1,80	2,00	Quellen: Richtwerte des Arbeitskreises Leistungslohn Bau e. V. Handbuch Arbeitsorganisation Bau Eigene Erfahrungswerte
	NF 24/11,5/7,1	1,00 m ²	11,5	52	35	1,50	1,65	
	2DF 24/11,5/11,3	1,00 m ²	11,5	33	25	1,20	1,30	

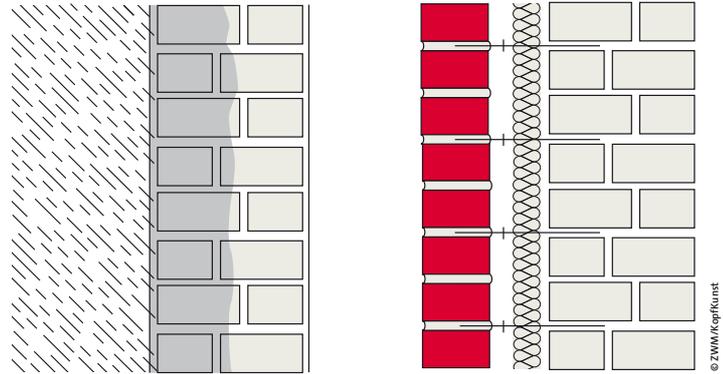
* Der Mörtelbedarf ist stark von der Konsistenz abhängig. Bei den hier ermittelten Werten ist ein Einmisch- und Verdichtungszuschlag von ca. 50 % zu dem geometrisch ermittelten Baustoffbedarf berücksichtigt.

Quelle: Richtwerte des Arbeitskreises Leistungslohn Bau e.V., Handbuch Arbeitsorganisation Bau, Erfahrungen der Fachverbände, ZIEGEL Bauberatung

Bauphysik und Wohnqualität

Mauerwerkbauten haben eine Lebensdauer von vielen Jahrzehnten, oft sogar Jahrhunderten. Im Laufe der Zeit fallen zwangsläufig Erneuerungen an. Witterungseinflüsse beeinträchtigen Anstriche und Putze, führen bisweilen zu Schäden der Substanz. Auf Grund von Umnutzungen oder gestiegenen Anforderungen an den Wohnkomfort werden Modernisierungen vorgenommen. Backsteinfassaden haben sich als dauerhafte und nahezu wartungsfreie Außenwandkonstruktionen bewährt. Dies gilt für historische zweischalige Wände wie auch die nachträgliche Verblendung mit Mauerwerk.

Sanierungen oder Modernisierungen mit Vorsatzschalen, inklusive Wärmedämmung, führen zu einer Verbesserung der bauphysikalischen Eigenschaften beziehungsweise der Schutzfunktionen Wetter-, Wärme-, Schall- und Brandschutz insgesamt. Ehemals einschalige Außenwände werden durch das Verblendmauerwerk insbesondere vor Schlagregen und Durchfeuchtung geschützt. Vorsatzschale, Wärmedämmung und die nun trockene Hintermauerschale führen zu einer erheblichen energetischen Aufwertung. Berechnungen des Temperaturverlaufes in erneuerten Wänden belegen es: Mit Verblendmauerwerk und Wärmedämmung sanierte Außenwände sind tauwasserfrei. Außerdem zeigt der Temperaturverlauf eine deutliche Erhöhung der Oberflächentemperaturen auf der Wandinnenseite. Folge ist die Erhöhung der thermischen Behaglichkeit und damit der Wohnqualität. Mit Vorsatzschalen aus Backstein lassen sich alle Anforderungen an Altbauten geltender und künftiger Verordnungen zu Wärmeschutz und Energieeinsparung erfüllen.



Bei einschaligen Wänden wird das tragende Mauerwerk durch Schlagregen belastet; nachträgliche Vorsatzschalen schützen dagegen das tragende Mauerwerk vor Feuchtigkeit.

Außenwände werden durch das Verblendmauerwerk insbesondere vor Schlagregen und Durchfeuchtung geschützt. Vorsatzschale, Wärmedämmung und die nun trockene Hintermauerschale führen zu einer erheblichen energetischen Aufwertung. Berechnungen des Temperaturverlaufes in erneuerten Wänden belegen es: Mit Verblendmauerwerk und Wärmedämmung sanierte Außenwände sind tauwasserfrei. Außerdem zeigt der Temperaturverlauf eine deutliche Erhöhung der Oberflächentemperaturen auf der Wandinnenseite. Folge ist die Erhöhung der thermischen Behaglichkeit und damit der Wohnqualität. Mit Vorsatzschalen aus Backstein lassen sich alle Anforderungen an Altbauten geltender und künftiger Verordnungen zu Wärmeschutz und Energieeinsparung erfüllen.

Planungsgrundlagen

Für nachträglich errichtete Verblendmauerschalen gelten die gleichen konstruktiven Regeln wie für alle zweischaligen Wände: ob für die Statik oder das Anbringen von Feuchtesperrschichten und Entwässerungsöffnungen. Im Einzelfall können besondere Maßnahmen erforderlich sein.



Nachträgliche Dämmung und Errichtung einer Vormauerschale

Sanierung und nachträgliche Wärmedämmung 7.5

Die Sanierung mit Backstein bietet Architekten, Bauunternehmern und Bauherren eine der effektivsten Perspektiven, wenn es um dauerhaften Gebäudeerhalt geht. Die hohe Wertbeständigkeit einer Vormauer aus Backstein, die problemlose Erfüllung der Anforderungen, die sich aus der neuen EnEV ergeben, die Witterungsresistenz, das gesunde Wohnklima und die gestalterische Vielfalt sind einschlägige Gründe für eine Sanierung mit dem langlebigen Baustoff.

Insbesondere vor dem Hintergrund der neuen EnEV, die die Anforderungen an den Baubestand gegenüber der Wärmeschutzverordnung 95 weiter verschärft, gilt es, Wärmedämmung und Fassadenerneuerung zukunftsfähig miteinander zu verbinden. So wurde bspw. der maximale Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von beheizten Räumen bei Änderungen an mindestens 20 %

der Bauteilfläche von bisher $k_{\max} \leq 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auf $U_{\max} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ reduziert. Unter Berücksichtigung, dass 40 Prozent der Wärmeverluste über die Außenwand erfolgen, ergeben sich hier immense Einsparpotenziale. Selbstverständlich ist das Ergebnis immer abhängig von der Qualität der Dämmschicht und von der korrekten Ausführung. Mittels einer Backsteinfassade mit hinterliegender Dämmschicht können mühelos die Anforderungen der EnEV erreicht werden.

Staatliche Fördermittel für wärmetechnische Sanierungsmaßnahmen können in Form von zinsgünstigen Darlehen in Anspruch genommen werden. Der Bedeutung der energetischen Sanierungsmaßnahmen im Baubestand trägt die Bundesregierung seit dem 1. Januar 2003 in der Weise Rechnung, dass eine Gleichstellung der Fördermittel für Neu- und Altbauen festgelegt wurde.

Die Kosten für Wartung und Pflege sind bei einer Sanierung mit Backstein gegenüber anderen Wandkonstruktionen sehr gering. Auch wenn eine zweischalige Wand in der Erstellung nicht teurer sein muss, zeigt sie ihre große Stärke besonders auf längere Sicht. Wartungskosten fallen so gut wie gar nicht an, während bei der einschaligen Wand schon nach wenigen Jahren das Nachstreichen notwendig wird und bei einem Wärmedämmverbundsystem nach einer bestimmten Zeit sogar eine Kompletterneuerung notwendig wird.

In aller Regel sind die Kosten für eine zweischalige Wandkonstruktion im Zuge der Investition leichter aufzubringen als später in der Instandhaltungsphase. Diese Problematik wird allzu häufig nicht bedacht und sollte hinsichtlich der Nachhaltigkeit bei der Investitionsentscheidung immer erörtert werden.

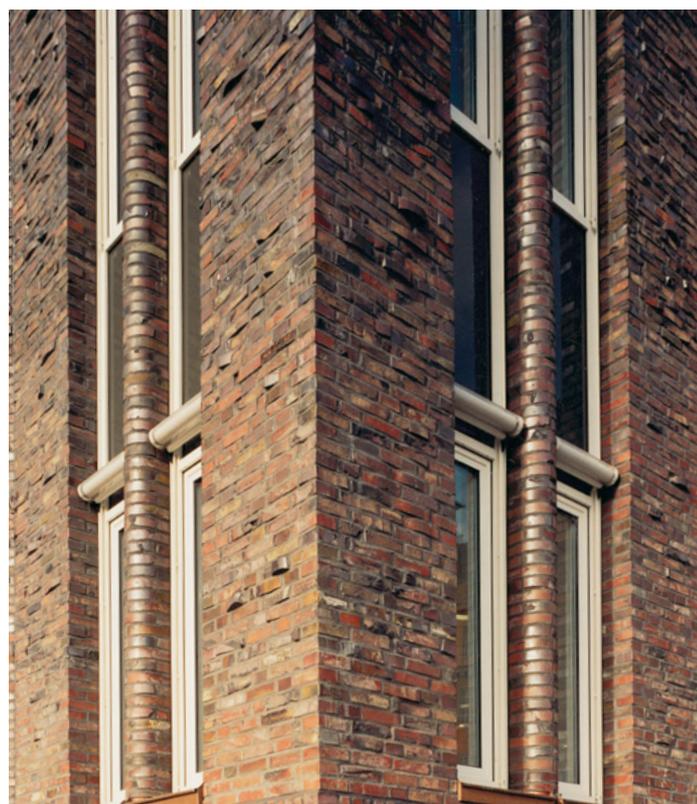
Hohe Wärmeverluste durch die Außenwände

Durch nachträgliche Wärmedämmung können die oftmals hohen Wärmeverluste von Altbauten erheblich reduziert werden.

Aufgrund ihres hohen Flächenanteils gehen, wie oben erwähnt, bis zu 40 % der Wärmeverluste auf das Konto der Außenwände. Es ist empfehlenswert, die Dämmung dann in Angriff zu nehmen, wenn ohnehin Arbeiten an der Fassade anstehen.

Positive Auswirkungen auf das Raumklima

Eine nachträgliche Wärmedämmmaßnahme in Verbindung mit einer Backsteinfassade hat auch entscheidende Auswirkungen auf ein positives Raumklima. Eine Tauwasserbildung und die Folgeschäden, wie Schimmelpilzbildung, können bei gut gedämmten Außenwänden ausgeschlossen werden.



Ziegelsichtmauerwerk ermöglicht eine individuelle Fassadengestaltung und hebt den Wert des Gebäudes.

7.5 Nachträgliche Wärmedämmung von Fassaden mit Ziegelsichtmauerwerk

Ziegelfassaden haben sich seit Jahrhunderten als dauerhaft und unverwüstlich gegen höchste Witterungseinflüsse bewährt.

- unbegrenzte Lebensdauer und Wartungsfreiheit
- beständig gegen atmosphärische Schadgase und gegen den sauren Regen
- dauerhaft beständig gegen UV-Strahlen und farbecht
- individuelle Gestaltung durch vielfältige Formate, Oberflächenfarben und -strukturen
- schmutzabweisend und daher dauerhaft ansehnliche Optik

Die Vorteile einer Fassadensanierung mit Ziegelverblendsmauerwerk können wie folgt zusammengefasst werden:

- sehr niedrige Gleichgewichtsfeuchte, hohe Lichtabsorption und hervorragende Wärmespeicherung der Ziegelfassaden
- Verhinderung von Algenbefall
- guter sommerlicher Wärmeschutz aufgrund hoher Speichermasse der Ziegelverblendschale
- ökologisch empfehlenswert wegen Dauerhaftigkeit und Recyclbarkeit

Es gibt fünf verschiedene Sanierungsmöglichkeiten mit Backstein. Die Optimallösung ist die Neuverblendung einer bestehenden Fassade. Je nach baulicher Gegebenheit sind Alternativen sinnvoll.

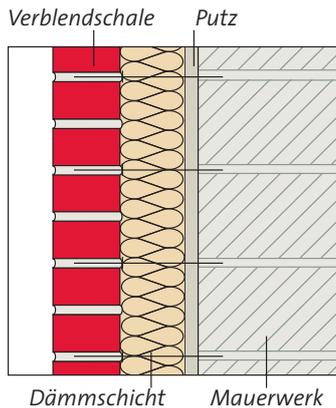
Auf den folgenden Seiten finden Sie technische Details zu den verschiedenen Sanierungsvarianten.

Vorteile einer Fassadensanierung mit Ziegelverblendsmauerwerk

Sanierungsmöglichkeiten mit Backstein

Sanierung bestehender Putzfassaden 7.5.1

Verblendung bestehender Putzfassaden



Die wärmetechnische Sanierung einer bestehenden Putzfassade mit Ziegelsichtmauerwerk kann durch Vorsetzen einer Verblendschale realisiert werden. Diese Maßnahme setzt eine tragfähige Aufstandsfläche für die Verblendschale voraus.

Zur Errichtung einer Verblendschale muss zunächst ein Streifenfundament angelegt werden (Bild 1). Die Breite des Streifenfundamentes richtet sich nach der Dicke der Wärmedämmung und der Verblendschale, die 9 cm, 10,5 cm oder auch 11,5 cm dick sein kann. Die Verblendschale darf nach DIN 1053-1 [1] bis zu einem Drittel ihrer Breite über ihr Auflager vorstehen. Verblendschalen mit Dicken unter 11,5 cm dürfen bis zu 25 mm über ihr Auflager vorstehen. In diesem Fall darf die Verfugung nur in Fugenglattstrich, d. h. im gleichen Zug mit der Vermauerung, durchgeführt werden.

Bei unterkellerten Gebäuden oder bei fehlendem Platz für Gründungen können auch bauaufsichtlich zugelassene Konsolanker zur Auflagerung der Verblendschale zum Einsatz kommen (Bild 2).

