

The logo for ZIEGEL, featuring the word "ZIEGEL" in a bold, dark blue sans-serif font. The letter "E" is stylized with three horizontal orange bars of varying lengths, creating a graphic element that resembles a brick or a window frame.

**ZIEGEL**

**LEXIKON**  
MAUERWERK  
2020





# **ZIEGEL LEXIKON MAUERWERK**

**AUSGABE 2020**

Ziegel Zentrum Süd e.V.  
Beethovenstraße 8  
80336 München  
info@ziegel.com  
www.ziegel.com



## IMPRESSUM

Das Ziegel Zentrum Süd e. V. hat sich als Zentrum der Wissensvermittlung auf dem Gebiet des Bauens mit Ziegel etabliert. ProfessorInnen und Studierende der Architektur und des Bauingenieurwesens sowie weiterer bautechnischer Studiengänge von 28 Hochschulen in Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland nehmen an Exkursionen, Tagungen und Seminaren teil, die das Ziegel Zentrum Süd in Kooperationen mit all diesen Hochschulen konzipiert, organisiert und durchführt. Mehrere Lehraufträge im Mauerwerksbau ergänzen dieses vielfältige Angebot. Für manche dieser Veranstaltungen werden aufwendige Broschüren erarbeitet. Zusätzlich werden Fachschriften auf den Themengebieten der Bauphysik, Bemessung oder Baukonstruktion herausgegeben.

Viele Jahre lang hat das Ziegelforum e. V. als Vorgängerorganisation des Ziegel Zentrum Süd e. V. das „Ziegelllexikon“ (Autor: Dipl.-Ing. Arch. Walter Noack) herausgegeben. Mit Ausgabe 2007 hat das Ziegel Zentrum Süd diese Tradition aufgenommen und das "Ziegelllexikon Mauerwerk" neu konzipiert. Es dokumentiert fortan das aktuelle technische Wissen zum Bauen mit Mauerziegel.

**Unverbindliche Preisempfehlung:** 9,99 EUR



Die Herstellung und das Papier des Ziegelllexikons sind zertifiziert nach den Kriterien des Forest Stewardship Councils® (FSC®). Das FSC schreibt strenge Kriterien bei der Waldbewirtschaftung vor und vermeidet damit unkontrollierte Abholzung, Verletzung der Menschenrechte und Belastung der Umwelt. Da die Produkte mit FSC-Siegel verschiedene Stufen des Handels und der Verarbeitung durchlaufen, werden auch Verarbeitungsbetriebe von Papier, z.B. Druckereien, nach den Regeln des FSC zertifiziert.

### Herausgeber

Ziegel Zentrum Süd e.V.  
Beethovenstraße 8 – 80336 München  
info@ziegel.com – www.ziegel.com

### Autor <sup>1) 2)</sup>

Dipl.-Ing. (FH) Michael Pröll  
Technischer Geschäftsführer  
Ziegel Zentrum Süd e.V.

### Umschlagentwurf

D.SIGNstudio edigna aubele, München

### Druck

G. Peschke Druckerei GmbH, München

### Ausgabe 2020

München, Januar 2020

### ISSN 2193-293X

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten: <http://dnb.d-nb.de>

### Urheberrechte

Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Das Copyright liegt beim Herausgeber, dem Ziegel Zentrum Süd e.V. Veröffentlichungen bedürfen der Zustimmung des Herausgebers.

### Quellen

Inhalte des Ziegelllexikons basieren unter anderem auf Fachinformationen des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie, der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel, der Produktgruppen sowie der Mitglieder des Ziegel Zentrum Süd e.V. Darüber hinaus wurden Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerksbau (DGfM) sowie des Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) verwendet. Weitere Quellenangaben sind gesondert im Text vermerkt.

### Haftungshinweise

Für Aktualität, Korrektheit und Vollständigkeit der hier veröffentlichten Informationen wird keine Gewähr übernommen. Haftungsansprüche, die sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, welche durch die Nutzung oder Nichtnutzung der veröffentlichten Informationen oder durch die Nutzung fehlerhafter oder unvollständiger Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen.

1) Grafik, Layout und Satz erstellt durch o.g. Autor unter Verwendung von Adobe Systems, Creativ Suite CS5, teacher edition

2) Zeichnungen erstellt durch o.g. Autor unter Verwendung von Graphisoft ARCHICAD, Start Edition 2012



## EINFÜHRUNG

### ZIEGELMAUERWERK – INNOVATIV, VIELSEITIG UND NACHHALTIG!

Die derzeitigen Anforderungen an Gebäude verlangen Baustoffe, die hochwertiges, anwendungsfreundliches Bauen gewährleisten. Mit dem breiten Spektrum an Ziegelprodukten lassen sich Gebäude auf technisch und gestalterisch sehr anspruchsvollem Niveau erstellen. Neben Tragfähigkeit, Wärme-, Schall- und Brandschutz ist der Begriff Nachhaltigkeit in aller Munde und fordert Bauen unter ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Aspekten. Ein Anspruch dem die Ziegelbauweise seit jeher nachkommt!

Innovative Ziegelprodukte, hochwärmedämmende Planziegel, in der neuesten Generation mit rein mineralischen Dämmstoffen gefüllt, halten all den oben genannten Anforderungen in einem Produkt stand. Planziegel verfügen über planeben geschliffene Lagerflächen und erlauben die Ausführung mit Dünnbettmörtel. Dadurch kann wesentlich höhere Druckbeanspruchung vom Mauerwerk aufgenommen werden. Ziegelaußenwände haben so hohe Tragfähigkeitsreserven, dass selbst 5- bis 6-geschossige Gebäude ausführbar sind. Gleichzeitig läßt sich in einschaliger Bauweise der bauordnungsrechtlich geforderte Brand-, Schall-, Feuchte- und Wärmeschutz sicher erfüllen. Der Wärmeschutz wurde durch die Energieeinsparverordnung 2009 im Durchschnitt um 30% sowie zuletzt 2016 um weitere 20 % verschärft. Daneben trägt Mauerziegel als schadstofffreier Naturbaustoff mit äußerst geringem Feuchtegehalt sowie diffusionsoffenem Kapillargefüge zu einem behaglichen, gesunden Raumklima bei. Eine Vielseitigkeit, die unter Wandbaustoffen einzigartig ist!

Doch Ziegel kann mehr: Die Herstellung von Ziegeln ist ein kontinuierlichen Innovationsprozess unterworfen. Ständig optimierte Produkte und Herstellungsverfahren sind den sich fortlaufend ändernden Anforderungen, gelegentlich aber auch individuellen Kundenwünschen geschuldet. Durch die Zusammensetzung der Rohstoffe, die Formgebung und den Brennprozess werden dem Ziegel während der Herstellung genau die Eigenschaften verliehen, mit denen er entsprechend seines Einsatzbereichs nach dem Einbau bestimmte Anforderungen über viele Jahrzehnte hinweg verlässlich erfüllt. So eignen sich dämmstoffgefüllte Planziegel der neuesten Generation aufgrund ihrer hervorragenden Wärmedämmeigenschaften für die Umsetzung des EU-weit angestrebten und ab 2020

verbindlich geforderten Niedrigstenergiestandards. Schon seit mehreren Jahren dokumentieren eine Reihe erfolgreich umgesetzter Projekte, dass gerade Ziegel für die nachhaltige Ausführung solcher energieeffizienten Gebäude prädestiniert sind – egal ob einschalig oder mit Klinkerverblendschale. Ziegelkonstruktionen führen aufgrund hoher Dauerhaftigkeit und Wertstabilität zu günstigeren Lebenszykluskosten als Konstruktionen aus anderen Wandbaustoffen. Neben staatlich geförderten KfW-Effizienzhäusern erfreuen sich auch Passivhäuser, Sonnenhäuser und Plusenergiehäuser zunehmender Beliebtheit. All diese Standards sind bereits in Ziegelbauweise realisiert - sowohl als Einfamilienhaus wie auch als Mehrfamilienhaus. Dabei verhelfen massive, hochwärmedämmende Ziegelaußenwände zu einer Gebäudenutzung mit äußerst geringem Heizwärmebedarf, der eine Raumtemperierung durch regenerative Energieträger zulässt.

Auch im Bereich des Schallschutzes ist Bauen mit Ziegel sicher anwendbar. Neben klassischen Schallschutzziegeln, die eine hohe Ziegelrohndichte aufweisen, lassen sich Wohnungs- und Haustrennwände, die eine besonders gute Schalldämmung gewährleisten müssen, ebenso mit großformatigen Planfüll- und Schalungsziegeln realisieren. Diese werden nach dem geschosshohen Aufmauern mit fließfähigem Beton vergossen und genügen selbst erhöhten Schallschutzanforderungen.

Vormauerziegel, Klinker und vorgehängte Fassaden aus Ziegelplatten sind in einer sehr vielfältigen Auswahl an Farben, Strukturen und Formen erhältlich und ermöglichen neben fast grenzenloser kreativer Freiheit robuste, langlebige und wartungsfreie Fassaden.

Der Gebäudebestand lässt sich gerade mit langlebigen Ziegelprodukten sehr gut energetisch sanieren. Ob mit Produktinnovationen, die beispielsweise als massive Wärmedämmfassade (WDF) in Form von dünnen Vormauerschalen aus perlitegefüllten Ziegeln den Altbestand energetisch und gleichzeitig optisch erneuern oder mit altbewährten Methoden wie zeitgemäß gedämmten vorgehängten Fassaden aus Ziegelplatten oder kerngedämmten Verblendschalen aus Klinkern – Bauen mit Ziegel ist in vielen Dimensionen möglich – ob Neubau oder Altbau, Wohnungsbau oder Nichtwohnungsbau – innovativ, vielseitig und nachhaltig!



## INHALTSVERZEICHNIS

|   |    |
|---|----|
| IMPRESSUM .....   | 03 |
| EINFÜHRUNG .....  | 05 |
| ZIEGELMAUERWERK - INNOVATIV, VIELSEITIG UND NACHHALTIG! .....                                   | 05 |
| INHALTSVERZEICHNIS .....  | 07 |
| MAUERZIEGEL .....   | 11 |
| HERSTELLUNG VON ZIEGELN .....   | 11 |
| ZIEGEL ALS BAUSTOFF .....   | 12 |
| ALLGEMEINE DEFINITIONEN UND BEGRIFFE .....  | 12 |
| ANFORDERUNGEN AN MAUERZIEGEL .....  | 15 |
| 1. Produktdeklaration .....   | 15 |
| 2. Maße und Grenzabmaße .....   | 16 |
| 3. Form und Ausbildung (Innere Geometrie) .....   | 17 |
| 4. Brutto- und Nettotrockenrohichte .....   | 20 |
| 5. Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerflächen .....  | 21 |
| 6. Verwendbarkeit von Mauerziegeln in deutschen Erdbebengebieten .....                          | 21 |
| 7. Weitere Anforderungen an Mauerziegel und Keramikklinker .....                                | 22 |
| MAUERZIEGEL UND ERGÄNZUNGSPRODUKTE .....  | 23 |
| 1. Mauerziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401 .....                          | 23 |
| 2. Mauerziegel nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung .....                               | 23 |
| 3. Ergänzungsprodukte, Sonderziegel, Zubehör .....  | 26 |
| BAUPHYSIK .....   | 34 |
| WÄRMESCHUTZ .....   | 34 |
| 1. Winterlicher Wärmeschutz .....   | 34 |
| 2. Gebäudeenergiegesetz, Energieeinsparverordnung und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz .....    | 38 |
| 3. Mindestwärmeschutz .....   | 40 |
| 4. Wärmebrücken .....   | 40 |
| 5. Luftdichtheit .....  | 41 |
| 6. Sommerlicher Wärmeschutz .....   | 41 |
| 7. Energieeffiziente Standards in Ziegelbauweise .....  | 42 |
| 8. Ziegelprodukte für die energetische Sanierung von Fassaden und den Neubau .....              | 50 |
| FEUCHTESCHUTZ .....   | 52 |
| 1. Abdichtung von erdberührten Kelleraußenwänden aus Mauerwerk nach DIN 18533 (Jul. 2017) ..... | 52 |
| 2. Allgemeine Planungsgrundsätze .....  | 52 |
| 3. Anforderungen an den Untergrund .....  | 52 |
| 4. Schutz der Abdichtungsschicht .....  | 52 |
| 5. Wahl der Abdichtungsbauart .....   | 53 |
| 6. Wassereinwirkungsklassen nach Tab. 1, DIN 18533-1 .....                                      | 53 |
| 7. Ausführungsempfehlungen .....  | 55 |
| 8. Rissklassen, Rissüberbrückungsklassen .....  | 58 |
| 9. Raumnutzungsklassen .....  | 58 |
| 10. Abdichtungsbauarten .....   | 59 |

|  |     |
|--|-----|
| SCHALLSCHUTZ .....   | 60  |
| 1. Schutz gegen Außenlärm .....  | 60  |
| 2. Schutz gegen Schallübertragung im Innenbereich .....  | 61  |
| 3. Berechnung der Luftschalldämmung von Mauerwerk aus Hochlochziegeln<br>nach DIN 4109-2 (Jan. 2018) ..... | 62  |
| 4. PC-Rechenprogramm für die Berechnung der Luftschalldämmung nach DIN 4109-2 (Jan. 2018) .....            | 65  |
| 5. Ausführungsvorschläge für die Umsetzung des baulichen Schallschutzes .....                              | 65  |
| 6. Wohnungstrennwände aus Planfüllziegeln .....  | 66  |
| 7. Ziegel-Innenwand-System (ZIS) .....   | 68  |
| 8. Zweischalige Haustrennwände .....   | 69  |
| BRANDSCHUTZ .....  | 70  |
| 1. Bauordnungsrechtliche Anforderungen .....   | 70  |
| 2. Brandschutztechnische Einstufung von Ziegelmauerwerk .....  | 72  |
| 3. Brandwände aus Ziegelmauerwerk .....  | 73  |
| VERFORMUNG .....   | 74  |
| WIRTSCHAFTLICHKEIT .....   | 75  |
| 1. Entwicklung des rationellen Bauens mit Ziegel .....   | 75  |
| 2. Herstellkosten und Lebenszykluskosten im Vergleich .....  | 76  |
| NACHHALTIGKEIT .....   | 77  |
| 1. Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden .....   | 77  |
| 2. Umwelt-Produktdeklarationen .....   | 77  |
| 3. Technische Bewertung .....  | 78  |
| 4. Ökologische Bewertung .....   | 79  |
| 5. Recycling und Verwertung .....  | 80  |
| MAUERWERK .....  | 81  |
| BEMESSUNG VON MAUERWERK .....  | 81  |
| 1. Teilsicherheitskonzept .....  | 81  |
| 2. Ermittlung der Einwirkungen .....   | 81  |
| 3. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal und durch Wind beanspruchte Wände .....                    | 82  |
| 4. Unbewehrtes Mauerwerk unter Schubbeanspruchung .....  | 86  |
| 5. Vereinfachte Berechnungsmethode für horizontal durch Erddruck beanspruchte Kellerwände .....            | 88  |
| AUSFÜHRUNG .....   | 89  |
| 1. Lager-, Stoß- und Längsfugen .....  | 89  |
| 2. Verbandsregeln .....  | 89  |
| 3. Maßordnung im Hochbau nach DIN 4172 .....   | 90  |
| 4. Formate .....   | 91  |
| 5. Mauerwerksverbände .....  | 92  |
| 6. Materialbedarf für Ziegelmauerwerk am Beispiel oft verwendeter Formate .....                            | 95  |
| 7. Planziegelmauerwerk .....   | 96  |
| 8. Vorgefertigte Wandelemente aus Ziegelmauerwerk .....  | 103 |
| 9. Schlitz- und Aussparungen .....   | 106 |
| 10. Befestigungstechnik .....  | 108 |
| 10.1 Bohrmontage .....   | 108 |
| 10.2 Einlegetechnik .....  | 116 |
| TRAGENDE WÄNDE .....   | 117 |
| 1. Monolithische (einschalige) Ziegelaußenwände .....  | 117 |
| 2. Kellermauerwerk .....   | 119 |
| 3. Freistehende Ziegelmauern .....   | 120 |



|  |            |
|--|------------|
| NICHTTRAGENDE INNENWÄNDE .....                                 | 121        |
| NICHTTRAGENDE AUSSENWÄNDE .....                                | 122        |
| 1. Ausfachungswände .....                                      | 122        |
| 2. Giebelwände .....   | 122        |
| ZWEISCHALIGE ZIEGELAUSSENWÄNDE .....                           | 123        |
| 1. Allgemeine Bestimmungen .....                               | 123        |
| 2. Ausführungstypen und Hinweise zum Wandaufbau .....          | 123        |
| 3. Entwässerungs- und Lüftungsöffnungen .....                  | 124        |
| 4. Abdichtung .....  | 124        |
| 5. Verankerung von Verblendschalen .....                       | 125        |
| 6. Abfangung und Lastabtrag von Verblendschalen .....          | 126        |
| 7. Dehnungsfugen .....   | 127        |
| 8. Verarbeitungshinweise .....                                 | 128        |
| BEWEHRTES MAUERWERK .....                                      | 129        |
| SCHUTZ DES MAUERWERKS .....                                    | 130        |
| 1. Schutzmaßnahmen vor "Tagwasser" .....                       | 130        |
| 2. Maurerarbeiten im Winter .....                              | 130        |
| <b>GEBÄUDESTABILITÄT .....</b>                                 | <b>131</b> |
| AUSSTEIFENDE WÄNDE .....                                       | 131        |
| RINGANKER UND RINGBALKEN .....                                 | 132        |
| 1. Ringanker .....   | 132        |
| 2. Ringbalken .....  | 132        |
| DECKEN UND MASSIVDÄCHER .....                                  | 133        |
| 1. Wand-Decken-Knoten und Deckenaufleger .....                 | 133        |
| 2. Ziegeldecken .....  | 135        |
| 3. Ziegel-Massivdach .....                                     | 137        |
| <b>PUTZ- UND MAUERMÖRTEL .....</b>                             | <b>138</b> |
| MAUERMÖRTEL .....  | 138        |
| 1. Normalmörtel .....  | 138        |
| 2. Leichtmörtel .....  | 139        |
| 3. Dünnbettmörtel .....  | 139        |
| AUSSENPUTZ .....   | 141        |
| 1. Putzgrund .....   | 141        |
| 2. Putzmörtel und Putzsysteme .....                            | 141        |
| 3. Unterputz .....   | 143        |
| 4. Oberputz .....  | 143        |
| 5. Sockelputz .....  | 143        |
| 6. Putzdicke, Standzeit .....                                  | 143        |
| <b>BAUORDNUNGSRECHT – TECHNISCHE REGELN – GÜTESCHUTZ .....</b> | <b>144</b> |
| 1. Musterbauordnung .....                                      | 144        |
| 2. Technische Baubestimmungen .....                            | 144        |
| 3. Bauaufsichtliche Regelung von Bauprodukten .....            | 144        |
| 4. Normen und Zulassungen für Mauerziegel .....                | 146        |
| 5. Güteschutz .....  | 147        |
| 6. Normenverzeichnis .....                                     | 148        |
| <b>STICHWORTVERZEICHNIS .....</b>                              | <b>151</b> |
| <b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>                              | <b>152</b> |



**MAUERZIEGEL**

**HERSTELLUNG VON ZIEGELN**

Mauerziegel werden aus Ton, Lehm oder tonhaltigen Massen mit oder ohne Zuschlagstoffe hergestellt. Zuschlagstoffe wie Sägemehl, Papierfangstoff oder Polystyrolkugeln verringern die Rohdichte, während eine Zugabe von schwerem Material diese erhöht. Die verschiedenen Rohstoffe und Zuschläge werden in der Rohstoffaufbereitung über Beschicker entsprechend dosiert und gegebenenfalls auch unter Zugabe von Wasser in Kollergang und Walzwerk zerkleinert und durchmischt. Im Maukturm oder auch Sumpfhäus wird eine gleichmäßige Durchfeuchtung und weitere Durchmischung (Homogenisierung) erreicht.

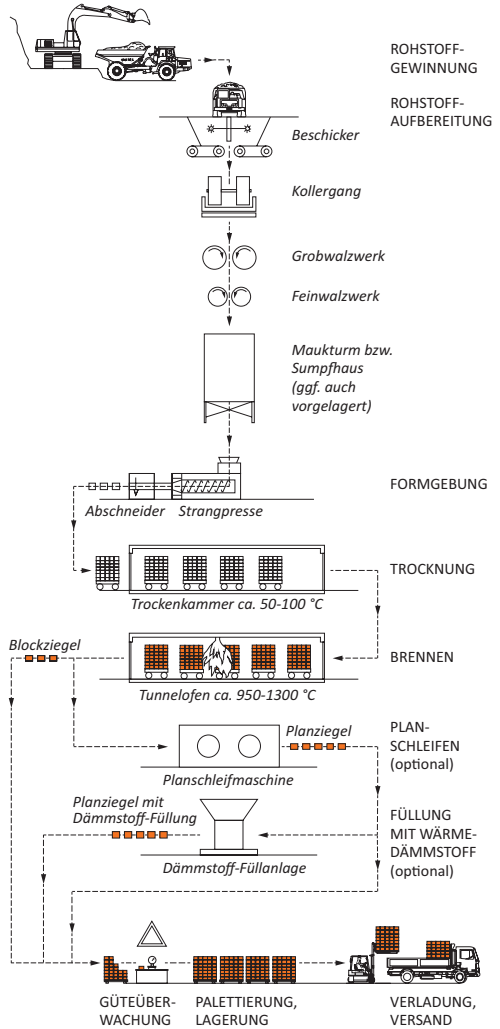
Nachdem unter Zugabe von Wasserdampf die erforderliche Konsistenz erreicht ist, wird der Lehm unter hohem Druck in einer Strangpresse mit Unterdruck stark verdichtet und über Schneckenwellen durch ein Mundstück gepresst. Das Mundstück gibt vor, welche Form der spätere Ziegel besitzt und ob er ungelocht oder mit einer bestimmten Lochung (Lochbild) versehen, bestimmte Anforderungen zu erfüllen hat. Durch die Zusammensetzung des Lehms und die Wahl der Struktur des Lochbildes lassen sich beispielsweise Parameter wie Druckfestigkeit, Wärme- und Schallschutz des späteren Produktes vordefinieren.

Nachdem der Endlosstrang mit einem Einzel- bzw. Harfenabschneider in einzelne Rohlinge getrennt wurde, werden diese in Kammern über die Dauer von 1 bis 3 Tagen bei Temperaturen von 50 bis 100 °C getrocknet.

Im Tunnelofen werden die Lehmrohlinge über mehrere Temperaturzonen hinweg gebrannt. Hochlochziegel werden bei Temperaturen von etwa 950 bis 1050 °C gebrannt. Bei Temperaturen ab ca. 1100 °C spricht man vom Sintern bzw. Schmelzsintern, bei dem die Oberfläche zu schmelzen beginnt und dem dadurch entstandenen Klinker Eigenschaften wie besonders hohe Druckfestigkeit, besonders geringe Wasseraufnahmefähigkeit, Frostwiderstand etc. verleiht.

Bei Planziegeln, die für die Verarbeitung im Dünnbettverfahren vorgesehen sind, werden nach dem Brennvorgang die Lagerfugen mit einer Genauigkeit von unter einem Millimeter planeben geschliffen.

In einem weiteren Verarbeitungsschritt lassen sich die Eigenschaften plangeschliffener Hochlochziegel durch



das Füllen der Luftkammern mit rein mineralischen Wärmedämmstoffen wie Perlite, Mineralfaserdämmstoffplatten oder loser Mineralfaserdämmung hinsichtlich Wärme- und Schallschutz weiter optimieren.

Nach der Güteüberwachung werden Ziegel palettiert, wetterfest mit Folie verpackt, gelagert und verladen.

