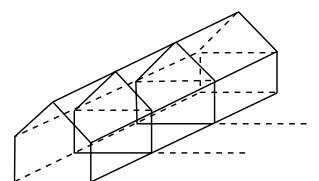
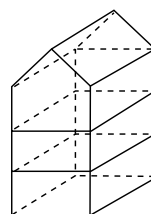
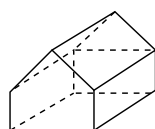
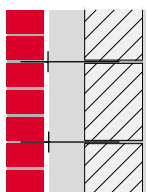


VERBLENDMAUERWERK

Planung und Ausführung





FRITZ-HÖGER-PREIS FÜR BACKSTEIN- ARCHITEKTUR

Der erstmals im Jahr 2008 ausgelobte Fritz-Höger-Preis für Backstein-Architektur zählt zu den größten und renommiertesten Architekturpreisen Deutschlands. Mehr als 600 nationale und internationale Einreichungen in 2017 unterstreichen diesen Stellenwert.

Die folgenden Seiten sind mit Fotos ausgewählter Objekte bebildert, die im Rahmen des Fritz-Höger-Preises nominiert und ausgezeichnet wurden.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Mauerziegel – Beschaffenheit und Charakteristika 4–15	Die neue Backstein-Mode 26–27
1.1.1. Eigenschaften und Materialstruktur 4	4. Vermauern 28–33
1.1.2. Herstellungsverfahren 5	4.1.1. Verband und Fuge 28
1.2.1. Backstein – ein Begriff für viele andere 6	4.2.1. Fugarbeiten richtig ausführen 29
1.2.2. Sichtmauerwerk 6	4.3.1. Fugenglattstrich 30
1.2.3. Mauerziegel – Hinweise 6	4.3.2. Nachträgliches Verfugen 31
1.2.4. Mauerziegel – Typen 7	4.4.1. Mauermörtel und Fugenmörtel 32
1.3.1. DIN EN 771-1, CE-Kennzeichnung, Eurocode 6 8	4.4.2. Wasser und Mörtel – Ausblühungen und Auslaugungen 33
1.3.2. Bezeichnung der Mauerziegel gemäß DIN 771-1 8	5. Bauphysik 34–39
1.4.1. Beanspruchung des Mauerwerks 9	5.1.1. Schlagregenabwehr 34–35
1.5.1. Formate und Maßordnung 10–12	5.2.1. Schallschutz 36–37
1.5.2. Maßtoleranzen 13	5.3.1. Brandschutz 38–39
1.6.1. Mauerwerksverbände 14–15	6. Energie 40–45
2. Ausführung – Zweischalige Wand 16–19	6.1.1. Energie 40–44
2.1.1. Das zweischalige Prinzip 16	6.2.1. Energie – Vorteile 45
2.2.1. Ausführungsvarianten 17	7. Elementbau 46–49
2.3.1. Feuchteschutz 18–19	7.1.1. Bauen mit Fertigteilen 46–47
2.4.1. Wärmedämmung 19	7.2.1. Fenstersohlbank 47
3. Statik 20–25	7.3.1. Verblendsturz 48–49
3.1.1. Statik – Grundsätze 20	Literaturquellen 50
3.2.1. Drahtanker 20–21	Impressum 51
3.3.1. Abfangungen 22–23	
3.4.1. Dehnungsfugen 24–25	



1 MAUERZIEGEL – BESCHAFFENHEIT UND CHARAKTERISTIKA

1.1.1

EIGENSCHAFTEN UND MATERIALSTRUKTUR

Ziegel bestehen aus mineralischen Ton-erden oder Lehm. Zur Herstellung werden diese abgebaut, gemischt, 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. Die Tonqualität und die Brenntemperatur bestimmen die Farbigkeit und die Festigkeit des Ziegels. Die Farbigkeit der Ziegel 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. Der Brennprozess nimmt Einfluss auf die chemischen und physikalischen Reaktionen des Rohstoffes und dessen natürliche Bestandteile. Die Ofenatmosphäre hat Einfluss

auf das Farbergebnis. Je länger gebrannt wird und je höher die Temperatur ist, desto dunkler wird der Stein.

Der Einfluss der Sauerstoffmenge gestaltet das Farbbild mit, eine übersättigte Atmosphäre führt zu Rottönen, eine reduzierte Atmosphäre zu dunkleren Tönen wie Schwarz und Blau. Zusätzlich zu den einfarbigen Farbtönen gibt es zahlreiche Zwischentöne. Farbnuancen und Schattierungen können durch strukturierte Oberflächen verstärkt werden. Strukturen resultieren aus dem Rohstoff, dem Herstellungsverfahren, der Brenntemperatur und den unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen: mechanische Profilierung (Walzen, Bürsten, Abschälen, Riefen durch keilförmige Dorne), 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. Das Spektrum ist einzigartig und vielschichtig.

Das Verblendmauerwerk hat nicht nur bauphysikalische Eigenschaften zu erfüllen, die teilweise die Wahl des Mauerziegels beeinflussen (durch spezielle Anforderungen an die Druckfestigkeit oder Wasseraufnahmefähigkeit des Ziegels). Die Gestaltung des Mauerwerks bekommt einen immer größeren Stellenwert. Die ästhetische Komponente rückt dabei mehr und mehr in den Fokus. Mauerziegel haben ein unermessliches Gestaltungspotenzial und können die individuellen Wünsche der Kunden erfüllen. Jeder Ziegel ist uniform und trotzdem einzigartig.

Für die Strangpress-, Wasserstrich- und Handformziegel wird jeweils ein unterschiedliches Herstellungsverfahren genutzt, wodurch die typischen Charakteristika entstehen. Die Rohlinge werden anschließend getrocknet und gebrannt.



◀ Boarding Haus mit Hotel am Michel, DE
Architektur: Wandel Lorch Architekten, DE

Fritz-Höger-Preis Nominee
Büro-/Gewerbebauten
Fotos: © Wandel Lorch Architekten

1.1.2

HERSTELLUNGSVERFAHREN

Strangpressziegel

Die eher gleichförmigen Ziegel entstehen in einer Strangpresse. Sie werden verdichtet und unter hohem Druck durch die Form, die am Ende das formgebende Mundstück hat, zu einem endlosen Strang gepresst. Anschließend werden die Rohlinge in der gewünschten Höhe abgeschnitten. Die Oberflächenstruktur lässt sich nach individuellen Wünschen verschieden gestalten: Der Strang kann profiliert, besandet, abgeschält oder gebürstet werden.

Wasserstrichziegel

Beim Wasserstrichziegel wird die relativ weiche Tonmasse durch die Drehtischpresse gedrückt. Durch den Einsatz von Wasser als Trennmittel entsteht das charakteristische Schlierendesign mit der meist strukturierten und leicht unregelmäßigen Oberfläche. Die Kanten und Ecken sind im Vergleich zum Strangpressziegel weniger scharf ausgebildet.

Handformziegel

Die Herstellungsform der Handform ist die älteste Herstellungsform. Die Tonrohmasse wurde mit der Hand in die Form (eine Art Kuchenform) eingestrichen und an die Seiten des formgebenden Holzrahmens gequetscht. Überstehende Ränder wurden abgestrichen. Auch heute wird als Trennmittel Sand eingesetzt. So entsteht die typische unregelmäßige Oberflächenstruktur mit Kanten und Narben (Quetschfalten). Heute erfolgt dieser Prozess meist maschinell. Handformziegel, wie auch Wasserstrichziegel, werden in der Regel ohne Lochung hergestellt.

MAUERZIEGEL



▲ Strangpress-, Wasserstrich-, Handformziegel



1.2.1 BACKSTEIN – EIN BEGRIFF FÜR VIELE ANDERE

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

1.2.2 SICHTMAUERWERK

Es handelt sich um Mauerwerk, das ungeschützt außen oder innen verarbeitet werden kann. An die sichtbaren Flächen eines solchen Mauerwerks werden spezielle Forderungen im Hinblick auf ihre Optik gestellt. Hochwertige Mauerziegel führen zu einem qualitativ hochwertigen Sichtmauerwerk. Die Verarbeitung und die Fugenausbildung muss auf einem hohen handwerklichen Niveau ausgeführt werden. Ob das Mauerwerk tragend ist oder nicht, spielt in diesem Kontext keine Rolle. Beim Sichtmauerwerk müssen die Anforderungen der DIN EN 1996 (EC 6) erfüllt werden.

1.2.3 MAUERZIEGEL – HINWEISE

Der Begriff Mauerziegel umfasst alle Ziegelarten. Sie sind natürlichen Ursprungs und erhalten durch den Herstellungsprozess und den anschließenden Brand ihren individuellen Charakter und ihre endgültige Form. Die unterschiedlichen Ziegel verfügen über unterschiedliche Eigenschaften (z. B. Wasseraufnahmefähigkeit), die auf den jeweiligen Verwendungszweck abgestimmt werden müssen. Dies muss unter anderem auch bei der Mörtelwahl berücksichtigt werden. Wichtig beim Kauf ist, die Ziegel ästhetisch zu prüfen und somit eventuelle Beschädigungen auszuschließen. Um sicherzugehen, welche genaue Wirkung der Stein hat, kann zudem die Erstellung einer Musterfläche sinnvoll sein.

MAUERZIEGEL



▲ Tonerden



▲ Strangpressziegel



▲ Sichtmauerwerk



◀ **Burgemeester De Meesterstraat, NL**
Architektur: KAW, NL

Fritz-Höger-Preis Nominee
Wohnungs-/Geschosswohnungsbau
Fotos: © Gerard van Beek

1.2.4 MAUERZIEGEL – TYPEN

Für das Verblendmauerwerk können Vormauerziegel, Klinker und Keramikklinker verwendet werden. Sie verfügen über eine unterschiedliche Wasseraufnahmefähigkeit.

Vormauerziegel

Vormauerziegel bezeichnet man als U-Ziegel. Es gibt sie als Voll- und als Lochziegel. Sie müssen witterungs- und frostbeständig sein. Vormauerziegel verfügen über eine größere Wasseraufnahmefähigkeit. Der Massenanteil der Wasseraufnahme ist nicht begrenzt.

Klinker

Klinker sind zunächst einmal oberflächlich gesinterter U-Ziegel. Die Sinterung ist ein Verfahren, das aufgrund der extrem hohen Brenntemperatur bei der Herstellung der Sichtfläche einen glasigen, dichten Charakter erzeugt. Klinker nehmen kaum Wasser (Massenanteil der Wasseraufnahme: höchstens 6 Prozent) auf und sind daher sehr widerstandsfähig. Sie müssen ebenfalls witterungs- und frostbeständig sein. Klinker zeichnen sich zudem durch ihre hohe Druckfestigkeit aus und stehen als Synonym für höchste Dauerhaftigkeit.

Keramikklinker

Ebenfalls zu den U-Ziegeln gehören Keramikklinker. Sie werden aus dichtbrennenden Tonen geformt und gebrannt. Auch sie sind frostresistent und verfügen über einen Massenanteil der Wasseraufnahme von maximal 6 Prozent. Zudem müssen sie besondere Anforderungen bei der Ritzhärte, sowie der Farb- und Lichtbeständigkeit erfüllen.

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



1.3.1

DIN EN 771-1, CE-KENNZEICHNUNG, EUROCODE 6

Die europäische Mauerziegelnorm DIN EN 771-1 regelt die Vorgaben zu Ausgangsstoffen, Herstellung und Anforderungen. Sie setzt ein einheitliches Verfahren für Kennzeichnung und Prüfung von Mauerziegeln fest.

Die Norm DIN EN 771-1 gibt außerdem für die Mauerziegelhersteller eine CE-Kennzeichnungspflicht vor. Mit diesem Konformitätszeichen garantiert der Produzent, dass seine Produkte verwendbar sind und dass sie den festgelegten Eigenschaften der europäischen Mauersteinnormen entsprechen. Mit der DIN EN 771-1 wurde das CE-Kennzeichen europaweit eingeführt. Es ist indes kein Qualitätszeichen, sondern besagt lediglich, dass diese Ziegel in Europa frei gehandelt werden dürfen. Die Mauerziegel sind CE-gekenn-

zeichnet und entsprechen den festgelegten Güteanforderungen, wenn sie nach der Anwendungsnorm DIN 20000-401 verarbeitet werden. Die Sicherheitsbestimmungen zur Anwendung von Bauprodukten liegen bei der EU und sind in Deutschland durch die Bauaufsichtsbehörden der Länder geregelt.

Eurocode 6

Die Eurocodes sind als europäische Standards/Normen in Bezug auf die Konstruktion von Gebäuden festgelegt. Mit den Eurocodes soll ein einheitliches Sicherheitsniveau in der Baubranche garantiert werden. Der EC 6 ist seit dem 1. Januar 2016 in Deutschland verbindlich geregelt: DIN EN 1996 (EC 6) Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten.

1.3.2

BEZEICHNUNG DER MAUERZIEGEL GEMÄSS DIN EN 771-1

► U-Ziegel

Mauerziegel, zu verwenden in ungeschütztem Mauerwerk.

► P-Ziegel

Mauerziegel, zu verwenden in geschütztem Mauerwerk.

► Mauersteine der Kategorie I

Die Druckfestigkeit ist festgelegt und darf dabei nicht über 5 Prozent abweichen. Die 5 Prozent beziehen sich auf die Wahrscheinlichkeit, dass die Festigkeit zu gering ist. Um diese Wahrscheinlichkeit zu berechnen, kann der Mittelwert oder der charakteristische Wert angesetzt werden.

► Mauersteine der Kategorie II

Mauersteine der Kategorie II sind in Deutschland nicht zugelassen.



◀ 23 dwellings, FR
Architektur: FRES architectes, FR
mit KENK architecten, NL

Fritz-Höger-Preis Special Mention
Wohnungs-/Geschosswohnungsbau
Fotos: © Philippe Ruault

1.4.1

BEANSPRUCHUNG DES MAUERWERKS

Mauerwerk in stark angreifender Umgebung

Mauerwerk wird durch klimatische Bedingungen wie starke Regeneinwirkung und Grundwasser wassergesättigt und zusätzlich durch Frost- und Tauwetter beansprucht. Mauerwerk befindet sich ebenfalls in stark angreifender Umgebung, wenn es sich um nicht verputztes Mauerwerk nahe der Erdoberfläche (bis zu zwei Schichten ober- und unterhalb), um nicht verputzte Brüstungen ohne wirksame Abdeckungen und um nicht verputztes Schornsteinaußenmauerwerk handelt.

Dort können Durchfeuchtung und Frost vermehrt auftreten. Frei stehende und nicht wirksam abgedeckte Wände sowie Vorhangwände, Stützmauern und Mauern ohne Bauwerksabdichtung auf ihrer Rückseite sind ebenso in diese Kategorie einzuordnen.

Mauerwerk in mäßig angreifender Umgebung

Hier handelt es sich um Mauerwerk, das zwar Feuchte und einem Wechsel von Frost- und Tauwetter ausgesetzt ist, sich aber nicht in stark angreifender Umgebung befindet.