Die Errichtung der Verblendschale erfolgt nach DIN 1053-1. In Abhängigkeit von der Saugfähigkeit der Klinker oder Vormauerziegel können geeignete Werk trockenmörtel, entsprechend der Mörtelgruppen MG IIa oder MG II, verwendet werden (Bild 3).

Da die Verblendschale keine tragende Funktion hat, muss sie zur Aufnahme der Windlasten mit dem tragenden Hintermauerwerk befestigt werden. Hierfür werden geeignete Dübelanker in die bestehende Fassade eingedübelt und beim Aufmauern der Verblendschale in die Lagerfugen eingebettet.



Bild 1: Zur Aufstellung der Verblendschale kann die Anlegung eines Streifenfundamentes erforderlich sein ...



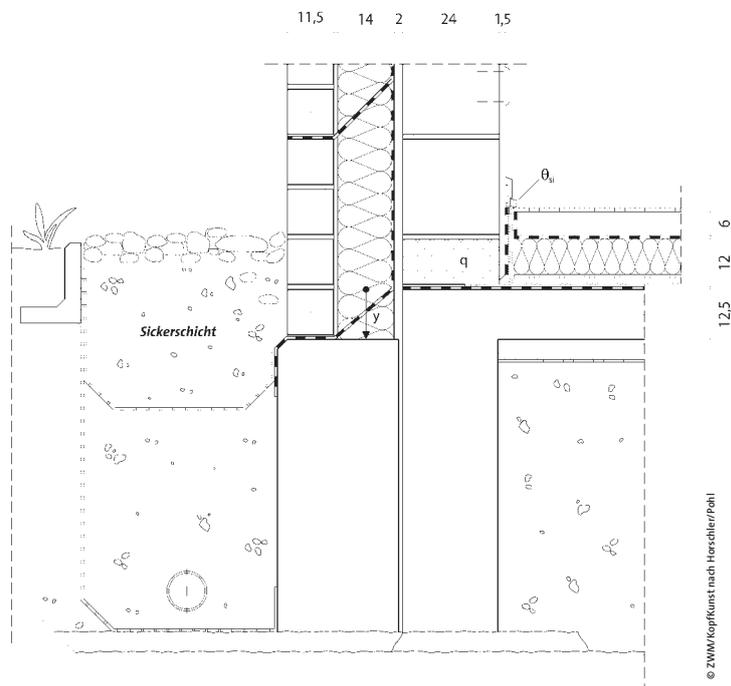
Bild 2: ... oder eine Abfangkonsole für eine nachträgliche Verblendung.



Bild 3: Für die Aufmauerung der Verblendschale sind die Bestimmungen der DIN 1053-1 maßgebend.

7.5.1 Sanierungsdetails

Die Auflagerung der Vorsatzschale kann auf bestehenden Fundamentvorsprüngen oder zusätzlichen Fundamenten/Untermauerungen erfolgen. Erdberührende Bereiche müssen vertikal bis in Höhe des Erdreichs durch eine Isolierung gegen Feuchtigkeit geschützt werden: entweder einen 2 cm starken Sperrputz mit mindestens zweifacher Beschichtung oder einer *Dickbeschichtung* aus Bitumenprodukten. Bestehendes Mauerwerk sollte mit einem Fugenverstrich versehen werden. Die Einmörtelung empfiehlt sich bei unsicherem Untergrund. In allen Fällen sind Lüftungs- bzw. Entwässerungsöffnungen vorzusehen.



Auflagerung/Abfangung

Detail Auflagerung Vorsatzschale



Auflagerung der Vorsatzschale auf einem zusätzlichen Fundament



Zwischen den Bauteilen Giebelwand/seitlicher Anbau sind Dehnungsfugen anzuordnen.

Sanierung bestehender Putzfassaden 7.5.1

Bei nachträglicher Wärmedämmung einer bestehenden Putzfassade mit einem U-Wert $\geq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ darf der vorgeschriebene Grenzwert gemäß der EnEV nicht überschritten werden: $U_{\text{max}} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Diese Anforderung wird erfüllt, wenn in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit der bestehenden Außenwand 10 cm bis 15 cm Wärmedämmung verwendet wird. So ist bei einem Wärmedurchgangskoeffizient von $U \approx 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ für die bestehende Wand eine Mindestdicke von 10 cm Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040 erforderlich. Sind die U-Werte der bestehenden Außenwand größer als $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, so sind Dämmstärken bis zu 15 cm, eventuell auch mit besseren Wärmeleitzahlen, erforderlich (Bild 4).

Die Verblendschale muss zur Aufnahme der Windlasten mit der tragenden Wand verankert werden. Für Dämmstärken bis zu 12 cm sind mind. 5 Anker/m² und für 12 cm bis 15 cm mindestens 7 Anker/m² der Durchmesser 4 mm erforderlich. Größere Schalenabstände sind möglich, wenn die Standsicherheit der Verblendschale durch geeignete Ankersysteme nachgewiesen wird.

Bei nachträglicher Verblendung einer bestehenden Außenwand ist im Bereich der Anschlüsse auf Wärmebrücken besonderes zu achten. Im Sockelbereich und im Bereich der Sohlbänke, Fensterstürze und -anschlüsse sind die Wärmebrücken durch den Einbau von Wärmedämmstreifen gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 [2] auf ein Minimum zu reduzieren (Bild 5).



Bild 4: Weiche Dämmstoffe sind für Sanierungsmaßnahmen besser geeignet als harte Platten, da sie flexibel sind und eine hohlraumfreie Verarbeitung bei unebenen Untergründen ermöglichen.



Bild 5: An allen Kontaktflächen zwischen den beiden Schalen sind ausreichend dicke Dämmstreifen entsprechend der DIN 4108 Bbl 2 einzulegen.

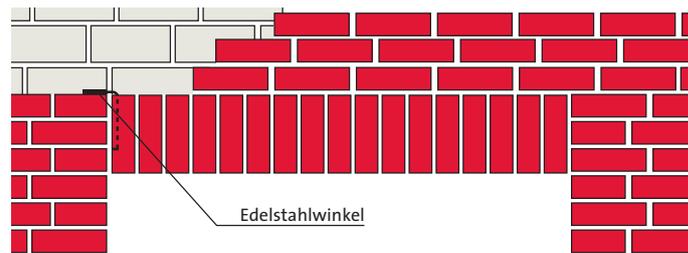
7.5.1 Sanierungsdetails

Die Detailausführungen rund um's Fenster bedürfen wie beim Neubau, auch bei der Sanierung besonderer Sorgfalt. Für die Überdeckung von Öffnungen bestehen zwei Möglichkeiten: die scheinrechte Übermauerung (Grenadierschicht) bis zu einer Öffnungsweite von 1,25 m und den Einsatz von Fertigteilstürzen. Letztere können in die Vormauerschale eingebunden oder an der Hintermauerschale, soweit die Substanz das zulässt, befestigt werden (siehe Verankerung 2.3.4 und Elementbau 2.6.1). Seitlich kann die Verblendschale bündig mit der Altbau-laibung abgeschlossen oder als Ecklaibung ausgebildet werden. Abhängig davon ob die Fenster erhalten oder erneuert werden sollen, müssen bestehende Laibungen abgespitzt oder Fenster umgesetzt werden. Der Feuchteschutz über Folien ist analog den Regelungen beim Neubau auszuführen (siehe 5.1.2 ff).

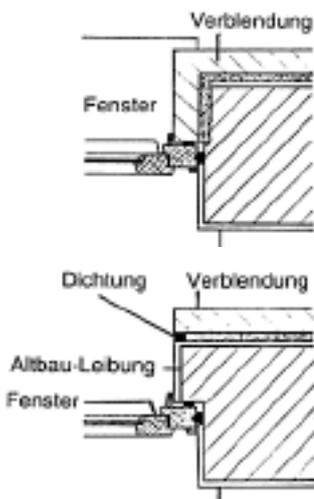


Öffnungen

Bei Arbeitsunterbrechungen wird das Vormauerwerk durch Folien geschützt.



Einbindung Fertigteilsturz



Alternativen Ausbildung Fensterlaibung:

- a) Laibung verblendet
- b) Verblendung bündig mit Außenlaibung



Verblendung der Laibung; auf eine durchgehende Dämmebene ist zu achten.

Nachträgliche Wärmedämmung 7.5.2 zweischaliger Außenwände

Abstandsflächen nach LBO

Kellerwand – Kellerdecke – Außenwand

ältere zweischalige Außenwand mit Luftschicht

nachträgliches Einbringen des Dämmmaterials

Die Bundesländer unterstützen in ihren Landesbauordnungen LBO Maßnahmen zur energetischen Optimierung von Gebäuden. Die vorgeschriebenen Abstandsflächen dürfen unterschritten werden, wenn bestehende Gebäude nachträglich im Zuge von Wärmeschutzmaßnahmen verkleidet oder verblendet werden. Es empfiehlt sich jedoch, rechtzeitig die Bauaufsicht und auch die Nachbarn über die geplante Sanierungsmaßnahme zu informieren.

Bei älteren zweischaligen Außenwänden mit Luftschicht sind die Anforderungen der neuen EnEV als erfüllt anzusehen, wenn der bestehende Hohlraum zwischen den Schalen vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird.

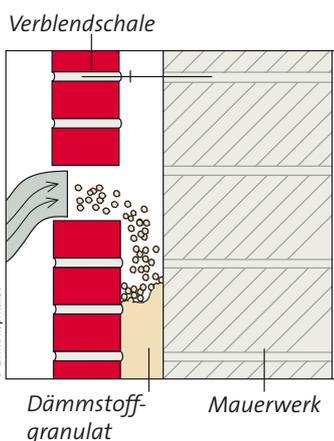
Das Einblasen der Wärmedämmung in die Hohlchicht geschieht in der Weise, dass zunächst eine erforderliche Anzahl von Löchern in der Vorsatzschale gebohrt oder einzelne Klinker entfernt werden. Dies geschieht in kleineren Abständen im oberen Fassadenbereich und auch im Fensterbrüstungsbereich. Das Dämmmaterial wird nun über einen flexiblen Schlauch in die Luftschicht zwischen den Mauerwerksschalen geblasen (Bild 6). Durch den leichten Überdruck beim Einblasen wird die Schüttung verdichtet und bildet eine geschlossene, hohlraumfreie Dämmschicht. Abschließend werden die Einfüllöffnungen wieder verschlossen (Bild 7). Obwohl diese Methode im Vergleich zur Neuverblendung erheblich weniger Aufwand in Anspruch nimmt, ist deren Er-



Bild 6: Die Dämmung wird als loses Granulat in die Hohlchicht eingeblasen.



Bild 7: Nach Abschluss der Arbeiten wird der Verblendstein wieder eingesetzt und vermörtelt.



folg als mäßig anzusehen. Wichtige Voraussetzung für die Wirksamkeit dieser Methode ist, dass die Körnung ohne Hindernisse hohlraumfrei in die Luftschicht rieseln kann. Die bisherigen Erfahrungen mit zweischaligen Außenwänden zeigen jedoch, dass die Hohlchicht an vielen Stellen mit Mörtelbrücken eingengt ist. Diese führt dazu, dass dort Wärmebrücken entstehen,

welche sich auf das Raumklima negativ auswirken. Darüber hinaus muss im Bereich der Sohlbänke, Stürze sowie des Sockels in jedem Falle mit Wärmebrücken gerechnet werden.

Ferner ist bei dieser Sanierungsmaßnahme aufgrund der meist nur 5 cm bis 7 cm dicken Hohlchicht das Energieeinsparpotenzial als sehr begrenzt anzusehen.

Neuverblendung alter Verblendschalen 7.5.3

Neuverblendung unter Beibehaltung der alten Verblendschale

Eine weitere Möglichkeit zur Sanierung von zweischaligen Außenwänden besteht darin, nach Aufbringung von Wärmedämmplatten auf die bestehende Fassade eine neue Verblendschale vor die alte zu setzen (Bild 8). Allerdings hat diese Methode viele Nachteile, weshalb deren Anwendung nur in Ausnahmefällen in Frage kommen kann.

Als erstes müssen die alten Drahtanker von der zweischaligen Außenwand auf ihre korrekte Anzahl und Rostfreiheit untersucht werden.

Es muss ein neues Streifenfundament angelegt werden bzw. bei unterkellerten Gebäuden entsprechende Konsolanker montiert werden.

Die Ankerdübel dürfen nicht mit der alten Verblendschale verbunden werden, sondern sie müssen mit der alten tragenden Wand befestigt werden. Die alte Verblendschale hat bei diesem Aufbau keine Funktion

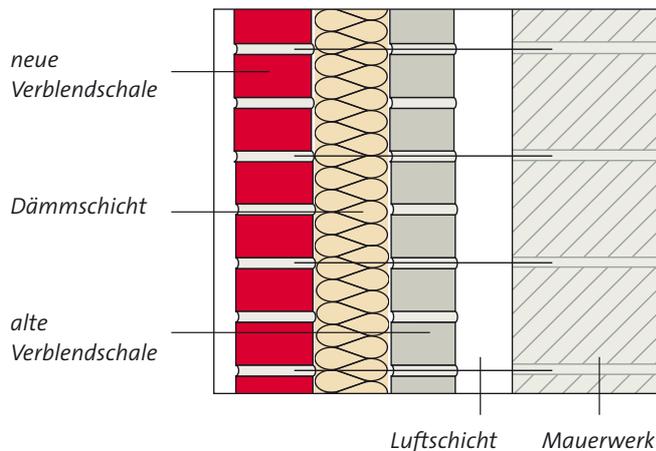


Bild 8: Das Vorsetzen einer neuen Verblendschale vor eine zweischalige Außenwand ist in wirtschaftlicher Hinsicht und auch unter technischen Gesichtspunkten nicht zu empfehlen.

und wird wie eine Luftschicht angesehen. Dies führt dazu, dass der Abstand der tragenden Wand zur neuen Verblendschale bei Aufbringung einer 10 cm dicken Wärmedämmung etwa 28 cm betragen wird. Für diesen Schalenabstand ist eine Flächenverankerung gemäß 1053-1 nicht mehr zulässig. Das heißt, es dürfen nur spezielle

für die Ausführung zugelassene Anker verwendet werden, und die Verankerung der Verblendschale muss statisch nachgewiesen werden.