**ZIEGEL ALS BAUSTOFF**

- wird aus den natürlichen Rohstoffen Ton, Sand und Wasser hergestellt,
- zeichnet sich auch bei niedrigen Rohdichten durch hohe Festigkeiten aus,
- bietet je nach Rohdichte sehr gute Wärmedämmung
- speichert Wärme und verhindert damit im Winter ein zu schnelles Auskühlen von Gebäuden bei unterbrochenem Heizbetrieb,
- bietet beste Voraussetzungen für den sommerlichen Wärmeschutz und schützt vor Überhitzung, indem er Wärme speichert und erst zeitversetzt in abgeschwächter Form an den Raum abgibt,
- gewährleistet bei einer der Rohdichte entsprechenden Art der konstruktiven Ausführung einen sehr guten Schallschutz,
- ist ein natürlicher Feuchteregler, der aufgrund seines kapillaren Gefüges in der Lage ist, Raumluftfeuchte aufzunehmen, zu speichern und bei günstigen klimatischen Bedingungen rasch wieder abzuführen,
- ist der optimale Putzgrund für witterungs- und frostbeständige Fassaden,
- hat die geringste Herstellfeuchte aller Mauersteine,
- bietet durch seine Formstabilität, die kaum Schwind- oder Quellprozessen unterliegt, hervorragende Voraussetzungen für rissfreie Wände,
- erfüllt als nichtbrennbarer Baustoff der Klasse A1 bestens die Anforderungen des Brandschutzes,
- ist umweltfreundlich, da er weder Schadstoffe enthält noch emittiert,
- ist recyclingfähig, da er nach außergewöhnlich langer Nutzungsdauer als Ziegel, Ziegelsplitt oder gemahlen in anderen Produkt- oder Bauanwendungen vollständig verwertet werden kann,
- ist nachhaltig aufgrund ökologisch und bauphysikalisch optimaler Eigenschaften sowie einer äußerst hohen Dauerhaftigkeit, geringen Lebenszykluskosten und Wertstabilität.

**ALLGEMEINE DEFINITIONEN UND BEGRIFFE**

Für Mauerziegel sind unter anderem die Normen DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401 sowie für Keramikklinker DIN 105-4 relevant. Dort sind Definitionen und Begriffe – wie unten aufgeführt – hinterlegt. Hersteller produzieren und vertreiben Mauerziegel nach Norm oder, sofern diese z. B. durch Produktinnovation wesentlich davon abweichen, nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.

**Mauerstein**

Vorgeformtes Element zur Herstellung von Mauerwerk

**Mauerziegel**

Mauerstein, der aus Ton oder anderen tonhaltigen Stoffen mit oder ohne Sand oder andere Zusätze bei einer ausreichend hohen Temperatur gebrannt wird, um einen keramischen Verbund zu erzielen.

**Mauersteine der Kategorie I**

Mauersteine mit einer deklarierten Druckfestigkeit, wobei die Wahrscheinlichkeit des Nichterreichens dieser Festigkeit 5 % nicht überschreiten darf. Festigkeit ermittelt aus mittlerem oder charakteristischem Wert.

**Mauersteine der Kategorie II**

Mauersteine, die das Vertrauensniveau für Mauersteine der Kategorie I nicht erreichen.

**Geschütztes Mauerwerk**

Tragendes oder nichttragendes Mauerwerk, das gegen eindringendes Wasser geschützt ist und keinen Kontakt zum Boden oder zum Grundwasser hat. Es kann sich entweder um das Mauerwerk in Außenwänden, das z.B. durch Putzschicht oder Verkleidung geschützt ist, oder um die innere Wandschale einer zweischaligen Wand oder um eine Innenwand handeln.

**Ungeschütztes Mauerwerk**

Tragendes oder nichttragendes Mauerwerk, das Regen, Frost oder Tau ausgesetzt sein kann, und/oder sich ohne einen geeigneten Schutz in Kontakt mit Boden oder Grundwasser befinden kann. Es kann sich um Mauerwerk in Außenwänden handeln, das völlig ungeschützt ist, oder für das ein begrenzter Schutz vorgesehen ist (z. B. durch eine dünne Putzschicht).

**P-Ziegel (P = protectet = geschützt)**

Mauerziegel für geschütztes Mauerwerk.

**U-Ziegel (U = unprotectet = ungeschützt)**

Mauerziegel für ungeschütztes Mauerwerk.

**Vollziegel (Mz)**

Mauerziegel, dessen Querschnitt durch Lochung senkrecht zur Lagerfläche bis 15 % gemindert sein darf oder Mulden aufweist, deren Anteil höchstens 20 % bezogen auf das Volumen der Ziegel betragen darf.

**Hochlochziegel (HLz)**

Mauerziegel mit einem oder mehreren geformten Löchern, die den Mauerstein rechtwinklig zur Lagerfläche ganz durchdringen.

**Blockziegel**

Mauerziegel mit einer Steinhöhe > 123 mm, dessen Querschnitt durch Lochung senkrecht zur Lagerfuge bis 15 % der Lagerfläche gemindert sein darf.

**Planziegel (P)**

Mauerziegel mit besonderer Maßhaltigkeit hinsichtlich der Ziegelhöhe, der i. d. R. nach Zulassung geregelt ist. Hinweis: Die Abkürzung P für Planziegel wird nie allein stehend, sondern stets in Verbindung mit dem Kurzzeichen Lochungsart dargestellt, z. B. PHLzB.

**Füllziegel**

Mauerziegel mit besonderer Lochung, die zur Verfüllung mit Beton oder Mörtel geeignet sind.

**Schalungsziegel**

Nichttragende Mauerziegel mit besonderer Lochung, die zur Verfüllung mit Normal-/Leichtbeton geeignet sind. Der Beton bildet die tragende Wand. Aussparungen an den Quersteinen der Schalungsziegel ermöglichen, dass sich der Beton beim Verfüllen auch horizontal verteilt und dass bei Bedarf auch in waagerechter Richtung Bewehrungsstäbe eingelegt werden können.

**Ergänzungsziegel**

Mauerziegel in einer für einen bestimmten Zweck gestalteten Form, z. B. um die Form des Mauerwerks zu vervollständigen.

**Langlochziegel (Lz)**

Mauerziegel mit Löchern, die den Mauerstein parallel zur Lagerfläche ganz durchdringen.

**Hintermauerziegel**

P-Ziegel zur Verwendung in geschütztem Mauerwerk.

**Vormauerziegel (V)**

U-Ziegel (auch mit strukturierter Oberfläche) zur

Verwendung in ungeschütztem Mauerwerk. Der Frostwiderstand wird durch Prüfung nachgewiesen.

**Klinker (K)**

Oberflächlich gesinterter U-Ziegel (Oberfläche ggf. strukturiert) mit Anforderungen an die Wasseraufnahme, die Druckfestigkeitsklasse und die mittlere Nettotrockenrohddichte (Scherbenrohddichte).

**Hochfester Ziegel**

Ziegel mindestens der Druckfestigkeitsklasse 36.

**Keramikklinker**

Mauerstein, der aus Ton oder anderen tonhaltigen Stoffen mit oder ohne Sand, Brennstoffen oder anderen Zusätzen hergestellt ist und bei ausreichend hoher Temperatur gebrannt wird, um einen keramischen Verbund zu erzielen sowie mit einer Wasseraufnahme bis 6 % (Massenanteil), mindestens der Druckfestigkeitsklasse 60, einer Rohdichteklasse  $\geq 1,4$  und mit Anforderungen an die Ritzhärte, Farb- und Lichtbeständigkeit, Säure- und Laugenbeständigkeit, an das Aussehen der Ansichtsfläche und den Frostwiderstand.

**Keramikvollklinker (KK)**

Keramikklinker, dessen Querschnitt durch Lochung senkrecht zur Lagerfläche bis 15 % gemindert sein darf

**Keramikhochlochklinker (KHK)**

Keramikklinker mit senkrecht zur Lagerfläche verlaufender Lochungsart A oder B.

**Mauertafelziegel**

Mauerziegel HLzA, HLzB, HLzE oder HLzW, der zur Herstellung von bewehrtem Mauerwerk oder geschosshohen Tafeln aus Mauerwerk mit senkrechten Kanälen zur Verfüllung mit Mörtel oder Beton geeignet ist.

**Handformziegel**

Vollziegel mit unregelmäßiger Oberfläche, dessen Gestalt von der prismatischen Form geringfügig abweichen darf.

**Sperrschicht-Ziegel**

Mauerziegel, der im Verband in zwei Schichten mit wasserabweisendem Mörtel vermauert, aufsteigender Feuchte im Mauerwerk widersteht.

**Kammer**

Aussparung, die den Mauerziegel nicht durchdringt.

**Vertikale Lochung**

Löcher, die den Mauerziegel rechtwinklig zur Lagerfläche ganz durchdringen.

**Horizontale Lochung**

Löcher, die den Mauerziegel parallel zur Lagerfläche ganz durchdringen.

**Mulde**

Vertiefung in einer oder beiden Ziegel-Lagerflächen.

**Aussparung**

Vertiefung oder Einschnitt in den Oberflächen des Mauerziegels – z. B. Mörteltasche, Putzrille, Griffloch.

**Griffloch**

Loch in einem Mauerziegel, das ein leichteres Greifen oder Heben mit Hand oder Maschine ermöglicht.

**Außensteg**

Material zwischen der Lochung und der Außenfläche des Mauerziegels.

**Innensteg**

Material zwischen den Lochungen im Mauerziegel.

**Stegdickensumme**

Summe der Dicken der Außenwandungen (Außenstege) und Stege (Innenstege), welche von einer Läufer- bzw. Stirnfläche eines Mauerziegels bis zur gegenüberliegenden Läufer- bzw. Stirnfläche entlang eines beliebigen Weges über die geformten Löcher im Mauerziegel gemessen den kleinsten Wert ergibt; angegeben als prozentualer Anteil der Breite (Längsstegdickensumme) bzw. der Länge (Quersteddickensumme) des Mauerziegels.

**Koordinierungsmaß**

Einem Mauerstein zugehörendes Maß einschließlich des Fugenmaßes und der Abmaße.

**Sollmaß**

Für die Herstellung eines Mauersteins festgelegtes Maß, mit dem das Istmaß innerhalb zulässiger Grenzabmaße übereinstimmt.

**Istmaß**

Am Mauerstein gemessenes Maß.

**Bezeichnung von Ziegeln**

Es gelten folgende Kurzzeichen für die jeweiligen Ziegel- bzw. Lochungsarten:

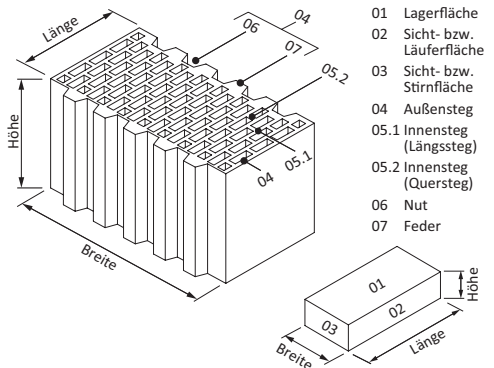
- HLz Hochlochziegel
- Lz Langlochziegel
- Mz Vollziegel
- VMz Vormauer-Vollziegel
- VHLz Vormauer-Hochlochziegel
- KMZ Vollklinker
- KHLz Hochlochklinker
- KK Keramikvollklinker
- KHK Keramikhochlochklinker

Ziegel werden in folgender Reihenfolge bezeichnet: Ziegelart, Druckfestigkeit, Ziegelrohrichte, Abmessungen in mm oder Format-Kurzzeichen. Bei großformatigen P-Ziegeln ist bei der Angabe des Ziegelformates in DF die Nennung der Wärmestromrichtung durch Angabe der vorgesehenen Wanddicke notwendig.

Beispiel:

Ziegel DIN 20000-401 – HLzW 12 – 0,9 – 16DF – 240

- Hochlochziegel
- Lochung W
- Druckfestigkeitsklasse 12
- Rohdichteklasse 0,9
- Format 16DF (l=490, b=240, h=238 mm)
- vorgesehene Wanddicke in mm



Allgemeine Bezeichnungen bei einem Hochlochziegel (Bild links) und einem Vollziegel (Bild rechts)

**ANFORDERUNGEN AN MAUERZIEGEL** nach DIN EN 771-1 (Nov. 2015) und DIN 20000-401 (Jan. 2017)

**1. Produktdeklaration**

- Deklarierte Werte sind Zahlenwerte, die vom Hersteller unter Berücksichtigung der Prüfgenauigkeit und der im Rahmen des Herstellungsverfahrens liegenden Schwankungen angegeben wird.
- Nur Mauerziegel, die nach DIN EN 771-1 deklariert sind und den Anforderungen in diesem Abschnitt entsprechen, dürfen im Hinblick auf die deklarierten Werte und gegebenenfalls nach deren Umrechnung in Bemessungswerte – sofern erforderlich – für die Bemessung nach den nationalen Bemessungsnormen verwendet werden.
- Zur Verwendung in Mauerwerk hat der Hersteller für Mauerziegel der Kategorie I nach DIN EN 771-1 mindestens Angaben zu den nachfolgend aufgeführten Produkteigenschaften zu machen.

| DIN 20000-401, Abschnitt Nr. | Produkteigenschaft  | P-Ziegel   | U-Ziegel |   |
|------------------------------|---|--|----------|---|
| 4.3.1                        | Maße  | X  | X        |   |
| 4.3.2.1                      | Grenzabmaße   | Mittelwert   | X        | X |
| 4.3.2.2                      |   | Maßspanne  | X        | X |
| 4.3.2.3                      |   | Zusätzlich bei Planziegeln: Ebenheit und Planparallelität der Lagerflächen | X        | – |
| 4.4                          | Form und Ausbildung (innere Geometrie)  | X  | X        |   |
| 4.4.2                        | Lochanteil  | X  | X        |   |
| 4.4.6                        | Mulden (nur bei Vollsteinen)  | –  | X        |   |
| 4.4.3                        | Grifflöcher   | X  | X        |   |
| 4.4.4                        | Stegdicken  | X  | X        |   |
| Tabelle A.1                  | Querstegdickensumme min./max.   | X  | –        |   |
| 4.4.5                        | Form und Lochgeometrie  | X  | X        |   |
| 4.4.5                        | Lochreihenanzahl min./max.  | X  | –        |   |
| 4.5.1.2                      | Bruttotrockenrohddichte   | Mittelwert   | X        | X |
| 4.5.1.2                      |   | Toleranzklasse   | X        | X |
| 4.5.1.3                      |   | Einzelwert min./max.   | X        | X |
| 4.5.2                        | Nettotrockenrohddichte (nur für Klinker)  | Mittelwert   | –        | X |
| 4.5.2                        |   | Einzelwert min./max.   | –        | X |
| 4.6                          | Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerflächen (Mittelwert)  | X  | X        |   |
| 4.7                          | Druckfestigkeit in der in Wandlängsrichtung vorgesehenen Ziegelrichtung (z. B. bei Verwendung in Erdbebengebieten, falls keine durchlaufenden Innenstege) | Mittelwert   | X        | X |
|                              |   | Einzelwert   | X        | X |
| 4.8                          | Frostwiderstand   | –  | X        |   |
| 4.9                          | Gehalt an aktiven löslichen Salzen  | –  | X        |   |
| 4.10                         | Wasseraufnahme (nur für Klinker)  | –  | X        |   |
| 4.11                         | Brandverhalten  | X  | X        |   |

**2. Maße und Grenzabmaße**

**Maße**

Die vom Hersteller deklarierten Maße nach DIN EN 771-1 dürfen die nachfolgend in Tabelle 2 aufgeführten Werte nicht über- bzw. unterschreiten.

**Sollmaße für Mauerziegel**

(nach Tabelle 2, DIN 20000-401:2017-01)

| Maße <sup>a)</sup> | Länge l              | Breite b             | Höhe h              |
|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Mindestmaß         | 175 mm               | 115 mm <sup>b)</sup> | 52 mm <sup>c)</sup> |
| Höchstmaß          | 500 mm <sup>e)</sup> | 500 mm <sup>d)</sup> | 249 mm              |

- a) Abweichende Maße zulässig bei: Ergänzungs-, Pass-, Vormauerziegel, Klinker. Geringere Breiten zulässig: nichttragende Trennwände.
- b), c), e) Vormauerziegel und Klinker: b) 90 mm c) 40 mm e) 530 mm
- d) Bei Ziegel der Lochung B: 365 mm

- Mörteltaschen ...  
 ... dürfen Mauerziegel aufweisen – Planziegel nicht.  
 ... müssen Mauerziegel mit Mörteltaschen mindestens an einer Stirnfläche aufweisen.  
 ... müssen folgende Tiefe betragen:  
 – bei beidseitiger Anordnung  $\geq 15$  mm,  $\leq 25$  mm;  
 – bei einseitiger Anordnung  $\geq 30$  mm,  $\leq 40$  mm.  
 ... müssen etwa über die halbe Steinbreite reichen.  
 Verbleibende Randbereiche:  $b \geq 40$  mm
- Nut- und Feder-Ausführung:  
 Als Länge gilt das Maß von der Feder der einen Stirnfläche bis zur Nutgrundfläche der anderen Stirnfläche. Die Nut- und Feder-Ausführung muss eine einwandfreie Stoßflächenerzahnung sicherstellen.
- Bei Planziégeln nach Tabelle A.1 darf das vom Hersteller deklarierte Höchstmaß der Breite 240 mm nicht überschreiten.
- Mauerziegel zur nichttragenden Ausfachung von Fachwerksflächen, vollständige Stoßfugenvermörtelung: Auch bei  $b \geq 115$  mm einseitig mittige Mörteltasche von  $b \leq 50$  mm,  $t \leq 30$  mm zulässig.

**Grenzabmaße von Mauerziegeln**

**Auf den Mittelwert bezogene Abmaße**

Der Hersteller muss ebenfalls angeben, welche Abmaßklasse für Mittelwerte nach DIN EN 771-1 die Mauerziegel erfüllen. Sofern für die vorgesehenen Verwendungszwecke, für die die Mauerziegel in Verkehr gebracht werden, erforderlich, muss der Hersteller ebenfalls angeben, welche Klasse der Maßspanne nach DIN EN 771-1 eine bestimmte Lieferung von Mauerziegeln erfüllt.

**Auf den Mittelwert bezogene Abmaße<sup>1)</sup>**

(nach DIN EN 771-1:2015-11)

| Klasse | maximaler Bereich  |
|--------|--|
| T1     | $\pm 0,40 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm oder 3 mm; größter Wert gilt   |
| T1+    | $\pm 0,40 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm oder 3 mm für Länge und Breite, wobei der größere Wert gilt, und $\pm 0,05 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm oder 1 mm für die Höhe, wobei der größere Wert gilt |
| T2     | $\pm 0,25 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm oder 2 mm; größter Wert gilt   |
| T2+    | $\pm 0,25 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm oder 2 mm für Länge und Breite, wobei der größere Wert gilt, und $\pm 0,05 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm oder 1 mm für die Höhe, wobei der größere Wert gilt |
| Tm     | Vom Hersteller in mm angegebene Abweichung, die größer/kleiner als andere Klassen sein darf.   |

**Maßspanne<sup>1)</sup>** (nach DIN EN 771-1:2015-11)

| Klasse | Größte Maßspanne  |
|--------|---|
| R1     | $0,60 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm   |
| R1+    | $0,60 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm für Länge und Breite und 1,0 mm für die Höhe          |
| R2     | $0,30 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm   |
| R2+    | $0,30 \cdot \sqrt{\text{Sollmaß}}$ mm für Länge und Breite und 1,0 mm für die Höhe          |
| Rm     | Vom Hersteller in mm angegebene Maßspanne, die größer/kleiner als andere Klassen sein darf. |

Die vom Hersteller deklarierte Toleranzklasse muss T1, T1+, T2, T2+ bzw. Tm, die vom Hersteller deklarierte Maßspanne für eine Produktion oder Lieferung muss R1, R1+, R2, R2+ bzw. Rm entsprechen. Ist T1 deklariert, darf das Sollmaß der Mauerziegel für die Höhe 71 mm nicht unterschreiten und 175 mm nicht überschreiten. Werte nach Tab. 3, DIN 20000-401 dürfen durch die vom Hersteller deklarierte Abmaßklasse Tm nicht unter- bzw. überschritten und die vom Hersteller deklarierte Toleranzklasse Rm nicht überschritten werden.

1) Erfolgt die Probenahme der Mauerziegel aus einer Lieferung nach EN 771-1, Anhang A und die Prüfung nach EN 772-16, darf  
 - bei Abmaßen: die Differenz aller Maße zwischen dem deklarierten Wert und dem aus den Messungen an den Proben ermittelten Mittelwert nicht größer sein als der deklarierte Wert von einer der folgenden Klassen, wobei der Wert auf ganze Millimeter zu runden ist.  
 - bei Maßspannen: die innerhalb einer Probe ermittelte größte Maßspanne jedes Maßes (d. h. die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten ermittelten Maß an einzelnen Steinen) nicht größer als einer der den nachstehenden fünf Klassen zugeordneten Höchstwerte sein, wobei der Wert auf ganze Millimeter zu runden ist.



**Zulässige Abweichungen von den Sollmaßen und Maßspannen für die deklarierten Toleranzklassen Tm und Rm von Mauerziegeln einer Produktion oder Lieferung (nach Tab. 3, DIN 20000-401 und Tab. 2, DIN 105-4)**

| Maße <sup>a)</sup>  | Nennmaß              | zulässiges Abmaß (→ Tm)   | zulässige Maßspanne (→ Rm) |
|---|----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Ziegel-<br>länge l <sup>b)</sup><br>bzw.<br>Ziegel-<br>breite b | 90 mm                | ±5 mm                     | 5 mm                       |
|   | 115 mm <sup>d)</sup> | ±5 (±3) mm                | 6 mm                       |
|   | 145 mm               | +3 (+3) mm<br>-6 (-4) mm  | 7 mm                       |
|   | 175 mm               | +3 (+3) mm<br>-7 (-5) mm  | 8 (7) mm                   |
|   | 200 mm               | +5 (+5) mm<br>-8 (-7) mm  | 9 mm                       |
|   | 240 mm <sup>d)</sup> | +5 (+5) mm<br>-10 (-7) mm | 10 mm                      |
|   | 300 mm               | +8 (+8) mm<br>-10 (-7) mm | 12 mm                      |
|   | 365 mm               | +8 mm<br>-10 mm           |                            |
|   | 425 mm               |                           |                            |
|   | 490 mm               |                           |                            |
| 500 mm  |                      |                           |                            |
| Ziegel-<br>höhe h   | 40 mm                | ±2 mm                     | 3 mm                       |
|   | 52 mm <sup>d)</sup>  |                           |                            |
|   | 71 mm <sup>d)</sup>  | ±3 (±2) mm                | 4 (3) mm                   |
|   | 113 mm <sup>d)</sup> | ±5 (±3) mm                | 4 mm                       |
|   | 155 mm               | ±5 mm                     | 5 mm                       |
|   | 175 mm               |                           |                            |
|   | 238 v                |                           | 6 mm                       |
|   | 124 mm <sup>c)</sup> | ±1,0 mm                   | 1,0 mm                     |
| 249 mm <sup>c)</sup>  | 1,0 mm               |                           |                            |

- a) Bei Abweichungen von den Sollmaßen sind die zulässigen Abmaße sinngemäß einzuhalten. Die zulässige Maßspanne ist geradlinig zu interpolieren. Werte in Klammern gelten für hochfeste Ziegel.
- b) Bei Mauerziegeln mit Mörteltaschen, die ohne sichtbar vermörtelte Stoßfuge versetzt werden, ist das Sollmaß der Länge 5 mm, bei Mauerziegeln mit Nut und Feder 7 oder 8 mm größer als der Tabellenwert. Die festgelegten Grenzmaße gelten sinngemäß.
- c) Gilt für Planziegel.
- d) Diese Sollmaße gelten auch für Keramikklinker, für Abmaß und Maßspanne gelten die Werte in Klammer. Bei Keramikklinkern für nichttragende Verblendschalen dürfen hiervon abweichende Werkmaße gewählt werden, die in folgenden Grenzen liegen müssen:  
 — Länge 190 mm ≤ l ≤ 490 mm;  
 — Breite 90 mm ≤ b < 120 mm;  
 — Höhe 40 mm ≤ h < 240 mm.  
 Hier sind Grenzabmaße und Maßspannen sinngemäß einzuhalten.

**Ebenheit und Planparallelität der Lagerflächen**

- Die Lagerflächen von Planziegeln müssen planeben und planparallel sein.
- Die vom Hersteller deklarierte Abweichung der Lagerflächen von der Planebenheit und von der Planparallelität darf höchstens 1,0 mm betragen.