Praktische Maßnahmen, um die Durchfeuchtung des Mauerwerks zu unterbinden: Dazu gehört der Schutz der Wandkrone etwa durch ein überkragendes Dach oder mittels einer Abdeckung; ebenso Fensterbänke mit angefügter Kehle und feuchte-sperrende Schichten am Kopf oder am Fuß von Wänden.

Mauerwerk in nicht angreifender Umgebung

Dazu zählen Mauerwerksteile, die so gelegen sind, dass sie nicht von Feuchte, Frost- und Tauwetter betroffen sind.



1.5.1 FORMATE UND MASSORDNUNG

Zur mauerwerksgerechten Planung und Ausführung sollte jedem Bauwerk ein Maßsystem der Mauersteine zugrunde gelegt werden. Die Maßordnung bestimmt wesentlich das Erscheinungsbild von Sichtmauerwerksbauten. 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. Mauerziegel gibt es in einer Reihe unterschiedlicher Formate. Gebräuchlich sind hier klassische Formate wie Normalformat (NF), Dünnformat (DF)

und zweifaches Dünnformat (2 DF). Dazu kommen Formate, die von den europäischen Nachbarn übernommen wurden, etwa das Modulformat (ModF).

Oktametrische Maßordnung (octa=acht)

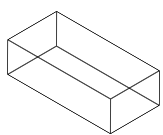
Die deutschen Formate basieren auf dem oktametrischen Maßsystem (Längeneinheit 1 m) niedergelegt in der DIN 4172-Maßordnung im Hochbau. Grundlage ist das Baurichtmaß von $1/8 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$ bzw. 125 mm. Dieses umfasst Stein und Mörtelfuge, ausgehend von einer 1,0 cm-Fuge. Die Maße von Steinen

und auch Bauteilen ergeben sich aus dem Grundmaß bzw. einem geradzahligen Vielfachen. Die Maße von Vormauerziegeln sind in der DIN EN 771 Mauerziegel definiert.

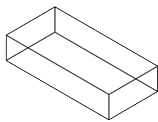
Bauteilnennenmaße

Das Modul 12,5 mit seinen Vielfachen ist Grundlage der Baurichtmaße: Aus diesen ergeben sich durch Abzug oder Addition des Fugenmaßes von 1,0 cm die Bauteilnennenmaße (Rohbaumaße). Die Vorzugsgrößen von Öffnungen (Türen und Fenster) sind auf die Maßordnung abgestimmt.

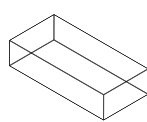
OKTAMETRISCHE MASSORDNUNG



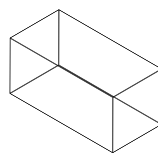
▲ Normalformat



▲ Dünnformat

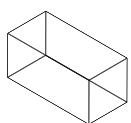


▲ Udenburger
Format

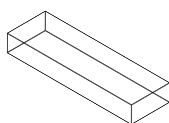


▲ Zweifaches
Dünnformat

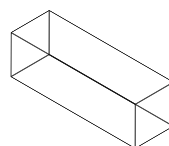
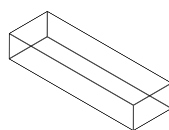
DEZIMETRISCHE MASSORDNUNG



▲ Modulformat



DIN EN 771, DIN 4172 und DIN 18000

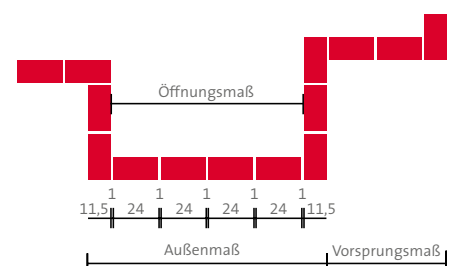


BAUTEILNENNMASSE

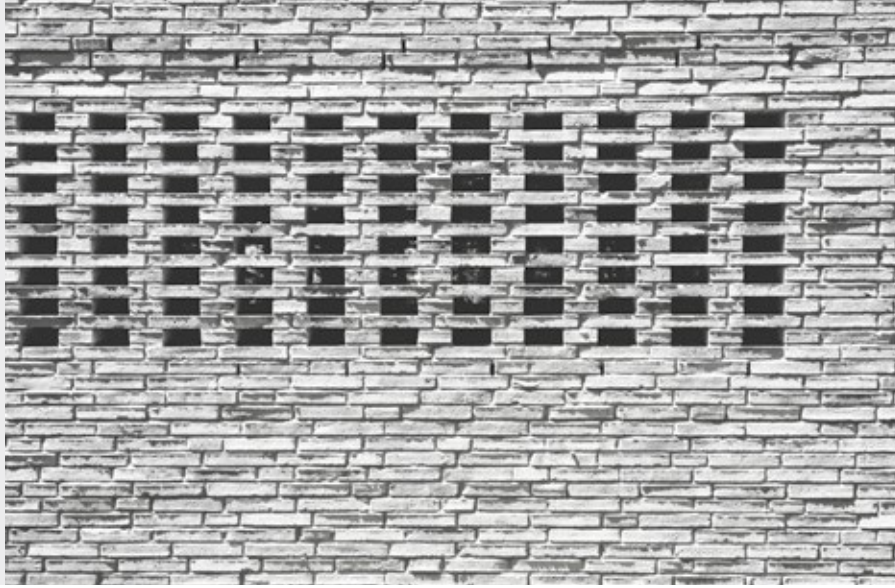
Bauteilnennenmaße

Außenmaß = $x \text{ mal } 12,5 \text{ (25)} - 1,0$
 Öffnungsmaß = $x \text{ mal } 12,5 \text{ (25)} + 1,0$
 Vorsprungsmaß = $x \text{ mal } 12,5 \text{ (25)}$

x = Anzahl der Steine inkl. Fuge



DIN EN 771 und DIN 4172



◀ **Haus K, DE**
 Architektur: Bottega + Ehrhardt
 Architekten GmbH, DE

 Fritz-Höger-Preis Nominee
 Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
 Fotos: © David Franck

In der Praxis können die Maße nicht immer exakt eingehalten werden. Daher wird durch Quetschen oder Strecken ($< 1,5 \text{ cm}$) der Stoßfugen Passgenauigkeit hergestellt.

Dezimetrische Maßordnung

Neben der oktametrischen besteht außerdem die dezimetrische Maßordnung: Modulsteine folgen der Modulordnung, festgelegt in der DIN 18000-Modulordnung im Bauwesen. Das Modulformat (ModF) beruht auf dem Dezimalsystem, bei dem rechnerisch

$1/10 \text{ m}$ ($= 10 \text{ cm}$) als Grundmodul $M = 10 \text{ cm}$ angesetzt wird. Die Einheiten der Modulordnung bestehen aus diesem Grundmodul und den Multimodulen, den ganzzahligen Vielfachen des Grundmoduls. Ein waagrechtes Multimodul ist beispielsweise $3M = 30 \text{ cm}$. Die Maße von Steinen, die im Modulsystem vermauert werden, sind um jeweils $1,0 \text{ cm}$ für die Stoßfugenvermörtelung kürzer als das jeweilige Modul. Um der dezimetrischen Maßordnung gerecht zu werden, werden spezielle Steine gefertigt. Für den Mauerwerksbau ist aufgrund der

üblichen Steinmaße das oktametrische Maßsystem jedoch günstiger: konstruktiv und gestalterisch.

Zudem gibt es eine Richtmaßreihe, die auf das Grundmaß $100/12 = 8,33$ aufbaut. Daraus ergibt sich die Höhe des Ziegels im Normalformat: $8,3 \text{ cm} - 1,2 \text{ cm}$ (Lagerfuge) $= 7,1 \text{ cm}$. Die Länge und Breite entsprechen der 12,5er-Maßkette.

ZIEGELFORMATE BEISPIELE

Ziegelformate	Abmessungen		
	Länge	Breite	Höhe
Dünnformat (DF)	240	115	52
Doppeltes Dünnformat (2 DF)	240	115	113
Normalformat (NF)	240	115	71
Modulformat (ModF)	290	115 (90)	190 (90)
Langformat (LF)	490	115	52 (71)
Oldenburger Format (OF)	220	105	52
Klosterformat (KF)	280	130	85
Hamburger Format (HF)	220	105	65
Waalformat (WF)	210	100	50
Waldickformat (WDF)	210	100	65

Alle Angaben in mm – DIN EN 771 und DIN 4172



1.5.1

FORMATE UND MASSORDNUNG

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 in Serie gehen. Aus der Vermauerung (Steine und Mörtelfugen) ergibt sich der Verband.

Außer der Reihe

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

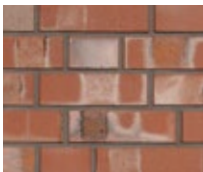
Form- und Spezialsteine

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.

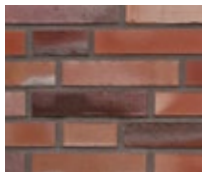
Wirkung

Die Formatwahl erzeugt unterschiedliche Proportionen und gestaltet somit das Gesamterscheinungsbild mit.

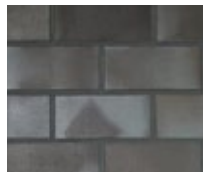
DIE VIELFALT DER FORMATE



▲ Normalformat



▲ Dünnformat



▲ Zweifaches Dünnformat



▲ Modulformat



▲ Nichtsichtbare Fuge



▲ Formsteine Spezialsteine



◀ **Urban House in Rosario, AR**
Architektur: Diego Arrigada Arquitectos, AR

Fritz-Höger-Preis Special Mention
Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
Fotos: © Gustavo Frittegatto

1.5.2 MASSTOLERANZEN

Aufgrund ihres natürlichen Rohstoffursprungs kann es zu geringen Abweichungen bei der Herstellung bezüglich der Maßgenauigkeit kommen. Modernste Herstellungstechnologien garantieren beste Qualität. Weil Mauerziegel Naturprodukte sind und wegen ihrer besonderen Rohstoffzusammensetzung können geringe Maßunterschiede nicht vollkommen vermieden werden. Hierfür gibt es entsprechende Maßspannen, die den Maßtoleranzbereich festlegen.

MASSTOLERANZEN

Maße	Sollmaß	Grenzabmaße	Maßspanne
Ziegellänge l bzw. Ziegelbreite b (Beispiele)	90	± 5	5
	115	± 5	6
	145	+ 3 - 6	7
	175	+ 3 - 7	8
	220	+ 4 - 8	9
	240	+ 5 - 10	10
	490	+ 8 - 10	12
Ziegelhöhe h	52	± 2	3
	65	± 2	3
	71	± 3	4
	105	± 5	5
	113	± 5	4
	175	± 5	5

Alle Angaben in mm – DIN EN 771 und DIN 20000-401



1.6.1

MAUERWERKSVERBÄNDE – GESTALTUNGSVIELFALT

Wer mit Vormauerziegeln mauert, der verfügt über eine Bandbreite an Gestaltungsvariationen. Der Mauerwerksverband ist ein entscheidendes gestalterisches Element einer Ziegelfassade. Während ein Verband in der Vergangenheit vor allem eine konstruktive Lastabtragung leisten musste (Überbindemaß siehe 4.1.1), wurden später auch weitere Verbände ausgebildet, um Teile des Mauerwerks herauszuheben. So können Zierverbände ein gestalterisches Element einer Fassade betonen. Der Verband stellt und stellt also nicht nur die konstruktive Einheit des Mauerwerks sicher, sondern

ist auch entscheidend für das Erscheinungsbild der Fassade verantwortlich. So gibt es einen Holländischen, einen Schlesischen, einen Flämischen, einen Märkischen und einen Gotischen Verband. Oder auch einen Wilden Verband, der – Nomen est omen – frei angeordnet wird, jedoch auch bestimmten Regeln entsprechen muss.

Läufer-, Binder-, Block- und Kreuzverband verteilen beispielsweise durch ihre Gefüge die Lasten und Kräfte über den gesamten Wandquerschnitt.

► Läuferverband

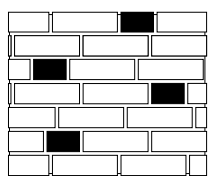
Schichten aus Läufern sind um jeweils eine oder 3/4 Seitenlänge versetzt.

► Blockverband

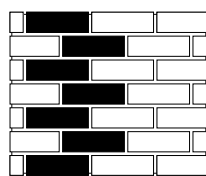
Läufer- und Binderschichten wechseln sich ab. Die Stoßfugen der einzelnen Schichten liegen übereinander.

► Kreuzverband

Ähnlich dem Blockverband. Der Unterschied findet sich in der Läuferverschiebung: Die Läufer-schichten sind zueinander versetzt.



▲ Wilder Verband



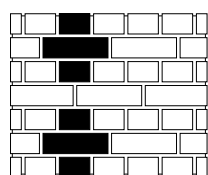
▲ Halbversetzter
Läuferverband



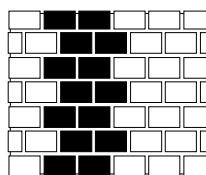
▲ Wilder Verband



▲ Halbversetzter
Läuferverband



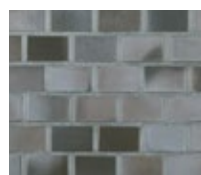
▲ Kreuzverband



▲ Kopfverband



▲ Kreuzverband



▲ Kopfverband



◀ **Towers T5 & T6 on Westkaai, BE**
Architektur: Tony Fretton Architects, GB
mit De Architecten NV, NL

Fritz-Höger-Preis Winner Gold
Wohnungs-/Geschosswohnungsbau
Fotos: © Filip Dujardin, Peter Cook

► **Gotischer Verband**

Läufer und Binder wechseln in jeder Schicht. Binder mittig auf Läufern.

► **Wilder Verband**

Binder- und Läuferabfolge ist beliebig. Zu beachten ist: Es dürfen nur bis zu fünf Läufer hintereinander liegen. Binder sollten auf den Läufern liegen.

Das Filtermauerwerk, das mit lichtdurchlässigen Durchbrüchen besondere Effekte erzeugt, spiegelt die Entwicklung der Verbände wider. Auch bei Zierverbänden

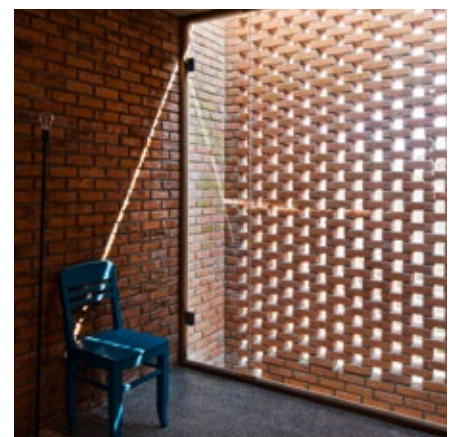
muss das Überbindemaß der Steine eingehalten werden. Es gilt die Norm DIN EN 1996 (EC 6).

Verbände sind in aller Regel waagrecht. Bei Wahrung der Statik sind auch axiale Fugen oder senkrechte Vermauerungen erlaubt und bieten zusätzliche Variationen. In Stürzen werden die Steine auch senkrecht angeordnet, man nennt das Grenadier- oder Rollschicht.

Bei Fassaden mit größeren Spannweiten müssen Dehnungsfugen zwischen den

gestalterischen und konstruktiven Elementen platziert werden (siehe 3.4.1).