Zu weiteren Nachteilen dieser Methode zählen das Versetzen der Fenster und die Neuanlage eines Streifenfundamentes.

Neuverblendung mit Abriss der alten Verblendschale

Die Neuverblendung von zweischaligen Außenwänden stellt eine effektive und dauerhafte Sanierungsmaßnahme dar, wenn die alte Verblendschale abgerissen wird (Bild 9). Diese Vorgehensweise ist in vielerlei Hinsicht die beste Lösung für eine nachträgliche Wärmedämmung von zweischaligen Außenwänden. Sie eignet sich insbesondere für die zweischaligen Außenwände, die vor 1974 erbaut worden sind. Denn nicht nur die geringe Wärmedämmung, sondern vor allem die Unsicherheit über die Standsicherheit dieser Wände rechtfertigt eine wärmetechnische Sanierungsmaßnahme.

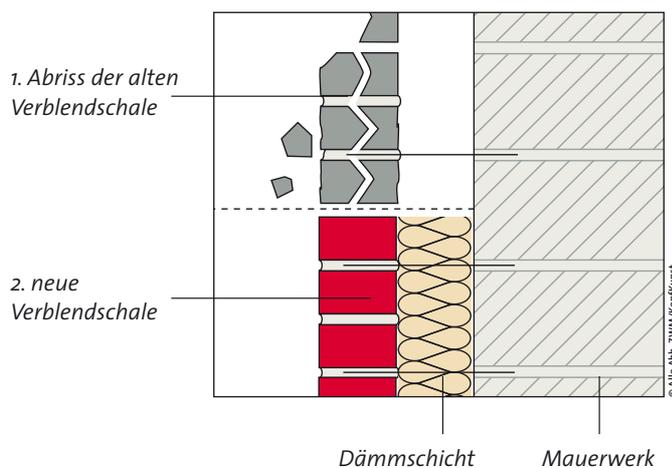


Bild 9: Nach Abriss der alten Verblendschale kann die zweischalige Außenwand nach DIN 1053-1 entsprechend den Ausführungshinweisen für neues Mauerwerk errichtet werden.

7.5.3 Neuverblendung alter Verblendschalen

Bisherige Schadensfälle mit zweischaligen Außenwänden mit Erstellungsdatum vor 1974 sind vorwiegend auf Durchrostern der Drahtanker zurückzuführen. Die Verwendung von Drahtankern aus nicht rostendem Stahl nach DIN 17440, Werkstoffnummer 1.4401, 1.4571 oder 1.4580 ist erst seit der Ausgabe November 1974 Bestandteil der Mauerwerksnorm DIN 1053-1.

Prüfung der Verankerung

Die in der Zeit vor 1974 verwendeten Drahtanker sind zwar als „nicht rostend“ bezeichnet worden, haben sich allerdings im Laufe der Jahre nicht als korrosionsbeständig erwiesen. Inwieweit die Forderungen der DIN 1053 aus dem Jahre 1974 zur Verwendung von Edelstahlankern sofort in die Praxis umgesetzt worden sind, ist nicht bekannt. Die oberste Bauaufsicht in Schleswig-Holstein hat bereits reagiert und in einem Erlass aus dem Jahre 2002 die Besitzer von zwei- und mehrgeschossigen Häusern aufgefordert, den Bestand der Drahtanker laufend zu prüfen.

Eine nachträgliche Wärmedämmung der zweischaligen Außenwände stellt daher eine gute Gelegenheit dar, nicht nur die Verankerung und Abdichtungsmaßnahmen einer zweischaligen Außenwand an den heutigen Baustandard anzupassen, sondern auch durch Aufbringung einer Wärmedämmschicht die Transmissionswärmeverluste durch die Außenwand erheblich zu verbessern.

Das alte Streifenfundament kann auch für die neue Verblendschale herangezogen und bei Bedarf erweitert werden.

Nach der neuen EnEV ist für die Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der Bauteile nicht mehr die Norm DIN 4108-2, sondern die DIN EN ISO 6946 : 1996 [3]

maßgebend.

Bei der Berechnung der U-Werte muss der Einfluss der Wärmebrücken durch mechanische Befestigungsteile, die die Wärmedämmung durchstoßen, wie z. B. Drahtanker oder Konsolen, berücksichtigt werden.

In welchem Maße die Wärmedämmung der Außenwand verbessert werden kann, zeigt das nachfolgende Beispiel.

U-Wert der bestehenden Wand:
 $U\text{-Wert} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Wärmedämmschicht 10 cm:
 $\lambda\text{-Wert} = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Verblendmauerwerk aus Ziegeln, 11,5 cm:
 $\lambda\text{-Wert} = 0,81 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Für diesen Aufbau ist der neue
U-Wert = 0,26 W/(m²·K).

Dies entspricht einer Reduzierung des U-Wertes um etwa 70 %. Die Verbesserung der Wärmedämmung der Außenwand ist ein Beitrag zur Reduzierung der Wärmeverluste des Gebäudes und wirkt sich gleichzeitig auf das Raumklima günstig aus.

Es empfiehlt sich, an der Dicke der Dämmschicht nicht zu sparen und möglichst den gesamten Schalenabstand von 15 cm mit Dämmung auszufüllen. Eine nachträgliche Nachbesserung der Wärmedämmung lässt sich meist nicht mehr mit vertretbarem Aufwand realisieren.

Der in DIN 1053-1 vorgeschriebene Maximalabstand der beiden Schalen bei zweischaliger Außenwand darf auf 17 cm vergrößert werden, wenn spezielle Drahtanker mit bauaufsichtlicher Zulassung verwendet werden. Ein Rechenbeispiel zur Ermittlung der U-Werte nach DIN EN ISO 6946 unter Berücksichtigung des Wärmebrückeneinflusses durch Drahtanker findet sich in [4].

Die Vorteile dieser Sanierungs-

maßnahme bestehen vor allem darin, dass die Erstellung der Verblendschale nach Entfernung der alten Verblendschale wie beim Neubau von zweischaligen Außenwänden gemäß DIN 1053-1 erfolgen kann. Somit können die Drahtanker und Abdichtungsmaßnahmen gemäß der dortigen Ausführungshinweise fachgerecht und dauerhaft umgesetzt werden. Insbesondere zur Umsetzung einer normgerechten Sockelabdichtung können die Hinweise in [4] hilfreich sein.

Die Gefahr von Wärmebrücken kann durch Umsetzung der in DIN 4108 Beiblatt 2 empfohlenen Anschlussdetails auf ein Minimum reduziert werden. Auf Grundlage dieser Empfehlungen wurden speziell für die zweischalige Außenwand praxistaugliche Anschlussdetails entwickelt, die gemeinsam mit vielen anderen Planungs- und Ausführungshinweisen sowie der neuen EnEV in einem Regelwerk zusammengestellt sind [5].

Verankerung und Abdichtungsmaßnahmen einer zweischaligen Außenwand

Fassadenbekleidung mit Klinkerriemchen 7.5.4

Wärmedämmung und Verschönerung von Fassaden

Klinkerriemchen sind dünne Klinker mit Dicken zwischen 9 mm bis 14 mm. Sie werden, wie auch Verblendklinker, aus natürlichem Rohstoff nach DIN 105 [7] hergestellt. Sie haben in Farbe, Oberflächenstruktur und Format dieselbe Vielseitigkeit und Gestaltungsfreiheit wie Verblendklinker und gewähren somit den optischen Eindruck einer gemauerten Wand.

Diese Sanierungsmaßnahme eignet sich insbesondere für nachträgliche Wärmedämmung von Fassaden, wenn keine größeren Veränderungen an der bestehenden Fassade oder Gründungsarbeiten geplant sind. Dank ihrer geringen Materialstärke und ihres niedrigen Gewichts sind Klinkerriemchen ideal für Wärmedämmung und Verschönerung von Altbauten.

Klinkerriemchen sind vor allem für die wärmetechnische Sanierung von Fassaden empfehlenswert, wenn kein zusätzliches Fundament errichtet werden kann und Dachvorstände nicht verlängert werden sollen. Dabei können auch Türen und Fenster in ihrer ursprünglichen Form erhalten bleiben.

Die Anwendung von Klinkerriemchen als Außenwandbekleidung zur nachträglichen Wärmedämmung von Fassaden ist in Norm DIN 18515, Teil 1 [6] geregelt. Bei Anwendung von Klinkerriemchen auf Wärmedämmschichten zur Fassadensanierung sind die dortigen Bestimmungen und Ausführungshinweise zu beachten.

Klinkerriemchen können auch als abschließende Deckschicht von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) statt einer Putzschicht zum Einsatz kommen. Die Anwendung von WDVS in Verbindung mit Klinkerriemchen bedarf jedoch einer



Bild 10: Hochwertige Klinkerriemchen ermöglichen die Realisierung anspruchsvoller Fassadenkonzepte.

Zulassung durch staatlich anerkannte Prüfinstitute. In der Zulassung werden die einzelnen Komponenten des WDVS festgelegt. Es gibt bereits zahlreiche WDVS-Anbieter, die ihre Produktpalette mit Klinkerriemchen als Deckschicht erweitert haben (z. B.: Quickmix, Fa. Caparol, Fa. Sto., Fa. Aselco usw.).

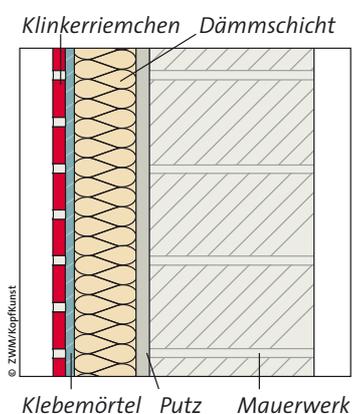
WDVS mit Klinkerriemchen stellen wegen der hervorragenden physikalischen Eigenschaften des keramischen Materials als Abschlusschicht eine Alternative für wärmetechnische Sanierung von Fassaden mit Sichtmauerwerk dar.

WDVS mit Klinkerriemchen als abschließende Deckschicht werden wegen der höheren Alterungsresistenz und der besseren Widerstandsfähigkeit gegen Schlagregen in steigendem Maße für die Bekleidung von Fassaden eingesetzt. Klinkerriemchen eröffnen den Archi-

tektekn und Planern zusätzliche Möglichkeiten zur Fassadengestaltung, ohne auf die Vorteile eines Ziegelsichtmauerwerks verzichten zu müssen (Bild 10 und 11).



Bild 11: Die dunkelblau glasierten Klinkerriemchen bedeuten perfekten Schutz und garantierte Wertbeständigkeit mit der unverwechselbar zeitlosen Ästhetik.



Sanierung mit WDVS und Riemchenbekleidung 7.5.5

Eine Sanierungsmaßnahme mit WDVS und Riemchenbekleidung kann wie folgt verlaufen:

Der Untergrund muss tragfähig, sauber und in seiner Ebenheit der DIN 18202, Tabelle 3, entsprechen.

Nach dem Ansetzen der Sockelabschlussprofile wird im ersten Schritt die Wärmedämmung auf die gesäuberte Fassade aufgebracht. Die Befestigung der Wärmedämmung mit dem Untergrund erfolgt mit Klebemörtel in Punkt-Rand-Methode auf der Plattenrückseite und gegebenenfalls zusätzlich mit Dübeln. Auf die verklebten Dämmplatten wird der Armierungsmörtel in vorgegebener Stärke aufgetragen. Anschließend wird die Armierung in Mörtel eingebettet und gegebenenfalls mit verdübelt. Mit einer weiteren Mörtelschicht werden die Dübelköpfe überspachtelt.

Nach vollständigem Aushärten der Armierungsschicht werden die Riemchen im Floating-Buttering-Verfahren verklebt (Bild 12). Für Fensterlaibungen und -stürze (Bild 13) sowie Gebäudeecken (Bild 16) kommen Winkelriemchen zum Einsatz.

Klinkerriemchen mit Wasseraufnahmefähigkeit $> 4,0$ M.-% sollten im herkömmlichen Verfahren für Ziegelfassaden mit Fugeisen und dem vorgeschriebenen Fugmörtel verfugt werden (Bild 15).

Klinkerriemchen mit einer sehr geringen Wasseraufnahmefähigkeit $< 4,0$ M.-% können auch mit einem Schlämmörtel verfugt werden, in der gleichen Weise wie Fliesen mit Schwammbrett (Bild 16).

Da die Verfugung der Klinkerriemchen für die Optik der Ge-

samtfläche von großer Bedeutung ist, empfiehlt es sich, den Mörtel und die Verfugungsmethode zunächst an einer Musterfläche am selben Objekt zu testen.

Im Gegensatz zum Verblendmauerwerk bei zweischaligen Außenwänden muss der Fugmörtel bei WDVS mit Klinkerriemchen wasserabweisend sein.



Bild 12: Die Riemchen werden im Floating-Buttering-Verfahren verklebt.



Bild 13: Mit Winkelriemchen für die Stürze wird das beabsichtigte Bild einer gemauerten Wand vermittelt.



Bild 14: Auch werden an allen Gebäudeecken Winkelriemchen eingesetzt.



Bild 15: Die Verfugung erfolgt wie beim Verblendmauerwerk mit einem Fugeisen.



Bild 16: Insbesondere bei Klinkerriemchen mit sehr niedriger Wasseraufnahmefähigkeit besteht die Möglichkeit, die Fugen mit Schlämmörtel zu schließen.

Verarbeitung von Klinkerriemchen 7.5.6

Wichtige Verarbeitungshinweise

Wenn die Bekleidung nicht nach DIN 81515-1 erfolgt, dürfen nur zugelassene Komplettsysteme mit definierten Komponenten zum Einsatz kommen. Die Montage darf ausschließlich mit den vorgeschriebenen Systemkomponenten und nach der geprüften Rezeptur erfolgen.