**3. Form und Ausbildung (Innere Geometrie)**

Form, Lochgeometrie sowie Stegdicken müssen durch den Hersteller in Form einer Zeichnung, durch Beschreibung oder durch Bezugnahme auf die Tabelle A.1 nach DIN 20000-401 angegeben sein. Beispiele sind in DIN 771-1, Bild 2 und 3 dargestellt.

**Lochanteil**

Bei Mauerziegeln nach DIN 20000-401, Tabelle A.1 darf der vom Hersteller deklarierte Lochanteil bezogen auf die Lagerfläche die in Tabelle A.1 angegebenen Werte nicht unter- bzw. überschreiten.

**Grifflöcher**

- sind nur dort anzuordnen, wo sie zur Handhabung erforderlich sind.
- Anordnung: Die Gesamtfläche der Grifflöcher und Mörteltaschen darf nicht mehr als 12,5 % der Lagerfläche des Mauerziegels nach Tab. A.1 betragen.
- Querschnitt (einzelnes Griffloch) ≤ 16 cm<sup>2</sup>  
 Davon abweichend ist bei Mauerziegeln mit einer Höhe ≤ 113 mm zulässig: Griffschlitz ≤ 38 cm<sup>2</sup>.  
 Bei Keramikklinkern: Einzelnes Griffloch ≤ 50 cm<sup>2</sup>
- Randzone um das Griffloch muss bei Mauerziegeln bis zu einer Breite ≤ 175 mm mindestens 40 mm Breite aufweisen. Hiervon abweichend dürfen bei Mauerziegeln mit 115 mm Breite je Mauerziegel zwei Grifflöcher ≤ 16 cm<sup>2</sup> (Daumenlöcher) mittig, in Richtung der Ziegelbreite, angeordnet werden.
- Bei Grifflochern/-schlitzen > 16 cm<sup>2</sup> und Ziegelbreiten > 175 mm muss die Randzone um das Griffloch mindestens 50 mm Breite aufweisen. Der Bereich zwischen den Grifflochern muss ≥ 50 mm betragen.
- Bei der Ermittlung des Gesamtlochquerschnittes von Mauerziegeln mit der Lochungsart A, E und W sind die Grifflöcher, aber nicht die Mörteltaschen, dem Lochanteil hinzuzurechnen. Bei Mauerziegeln mit der Lochungsart B sind die Grifflöcher und die Mörteltaschen dem Lochanteil hinzuzurechnen.

**Stegdicken**

Bei Mauerziegeln nach Tabelle A.1 müssen die vom Hersteller deklarierten Steg- bzw. Mindeststegdicken den Anforderungen nach Tabelle A.1 entsprechen.

**Form und Lochgeometrie**

- Mauerziegel nach Tabelle A.1 müssen hinsichtlich Form und Lochgeometrie den Anforderungen der Tabellen A.1 bis A.6 entsprechen.
- Die Löcher müssen gleichmäßig über die Lagerfläche verteilt sein.

- Hochlochziegel der Lochung B und E nach Tab. A.1: Es müssen durchgehende Stege in Richtung Wanddicke angeordnet und die längere Seite der Löcher in Richtung Wanddicke orientiert sein.
- Langlochziegel: nur mit Rechtecklochung (Einzellochquerschnitt  $\leq 6 \text{ cm}^2$ ) mit durchgehenden Innenquerstegen, Abstand  $\leq 15 \text{ mm}$  zulässig.

**Mulden**

Vollziegel dürfen Mulden aufweisen, deren Anteil  $\leq 20 \%$  bezogen auf das Volumen des Ziegels beträgt.

**Lochungsarten, Löcher und Stege** (nach Tabelle A.1, DIN 20000-401 und Tabelle 1, DIN 105-4)

| Art                           | Kurzzeichen Lochungsart | Gesamtlochquerschnitt in % der Lagerfläche <sup>a),b)</sup> | Löcher <sup>b)</sup>               |   | Lochreihenanzahl                       | Stege   |
|-------------------------------|-------------------------|---|------------------------------------|---|--|---|
|                               |                         |   | Einzelquerschnitt                  | Maße <sup>c)</sup>  |  |   |
| U-Ziegel                      | VMz, KMz                | $\leq 15^i)$  | $\leq 6 \text{ cm}^2 \text{ k)}$   | $k \leq 15 \text{ mm}$<br>$d \leq 20 \text{ mm}$<br>$d' \leq 18 \text{ mm}$ | – l)                                   | Außenstegdicke $\geq 10 \text{ mm}$ ( $\geq 15 \text{ mm}^d)$                                   |
|                               | VHLzA, KHLzA            | $> 15 \text{ und } \leq 50$ ( $\leq 35^d)$                  | $\leq 2,5 \text{ cm}^2 \text{ k)}$ | – l)  |  | Mindestdicke der Außenstege an den Sichtseiten $20 \text{ mm}$                                  |
|                               | VHLzB, KHLzB            |   | $\leq 6 \text{ cm}^2 \text{ k)}$   | $k \leq 15 \text{ mm}^h)$   |  |   |
| P-Ziegel                      | Mz, PMz                 | $\leq 15^i)$  | $\leq 6 \text{ cm}^2 \text{ k)}$   | $k \leq 15 \text{ mm}$<br>$d \leq 20 \text{ mm}$<br>$d' \leq 18 \text{ mm}$ | – l)                                   | Außenstegdicke $\geq 10 \text{ mm}$<br>Bei Planziegeln:<br>Innenstegdicke $\geq 6 \text{ mm}$   |
|                               | HLzA                    | $> 15 \text{ und } \leq 50$                                 | $\leq 2,5 \text{ cm}^2 \text{ k)}$ | – l)  |  | Außenstegdicke $\geq 10 \text{ mm}^f)$  |
|                               | HLzB, PHLzB             |   | $\leq 6 \text{ cm}^2 \text{ k)}$   | $k \leq 15 \text{ mm}^h)$   | Tabelle A.3                            | Außenstegdicke $\geq 10 \text{ mm}^f)$<br>Innenstegdicke $\geq 6 \text{ mm}$                    |
|                               | PHLzE, HLzE             | $> 15 \text{ und } \leq 45$                                 |                                    | $j \leq 25 \text{ mm}$  | Tabelle A.4/A.5                        | Außenstegdicke $\geq 12 \text{ mm}$<br>Innenstegdicke $\geq 10 \text{ mm}^e)$                   |
|                               | HLzW                    | $\leq 50$   | $k \leq 15 \text{ mm}$             | Tab. A.6  | Außenstegdicke $\geq 10 \text{ mm}^g)$ |   |
| P-/U-Ziegel                   | Lz                      | $\leq 50^m)$  | $\leq 6 \text{ cm}^2$              | $k \leq 15 \text{ mm}$  | – l)                                   | alle Stegdicken $\geq 10 \text{ mm}$  |
| Vollklinker                   | KK                      | $\leq 15$   | $\leq 6 \text{ cm}^2 \text{ k)}$   | $k \leq 15 \text{ mm}$<br>$d \leq 20 \text{ mm}$<br>$d' \leq 18 \text{ mm}$ |  | Mindestdicke der Außenwandungen $15 \text{ mm}$ , an den Sichtseiten mindestens $20 \text{ mm}$ |
| Hochlochklinker mit Lochung A | KHKA                    | $> 15 \text{ und } \leq 35$                                 | $\leq 2,5 \text{ cm}^2 \text{ k)}$ | – l)  |  |   |
| Hochlochklinker mit Lochung B | KHKB                    |   | $\leq 6 \text{ cm}^2 \text{ k)}$   | $k \leq 15 \text{ mm}$<br>$d \leq 20 \text{ mm}$<br>$d' \leq 18 \text{ mm}$ |  |   |

a) Lagerfläche: Länge  $\times$  Breite des Mauerziegels bzw. Klinkers.  
 b) Bei Lochung A und W ausschließlich etwaiger Mörteltaschen und bei Lochung B einschließlich etwaiger Mörteltaschen.  
 c) Dabei ist: k die kleinere Seitenlänge und j die größere Seitenlänge bei rechteckigen, d der Durchmesser bei kreisförmigen und d' der kleinere Durchmesser oder die kleinere Diagonale bei ellipsenförmigen oder rhombischen Lochquerschnitten.  
 d) Werte in Klammern gelten abweichend für hochfeste Klinker.  
 e) Mit durchgehenden Längs- und Querstegen  
 f) Bei Lochung A/B: Stegdickensumme senkrecht zur Wanddicke bzw. bezogen auf Ziegellänge darf nicht  $\leq 260 \text{ mm/m}$  sein.  
 g) Bei Lochung W: Stegdickensumme senkrecht zur Wanddicke bzw. bezogen auf Ziegellänge muss  $\geq 180$  und  $\leq 250 \text{ mm/m}$  sein  
 h) Die Messung erfolgt in Wandlängsrichtung.  
 i) Gesamtlochquerschnitt in % der Lagerfläche inkl. Mörteltaschen  
 k) Etwaige Grifflöcher nach DIN 20000-401 bzw. DIN 105-4.  
 l) Keine Festlegungen bzw. Anforderungen.  
 m) Bezogen auf die Stirnfläche

**Mindestzahl der Innenlängsstege und Lochreihenanzahl in Richtung der Wanddicke (DIN 20000-401:2017-01)**

| Lochungsart    | Anforderung  | Ziegelbreite [mm] |     |     |                 |                 |                 |     |                 |                 |                 |
|----------------|--|-------------------|-----|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
|                |  | 115               | 145 | 150 | 175             | 200             | 240             | 300 | 365             | 425             | 490             |
| HLzB,<br>PHLzB | Mindestanzahl der Innenlängsstege<br>(nach Tabelle A.3)          | 2                 | 3   | 3   | 3 <sup>a)</sup> | 3 <sup>a)</sup> | 4 <sup>a)</sup> | 6   | 7               | - <sup>b)</sup> | - <sup>b)</sup> |
| HLzE,<br>PHLzE | Lochreihenanzahl in Richtung der<br>Wanddicke (nach Tabelle A.4) | min               | 3   | 5   | 5               | 5               | 6               | 7   | - <sup>b)</sup> | - <sup>b)</sup> | - <sup>b)</sup> |
|                |  | max               | 5   | 6   | 6               | 7               | 8               | 10  | - <sup>b)</sup> | - <sup>b)</sup> | - <sup>b)</sup> |
| HLzW           | Lochreihenanzahl in Richtung der<br>Wanddicke (nach Tabelle A.6) | min               | 5   | 6   | - <sup>b)</sup> | 8               | - <sup>b)</sup> | 11  | 13              | 16              | 19              |
|                |  | max               | 6   | 8   | - <sup>b)</sup> | 9               | - <sup>b)</sup> | 12  | 15              | 18              | 21              |

a) In jeder 2. Lochreihe ein zusätzlicher Innenlängssteg erforderlich.      b) Keine Anforderungen festgelegt.

**Lochreihenanzahl in Wandlängsrichtung für PHLzE und HLzE (nach Tabelle A.5, DIN 20000-401:2017-01)**

| Lochungsart    | Anforderung   | Ziegellänge [mm] |           |                |            |
|----------------|---|------------------|-----------|----------------|------------|
|                |   | 247 / 248        | 307 / 308 | 372 / 373      | 497 / 498  |
| HLzE,<br>PHLzE | Lochreihenanzahl in Wand-<br>längsrichtung (nach Tabelle A.5) | 6 oder 7         | 8 oder 9  | 10, 11 oder 12 | 14 oder 15 |

**Beispiele für Lochungsarten nach DIN 20000-401**

**Beispiel Lochung A**

Einzelloch-  
querschnitt  $\leq 2,5 \text{ cm}^2$   
Gesamtloch-  
querschnitt  $> 15 \%$   
und  $\leq 50 \%$  der Lagerfläche  
bzw.  $\leq 35 \%$  bei Klinker

**Beispiel Lochung W**

$k \leq 15 \text{ mm}$

Einzelloch-  
querschnitt  $\leq 6 \text{ cm}^2$   
Gesamtlochquerschnitt  
 $\leq 50 \%$  der Lagerfläche

**Beispiel Lochung Mz,  
Vollziegel, gelocht**

$k \leq 15 \text{ mm}$

Einzellochquerschnitt  $\leq 6 \text{ cm}^2$   
Gesamtlochquerschnitt  $\leq 15 \%$

**Beispiel Lochung E**

durchgehende  
Stege in Richtung  
der Wanddicke  
 $j \geq 25 \text{ mm}$

$k \leq 15 \text{ mm}$

Einzelloch-  
querschnitt  $\leq 6 \text{ cm}^2$   
Gesamtlochquerschnitt  $> 15 \%$   
und  $\leq 45 \%$  der Lagerfläche

**Beispiel Lochung B**

durchgehende  
Stege in Richtung  
der Wanddicke  
 $j \geq 25 \text{ mm}$

$k \leq 15 \text{ mm}$

Einzelloch-  
querschnitt  
 $\leq 6 \text{ cm}^2$   
Gesamtloch-  
querschnitt  $> 15 \%$   
und  $\leq 50 \%$  der Lagerfläche

**4. Brutto- und Nettotrockenrohddichte**

**Bruttotrockenrohddichte (Ziegelrohddichte)**

Der deklarierte Mittelwert der Bruttotrockenrohddichte muss eindeutig der entsprechenden Rohdichteklasse nach Tab. A.7, DIN 20000-401 zugeordnet werden können. Das ist gegeben, wenn der deklarierte Mittelwert der Bruttotrockenrohddichte unter Berücksichtigung der Toleranzklasse (untere und obere Grenze für den Schwankungsbereich nach den Gleichungen (1) bis (6)) die Klassengrenzen der Rohddichte nach der Tab. A.7 ...

- a) nicht unter- bzw. überschreitet;
- b) unter- bzw. überschreitet, die deklarierten größten und kleinsten Einzelwerte jedoch dem Wertebereich einer Rohdichteklasse entsprechen.

**Zulässige Abweichungen (DIN EN 771-1:2015-11)**

| Klasse | maximaler Bereich  |
|--------|--|
| D1     | 10 %   |
| D2     | 5 %  |
| Dm     | Vom Hersteller angegebener Wert der Abweichung in % (darf größer/kleiner als andere Klasse sein) |

**Mittelwert**

- Der deklarierte Mittelwert der Bruttotrockenrohddichte ist durch Faktoren umzurechnen auf die untere bzw. obere Grenze des Schwankungsbereiches für den Mittelwert der Bruttotrockenrohddichte  $\rho_{\min, \max}$
- Die Faktoren sind der deklarierten Toleranzklasse zugeordnet (D1: [0,9] bzw. [1/0,9]; D2: [0,95] bzw. [1/0,95]; Dm: [-] sinngemäß).
- Der Schwankungsbereich der Toleranzklasse Dm (0 % ≤ Dm ≤ 10 %) darf nicht größer sein als der Schwankungsbereich der Toleranzklasse D1.

- In Abhängigkeit der deklarierten Toleranzklasse D1, D2 bzw. Dm ergeben sich folgende Umrechnungen für die Bestimmung der unteren und oberen Grenze für den Schwankungsbereich des Mittelwertes:

**Untere und obere Grenze für den Schwankungsbereich des Mittelwertes (DIN 20000-401:2017-01)**

| Klasse | untere Grenze   | obere Grenze  |
|--------|---|---|
| D1     | $\rho_{D1\min} = \rho \cdot [0,9]$<br>(Gl. 1)                             | $\rho_{D1\max} = \rho \cdot [1,1]$<br>(Gl. 2)                             |
| D2     | $\rho_{D2\min} = \rho \cdot [0,95]$<br>(Gl. 3)                            | $\rho_{D2\max} = \rho \cdot [1,05]$<br>(Gl. 4)                            |
| Dm     | $\rho_{Dm\min} = \rho - \rho \cdot (Dm/100)$<br><i>Dm in %</i><br>(Gl. 5) | $\rho_{Dm\max} = \rho + \rho \cdot (Dm/100)$<br><i>Dm in %</i><br>(Gl. 6) |

**Einzelwert**

Sofern der Hersteller die kleinsten und die größten Einzelwerte der Bruttotrockenrohddichte deklariert hat, müssen diese der entsprechenden Rohdichteklasse der Tabelle A.7 eindeutig zugeordnet werden können. Das heißt, der kleinste und auch der größte Einzelwert müssen dem Wertebereich einer Rohdichteklasse entsprechen. Werden die kleinsten Einzelwerte  $\min_x$  und die größten Einzelwerte  $\max_x$  nicht deklariert, müssen diese unter Bezug auf die Gleichungen (1) bis (6) wie folgt rechnerisch abgeschätzt werden:

$$\min_x = 0,9 \cdot \rho_{D1\min} \text{ (bzw. } \rho_{D2\min}, \rho_{Dm\min}) \quad \text{(Gl. 7)}$$

$$\max_x = 1,1 \cdot \rho_{D1\max} \text{ (bzw. } \rho_{D2\max}, \rho_{Dm\max}) \quad \text{(Gl. 8)}$$

Die Ergebnisse der Umrechnungen aus Gleichungen (1) bis (8) dürfen die in Tab. A.7 angegebenen Grenzen der jeweiligen Rohdichteklasse unter- / überschreiten

- um ≤ 50 kg/m<sup>3</sup> bei Rohdichten ≤ 1000 kg/m<sup>3</sup> bzw.
- um ≤ 100 kg/m<sup>3</sup> bei Rohdichten > 1000 kg/m<sup>3</sup>.

**Ziegelrohddichteklassen von Mauerziegeln und Keramikklinkern (Tab. A.7, DIN 20000-401 und Tab. 3, DIN 105-4)**

|   |                                       |     | Rohdichteklasse (RDK) |                   |                   |      |      |                    |                    |                    |  |                    |
|---|---------------------------------------|-----|-----------------------|-------------------|-------------------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--|--------------------|
|   |                                       |     | 0,8 <sup>b)</sup>     | 0,9 <sup>b)</sup> | 1,0 <sup>b)</sup> | 1,2  | 1,4  | 1,6                | 1,8                | 2,0                | 2,2  | 2,4                |
| Bruttotrockenrohddichte <sup>a)</sup><br>(Mittelwert)<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | für Mauerziegel nach<br>DIN 20000-401 | von | 705                   | 805               | 905               | 1010 | 1210 | 1410 <sup>c)</sup> | 1610 <sup>c)</sup> | 1810 <sup>c)</sup> | 2010 <sup>c)</sup>                         | 2210 <sup>c)</sup> |
|   |                                       | bis | 800                   | 900               | 1000              | 1200 | 1400 | 1600 <sup>c)</sup> | 1800 <sup>c)</sup> | 2000 <sup>c)</sup> | 2200 <sup>c)</sup><br>(2500) <sup>c)</sup> | 2400 <sup>c)</sup> |
|   | für Keramikklinker nach<br>DIN 105-4  | von |                       |                   |                   |      | 1210 | 1410               | 1610               | 1810               | 2010                                       |                    |
|   |                                       | bis |                       |                   |                   |      | 1400 | 1600               | 1800               | 2000               | 2200                                       |                    |

a) Einzelwerte dürfen die Klassengrenzen um ≤ 100 kg/m<sup>3</sup> unter- bzw. überschreiten. Die Werte in Klammern gelten für hochfeste Ziegel.

b) Bei P-Ziegeln dürfen die Einzelwerte die Klassengrenzen um ≤ 50 kg/m<sup>3</sup> unter- bzw. überschreiten.

c) Bei U-Ziegeln darf der Mittelwert die obere Klassengrenze um 100 kg/m<sup>3</sup> überschreiten.

**Nettotrockenrohdichte (Scherbenrohdichte)**

- Zur Beurteilung der Eigenschaften von Klinkern ist die Angabe der Nettotrockenrohdichte (Mittelwert, gegebenenfalls kleinster Einzelwert) erforderlich.
- Beurteilungsgrundlage ist der deklarierte Mittelwert und gegebenenfalls der kleinste Einzelwert der Nettotrockenrohdichte.

- Die Schwankung des Mittelwertes darf höchstens der Toleranzklasse D2 entsprechen.
- Erforderliche mittlere Nettotrockenrohdichte bei ...
  - Klinkern  $\geq 1900 \text{ kg/m}^3$  (kleinster Einzelwert:  $1800 \text{ kg/m}^3$ )
  - Keramikklinkern  $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$  (kleinster Einzelwert:  $1900 \text{ kg/m}^3$ )

**5. Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerflächen**

**Druckfestigkeitsklassen** (nach Tabelle 5, DIN 20000-401:2017-01 und Nr. 5.2.4 bzw. 5.3.4, DIN EN 771-1:2015-11)

|  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Druckfestigkeitsklasse (SFK)   | 4   | 6   | 8    | 10   | 12   | 16   | 20   | 28   | 36   | 48   | 60   |
| Kleinster Einzelwert [N/mm <sup>2</sup> ] <sup>a)</sup>                                    | 4,0 | 6,0 | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 28,0 | 36,0 | 48,0 | 60,0 |
| Mindestwert der umgerechneten mittleren Steindruckfestigkeit $f_{st}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 35,0 | 45,0 | 60,0 | 75,0 |

a) Einzelwerte der an Proben ermittelten Druckfestigkeit dürfen 80 % des deklarierten Wertes nicht unterschreiten. (DIN EN 771-1; 5.2.4; 5.3.4)

Für die Zuordnung zu den Druckfestigkeiten gilt:

- Mittlere Steindruckfestigkeit  $f_{st}$  ist der entsprechenden Druckfestigkeitsklasse nach Tab. 5 zuzuordnen.
- Zwischenwerte sind nicht zulässig.
- $f_{st}$  muss mindestens  $5,0 \text{ N/mm}^2$  betragen.
- $f_{st}$  muss bei Klinkern  $\geq 35,0 \text{ N/mm}^2$  (Druckfestigkeitsklasse 28) und bei Keramikklinkern  $\geq 75,0 \text{ N/mm}^2$  (Druckfestigkeitsklasse 60; kleinster Einzelwert:  $60 \text{ N/mm}^2$ ) betragen.
- Die Zuordnung der mittleren Druckfestigkeit  $f_{st}$  zu Festigkeitsklassen erfolgt über Formfaktoren f:

**Formfaktoren** (nach Tabelle 4, DIN 20000-401:2017-01)

| Sollmaß der Ziegelhöhe in mm | Formfaktor $f^a)$ |
|------------------------------|-------------------|
| $40 \leq h < 52$             | 0,6               |
| $52 \leq h < 75$             | 0,8               |
| $75 \leq h < 100$            | 0,9               |
| $100 \leq h < 175$           | 1,0               |
| $175 \leq h < 238$           | 1,1               |
| $\geq 238$                   | 1,2               |

a) Für Langlochziegel ist  $f = 1,0$  zu setzen.

$$f_{st} = f_{st,1} \cdot f$$

mit:  $f_{st}$  die umgerechnete mittlere Steindruckfestigkeit  $f_{st,1}$  einschließlich Formfaktor f  
 $f_{st,1}$  die auf eine Prüfung im lufttrockenen Zustand umgerechnete mittlere Steindruckfestigkeit  
 f Formfaktor nach Tabelle 4

**6. Verwendbarkeit von Mauerziegeln in deutschen Erdbebengebieten**

- Für Mauerziegel, die keine in Wandlängsrichtung durchlaufenden Innenstege haben, hat der Hersteller für die Verwendung der Mauerziegel in Erdbebenzonen 2 und 3 nach DIN EN 1998-1/NA eine Längsdruckfestigkeit (Druckfestigkeit in der in Wandlängsrichtung vorgesehenen Steinrichtung)

- von mindestens  $2,0 \text{ N/mm}^2$  (ohne Berücksichtigung eines Formfaktors) zu deklarieren.
- Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn der kleinste Einzelwert einer Versuchsreihe mindestens  $2,0 \text{ N/mm}^2$  und der Mittelwert mindestens  $2,5 \text{ N/mm}^2$  beträgt.