Der Stapelverband gilt als Sonderfall unter den Zierverbänden. Hier liegen die Stoßfugen übereinander, das Überbindemaß braucht nicht eingehalten zu werden. Vormauerschalen mit Stapelverband sind indes nicht DIN-konform, für sie muss ein Einzelnachweis erbracht werden. Hierfür gilt als Regel: Stapelverbände dürfen nur mit einer zusätzlichen Fugenbewehrung ausgeführt werden.



Termitary House, TH ►
Architektur: Tropical Space, TH

Fritz-Höger-Preis Winner Gold
Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
Foto: © Oki Hiroyuki

2 AUSFÜHRUNG – ZWEISCHALIGE WAND

2.1.1

DAS ZWEISCHALIGE PRINZIP

Das Bauen mit zweischaligem Mauerwerk hat eine lange Tradition. Von Anfang an hatte die Trennung technische Gründe: einen langfristigen Schutz des tragenden Mauerwerks vor unterschiedlichsten Witterungseinflüssen durch ein nicht-tragendes bzw. nur sich selbst tragendes Verblendmauerwerk (auch als Verblendschale, Vorsatzschale bezeichnet). Daher stammt der Begriff Verblendziegel bzw. Verblender. 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 (aber auch aus Holz) hergestellt werden.

Die Materialwahl der Innenschale ist an konstruktive und wirtschaftliche Bedingungen geknüpft. In der Außenschale dürfen Vormauerziegel und Klinker verwendet werden. Die Vormauerschale aus frostbeständigen Mauerziegeln dient dem Schlagregenschutz und darf durchaus feucht werden (siehe 5.1.1). Beim Sichtmauerwerk gibt es unzählige Möglichkeiten in der Ausführung und Gestaltung.

Norm und Praxis

Nach DIN EN 1996 (EC 6) sind zwei Ausführungsvarianten für zweischalige Wandkonstruktionen möglich:

- ▶ 1. Die zweischalige Wand mit Luftschicht, der Schalenzwischenraum enthält keine Dämmung.

- ▶ 2. Die zweischalige Wand mit Wärmedämmung im Schalenzwischenraum.
 - a) ganz mit Wärmedämmung.
 - b) teilweise mit Wärmedämmung.

1. Zweischalige Außenwand mit Luftschicht

- ▶ Die wirksame Trennung von Außen- und Innenschale wird seit über hundert Jahren in Gebieten mit hoher Schlagregenbeanspruchung erfolgreich eingesetzt.
- ▶ Die Konstruktion ohne Wärmedämmung findet bei hochwärmedämmenden Innenschalen (z. B. Leichtziegelmauerwerk) Anwendung und kann so die Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllen.
- ▶ Die Mindestdicke der Luftschicht beträgt 4 cm. Überschüssige Feuchtigkeit trocknet durch die Luftzirkulation in der Luftschicht zwischen den Schalen ab.



▲ Prinzip Ausführung



◀ **City Archive Delft, NL**
 Architektur: Office Winhov mit
 Gottlieb Paludan Architects, NL

 Fritz-Höger-Preis Nominee
 Öffentliche Bauten/Sport und Freizeit
 Fotos: © Stefan Müller

2.2.1 AUSFÜHRUNGSVARIANTEN NACH DIN EN 1996 (EC 6)

2a) Zweischalige Außenwand ganz mit Wärmedämmung ausgefüllt

Aufgrund einfacher und sicherer Verarbeitung – unter Berücksichtigung feuchte technischer Vorkehrungen – und des hohen Wärmeschutzes entwickelt sich diese Variante zur Regelkonstruktion für zweischalige Wände und ist die am häufigsten ausgeführte Bauweise. Diese besteht aus drei Schichten: der tragenden Innenschale (Hintermauerschale), der nichttragenden Außenschale (Vormauerschale) und der Dämmschicht. Aus baupraktischen Gründen sinnvoll ist zusätzlich ein Fingerspalt zwischen Dämmung und Außenschale von 1–2 cm.

2b) Zweischalige Außenwand teilweise mit Wärmedämmung

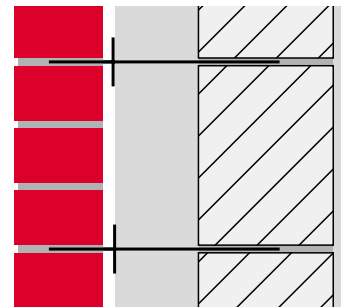
Die zweischalige Wand mit Luftschicht und Wärmedämmung besteht aus vier Schichten: der tragenden Innenschale (Hintermauerschale), der nichttragenden Außenschale (Vormauerschale), der

Dämmschicht und der Luftschicht. Der konstruktiv maximale Schalenabstand ist abhängig vom Verankerungssystem.

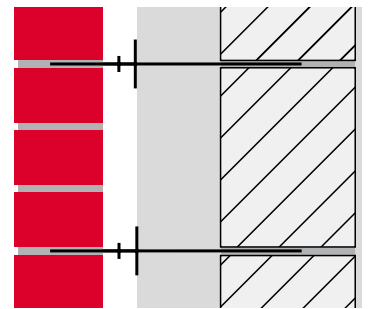
Anforderungen Luftschicht

- ▶ Die Luftschicht darf in der gesamten Wandhöhe nicht durch Mörtelreste/ andere Gegenstände eingengt werden, somit werden Feuchtigkeitsbrücken ausgeschlossen. Die Dämmstoffe müssen wasserabweisend sein (siehe 2.4.1).
- ▶ Die Anordnung von offenen Stoßfugen am Fußpunkt und am oberen Ende des Verblendmauerwerks dient zur Luftzirkulation und Entwässerung (keine Voraussetzung, aber zu empfehlen).
- ▶ Bei Unterbrechungen im Hohlraum, etwa durch Fensterbänke, sollten zusätzliche Lüftungs-/Entwässerungsöffnungen im Verblendmauerwerk vorgesehen werden.

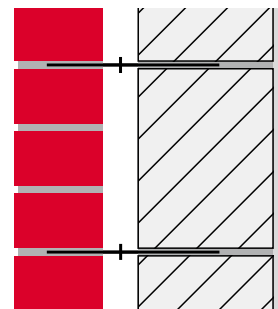
AUSFÜHRUNGSVARIANTEN



▲ ganz mit Wärmedämmung



▲ teilweise mit Wärmedämmung



▲ mit Luftschicht



2.3.1

FEUCHTESCHUTZ

Aus energetischen, konstruktiven und baupraktischen Gründen ist das zweischalige Mauerwerk mit Dämmung bewährter Stand der Technik.

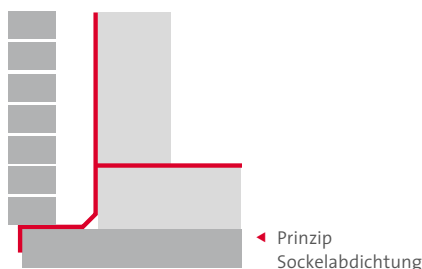
An den Fußpunkten der Innenschalen und Geschossdecken der Zwischenräume der Wandschalen muss ein Eindringen von Feuchtigkeit verhindert werden, damit das Wasser nicht auf die Dämmung bzw. Hintermauerschale übertritt. Die Abdichtung muss mit Gefälle nach außen im Bereich des Zwischenraumes und im Bereich der Außenschale horizontal verlegt werden. Dieses gilt ebenso für Bauteilübergänge bei Fenster- und Türstürzen sowie im Bereich von Sohlbänken. Hier sind Sperrschichten vorzusehen. Auch oberhalb von Öffnungen müssen diese vorgesehen werden, um die Fenserscheiben vor kalkhaltigem Wasser zu schützen.

Am Fußpunkt muss eine Sockelabdichtung vorgenommen werden. Die Dichtungsbahn für die untere Sperrschicht muss der DIN 18533 entsprechen. Falls doch Feuchtigkeit durch Schlagregen oder Tauwasser auftritt, muss die Sperrschicht den Wassereintritt in die Innenschale verhindern.

Die Aufstandsfläche muss so beschaffen sein, dass ein Abrutschen der Außenschale auf ihr nicht eintritt. Zudem ist eine Abdichtung des Schalenzwischenraumes (Querschnittsabdichtung) gegen rückstauende Sickerfeuchtigkeit notwendig. Sie ist an dem Punkt der Aufstandsflächen zu verlegen und wird an der Innenschale mindestens 30 cm hochgeführt und befestigt. Die Dichtungsbahn muss unterstützt werden, sei es durch einen Dämmkeil oder durch eine Untermörtelung. Die Öffnungen zur Hinterlüftung/Entwässerung

sind in der 1. Steinschicht vorzusehen. Die Öffnungen zur Hinterlüftung und Entwässerung sind technisch notwendig. Sie müssen mindestens 15 cm über der Geländeoberfläche liegen. Bei Maßnahmen zur Entwässerung durch Drainschichten oder andere Weisen sind Entwässerungsöffnungen auch unterhalb der Geländeoberfläche zulässig. Örtliche Faktoren müssen in jedem Fall berücksichtigt werden und die Dichtungsmaßnahmen entsprechend ausgeführt/angepasst werden.

Bei der Sockelabdichtung gilt es zudem Folgendes zu beachten: Sie wird vor der Erstellung der Verblendmauerschale aufgebracht. Bei Ausführung der Verblendschale aus dem Erdreich heraus (aus optischen Gründen häufig ausgeführt) sollten die Verblender im Erdreich und die der ersten Schichten über dem Erd-





◀ **Feuerwehr Tuttlingen, DE**
 Architektur: Georg Scheel Wetzel Architekten GmbH, DE
 Fritz-Höger-Preis Special Mention
 Büro-/Gewerbebauten
 Fotos: © Stefan Müller

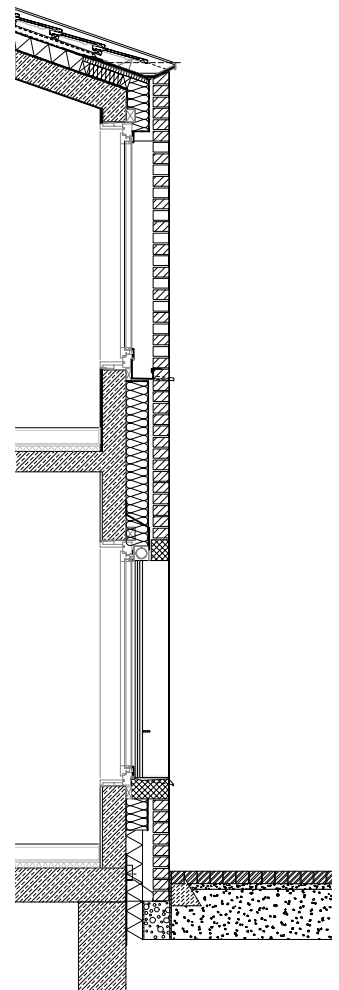
2.4.1 WÄRMEDÄMMUNG

reich wasserabweisende Eigenschaften haben (z. B. Klinker). Auch der Mörtel muss darauf abgestimmt sein. Bei der Verwendung von nicht wasserabweisenden Ziegeln sollte eine Drainschicht aus Kies angelegt werden. So kann die Feuchtigkeit nicht aufsteigen. Die Stöße der Abdichtung müssen dauerhaft versiegelt sein. Zudem muss die Hohlschicht komplett mit druckfestem Dämmstoff versehen werden (Perimeterdämmung).

Die Vermauerung der Verblendschale muss sachgemäß, vollfugig und haftschlüssig durchgeführt werden, um ein wasserabweisendes Ziegel-Mörtel-Verbundsystem ohne Mörtelbrücken in der Hohlschicht zu garantieren. Zudem muss berücksichtigt werden, dass der Hersteller die Steine für den Anwendungszweck als geeignet deklariert.

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 und mit WZ gekennzeichnet 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 lückenlos dichtzustoßen, Platten aus Schaumkunststoffen so auszubilden und zu verlegen (Stufenfalz, Nut und Feder), dass ein Wasserdurchtritt an den Stoßstellen dauerhaft verhindert wird.
- ▶ Bei zweilagigen Dämmschichten müssen die Stöße versetzt zueinander ausgeführt werden.
- ▶ Um ein Kippen zu vermeiden, werden die Dämmplatten mit den Klemmscheiben der Drahtanker fixiert.



▲ **Fassadenschnitt**
 Architektur: Bembé Dellinger
 Fritz-Höger-Preis Special Mention
 © Bembé Dellinger

3 STATIK

3.1.1 STATIK – GRUNDSÄTZE

Der EC 6 regelt die Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten. Bei der Bemessung für die Lastabtragung ist die Dicke der Hintermauerschale über die gesamte Länge anzurechnen. Schalenzwischenräume können in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit des Materials für die Innenschale minimiert werden. Neben der Bemessung und Befestigung von Vormauerschalen durch Anker und Abfangungen umfasst das Thema Statik auch die Anordnung von Dehnungsfugen. Wichtig ist vollfugiges Vermörteln mit Normalmörtel der Mörtelgruppen $\geq$ IIa (DIN EN 1996) bzw. Mörtel der Mörtelklasse (M 5) nach DIN EN 998-2.

3.2.1 DRAHTANKER

Drahtanker dienen als Verbindung für das zweischalige Mauerwerk. Die Mauerwerksschalen sind durch Anker aus nicht-rostendem Stahl nach bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) 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 m^2 Wandfläche beträgt 7 Anker. Diese Anzahl kann unter gewissen Umständen auf 5 Anker reduziert werden. An allen freien Rändern (Öffnungen, Gebäudeecken, Dehnungsfugen, oberen Enden der Vormauerschale) müssen zusätzlich 3 Drahtanker je Meter Randlänge justiert werden. Die Ankeranzahl richtet sich nach der Zulassung des jeweiligen Ankerherstellers, da alle verwendbaren Anker bauaufsichtlich geregelt sind.

MINDESTANZAHL VON DRAHTANKERN

Gebäudehöhe	Mindestanzahl n_{min} von Drahtankern je m^2 Wandfläche (Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/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 (z. B. von Öffnungen, an Gebäudeecken, entlang von Dehnungsfugen und an den oberen Enden der Außenschalen) sind zusätzlich drei Anker je Meter Randlänge anzuordnen.

DIN EN 1996, Eurocode 6



◀ **The Wedge, NO**
Architektur: A-lab, NO

Fritz-Höger-Preis Special Mention
Büro-/Gewerbebauten
Fotos: © Ivan Brodey

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 Länge der Anker soll so bemessen sein, dass der Anker 50 mm im Mauerwerk einliegt/eingebohrt wird.

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. Je nach Baumaterial der tragenden Wand (Kalksandstein, Beton, Porenbeton, Mauerwerk aus Mauerziegeln) stehen verschiedene Drahtankertypen zur Verfügung, die eingelegt oder eingebohrt werden. Beim gleichzeitigen

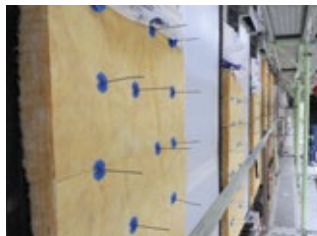
Bau (Neubau) werden Drahtanker in die Mörtelfugen beider Mauer-schalen eingelegt. Bei nachträglicher Errichtung der Vormauerschale werden Drahtanker eingebohrt.