Für WDVS mit Klinkerriemchen sind zum Abbau von schädlichen Spannungen Bewegungsfugen (Feldbegrenzungsfugen) in der Bekleidung erforderlich. Die Abstände der Fugen sind deutlich kleiner zu wählen als bei bewährten Abständen für Dehnungsfugen von ca. 12 m

für Verblendmauerwerk aus Ziegeln. Um Rissbildungen zu vermeiden, sollten vor allem bei mehrgeschossigen Gebäuden Dehnungsfugen im Bereich der Gebäudeecken angeordnet werden.

Verkleben der Klinkerriemchen:

- Unterputz muss ausreichend erhärtet sein. In der Regel sind fünf Tage Wartezeit erforderlich.
- Vor Beginn der Arbeiten sind die Schichthöhen festzulegen.
- Es sollte von Oberkante Gebäude nach unten gearbeitet werden.
- Mauerwerksverband beachten.
- Klebemörtel unter Berücksichtigung der Verarbeitungszeit aufziehen.
- Um spätere Verunreinigungen zu vermeiden, sollte hervorquellender Kleber aus den Fugen nach dem Anziehen ausgekratzt werden.
- Winkelriemchen vor dem Ansetzen mit Kleber bestreichen.
- Fehlerhafte Riemchen, z. B. mit auffälligen Rissbildungen, vor der Verarbeitung aussortieren.
- Verfugung oder den Schlämmvorgang von oben nach unten durchführen.

Bilder 17 und 18: Fünf Reihenhäuser in Melle Wellingholzhausen vor und nach der Sanierung mit WDVS mit Klinkerriemchen.



Fazit

Klinkerriemchen eröffnen den Architekten und Planern zusätzliche Möglichkeiten der Fassadengestaltung, ohne auf die Vorzüge eines Ziegelsichtmauerwerks verzichten zu müssen. Die hervorragende Widerstandsfähigkeit von Klinkerriemchen hinsichtlich chemischer und mechanischer Belastung sowie deren gute Reinigungsfähigkeit sind weitere Argumente für den Einsatz bei nachträglichen Wärmedämm-Maßnahmen von Fassaden (Bilder 17 und 18).

Sanierung zweischaliger Altbauten 7.6.1



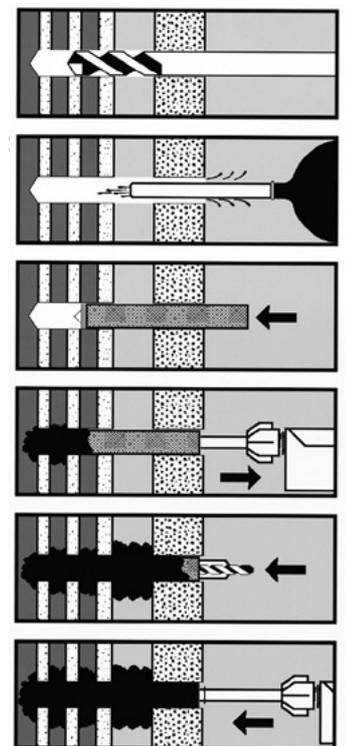
Das historische Rathaus Wilhelmshaven: rund 600 m² Fläche wurde nachträglich durch 6000 Sanierungsanker gesichert

Statische Sicherung von Verblendmauerwerk

Bei älterem zweischaligen Mauerwerk, besteht die Gefahr, dass sich Teile des Verblenders lösen und abstürzen. Ursache sind häufig Korrosionsschäden an den Überbindern / Ankern zwischen Vor- und Hintermauerschale. Historische zweischalige Wände haben meist eine Luftschicht, so dass sich mit Hilfe von Endoskopen die Anker leicht untersuchen lassen. Sind die Anker beschädigt, muss eine nachträgliche Verankerung vorgenommen werden. Beispielhaft wird hier das Luftschicht-Sanierungsanker-System LSSA der Firma Upat vorgestellt. Das Baukastensystem besteht aus Injektionsmörtel, Siebhülse und Drahtanker. Über die drei Komponenten wird ein formschlüssiger Verbund zwischen Verblendschale und tragendem Mauerwerk, von Beton bis Naturstein, erreicht. Vorteile: Auf Grund des geringen Durchmessers kann der Sanierungsanker in die Fugen des Vormauerwerks eingesetzt werden, die Steine, insbesondere Zierfassaden, werden nicht beeinträchtigt.



Mittels Belastungsprüfungen werden stichprobenartig Anker auf Zugbeanspruchung geprüft.



Einsetzen der Sanierungsanker LSSA – Schema der Arbeitsschritte

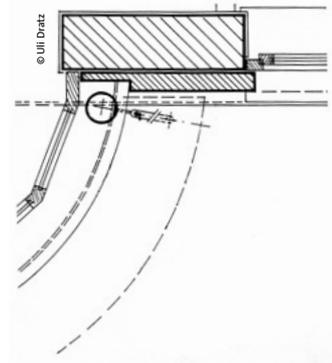
© Alle Abb. Upat

Fassadenergänzung

Für die Sanierung bzw. Ergänzung historischer, denkmalgeschützter Fassaden bieten sich Backsteinriemchen an – Beispiel Technologiezentrum Umweltschutz Oberhausen (TZU). Im Rahmen der Internationalen Bauausstellung Emscher Park wurde das ehemalige Werksgasthaus der Gutehoffnungshütte zu einem repräsentativen Büro- und Seminarhaus umgebaut. Um eine hohe Nutzungsdichte zu erreichen, wurden die alten Keller zu hochwertigem Büroraum umgebaut. Das Untergeschoss wurde freigelegt und mit Fenstern versehen. Um ein einheitliches Fassadenbild zu erreichen, wurden für die Verkleidung des Sockels, früher mit Bitumensperrschicht versehen, Backsteinriemchen gewählt. In Art und Farbe nach dem bestehenden Mauerwerk gebrannt, wurden diese an die verputzte Wand gemörtelt und im Fugenglattstrich verfügt. Der obere Abschluss besteht aus einem Tuffsteingesims.



Fassadenergänzung am Untergeschoss durch Riemchen; ehemaliges Werksgasthaus der Gutehoffnungshütte im Technologiezentrum Umweltschutz Oberhausen. Architekt der Umbaumaßnahmen: Uli Dratz, Oberhausen



Detail Fensteranschlüsse Kellerwand; die neuen Riemchen dienen als Anschlag

Wiederherstellung

Historisches Mauerwerk lässt sich durch Nachbrand originalgetreu wiederherstellen, ob in Teilbereichen oder auch für das gesamte Gebäude. Bekanntes Beispiel ist die Tonhalle in Düsseldorf. 1926 als Planetarium errichtet, 1943 zerstört, wurde das Gebäude 1978 als Konzerthalle nach dem überlieferten Vorbild Stein für Stein neu gebaut – damals wie heute als zweischalige Wandkonstruktion.



Tonhalle Düsseldorf nach Umbau und Rekonstruktion 1978

- [1] DIN 1053-1:
Mauerwerk, Berechnung
und Ausführung. Ausgabe
November 1996. Beuthverlag
GmbH, 10772 Berlin.
- [2] DIN 4108 Bbl 2:
DIN 4108, Beiblatt 2:
Wärmeschutz und Energie-
einsparung in Gebäuden.

Wärmebrücken. Planungs-
und Ausführungsbeispiele.
Ausgabe 1998-8.
Beuthverlag GmbH,
10772 Berlin.
- [3] DIN EN ISO6946 : 1996:
DIN ISO 6946:
Bauteile – Wärmedurchlass-
widerstand und Wärme-
durchgangskoeffizient.
Berechnungsverfahren.
Ausgabe November 1996.
Herausgeber: DIN Deutsches
Institut für Normung e. V.,
Beuthverlag GmbH,
10772 Berlin.
- [4] Altaha, N.:
Wärme- und Feuchteschutz
von zweischaligen Außen-
wänden. Zeitschrift "das
Mauerwerk",
H. 4/2002. S. 106-115.
- [5] Pohl, W. H.,
Horschler, S.:
Baukonstruktionen,
Regeldetails. In:
Planungsordner "Von der
Idee zur Ausführung".
Herausgeber Fachverband
Ziegelindustrie Nord e. V.,
2002.
- [6] DIN 18515-1:
Außenwandbekleidungen.
Teil 1: Angemörtelte Fliesen
oder Platten. Grundsätze für
Planung und Ausführung.
Ausgabe August 1998. DIN
Deutsches Institut für
Normung e. V., Berlin.
- [7] DIN 105-1:
Mauerziegel, Vollziegel und
Hochlochziegel.
Ausgabe August 1989.
Beuthverlag GmbH,
10772 Berlin
- [8] Cziesielski, E.,
Himburg, S.:
Keramische Beläge auf
wärmegeprägten Außen-
wänden.
Aachener Bausachverständigen-
tagung 1998. S. 40-49.

Inhaltsverzeichnis 8

Technische Regeln	8.1.1 - 2
Backstein Kennwerte	8.2.1 - 2



Backstein – ein Begriff für viele andere

Ob Handformstein, Strangpressziegel, Verblender, Vormauerziegel oder Klinker: immer ist Backstein gemeint. Begriffe, Anwendungsbereiche, Ziegelarten, Anforderungen wie Formate, Maße, Rohdichte, Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit, der Gehalt an treibenden Einschlüssen sowie schädlichen und ausblühenden Salzen – all dies ist in der Norm DIN 105 geregelt (siehe auch Baustoffkunde 1).

Für die verschiedenen Ziegelarten gelten folgende Kurzzeichen:

Mz Vollziegel
VMz Vormauer-Vollziegel
KMz Vollklinker
KHLz Hochlochklinker
KK Keramik-Vollklinker
KHK Keramikhochlochklinker

Formziegel und Handformziegel haben keine Kurzzeichen. Vormauerziegel oder Klinker

mit von den Nennmaßen abweichenden Werkmaßen erhalten zum Kurzzeichen den Kleinbuchstaben v bzw. k (z. B. vMz, kMz). Ziegel sind in der Reihenfolge DIN Hauptnummer, Ziegelart (Kurzzeichen), Druckfestigkeitsklasse, Rohdichteklasse und Format-Kurzzeichen zu bezeichnen, Beispiel: Vollziegel, Druckfestigkeitsklasse 60, Rohdichteklasse 1,8: Ziegel DIN 105, VMz, 60, 1,8, 2 DF.

Die Zweischalige Wand – Teilbereich des Mauerwerkbaus

Der Themenkomplex der zweischaligen Wand umfasst die Außenwand mit besonderem Augenmerk auf der Vormauerschale. Folglich beschränkt sich die Darstellung der Technischen Regeln auf diesen Bereich des Mauerwerkbaus. Die Technischen Baubestimmungen zum Mauerwerkbau sind in der DIN 1053, Teile 1 - 4 aufgeführt. Im

Abschnitt 8.4.3 der DIN 1053-1 werden die Grundlagen zur zweischaligen Wand abgehandelt. Die Ausführungen dieses Abschnitts sind in die entsprechenden Rubriken der vorliegenden Publikation z. T. als Zitat eingearbeitet. Die Technischen Baubestimmungen zu den Mauerziegeln befinden sich in der DIN 105, ebenfalls Teile 1-4.

Zusätzliche Ausführungsbestimmungen enthält auch die Verdingungsordnung für das Bauwesen (VOB). Diese befinden sich in der Rubrik Ausschreibung 9.1.1 - 9.1.2.

Mauerwerksnorm 1053 – Technische Baubestimmungen

Die technischen Regeln der Bauart Mauerwerk sind durch öffentliche Bekanntmachung in der *Liste der Technischen Baubestimmungen* – der Bauregelliste A Teil 1 – bauaufsichtlich eingeführt und somit nach den Landesbauordnungen zu beachten. Der Begriff Bauart bezeichnet das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen baulicher Anlagen. Bauprodukte und Bauarten, die mit den in dieser Liste aufgeführten technischen Regeln übereinstimmen, werden als geregelte Bauprodukte oder Bauarten bezeichnet. Für diese müssen keine besonderen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweise geführt werden.

Die Liste umfasst für den Mauerwerkbau folgende technische Regeln:

DIN 1053-1: Mauerwerk, Berechnung und Ausführung (Stand 11.96)

- Begriffe wie Rezeptmauerwerk, Mauerwerk nach Eignungsprüfung, Tragende, Aussteifende und Nichttragende Wände, Ringanker, Ringbalken
- Baustoffe: Mauersteine, Mauermörtel sowie deren Verarbeitung
- Vereinfachtes Berechnungsverfahren (für Standsicherheitsnachweis, wenn Gebäudehöhe über Gelände nicht mehr als 20 m und beschränkte Stützweiten der Decken)
- Genaueres Berechnungsverfahren, Bauteile und Konstruktionsdetails: jegliche Art von Wänden, Gewölben sowie Ringanker und -balken
- Ausführung Mauerwerk: Fugen, Verbände, Mauern bei Frost

- Eignungsprüfungen
- Kontrollen und Güteprüfung auf der Baustelle
- Natursteinmauerwerk
- Anhang A Mauermörtel: Arten, Bestandteile, Anforderungen, Herstellung, Eignung

DIN 1053-2: Mauerfestigkeitsklassen aufgrund von Eignungsprüfungen

- Festlegung von Mauerfestigkeitsklassen, Baustoffe, Eignungsprüfung, Güteüberwachung

DIN 1053-3: Bewehrtes Mauerwerk; Berechnung und Ausführung

DIN 1053-4: Bauten aus Ziegelfertigbauteilen

DIN V ENV 1996-1-1; Vornorm des Eurocode EC 6

Bauaufsichtliche Zulassungen

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden an Bauprodukte und Bauarten vergeben, die nicht in Normen geregelt sind. Der Begriff *nicht geregelt* heißt nicht *nicht geeignet*, sondern erfasst Bauprodukte / Bauarten, für die

- zwar technische Regeln in der Bauregelliste A Teil 1 bekanntgemacht wurden, die aber von diesen wesentlich abweichen oder
- für die es solche Regeln, Technische Baubestimmungen oder anerkannte Regeln der Baukunst nicht gibt.