**7. Weitere Anforderungen an Mauerziegel und Keramikklinker**

(nach DIN EN 771-1:2015-11, DIN 20000-401:2017-01 und DIN 105-4:2019-01)

|  | P-Ziegel   | U-Ziegel   |   |                   | Keramikklinker  |
|--|--|--|---|-------------------|---|
|  | Hintermauerziegel  | Vormauerziegel   | Klinker   | hochfeste Klinker |   |
| Maße   | → DIN EN 771-1 Nr. 5.2.1 (P-Ziegel) / Nr. 5.3.1 (U-Ziegel) sowie Tab. 2 / 3, DIN 20000-401 |  |   |                   | → DIN 105-4, Tab. 2   |
| Ziegelrohddichte (Bruttotrockenrohddichte)     | ≥ 705 kg/m <sup>3</sup>  |  |   |                   | ≥ 1210 kg/m <sup>3</sup><br>(△ RDK ≥ 1,4)   |
| Scherenrohddichte (Nettotrockenrohddichte)     | — <sup>a)</sup>  |  | im Mittel: ≥ 1900 kg/m <sup>3</sup><br>kleinster Einzelwert: 1800 kg/m <sup>3</sup> |                   | im Mittel: ≥ 2000 kg/m <sup>3</sup><br>kleinster Einzelwert: 1900 kg/m <sup>3</sup>   |
| Druckfestigkeitsklasse                         | ≥ 4<br>→ DIN EN 1996-1-1, T. NA.4  |  | ≥ 28  | ≥ 36              | ≥ 60  |
| Gehalt an aktiven löslichen Salzen             | <u>Klasse S0</u><br>= keine Anforderungen  | <u>Klasse S2</u> mindestens erforderlich.<br>Maximal zulässiger Salzgehalt, in % Masseanteil:<br>Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> ≤ 0,06 % und Mg <sup>2+</sup> ≤ 0,03 % |   |                   | Müssen frei von Salzen sein, die zur Gefügerstörung der Keramikklinker oder zu Ausblühungen führen, die das Aussehen der unverputzten Mauerfläche dauernd beeinträchtigen.<br><u>Klasse S3</u> mindestens erforderlich.<br>Maximal zulässiger Salzgehalt, in % Masseanteil: Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> ≤ 0,02 % und Mg <sup>2+</sup> ≤ 0,01 %<br>Prüfung → DIN EN 772-5 |
| Frostwiderstand                                | — <sup>a)</sup>  |  | Prüfung gefordert (in der Regel nach DIN V 52252-3, alternativ 52252-1 oder -2)     |                   |   |
| Wasseraufnahme                                 | — <sup>a)</sup>  |  | ≤ ca. 6 % Masseanteil, Prüfung → DIN EN 772-21                                      |                   |   |
| Gehalt an schädlichen, treibenden Einschlüssen | — <sup>a)</sup>  |  |   |                   | Müssen frei von treibenden Einschlüssen sein, die Absprengungen verursachen können. Prüfung:<br>→ DIN 105-4, Nr. 5.5 ("Dampfpest")  |
| Ritzhärte                                      | — <sup>a)</sup>  |  |   |                   | Oberflächen-Ritzhärte nach Mohs ≥ 5   |
| Farb- und Lichtbeständigkeit                   | — <sup>a)</sup>  |  |   |                   | Prüfung nach DIN 51094 (Bestrahlung ≤ 8 d)  |
| Säurebeständigkeit                             | — <sup>a)</sup>  |  |   |                   | Säurebeständigkeit außer gegen Flußsäure und deren Verbindungen<br>Prüfung z. B. → DIN EN ISO 10545-13  |
| Laugenbeständigkeit                            | — <sup>a)</sup>  |  |   |                   | Prüfung → DIN EN ISO 10545-13 (Klasse ULA)  |
| Aussehen der Ansichtsflächen                   | — <sup>a)</sup>  |  |   |                   | Eine Läufer- und eine Kopffläche müssen frei von Rissen sein. Haarrisse in der Oberfläche, die nach dem Vermauern sichtbar werden, gelten nicht als Mangel, da sie wegen der Dichte des Keramiklinkers dessen Qualität nicht beeinträchtigen  |

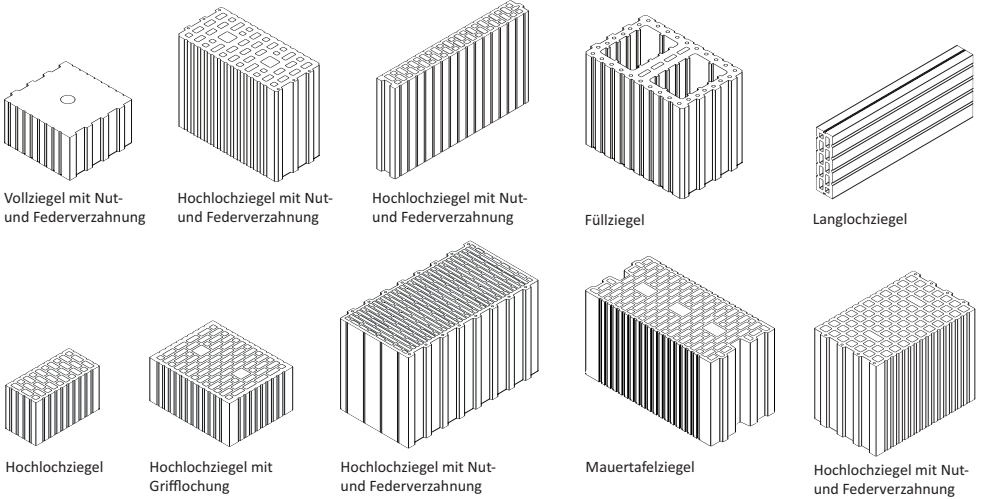
a) keine Anforderungen

**MAUERZIEGEL UND ERGÄNZUNGSPRODUKTE**

**1. Mauerziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401**

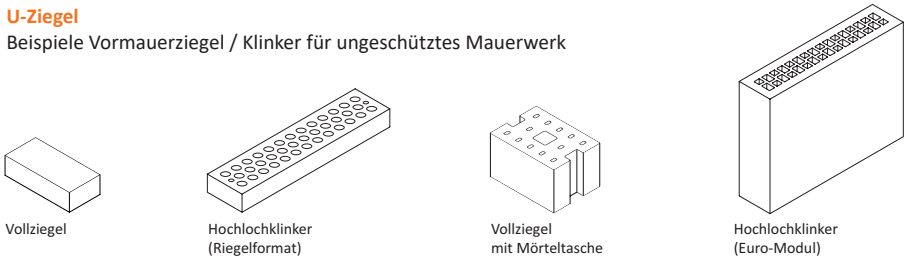
**P-Ziegel**

Beispiele Hintermauerziegel für geschütztes Mauerwerk



**U-Ziegel**

Beispiele Vormauerziegel / Klinker für ungeschütztes Mauerwerk



**2. Mauerziegel nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung**

Mauerziegel nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung, kurz Zulassungsziegel, stellen einen Großteil aller verarbeiteten Ziegel. Den Bereich monolithischer Außenwände decken sie nahezu vollständig ab.

Zulassungsziegel unterscheiden sich von genormten Ziegeln durch ihre besonderen Anforderungen, die sie erfüllen. Aufgrund immer kürzerer Innovationszyklen sind Normen zu unflexibel, um kurzfristige Produktneuerungen erfassen und regeln zu können. Aus diesem Grund werden solche Produkte über allgemeine

bauaufsichtliche Zulassungen durch das Deutsche Institut für Bautechnik geregelt und unter [www.dibt.de](http://www.dibt.de) in Zulassungsverzeichnissen bekannt gemacht.

Zulassungsziegel werden größtenteils als großformatige Planziegel mit planeben geschliffenen Lagerflächen hergestellt. Hinsichtlich des Brandschutzes werden Ziegel als nichtbrennbar (Klasse A1) und in verarbeiteter Form als Ziegelwand in Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 120 sowie als Brandwand eingestuft. Folgende Aufstellung zeigt die aktuellsten Zulassungsziegel.

**Hochwärmedämmende Zulassungsziegel für Außenwände mit hohen Anforderungen an die Tragfähigkeit, den baulichen Schallschutz und Wärmeschutz (→ mehrgeschossige Wohn- und Nichtwohngebäude)**

Bauordnungsrechtlich ist für Gebäude in der Regel ein der Nutzung entsprechender Wärmeschutz und Schallschutz gefordert. Daher wurden besonders robuste Wärmedämmziegel entwickelt, die beispielsweise bei Gebäuden mit Schallschutzanforderungen und im mehrgeschossigen Bauen zum Einsatz kommen. Einschalige Außenwände aus modernen Wärmedämmziegeln bieten hohe Tragfähigkeit. Die charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeiten liegt bei  $f_k = 3,0$  bis  $5,3 \text{ MN/m}^2$ . Damit sind bei mauerwerksgerechter Planung 5 bis 6 Geschosse und mehr ausführbar.

Gerade im mehrgeschossigen Wohnungsbau, bei Mischnutzung und hoher Außenlärmbelastung ist auf gute Schalldämmung zu achten. Da zur Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R'_{w}$  von Wohnungstrennwänden auch alle flankierenden Bauteile herangezogen werden, dürfen für monolithische Ziegelaußenwände aufgrund der Schalllängsleitung nur Wärmedämmziegel mit einem Direktschalldämm-Maß von  $R_{w}^{(1)} \geq 48 \text{ dB}$  verwendet werden. Damit läßt sich bei fachgerechter Planung und Ausführung auch der erhöhte Schallschutz ( $R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$ ) sicher erreichen.



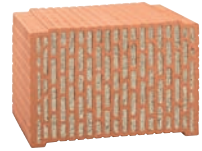
Füllung: Perlite-Dämmstoff  
 $\lambda = 0,08 / 0,09 / 0,10 \text{ W/mK}$   
 $R_w^{(1)} \geq 48 / 50 / 52 \text{ dB}$   
 $f_k = 3,0 / 5,3 / 3,6 \text{ MN/m}^2$  (SFK 10/12)



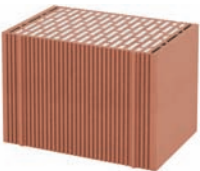
Füllung: Mineralfaserdämmplatten  
 $\lambda = 0,08 / 0,09 / 0,10 \text{ W/mK}$   
 $R_w^{(1)} = 49,9 / 50,0 / 51,3 \text{ dB}$   
 $f_k = 3,9 / 4,6 / 3,0 \text{ MN/m}^2$  (SFK 12)



Füllung: Mineralfaserdämmplatten  
 $\lambda = 0,09 / 0,10 \text{ W/mK}$   
 $R_w^{(1)} = 49,9 / 50,4 \text{ bis } 51,1 \text{ dB}$   
 $f_k = 3,9 \text{ bis } 5,2 \text{ MN/m}^2$  (bei SFK 12)



Mineralfaserdämmung, lose  
 $\lambda = 0,08 / 0,09 \text{ W/mK}$   
 $R_w^{(1)} = 50,1 / 51,8 \text{ dB}$   
 $f_k = 3,8 / 4,2 \text{ MN/m}^2$  (bei SFK 12)



Füllung: Perlite-Dämmstoff  
 $\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$   
 $R_w^{(1)} \geq 50 \text{ dB}$   
 $f_k = 5,3 \text{ MN/m}^2$  (bei SFK 12)



Mineralfaserdämmung, lose  
 $\lambda = 0,10 \text{ W/mK}$   
 $R_w^{(1)} = 52,2 \text{ dB}$   
 $f_k = 5,0 \text{ MN/m}^2$  (bei SFK 12)



ungefüllt  
 $\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$   
 $R_w^{(1)} = 49 \text{ dB}$  (bei 36,5 cm)  
 $f_k = 4,0 \text{ MN/m}^2$  (bei SFK 12)

**Leistungsfähigkeit moderner Wärmedämmziegel für mehrgeschossige Wohn- und Bürogebäude**

| Eigenschaft   | Erreichbare Werte für Wärmedämmziegel und monolithisches Ziegelmauerwerk                              |  |
|---------------|---|--|
| Wärmeschutz   | Wärmeleitfähigkeit:   | $\lambda = 0,07 \text{ bis } 0,12 \text{ W/mK}$                        |
|               | U-Werte:  | - Wanddicke 300 mm: $U = 0,22 \text{ bis } 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
|               |   | - Wanddicke 365 mm: $U = 0,18 \text{ bis } 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
|               |   | - Wanddicke 425 mm: $U = 0,16 \text{ bis } 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
|               |   | - Wanddicke 490 mm: $U = 0,14 \text{ bis } 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| Schallschutz  | Direktschalldämm-Maß:   | $R_{w,Bau,ret} = 48 \text{ bis } 52 \text{ dB}$                        |
|               | Bewertetes Luftschalldämm-Maß   | $R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$ (erhöhter Schallschutz)                    |
| Brandschutz   | Baustoffklasse:   | A1 (nicht brennbar)  |
|               | Feuerwiderstand: - Wanddicke $\geq 300 \text{ mm}$ :  | bis F 90 und Brandwand (feuerbeständig)                                |
| Tragfähigkeit | Mauerwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 1996:   | $f_k = 3,0 \text{ bis } 5,3 \text{ MN/m}^2$                            |
| weitere       | formbeständig, diffusionsoffen, feuchteausgleichend, wärmespeichernd, schadstofffrei, recycelbar etc. |  |



**Hochwärmedämmende Zulassungsziegel für Außenwände mit hohen Anforderungen an den Wärmeschutz (→ Wohn- und Nichtwohngebäude)**

Beim Neubau von Gebäuden mit geringer Gebäudehöhe wie z. B. Einfamilien-, Doppel- oder Reihenhäuser, aber auch bei Nichtwohngebäuden mit wenigen Vollgeschossen, ist der Wärmeschutz häufig das dominierende Bemessungskriterium. Das Wärmedämmvermögen wird durch den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  definiert. Wärmedämmziegel weisen äußerst niedrige Wärmeleitfähigkeitswerte auf. Hochlochziegel ohne Dämmstofffüllung erreichen Spitzenwerte von  $\lambda = 0,075$  W/mK durch ein filigranes Lochbild aus dünnen, gegeneinander versetzten Innenstegen.

Wärmedämmziegel der neuesten Generation werden mit Dämmstoff gefüllt und erzielen Wärmeleitfähigkeiten von bis zu  $\lambda = 0,060$  W/mK. Am häufigsten werden diffusionsoffene, hydrophobierte Perlite- oder Mineralfaserdämmstoffe eingesetzt. Ziegelmauerwerk zeichnet sich trotz Porosität und hohem Lochanteil, die eine gute Wärmedämmung bewirken, durch eine hohe Tragfähigkeit aus. Zulassungsziegel mit Spitzenwerten in der Wärmedämmung weisen vergleichsweise hohe charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeiten von  $f_k = 1,8$  bis  $3,9$  MN/m<sup>2</sup> auf.



Füllung: Perlite-Dämmstoff  
 $\lambda = 0,07$  W/mK



Füllung: Mineralfaserdämmplatten —  $\lambda = 0,07$  W/mK



Füllung: Mineralfaserdämmung, lose  
 $\lambda = 0,07$  W/mK



Füllung: Mineralfaserdämmplatten  
 $\lambda = 0,07 / 0,08$  W/mK



Füllung: Mineralfaserdämmplatten  
 $\lambda = 0,065$  W/mK



Füllung: Holzfaserdämmung, lose  
 $\lambda = 0,07$  W/mK



ungefüllt  
 $\lambda = 0,075$  bis  $0,09$  W/mK



ungefüllt  
 $\lambda = 0,09$  W/mK

**Zulassungsziegel für besondere Anforderungen**



Erdbebensicheres Bauen und bei besonders hohen Anforderungen an die Tragfähigkeit, z. B. Innenwand  
Rohdichteklasse 0,9  
 $f_k = 5,0$  (SFK 12) bis  
6,8 MN/m<sup>2</sup> (SFK 20)  
 $\lambda = 0,39$  bis  $0,58$  W/mK (nach RDK)  
Wanddicken  $t = 17,5 / 20 / 24 / 30$  cm



Erdbebensicheres Bauen und bei besonders hohen Anforderungen an die Tragfähigkeit, z. B. Innenwand  
Rohdichteklasse 1,4  
 $f_k = 10,2$  MN/m<sup>2</sup> (bei SFK 20)  
 $\lambda = 0,58$  W/mK  
Wanddicken  $t = 17,5$  cm



Schallschutz-Füllziegel für Wohnungs- / Haustrennwände zum Verfüllen mit fließfähigem Beton C12/15, Körnung 0-16 mm mit oder ohne Vertikalbewehrung  
 $R_{w,2} = 56,9$  dB ( $t = 17,5$ cm)  
 $R_{w,2} = 60,8$  dB ( $t = 24$  cm)  
 $R_{w,2} = 63,6$  dB ( $t = 30$  cm)



Schalungsziegel für Wohnungs- / Haustrennwände zum Verfüllen mit fließfähigem Beton C12/15, Körnung 0-16 mm mit oder ohne Horizontal- / Vertikalbewehrung  
 $R_{w,2} = 57$  dB ( $t = 17,5$ cm)  
 $R_{w,2} = 61,4$  dB ( $t = 24$  cm)  
 $R_{w,2} = 64,4$  dB ( $t = 30$  cm)

1) Direktschalldämm-Maß  $R_w$  bei Wanddicke 36,5 cm für die Berechnung der Luftschalldämmung nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-23.22-1787 und DIN EN 12354-1. In Produktdatenblättern angegebene Bezeichnungen wie  $R_{situ,w}$  oder  $R_{w,Bau,ref}$  stammen aus bauakustischen Prüfberichten und sind gleichwertig ( $R_{w,situ,w} = R_{w,Bau,ref}$ ). → weitere Hinweise siehe Kapitel Schallschutz.  
2) Rechnerisch zu erwartendes Schalldämm-Maß nach DIN 4109-2:2016-07, inkl. beidseitig 15 mm Kalk-Gips-Putz, ohne Flankenübertragung  
Ziegellexikon Mauerwerk 2020 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V. www.ziegel.com

### 3. Ergänzungsprodukte, Sonderziegel, Zubehör

#### Abmuerziegel, Deckenrandschale, Deckenrandelement

ermöglichen die Herstellung eines konstruktiv sicheren Deckenrandes mit keramischer Ziegeloberfläche als idealer, homogener Putzgrund. Bei Verwendung von Deckenabmuerziegeln wird die erforderliche Wärmedämmung im Konstruktionsaufbau bauseits eingelegt. Bei Deckenrandschalen und Deckenrandelementen ist die Wärmedämmung bereits auf Langlochziegel, Hochlochziegel oder Ziegelschalen werkseitig aufgeklebt.

Alle unten aufgeführten Produktvarianten wurden in Hinblick auf die nach Energieeinsparverordnung erforderliche Minimierung der Wärmebrückeneinflüsse optimiert. Die Geometrie dieser Produkte wurde so gestaltet, dass die Gleichwertigkeit des referenzierten längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_e$  ("Psi-Wert") nach Detail Nr. 71 aus DIN 4108 Beiblatt 2 mit  $\Psi_e \leq 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$  sichergestellt ist.

Mit Einführung der harmonisierten Mauerwerksnorm DIN EN 1996 wurden die konstruktiven Randbedingungen für das Deckenaufleger erstmals konkret definiert. Für das überwiegend angewendete vereinfachte Bemessungsverfahren nach DIN 1996-3 werden folgende Mindestdeckenaufлагertiefen  $a$  vorausgesetzt:

- Wanddicke  $t = 365 \text{ mm}$ :  $a \geq 0,45 \cdot t$
- alle weiteren Wanddicken:  $a \geq 0,5 \cdot t$

Um die erhöhten Anforderungen im Geschößwohnungsbau hinsichtlich Statik, Wärme-, Schall- und Brandschutz in Einklang zu bringen, wurden neue Produkte für den Deckenrand entwickelt. Gegenüber den regulären Vorgaben der DIN EN 1996-3 wird für dieses Anwendungsgebiet eine vergrößerte Deckenaufлагertiefe  $a$  empfohlen:

- Geschößwohnungsbau:  $a \geq 2/3 \cdot t$

#### Produkte für die Ausführung einer regulären Deckenaufлагertiefe nach DIN EN 1996-3

Deckenabmuerziegel: Wärmedämmung wird bauseits montiert



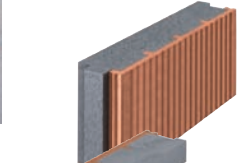
Deckenrandschale Typ A: Langlochziegel + werkseitig aufgeklebte Mineralfaserdämmung WLГ 035<sup>a)</sup>



#### Produkte für die Ausführung einer vergrößerten Deckenaufлагertiefe, z. B. im Geschößwohnungsbau



Deckenrandschale Typ C: Ziegelschale + werkseitig aufgeklebte Hartschaumdämmung WLГ 032/0,32<sup>a)</sup>



Deckenrandelement: Ziegelschale mit werkseitig aufgeklebter Hartschaumdämmung WLГ 032/0,32<sup>a)</sup>



Variante mit Nut und Anker für Anschluss von Deckenrand ohne Auflager (z.B. bei deckengleichen Fenstern)

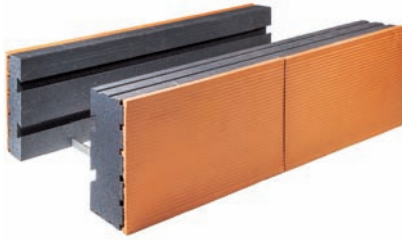
Deckenrandschale Typ B: 65 mm Leichthochlochziegel + 80 mm Mineralfaserdämmung WLГ 035<sup>a)</sup>



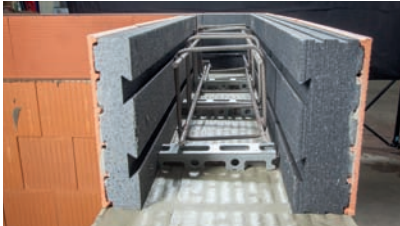
Deckenrandschale Typ D: 25/30 mm Leichthochlochziegel + 95/90 mm Mineralfaserdämmung WLГ 035<sup>a)</sup>



**Ziegel-Wärmedämmschalen**



ermöglichen eine einfache, schalungsfreie, thermisch optimierte Ausführung von Ringbalken/-ringankern. Sie sind auch vertikal anwendbar (z.B. Kniestockstütze).



Ziegel-Wärmedämmschale mit bauseits eingebrachtem Bewehrungskorb auf Abstandhaltern vor dem Betoniervorgang..

Ziegel-Wärmedämmschalen bestehen aus zwei formstabilen Kunststoffschalen WLK 032 ( $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ ) mit außenseitig angebrachten, 10 mm dicken Ziegelschalen zur Verbesserung des Putzgrundes. Die Dicke der Außenschale beträgt 90 mm, die der Innenschale 60 mm. Beide Schalen sind fest durch Distanzbügel aus Stahl miteinander verbunden. Für einen kraftschlüssigen Verbund zwischen Dämmschalen und Betonkern sorgen schwalbenschwanzförmige V-Nuten.



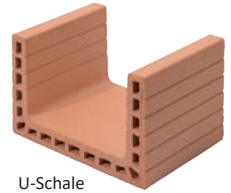
Variante der Ziegel-Wärmedämmschale mit oben liegenden Stahlhalterbügeln

Die regional angebotenen Ziegel-Wärmedämmschalen sind in folgenden Abmessungen lieferbar: Länge 1000 mm, Höhe 250 mm, Dicke 300, 365, 425 und 490 mm sowie als ergänzendes Eckelement.

| Anhaltswerte für die Abmessungen [in mm] des Betonkerns für Stahlbetonringbalken in Ziegel-Wärmedämmschalen |           |      |
|---|-----------|------|
| Wanddicke   | Betonkern |      |
|   | Breite    | Höhe |
| 300   | 150       | 250  |
| 365   | 215       |      |
| 425   | 275       |      |
| 300   | 340       |      |

**U-Schalen und WU-Schalen**

dienen als Schalungselement für Stahlbetonringanker und -balken oder Stahlbetonstütze und -unterzüge. Auch lassen sich damit Stahlbetonstützen integrieren. In wärmegeämmter oder ungedämmter Ausführung weisen solche Ziegelprodukte, die nach dem Versetzen und Einbringen der Bewehrung mit Beton vergossen werden, wesentlich geringeres Schwindverhalten auf als reine Stahlbetonbauteile.



U-Schale

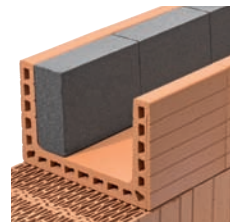


WU-Schalen mit integrierter Wärmedämmung

U- und WU-Schalen aus Ziegel bilden gemeinsam mit dem angrenzenden Ziegelmauerwerk einen homogenen Putzgrund und bieten daher ideale Bedingungen für eine mangelfreie, dauerhafte Putzoberfläche.