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.

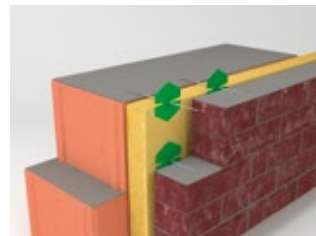
DRAHTANKER BEISPIELE



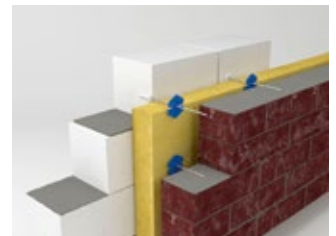
▲ Anker, Typ Multi
© Abbildungen Bever



▲ Ausführungsbeispiel



▲ Typ Multi eingelegt



▲ Typ Porenbeton PB 10 eingebohrt



3.3.1 ABFANGUNGEN

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.

Es gilt: Alle Steine müssen beidseitig über ihre gesamte Länge aufgelagert werden (bei unterbrochener Auflagerung in der Abfangungsebene).

Wo Abfangungen eingesetzt werden müssen:

- ▶ Sind Außenschalen ≥ 115 mm dick, sind in Höhenabständen von mindestens 12 m Abfangungen notwendig. Die Steine dürfen ihr Auflager bis zu 25 mm überragen. Sind die Außenschalen nicht höher als zwei Geschosse oder werden sie alle zwei Geschosse abgefangen, dürfen sie bis zu 38 mm über ihr Auflager vorstehen.
- ▶ Außenschalen mit Dicken von 105 bis 115 mm, die nicht höher als 25 m über Gelände geführt werden dürfen, sind in Höhen von 6 m abzufangen. Diese Außenschale darf höchstens 15 mm über ihr Auflager vorstehen.
- ▶ Für die Verfugung gelten der Fugenglattstrich oder die nachträgliche Verfugung, letztere muss mindestens 15 mm flankensauber ausgekratzt sein.
- ▶ Außenschalen mit Dicken von 90 bis 105 mm, die nicht höher als 20 m über Gelände geführt werden dürfen, müssen auch in Höhen von 6 m abgefangen werden und dürfen bis zu 15 mm über ihr Auflager vorstehen. Die Fugen sind als Fugenglattstrich auszuführen.
- ▶ Bei Häusern mit bis zu zwei Vollgeschossen kann ein Giebeldreieck bis 4 m Höhe ohne zusätzliche Abfangung errichtet werden.

VERSCHIEDENE ABFANGUNGEN



▲ Abfangungen Ausführungsbeispiele
© MODERSOHN®



◀ **Campus Hall, University of Southern Denmark, DK**
Architektur: C.F. Møller Architects, DK

Fritz-Höger-Preis Special Mention
Wohnungs-/Geschosswohnungsbau
Fotos: © Torben Eskerod

- ▶ Bei Gebäuden, bei denen die Gründung der Verblendmauerschale nicht auf dem Fundament oder auf einer auskragenden Decke aufgelagert werden soll.
- ▶ Zusätzlich bei großen Öffnungen ($> 1,25\text{ m}$) und wenn Decken/Balkone frei von Lasten der Vormauerschale sein müssen.

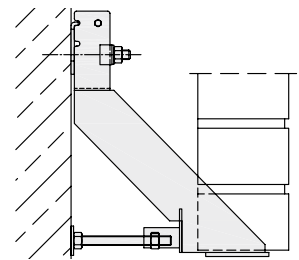
Ausführung

Für die Ausführung der Abfangungen eignen sich je nach Beanspruchung Einzelkonsolanker, Winkelkonsolanker mit Aufhängeschlaufen für Stürze, Fertigteilsturz-Abfangungen, Attikaverblendanker und Einmörtelkonsolen aus Edelstahl. Alle Systeme zur Verankerung, vor allem Kombisysteme aus Dübel und Anker für

die nachträgliche Montage, müssen bauaufsichtlich genehmigt sein. Innenschalen und Geschossdecken müssen an Fußpunkten des Zwischenraumes und an Berührungspunkten wie Fenstern und Türen vor Feuchtigkeit geschützt werden. Weiterhin muss sichergestellt sein, dass die Außenschale nicht abrutscht.

Konsolanker und Schienen

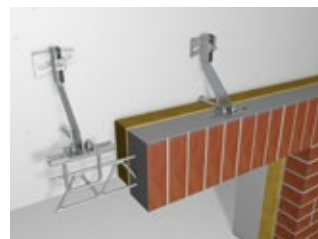
Die Außenschale soll vollflächig aufgelagert sein. Konsolanker mit Schienen, Auflagerwinkeln und Sturzabfangungen – aus nichtrostendem Edelstahl – sind grundlegend für die Gestaltung zweischaliger Wände. Konsolanker gibt es für verschiedene Laststufen (3,5 kN – 10,5 kN). Ein stufenloser Ausgleich ($\pm 35\text{ mm}$) von Bautoleranzen ist möglich.



▶ **Abfangungen Detail**
© MODERSOHN®



▶ **Abfangungen Ausführungsbeispiel**





3.4.1 DEHNUNGSFUGEN

Ziegel gelten als der Baustoff mit dem niedrigsten Wärmedehnungskoeffizienten α_t ($6 \times 10^{-6}/K$). Dies ist dadurch bedingt, dass Backstein ein natürlicher Baustoff und frei von Bindemitteln ist. Ziegel besitzen die geringste Gleichgewichtsfeuchte unter den kapillarporösen Baustoffen. Auch wenn Ziegel bauphysikalisch sehr gute Eigenschaften haben, tritt eine gewisse Verformung der Verblendmauerschale aufgrund von Temperaturschwankungen, Witterungseinflüssen und Tragstruktur auf, die die Anordnung von Dehnungsfugen (horizontal und vertikal) notwendig macht und somit eine mögliche Rissbildung durch Zwängungsspannungen vermeidet. Durch die bauphysikalischen Vorteile ist die Anzahl der Dehnungsfugen gering. Bei der Anordnung der Dehnungsfugen sind sowohl technische als auch ästhetische Dinge

zu beachten und diese frühzeitig in der Planungsphase zu berücksichtigen. Unter ästhetischer Sicht kann man Dehnungsfugen zum Beispiel durch geschickte Anordnung fast nicht sichtbar gestalten, z. B. hinter Regenfallrohren verstecken (können bis zu 36,5 cm von der Gebäudeecke entfernt geplant werden). Auch eine Mäanderfuge kann eine Gestaltungsmöglichkeit sein. Die korrekte Berechnung der Breite, ihre Anordnung in der Wand (an Ecken, Übergängen von Fertigteilen zum Mauerwerk) sowie Unterschiede zwischen vertikaler und horizontaler Ausführung in Bezug auf Witterungsaspekte und potenzielle Formveränderungen müssen bedacht werden. Dehnungsfugen nehmen die Verformungen der angrenzenden Bauteile (Verkürzungen, Verlängerungen) spannungsfrei auf. Die Breite einer Dehnungsfuge soll mindestens 15 mm betragen.

Es gilt:

- ▶ Bis zur 2-fachen Fugenbreite tief – zumindest 30 mm – müssen die Fugenflanken parallel verlaufen, damit das Hinterfüllmaterial Halt bekommt.
- ▶ Die Fugenflanken müssen vollfugig, sauber und frei von Stoffen sein, die das Haften und Erhärten der Dichtungsmasse negativ beeinflussen könnten.
- ▶ An den Fugenflanken müssen die Mörtelfugen bündig abgestrichen werden.
- ▶ Dehnungsfugen müssen dauerhaft und dicht geschlossen werden, zu verwendende Materialien sind Fugendichtstoffe, Dichtungsbänder und Abdeck- und Klemmprofile.

WÄRMEDEHNUNGSKOEFFIZIENTEN

Baustoffe	α_t
Mauerziegel	6
Kalksandsteine	8
Leichtbetonsteine Betonsteine	10
Porenbetonsteine	8

DIN EN 1996, Eurocode 6

DEHNUNGSFUGENABSTAND

Art des Mauerwerks	Abstand l (m)
Ziegelmauerwerk	12
Kalksandsteinmauerwerk	8
Mauerwerk aus Beton (mit Zuschlag) und Betonwerksteine	6
Natursteinmauerwerk	12

DIN EN 1996, Eurocode 6



◀ **Haus in Münster, Geistviertel**
Architektur: hehnpohl architektur, DE

Fritz-Höger-Preis Winner 3. Platz
Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
Fotos: © hehnpohl architektur

Vertikale Dehnungsfugen

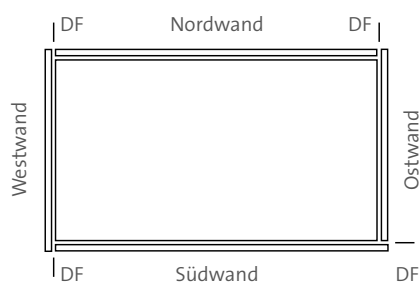
Bei der Anordnung ist die Mauersteinart zu berücksichtigen. Vertikale Dehnungsfugen sollten grundsätzlich nach einem festen Prinzip angeordnet werden, maximal alle 12 m. Erfahrungen zeigen, dass auch bei kürzeren Abständen Dehnungsfugen durchaus sinnvoll sind. Da die witterungsbedingten Verformungen 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. Bei kleineren Gebäuden werden die Dehnungsfugen häufig an den Ecken angeordnet. Die Werte sind theoretisch und erfahrungsgemäß abgesichert. Sie beziehen sich auf die Formänderungswerte der DIN EN 1996 (EC 6). Wenn die

Anordnung der Dehnungsfugen in den Eckbereichen nicht erwünscht ist, können diese auch im halben Dehnungsfugenabstand beidseits der Gebäudeecke vorgesehen werden. Da Dehnungsfugen freie Wandränder darstellen, sind an diesen beidseitig 3 zusätzliche Anker je laufendem Meter Randlänge anzuordnen. Besonders zu beachten ist dies bei höheren Gebäuden, da sich die Verformungen bei einer durchgehenden Verblendschale je Geschoss addieren. Erhöhte Rissgefahr besteht i. d. R. im Brüstungsbereich der Außenschalen. Brüstungsrisse lassen sich durch einseitige oder zweiseitige Anordnung von Dehnungsfugen vermeiden. Anstelle der Dehnungsfugen kann auch eine konstruktive Bewehrung im oberen Brüstungsbereich angeordnet werden, um breitere schädliche Risse zu vermeiden.

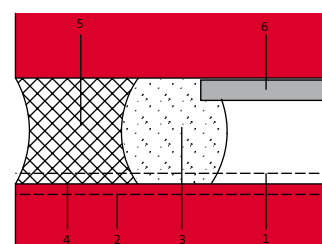
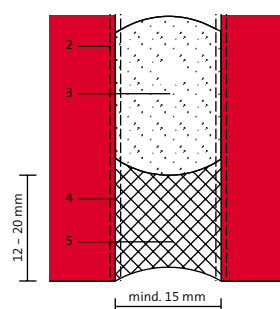
Horizontale Dehnungsfugen

In der Außenschale sind horizontale Dehnungsfugen stets unter Abfangungen und vorspringenden Bauteilen 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. Bei Horizontalfugen empfiehlt sich die Anordnung einer Sollbruchstelle durch Einlegen einer Gleitfolie. Außen ist diese als Bewegungsfuge auszubilden. Die Fuge wird entbehrlich durch Attika-Verblendanker. Alle wasserundurchlässigen Sperrschichten fungieren durch Verlegung in einem Mörtelbett bis zur Vorderkante der Vormauerschale als Gleitschicht zur Aufnahme horizontaler Bewegungen.

DEHNUNGSFUGEN – ANORDNUNG



▲ Vorzugsweise Anordnung von vertikalen Dehnungsfugen, DIN EN 1996, Eurocode 6



◀ Dehnungsfuge
Ausbildung vertikal und horizontal:
1. Fuge gestaut
2. Fuge gedehnt
3. Schaumstoffprofil
4. Haftgrundierung
5. Fugendichtstoff
6. Konsolanker
© Halfen

DIE NEUE BACKSTEIN-MODE

BACKSTEIN-ARCHITEKTUR: TECHNIK UND ÄSTHETIK

Wer mit der zweischaligen Wand baut, der kann alle Arten von Gebäuden bauen. Die Bauweise vereint handwerkliche Raffinesse mit zeitgemäßer Technik – und eröffnet somit enorme Gestaltungsmöglichkeiten weit über den üblichen Mauerwerksbau hinaus. Und dennoch hat sich etwas verändert in den vergangenen zwei Dekaden.

In unserer heutigen Entwurfsarchitektur lässt sich die Backsteinfassade nahezu komplett auflösen. Denn der klassische

statische Umgang mit der zweischaligen Wand ist nicht mehr zwingend notwendig.

Gewagte Raster- und Lochfassaden, perforiertes Mauerwerk, Relieferungen, Ornamentik und Ziermauerwerk:

Die gestalterische Vielfalt beim Bauen mit Backstein ist ausgeprägter denn je. Der Baustoff erfindet sich gerade neu. Und verleiht Gebäuden ein ebenso zeitgemäßes wie aufregendes Gewand. Kein anderes Baumaterial bietet zudem

eine vergleichbare Bandbreite an Formen, Farben und Oberflächen. Jeder Stein ist auf seine Weise ein Unikat, jeder einzelne Verblender gibt einem Gebäude Charakter und Individualität.

Regen- und Feuchtigkeitsschutz, Hitze- und Kälteschutz, Brand- und Schallschutz, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit – die zweischalige Wand ist robust, stark, energieeffizient und langlebig, sie weist optimale bauphysikalische Eigenschaften auf, sie ist unempfindlich und beständig,

GESTALTUNGSVIelfALT



▲ Variationen von Strangpressziegeln, Handformziegeln und Wasserstrichziegeln



◀ Bremer Landesbank Hauptsitz, DE
Architektur: Caruso St John Architects, GB

Fritz-Höger-Preis Grand Prix
Büro-/Gewerbebauten
Fotos: © Hélène Binet

natürlich und ökologisch. Ein Vormauerwerk kann also viel mehr als nur gut aussehen.

Bereits seit Jahrtausenden bauen die Menschen mit Backstein. In den vergangenen zwei Dekaden aber hat der Stein zu einem völlig neuen Selbstbewusstsein gefunden. Er besinnt sich einerseits auf seine große Tradition, etwa auf den Backstein-Expressionismus der 20er- und 30er-Jahre, die Architektur wirkt an-

dererseits zukunftsgerader denn je. Der Grund: Backstein wird heute sehr viel bewusster und mutiger eingesetzt.

Innovative Architekten verleihen ihren Gebäuden mit der zweischaligen Wand ganz explizit gestalterische Qualität und Einzigartigkeit. Sie tun das, indem sie lustvoll die unerschöpflichen kreativen Möglichkeiten des Baustoffs nutzen und auch statisch bis an die Grenzen – und bisweilen darüber hinaus – gehen.