DIN-Normen stellen anerkannte Regeln der Baukunst dar. Diese enthalten Produkte und Ausführungsarten, die sich über lange Zeit bewährt haben und ein Qualitätsniveau definieren. Anders: Wer nach DIN baut, benötigt keine besonderen Nachweise für die Eignung von Produkten und Bauart.

Bauprodukte / Bauarten nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen sind entweder neu oder weisen besondere Abweichungen im Vergleich zu den bereits genormten auf.

Der Verwendbarkeitsnachweis wird ausgestellt in Form

- a) einer allgemein bauaufsichtlichen Zulassung,
- b) eines allgemein bauaufsichtlichen Prüfungszeugnisses (beide für Serienprodukte/-verfahren) oder
- c) einer Zustimmung im Einzelfall.

Die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen erfolgt bundesweit allein durch das Deutsche Institut für Bautechnik in Berlin. Die Zulassungen sind bei den Herstellern einzusehen.

Eurocode EC 6

Die Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau bilden eine Gruppe von acht Normen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus. Sie umfassen die Bauausführung und Güteüberwachung. Mit den Eurocodes wird die europäische Harmonisierung technischer Baubestimmungen betrieben. Alle Eurocodes bestehen als Vornormen und sollen in den nächsten Jahren in allen Ländern der EU die nationalen Normen ersetzen.

Der Eurocode EC 6: ENV 1996 Mauerwerk befasst sich mit dem Entwurf, der Berechnung und der Bemessung von Tragwerken aus Mauerwerk. Er wurde als Vornorm DIN V ENV 1996-1-1 12.96, mit einer dreijährigen Erprobungszeit herausgegeben. Die ENV bezeichnet europäische Produktnormen (Mauersteine, Mauermörtel, Ergänzungsbauerteile, Putzmörtel), die bislang noch nicht verfügbar sind. Auch enthält sie Mauerwerkbauweisen, wie vorgespanntes und eingefasstes Mauerwerk, die

bisher in Deutschland nicht angewendet werden. Die DIN V ENV 1996 kann daher nur mit einem Nationalen Anwendungsdokument (NAD) und dann wahlweise zur DIN 1053-1 für jeweils komplette Bauwerke (nicht für Bauteile) angewendet werden. Im Jahr 2002 soll der EC 6 (EN 1996-1-1) fertiggestellt sein. Produkte, die EU-Norm entsprechen, können heute schon mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet werden.

Backstein-Kennwerte 8.2.1

Backstein und DIN 105 Mauerziegel

Der Begriff Backstein wird in der DIN 105 nicht verwendet, sondern die Begriffe Ziegel und Klinker zur Definition von Anforderungen und Eigenschaften der unterschiedlichen Steinarten. In der DIN 105 sind alle Mauerziegel aufgeführt, sowohl für die Erstellung von Vor- als auch Hintermauerschalen.

Die DIN 105 gliedert sich in fünf Teile: Teil 1 *Mauerziegel; Vollziegel und Hochlochziegel*, Teil 2 *Mauerziegel; Leichthochlochziegel*, Teil 3 *Mauerziegel; Hochfeste Ziegel und hochfeste Klinker*, Teil 4 *Mauerziegel; Keramikklinker* und Teil 5 *Mauerziegel; Leichtlanglochziegel und Leichtlangloch-Ziegelplatten*. Mauerziegel werden für tragendes und nichttragendes Mauerwerk eingesetzt. Hochfeste Steine sind für hochbeanspruchte Außen- und Innenwände geeignet. Alle Ziegel werden aus Ton, Lehm oder tonischen Massen mit und ohne Zusatzstoffe hergestellt. Diese dürfen die Eigenschaften der Ziegel nicht beeinträchtigen.

Vormauerziegelarten nach DIN 105; für die zweischalige Wand – nicht vermauert mit anderem Mauerwerk – dürfen abweichende Werkmaße gewählt werden:
Länge $190 < l < = 290$,
Breite $90 < b < = 115$,
Höhe $40 < h < = 113$,
z. B. Euroformat (siehe Formate 1.4.1)

Vormauerziegel und Klinker

Vormauerziegel sind Vollziegel, deren Steinquerschnitt senkrecht zur Lagerfläche bis 15 % gemindert sein darf. Die Mindestdicke der Außenwandungen beträgt bei Mauerwerk allgemein 15 mm, an den Sichtseiten der Verblendsteine 20 mm. Vormauersteine müssen die Gestalt eines von Rechtecken begrenzten Körpers haben; dies gilt nicht für Formsteine (siehe Baustoffkunde 1). Klinker sind Ziegel, die oberflächlich gesintert sind (Massenanteil der Wasser-

Vollziegel und Hochlochziegel nach DIN 105 Teil 1

Vormauerhochlochziegel DIN 105 Teil 1	VHLz A	12	1,4	DF	24,0	11,5	5,2
	oder	20	1,6	NF	24,0	11,5	7,1
	VHLz B	28		2 DF	24,0	11,5	11,3
				3 DF	24,0	17,5	11,3
Vollziegel Vormauervollziegel DIN 105 Teil 1	Mz	12	1,6	DF	24,0	11,5	5,2
	VMz	20	1,8	NF	24,0	11,5	7,1
		28		2 DF	24,0	11,5	11,3
				SF	30,0	14,5	11,3
				3 DF	24,0	17,5	11,3
5 DF	30,0	24,0	11,3				
Hochlochklinker DIN 105 Teil 1	KHLz A oder	28	$\geq 1,9$ ³⁾	DF	24,0	11,5	5,2
				NF	24,0	11,5	7,1
	KHLz B			2 DF	24,0	11,5	11,3
				3 DF	24,0	17,5	11,3
Vollklinker DIN 105 Teil 1	KMz	28	$\geq 1,9$ ³⁾	DF	24,0	11,5	5,2
				NF	24,0	11,5	7,1

Hochfeste Ziegel und Klinker nach DIN 105 Teil 3

Ziegelart	Kurzbezeichnung	Druckfestigkeitsklassen	Rohdichteklassen	Formatkürzzeichen	Abmessungen ¹⁾		
					Wanddicke		
					Länge cm	= Breite cm	Höhe cm
Hochlochziegel	HLz/ VHLz	36 48 und 60	1,2	DF	24,0	11,5	5,2
Vollziegel	Mz/VMz		1,4	NF	24,0	11,5	7,1
			1,6	2 DF	24,0	11,5	11,3
			1,8	3 DF ³⁾	24,0	17,5	11,3
Hochlochklinker ³⁾	KHLz	60	2,0	4 DF ³⁾	24,0	24,5	11,3
			2,2	5 DF ³⁾	24,0	30,0	11,3
Vollklinker ³⁾	KMz						

Keramikklinker nach DIN 105 Teil 4

Keramikhochlochklinker ⁴⁾	KHK	60	1,6	DF	24,0	11,5	5,2
			1,8				
Vollklinker ⁴⁾ (nur beschränkt lieferbar)	KK		2,0	NF	24,0	11,5	7,1
			und	2 DF	24,0	11,5	11,3
			2,2				

aufnahme bis etwa 7 %) und die mindestens die Druckfestigkeitsklasse 28 haben (siehe außerdem Abschnitt Rohdichte). Keramikklinker werden aus hochwertigen, dichtbrennenden Tonen hergestellt (Massenanteil der Wasseraufnahme bis etwa 6%). Sie verfügen über besondere Widerstandsfähigkeit gegenüber aggressiven Stoffen und mechanischer Oberflächenbeanspruchung. Alle Vormauersteine müssen frostbeständig (durch Prüfung nach-

gewiesen) sein: Vormauerziegel können an der Oberfläche strukturiert werden; Keramikklinker sind glatt oder strukturiert. *Eine Läuflerschicht und eine Kopf- fläche des Keramiklinkers müssen frei von Rissen sein. Haarrisse in der Oberfläche, die nach dem Vermauern sichtbar werden, gelten nicht als Mangel, da sie wegen der Dichte des Keramiklinkers dessen Güte nicht beeinträchtigen.* (DIN 105-4, Abschnitt 3.15)

Backstein-Kennwerte 8.2.2

Rohdichte

Die Rohdichte ist das Gewicht des trockenen Ziegels, bezogen auf das Volumen einschließlich der Hohlräume (DIN 105-1). Ziegel sind in Rohdichteklassen eingeteilt. Bei Klinkern muss die mittlere Scherbenrohdsichte mindestens $1,90 \text{ kg/dm}^3$ (kleinster Einzelwert $1,80 \text{ kg/dm}^3$) betragen. Das entspricht der Rohdichteklasse 2,0. Für Keramikklinker liegt die mittlere Scherbenrohdsichte bei mindestens $2,00 \text{ kg/dm}^3$ (kleinster Einzelwert $1,90 \text{ kg/dm}^3$).

Rohdichteklasse	Mittelwert der Ziegelrohdsichte ¹⁾ kg/dm ³
1.2	1.01 bis 1.20
1.4	1.21 bis 1.40
1.6	1.41 bis 1.60
1.8	1.61 bis 1.80
2.0	1.81 bis 2.00
2.2	2.01 bis 2.20
¹⁾ Einzelwerte dürfen die Klassengrenzen um nicht mehr als $0,1 \text{ kg/dm}^3$ unter- bzw. überschreiten	

Ziegelrohdsichte nach DIN 105; Einzelwerte dürfen die Klassengrenzen um nicht mehr als $0,1 \text{ kg/dm}^3$ unter- bzw. überschreiten

Druckfestigkeit

Druckfestigkeit bezeichnet die Bruchlast, bezogen auf die gesamte Lagerfläche inklusive der Lochquerschnitte. Hochfeste Vormauerziegel und Klinker erfüllen die Druckfestigkeitsklassen 36, 48 und 60 (zwischen $45,0$ und $75,0 \text{ N/mm}^2$). Keramikklinker müssen eine mittlere Druckfestigkeit von mindestens 75 N/mm^2 aufweisen (kleinster Wert mindestens 60 N/mm^2). Das entspricht der Druckfestigkeitsklasse 60.

Druckfestigkeitsklasse Kennzeichnung	Druckfestigkeit N/mm ²	
	Mittelwert	kleinster Einzelwert
2 grün	2,5	2,0
4 blau	5,0	4,0
6 rot	7,5	6,0
8 – 1)	10,0	8,0
12 –	15,0	12,0
20 gelb	25,0	20,0
28 braun	35,0	28,0
36 ein violetter Streifen	45,0	36,0
48 zwei schwarze Streifen	60,0	48,0
60 drei schwarze Streifen	75,0	60,0
1) Keine Farbkennzeichnung; Kennzeichnung erfolgt nur durch Aufstempelung der Druckfestigkeitsklasse in schwarzer Farbe		

Druckfestigkeit nach DIN 105; die Druckfestigkeitsklasse muss farblich markiert sein: eine mindestens 20 mm Kennzeichnung auf höchstens 200 Ziegel/pro Verpackungseinheit. Außerdem muss sie Angaben über Rohdichteklasse und Hersteller enthalten

Einschlüsse und Salze

Vormauersteine sollen frei sein von schädlichen, treibenden Einschlüssen, wie etwa Kalk. Diese könnten Abspaltungen verursachen. Die Verwendbarkeit von Ziegeln mit treibenden Einschlüssen wird über einen Dampftest geprüft. Vormauer-

steine sollen außerdem frei von schädlichen Salzen sein. Diese können zu Zerstörungen des Steingefüges führen. Der Massenanteil an Magnesiumsulfat (MgSO_4) darf daher $0,06\%$ nicht übersteigen. Weiterhin können Salze zu Ausblühungen

führen. Der Massenanteil an Natrium- und Kaliumsulfat (Na_2SO_4 und K_2SO_4) an unvermaurten Ziegeln darf $0,04\%$ nicht übersteigen (siehe Ausblühungen 6.8.1).

Ausschreibungsgrundlagen	9.1.1
Ausschreibungsempfehlung Zweischalige Wand	9.2.1
Vorbemerkungen	9.3.1
Zweischalige Wand mit Wärmedämmung und Luftschicht Verblendschale 9,0 cm	9.4.1
Zweischalige Wand mit Wärmedämmung und Luftschicht Verblendschale 11,5 cm	9.4.2
Zweischalige Wand mit Kerndämmung Verblendschale 9,0 cm	9.5.1
Zweischalige Wand mit Kerndämmung Verblendschale 11,5 cm	9.5.2
Verankerung Feuchtigkeitssperrschicht	9.6.1
Fugen und Abfangung	9.7.1



Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB)

Basis für die Vergabe von Bauleistungen ist die Verdingungsordnung für Bauleistungen VOB / Teil B Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (AVB) und Teil C Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art – DIN 18299. Die AVB

und ATV können vom Ausschreibenden durch Zusätzliche Vertragsbedingungen (ZVB und ZTV) ergänzt werden, die ebenfalls allgemeine Regelungen enthalten – in Ergänzung, aber nicht im Widerspruch zur VOB. Dazu kommen normalerweise die auf den Einzelfall bezogenen Besonderen Vertragsbedingungen (BVB).

Die Leistungsbeschreibungen bestehen bei Einheitspreisverträgen aus einer Baubeschreibung und einem Leistungsverzeichnis (LV). Mustertexte finden sich im Standardleistungsbuch für das Bauwesen (StLB), herausgegeben vom DIN Deutsches Institut für Normung, außerdem im Anhang.

VOB Teil B

Die Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (AVB) sind Allgemeine Geschäftsbedingungen, die das Werkvertragsrecht des BGB um die bauspezifisch notwendigen Bedingungen ergänzen. Die AVB beinhalten grundsätzliche Regelungen für alle Gewerke: Art und Umfang der Leistung, Vergütung, Ausführungsunterlagen, Ausführung, Ausführungsfristen, Behinde-

rung und Unterbrechung der Ausführung, Verteilung der Gefahr, Kündigung durch den Auftraggeber, Kündigung durch den Auftragnehmer, Haftung der Vertragsparteien, Vertragsstrafe, Abnahme, Gewährleistung, Abrechnung, Stundenlohnarbeiten, Zahlung, Sicherheitsleistung, Streitigkeiten.