U-Schale als Schalung für eine Stahlbetonstütze



WU-Schale als Schalung für einen Stahlbetonringbalken

**Ziegelblenden**

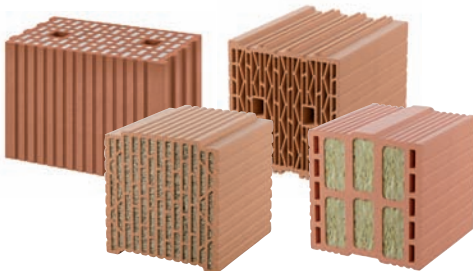
sind regional verfügbar und werden als wärmege-  
dämmte Vorsatzschale vor Stahlbetonbauteilen einge-  
setzt – beispielsweise an Attiken oder Deckenränder  
mit Unter- bzw. Überzug. Die Befestigung erfolgt durch  
Stahlanker je nach statischer Anforderung. Eine indivi-  
duelle Fertigung nach Kundenwunsch ist möglich.



Die Dicke der Wärmedämmung kann bis zu 120 mm  
betragen. Durch den Einsatz von Ziegelblenden vor  
Stahlbetonbauteilen kann ein optimaler, einheitlicher  
Putzgrund im Übergang zum monolithischen Ziegel-  
mauerwerk hergestellt werden.

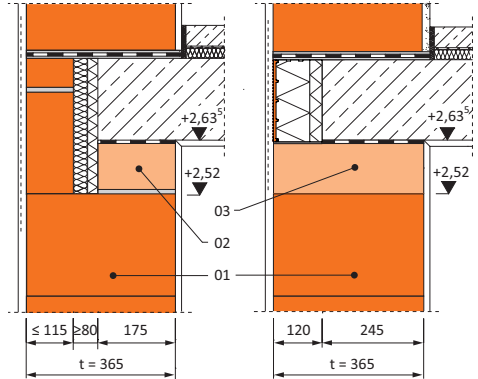
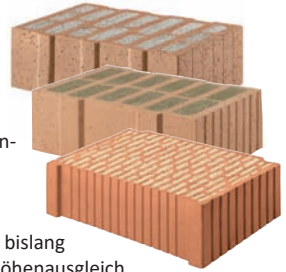
**Sockelziegel und Kimmziegel**

werden zur Reduzierung der Wärmebrücke in den  
ersten Schichten am Wandfuß oberhalb von Decken zu  
unbeheizten Kellern oder Tiefgaragen sowie raumseitig  
gedämmten Bodenplatten eingebaut. Sie stellen eine  
wirtschaftliche Alternative zur Dämmung der kalten  
Deckenunterseite dar. Die vertikale Wärmeleitfähigkeit  
dieser Ergänzungsprodukte liegt deutlich unter den  
Vorgaben des Wärmebrückenkatalogs nach DIN 4108  
Beiblatt 2, der die Referenzwerte nach Energieeinspar-  
verordnung bzw. Gebäudeenergiegesetz abbildet.



**Höhenausgleichsziegel**

sind zur Ausführung  
von Fensterbrüstungs-  
und Raumhöhen notwen-  
dig, die vom Raster der  
Ziegelschichthöhe von  
25 cm (Ziegel + Mörtel)  
abweichen. Neben dem bislang  
häufig angewendeten Höhenausgleich  
mit üblichen kleinformatigen Blockziegeln im Dickbett-  
mörtel – z. B. in Formaten NF, 2DF und 3DF – bieten  
einige Ziegelhersteller auch werkseitig planeben ge-  
schliffene Höhenausgleichsziegel in diversen Höhenab-  
stufungen, Wanddicken und Wärmeleitfähigkeiten an,  
die mit Dünnbettmörtel verarbeitet werden können.  
Hintergrund ist eine wirtschaftlichere Ausführung mit  
reduziertem Schneidaufwand auf der Baustelle.  
In manchen Regionen werden herkömmliche Planziegel  
für den Höhenausgleich auch bauseits geschnitten. Da-  
bei wird der geschnittene Planziegel am Wandfuß mit  
der Schnittfläche nach unten in den Anlegemörtel ein-  
gebettet und daher auch als "Kimmziegel" bezeichnet.



01 Planziegel (h= 249 mm)  
02 Höhenausgleichsziegel, hier: Blockziegel (l= 240 / b= 175 / h= 113)  
03 Höhenausgleichsziegel, hier: Planziegel wie 01 (jedoch h= 115)

Beispiele: Einsatz von Höhenausgleichsiegeln am Deckenaufleger

**Schachtziegel**

sind regional verfü-  
bar, mit Hohlkam-  
mer zur späteren Verwen-  
dung beispielsweise  
als Installations-  
schacht genutzt  
werden kann.





**Laibungsziegel**

werden als Anfängerziegel an Tür-/Fensteröffnungen eingebaut, um eine sichere Befestigung von Tür und Fenster zu ermöglichen. Regional werden auch Laibungsziegel mit keramischem Verstärkungskern angeboten, um die Tragfähigkeit z. B. bei absturzsichernden Befestigungen wie deckengleichen Fenstern zu erhöhen. (→ Kapitel Befestigungstechnik)



Beispiele: Laibungsziegel mit keramischem Verstärkungskern

**Ziegel-Anschlagschalen**

ermöglichen die Herstellung von Tür- und Fensteranschlüssen, die durch außenseitiges Überdämmen des Tür- oder Fensterrahmens den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten reduzieren.

Bei Ziegel-Anschlagschalen handelt es sich um u-förmige Formziegel mit werkseitig integrierter Wärmedämmung, die mit Dünnbettmörtel als Anschlag an die Laibung der Mauerwerksöffnung geklebt werden.



Ziegel-Anschlagschale



Ziegel-Anschlagschale für Fenster- und Türöffnungen

Bild oben und Mitte: Hygrothermisch optimaler, in Wandmitte angesetzter Fensteranschluß (unverputzt) bei ganzem Ziegel mit keramisch verstärktem Kern.

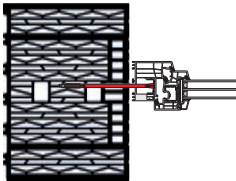
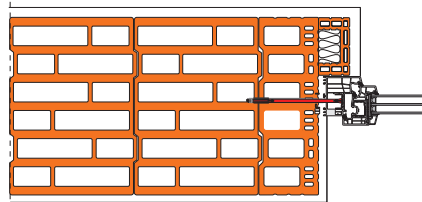
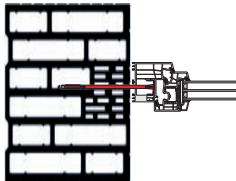


Bild unten: Fensteranschluß (verputzt) mit Halbstein in der zweiten Schicht und mit optionaler Anschlagschale außenseitig.



**Eck- und Anfängerziegel**

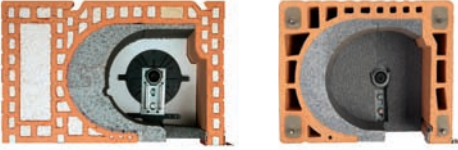
An den Gebäudeecken sowie am Beginn und Ende von Wandscheiben bzw. Pfeilern ist die Einhaltung des Überbindemaßes nach DIN EN 1996 ebenso zu beachten wie in den restlichen Bereichen des Mauerwerks.



Um die Verbandsregeln in der Praxis sicherzustellen, bieten Ziegelhersteller für jede Wandstärke und Anschlagseite Eck- und Anfängerziegel an. Diese haben zudem die Besonderheit, dass sie laibungsseitig statt der üblichen Nut- und Federverzahnung glatt bzw. mit Putzrillen angeboten werden. Dadurch ist die für den luftdichten Einbau von Fenstern und Türen erforderliche optimale Oberflächenstruktur gegeben.

Bei Verzicht auf werkseitig vorgefertigte Eck- und Anfängerziegel müssen die Ziegel bauseits unter zusätzlichem Zeitaufwand paßgenau geschnitten werden. An Laibungen und Mauerecken sind die Schnittstellen sowie außenliegende Nut- und Federabschnitte ab einer Tiefe > 8 mm zusätzlich mit Mörtel abzugleichen.

Ziegel-Rollladenkasten, -Raffstorekasten, -Jalousiekasten



Moderne Rollladen-, Jalousie und Raffstorekästen aus Ziegelformteilen gewährleisten Wärme-, Schall- und Brandschutz. Als raumseitig geschlossene, wärmege-dämmte Bauteile tragen sie zur Erfüllung der Anforder-ungen nach EnEV bei, sind luftdicht und weisen ver-gleichbar geringe Wärmedurchgangskoeffizienten auf. Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten liegen deutlich unter den Referenzwerten der maßge-benden Details Nr. 60/61 nach DIN 4108 Beiblatt 2. Die Gleichwertigkeit ist somit für alle Anschlusssituati-onen gegeben. (→ siehe: Abschnitt "Wärmebrücken")

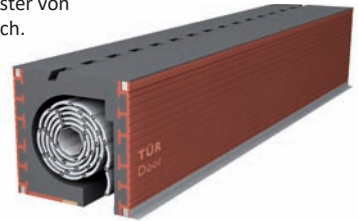
Der nach EnEV erforderliche Nachweis des sommerli-chen Wärmeschutzes auf Basis von DIN 4108-2 darf entfallen, wenn bei Wohngebäuden der grundflächen-bezogene Fensterflächenanteil des kritischen Raums  $f_{wG} \leq 35\%$  und der Abminderungsfaktor  $F_c \leq 0,30$  (bei einem Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung von  $g > 0,40$ ) bzw.  $F_c \leq 0,35$  (bei  $g \leq 0,40$ ) liegt. Sonnenschutzvorrichtungen wie Rollläden, Jalousien oder Raffstore erfüllen diese Abminderungsfaktoren und tragen damit zu einem behaglichen Innenraumkli-ma während der heißen Sommermonate bei.



Auch die Luftschalldämmung ist durch bauakustische Prüfberichte nachgewiesen. Bewertete Luftschalldämm-Maße von  $R_w = 48$  bis 49 dB sowie bewertete Normschallpegeldifferenzen von  $D_{n,e,w} = 62$  bis 64 dB belegen die hohe Schallschutzwirkung der neuesten Generation innovativer Ziegel-Rollladen-, -Jalousie- und -Raffstorekästen mit deutlichen Vorteilen gegen-über Leichtbau-kästen.

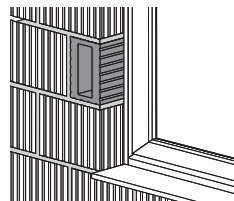


Die statisch selbsttragenden vorgefertigten Bauele-mente aus Ziegelformteilen erfordern beim Einbau keine Schalung oder Übermauerung mit Ziegelstürzen. Zusätzliche Lasten dürfen nicht über die Kästen abge-tragen werden. Sie sind bis 2,00 m Länge von Hand versetzbar und ab einer Kastenlänge von 1,50 m bei der Montage fachgerecht zu unterstützen. Erhältlich sind sie auch in abgewinkelter Form sowie ohne Auf-lagerung zur Abhängung an Stahlbetondecken. Bei Bestellung sollte stets die Rohbaulichte der Fensteröff-nung angegeben werden (Bestelllänge = Rohbaulichte + 2 x 12 cm Auflager). Lieferlängen bis max. 6,0 m sind beliebig im Raster von 12,5 cm möglich.



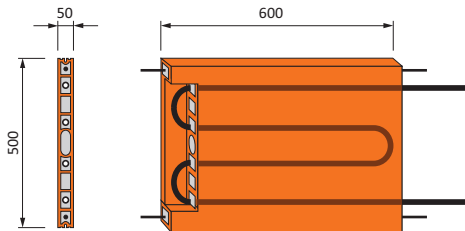
Gurtwickler-Ziegel

ermöglichen den Einbau des Gurtwicklers ohne unzu-lässige Stemmarbeiten. Durch seine Normmaße wird der Gurtwickler-Ziegel im Verband mit eingemauert.



**Ziegel-Heiz- und Kühlelement**

Eine sehr behagliche Art der Wärmeübergabe stellen Flächenheizungen wie Fußboden- oder Wandheizung dar. Sie übertragen thermische Energie vornehmlich über Wärmestrahlung, die vom menschlichen Körper als sehr angenehm empfunden wird. Auch lösen sie Probleme der Stellflächenknappheit und Verletzungsgefahr besser als herkömmliche Heizkörper. Eine Möglichkeit, die hohe Wärmespeicherfähigkeit des Baustoffs Ziegel für die Wärmeübertragung zu nutzen, ist hier exemplarisch anhand des Ziegel-Heizelements dargestellt. Dazu werden Ziegel-Langlochplatten werkseitig zu anschlussfertigen Heizelementen aufbereitet.



Ziegelheizelement: Langlochziegel mit integriertem Heizstrang

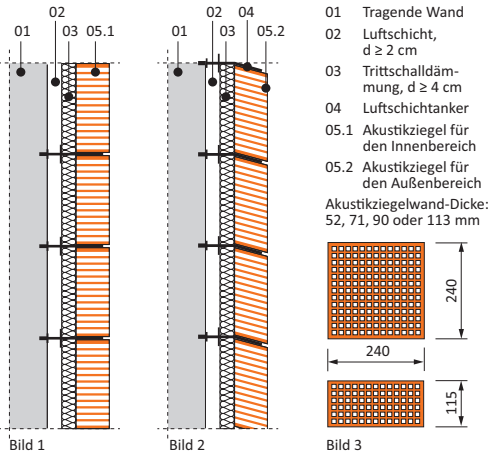
Ziegel-Heizelemente werden im Standardraster mit einer Höhe von 500 mm, Länge von 600 mm und Breite von 50 mm angeboten und können mit beliebig vielen Segmenten bis zu einer Rohrlänge von maximal 110 m aneinander gereiht oder übereinander verbaut werden. Die Elemente sind individuell nach Maßvorgabe konfektionierbar. Empfohlen werden 3-5 Segmente je Element. Das Ziegel-Heizelement ist als Fußboden- sowie als Wandheiz- bzw. -kühlsystem einsetzbar.



Ziegel-Heiz-und-Kühlelement, das im Verbund mit einer Wärmepumpe für Vorlauftemperaturen von 35 °C eingesetzt wird.

**Akustikziegel**

Akustikziegelwände sind ein Anwendungssystem für den Innen- und Außenbereich zur Verbesserung der raumakustischen Qualität. Sie werden als Vorsatzschalen mit Mineralfaserplatten im Schalenzwischenraum zur Schalldämmung ausgeführt. Die schallabsorbierende Wirkung wurde nach ZTV-Lw 88 nachgewiesen. Das Prüfzeugnis bestätigt, dass die hochabsorbierende Akustik-Ziegelwand im Frequenzbereich von 250 bis 4000 Hz nahezu 100% der Schallenergie absorbiert. Daneben ermöglichen Akustikziegel eine anspruchsvolle Ästhetik. Sie sind in verschiedenen Farbtönen lieferbar, alterungsbeständig, robust und wartungsfrei.



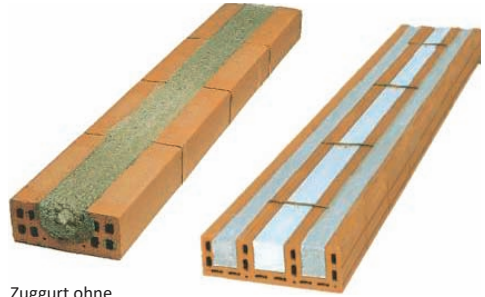
Akustik-Ziegelwände für den Innenbereich (Bild 1) und Außenbereich (Bild 2). Bild 3: Abmessungen von Akustik-Ziegeln



Akustik-Ziegelwände in einem Unterrichtsraum zur Verbesserung der Raumakustik durch Reduzierung der Nachhallzeit

**Ziegel-Flachstürze**

Die Flachsturz-Richtlinie aus dem Jahr 1977 wurde Anfang 2009 aus den Listen der technischen Baubestimmungen gestrichen und damit außer Kraft gesetzt. Daher wurden von den Mauersteinherstellern bauaufsichtliche Zulassungen<sup>1)</sup> für Flachstürze beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) beantragt. Die Regelungen der Flachsturz-Richtlinie wurden in die Zulassung Z-17.1-973<sup>1)</sup> überführt. Daneben wurde die Zulassung Z-17.1-981<sup>1)</sup> erteilt, durch die erstmalig die Übermauerung von nichttragenden Stürzen in Ziegelmauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen möglich ist.



Zuggurt ohne  
Wärmedämmung

Wärmedämmsturz

**Zulassung Z-17.1-973<sup>1)</sup> für Flachstürze mit bewehrten Zuggurten<sup>2)</sup> in Ziegelformsteinen**

- enthält die Regeln der bisherigen Flachsturz-Richtlinie nach Umstellung auf das Teilsicherheitskonzept mit allen einschränkenden Randbedingungen, z.B.:
  - Vermörtelung der Stoßfugen in der Übermauerung
  - Druckfestigkeitsklasse für die Übermauerung  $\geq 12$
- Flachsturz-Hersteller bieten Typenstatiken zur einfachen Vordimensionierung an.

1) Download der Zulassungen: [www.orgemaerziegel.de](http://www.orgemaerziegel.de)  
 2) Zuggurte sind bewehrte Stahlbeton-Fertigteile, erstellt in schalenförmigen Ziegel-Formsteinen.

**Zulassung Z-17.1-981<sup>1)</sup> für nichttragende<sup>3)</sup> Flachstürze aus Zuggurten in Ziegel-Formsteinen mit oder ohne Wärmedämmung und Ziegelmauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen**

- regelt nichttragende<sup>3)</sup> Flachstürze aus schlaff bewehrten Zuggurten in Ziegelformsteinen ergänzt durch Übermauerung aus Ziegelmauerwerk mit oder ohne Stoßfugenvermörtelung, die nur durch die Eigenlast der Übermauerung belastet werden.

3) „Nichttragend“: Übermauerungshöhe  $\leq 1,00$  m, so dass z.B. bei Außenwand  $d = 36,5$  cm zulässige Linienlast  $\leq 3,3$  kN/m

**Randbedingungen nach Z-17.1-981 für Flachstürze mit unvermörtelten Stoßfugen in der Übermauerung**

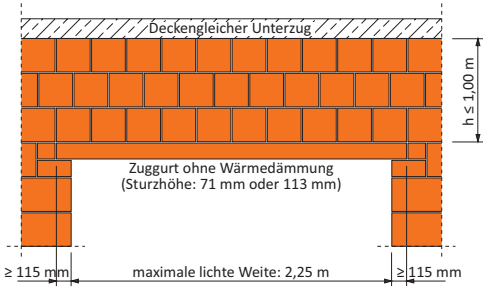
|   |        | Zuggurte ohne Wärmedämmung   | Zuggurte mit Wärmedämmung <sup>a)</sup>  |
|---|--------|--|--|
| Abmessungen der Zuggurte <sup>b)</sup>          | Höhe   | 71 oder 113 mm   | 113 mm   |
|   | Breite | 90 bis 240 mm  | 300 bis 490 mm   |
| Anforderungen an die Übermauerung (= Druckzone) |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übermauerungshöhe: 250 bis 1000 mm</li> <li>• mindestens zweilagig</li> <li>• RDK <math>\leq 1,40</math></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übermauerungshöhe: 125 bis 250 mm</li> <li>• einlagig</li> <li>• RDK <math>\leq 0,90^c)</math></li> </ul> |
|   |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• In der Übermauerung (Einsteinmauerwerk, Verband) dürfen folgende Ziegel verwendet werden:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- alle zugelassenen Hochlochziegel/Planhochlochziegel, sofern nicht in Zulassung ausgeschlossen</li> <li>- HLz A und HLz B nach DIN V 105-100</li> </ul> </li> <li>• Druckfestigkeit der Mauerziegel für die Übermauerung <math>\geq</math> SFK 6</li> <li>• Lagerfugen der Übermauerung: Normalmörtel <math>\geq</math> NM IIa oder Leichtmörtel LM 21 bzw. LM 36 oder Dünnbettmörtel nach Zulassung der Planziegel</li> <li>• Fuge zwischen Zuggurt und Übermauerung:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Übermauerung aus Blockziegel mit Normalmörtel oder Planziegel mit Dünnbettmörtel: Normalmörtel NM IIa in der Fuge zwischen Zuggurt und Übermauerung</li> <li>- bei Übermauerungen mit Leichtmörtel LM 21 oder LM 36 kann der Mörtel für die Übermauerung auch für die Lagerfuge zwischen Zuggurt und Übermauerung verwendet werden</li> </ul> </li> </ul> |  |
| Öffnungsweite                                   |        | $\leq 2,25$ m (lichte Weite)   |  |
| Auflagertiefe                                   |        | $\geq 115$ mm  |  |

a) Für Außenwände können entweder Wärmedämmstürze oder mehrere parallel verlegte Zuggurte mit zwischenliegender, bauseits eingebrachter Wärmedämmung eingesetzt werden.

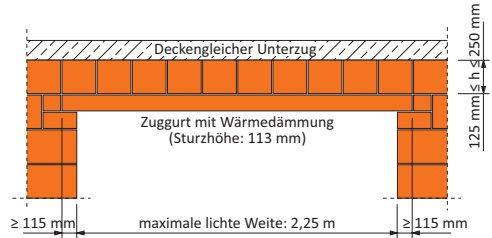
b) Wird nur ein Zuggurt eingebaut, muss dessen Breite  $\geq 115$  mm sein.

c) Bei vermörtelten Stoßfugen entfallen die Einschränkungen der Rohdichte





Geometrische Randbedingungen für Flachstürze mit 71 oder 113 mm hohen Zugurten ohne Wärmedämmung und mehrlagiger Übermauerung



Geometrische Randbedingungen für Flachstürze mit 113 mm hohen Zugurten mit Wärmedämmung und einlagiger Übermauerung

**Wärmeschutz bei Flachstürzen in Außenwänden**

Die Anforderungen an den Wärmeschutz fordern eine sorgfältige Ausführung im Bereich von Wärmebrücken. Dies betrifft auch Flachstürze. Zulassung Z-17.1-981 berücksichtigt dies durch die Regelungen für 113 mm hohe Zuggurte mit integrierter Wärmedämmung („Wärmedämmstürze“) in den Wanddicken 300 bis 490 mm. Diese können bereits mit einlagiger Übermauerung (Rohdichteklasse ≤ 0,9) ab 125 mm Höhe ausgeführt werden. Bild 1 zeigt die wesentlichen Anforderungen an Wärmedämmstürze. Darüber hinaus ist auch die Anordnung von 113 mm hohen Zugurten mit bauseits eingebrachter Wärmedämmung zwischen den Zuggurten möglich (Bild 2 + 3). Als bauseitige Dämmung dürfen alle mindestens normalentflammbaren Wärmedämmstoffe nach DIN EN 13162 bis 13166 (Mineralwolle, expandiertes Polystyrol (EPS), extrudiertes Polystyrol (XPS), Polyurethan-Hartschaum (PUR) und Phenolharzschaum (PF)) eingesetzt werden.

**Brandschutz**

Zuggurte von Flachstürzen nach Z-17.1-981 sind unverputzt ab 175 mm Breite und dreiseitig verputzt bereits ab 115 mm in die Feuerwiderstandsklasse F 90 eingestuft. Bei Einbau brennbarer Wärmedämmung lautet die Benennung F 90-AB.