Moderne Backstein-Architektur als „Kick unserer Zeit“: Was noch in den 90er-Jahren Glas und Stahl waren, ist heute Bauen mit Backstein mit seinem Prinzip der zweischaligen Wand. Wir erkennen Pathos in der modernen Mauerwerks-Architektur, wir bemerken Emotionen, die über die Backstein-Baukunst transportiert werden. Architektur als kühnes Experiment, als Zukunftsversprechen.

Mehr geht nicht.



4 VERMAUERN

4.1.1

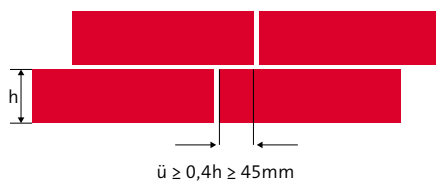
VERBAND UND FUGE

Verband und Fuge verleihen dem Sichtmauerwerk sein typisches, dabei individuelles Erscheinungsbild und stellen die Verbindung der Einzelemente her (konstruktiv und gestalterisch). Im Bereich der Fuge lassen sich Maßtoleranzen der Vormauerziegel und Klinker, die bei der Herstellung auftreten können, ausgleichen. Die Verbände und Fugen haben zunächst konstruktive Funktionen wie Mindestüberdeckung und die haftschlüssige Verbindung der Steine. So müssen die Stoßfugen übereinanderliegender Schichten versetzt sein: Das Überbindemaß $\ddot{u}$ muss $\geq 0,4 h \geq 45 \text{ mm}$ betragen,

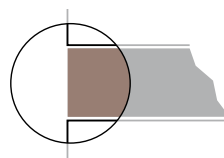
wobei h die Steinhöhe (Nennmaß) ist. Der größere Wert ist maßgebend. Die Steine einer Schicht müssen in einer Höhe vermauert sein. Die für die Ausbildung von Mauerwerksecken erforderlichen Passsteine müssen ebenfalls geschnitten werden. Die Fugenausbildung kann glatt, schräg, konkav ausgeführt werden und hat somit jeweils eine andere Licht- und Schattenwirkung. 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. 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, desto größer ist der Kontrast. Als Grundsatz gilt, dass Stoßfugen in einer Dicke von 1,0 cm und Lagerfugen in einer Dicke von 1,2 cm Fugendicke ausgebildet werden. Kleine Abweichungen sind zulässig. Bei der Wahl des richtigen Mörtels ist in jedem Fall die Saugfähigkeit der Ziegel zu berücksichtigen, um Schäden zu vermeiden (4.4.2).

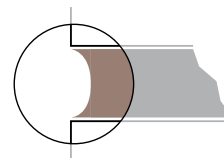
FUGENAUSFÜHRUNG UND WIRKUNG



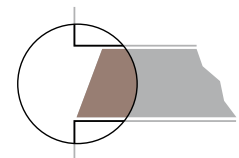
▲ Überbindemaß



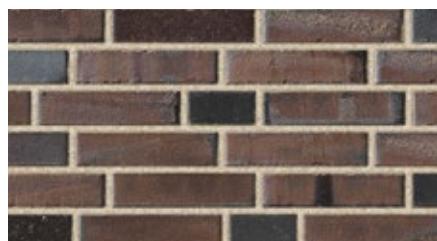
▲ Glattausgeführte Fuge



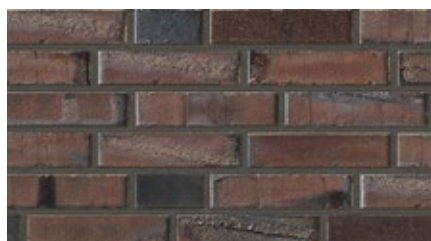
▲ Zurückliegende Fuge



▲ Abgeschrägte Fuge



▲ Helle Fuge



▲ Dunkle Fuge



▲ Verschiedenfarbige Fugen



◀ **V35K18 Wohnhaus in Leiden, NL**
Architektur: Pasel Künzel Architects, NL

Fritz-Höger-Preis Special Mention
Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
Fotos: © Marcel van der Burg

4.2.1

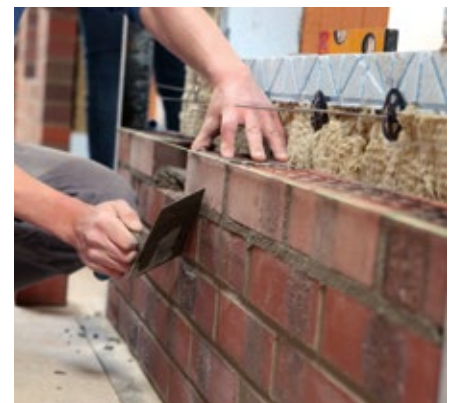
FUGENARBEITEN RICHTIG AUSFÜHREN

Die Verfugung sollte ganzflächig und satt höchstens 2 mm hinter der Sichtfläche der Verblender enden, um als Regenbremse zu funktionieren. Um eine dichte Fuge zu schaffen, muss der Mörtel fest in die Fuge gedrückt und verdichtet werden. Fugenarbeiten sollten bestenfalls an Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit und geringer Luftbewegung ausgeführt werden. Dabei sollte die Sonneneinstrahlung nicht zu hoch sein. Schutzvorkehrungen sind dann vorzunehmen, wenn die Witterung von starker Sonneneinstrahlung und heftigem Wind/Regen bestimmt wird. Dies kann z. B. durch das Abhängen des Gerüsts mit Planen erfolgen, sodass das frisch verfugte Mauerwerk geschützt wird. Nach Fertigstellung und bei Arbeitsunterbrechungen ist das Mauerwerk vor Ver-

schmutzungen, Nässe oder zu raschem Austrocknen zu schützen. Um das Mauerwerk von gröberen Verschmutzungen zu befreien, kann es im Rahmen einer Endreinigung mit etwas Wasser und Bürsten abgewaschen werden. Dabei sollten keine chemischen Reinigungsmittel oder Öle verwendet werden. Bei niedrigen Temperaturen < 5 °C sollte nicht verfugt werden. Bei trockener und warmer Witterung besteht die Gefahr, dass der frisch eingebrachte Fugenmörtel verbrennt (unvollständige Hydratation) und Schwindrisse entstehen. Gegen die Austrocknung und zur Förderung des Abbindevorganges sollten die frischen Fugen häufiger mit einer Nebeldüse befeuchtet werden. Dies gilt ebenso für frisch fertiggestelltes Mauerwerk, bis der Trocknungs- und

Härtungsprozess abgeschlossen ist. Danach ist der Mörtel wasserfest. In der VOB, Teil C ATV DIN 18330 sind die Schutzmaßnahmen festgelegt:

- ▶ Lagerung der Paletten mit Verblendern trocken und durch Folien geschützt.
- ▶ Mauermörtel auf Saugverhalten des Ziegels abstimmen.
- ▶ Vornässen saugfähiger Vormauerziegel.
- ▶ Schutz des frischen Mauerwerks.
- ▶ Vollfugiges und haftschlüssiges Vermauern – wasserabweisendes Ziegel-Mörtel-Verbundsystem.



▲ Ausführungsbeispiele Vermauern



4.3.1 FUGENGLATTSTRICH

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 der Fugenglattstrich für die Vormauerschale vorgeschrieben.

Beim Fugenglattstrich lässt sich mit geringem Aufwand kostengünstig hochwertiges Verblendmauerwerk herstellen. Beim Fugenglattstrich empfiehlt es sich,

Werk trockenmörtel oder Fertigmörtel zu verwenden. Mit diesem Material ist eine einheitliche Fugenfarbe gut machbar.

Beim Fugenglattstrich wird in einem Arbeitsgang gemauert und verfugt. Überschüssiger Mörtel wird mit der Kelle abgestrichen. Bevor der Mörtel ausgehärtet ist (nach dem Anhängen) wird er mit einem Fugeisen, Holzspan oder Schlauch glatt abgezogen.

Um später nicht nachbessern zu müssen, ist das vollfugige Mauern besonders wichtig. Der Fugenglattstrich gilt aktuell

als die sicherste Methode zur Erstellung eines schlagregensicheren Mauerwerks. Deshalb weist sowohl die DIN EN 1996 als auch die VOB den Fugenglattstrich als Regelausführung aus. Die Konsistenz des Mörtels beim Verstreichen der Fugenoberfläche bestimmt weitgehend die Fugenfarbe. Ist der Mörtel weich, wird die Fuge hell, weil sich das Bindemittel an der Oberfläche anreichert. Ist der Mörtel beim Glattnstrich bereits in angesteiftem Zustand, wird die Oberfläche aufgeraut. Die Folge: Die Fuge wird dunkel. Deshalb gilt: Bearbeitung der Fuge in gleichmäßig angesteiftem Mörtelzustand.

ARBEITSZEITRICHTWERTE FÜR MAUERARBEITEN MIT KLEINFORMATIGEN MAUERZIEGELN

Wanddicke (cm)	Steinformat	Rohdichteklasse	Steine (St.)	Mörtel (l)	Volles Mauerwerk ¹⁾	Gegliedertes Mauerwerk ¹⁾	Minder-mengen ¹⁾	Abladen mit Kran ¹⁾	Umstapeln ¹⁾	Höhe über 3–4 m ¹⁾
11,5	DF	0,8–1,8	65	35	0,85	0,90	0,09	0,02	0,08	0,05
11,5	NF	0,8–1,8	48	34	0,80	0,85	0,08	0,02	0,07	0,05
11,5	2 DF	0,8–2,0	32	24	0,70	0,75	0,07	0,02	0,06	0,05

¹⁾ Angabe in h/m²

Handbuch Arbeitsorganisation Bau

Aufmaßregelung: Die nach VOB abzugsfähigen Öffnungen sind durch die Gliederung des Mauerwerks nach Schwierigkeitsgraden bereits in den Arbeitszeitrichtwerten berücksichtigt und werden nicht gesondert vergütet.



◀ **Prolin, DE**
Architektur: WERBERWÜRSCHINGER, DE

Fritz-Höger-Preis Special Mention
Büro-/Gewerbebauten
Fotos: © Stefan Meyer

4.3.2 NACHTRÄGLICHES VERFUGEN

Bei der nachträglichen Verfugung werden die Stoß- und Lagerfugen beim Vermauern fachgerecht ca. 15 mm flankensauber und gleichmäßig tief ausgekratzt.

Die Fassade wird später in einem Arbeitsgang verfugt. Dies gilt nur für Vormauerziegel mit einer Dicke > 105 mm. Nachträgliches Verfugen kann in einigen Fällen eine sinnvolle Lösung sein. Dabei ist zu beachten, dass ebenso 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. Nach der Fertigstellung eines Abschnittes muss das Auskratzen durchgeführt werden, solange die Konsistenz des Mauermörtels noch weich ist. Der Fugenmörtel wird in zwei Arbeitsgängen 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 es können Kalkauslaugungen entstehen. Unter optimalen Bedingungen kann natürlich auch eine nachträgliche Verfugung zu einer mängelfreien Lösung führen.

Zum nachträglichen Verfugen werden Fugenmörtel der Druckfestigkeitsklasse M 10 angeboten. Zulässig sind für die Verfugung ebenso Mörtel der Gruppe MG IIa und MG III. Für farbige Fugen haben sich entsprechende Fertig-Fugenmörtel bewährt, da diese ein gleichmäßiges Farbbild ergeben. Vor dem Ausfugen ist eine Reinigung der Mauerwerksoberfläche sinnvoll. Hierbei ist auf Säuren zu verzichten.

In Ausnahmefällen (wasserunlösliche Verunreinigungen) können Säuren eingesetzt werden, um eine ansehnliche Fassadenoptik herzustellen. Hierbei muss die Wahl des Ziegels und die Art der Verunreinigung analysiert werden.



4.4.1 MAUERMÖRTEL UND FUGENMÖRTEL

Mauermörtel muss immer im Frischzustand verwendet werden, um die ideale Verformbarkeit zu bewahren. Er ist ein Gemisch aus Sand, Bindemitteln und Wasser, gegebenenfalls mit Zusatzstoffen. Der Korndurchmesser des Sandes sollte für Mauermörtel 0–4 mm und für Fugenmörtel (nachträgliches Verfugen) 0–2 mm betragen. Mauermörtel werden unterschieden in Normalmörtel (NM), Leichtmörtel (LM) und Dünnbettmörtel (DN). Normalmörtel ist wiederum durch die Druckfestigkeitsklassen M 2, 5; M 5; M 10; M 20 definiert. Für das Vermauern müssen Mörtel nach DIN EN 998-2

(Mörtelnorm) zur Anwendung kommen. Zusätzlich muss der Mörtel nach DIN V 18580 sein. Für die Erstellung der Vormauerschale dürfen nur Mörtel der Mörtelgruppe MG IIa oder MG III gemäß DIN V 18580 bzw. der Druckfestigkeitsklasse M 5 oder M 10 gemäß DIN EN 998-2 verwendet werden. Standard ist die Verwendung von Normalmörtel für 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, und gilt nur für Planziegel (Hintermauerwerk).

Die Verwendung von Baustellenmörtel und somit das Mischen von Mörteln und der einzelnen Bestandteile auf der Baustelle ist nicht ratsam. Die gleichmäßige Zusammensetzung des Mörtels muss durch Auswiegen der Bestandteile gewährleistet sein. Der Zeitaufwand ist hoch. Empfehlenswert ist daher die Verwendung von Vormauermörtel als Werk trockenmörtel, der nur noch mit Wasser angemacht werden muss. Diese Mörtel sind optimal auf das Saugverhalten der Verblender abgestimmt und gut verarbeitbar (siehe 4.4.2).



▲ Silo

MAUERMÖRTEL

Mörtelart	Eigenschaften		
	Druckfestigkeitsklasse nach DIN EN 998-2	Mörtelgruppe DIN V 20000-412	Druckfestigkeit (N/mm ²)
Normalmörtel	M 5	II	2,5
	M 10	II a	5,0
	M 15	III	10,0
	M 30	III a	20,0
Leichtmörtel	M 10	LM 21, LM 36	5,0
Dünnbettmörtel	M 15	DM	10,0

DIN EN 1996, Eurocode 6



◀ **CASA 1219, ES**
Architektur: HARQUITECTES, ES
Fritz-Höger-Preis Special Mention
Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
Fotos: © Adrià Goula

4.4.2

WASSER, MÖRTEL, AUSBLÜHUNGEN, AUSLAUGUNGEN

Ist das frische Mauerwerk zu feucht, etwa nach starken Regenfällen oder durch überschüssiges Anmachwasser, verdunstet das Wasser über die Wandoberfläche. Mittels Kapillareinwirkung gelangen dabei auch wasserlösliche Salze und Mineralstoffe aus dem Mauerwerk an die Wandoberfläche und kristallisieren dort. So entstehen Ausblühungen an den Fassaden. In den meisten Fällen verschwinden sie durch die Einwirkung von Regenwasser von selbst wieder. Von einer Reinigung des Mauerwerks mit chemischen Substanzen oder gar mit Salzsäure wird daher dringend abgeraten. Vor allem Salzsäure verstärkt die Ausblühungen eher, als dass sie diese bekämpft. Aus diesem Grund sollten Vormauerziegel und Klinker nach DIN frei von Salzen sein.