In der Regel werden die Bestimmungen der VOB / B und C

inklusive üblicher Nebenleistungen wie Baustelleneinrichtung, Gerüst und Baustellenreinigung, vereinbart. Die Nebenleistungen sind automatisch Bestandteil eines Bauvertrages. Projekt oder gewerkspezifische Sonderleistungen müssen auch gesondert vereinbart werden. Die Definition von Neben- und Sonderleistungen sind in VOB / Teil C aufgeführt.

VOB Teil C

Die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) beinhalten grundsätzliche sowie gewerkspezifische Regelungen, jeweils

gegliedert in die Bereiche: Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung, Geltungsbereich, Stoffe, Bauteile, Ausführung, Nebenleistungen,

Besondere Leistungen, Abrechnung. Die ATV *Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art* – DIN 18299 gilt für alle Bauarbeiten.

ATV Maurerarbeiten – DIN 18330

Im Folgenden werden die Besonderheiten für Verblendmauerwerk aufgeführt. Die Angaben sind ohne Gewähr und im Einzelfall zu prüfen.

1. Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung Anzugeben sind:
 - die Anforderungen an Sicht- und Verblendmauerwerk, wie Mauerwerkverband, Art, Farbe und Struktur der Steine und des Mörtels, Fugenausbildung, Sonderformate und erforderliches Schneiden von Steinen
 - Art und Umfang der Abfangungen der Außenschalen
 - Art, Lage, Größe und Anzahl der Lüftungsöffnungen
 - Fugenglattstrich (frisch in frisch), wenn mit Vormauermörtel verfugt werden soll
 - Abrechnungseinheiten, jeweils getrennt nach Bauart und Maßen in Flächenmaß (m²), in Raummaß (m³), in Längenmaß (m) und in Stück (vorgefertigte Bauteile, Ankerschienen, Anschluss- und Randprofile, Anker und Bolzen, Abfangungen)

2. Geltungsbereich
Die ATV Maurerarbeiten – DIN 18330 gilt für Mauerwerk jeder Art aus natürlichen und künstlichen Steinen.

3. Mit der Neuerscheinung der VOB 2006 sind die vertraglichen Grundlagen für die Bauleistungen dem heutigen Stand der Technik angepasst worden. Die Neufassung der VOB 2006 muss künftig auch als Vertragsbestandteil für die Maurerarbeiten beachtet werden (DIN 18330: 2006-10).

3.2.5:
„Verblend- und Sichtmauerwerk sind im Fugenglattstrich auszuführen.“

Die wichtigste Neuerung bei den Maurerarbeiten betrifft die Verfugung von Verblendmauerwerk. Nach der neuen DIN 18330 stellt nicht mehr die nachträgliche Verfugung, sondern der Fugenglattstrich die Regelausführung dar:

Die nachträgliche Verfugung ist weiterhin zulässig, muss jedoch ausdrücklich in der Leistungsbeschreibung vereinbart werden.

Die bisherige Regelung, dass dem Reinigungswasser bis 2 % Volumenanteile Salzsäure zugesetzt werden können, wurde durch den folgenden Satz ersetzt:

„Bei nachträglicher Reinigung dürfen dem Reinigungswasser keine Säuren zugesetzt werden.“

Damit wurde dem willkürlichen Einsatz von Säuren bei der Reinigung von Ziegelfassaden mit einem hohen Potenzial an Folgeschäden wie z. B. Verfärbungen und Ausblühungen, ein Riegel vorgeschoben.

Der Fugenglattstrich als Regelausführung wird in Zukunft die fachgerechte Herstellung von Verblendschalen in optischer und technischer Hinsicht zunehmend positiv beeinflussen. Der Maurer kann bei der Herstellung des Verblendmauerwerks nicht mehr von einer obligatorischen Fassadenreinigung mit Säure ausgehen. Durch mehr Sorgfalt bei der Vermauerung und konsequente Schutzmaßnahmen gegen Regenwasser während der Bauausführung müssen grobe Mörtelverunreinigungen vermieden werden, da eine anschließende Fassadenreinigung mit Säure nicht mehr gestattet ist.

Weitere Neuheiten für die Verblendarbeiten finden sich im Abschnitt besondere Leistungen:

4. Besondere Leistungen, die explizit zu benennen sind:
 - Schließen des Zwischenraumes an Öffnungen in der zweischaligen Wand
 - Abfangen der Außenschalen
 - Herstellen von Leibungen, Sohlbänken, Gesimsen und Bändern einschließlich etwaiger Ausragungen
 - Schneiden von Vormauersteinen mit in der Ansichtsfläche sichtbaren Schnittkanten und Schnittflächen
 - Herstellen von Mauerwerkschrägen
 - Herstellen von Mauerwerkabdeckungen durch Rollschichten oder aus anderen Materialien
 - Vorsorge- und Schutzmaßnahmen für das Mauern unter + 5°C Lufttemperatur

4.2.2 „Glattstrich an Leibungen, Stürzen und Brüstungen für den Einbau von Fenstern, Türen und dergleichen.“

Gemäß DIN 4108-7 ist der Glattstrich an den Fensterleibungen zum fachgerechten Fenstereinbau vorzunehmen. Damit kann der Maurer den Glattstrich an Leibungen vor dem Fenstereinbau als besondere Leistung geltend machen.

4.2.15 „Herstellen von Ecken mit Formsteinen oder geschnittenen Mauersteinen.“

Ausschreibungsempfehlung 9.2.1

Zweischalige Wand

Kerndämmung ausschreiben

Zweischalige Außenwände, auch mit Luftschicht und Wärmedämmung, sollten als kerngedämmtes Mauerwerk geplant werden. Der Vorteil dieser Ausschreibungsform liegt darin, dass auch bei einer Unterschreitung der Mindest-Luftschichtdicke von 4 cm durch Ausführungsfehler die Funktionsfähigkeit der Wand unter

Zugrundelegung der DIN 1053 nicht beanstandet werden kann (siehe Systeme Zweischalige Wand 2.2). Auch eine kerngedämmte Wand darf mit einem zusätzlichen Luftspalt versehen werden. Zitat DIN 1053 zur Kerndämmung: *Die Außenschale soll so dicht, wie das Vermauern erlaubt (Fingerspalt), vor der Wärmedämmung errichtet wer-*

den. Die aktuelle Fassung der DIN 1053-1 lässt dem Planer die Freiheit, die Hohlschicht entweder vollständig mit Wärmedämmung zu verfüllen oder mit einer wasserabweisenden Wärmedämmung und einer Luftschicht zu gestalten.

Ausschreibungshinweise

Im Folgenden werden auszugsweise die wichtigsten Angaben für die Ausschreibung einer Kerndämmung aufgeführt. Die Angaben müssen in der Praxis auf das Projekt abgestimmt sowie mit Angaben über Stein- und Mörtelart, Verband- und Fugenausbildung, Verankerung, Sturzabfangungen und Dehnfugen vervollständigt werden. Für die Ausführung des Verbliendmauerwerkes ist DIN 1053-1 einzuhalten.

Die Kerndämmung (Dicke 8 cm, 10 cm, 12 cm oder 15 cm) ist mit Dämmstoffen auszuführen, die

für diesen Anwendungsbereich genormt oder bauaufsichtlich zugelassen sind. Die Dämmstoffe müssen wasserabweisend sein, z. B. hydrophobierte Faserdämmstoffplatten nach DIN 18165 oder Hartschaumplatten nach DIN 18164. Die Wärmeleitfähigkeit kann je nach Aufbau und Steinart der Innenschale 0,035 W/mK oder 0,040 W/mK betragen.

Platten und mattenförmige Mineralfaserdämmstoffe sind so dicht zu stoßen, Platten aus Schaumkunststoffen so auszubilden und zu verlegen (Stufen-

falz, Nut und Feder), dass ein Wasserdurchtritt an den Stoßstellen dauerhaft verhindert wird.

Die Mindestgröße der Entwässerungsöffnungen muss 50 cm² auf 20 m² Wandfläche betragen – unten durch offene Stoßfugen auszuführen.

Im Sockel sowie über Stürzen sind bitumenbeständige Folien als horizontale Feuchtigkeitssperrschichten mit Gefälle (Hohlkehle im Sockel) vorzusehen.

Vorbemerkungen 9.3.1

Ausführung von Backsteinmauerwerk

Für die Ausführung von zweischaligem Backsteinmauerwerk – Sichtmauerwerk mit Normalmörtel – ist die DIN 1053 Teil 1 einzuhalten. Darüber hinaus ist Folgendes zu beachten. Vor Beginn der Verblendarbeiten ist bei größeren Objekten eine Referenzfläche, z. B. Musterwand, zu vereinbaren, an der das Erscheinungsbild des Backsteinmauerwerks beurteilt werden kann. Die Bestellung der Verblender hat für den gesamten Bauabschnitt, mindestens jedoch für in sich geschlossene Bauteile zu erfolgen, um even-

tuelle Farbunterschiede innerhalb einer Fläche gering zu halten. Verblender sind auf sauberem, festem und ebenem Untergrund zu lagern. Steine mit Rissen oder mit auffälligen Beschädigungen dürfen nicht verarbeitet werden. Das Backsteinmauerwerk ist sauber herzustellen, insbesondere die Sichtflächen während der Bauzeit vor Verschmutzungen zu schützen. Das Backsteinmauerwerk muss ebenfalls vor Durchfeuchtungen geschützt werden. Bei Arbeitsunterbrechungen

muss die Mauerkrone inklusive Dämmstoffen abgedeckt werden. Eine vorhandene Luftschicht ist von Mörtel- und Steinresten freizuhalten. Dehnungsfugen sind lot- und fluchtgerecht anzulegen. Stoß- und Lagerfugen sind vollfugig zu vermauern. Das Mauerwerk ist nur von freistehenden Gerüsten aufzumauern. Ein Absäuern des Backsteinmauerwerks sollte vermieden werden. Kleinere Verunreinigungen, wie Mörtelspritzer o. Ä., sind mechanisch zu entfernen.

Fertigteile

Fertigteile als Sonderkonstruktionen bedürfen der gesonderten Beschreibung und müssen auch gesondert beim Hersteller angefragt werden. Lediglich Fertigteilstürze werden in Standardausführungen und -maßen

angeboten, unterschieden nach Befestigungsarten (siehe Kapitel Elementbau 2.6.1). Angaben in der Ausschreibung: Dicke, Höhe, Länge, Stahlbetonkern aus B 35, mit L-Steinen passend zum örtlichen Mauerwerk, ein-

schließlich der erforderlichen Bewehrung für die jeweilige Befestigungsart (Auflagerwinkel, Betonaufleger Konsolanker) gemäß Statik, einschließlich Lieferung des erforderlichen Steinmaterials, Montage und Verfugung.

Verankerung und Abfangung

In den folgenden Mustern sind Standard-Luftschichtanker erfasst. Angaben für spezielle Produkte müssen bei den Her-

stellern angefordert werden. Die gilt auch für die Ausschreibung von Abfangungen.

Formale Vorbemerkungen

Zur Ausschreibung gehören eine Objektbeschreibung mit Bauplänen, Termine mit Angaben zur Abgabe des Angebotes sowie Zuschlag- und Ausführ-

ungsfristen, weiterhin Benennung von Bauleitern, Regelungen zur Untervergabe, des Leistungsumfangs und der Gerüstaufstellung, außerdem Verein-

barungen zur Einhaltung der VOB- und DIN-Vorschriften, zur Gewährleistung, zur Bauwesenversicherung und Baureinigung, eventuell eine Referenzliste.

Ausschreibungsmuster

Die folgenden Vorlagen zur Ausschreibung sind Beispiele, die objektbezogen und eigenverantwortlich zu prüfen bzw. zu modifizieren sind.