**Ausführungshinweise**

- Flachsturz darf außer seinem Eigengewicht keine weiteren Lasten abtragen. Dies ist auch konstruktiv zu berücksichtigen, z.B. deckengleicher Unterzug.
- Bei Erstellung von Stürzen mit Stützweiten ≥ 1,13 m wird eine Montagestütze benötigt. Diese darf in der Regel erst 7 Tage nach Erstellung des Flachsturzes bzw. des darüber liegenden deckengleichen Unterzuges entfernt werden.
- Zuggurte sind vor Erstellung der Übermauerung zu reinigen und vorzunässen.
- Bei unvermörtelten Stoßfugen: Ziegel knirsch stoßen

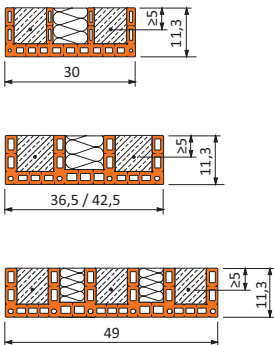


Bild 1: Wärmedämmstürze

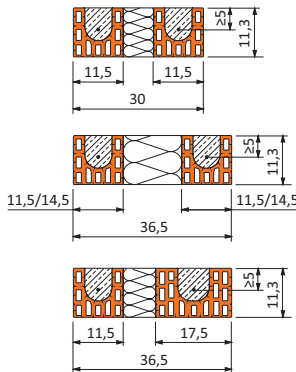
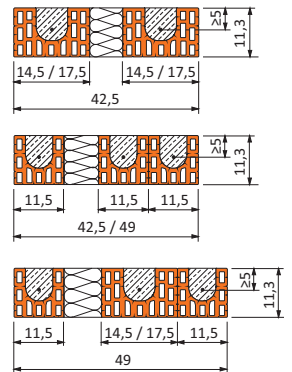


Bild 2 (Mitte) und Bild 3 (rechts): Mögliche Anordnung von Zuggurten für Flachziegelstürze mit bauseitiger Wärmedämmung



BAUPHYSIK

WÄRMESCHUTZ

1. Winterlicher Wärmeschutz

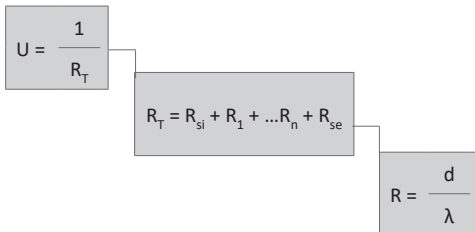
erfordert Maßnahmen, die den Heizenergiebedarf in einem Gebäude oder einer beheizten Zone bei entsprechender Nutzung nach vorgegebenen Anforderungen begrenzen. Der Heizenergiebedarf wird erheblich von der Wärmedämmqualität der Außenbauteile, der Reduzierung von Wärmebrücken, der Luftdichtheit der Gebäudehülle, der Lüftung sowie der Kompaktheit, Lage und Ausrichtung des Gebäudes beeinflusst.

Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$

beschreibt das Vermögen von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen, thermische Energie zu transportieren. Die Wärmeleitfähigkeit wird in W/m·K angegeben und ist abhängig vom Feuchtegehalt, der Rohdichte, Temperatur, Porosität, Porenstruktur und chemisch-mineralogischen Zusammensetzung. Je kleiner  $\lambda$  ist, desto besser dämmt der Baustoff. Bemessungswerte sind in DIN 4108-4 oder Produktzulassungen angegeben (siehe Balkendiagramme und Tabellen rechts bzw. Kapitel "Mauerziegel nach bauaufsichtlicher Zulassung").

Der Wärmedurchgangskoeffizient U ("U-Wert")

wird zur Beurteilung der thermischen Qualität von Außenbauteilen verwendet. Je kleiner er ist, desto besser dämmt ein Bauteil. U-Werte werden z.B. nach DIN EN ISO 6946 ermittelt und haben die Einheit W/(m²K). Für opake, d.h. nicht transparente Bauteile aus homogenen Schichten, gilt unter stationären Bedingungen, also ohne zeitlichen Einfluss:

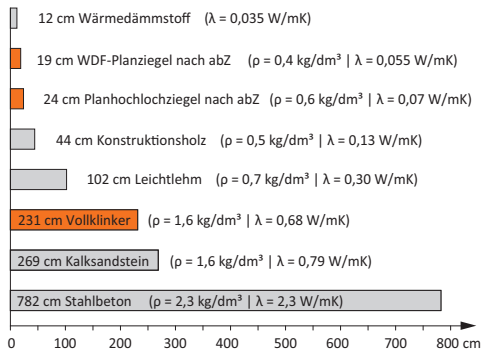


- mit:
- d Dicke der jeweiligen Baustoffschicht
  - $\lambda$  Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit
  - $R_T$  Wärmedurchgangswiderstand gesamt
  - R Bemessungswerte des Wärmedurchlasswiderstandes der einzelnen Schichten
  - $R_{si}/R_{se}$  Wärmeübergangswiderstand innen/außen aus Wärmestrahlung/-konvektion oberflächennah

| Wärmeübergangswiderstände in [(m²K)/W]         | Richtung des Wärmestroms |                    |         |
|--|--------------------------|--------------------|---------|
|  | aufwärts                 | horizontal         | abwärts |
| $R_{si}$ (Innenraum)                           | 0,10                     | 0,13 <sup>a)</sup> | 0,17    |
| $R_{se}$ (außen, nicht abgedeckt)              | 0,04                     | 0,04               | 0,04    |
| $R_{se}$ (Außenluft, abgedeckt + hinterlüftet) | 0,13                     | 0,13               | 0,13    |
| $R_{se}$ gegen Erdreich                        | 0,00                     | 0,00               | 0,00    |

a) über ± 30° zur horizontalen Ebene

Die Grafik unten zeigt die bauphysikalisch erforderliche Wanddicke einiger Baustoffe zum Erreichen eines U-Wertes von 0,28 W/(m²K). Nach GEG 2020 bzw. EnEV 2014 ist 0,28 der Referenz-U-Wert für Außenwände.



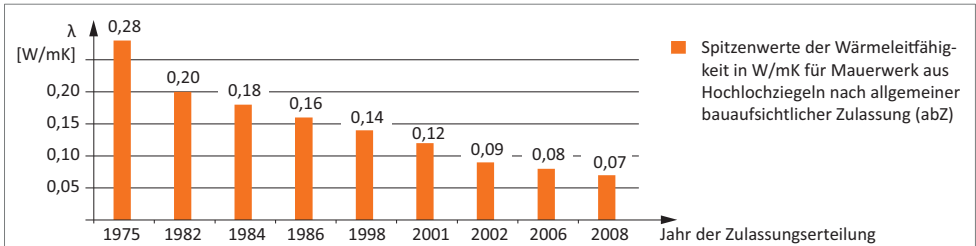
Transmissionswärmeverlust  $H'_T$

Mit  $H'_T$  wird der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche A bezogenen Transmissionswärmeverlust ermittelt. Es ist der mittlere, wärmebrückenbereinigte U-Wert der Gebäudehülle in W/(m²K). Je kleiner  $H'_T$ , desto besser dämmt die Gebäudehülle.

$$H'_T = \frac{\sum (F_x \cdot U \cdot A) + \Delta H_{WB} + \Delta H_{T,FH}}{A}$$

- mit:  $F_x$  Temperatur-Korrekturfaktor; an Außenluft: 1,0  
 $\Delta H_{WB}$  Verluste durch Wärmebrücken  
 $\Delta H_{T,FH}$  Verluste bei ggf. Flächenheizung in Außenwand

Historische Entwicklung der Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  für Mauerwerk aus Zulassungsziegeln



Aktuelle Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  für Ziegel-Mauerwerk (gem. DIN 4108-4 bzw. abZ)

Historische Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  für Mauerwerk aus Ziegeln nach DIN 105<sup>1)</sup>

| Baustoff  | Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$ [W/(mK)] |      |      |
|---|---------------------------------------|--------------------|------|------|
|   |                                       | LM21               | NM   |      |
| Mauerwerk aus hochwärmedämmenden Zulassungsziegeln (Richtwerte, genauer siehe jeweilige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung) mit Mörtel aus LM21 / DM <sup>2)</sup> | 600                                   | 0,07 bis 0,11      |      |      |
|   | 650                                   | 0,12               |      |      |
|   | 700                                   | 0,13               |      |      |
|   | 750                                   | 0,14               |      |      |
|   | 800                                   | 0,16 bis 0,18      |      |      |
| Mauerwerk aus Hochlochziegel mit Lochung A oder B und Mörtel aus NM oder DM bzw. LM21 oder LM36 <sup>2)</sup>   |                                       | LM21               | NM   |      |
|   |                                       | LM36               | DM   |      |
|   |                                       | 550                | 0,27 | 0,32 |
|   |                                       | 650                | 0,30 | 0,35 |
|   |                                       | 750                | 0,33 | 0,38 |
| Mauerwerk aus Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel mit Mörtel aus NM oder DM <sup>2)</sup>  |                                       | 0,50               |      |      |
|   |                                       | 0,58               |      |      |
|   |                                       | 0,68               |      |      |
|   |                                       | 0,81               |      |      |
|   |                                       | 1,4                |      |      |
| Mauerwerk aus Vollziegel, Hochlochziegel und -klinker sowie Keramikklinker und Füllziegel mit Mörtel NM oder DM <sup>2)</sup>   |                                       | 0,81               |      |      |
|   |                                       | 0,96               |      |      |
|   |                                       | 1,2                |      |      |
|   |                                       | 1,4                |      |      |
|   |                                       | 1,4                |      |      |

2) NM = Normalmörtel / DM= Dünnbettmörtel / LM21 = Leichtmörtel mit  $\lambda = 0,21$  W/(mK) / LM36 = Leichtmörtel mit  $\lambda = 0,36$  W/(mK)

| Zeitraum           | Typ                                      | Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$ [W/(mK)] |      |
|--------------------|--|---------------------------------------|--------------------|------|
|                    |  |                                       | LM21               | NM   |
| ab 1952            | KMz, KK                                  | $\geq 1900$                           |                    | 1,05 |
|                    |  |                                       |                    | 0,79 |
|                    | Mz, HLz                                  | 1000                                  | 0,46               |      |
|                    |  | 1200                                  | 0,52               |      |
|                    |  | 1400                                  | 0,60               |      |
| 1800               |  | 0,79                                  |                    |      |
| ab 1981            | KMz, KHLz, KK, KHK                       | 1800                                  | 0,81               |      |
|                    |  | 2000                                  | 0,96               |      |
|                    |  | 2200                                  | 1,20               |      |
|                    |  |                                       |                    |      |
|                    | Mz, HLz                                  | 1200                                  | 0,50               |      |
|                    |  | 1400                                  | 0,58               |      |
|                    |  | 1600                                  | 0,68               |      |
|                    |  | 1800                                  | 0,81               |      |
|                    |  | 2000                                  | 0,96               |      |
|                    |  |                                       |                    |      |
| HLz A/B            | 700                                      | 0,30                                  | 0,36               |      |
|                    | 800                                      | 0,33                                  | 0,39               |      |
|                    | 900                                      | 0,36                                  | 0,42               |      |
|                    | 1000                                     | 0,39                                  | 0,45               |      |
|                    |  |                                       |                    |      |
| HLz W (Großformat) | 700                                      | 0,24                                  | 0,30               |      |
|                    | 800                                      | 0,27                                  | 0,33               |      |
|                    | 900                                      | 0,30                                  | 0,36               |      |
|                    | 1000                                     | 0,33                                  | 0,39               |      |
|                    |  |                                       |                    |      |
| ab 2002            | siehe DIN V 4108-4 (bzw. Tabelle rechts) |                                       |                    |      |

1) Quelle: Merkblatt "Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk im historischen Wandel", M. Gierga, Download: [www.argemauerziegel.de](http://www.argemauerziegel.de)

U-Werte verschiedener Außenwandkonstruktionen aus Ziegel mit einer Gesamtdicke  $d = 39,5 \text{ cm}$  in  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

| Monolithische Außenwand |   | d [cm] | $\lambda$ [W/(mK)] | $R = d/\lambda$ [W/(mK)]       |
|-------------------------|---|--------|--------------------|--------------------------------|
|                         | 01 Gipsputz innen   | 1,0    | 0,51               | 0,020                          |
|                         | 02 Hochlochziegel nach Zulassung (Rohdichteklasse 0,6)          | 36,5   | 0,07               | 5,214                          |
|                         | 03 Leichtputz außen   | 2,0    | 0,38               | 0,053                          |
|                         | Wärmedurchgangskoeffizient U in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ |        |                    | $U = (R_{\Sigma})^{-1} = 0,18$ |

| Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung |   | d [cm] | $\lambda$ [W/(mK)] | $R = d/\lambda$ [W/(mK)]       |
|---|---|--------|--------------------|--------------------------------|
|   | 01 Gipsputz innen   | 1,0    | 0,51               | 0,020                          |
|   | 02 Hochlochziegel nach Zulassung (Rohdichteklasse 0,8)          | 17,5   | 0,18               | 0,972                          |
|   | 03 Kerndämmung (z.B. Faserdämmstoffplatten) WLG 035             | 12,0   | 0,035              | 3,429                          |
|   | 04 Verblendschale aus Klinker                                   | 9,0    | 0,68               | 0,132                          |
|   | Wärmedurchgangskoeffizient U in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ |        |                    | $U = (R_{\Sigma})^{-1} = 0,21$ |

| Außenwand mit außenliegender Zusatzdämmung aus Wärmedämmverbundsystem (WDVS) |   | d [cm] | $\lambda$ [W/(mK)] | $R = d/\lambda$ [W/(mK)]       |
|--|---|--------|--------------------|--------------------------------|
|  | 01 Gipsputz innen   | 1,0    | 0,51               | 0,020                          |
|  | 02 Hochlochziegel nach Zulassung (Rohdichteklasse 0,8)          | 24,0   | 0,18               | 0,972                          |
|  | 03 Wärmedämmverbundsystem (WDVS) WLG 035                        | 13,5   | 0,035              | 3,857                          |
|  | 04 Außenputz (Armierungsschicht + Oberputz)                     | 1,0    | 0,70               | 0,014                          |
|  | Wärmedurchgangskoeffizient U in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ |        |                    | $U = (R_{\Sigma})^{-1} = 0,19$ |

U-Werte einschaliger, verputzter Ziegelaußenwände in  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

| Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks $\lambda$ in $\text{W}/(\text{mK})$ | Wanddicke des Ziegelmauerwerks ohne Putz |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | Wandaufbau  |
|---|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|
|   | 30,0 cm                                  |                  | 36,5 cm          |                  | 42,5 cm          |                  | 49,0 cm          |                  |   |
|   | LP <sup>a)</sup>                         | WP <sup>b)</sup> | LP <sup>a)</sup> | WP <sup>b)</sup> | LP <sup>a)</sup> | WP <sup>b)</sup> | LP <sup>a)</sup> | WP <sup>b)</sup> | <p>01 Gipsputz innen<br/>- d = 1,5 cm<br/>- <math>\lambda = 0,51 \text{ W}/(\text{mK})</math><br/>02 Ziegelmauerwerk<br/>- d, <math>\lambda</math> nach Tabelle<br/>03 Außenputz<br/>- d, <math>\lambda \rightarrow</math> Fußnoten</p> |
| 0,07  | 0,22                                     | 0,19             | 0,18             | 0,16             | 0,16             | 0,14             | 0,14             | 0,13             |   |
| 0,075   | 0,23                                     | 0,21             | 0,19             | 0,17             | 0,17             | 0,15             | 0,15             | 0,14             |   |
| 0,08  | 0,25                                     | 0,22             | 0,21             | 0,18             | 0,18             | 0,16             | 0,16             | 0,14             |   |
| 0,09  | 0,28                                     | 0,24             | 0,23             | 0,20             | 0,20             | 0,18             | 0,17             | 0,16             |   |
| 0,10  | 0,30                                     | 0,26             | 0,25             | 0,22             | 0,22             | 0,20             | 0,19             | 0,17             |   |
| 0,11  | 0,33                                     | 0,28             | 0,28             | 0,24             | 0,24             | 0,21             | 0,21             | 0,19             |   |
| 0,12  | 0,36                                     | 0,30             | 0,30             | 0,26             | 0,26             | 0,23             | 0,23             | 0,20             |   |
| 0,13  | 0,39                                     | 0,32             | 0,32             | 0,27             | 0,28             | 0,24             | 0,25             | 0,22             |   |
| 0,14  | 0,41                                     | 0,33             | 0,35             | 0,29             | 0,30             | 0,26             | 0,26             | 0,23             |   |
| 0,16  | 0,46                                     | 0,36             | 0,39             | 0,32             | 0,34             | 0,28             | 0,30             | 0,25             |   |

a) LP: Leichtputz, d = 2,0 cm,  $\lambda = 0,25 \text{ W}/(\text{mK})$  | b) WP: Wärmedämmputz nach DIN 18550-3, d = 4,0 cm,  $\lambda = 0,06 \text{ W}/(\text{mK})$

**U-Werte zweischaliger Ziegelaußenwände mit Kerndämmung bzw. mit Luftschicht und Wärmedämmung <sup>a) b) c)</sup>**

| Wärmeleitfähigkeit<br>$\lambda$ in W/(mK) |                | Mauerwerksdicke der Innenschale ohne Innenputz |                     |                     |                |                     |                     | Wandaufbau   |
|---|----------------|--|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|--|
| Mauerwerk<br>(Innenschale)                | Dämmstoff      | 17,5 cm  |                     |                     | 24,0 cm        |                     |                     |  |
|   |                | Dämmstoffdicke                                 |                     |                     | Dämmstoffdicke |                     |                     |  |
|   |                | 10 cm  | 15 <sup>d)</sup> cm | 20 <sup>d)</sup> cm | 10 cm          | 15 <sup>d)</sup> cm | 20 <sup>d)</sup> cm |  |
| 0,12                                      | 0,035<br>0,025 | 0,21<br>0,17                                   | 0,16<br>0,13        | 0,13<br>0,10        | 0,19<br>0,16   | 0,15<br>0,12        | 0,12<br>0,10        | <p>01 Gipsputz innen<br/>- d = 1,5 cm<br/>- <math>\lambda = 0,51</math> W/(mK)</p> <p>02 Hochlochziegelmauerwerk<br/>- d, <math>\lambda</math> nach Tabelle</p> <p>03 Kerndämmung<br/>- d, <math>\lambda</math> nach Tabelle</p> <p>04 Klinker-Verblendschale<br/>- Rohdichteklasse 1,6<br/>- d = 11,5 cm<br/>- <math>\lambda = 0,68</math> W/(mK)</p> |
| 0,14                                      | 0,035<br>0,025 | 0,22<br>0,18                                   | 0,17<br>0,13        | 0,14<br>0,10        | 0,20<br>0,16   | 0,16<br>0,12        | 0,13<br>0,10        |  |
| 0,16                                      | 0,035<br>0,025 | 0,23<br>0,18                                   | 0,17<br>0,13        | 0,14<br>0,11        | 0,21<br>0,17   | 0,16<br>0,13        | 0,13<br>0,10        |  |
| 0,18                                      | 0,035<br>0,025 | 0,24<br>0,19                                   | 0,18<br>0,14        | 0,14<br>0,11        | 0,22<br>0,18   | 0,17<br>0,13        | 0,13<br>0,10        |  |
| 0,39                                      | 0,035<br>0,025 | 0,27<br>0,21                                   | 0,20<br>0,15        | 0,15<br>0,11        | 0,26<br>0,20   | 0,19<br>0,14        | 0,15<br>0,11        |  |
| 0,50                                      | 0,035<br>0,025 | 0,28<br>0,21                                   | 0,20<br>0,15        | 0,16<br>0,11        | 0,27<br>0,21   | 0,19<br>0,15        | 0,15<br>0,11        |  |
| 0,96                                      | 0,035<br>0,025 | 0,29<br>0,22                                   | 0,21<br>0,15        | 0,16<br>0,12        | 0,29<br>0,22   | 0,20<br>0,15        | 0,16<br>0,12        |  |

a) U-Werte in W/(m<sup>2</sup>·K)  
 b) Bei Wärmedämmung mit Luftschicht sind die U-Werte i.d.R. um etwa 0,01 W/(m<sup>2</sup>·K) schlechter als bei Kerndämmung.  
 c) Verbindungsmittel wurden bei der Berechnung des U-Wertes nicht berücksichtigt.  
 d) Bei Schalenabständen > 15 cm: Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung der Befestigungsmittel beachten!

**U-Werte einschaliger Ziegelaußenwände mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS) in W/(m<sup>2</sup>·K)**

| Wärmeleitfähigkeit<br>$\lambda$ in W/(mK) |                | Mauerwerksdicke der Innenschale ohne Innenputz |              |              |                |              |              | Wandaufbau   |
|---|----------------|--|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--|
| Mauerwerk<br>(Innenschale)                | Dämmstoff      | 17,5 cm  |              |              | 24,0 cm        |              |              |  |
|   |                | Dämmstoffdicke                                 |              |              | Dämmstoffdicke |              |              |  |
|   |                | 10 cm  | 15 cm        | 20 cm        | 10 cm          | 15 cm        | 20 cm        |  |
| 0,12                                      | 0,035<br>0,025 | 0,22<br>0,18                                   | 0,17<br>0,13 | 0,14<br>0,10 | 0,19<br>0,16   | 0,15<br>0,12 | 0,13<br>0,10 | <p>01 Gipsputz innen<br/>- d = 1,5 cm<br/>- <math>\lambda = 0,51</math> W/(mK)</p> <p>02 Hochlochziegelmauerwerk<br/>- d, <math>\lambda</math> nach Tabelle</p> <p>03 Wärmedämmung<br/>- d, <math>\lambda</math> nach Tabelle</p> <p>04 Oberputz (Kunstharzputz)<br/>- d = 1,0 cm<br/>- <math>\lambda = 0,70</math> W/(mK)</p> |
| 0,14                                      | 0,035<br>0,025 | 0,23<br>0,18                                   | 0,17<br>0,13 | 0,14<br>0,11 | 0,21<br>0,17   | 0,16<br>0,13 | 0,13<br>0,10 |  |
| 0,16                                      | 0,035<br>0,025 | 0,24<br>0,19                                   | 0,18<br>0,14 | 0,14<br>0,11 | 0,22<br>0,18   | 0,16<br>0,13 | 0,13<br>0,10 |  |
| 0,18                                      | 0,035<br>0,025 | 0,25<br>0,19                                   | 0,18<br>0,14 | 0,14<br>0,11 | 0,22<br>0,18   | 0,17<br>0,13 | 0,14<br>0,10 |  |
| 0,39                                      | 0,035<br>0,025 | 0,28<br>0,21                                   | 0,20<br>0,15 | 0,16<br>0,12 | 0,27<br>0,21   | 0,19<br>0,15 | 0,15<br>0,11 |  |
| 0,50                                      | 0,035<br>0,025 | 0,29<br>0,22                                   | 0,21<br>0,15 | 0,16<br>0,12 | 0,28<br>0,21   | 0,20<br>0,15 | 0,15<br>0,12 |  |
| 0,96                                      | 0,035<br>0,025 | 0,31<br>0,23                                   | 0,21<br>0,16 | 0,16<br>0,12 | 0,29<br>0,22   | 0,21<br>0,15 | 0,16<br>0,12 |  |

**2. Gebäudeenergiegesetz, Energieeinsparverordnung und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz**

Die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden liefert seit 2002 die Energieeinsparverordnung (EnEV), zuletzt novelliert 2014. Die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wird durch den Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_{p}''$  und den Wärmeschutz der Gebäudehülle  $H_{T}''$  (Transmissionswärmeverlust) gekennzeichnet. Zuletzt wurden die Anforderungen der EnEV zum 01.01.2016 um durchschnittlich 15 bis 25 % verschärft. Die EnEV wird durch das Energieeinspargesetz (EnEG) legitimiert, das die Vorgaben der europäischen Union (EU) umsetzt. Bereits 2009 trat das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in Kraft, das zur Nutzung regenerativer Quellen bei der Wärme- bzw. Kälteversorgung von Wohn- und Nichtwohngebäuden verpflichtet. Es gelten die Anforderungen der Tabellen unten.