Da die Wasseraufnahmefähigkeit des Steines (Klinker, Keramikklinker und Vormauerziegel) unterschiedlich ist, muss eine materialgerechte, an das unterschiedliche Materialverhalten angepasste Ver-

arbeitungsweise beachtet werden. Stein (Saugfähigkeit) und Mörtel (Plastizität, Wasserückhaltevermögen) müssen 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 – und somit einen fugendichten Verbund (Regenbremse) ergeben. Hohlräume in der Vermörtelung führen zu schädigendem Wasserstau. Das Wasser kann Kalk aus dem Mörtel herauslösen und so zu Kalkauslaugungen führen.

Auslaugungen sind meistens bedingt durch unsachgemäße Ausführung. Angaben zum Saugverhalten, um den richtigen Mörtel auszuwählen, erhalten Sie vom Hersteller. Vormauerziegel und Klinker müssen je nach Saugverhalten gemäß DIN EN 1996 vor der Verarbeitung vorgesenst 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 Werk trockenmörtel kann das Vornässen entfallen, da dieser durch Zusätze über ein erhöhtes Wasserrückhaltevermögen verfügt. Klinker haben ein geringeres Saugverhalten und sind gefügedichter, dies kann bei falscher Mörtelwahl zum Wässern führen. Daher ist der verwendete Mörtel 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.

Angaben zum Saugverhalten, um den richtigen Mörtel auszuwählen, erhalten Sie vom Hersteller. Werden zudem die Fugenarbeiten entsprechend der Empfehlungen ausgeführt (siehe 4.2.1), lassen sich Schäden vermeiden.



▲ Beispiel Kalkausblühungen



5 BAUPHYSIK

5.1.1 SCHLAGREGENABWEHR

Die Wirksamkeit des Schlagregenschutzes ist bedingt dadurch, dass die Vormauerschale nicht schlagregendicht ist. 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 Einfluss auf die Schlagregensicherheit. Zugelassen sind ebenfalls glasierte Steine oder Steine mit Oberflächenbeschichtungen, deren Frostbeständigkeit nachgewiesen ist.

Entwässerung der Ziegelverblendschale
Klinker und Vormauerziegel sowie Mörtelfugen sind kapillarporös. Das heißt: Es kann prinzipiell Feuchtigkeit transportiert werden. Es entsteht eine horizontale Kapillarwasserleitung, durch die Kapillarität von Wasser und Mörtel wandert die Feuchtezone sehr langsam vor.

Die Feuchtigkeit dringt immer von oben nach unten. Saug- und wasserspeicherfähige Vormauerziegel verzögern das. Da die Regenbeanspruchung der Außenwand mit der Gebäudehöhe zunimmt, tritt die Sättigung der Verblendschale zunächst oben ein, sodass eine Art Selbstdichtung der Außenhaut erfolgt und die Hauptmenge des Wassers an der Außenhaut abfließt. Erst wenn die gesamte Verblendschale gesättigt ist, fließt das eingedrungene Wasser rückseitig ab und kann von den darunter liegenden noch nicht gesättigten Schichten wieder aufgenommen werden. Austretendes Regenwasser über die Entwässerungsöffnungen am Fußpunkt der Ziegelverblendschale kommt äußerst selten vor. Das spricht für eine optimale Schlagregenabwehr der Außenwand, bedingt durch die Wirkungsweise der Ziegelverblendschale und deren bauphysikalischen Eigenschaften. Zur Sicherheit sollten Entwässerungsöffnungen vorgesehen werden.

Trocknung und Kapillarwirkung

Ist Wasser in die Verblendschale eingedrungen, wird es in der sogenannten Trocknungsphase hauptsächlich über die Kapillarwirkung der Verblendziegel und des Fugenmörtels zur Fassadenoberfläche geleitet. Dort verdunstet es. Ist das Mauerwerk nur noch geringfügig feucht, erfolgt die restliche Trocknung über die Wasserdampfdiffusion. Dies geschieht dank der bereits beschriebenen Eigenschaften der Verblendziegel ziemlich schnell, die Gleichgewichtsfeuchte in der Außenschale ist deshalb meistens recht niedrig. Damit der Energieverbrauch und die Emissionen bei der Trocknung gering bleiben, baut man Vormauerziegel mittlerweile häufig mit Lochungen, wobei die Lochungen keinen Einfluss auf die Schlagregenabwehr haben. Ein Nachweis des Tauwasserausfalls ist bei richtiger Ausführung der zweischaligen Verblendmauerschale nicht notwendig.

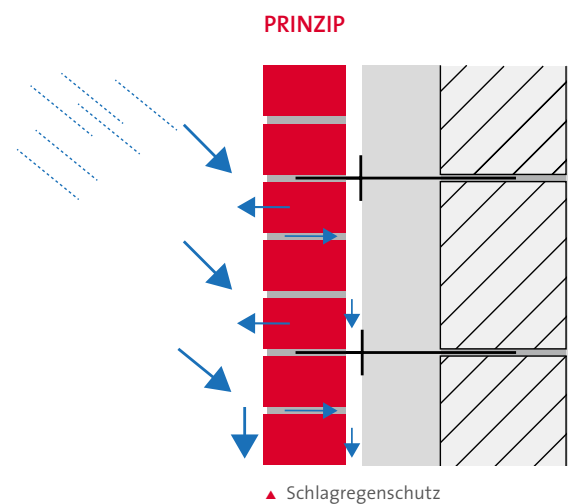


◀ **Wohnhaus ScheinZweig, DE**
 Architektur: Reich + Seiler Freie Architekten BDA, DE
 Fritz-Höger-Preis Nominee
 Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
 Fotos: © Atelier Altenkirch

Planung

Aufgabe ist es, durch planerische und konstruktive Maßnahmen den Übergang von Feuchtigkeit auf die innere Wandschale zu verhindern und eindringendes Wasser sicher abzuführen. Die Maßnahmen umfassen den Einbau von Dichtungen, Sperrschichten und Entwässerungsöffnungen sowie wasserabweisender Dämmstoffe und zugelassener Verankerungen.

Auflager und Berührungspunkte der beiden Mauerschalen müssen so ausgebildet sein, dass kein Wasser übergeleitet werden kann. Wichtig ist die richtige Ausführung: Vormauerziegel sollten vollfugig vermauert werden und die entsprechenden Bearbeitungsempfehlungen / Schutzvorkehrungen müssen beachtet werden (4.4.2).





5.2.1 SCHALLSCHUTZ

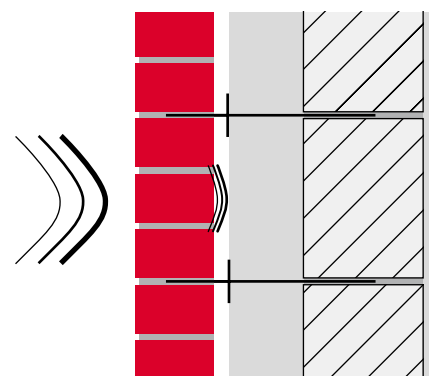
Schall- und Lärmschutz nimmt in unserer heutigen Welt eine wichtige Rolle ein. Gesundheit und Wohlbefinden können davon abhängen, dass man in den „eigenen vier Wänden“ Ruhe hat. In der DIN 4109 geht es um den Schallschutz im Hochbau und das Schalldämmmaß $R'_{w,R}$. Die Schalldämmung eines Bauteils hat wesentlich mit den flächenbezogenen Massen beider Schalen zu tun. Für deren Berechnung nennt die DIN 4109 Wandrohdichten, die von den verwendeten Mauersteinen und von der Rohdichte des für das Mauerwerk genutzten

Mörtels abhängen. Zur Ermittlung werden die Summen beider Schalen inklusive Putzschichten herangezogen. Wenn eine Luft- und Dämmschicht vorhanden ist, kann das Schalldämmmaß um bis zu 8 db erhöht werden.

Zweischalige Außenwände – das lässt sich aufgrund der zuvor dargestellten Kriterien eindeutig feststellen – erzielen klar bessere Schalldämmwerte als einschalige Wände. Sie erreichen wegen ihres mehrschichtigen Aufbaus, der wie ein Masse-Feder-Masse-Schwingungs-

system wirkt, bewertete Schalldämmmaße $R'_{w,R}$ von 57 bis 64 dB und darüber. Massive Schalen in unterschiedlichen Dicken und mit unterschiedlichem Gewicht brechen die Schallwellen und unterbinden Resonanzen. Voraussetzung dafür ist eine effektive Trennung mittels einer Luft- und/oder einer Dämmschicht. Da stören auch Drahtanker und Abfangungssysteme nicht. Sie begrenzen zwar die Schalldämmung etwas, schmälern indes die Vorteile des zweischaligen Schalldämmsystems nicht.

PRINZIP



▲ Schallschutz



◀ **Neubau Besucher- und Kundenzentrum Kärcher-Areal, DE**
Architektur: Reichel Schlaier Architekten
mit Alfred Kärcher GmbH & Co. KG, DE

Fritz-Höger-Preis Winner Silver
Büro-/Gewerbebauten
Fotos: © Brigida González

BEWERTETE SCHALLDÄMMMASSE¹⁾ ZWEISCHALIGEN ZIEGELVERBLENDMAUERWERKS MIT SCHALENABSTAND* > 4,0 CM NACH DIN 4109

Wanddicke (cm)	Rohdichteklasse Innenschale	Normalmörtel		Dünnbettmörtel	
	(kg/dm ³)	Masse m ³⁾ (kg/m ²)	R' _{w,R} ¹⁾ (dB)	Masse m ³⁾ (kg/m ²)	R' _{w,R} ¹⁾ (dB)
11,5 ²⁾ + 17,5	0,7	329	55	321	55
	0,8	346	56	337	56
	0,9	361	56	353	56
	1,2	409	58	391	57
	1,4	415	58	400	58
11,5 ²⁾ + 24	0,7	377	57	365	56
	0,8	399	58	387	57
	0,9	421	58	409	58
	1,2	485	60	461	59
	1,4	503	60	482	60
11,5 ²⁾ + 30	0,7	—	—	—	—
	0,8	—	—	—	—
	0,9	475	60	460	59

* ggf. zwischen den Schalen eingebrachter Dämmstoff wird in Bezug auf die flächenbezogene Masse nicht angerechnet.

¹⁾ Schalldämm-Maß R'_{w,R} ermittelt aus der Summe der flächenbezogenen Massen beider Schalen plus Zuschlag von 5 dB.

²⁾ Ziegelrohddichte der Verblender 1,6 kg/dm³, Wandrohddichte 1540 kg/m³.

³⁾ Zuschlag für Innenputz 25 kg/m²



5.3.1 BRANDSCHUTZ

Für die Anforderungen an den Brandschutz sind die Gebäudeklassen (GK 2–5) entscheidend. Die Anforderungen stehen in den Landesbauordnungen. Bemessungsangaben können dabei je nach Bundesland leicht unterschiedlich ausfallen. Einteilungskategorien sind Art, Fläche und Höhe des Gebäudes. Klare Richtschnur: je höher die Gebäudeklasse, desto höher die Brandschutzanforderungen. An Gebäude (GK 2–3) mit zweischaligen Außenwänden werden keine besonderen bauaufsichtlichen Anforderungen gestellt.

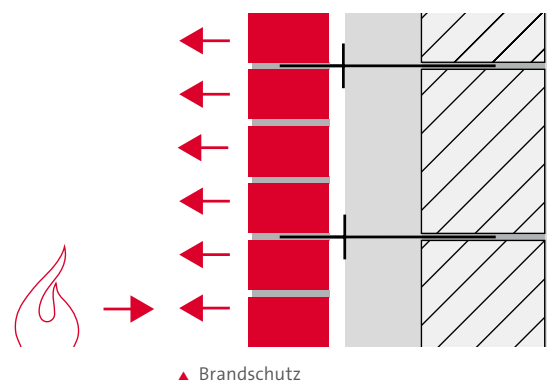
Brandschutz-Vorschriften dienen dazu, die Entstehung von Bränden zu verhindern, die Ausdehnung von Bränden einzugrenzen, Flucht- und Rettungswege vor Feuer zu schützen und Löscharbeiten zu

ermöglichen. Ziegelmauerwerk gilt als ideal, um Wohnungen, Brandabschnitte sowie Räume mit hoher Brandlast zu trennen und Flure und Treppenräume zu sichern. Alles unter der Voraussetzung, die richtigen Produkte eingesetzt und fachgerecht verbaut zu haben.

Wichtig ist zudem, eine innenseitig aufgebrachte Putzschicht beim tragenden Mauerwerk vorzusehen. Damit können bei der Berechnung Werte für verputztes Ziegelmauerwerk angesetzt werden. Ziegelbauteile bestehen hauptsächlich aus nicht brennbarem Material (Baustoffklasse A). Ziegel gelten nach DIN 4102-4 als nicht brennbare Baustoffe. Die Verblendschale wirkt in einem von außen wirkenden Brandfall als effektiver Schutz für die innere Schale. Mörtel nach

DIN EN 998-2 (Normal-, Leicht- und Dünnbettmörtel) sowie mineralische Putze und Leichtputze nach DIN EN 998-1 oder DIN 18550 gelten wie Ziegel als nicht brennbare Baustoffe der Klasse A1. Die geltenden Normen für die Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen sind national in der DIN 4102 und europäisch in der DIN EN 13501 geregelt. Die Anforderungen an das Brandverhalten der einzelnen Baustoffe werden mit einbezogen. Wenn innenliegende organische Dämmmaterialien verwendet werden, werden sie AB benannt. Baustoffe, die nach harmonisierten europäischen Produktnormen produziert und mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet worden sind, fallen in das Klassifizierungssystem DIN EN 13501 (11, 12), das mit der Ergänzung der Bauregelliste 2002 Gültigkeit erlangte.

PRINZIP





◀ **Office tower Flemish Administrative Centre in Ghent, BE**
Architektur: POLO Architects, BE

Fritz-Höger-Preis Nominee
Büro-/Gewerbebauten
Fotots: © Filip Dujardin, POLO Architects

GEBÄUDEKLASSEN NACH MUSTERBAUORDNUNG

Gebäude werden gemäß der Musterbauordnung (MBO) in folgende Gebäudeklassen eingeteilt:

Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
a) freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m ² b) freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude	Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m ²	Sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m	Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m ²	Sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude

Die genannten Gebäudehöhen in der Tabelle beziehen sich auf die Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche.

Gebäudeklasse 1: Keine Anforderungen

Gebäudeklasse 2 + 3: Feuerhemmend (30 min)

Gebäudeklasse 4: Hochfeuerhemmend (60 min)

Gebäudeklasse 5: Feuerbeständig (90 min)

BRANDSCHUTZANFORDERUNGEN AN DIE WÄRMEDÄMMUNG

Zweischalige Außenwand	Gebäudeklassen 4 und 5 – Wärmedämmung		
	Nicht brennbar A	Schwer entflammbar B1	
		≤ 10 ¹⁾	> 10 ¹⁾ und ≤ 20 ¹⁾
Mit Volldämmung und Fingerspalt	Keine Anforderung	Keine Anforderung	Brandsperren
Mit Luftschicht und Dämmung	Brandsperren	Brandsperren	Brandsperren
Mit Luftschicht ohne Dämmung	Brandsperren	Brandsperren	Brandsperren

¹⁾ Schalenabstand in cm, für den Einbau von Brandsperren gelten die Regelungen der DIN 4102-4

6 ENERGIE

6.1.1 ENERGIE

Heutige Bauvorhaben müssen Anforderungen der EnEV und des EEWärmeG berücksichtigen.