Zweischalige Wand mit Wärmedämmung 9.4.1 und Luftschicht

Position	Menge	Gegenstand	Einheitspreis	Gesamtpreis
	m²	<p>Verblendschale, 9,0 cm</p> <p>Verblendmauerwerk als Außenschale des zweischaligen Mauerwerks, d=9 cm, mit Luftschicht und Wärmedämmung herstellen (Steinbezeichnung) Festigkeitsklasse 20, Rohdichteklasse 1,8 (2,0), Formate/Modulsteine</p> <p>Läuferverband (oder andere), Normalmörtel MG IIa als Werk trockenmörtel (Baustellenmörtel), Fugenglattstrich, Lüftungsöffnungen: jede zweite Stoßfuge - unten, zugleich als Entwässerung - oben - in Brüstungsbereichen durch offene Stoßfugen Luftschicht: d=6 cm Wärmedämmschicht : d=8 cm (6 cm – 10 cm) aus Hart-schaumplatten DIN 18164 (Faserdämmstoffplatten DIN 18165).</p> <p>Die Dämmplatten sind auf die Anker der Innenschale zu schieben und mit Klemmscheiben oder Gleichwertigem zu befestigen. (KD-Schüttungen sind hohlraumfrei einzubringen). Drahtanker sind am vorderen Ende abzubiegen und waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschale einzumauern. (Die KD-Platten sind mit den ISO-Spezial-Mauerankern an der Dünnbett-Innenschale zu befestigen, die Anker sind mit ihrem freien Ende waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschale einzumauern.)</p>		

Zweischalige Wand mit Wärmedämmung 9.4.2 und Luftschicht

Position	Menge	Gegenstand	Einheitspreis	Gesamtpreis
	m ²	<p>Verblendschale, 11,5 cm</p> <p>Verblendmauerwerk als Außenschale des zweischaligen Mauerwerks, d=9 cm, mit Luftschicht und Wärmedämmung herstellen (Steinbezeichnung) Festigkeitsklasse 20, Rohdichteklasse 1,8 (2,0), Formate/Modulsteine</p> <p>Läuferverband (oder andere), Normalmörtel MG IIa als Werk trockenmörtel (Baustellenmörtel), Fugenglattstrich, Lüftungsöffnungen: jede zweite Stoßfuge - unten, zugleich als Entwässerung - oben - in Brüstungsbereichen durch offene Stoßfugen Luftschicht: d=6 cm Wärmedämmschicht : d=8 cm (6 cm – 10 cm) aus Hart-schaumplatten DIN 18164 (Faserdämmstoffplatten DIN 18165).</p> <p>Die Dämmplatten sind auf die Anker der Innenschale zu schieben und mit Klemmscheiben oder Gleichwertigem zu befestigen. (KD-Schüttungen sind hohlraumfrei einzubringen). Drahtanker sind am vorderen Ende abzubiegen und waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschale einzumauern. (Die KD-Platten sind mit den ISO-Spezial-Mauerankern an der Dünnbett-Innenschale zu befestigen, die Anker sind mit ihrem freien Ende waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschale einzumauern.)</p>		

Zweischalige Wand mit Kerndämmung 9.5.1

Position	Menge	Gegenstand	Einheitspreis	Gesamtpreis
	m ²	<p>Verblendschale, 9,0 cm</p> <p>Verblendschalenmauerwerk als Außenschale des Zweischaligen Mauerwerks, d=9 cm, mit Kerndämmung herstellen Steinoberfläche (Bearbeitungsart), Festigkeitsklasse 20, Rohdichteklasse 1,8 (2,0), Formate/Modulsteine</p> <p>Läuferverband mit halbsteiniger Überdeckung, Normalmörtel MG IIa als Werk trockenmörtel (Baustellenmörtel), Fugenglattstrich (Fugen 1,5 cm auskratzen für nachträgliches Verfugen).</p> <p>Entwässerungsöffnungen durch offene Stoßfugen</p> <p>Kerndämmung: d = 8 cm (10 cm – 12 cm – 15 cm) aus Dämmstoffen, die für diesen Anwendungsbereich genormt oder bauaufsichtlich zugelassen sind, Wärmeleitfähigkeit 0,035 (0,040 – 0,050). Fabrikat</p> <p>KD-Platten sind auf die Anker der Innenschale zu schieben und mit Klemmscheiben oder Gleichwertigem zu befestigen (KD-Schüttungen sind hohlraumfrei einzubringen). Drahtanker sind am vorderen Ende abzubiegen. Die Anker sind waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschale einzumauern.</p> <p>(Die KD-Platten sind mit den ISO-Spezial-Mauerankern an der Dünnbett-Innenschale zu befestigen, die Anker sind mit ihrem freien Ende waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschalen einzumauern.)</p>		

Zweischalige Wand mit Kerndämmung 9.5.2

Position	Menge	Gegenstand	Einheitspreis	Gesamtpreis
	m ²	<p>Verblendschale, 11,5 cm</p> <p>Verblendmauerwerk, d=11,5 cm, als Außenschale des zweischaligen Mauerwerks mit Kerndämmung herstellen aus Verblendern (Steinbezeichnung) Festigkeitsklasse 20, Rohdichteklasse 1,8 (2,0), Formate/Modulsteine</p> <p>Läuferverband (oder andere) Normalmörtel MG IIa als Werk trockenmörtel (Baustellenmörtel), Fugenglattstrich (Fugen 1,5 cm auskratzen für nachträgliches Verfugen),</p> <p>Entwässerungsöffnungen durch offene Stoßfugen</p> <p>Kerndämmung: d=8 cm (10 cm – 12 cm – 15 cm) aus Dämmstoffen, die für diesen Anwendungsbereich genormt oder bauaufsichtlich zugelassen sind. Wärmeleitfähigkeit 0,035 (0,040 – 0,050) Fabrikat</p> <p>KD-Platten sind auf die Anker der Innenschale zu schieben und mit Klemmscheiben oder Geichwertigem zu befestigen (KD-Schüttungen sind hohlraumfrei einzubringen). Drahtanker sind am vorderen Ende abzubiegen. Die Anker sind waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschale einzumauern.</p> <p>(Die KD-Platten sind mit den ISO-Spezial-Mauerankern an der Dünnbett-Innenschale zu befestigen, die Anker sind mit ihrem freien Ende waagrecht in die Lagerfugen der Verblendschale einzumauern).</p>		

Verankerung, Feuchtigkeitssperrschicht 9.6.1

Position	Menge	Gegenstand	Einheitspreis	Gesamtpreis
	m ²	<p>Innenschale, Drahtanker, Zulage</p> <p>Drahtanker beim Aufmauern der Innenschale des zweischaligen Mauerwerks, gemauert mit Normalmörtel (Leichtmörtel), einlegen. Drahtanker d=4 mm aus nichtrostendem Stahl (V4A) nach DIN 17440, Werkstoff-Nr. 1.4401 oder 1.4571, mit Abtropfscheiben und Klemmkralenplatten. Anzahl: 5 Stück (7 Stück) pro m², zusätzlich an freien Rändern: 3 Stück je m Randlänge; Schalenabstand <= 12 cm (<= 15 cm).</p>		
	m ²	<p>Innenschale, ISO-Maueranker, Zulage</p> <p>ISO-Spezial-Maueranker der Innenschale beim Aufmauern des zweischaligen Mauerwerks, gemauert mit Dünnbettmörtel einlegen. Anzahl: 5 Stück (7 Stück) pro m², zusätzlich an freien Rändern: 3 Stück je m Randlänge; Schalenabstand: <= 12 cm (<= 15 cm).</p>		
	m ²	<p>Feuchtigkeitssperrschicht</p> <p>Feuchtigkeitssperrschicht am Fußpunkt der zweischaligen Außenwand nach DIN 1053 Teil 1 aus bitumenbeständiger Folie mit überdeckten Stößen entsprechend DIN 18195 Teil 5 einbauen. Im Bereich des Schalenzwischenraumes mit Gefälle nach außen und Hohlkehle, im Bereich der Außenschale horizontal bis Vorderkante Außenschale, an der Innenschale 25 cm hochführen und befestigen. Breite der Feuchtigkeitssperrschicht in der Abwicklung ca. 50 cm.</p>		
	m ²	<p>Feuchtigkeitssperrschicht</p> <p>Feuchtigkeitssperrschicht im Bereich der Fenster- und Türstürze sowie der Anfangskonstruktionen, aus bitumenbeständiger Folie mit überdeckten Stößen einbauen. Im Bereich des Schalenzwischenraumes im Gefälle nach außen, im Bereich der Außenschale horizontal bis Vorderkante Mauerwerk, an der Innenschale 25 cm hochführen und befestigen. Breite der Feuchtigkeitssperrschicht in der Abwicklung ca. 50 cm.</p>		

Fugen und Abfangung 9.7.1

Position	Menge	Gegenstand	Einheitspreis	Gesamtpreis
	m ²	<p>Nachträgliche Verfugung</p> <p>Sichtflächen des Außen-Verblendmauerwerks der Pos. nachträglich verfugen. Farbton: (nach Muster). Die 2,0 cm tief ausgekratzten Mauerwerksfugen sind flankensauber zu reinigen und vorzunässen. Der Fugenmörtel ist hohlraumfrei und haftschlüssig einzubringen und außen bündig glattzustreichen.</p> <p>Dehnungsfugen anlegen und schließen</p>		
	m	<p>Dehnungsfugen im Verblendmauerwerk der Pos. 15 mm (20 mm) breit anlegen und mit elastoplastischer Fugendichtungsmasse dauerhaft nach Herstellerangabe schließen.</p> <p>Fugendichtungsmaterial:</p> <p>Dehnungsfugen anlegen und schließen</p>		
	m	<p>Dehnungsfugen im Verblendschalenmauerwerk der Pos. 12 mm breit anlegen und mit elastischem Fugendichtungsband dauerhaft nach Herstellerangaben schließen.</p> <p>Dichtungsband-Fabrikat:</p> <p>Verblendschalen-Abfangung</p>		
	m	<p>Edelstahl-Abfangkonstruktion des Verblendmauerwerks der Pos. mit durchlaufender, in der Geschossdecke einbetonierter Abfangschiene und höhenverstellbaren Konsolenkern. Einbau nach statischem Nachweis und nach den Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers.</p> <p>System:</p> <p>Verblendschalen-Abfangung</p>		
	m	<p>Edelstahl Abfangkonstruktion des Verblendschalenmauerwerks der Pos. mit in der Geschossdecke einbetonierten Standard-Abfangkonsolen im Abstand von 25 cm mit aufgelegtem Lastverteilungsstreifen einbauen. Einbau nach statischem Nachweis und nach den Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers</p> <p>System:</p> <p>Stück:</p>		
	m	<p>Fenstersturz-Abfangung, Zulage</p> <p>Fenstersturz-Abfangung der Pos. nach statistischem Nachweis mit an der Geschossdecke angedübelten Edelstahl-Winkelkonsolen und mit in die Stirnflächen der Steine einzubohrenden V4-Stiften zum Aufhängen der Steine. Einbau nach den Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers.</p> <p>System:</p> <p>Länge der Abfangung. cm.</p>		

BILDNACHWEISE

Kapitel	Seitenzahl
1. Baustoffkunde	1-12
1.1.1. Zweischalige Wand – Bauen mit Backstein	2
Bild oben links	
Fritz-Höger-Preis 2014, Umbau Atelierhaus Dubsstrasse, Boltshauser Architekten, © Beat Bühler	
Bild oben mitte	
Fritz-Höger-Preis 2014, St. Lukas Art School Brussels, Poponcini & Lootens, © Toon Grobet	
Bild oben rechts	
Fritz-Höger-Preis 2014, Parkhaus Jahrhunderthalle Bochum, raumwerk, © Thomas Koculak	
Bild unten links	
Fritz-Höger-Preis 2014, Siza-Pavillon Insel Hombroich, Alvaro Siza / Rudolf Finsterwalder, © Tomas Riehle	
Bild unten mitte	
Fritz-Höger-Preis 2014, Neue Ortsmitte Wettstetten, Bembe Dellinger, © Stefan Müller-Naumann	
Bild unten rechts	
Fritz-Höger-Preis 2014, Kantana Film and Animation Institute, Boonserm Premthada, © Boonserm Premthada	
1.2.1. Herstellung	3
Bild oben links	
Mauerziegel bestehen aus Lehm und Tonerden © Röben	
Bild oben mitte	
Unterschiedliche natürliche Beschaffenheit des Rohmaterials © Initiative Bauen mit Backstein	
Bild oben rechts	
Schließlich erfolgt das Brennen im Ringoder Tunnelofen © Wittmunder Klinker	
Bild unten links	
Mauerziegel geformt im Strangpressverfahren. © Initiative Bauen mit Backstein	
Bild unten mitte	
Formung im Handschlagverfahren © Janinhoff / Gillrath	
Bild unten rechts	
Ofenwagen mit Besatz © Initiative Bauen mit Backstein	

BILDNACHWEISE

Kapitel	Seitenzahl
1.2.1. Herstellung	4
Bild oben links	
Schwarzer Ziegel (STRANGPRESSZIEGEL)	
© Initiative Bauen mit Backstein	
Bild oben mitte	
Roter Ziegel (WASSERSTRICHZIEGEL)	
© Initiative Bauen mit Backstein	
Bild oben rechts	
Sand Ziegel (HANDSTRICHZIEGEL /HANDFORMZIEGEL)	
© Initiative Bauen mit Backstein	
1.3.1. Farbigkeit und Strukturen	5
Bilder	
Beispielhafte Variationen von Backstein	
© Initiative Bauen mit Backstein	
1.4.1. Formate	6-7
5 Bilder	
Verschiedene Formate	
© Initiative Bauen mit Backstein	
1.5.1. Formate / Formsteine	8
Bilder links und rechts	
Verschiedene Typen	
© Initiative Bauen mit Backstein	

BILDNACHWEISE

Kapitel	Seitenzahl
2. Konstruktion	1-46
2.1.1. Entwurf und Konstruktion	1
Bild oben Fritz-Höger-Preis 2014, Siza-Pavillon Insel Hombroich © Alvaro Siza, Rudolf Finsterwalder	
Bild unten Fritz-Höger-Preis 2014, Mapungubwe Interpretive Centre, Light Earth Designs, © Obie Obermeyer	
2.2.3. Zweischalige Wand teilweise mit Wärmedämmung	6
Bild oben Fritz-Höger-Preis 2014, Neue Ortsmitte Wettstetten, Bembé Dellinger, © Stefan Müller-Naumann	
Grafik unten Fritz-Höger-Preis 2014, Fassadenschnitt Neue Ortsmitte Wettstetten, © Bembé Dellinger	
2.2.4. Zweischalige Wand ganz mit Wärmedämmung	7
Grafik Rathaus in Garbsen, © Schneider & Sendelbach	
2.3.1. Statik	8
Bild oben Fritz-Höger-Preis 2014, Duikklok Tilburg, Bedaux de Brouwer Architecten © Tim van de Velde	
Bild unten Fritz-Höger-Preis 2014, Saw Swee Hock Student Centre, O'Donnell + Tuomey Architects, © Dennis Gilbert	
2.3.1. Statik	9
Bild unten Ausführungsbeispiel: Abfangung Sturz © Initiative Bauen mit Backstein	
2.3.2. Statik – Abfangungen	10
7 Grafiken Abfangungen Ausführungsbeispiele © MODERSOHN®	
2.3.3. Statik – Luftschichtanker	12
Bild Ausführungsbeispiel: Luftschichtanker © Initiative Bauen mit Backstein	