Ab Mitte 2020 soll das Gebäudeenergiegesetz (GEG) in Kraft treten, das EnEG, EEWärmeG und EnEV zusammenfasst bzw. ablöst und den von der EU geforderten Niedrigstenergiestandard festsetzt. Nach GEG/EnEV wird der Jahresprimärenergiebedarf  $Q_{p}''$  im Referenzgebäudeverfahren ermittelt, wonach  $Q_{p}''$  des geplanten Gebäudes nicht größer sein darf als  $Q_{p}''$  des Referenzgebäudes. Beim Referenzgebäude handelt es sich um das geplante Gebäude, welches zur Ermittlung des zulässigen  $Q_{p}''$  bei gleicher Geometrie und Gebäudeausrichtung in den Bauteilen und der Haustechnik mit Referenzwerten und -komponenten versehen wird. Diese stellen keine Grenzwerte oder einzig zulässige Ausstattung dar. Besser dämmende Bauteile können schlechter dämmende kompensieren. Ähnliches gilt für die Anlagentechnik. *Referenzgebäude* → *Tabelle S. 39*

**EEWärmeG 2011 bzw. GEG 2020: Anforderungen (Nutzungspflicht erneuerbarer Energie für Neubauten)**

| Erneuerbare Energie        | Solarthermie  | Biogas   | Flüssige Biomasse   | Feste Biomasse   | Geothermie, Umweltwärme  | Erneuerbare Kälte   |
|----------------------------|---|--|---|--|--|---|
| Deckungsgrad <sup>a)</sup> | ≥ 15 %  | ≥ 30 %   | ≥ 50 %  | ≥ 50 %   | ≥ 50 %   | → EEWärmeG  |
| Hinweis zur Nutzung        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Solarthermie (Wärmeträger flüssig) mit Euro-Prüfzeichen "Solar Keymark"</li> <li>Erforderliche Kollektorfläche<sup>b)</sup>:<br/>                     ≤ 2 WE: 0,04 m<sup>2</sup>/A<sub>N</sub><br/>                     &gt; 2 WE: 0,03 m<sup>2</sup>/A<sub>N</sub></li> </ul>   | KWK- <sup>c)</sup> Anlagen, Heizkessel nach bester verfügbarer Technik | Nachhaltig erzeugtes Bioöl in Heizkesseln nach bester verfügbarer Technik | Effiziente Anlagen (Heizung / Warmwasser) mit Wirkungsgrad > 86%. Effiziente Biomassekessel / automatisch beschickte wassergeführte Biomasseöfen | Effiz. Wärmepumpen mit nachvollziehbarem Betrieb: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmemengen- und Stromzähler,</li> <li>JAZ<sup>d)</sup> &gt; 3,5/4,0<sup>e)</sup></li> <li>JAZ<sup>d)</sup> &gt; 3,3/3,8<sup>f)</sup> und mit Prüfzeichen<sup>g)</sup></li> </ul> | Kälte für Raumkühlung. Reduz. des Endenergieverbrauchs für Erzeugung, Rückkühlung, Verteilung nach bester verfügbarer Technik |
| Ersatzmaßnahmen            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maßnahmen zur Einsparung von Energie: vorh. <math>Q_{p}'' \leq 0,85 \cdot Q_{p,ENEV2014}''</math> und vorh. <math>H_{T}'' \leq 0,85 \cdot H_{T,ENEV2014}''</math></li> <li>Nutzung von Abwärme oder KWK-Anlagen<sup>c)</sup> nach EEWärmeG, Anlage V bzw. VI mit Deckungsgrad ≥ 50 %</li> <li>Nutzung von Nah- und Fernwärme/Fernkälte nach EEWärmeG, Anlage VIII mit Deckungsgrad ≥ 50 %</li> </ul> |  |   |  |  |   |

a) Für Wärme und Kälte ( $Q_{h,E} + Q_{w,E}$ ) | b) WE: Wohneinheiten; A<sub>N</sub>: Gebäudenutzfläche nach EnEV | c) KWK: Kraft-Wärme-Koppelung  
 d) JAZ: Jahresarbeitszahl (= Wirkungsgrad von Nutzenergie zu Aufwandenergie) | e) nur für Heizen | f) für Heizen und Warmwasser  
 g) Wahlweise erforderlich: "Euroblume", "Blauer Engel", "European Quality Label for Heatpumps" | [Download: www.bundesanzeiger-verlag.de](http://www.bundesanzeiger-verlag.de)





**EnEV 2014, §3: Anforderungen an Wohnungsneubauten**

| Kriterium                               | Anforderung  | Hinweis   |
|---|--|---|
| 1. Jahres-Primärenergiebedarf $Q_{p}''$ | $Q_{p}''$ für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung des geplanten Gebäudes darf den Wert $Q_{p}''$ eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung nicht überschreiten. | Referenzwerte nach Anlage 1, Tab.1 (siehe Tabelle rechts oben)              |
| 2. Transmissionswärmeverlust $H_{T}''$  | Wohnungsneubauten sind so auszuführen, dass die Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts $H_{T}''$ nicht überschritten werden.              | Höchstwerte nach Anlage 1, Nr. 1.2 mit Tab.2 (siehe Tabelle rechts unten)   |
| 3. Rechenverfahren                      | $Q_{p}''$ ist für das zu errichtende Wohngebäude und das Referenzgebäude nach einem der in Anlage 1, Nr. 2 genannten Verfahren zu berechnen. Beide sind mit demselben Verfahren zu berechnen.                    | Rechenverfahren nach - DIN V 18599 <b>oder</b> - DIN V 4108-6 + DIN 4701-10 |
| 4. Sommerlicher Wärmeschutz             | Wohnungsneubauten sind so auszuführen, dass Anforderungen an sommerlichen Wärmeschutz nach Anl. 1, Nr. 3 eingehalten werden.   | Höchstwerte/Berechnung Sonneneintrag: DIN 4108-2, Nr. 8                     |

**EnEV 2014 bzw. GEG 2020, Anl.1, Tab.1: Ausführung des Referenzgebäudes für Wohnungsneubauten**

| Bauteil / System | Referenzausführung / Wert (Maßeinheit)  |   |
|------------------|---|---|
| 1.0              | Q'' <sub>p</sub> des Referenzgebäudes nach Zeile 1.1 bis 8 ist für Neubauten ab 01.01.2016 mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren. |   |
| 1.1              | Wand, Decke gegen Außenluft   | Wärmedurchgangskoeffizient U = 0,28 W/(m²K)   |
| 1.2              | Wand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wand/Decke zu unbeheiztem Raum  | Wärmedurchgangskoeffizient U = 0,35 W/(m²K)   |
| 1.3              | Dach, oberste Decke, Abseitenwand   | Wärmedurchgangskoeffizient U = 0,20 W/(m²K)   |
| 1.4              | Fenster, Fenstertüren   | Wärmedurchgangskoeffizient<br>Gesamtenergiedurchlassgrad Glas<br>U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m²K)<br>g <sub>L</sub> = 0,60  |
| 1.5              | Dachflächenfenster  | Wärmedurchgangskoeffizient<br>Gesamtenergiedurchlassgrad Glas<br>U <sub>w</sub> = 1,4 W/(m²K)<br>g <sub>L</sub> = 0,60  |
| 1.6              | Lichtkuppeln  | Wärmedurchgangskoeffizient<br>Gesamtenergiedurchlassgrad Glas<br>U <sub>w</sub> = 2,7 W/(m²K)<br>g <sub>L</sub> = 0,64  |
| 1.7              | Außentüren  | Wärmedurchgangskoeffizient U = 1,8 W/(m²K)  |
| 2                | Bauteile nach Zeilen 1.1 - 1.7  | Wärmebrückenzuschlag ΔU <sub>WB</sub> = 0,05 W/(m²K)  |
|                  | Solare Warmegewinne über opake Bauteile (gilt nur für GEG 2019)   |   |
|                  | wie das zu errichtende Gebäude  |   |
| 3                | Luftdichtheit der Gebäudehülle  | Bemessungswert n <sub>50</sub> nach DIN V 4108-6: Dichtheitsprüfung nach DIN V 18599-2: Kategorie I   |
| 4                | Sonnenschutzvorrichtung   | keine Sonnenschutzvorrichtung   |
| 5                | Heizungsanlage<br>(Anmerkung: hier dargestellt Referentenentwurf GEG vom 23.10.19)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brennwertkessel (verbessert), Erdgas, Aufstellung: A<sub>N</sub> ≤ 500 m² innerhalb thermischer Hülle; sofern A<sub>N</sub> &gt; 500 m² außerhalb thermischer Hülle</li> <li>• Auslegungstemperatur 55/45 °C, zentrales Verteilsystem innerhalb thermischer Hülle, innen liegende Stränge wärmedämmend, Standardleitungslängen, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, Δp konst.), hydraulischer Abgleich</li> <li>• Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich 1 K bzw. P-Regler</li> </ul>   |
| 6                | Anlage zur Warmwasserbereitung  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zentrale Warmwasserbereitung, gemeinsame mit Heizungsanlage nach Zeile 5</li> <li>• Solaranlage (Flachkollektor, Speicher):<br/>bei Berechnung nach DIN V 18599: ausgelegt nach DIN V 18599-8, Tab. 15<br/>bei Berechnung nach DIN V 4108-6 mit DIN V 4701-10: nur zur Trinkwassererwärmung, Speicher indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Wärmeerzeuger; A<sub>N</sub> ≤ 500 m² ≙ kleine Solaranlage, A<sub>N</sub> &gt; 500 m² ≙ große Solaranlage</li> <li>• Verteilsystem innerhalb der thermischen Hülle, innenliegende Stränge wärmedämmend, gemeinsame Installationswand, mit Zirkulation, Standardlängen</li> </ul> |
| 7                | Kühlung   | keine Kühlung   |
| 8                | Lüftung   | zentrale Abluftanlage, nicht bedarfsgeführt mit regeltem DC-Ventilator  |

**EnEV 2014, Anl.1, Tab.2: Transmissionswärmeverlust H'<sub>T</sub> in W/(m²K); Höchstwerte für Wohnungsneubauten**

| Freistehend, A <sub>N</sub> ≤ 350 m²  | Freistehend, A <sub>N</sub> > 350 m²   | Einseitig angebaut   | Alle anderen + Erweiterungen   |
|---|--|--|--|
|  H' <sub>T</sub> = 0,40 |  H' <sub>T</sub> = 0,50 |  H' <sub>T</sub> = 0,45 |  H' <sub>T</sub> = 0,65 |

Ab 01.01.2016 darf H'<sub>T</sub> eines zu errichtenden Wohngebäudes das 1,0-fache des entsprechenden Wertes des jeweiligen Referenzgebäudes nicht überschreiten. Die jeweiligen Höchstwerte dieser Tabelle dürfen dabei nicht überschritten werden.

**3. Mindestwärmeschutz**

gewährleistet bei ausreichender Beheizung und Lüftung ein hygienisches Raumklima, so dass Tauwasser- und Schimmelpilzfreiheit, insbesondere an den Innenoberflächen, sichergestellt ist. Zur Umsetzung des Mindestwärmeschutzes wird nach DIN 4108-2, Tab. 3 für Außenwände ein Wärmedurchlasswiderstand von  $R \geq 1,2 \text{ (m}^2\text{K)/W}$  gefordert. Außenmauerwerk aus hochwärmedämmenden Ziegeln erfüllt diesen bereits in einschaliger Bauweise ohne Zusatzdämmung.

Der Mindestwärmeschutz hängt nicht nur von der Wärmedämmqualität, sondern auch von der relativen Luftfeuchte ab. Daher ist bei der Nutzung von Gebäuden auf ausreichenden Luftwechsel zu achten und die Raumluft so zu konditionieren, dass kein Schimmelpilzwachstum möglich ist. Das Wachstum von Schimmelpilzen ist unterbunden, wenn bei ebenen Bauteilen mit homogenen Schichten der raumseitige Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  den Wert 0,7 nicht unterschreitet:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \geq 0,7 \quad \text{mit: } \theta_{si} = \theta_i - R_{si} \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Unter Zugrundelegung von  $f_{Rsi}$  und den unten aufgeführten Randbedingungen darf die raumseitige Oberflächentemperatur  $\theta_{si}$  an der ungünstigsten Stelle, z.B. Innenkante Außenwand,  $12,6 \text{ }^\circ\text{C}$  nicht unterschreiten.

| Randbedingungen nach DIN 4108-2   | Wert   |
|---|--|
| Innenlufttemperatur   | $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   |
| relative Luftfeuchte innen  | $\phi_i = 50 \text{ \%}$   |
| kritische Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche                   | $\phi_{si} = 80 \text{ \%}$  |
| Außenlufttemperatur   | $\theta_e = -5 \text{ }^\circ\text{C}$   |
| Wärmeübergangswiderstände $R_{si}$ innen (beheizter Raum) bzw. $R_{se}$ außen | $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$<br>$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ |

In diesem Zusammenhang fordert die Energieeinsparverordnung, dass Gebäude so auszuführen sind, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist. Empfehlungen für die Lüftung von Wohnungen und Lüftungskonzepte liefert DIN 1946-6 Beiblatt 2. Auch ist zu beachten, dass der Einfluss von Wärmebrücken so gering wie möglich zu halten ist. Im Bereich von Wärmebrücken stellen sich geringere Oberflächentemperaturen als in ungestörten Bereichen ein, die dann wiederum bei Unterschreiten der Taupunkttemperatur nach DIN 4108-3 zu Tauwasserausfall und Schimmelpilzbildung an Bauteiloberflächen führen.

**4. Wärmebrücken**

sind Bereiche in Außenbauteilen, in denen ein erhöhter Energieabfluss vorliegt. Dieser wird hervorgerufen durch Bauteilgeometrie oder Materialwechsel.

| Beispiele verschiedener Arten von Wärmebrücken (WB)   |   |
|---|---|
| geometrisch bedingte WB   | materialbedingte WB   |
| Ursächlich ist eine verglichen zur warmen Rauminnenoberfläche vergrößerte kalte Außenoberfläche, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudeaußenecke</li> <li>• Vorsprung</li> </ul> | Anschlüsse von Bauteilen mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit, wie beispielsweise: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandanschluss von Fenster, Haustür, Dach, Balkon</li> <li>• Decken-/Wandeinbindung</li> </ul> |

Bei Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs  $Q_H$  nach DIN V 4108-6 wird der Wärmebrückeneinfluss in Hinblick auf den zusätzlichen Transmissionswärmeverlust durch rechnerischen Zuschlag  $\Delta U_{WB}$  erfasst:

| Berücksichtigung der Wärmebrücken                                     | $\Delta U_{WB} \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ |
|---|---|
| ohne Berücksichtigung   | 0,10                                      |
| Ausführung nach DIN 4108 Beiblatt 2                                   | 0,05                                      |
| genauer rechnerischer Nachweis der Wärmebrücken (z.B. numerisch, FEM) | wesentlich kleiner als 0,05 möglich       |

In DIN 4108 Beiblatt 2 befinden sich Ausführungsbeispiele von wärmebrückenreduzierten Konstruktionen. Werden diese wie vorgeschlagen oder gleichwertig umgesetzt, ist ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag von  $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  zulässig. Empfehlenswert ist die genauere Ermittlung des Wärmebrückenzuschlags nach DIN EN ISO 10211, da auf diese Weise eine rechnerische Verbesserung der energetischen Qualität um 10 bis 15% erreichbar ist. Beim genaueren Nachweis wird der Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi_e$  mit der Länge  $l$  der jeweiligen Wärmebrücke multipliziert und auf die wärmetauschende Gebäudehüllfläche  $A$  bezogen:

$$\Delta U_{WB} = \frac{\sum (\Psi_e \cdot l)}{A}$$

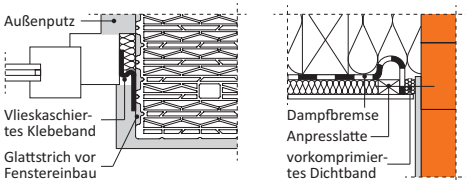
Die Ziegelindustrie bietet speziell auf die Ziegelbauweise abgestimmte Wärmebrückenkataloge, Planungsdetails und Berechnungstools an. Dort sind eine Vielzahl von  $\Psi_e$ -Werten für aktuelle Ziegelkonstruktionen enthalten, die direkt zur Ermittlung von  $\Delta U_{WB}$  verwendet werden können. Wärmebrücken, die über solche Standardausführungen hinausgehen, können beispielsweise mit dem Rechenprogramm Therm 5.2, das kostenfrei beim Lawrence Berkley National Laboratory (LBNL) erhältlich ist, ermittelt werden.



**5. Luftdichtheit**

der Gebäudehülle ist erforderlich, um Wärmeverluste über undichte Fugen und Bauteilanschlüsse aufgrund unkontrollierter Luftwechsel zu minimieren. Zu erreichende Gebäude sind nach EnEV so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig nach den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist.

Als anerkannte Regel der Technik für die Luftdichtheit gilt DIN 4108-7. Dort wird eine Luftdichtheitschicht gefordert, die meist raumseitig auszuführen ist. Bei Mauerwerk ist eine naßverputzte Innen- oder Außenoberfläche ausreichend. Der Putz ist durchgängig an den Oberflächen ohne Fehlstellen bis zum angrenzenden Bauteil aufzutragen. Bei Leichtbaukonstruktionen (Holzrahmenbau, etc.) ist zusätzlich eine Winddichtheitschicht notwendig, die außenseitig der Wärmedämmung verlegt wird, um das Einströmen kalter Außenluft in die Konstruktion zu verhindern. Im Mauerwerksbau gelten als neuralgische Punkte die Bauteilanschlüsse vom Leichtbau (z.B. Sparrendach) an den Massivbau (z.B. Giebelwand), Fenster- und Türanschlüsse sowie Elektroinstallationen (Empfehlung: Einbau luftdichter Leerdosen mit Gummimanschette). Hilfestellung bei der Erstellung des Luftdichtheitskonzepts leisten auch die Arbeitsunterlagen des FLiB e. V. (→ [www.luftdicht.info](http://www.luftdicht.info)).



Ausführungsvorschläge luftdichter Mauerwerksanschlüsse nach DIN 4108-7: links Fensteranschluss, rechts Dachanschluss

Der Nachweis der Luftdichtheit erfolgt nach DIN EN 13829. Dieses auch Blower-Door-Messung genannte Verfahren misst bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen innen und außen den Volumenstrom bezogen auf das beheizte oder gekühlte Luftvolumen. Bei Gebäuden ohne raumlufttechnische Anlagen ist ein 3-facher, mit raumlufttechnischen Anlagen nur ein 1,5-facher, stündlicher Luftwechsel  $n_{50}$  [h<sup>-1</sup>] zulässig.

Der Nachweis der Luftdichtheit ist grundsätzlich empfehlenswert, um eine fachgerechte Ausführung der entsprechenden Gewerke für den Bauherrn zu belegen. Eine unterlassene Luftdichtheitsprüfung verschlechtert das Ergebnis des EnEV-Nachweises in der Regel um etwa 5 bis 10%.

**6. Sommerlicher Wärmeschutz**

Um kritische Räume vor unzumutbaren Temperaturen im Sommer aufgrund zu hoher solarer Wärmeeinträge zu schützen und auf Kühlungs-Anlagentechnik verzichten zu können, sind nach EnEV 2014 die Anforderungen des sommerlichen Wärmeschutzes einzuhalten:

$$S_{\text{vorh.}} = \frac{\sum (A_w \cdot g \cdot F_c)}{A_G} \leq S_{\text{zul.}} = \sum S_x$$

- mit:
- $A_w$  gesamte Fensterfläche in m<sup>2</sup> (Rohbaumaße)
  - $g$  Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases
  - $F_c$  Abminderungsfaktor für fest installierte Sonnenschutzvorrichtungen (→ Tab. unten)
  - $A_G$  Nettogrundfläche des Raumes (Innenmaße)

Zur Ermittlung des zulässigen Sonneneintragskennwertes  $S_{\text{zul}}$  sind nach Tab. 8, DIN 4108-2 die anteiligen Sonneneintragskennwerte  $S_x$  zu ermitteln, abhängig von:

- Klimaregion des Gebäudestandorts (heiß, mild, kühl)
  - Bauart (leicht, mittel, schwer)
  - Intensität der Nachtlüftung
  - Verglasungsart, Orientierung, Neigung, Verschattung
- Gebäudehüllen aus Wärmedämmziegeln und massivem Innenausbau gelten als mittlere Bauart, aus Mauerziegeln mit RDK ≥ 1,0 als schwere Bauart.

Auf Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes kann nach DIN 4108-2, Nr. 8.3 verzichtet werden, wenn:

- bei Wohngebäuden der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil des krit. Raums ≤ 35% und  $F_c \leq 0,30$  (bei  $g > 0,40$ ) bzw.  $F_c \leq 0,35$  (bei  $g \leq 0,40$ ) oder
- Fensterflächen unter den Grenzen Tab.6, DIN 4108-2

| Beschaffenheit der Sonnenschutzvorrichtung    | $F_c$         |            |        |
|---|---------------|------------|--------|
|   | $g \leq 0,40$ | $g > 0,40$ |        |
|   | 2-fach        | 3-fach     | 2-fach |
| Ohne Sonnenschutz                             | 1,00          | 1,00       | 1,00   |
| Innenliegend oder zwischen den Scheiben       |               |            |        |
| - weiß oder reflektierend, g.T. <sup>1)</sup> | 0,65          | 0,70       | 0,65   |
| - helle Farben oder g.T. <sup>2)</sup>        | 0,75          | 0,80       | 0,75   |
| - dunkle Farben oder h.T. <sup>3)</sup>       | 0,90          | 0,90       | 0,85   |
| Außenliegend                                  |               |            |        |
| - Rollläden, Fensterläden <sup>4)</sup>       | 0,35          | 0,30       | 0,30   |
| - drehbare Lamellen, 45°                      | 0,30          | 0,25       | 0,25   |
| - Vordächer, Markisen allg.                   | 0,55          | 0,50       | 0,50   |

1) g.T.: Hoch reflektierende Oberflächen, geringe Transparenz ≤ 10 %, Reflexion ≥ 60 %. | 2) Geringe Transparenz, Transparenz < 15 %.  
 3) h.T. ≙ höhere Transparenz | 4) ¾ geschlossen

## 7. Energieeffiziente Standards in Ziegelbauweise

Energieeffizientes Bauen beginnt bei der Wahl des geeigneten Gebäudestandorts, umfasst die Auswahl, Anordnung und Verknüpfung energieeffizienter Komponenten in den Bauteilen und der Anlagentechnik und erfordert Sorgfalt bei einer integralen Planung und Ausführung sowie konsequenten Qualitätsüberwachung. In der Baupraxis haben sich einige Standards etabliert, die dem Umsetzungswilligen mehr Energieeffizienz versprechen als die Standard-Ausführung nach Bauordnungsrecht, wngleich diese nach deutlichen Verschärfungen in 2009 um  $\varnothing$  30 % und in 2016 um weitere 25 % längst als Niedrigstenergiestandard anzusehen ist.