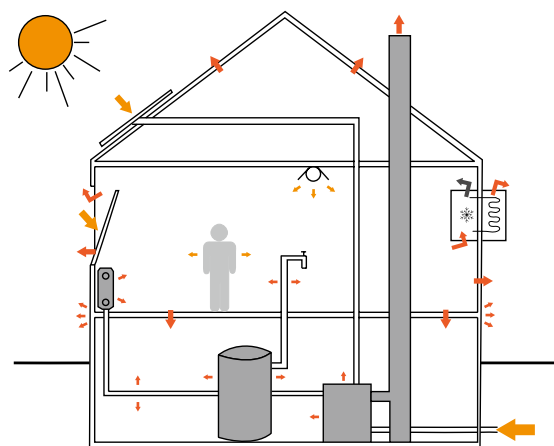
Die aktuelle Energieeinsparverordnung trat am 1. Mai 2014 bzw. am 1. Januar 2016 in Kraft. Auf Grundlage der Meseberger Beschlüsse aus dem Jahr 2007 war der Verordnungsgeber gehalten, nach einer Verschärfung der energetischen Anforderungen von 30 Prozent im Zuge der EnEV-Novelle 2009 erneut Anforderungsverstärkungen von ungefähr 30 Prozent abzubilden. Zusätzlich gilt das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

(EEWärmeG), welches den Einsatz von erneuerbaren Energien fordert oder energetische Ersatzmaßnahmen verlangt. Die seit dem 1. Januar 2016 gültige Energieeinsparverordnung regelt sowohl unmittelbar einige energierelevante Aspekte neu, als auch die wesentlichen Verschärfungen des baulichen Wärmeschutzes. Langfristige Zielsetzung ist eine Reduzierung der CO₂-Emissionen, um mindestens 20 Prozent und eine deutliche Verbesserung der Energieeffizienz zu erreichen. Die Vision für die Zukunft ist, bis 2050 klimaneutrale Gebäude zu errichten.

Verschärfungen der Haupt- und Nebenanforderungen: Die Hauptanforderung an Wohngebäude ist der einzuhaltende Primärenergiebedarf der Wärmebereitstellung für Warmwasser, Heizung und Kühlung. Diese Forderung besteht seit der EnEV 2002. Der zulässige Primärenergiebedarf ist vom Energiebedarf des berechneten Referenzgebäudes abhängig und wurde um 25 Prozent verschärft.

Um einen Energieausweis zu erstellen, ist die energetische Bewertung von Bauteilen entscheidend.

PRINZIP ENERGIESTRÖME



▲ Darstellung der relevanten Energieströme nach EnEV 2014/2016
© Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.

TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE

Höchstwerte des auf die wärmetauschende Hüllfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes H_T für vier verschiedene Gebäudetypen von Wohnungsneubauten, nach EnEV 2014 Anl.1, Tab.2
© Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.



◀ Hessenwaldschule in Weiterstadt, DE
Architektur: wulf architekten, DE

Fritz-Höger-Preis Winner Gold
Energieeffizienz
Fotos: © Brigida González

U-Werte (DIN EN ISO 6946 : 1996)

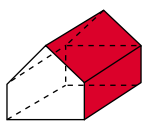
Die U-Wert-Anforderungen beziehungsweise die Referenzanlagentechnik basieren nach wie vor auf den bekannten Kennwerten wie z.B. dem U-Wert der Außenwand von $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, der nach der neuen EnEV bei Neubauten nicht mehr überschritten werden darf.

Hinsichtlich der Festlegungen des Transmissionswärmeverlustes bedient man sich in der EnEV der sogenannten Ankerwertmethode, die sich analog zum Jahresprimärenergiebedarf am Referenzgebäude orientiert.

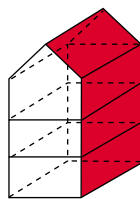
Der Transmissionswärmeverlust der EnEV darf den Referenzwert der EnEV nicht überschreiten. Die Anforderungen wurden um ca. 20 Prozent erhöht.

Zusätzliche Anforderungen der EnEV 2014/2016

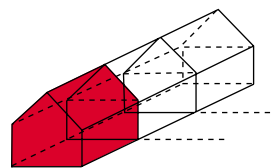
- ▶ Angabe von Energiekennwerten in Immobilienanzeigen.
- ▶ Änderungen in Energieausweisen: Einführung von Energieeffizienzklassen A+ bis H auf der Skala des Energieausweises.
- ▶ Integration der Modernisierungsempfehlungen in die Energieausweisformulare.
- ▶ Angabe des Anteils der erneuerbaren Energien.
- ▶ Aufnahme von Kennwerten in Verbrauchsausweisen für Wohngebäude.
- ▶ Dreistufiges Kontrollsystem für Energieausweise.



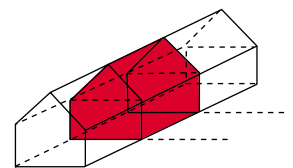
▲ Gebäude freistehend < 350m²
 $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



▲ Gebäude freistehend > 350m²
 $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



▲ DHH/REH einseitig angebaut
 $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



▲ RMH/Baulücke/Erweiterung
 $0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



6.1.1 ENERGIE

Sommerlicher Wärmeschutz

Neu gefasst wurden zudem die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz. Die Regelungen der „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ gelten nunmehr gleichermaßen für Wohn- und Arbeitsräume.

Ein angenehm behagliches Raumklima wird durch Einspeichern und langsames Abgeben der Wärmeenergie aus der Wand an die Umgebung erzielt. Die Wärmespeichermasse der Wand entzieht tagsüber der Raumluft die überschüssige Wärme und beugt so einer Überhitzung vor. Kühlt bei Eintritt der Dunkelheit die Außenluft ab, geben die Wände ihre Wärme wieder ab. Am nächsten heißen Tag können sie erneut ihre Kühlfunktion übernehmen. In der Übergangszeit mit heißen Tages-, aber kühlen Abendstunden wärmen die Ziegelwände das Gebäude.

Ein weiterer Vorteil der hohen Wärmespeicherfähigkeit der Verblendschale ist, dass sich zudem keine Mikroorganismen (Algen/Pilze) an der Fassade ansiedeln.

Wärmebrücken sind thermische Schwachstellen in der Gebäudehülle

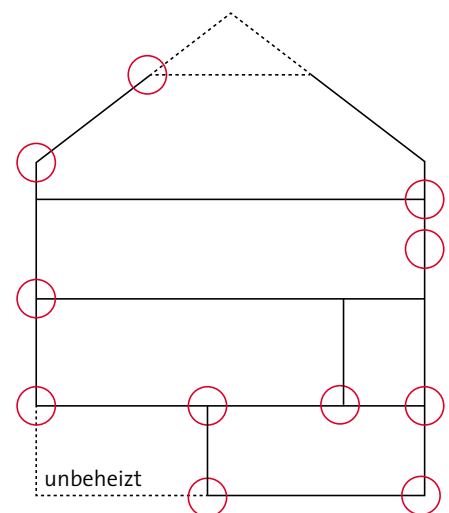
Wärmebrücken führen nicht nur zu Energieverlusten, in ihrer Umgebung sinken die raumseitigen Oberflächentemperaturen der Bauteile. Auf kalten Bauteiloberflächen schlägt sich der Wasserdampf der Luft als Tauwasser nieder. Sinkt diese Temperatur häufig unter $12,6^{\circ}\text{C}$ ab, muss mit Schimmelbildung gerechnet werden.

Die konstruktive Optimierung und wärmetechnische Berechnung von Wärmebrücken sind ein zentrales Thema für die Energieeffizienz.

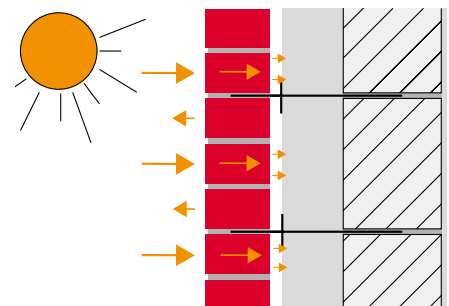
Die Detaillösungen der Arbeitsgemeinschaft „Zweischalige Wand“ gewährleisten Schimmelfreiheit und sind i. d. R. die sicherste und preiswerteste Lösung für energieeffizientes Bauen.

Durch Drahtanker entstehen bei der richtigen Anwendung und Ausführung keine nachweislich relevanten Wärmebrücken.

DARSTELLUNG RELEVANTER WÄRMEBRÜCKEN



▲ Wärmebrücken



▲ Sommerlicher Wärmeschutz



◀ **Wohnhaus am Niederrhein, DE**
 Architektur: Ferreira Verfürth Architekten, DE
 Fritz-Höger-Preis Nominee
 Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
 Fotos: © Julia Vogel

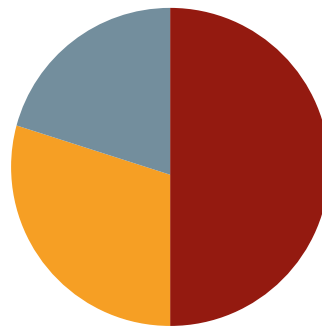
Lüftungswärmeverluste minimieren

Bei den Lüftungswärmeverlusten hat ein Ziegelhaus die Nase vorn, denn verputzte Ziegelwände sind und bleiben lebenslang luftdicht. Eine undichte Gebäudehülle treibt die Verluste unkontrollierbar in die Höhe.

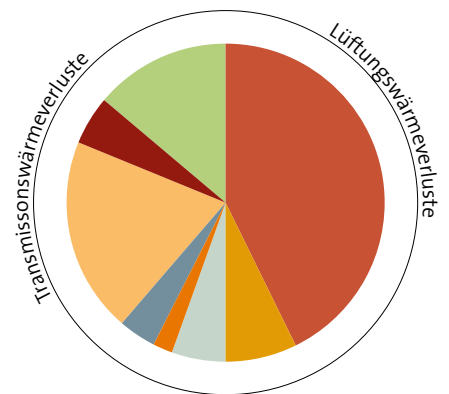
Brennstoff/Heizungsanlage optimieren

Wegen des starken Einflusses der Wärmeerzeugung auf den Primärenergiebedarf muss die Art der Anlagentechnik bereits in einer frühen Planungsphase feststehen.

DARSTELLUNG WÄRMEGEWINNE UND WÄRMEVERLUSTE



- Heizung
- interne Gewinne
- solare Gewinne
- ▲ Wärmegewinne



- Außenwände
- Kellerwände
- Fenster/Haustür
- Dach
- Dachdecke
- Bodenplatte
- Wärmebrücken
- Lüftung

▲ Wärmeverluste
 © Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.



6.1.1 ENERGIE

Novelle des Energieeinsparungsgesetzes

Das EnEG setzt die Rahmenbedingungen für die EnEV fest. Am 13. Juli 2013 ist das 4. Gesetz zur Änderung der Energieeinsparung in Kraft getreten. Fest verankert ist die Grundpflicht zur Errichtung von Neubauten nach einem bisher noch nicht quantifizierten Niedrigstenergiegebäudestandard. Zudem fungiert das EnEG als Berechtigungsgrundlage für weitere Novellierungen in der neuen EnEV 2014/16, wie beispielsweise die neuen Pflichtangaben in Immobilienanzeigen. Im Vordergrund steht hierbei sowohl der Schutz der Gebäudenutzer vor zu hohen Raumlufttemperaturen als auch eine Vermeidung von Maßnahmen zur Klimatisierung von Räumen. Die Verwendung von Ziegel-Vormauerschalen garantiert i. d. R. eine Einhaltung der Anforderungen des sommerlichen Wärmeschutzes und trägt nicht zuletzt zu einem angenehmen Raumklima bei.

6.2.1 VORTEILE

Zusätzliche Maßnahmen zur Energieeinsparung sind der Einsatz erneuerbarer Energien, beispielsweise: Solarenergienutzung, hochwärmedämmende Fenster, Wärmepumpennutzung, Brauchwasseraufbereitung. Eine wärmebrückenfreie Konstruktion und somit dichte Gebäudehülle ist bei der Ausführung unabdingbar.

Vorteile

Die Ausführung der zweischaligen Wand erfüllt problemlos die neuen Anforderungen der EnEV. Die geforderten U-Werte sind schon mit einer 10 cm dicken Dämmschicht zu erfüllen. Im hiesigen Klima muss einer verlustminimierten Bauweise der Vorzug vor einer solargewinnmaximierten gegeben werden, d.h. die Dämmeigenschaften der Gebäudehülle stehen an erster Stelle. Die Energieeinsparverordnung belohnt eine sorgfältige Planung.

Über eine Energiebilanz sind alle Wärmeverluste und Wärmegewinne eines Hauses nachzuweisen. Dabei darf die Differenz aus Verlusten und Gewinnen einen von der Gebäudegeometrie abhängigen Grenzwert für den Primärenergiebedarf nicht überschreiten.

Ermittelt werden dabei der Heizwärmebedarf, die Heizenergie zur Warmwasserbereitung, die Wärmeverluste der Heizungsanlage sowie die Energieverluste, die bei der Gewinnung, der Umwandlung und dem Transport des Brennstoffes entstehen.

Wirtschaftlichkeit aus Energie: Das Verhältnis von Konstruktion (Wandaufbau und Dämmung) und Anlagentechnik müssen gut aufeinander abgestimmt werden. Nur eine Erhöhung der Dämmdicke ist ineffektiv.