BILDNACHWEISE

Kapitel	Seitenzahl
2.3.3. Statik – Luftschichtanker 13	
Bild oben	
Ausführungsbeispiel: Eingelegte Luftschichtanker	
© Initiative Bauen mit Backstein	
5 Grafiken unten	
Luftschichtankertypen	
© Bever	
2.3.3. Statik – Luftschichtanker 14	
4 Grafiken	
Luftschichtankertypen	
© Bever	
2.4.1. Verband und Fuge 15	
Bild	
Fritz-Höger-Preis 2014, Prolin, Läuferverband, WEBERWÜRSCHINGER,	
© Stefan Meyer	
2.4.1. Verband und Fuge 16	
5 Bilder	
Fugenvariationen	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.1. Verband und Fuge 17	
2 Bilder	
Fugenbilder	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.1. Verband und Fuge 18	
2 Bilder	
Stein und Mörtel, Wasser und Mörtel	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.1. Verband und Fuge 19	
Bild unten	
Beispiel Ausführung Ecksituation	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.1. Verband und Fuge 19	
Bild	
Beispiel Ausführung Fugenglattstrich	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.2. Mörtel und Zusätze 22	
2 Bilder	
Silo und Mörtelwanne	
© Initiative Bauen mit Backstein	

BILDNACHWEISE

Kapitel	Seitenzahl
2.4.2. Mörtel und Zusätze 23	
2 Bilder	
Herstellung	
© Dipl.-Ing Steffen Haupt	
2.4.3. Mauerverbände 24	
5 Bilder	
Arten der Verbände	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.3. Mauerverbände 25	
4 Bilder	
Arten der Verbände	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.4. Zierverbände 26	
Bild links	
Fritz-Höger-Preis 2014, CAN fase 1, Heren 5 Architecten bv bna,	
© Sander Meisner, Kees Hummel	
Bild mitte	
Fritz-Höger-Preis 2014, Ökumenisches Forum Hafencity Hamburg,	
@ Wandel Hoefer Lorch Architekten	
Bild rechts	
Fritz-Höger-Preis 2014, Kita Wittstock, kleyer.koblitz.letzel.freivogel	
gesellschaft von architekten mbh,	
© Christian Richters	
2.4.5. Dehnungsfugen in der Außenschale 27	
3 Grafiken	
Fugen	
© Halfen	
2.4.6. Vertikale Dehnungsfugen 29	
Bild unten	
Ausführungsbeispiel	
@ Initiative Bauen mit Backstein	
2.4.6. Vertikale Dehnungsfugen 30	
2 Bilder unten	
Fritz-Höger-Preis 2014, Kindertagesstätte UKM ,	
BURHOFF und BURHOFF Architekten BDA	
© Roland Borgmann	
2.5.1. Elementbau 32	
3 Bilder	
Gestaltungsvielfalt, Uni Bern Sonderbauteile	
© Initiative Bauen mit Backstein	

BILDNACHWEISE

Kapitel	Seitenzahl
2.5.1. Elementbau 33 3 Bilder Elementsysteme © Initiative Bauen mit Backstein	33
2.5.2. Verblendsturz 34 Bild Gemauerter Rundbogen © Initiative Bauen mit Backstein	34
2.5.2. Verblendsturz 35 Bild Steindicker, scheinrechter Bogen © Initiative Bauen mit Backstein	35
2.5.2. Verblendsturz 36 2 Bilder Grenadierstürze © Initiative Bauen mit Backstein	36
2.5.2. Verblendsturz 37 Bild Bild 1: Bauaufsichtlich zugelassenes Sturzbewehrungssystem zur Überdeckung von Öffnungen bis zu 3,01 m Breite © Elmenhorst	37
2.5.2. Verblendsturz 38 3 Bilder Von der Herstellung zum Fertigteil © Initiative Bauen mit Backstein	38
2.5.2. Verblendsturz 39 2 Bilder Befestigung der Fertigteilstürze © Initiative Bauen mit Backstein	39
2.5.3. Fenstersohlbank 42 Bild oben links Fensterbank-Rollschicht Dämmung 3,0 cm © Initiative Bauen mit Backstein Bild oben rechts Fensterbank-Rollschicht mit großer Laibungstiefe Dämmung 3,0 cm © Initiative Bauen mit Backstein Bild unten rechts Beispiel Rosenbüchel, Baumschlager Eberle © Initiative Bauen mit Backstein	42

BILDNACHWEISE

Kapitel	Seitenzahl
2.5.4. Sonderbauteile	44
5 Bilder	
Deckenuntersichtsplatten Beispiele	
© Initiative Bauen mit Backstein	
2.5.5. Fassaden	45-46
6 Bilder	
WOHNANLAGE „JATOPA“	
© Köther, Salman, Koedijk architecten	

BILDNACHWEISE

Kapitel

3. Energie
- 3.5.4. Anforderungen an zu errichtende Wohngebäude
- Bild oben**
Foto 1, Sicherstellung der Luftdichtheit einer Außenwand
© quick-mix
- Bild unten**
Foto 2, Massive Wärmebrückenwirkung
© Initiative Bauen mit Backstein
- 3.8.1. - 3.8.3 Messen der Gebäudedichtheit
- 6 Bilder**
Foto 3-8
© Horschler/Pohl
- 3.8.3. Messen der Gebäudedichtheit
- Grafik**
Abbildung 3, Schnittdarstellung aus Foto 17.
© Horschler/Pohl
- 3.14.1. Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen.....
- Bild oben links**
Bestand mit ungedämmter zweischaliger Wand aus Ziegel
© Hyperdämm
- Bild oben rechts**
Flntakter Schalenzwischenraum zur nach träglichen Kerndämmung
© Hyperdämm
- Bild unten links**
Vollfüllen des Schalenzwischenraums durch Entnahme eines Steins der Vormauerschale, © Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.
- Bild unten mitte**
Vollfüllen des Schalenzwischenraums durch Entnahme eines Steins der Vormauerschale, © Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.
- Bild unten rechts**
Vollfüllen des Schalenzwischenraums durch Bohrlöcher.
© Rockwool
- 3.14.2. Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen.....
- Bild**
Der Zwischenraum wird mittels Technoskopie auf Eignung geprüft
© Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.
- 3.14.3. Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen.....
- 3 Bilder**
Fassadensanierung durch Kerndämmung und eine Vormauerschale aus Backstein
© Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.

BILDNACHWEISE

Kapitel

- 3.14.4. Zweischalige Backsteinfassaden nachträglich dämmen.....
3 Bilder
Verarbeitung von Riemchen auf Wärmedämmverbundsystem
© Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.
- 3.15.1. Passivhäuser mit zweischaligem Mauerwerk.....
Bild
Passivhaus
© Rongen Architekten
- 3.15.2. Moderne Energiebauweisen zweischaliges Ziegelsichtmauerwerk.....
2 Bilder
Detail Wandaufbau
© Dittert und Reumschüssel
- 3.15.3. Moderne Energiebauweisen zweischaliges Ziegelsichtmauerwerk.....
Bild
Algenwachstum und Verfärbungen auf Putzoberflächen
© ZWM/KopfKunst
- 3.16.1. Passivhausdetails.....
2 Grafiken
Der Isothermenverlauf, das Temperaturbild
© energiebüro, Jörg vom Stein
- 3.17.1. Passivhausprojekte.....
3 Bilder
Südwestansicht außen, Südwestansicht innen, Badezimmer
© Rongen Architekten
- 3.17.2. Passivhausprojekte.....
3 Bilder
Fensterandichtung innen, Sockelanschluss der zweischaligen Wand
© Rongen Architekten
- 3.17.3. Passivhausprojekte.....
2 Bilder
Südfassade, Straßenansicht
© Dittmer & Reumschüssel
- 3.17.4. Passivhausprojekte.....
2 Bilder
Blowerdoortest, Detail Terrassentür/Fenster
© Dittmer & Reumschüssel

BILDNACHWEISE

Kapitel

3.17.5. Passivhausprojekte

3 Bilder

Wohnhaus vor und nach der Sanierung

© Solarc Architekten

3.17.6. Passivhausprojekte

3 Bilder

Aufbringen Vakuumdämmung, Anbringen Vormauerschale,

Dämmung Sockel

© Solarc Architekten

BILDNACHWEISE

Kapitel

4. Baukonstruktion / Regeldetails

4.3.1. - 4.8.2.....

22 Grafiken

Verschiedene Ansichts-Grafiken

© Horschler/Pohl

BILDNACHWEISE

Kapitel

5. **Bauphysik**
- 5.2.1. Feuchteschutz – Schlagregenschutz.
Grafik
Das zweischalige Prinzip
© FV Ziegel Nord
- 5.2.2. Feuchteschutz – Schlagregenschutz.
Grafik oben
Fußpunkt einer zweischaligen Wand mit Kerndämmung
© Horschler/Pohl
Bild unten
Zweifache Sperrschicht einer zweischaligen Wand
© FV Ziegel Nord
- 5.2.3. Feuchteschutz im Detail.....
Bild oben
Metallfensterbank Pfarrheim Münster, Architekt: Eckhard Scholz,
© E. Scholz
Grafik
Vertikalschnitt Außenwand mit Dichtungsbahnen
© E. Scholz
- 5.2.4. Feuchteschutz im Detail.....
Bild unten
Die Dichtungsbahn muss hohlkehlenförmig ausgebildet sein
© ZWM/KopfKunst
- 5.3.2. Schalltechnischer Nachweis.....
2 Grafiken
Bewertete Schalldämm-Maße
© Mauerwerksbau Aktuell

BILDNACHWEISE

Kapitel

6. **Verarbeitung / Schadensvorbeugung**
- 6.1.1. Vermauern.....
5 Bilder
Ausführung
© ZWM/KopfKunst
- 6.2.1. Verfugen.....
3 Bilder
Fugenglattstrich, Nachträgliches Verfugen
© ZWM/KopfKunst
- 6.3.1. Reinigen.....
Bild
Reinigung bei Ausblühungen
© ZWM/KopfKunst
- 6.4.1. Ausführungsempfehlungen.....
Bild
Sachgerechte Lagerung auf Paletten
© ZWM/KopfKunst
- 6.5.1. Leitdetails für die sichere Ausführung.....
3 Bilder
Handwerkliche Verarbeitung und Schadensvermeidung,
Statik und Feuchteschutz
© FV Ziegel Nord
- 6.6.1. Typische Ausführungsfehler.....
4 Bilder
Ausführungen
© Rüdiger Knäuper
- 6.6.1. Rissbildung.....
7 Grafiken
Risse durch Schwinden und Temperaturänderungen,
Rissgefährdete Bereiche, Bewehrung
© HALFEN
Bild
Rissgefährdete Bereiche
© FV Ziegel Nord

BILDNACHWEISE

Kapitel

- 6.8.1. Durchfeuchtung/Ausblühungen
- Bild oben**
Mauerwerk – Wasser – Ausblühungen
© HOCHTIEF Technische Beratung H. Wisslicen
- Bild unten**
Salz der Fuge
© FV Ziegel Nord
- 6.8.2. Ausblühungen/Auslaugungen
- 3 Bilder**
Vermeidung von Ausblühungen und Auslaugungen, Auslaugungen
© Initiative Bauen mit Backstein
- 6.9.1. Fokus Fuge
- Bild oben**
Bindeglied und Schwachstelle
© FV Ziegel Nord
- Bild unten**
Die Kunst der Fuge
© HOCHTIEF Technische Beratung H. Wisslicen
- 6.10.1. Vermeidung von Ausblühungen
- 2 Grafiken**
Konstruktiver Feuchteschutz
© HOCHTIEF Technische Beratung H. Wisslicen
- Bild unten**
Reinigung und Gebrauch
© FV Ziegel Nord

BILDNACHWEISE

Kapitel

7. **Bauwirtschaft / Baukosten**
- 7.1.1. - 7.4.1.
- 3 Bilder**
© ZWM/KopfKunst
- 7.5. Sanierung und nachträgliche Wärmedämmung.....
- Bild**
Hohe Wärmeverluste durch die Außenwände
© Fachverband Nord
- 7.5.1. Sanierung und nachträgliche Wärmedämmung.....
- Bild 1**
© ZWM/KopfKunst
- Bild 2**
© Halfen
- Bild 3**
© ZWM/KopfKunst
- 7.5.1. Sanierungsdetails
- Grafik**
Detail Auflagerung Vorsatzschale
© ZWM/KopfKunst nach Horschler/Pohl
- 7.5.1. Sanierungsdetails
- 3 Bilder**
Auflagerung/Abfangung
© ZWM/KopfKunst
- 7.5.1. Sanierung bestehender Putzfassaden.....
- 2 Bilder**
Bild 4, Bild 5
© ZWM/KopfKunst
- 7.5.1. Sanierungsdetails
- 2 Bilder**
Öffnungen
© ZWM/KopfKunst
- Grafik**
Einbindung Fertigteilsturz
© Steenfelder Betonwerke
- 7.5.2. Nachträgliche Wärmedämmung zweischaliger Außenwände.....
- 2 Bilder**
Bild 6, Bild 7
© Rockwool

BILDNACHWEISE

Kapitel

- 7.5.4. Fassadenbekleidung mit Klinkerriemchen
2 Bilder
Bild 10, Bild 11
© Feldhaus-Klinker
- 7.5.5. Sanierung mit WDVS und Riemchenbekleidung
5 Bilder
Bild 12 - 16
© Quickmix
- 7.5.6. Verarbeitung von Klinkerriemchen
2 Bilder
Bild 17 - 18
© Quickmix
- 7.6.1. Sanierung zweischaliger Altbauten
2 Bilder, Grafik
Das historische Rathaus, Statische Sicherung von Verblendmauerwerk
© Upat
- 7.7.1. Bauen im Bestand/Rekonstruktion
Bilder oben, Grafik
Fassadenergänzung
© Uli Dratz
Bild unten
Wiederherstellung
© Bockhorner Klinker

BILDNACHWEISE

Kapitel

8. Technische Regeln

8.1.1. Technische Regeln.....

Bild

Backstein – ein Begriff für viele andere

© ZWM/KopfKunst

BILDNACHWEISE

Kapitel

9. Ausschreibungsmuster

9.1.1. Technische Regeln.....

Bild

Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB)

© ZWM/KopfKunst