◀ **Landhaus Klein Waabs, DE**
Architektur: Meyer Terhorst Architekten, DE

Fritz-Höger-Preis Nominee
Einfamilienhaus/Doppelhaushälfte
Fotos: Meyer Terhorst Architekten, Werner Gritzbach

U-WERTE

Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m·K)		U-Wert in W/(m²·K) Mauerwerk der Tragschale (innen) t 24 cm Dämmstoffdicke cm		
Tragendes Mauerwerk	Dämmstoff	8	14	20
0,96/0,81	0,035	0,34	0,22	0,16
	0,027	0,26	0,16	0,12
0,58	0,035	0,33	0,21	0,15
	0,027	0,25	0,16	0,11
0,50	0,035	0,32	0,21	0,15
	0,027	0,25	0,16	0,11
0,45	0,035	0,31	0,20	0,15
	0,027	0,24	0,15	0,11
0,42	0,035	0,31	0,20	0,15
	0,027	0,24	0,15	0,11
0,39	0,035	0,31	0,20	0,15
	0,027	0,24	0,15	0,11
0,21	0,035	0,26	0,18	0,14
	0,027	0,21	0,14	0,11
0,18	0,035	0,25	0,18	0,13
	0,027	0,20	0,14	0,10
0,16	0,035	0,24	0,17	0,13
	0,027	0,20	0,13	0,10
0,14	0,035	0,23	0,16	0,13
	0,027	0,19	0,13	0,10
0,11	0,035	0,21	0,15	0,12
	0,027	0,17	0,12	0,10
0,08	0,035	0,18	0,14	0,11
	0,027	0,15	0,11	0,09

¹⁾ Tabelle: U-Werte von zweischaligem Mauerwerk mit Dämmstoff (Fingerspalt).
Die Wärmeleitfähigkeit der Vormauerung ist mit 0,68 W/(m²·K) angenommen EnEV – DIN 4108
DIN EN ISO 6946 : 1996

Nutzen Sie den U-Wert Rechner auf

► backstein.com/architekten/u-wert-berechnung

7 ELEMENTBAU

7.1.1

BAUEN MIT FERTIGTEILEN

Gestalterische Vielfalt lässt sich gut mit Fertigteilkonstruktionen erreichen. Das ist dann mehr als reiner Mauerwerksbau. Der Einsatz von Ziegelfertigteilen ist immer dann sinnvoll, wenn bestimmte Vorhaben im herkömmlichen Mauerwerksbau zu komplex oder gar unmöglich sind. In diesem Fall greift man auf individuell gefertigte Bauteile zurück, die in Form und Fugenbild vorproduziert und exakt auf Maß gebracht wurden. Sie lassen sich passgenau ins Mauerwerk einfügen. Solche Ziegelfertigteile werden oft mit einer handwerklich hergestellten Vormauerschale kombiniert. Ihr Vorteil liegt im Bereich der Statik: Sie erleichtern

das Abtragen von Lasten und die Abdeckung gegen Schlagregen – und bewahren dennoch die gewünschte Backstein-Optik.

Sind also besondere geometrische Formen gewünscht, die mit einer herkömmlichen Bauweise nur schwer oder gar nicht umsetzbar sind, können Ziegelfertigteile die Lösung sein. Sie bieten ein großes Gestaltungspotenzial und sind werksseitig äußerst präzise vorgefertigt. Ausführungsfehler bei Sichtmauerwerksfassaden werden mit ihnen weitgehend ausgeschlossen. Vor allem komplizierte Bauteile wie Bögen,

Abfangungen, übergroße Spannweiten, horizontal gekrümmte Bauteile und Zierbauteile sind so einfach zu gestalten. Alle Elemente lassen sich individuell objektbezogen planen und herstellen – und zwar parallel zum Bauverlauf. Verwendbar sind alle Sorten von Vormauerziegeln, die Einsatzbereiche umfassen alle Bauaufgaben inklusive denkmalgeschützter Gebäude.

Fertigteile aus einem tragenden Stahlbetonkern und einer Vormauerschale, die aus Riemchen besteht, werden am häufigsten genutzt. Beim sogenannten „Negativverfahren“ werden Vormauer-

AUSFÜHRUNG FERTIGTEILE



▲ Beispielhafte Variationen von Fertigteilen



◀ **Umbau Atelierhaus Dubsstrasse, CH**
Architektur: Boltshauser Architekten AG, CH

Fritz-Höger-Preis Winner Gold
Büro-/Gewerbebauten
Fotos: © Beat Bühler

7.2.1 FENSTERSOHLBANK

ziegel zu Riemchen geschnitten, dann im Negativ in eine entsprechende Schalung gelegt. Anschließend wird oben Beton eingefüllt. Die Elemente werden entweder in aufgelegter Form in der Vormauerschale oder mit Abhängesystemen an die dahinter liegende, tragende Stahlbetonkonstruktion befestigt. Die Vormauerziegel für die Fertigteilelemente sollten stets aus der Produktions-Charge stammen, die auch am Gebäude verarbeitet wird. Die vorgefertigten Elemente sind nicht verfugt, man sollte sie mit dem gleichen Mörtel verfugen, der für das konventionelle Mauerwerk genutzt wird. So werden Farbunterschiede vermieden.

Fensterbankrollschichten sind mit Fertigteilen problemlos zu erstellen. Die Anforderungen an die Ausführung von Fensterbänken als Backsteinrollschicht sind hoch. Die Fugen müssen hohlraumfrei sein und entsprechend verdichtet werden, um Schäden vorzubeugen. Vorgefertigte Fenstersohlbänke vermeiden Durchfeuchtungen und verhindern Verarbeitungsfehler. Die Elemente werden dabei objektbezogen gefertigt.

Werden Gefälle und Überstand entsprechend eingehalten, treten meist keine Probleme mit dem Mörtel auf und eine Langlebigkeit ist gewährleistet.

Die Fensterbänke reichen bis zur Hintermauerschale; Fensterrahmen und Laibungen lassen sich dauerelastisch versiegeln. Die Form der Sohlbänke ist dabei variabel.

Zu beachten ist: Für Außenfensterbänke müssen ein Gefälle von mindestens 5 Grad und ein Überstand von 4 cm eingehalten werden.

Vor allem bei manuell gefertigten Sohlbänken als Rollschicht auf der Baustelle sind diese Vorgaben unbedingt für die Langlebigkeit zu beachten. Die Kontaktflächen von Sohlbank und Innenschale sind durch Sperrfolien zu trennen.

AUSFÜHRUNG FENSTERBANK



▲ Fertigteil Fensterbank



7.2.2

VERBLENDSTURZ

Öffnungen im Verblendmauerwerk müssen lastabtragend überdeckt werden. Fertigteilstürze eröffnen neue Dimensionen konstruktiver und gestalterischer Möglichkeiten für das Verblendmauerwerk.

Scheitrechter Bogen

Ein sogenannter scheitrechter Bogen ist aufgrund seiner geringen Tragfähigkeit lediglich für Spannweiten von bis zu 1,25 m geeignet. Seine Stabilität bezieht der scheitrechte Bogen aus dem Bogenbau-Konstruktionsprinzip. Die Erstellung ist sehr aufwendig und wird heute selten angewandt. Er wird mit einer Stichhöhe von einem Prozent der Spannweite ausgeführt, damit er nach dem Schwinden des Mörtels nicht durchhängt.

Grenadierstürze

Grenadierstürze sind leicht herzustellen. Stehende Rollschichten mit gleich verlaufenden Fugen werden dabei meistens eingesetzt. Die manuelle Ausbildung vor Ort erfolgt durch das Aufsetzen der Mauersteine hochkant auf ein provisorisches Holzgestell. Das Überbindemaß hat hier keinen Einfluss. Sie sind nicht tragend und dürfen nur anhand von Hilfskonstruktionen ausgeführt werden. Die Verwendung eines Stahlwinkels zur Sicherung der Rollschicht ist bis zu ca. 2 m zulässig.

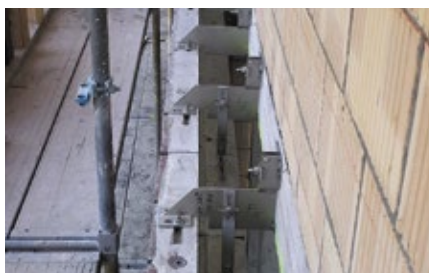
Als optimal bei der Ausbildung von Stürzen im Verblendmauerwerk gelten Fertigteilstürze. Andere Überdeckungen sind aber ebenfalls möglich, jedoch meist schadensanfälliger und aufwendiger in der Ausführung.

Mit Grenadierstürzen mit Fugenbewehrung lassen sich Maueröffnungen ebenfalls überdecken. Der Stahl nimmt die Zugspannungen im unteren Bereich des gemauerten Sturzes auf. Der Sturz kann dabei als Grenadierschicht oder als Läufersturz ausgebildet werden. Beim Grenadiersturz müssen die Ziegel untereinander mit Luftschichtankern vernadelt werden. Die Entwässerung der Vormauerschale ist oberhalb des Sturzes durchzuführen. Um die Innenschalen von zweischaligen Außenwänden auch im Bereich der Fenster- und Türstürze gegen Feuchtigkeit zu schützen, sind oberhalb der Stürze Dichtungsbahnen notwendig. Sie müssen an der tragenden Innenwand befestigt und in der Hohlachse mit Gefälle nach außen verlegt sowie in die Lagerfuge der Vormauerschale eingebettet werden.

AUSFÜHRUNG STÜRZE



▲ Sturzbewehrungssystem
© Elmenhorst



▲ Abgehängter Sturz



▲ Ziegelfertigteilsturz



◀ **Wohnbebauung mit Kinderhaus, DE**
Architektur: Palais Mai, DE

Fritz-Höger-Preis Winner Silver
Wohnungs-/Geschosswohnungsbau
Fotos: © Simon Jüttner/
Sebastian Schels / PK Odessa Co.

Fertigteilstürze bieten eine große Bandbreite konstruktiver und gestalterischer Möglichkeiten für das Verblendmauerwerk. Sie bestehen aus einem tragenden Stahlbetonkern und einer vorgesetzten Mauerschale, die machen Abfangungen über große Spannweiten möglich. Fertigteilstürze sind werksseitig mit Montageösen ausgestattet, bei Ziegelfertigteilstürzen werden Riemchen in einer Matrice ausgerichtet, eine Bewehrung eingelegt und mit Beton ausgegossen. Die profilierte Rückseite der Riemchen sorgt für eine Verzahnung mit dem Beton und somit für dauerhafte Verbundwirkung.

Die Bewehrung wird auf Stelzen gesetzt, damit die notwendige Mindestüberdeckung mit Beton eingehalten wird. Weil Fertigteilstürze mit einer integrierten

Wärmedämmung an der Rückseite ausgestattet werden können, sind sie für besonders effiziente Energiesparhäuser bestens geeignet. Wärmebrückenprobleme im Bereich des Fensteranschlusses lassen sich so optimal lösen. Bei der Befestigung der Fertigteilstürze unterscheidet man grundsätzlich zwei Befestigungsvarianten: Fertigteilstürze, die in der Ebene der Vormauerschale beidseitig aufgelagert werden, können maximal Öffnungen von bis zu 4 m Breite überdecken. Bei größeren Öffnungen sowie bei höheren Belastungen werden abgehängte Sturzbalken verwendet, die mittels Winkelkonsolen oder Hängezugankern als Überdeckung an der tragenden Hintermauerkonstruktion abgehängt werden. Ziegelfertigteilstürze können eine Last von bis zu zwei Vollgeschossen

aufnehmen. Damit Zwangsspannungen keine Risse in der Vormauerschale verursachen, muss man die mit dem Hintermauerwerk befestigten Fertigteilstürze durch vertikal angeordnete Dehnungsfugen vom angrenzenden Mauerwerk trennen. Der Grund liegt in den unterschiedlichen Verformungseigenschaften der beiden Schalen: Die tragende Innenschale unterliegt bisweilen Kriech- und Schwindverformungen, die Vormauerschale kann thermohygrische Längenänderungen aufweisen.

LITERATURQUELLEN

- ▶ DIN EN 1996, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten
- ▶ DIN 4172: Maßordnung im Hochbau
- ▶ DIN EN 771-1: Festlegungen für Mauersteine – Teil 1: Mauerziegel
- ▶ DIN 20000-401: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 401: Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1
- ▶ DIN EN 845: Festlegungen für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk
- ▶ DIN EN 998-2: Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 1: Mauer-
mörtel
- ▶ DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- ▶ DIN 4109: Schallschutz im Hochbau
- ▶ DIN EN 13501: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
- ▶ DIN 18165: Faserdämmstoffe für den Hochbau
- ▶ DIN 18533: Abdichtung von erdbe-
rührten Bauteilen sowie in und unter
Wänden
- ▶ DIN 18580: Baustellenmörtel
- ▶ DIN 52252-1: Prüfung der Frostwider-
standsfähigkeit von Vormauerziegeln
und Klinkern
- ▶ EnEV 2014: Energieeinsparverordnung
- ▶ EEWärmeG: Erneuerbare-Energien-
Wärmegesetz
- ▶ DIN EN ISO 6946 : 1996
- ▶ DIN 4108: Wärmeschutz und Energie-
einsparung in Gebäuden
- ▶ ATV DIN 18330: Allgemeine Rege-
lungen für Bauarbeiten jeder Art
- ▶ DIN V 18599
- ▶ www.backstein.com

Zu beachten sind zusätzlich die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ), die Bauregel-
listen (bauordnungsrechtliche Veröffentlichungen
des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt)) und
die Angaben der Hersteller.

IMPRESSUM

Herausgeber

Zweischalige Wand Marketing e. V.
Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.
Reinhardtstraße 12–16 | 10117 Berlin
T 030/5 20 09 99-0 | F 030/5 20 09 99-28
zwm@ziegel.de | www.backstein.com

Konzept, Redaktion und Gestaltung

Janina Umbreit, M.A. (Arch)
Michael Hagel, M.A.
Kopfkunst, Agentur für Kommunikation GmbH
Am Mittelhafen 10 | 48155 Münster

Dr. Dieter Figge
Ziegelzentrum NordWest e. V.
Eggestraße 3 | 34414 Warburg

Technischer Beirat

Dr. Christina Hagemeister
Dipl.-Ing. Michael Brückner
Dipl.-Ing. Horst Klockgeher

Die Autoren haben diese Broschüre nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Gleichwohl können inhaltliche und technische Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Alle Angaben erfolgen daher ohne Gewähr. Mit Erscheinung dieser Auflage verlieren die bisherigen Ausgaben ihre Gültigkeit.

2. Auflage
Münster, Juni 2019

Bildnachweise Titel

Mitte oben: Villa Venlo, Toebosch Architectuur, NL © Egon Notermans, ZEBRA
Einreichungen im Rahmen des Fritz-Höger-Preises:

Unten links: Adickesallee, Stefan Forster Architekten, DE © Lisa Farkas

Unten rechts: Wohnhaus am Marianum, Fiederling Habersang Architekten, CH
© Hagen Stier

Weiteres Informationsmaterial
und ausführliche Artikel zum Bauen
mit Backstein finden Sie unter:

► [backstein.com](https://www.backstein.com)



*Achten Sie auf
dieses Zeichen.*

**Bauen mit Backstein –
Zweischalige Wand Marketing e.V.**

Reinhardtstraße 12–16

10117 Berlin

T 030/5 20 09 99-0

F 030/5 20 09 99-28

www.backstein.com

Das **Markenzeichen** steht für die hohe Qualität der zweischaligen Wand. Es zeichnet Produkte und Leistungen aus, die wir zum Bau einer zweischaligen Wand empfehlen. Es weist auf Ihre qualitätsbewussten Hersteller, Händler und Verarbeiter hin. Das Zeichen gibt Ihnen so Orientierung, wann immer es um zweischaliges Bauen mit Backstein geht.

Diese Broschüre soll Lust zum Bauen mit Backstein machen. Wie entsteht ein qualitativ hochwertiger Mauerwerksbau? Welche Vorteile hat das Bauen mit Backstein? Antworten auf diese Fragen und vieles mehr bekommen Sie in dieser Broschüre. Weitere Informationen erhalten Sie bei:

Bauen mit Backstein – Zweischalige Wand Marketing e.V.

DEPPE
BACKSTEIN - KERAMIK

Deppe Backstein-Keramik GmbH

Neuenhauser Straße 82 | 49843 Uelsen-Lemke

T 0 59 42/92 10-0 | F 0 59 42/92 10-44

www.deppe-backstein.de | info@deppe-backstein.de