Der nach der europäischen Gebäude-Energieeffizienzrichtlinie (EPBD) geforderte Niedrigstenergiestandard wird durch das im Jahr 2020 in Kraft tretende Gebäudeenergiegesetz (GEG) definiert, das EnEV, EEWärmeG und EnEG zusammenfaßt und ablöst. Die Tabelle unten zeigt die wichtigsten Standards, die auch in Ziegelbauweise bereits realisiert wurden. Wissenschaftlichen Studien zufolge waren die Anforderungen nach EnEV 2009 noch wirtschaftlich vertretbar umsetzbar. Darüber hinausgehende Effizienzsteigerungen sind i. d. R. mit Mehrkosten verbunden, die durch staatliche Förderprogramme (z. B. KfW) subventioniert werden müssen.

| Standard   | Definition / Konzept / Kriterien   |
|--|--|
| EnEV 2014<br>GEG 2020  | Bauordnungsrechtlicher Nachweis des Wärmeschutzes. Kriterien siehe Abschnitt "2. Energieeinsparverordnung" Energieeinsparverordnung (EnEV) wird im Jahr 2020 durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) abgelöst.  |
| KfW-Effizienzhaus  | Gebäude, bei denen die Anforderungen nach gültiger EnEV um einen bestimmten Prozentsatz unterschritten werden müssen, um eine Förderung der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) durch ein zinsvergünstigtes Darlehen (100.000,- EUR/WE) zu erhalten. Kriterien siehe Seite 40 unten, Tabelle "KfW-Effizienzhaus - Förderkriterien ..."  |
| Sonnenhaus <sup>a)</sup>   | Gebäude, die $\geq 50\%$ der benötigten Wärme für Raumheizung und Brauchwasser durch Solarthermie erzeugen. Zusätzlich bei Bedarf: Biomasseheizung. Ein steil nach Süden geneigtes Solardach und ein großer Wassertank (saisonaler Wärmespeicher) gewährleisten eine unabhängige Energieversorgung. Empfehlungen für den Neubau: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>H_T^1 \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}</math></li> <li>• <math>Q_p^1 \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}</math></li> <li>• Solarer Deckungsgrad mindestens 50% (wirtschaftlich: ca. 70%)</li> <li>• Nachheizung - sofern erforderlich - möglichst regenerativ (z.B. Holz)</li> </ul>  |
| Passivhaus <sup>b)</sup>   | Gebäude, in welchem die thermische Behaglichkeit (ISO 7730) allein durch Nachheizen oder Nachkühlen des Frischluftvolumenstroms, der für ausreichende Luftqualität (DIN 1946) erforderlich ist, gewährleistet werden kann - ohne dazu zusätzlich Umluft zu verwenden. Wesentliche Kriterien für Wohngebäude: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jahresheizwärmebedarf<sup>1)</sup> <math>\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})</math></li> <li>• Primärenergieeinsatz<sup>2)</sup> <math>\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})</math></li> <li>• Einhaltung der Behaglichkeitskriterien: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmedämmung der Außenbauteile <math>\rightarrow</math> siehe unten</li> <li>- Sonnenschutzkriterien für Verglasung</li> <li>- Anforderungen an die Lüftungsanlage (Zulufttemperatur, Lüftungseffizienz, Lufthygiene, Schallbelastung)</li> <li>- Mindestens ein Fenster pro Wohnraum muss offenbar sein (freie Sommerlüftung)</li> </ul> </li> <li>• Grundsätze für den Bau: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmedämmung Außenbauteile: <math>U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> für opake; <math>U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> und <math>g \geq 0,5</math> für Fenster</li> <li>- Lüftungswärmerückgewinnung <math>\geq 75\%</math></li> <li>- Wärmebrückenfreiheit bzw. -minimierung</li> <li>- Luftdichtheit <math>n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}</math></li> </ul> </li> </ul> |
| Plusenergiehaus <sup>c) d)</sup>   | "Das Plus-Energie-Haus-Niveau ist [...] erreicht, wenn $\sum Q_c < 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und $\sum Q_e < 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ sowie alle sonstigen Bedingungen der Energieeinsparverordnung (z.B. sommerlicher Wärmeschutz) eingehalten sind." d)<br>"Gebäude, die mehr Energie produzieren als seine Bewohner verbrauchen. Überschüssiger Solarstrom wird an das öffentliche Netz abgegeben. 100 % regenerative Energieversorgung und emissionsfreier Betrieb. Passive Nutzung von Sonnenenergie wird kombiniert mit aktiven Systemen. Strom und Wärme werden vom Haus selbst erzeugt, intelligent genutzt und im Gebäude festgehalten. Typisches Plusenergie-Wohnhaus: Dach aus möglichst großflächiger Photovoltaik-Anlage. Solarthermische Kollektoren erwärmen das Brauchwasser. Die altbewährte Nutzung des Dachüberstandes schirmt die hohe Sommersonne ab, während die Strahlen der Wintersonne tief in die Innenräume eindringen. Hochgradig lichtdurchlässig, hält die infrarotreflektierende Dreifach-solierverglasung der Südfassade zugleich die Wärme im Haus. Die gut dämmende Gebäudehülle ist wärmebrückenfrei und luftdicht. Das wärmerückführende Lüftungssystem ermöglicht eine permanente Frischluftzufuhr. [...]" c)  |
| Quellen und weiterführende Hinweise: a) www.sonnenhaus-institut.de   b) www.passiv.de   c) www.plusenergiehaus.de   d) www.bmvi.de<br>1) Berechnet nach PHPP (Passivhaus Projektierungs-Paket)   2) Berechnet nach PHPP und umfasst alle Aufwendungen (inkl. Haushaltsstrom) |  |

**EnEV 2014 / GEG 2020 — Projektbeispiel: Umsetzung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen**

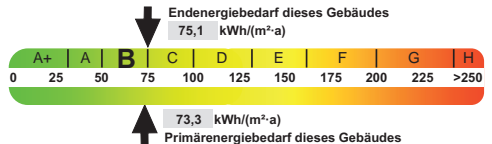
Einfamilienhaus "Austragshaus", München, 2006  
 Heiß + Kirchhof Architekten und Ingenieure  
 www.hkai.de  
 Architekturpreis 2007 des Ziegel Zentrum Süd e.V.  
 Sonderpreis



| GEBÄUDEHÜLLE                           | vorhandene Kennwerte  |
|--|---|
| Außenwand gegen Außenluft              | $U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br><i>36,5 cm Ziegel, <math>\lambda = 0,12 \text{ W/mK}</math></i>  |
| Außenwand gegen Erdreich               | $U = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br><i>25 cm Stahlbeton + 8 cm Dämmung; alternativ, energetisch gleichwertig: 36,5 cm Ziegel, <math>\lambda = 0,16 \text{ W/mK}</math></i> |
| Bodenplatte                            | $U = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br><i>25 cm Stahlbeton + 11 cm Dämmg.</i>   |
| Dach                                   | $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br><i>18 cm Dämmung 035</i>   |
| Fenster                                | $U_w = 1,10 - 1,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Dachflächenfenster                     | $U_w = 1,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| Außentür                               | $U = 1,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| Wärmebrücken                           | DIN 4108 Bbl2: $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Luftdichtheit                          | geprüft durch Messung   |
| Sonnenschutz                           | $F_c = 0,3$   |
| Energetische Qualität der Gebäudehülle |   |
| vorhanden:                             | $H'_T = 0,398 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| zulässig:                              | $H'_T = 0,400 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |

| ANLAGENTECHNIK  | vorhandene Kennwerte   |
|---|--|
| Heizungsanlage  | Brennwertkessel verb., 55/45 °C, innerhalb der thermischen Hülle, Umwälzpumpe geregelt, Ventile 2K |
| Anlage zur Warmwasserbereitung                              | zentral, gemeinsam mit Heizungsanlage, Speicher indirekt beheizt, ohne Zirkulation                 |
| Regenerative Energie  | Solarthermie zur Warmwasserbereitung   |
| Kühlung   | nein   |
| Lüftung   | Fensterlüftung <sup>a)</sup>   |
| Jahres-Primärenergiebedarf (= "Gesamtenergieeffizienz")     |  |
| vorhanden: $Q''_p = 73,35 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ |  |
| zulässig: $Q''_p = 73,74 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  |  |

a) Für die Einhaltung der Anforderungen nach EnEV 2016 ist bei diesem Projekt eine Wohnungslüftungsanlage mit WRG  $\geq 0,85$  erforderlich.



Wie die Übersicht der energieeffizienten Standards in der Tabelle links zeigt, sind an die Anwendung der verschiedenen "Energistandards" sehr unterschiedliche Kriterien geknüpft. Der bauordnungsrechtlich geforderte Wärmeschutz ist immer über die gültige Fassung der EnEV nachzuweisen.

Alles was an Energieeffizienz darüber hinausgeht, kann nach den derzeitigen Regelungen – sofern die entsprechenden Rahmenbedingungen eingehalten werden – als KfW-Effizienzhaus gefördert werden. Das gilt auch für Sonnen-, Passiv- und Plusenergiehäuser.

Während EnEV, KfW-Effizienzhaus und Sonnenhaus die Wärmedämmqualität der Gebäudehülle sowie den Energiebedarf für Heizung und Warmwasser berücksichtigen, werden bei Passiv- und Plusenergiehaus zusätzlich alle energetischen Aufwendungen einschließlich des Haushaltsstroms erfaßt.

Eine hochwärmedämmende Gebäudehülle wie sie aus Mauerziegeln der neuesten Generation mit altbewährten Details einfach erstellt werden kann, ist Basis für jedes energieeffiziente Gebäude.

Wie die folgenden Projektbeispiele zeigen, sind alle Energiestandards in monolithischer Ziegelbauweise ohne WDVS (Wärmedämmverbundsystem) in der Baupraxis bereits umgesetzt. Dabei wurden auch die Anforderungen an den Schallschutz, Brandschutz und die Wohnraumqualität in hoher Güte umgesetzt. Bemerkenswert ist, dass gerade Gebäudehüllen aus Ziegelmauerwerk bei fachgerechter Ausführung einen sehr langen Zeitraum wartungsfrei überdauern und dem Haus somit eine hohe Wertstabilität verleihen ( $\rightarrow$  Kapitel "Nachhaltigkeit").

Die Anlagentechnik sollte auf intelligenter, wirtschaftlicher und zukunftsicherer Energieversorgung basieren.

**KfW-Effizienzhaus 55**  
**Projektbeispiel energieautarkes Sonnenhaus**

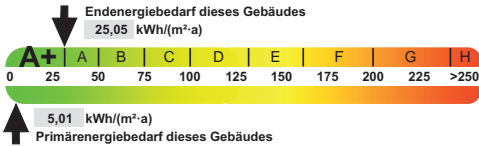
Energieautarkes Einfamilienhaus, 2013  
 Bauherr/Planer TGA: Prof. Dipl.-Ing. T. Leukefeld <sup>1)</sup>  
 Besonderheiten: Speicherung Solarenergie thermisch in Pufferspeicher und elektrisch in Bleiakkus (PV);  
 Musterhaus (Entwicklung): HELMA Eigenheimbau AG  
 Auszeichnung für das Musterhaus 2011: Plakette  
 Deutscher Solarpreis des Vereins EUROSOLAR e. V.



1) Leiter der HELMA Projektgruppe energieautarkes Haus

| GEBÄUDEHÜLLE                           | vorhandene Kennwerte  |
|--|---|
| Außenwand gegen Außenluft              | $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>42,5 cm Ziegel, $\lambda = 0,08 \text{ W}/\text{mK}$ |
| Bodenplatte                            | $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| Dach gegen Außenluft                   | $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| Fenster                                | $U_w = 0,73 - 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Außentür                               | $U = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Wärmebrücken                           | $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| Luftdichtheit                          | geprüft durch Messung   |
| Sonnenschutz                           | rechnerisch erfüllt   |
| Energetische Qualität der Gebäudehülle |   |
| vorhanden:                             | $H'_T = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| zulässig:                              | $H'_T = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |

| ANLAGENTECHNIK  | vorhandene Kennwerte  |
|---|---|
| Heizungsanlage und Anlage zur Warmwasserbereitung       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeugung: Zentrale Wärmeenerzeugung, 2 Wärmeerzeuger:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erzeuger 1 (65-70% Deckungsgrad): Solare Heizungsunterstützung</li> <li>- Erzeuger 2 (30-35% Deckungsgrad): Holzvergaserofen, 25 kW (wasserg.)</li> </ul> </li> <li>Speicherung: 9 m<sup>3</sup> bivalenter Pufferspeicher (saisonaler Wärmespeicher)</li> <li>Verteilung: Auslegung 35/28°C, Umwälzpumpe leistungsgeregt</li> <li>Übergabe: Flächenheizung</li> </ul> |
| Regenerative Energie                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Solarthermie (Flachkollektoren), 46 m<sup>2</sup>; 45° Neigung; Südausrichtung</li> <li>Photovoltaik 8,4 kWp; 58 m<sup>2</sup> (monokristallin); 58 kWh Bleigelakku</li> </ul>   |
| Kühlung   | nein  |
| Lüftung   | Fensterlüftung  |
| Jahres-Primärenergiebedarf (= "Gesamtenergieeffizienz") |   |
| vorhanden:  | $Q''_p = 5,01 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$   |
| zulässig:   | $Q''_p = 75,25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  |



**KfW-Effizienzhaus — Förderkriterien<sup>1)</sup> der KfW für energieeffizienten Wohnungsneubau**

| KRITERIEN         | KfW-Effizienzhaus 55   | KfW-Effizienzhaus 40   | KfW-Effizienzhaus 40 Plus  |
|-------------------|--|--|--|
| vorh. $Q''_p$     | $\leq 0,55 \cdot Q''_{p, \text{EnEV, Ref-Geb., Anl.1, Tab.1}}$   | $\leq 0,40 \cdot Q''_{p, \text{EnEV, Ref-Geb., Anl.1, Tab.1}}$   | $\leq 0,40 \cdot Q''_{p, \text{EnEV, Ref-Geb., Anl.1, Tab.1}}$   |
| vorh. $H'_T$      | $\leq 0,70 \cdot H'_{T, \text{EnEV, Ref-Geb., Anl.1, Tab.1}}$<br>und gleichzeitig<br>$\leq \text{zul. } H'_{T, \text{EnEV, Anl.1, Tab.2}}$                                   | $\leq 0,55 \cdot H'_{T, \text{EnEV, Ref-Geb., Anl.1, Tab.1}}$<br>und gleichzeitig<br>$\leq \text{zul. } H'_{T, \text{EnEV, Anl.1, Tab.2}}$ | $\leq 0,55 \cdot H'_{T, \text{EnEV, Ref-Geb., Anl.1, Tab.1}}$<br>und gleichzeitig<br>$\leq \text{zul. } H'_{T, \text{EnEV, Anl.1, Tab.2}}$ |
| Zusatzanforderung | –  | –  | "Plus Paket", z.B. Stromerzeugung  |
| Sachverständiger  | Verbindlicher Nachweis der Planung und Baubegleitung (→ <a href="http://www.energie-effizienz-experten.de">www.energie-effizienz-experten.de</a> )                           |  |  |
| Konditionen       | Darlehen in allen Förderstufen max. 100.000 EUR pro Wohneinheit WE (Baukosten ohne Grundstück) ab 0,75 % effektiver Jahreszins, bis zu 20 Jahre Zinsbindung, Auszahlung 100% |  |  |
| Tilgungszuschuss  | 5 % der Darlehenssumme, max. 5.000 Euro pro WE   | 10 % der Darlehenssumme, max. 10.000 Euro pro WE   | 15 % der Darlehenssumme, max. 15.000 Euro pro WE   |

a) Programm Nr. 153 - Angaben auszugswewe, ohne Gewähr, kurzfristige Änderungen möglich - Stand: 28.12.2019 - Aktuelle Infos: [www.kfw.de](http://www.kfw.de)  
 Wichtiger Hinweis: Förderung läßt sich durch weitere Programme ergänzen, z.B. Nr. 124 (Wohneigentum); Nr. 274 (Erneuerbare Energien)

**KfW-Effizienzhaus — Allgemeine Ausführungsvorschläge für die Umsetzung von KfW-Effizienzhäusern**

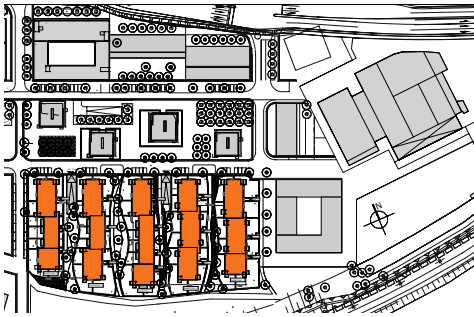
| GEBÄUDEHÜLLE  |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | EnEV 2014 / GEG 2020  | KfW-Effizienzhaus 55  | KfW-Effizienzhaus 40 und 40 Plus  |
| Außenwand gegen Außenluft   | U = 0,24 - 0,28 W/(m²K)<br>Wärmedämmziegel einschalig:<br>d = 36,5 cm, λ = 0,09 - 0,11 W/mK   | U = 0,21 - 0,23 W/(m²K)<br>Wärmedämmziegel einschalig:<br>d = 36,5 cm, λ = 0,08 - 0,09 W/mK   | U = 0,18 - 0,20 W/(m²K)<br>Wärmedämmziegel einschalig:<br>d = 36,5 cm, λ = 0,07 W/mK, oder<br>d = 42,5 cm, λ = 0,08 - 0,09 W/mK   |
| Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände/Decken zu unbeheizten Räumen | U = 0,30 W/(m²K)<br>• Wärmedämmziegel einschalig:<br>d = 36,5 cm, λ = 0,12 W/mK<br>• oder Stahlbeton + Dämmung:<br>d = 25 cm, λ = 2,1 W/mK<br>+ d = 12 cm, λ = 0,035 W/mK | U = 0,25 W/(m²K)<br>• Wärmedämmziegel einschalig:<br>d = 36,5 cm, λ = 0,10 W/mK<br>• oder Stahlbeton + Dämmung:<br>d = 25 cm, λ = 2,1 W/mK<br>+ d = 14 cm, λ = 0,035 W/mK | U = 0,25 W/(m²K)<br>• Wärmedämmziegel einschalig:<br>d = 36,5 cm, λ = 0,10 W/mK<br>• oder Stahlbeton + Dämmung:<br>d = 25 cm, λ = 2,1 W/mK<br>+ d = 14 cm, λ = 0,035 W/mK |
| Dach  | U = 0,16 W/(m²K)<br>22 + 3 cm Dämmung 035   | U = 0,14 W/(m²K)<br>25 + 4 cm Dämmung 035   | U ≤ 0,13 W/(m²K)<br>25 + 5 cm Dämmung 035   |
| Fenster   | U <sub>w</sub> = 1,1 - 1,0 W/(m²K)  | U <sub>w</sub> ≤ 0,9 W/(m²K)  | U <sub>w</sub> ≤ 0,8 W/(m²K)  |
| Dachflächenfenster  | U <sub>w</sub> = 1,4 - 1,1 W/(m²K)  | U <sub>w</sub> ≤ 1,1 W/(m²K)  | U <sub>w</sub> ≤ 0,8 W/(m²K)  |
| Außentür  | U = 1,8 - 1,5 W/(m²K)   | U = 1,4 W/(m²K)   | U = 1,1 W/(m²K)   |
| Wärmebrücken  | ΔU <sub>WB</sub> = 0,05   | ΔU <sub>WB</sub> = 0,025 - 0,015 (berechnet)  | ΔU <sub>WB</sub> ≤ 0,015 (berechnet)  |
| Luftdichtheit   | geprüft durch Messung   | geprüft durch Messung   | geprüft durch Messung   |
| Sonnenschutz  | Ost-, Süd-, West-Fenster: F <sub>c</sub> ≤ 0,3  | Ost-, Süd-, West-Fenster: F <sub>c</sub> ≤ 0,3  | Ost-, Süd-, West-Fenster: F <sub>c</sub> ≤ 0,3  |

| ANLAGENTECHNIK               |   |   |   |
|------------------------------|---|---|---|
|                              | EnEV 2014 / GEG 2020  | KfW-Effizienzhaus 55  | KfW-Effizienzhaus 40 und 40 Plus  |
| Heizungsanlage               | Bevorzugt regenerative Energien:<br>• Biomasse (z.B. Holzpellet)<br>• Geothermie / Umweltwärme (z.B. Wärmepumpe)<br>Ersatzweise:<br>• Kraft-Wärme-Koppelung<br>• Wärmenetze: Nah-/Fernwärme | Regenerative Energien:<br>• Biomasse (z.B. Holzpellet)<br>• Geothermie / Umweltwärme (z.B. Wärmepumpe)<br>Ersatzweise:<br>• Kraft-Wärme-Koppelung<br>• Wärmenetze: Nah-/Fernwärme | Regenerative Energien:<br>• Biomasse (z.B. Holzpellet)<br>• Geothermie / Umweltwärme (z.B. Wärmepumpe)<br>Ersatzweise:<br>• Kraft-Wärme-Koppelung<br>• Wärmenetze: Nah-/Fernwärme |
| solare Heizungsunterstützung | nur bei Einsatz eines Gas-Brennwert-Kessels (verbessert)  | nein  | nein  |
| Warmwasser                   | mit Heizungsanlage  | mit Heizungsanlage  | mit Heizungsanlage  |
| solare Warmwasserbereit.     | ja  | ja  | ja  |
| Kühlung                      | nein  | nein  | nein  |
| Lüftungsanlage               | nein  | mit WRG > 80 %  | mit WRG > 80 %  |
| sonstiges                    |   |   | nur für "KfW-EH 40 Plus" zusätzlich erforderlich: Stromerzeugende Anlage regenerativ + stationärer Batteriespeicher   |

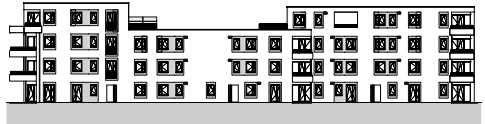
**KfW-Effizienzhaus 40**  
am Beispiel einer Wohnanlage in Regensburg

Objekt: Wohnanlage Candis-Gärten, Regensburg, 2013

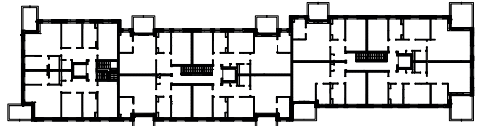
Bauherr: Lambert Wohnbau GmbH  
 Architektur: A3 Architekten GmbH  
 Projektdaten: ca. 176 Wohneinheiten  
 11.258,99 m<sup>2</sup> Gesamtwohnfläche  
 Tiefgaragen mit 202 Stellplätzen



Lageplan



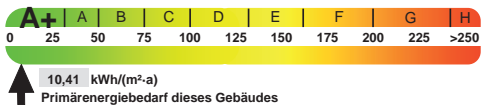
Baukörper 5, Ansicht Ost



Baukörper 1, Grundriss 1. Obergeschoss

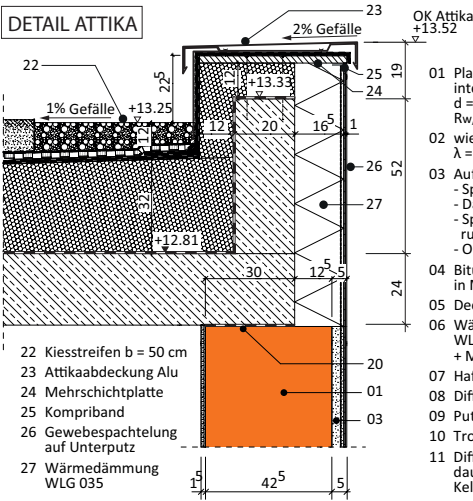
| GEBÄUDEHÜLLE  | vorhandene Kennwerte  |
|---|---|
| Außenwand gegen Außenluft   | $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>42,5 cm Ziegel, $\lambda = 0,09 \text{ W}/\text{mK}$<br>+ 4 cm Wärmedämmputz |
| Außenwand gegen Erdreich  | $U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>25 cm Stahlbeton + 14 cm XPS 040   |
| Bodenplatte   | $U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>25 cm Stahlbeton + 21 cm Dämmung   |
| Dach gegen Außenluft  | $U = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>20 cm Stahlbeton + 36 cm Dämmung   |
| Decke über Tiefgarage   | $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>30 cm Stahlbeton + 28 cm Dämmung   |
| Fenster   | $U_w \leq 0,71 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \mid g > 0,50$  |
| Außentür  | $U_w = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Wärmebrücken  | berechnet $\Delta U_{wb} \leq 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Luftdichtheit   | geprüft durch Messung   |
| Sonnenschutz  | $F_c = 0,30$  |
| Energetische Qualität der Gebäudehülle<br>vorhanden: $H'_T = 0,237 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>zulässig: $H'_T = 0,500 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ |   |

| ANLAGENTECHNIK   | vorhandene Kennwerte                               |
|--|--|
| Heizungsanlage   | Fernwärme regenerativ mit Kraft-Wärme-Koppelung    |
| Anlage zur Warmwasserbereitung   | zentral, gemeinsam mit Heizungsanlage (siehe oben) |
| Regenerative Energie   | Kraft-Wärme-Koppelung                              |
| Kühlung  | nein   |
| Lüftung  | Lüftungsanlage mit WRG                             |
| Jahres-Primärenergiebedarf (= "Gesamtenergieeffizienz")<br>vorhanden: $Q''_p = 10,41 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$<br>zulässig: $Q''_p = 59,34 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ |  |



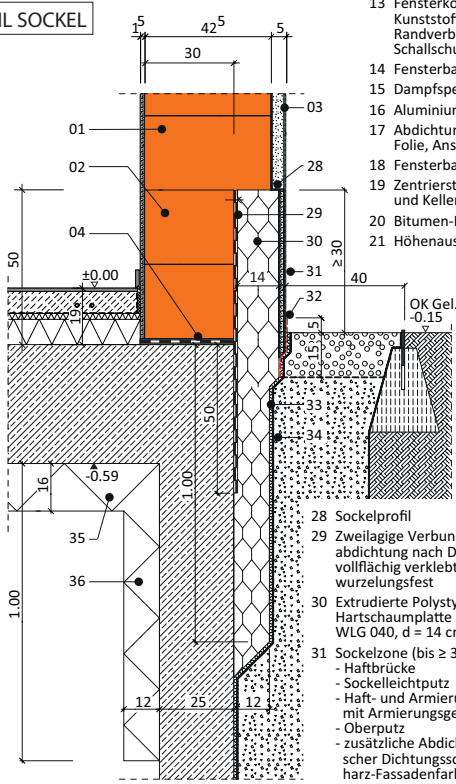
Wie die Details auf der folgenden Seite belegen, ist selbst der anspruchsvolle Energiestandard "KfW-Effizienzhaus 40" in Ziegelbauweise sicher ausführbar. Dabei werden die bewährten Ziegel-Konstruktionsdetails hinsichtlich des Wärmebrückeneinflusses optimiert.

DETAIL ATTIKA



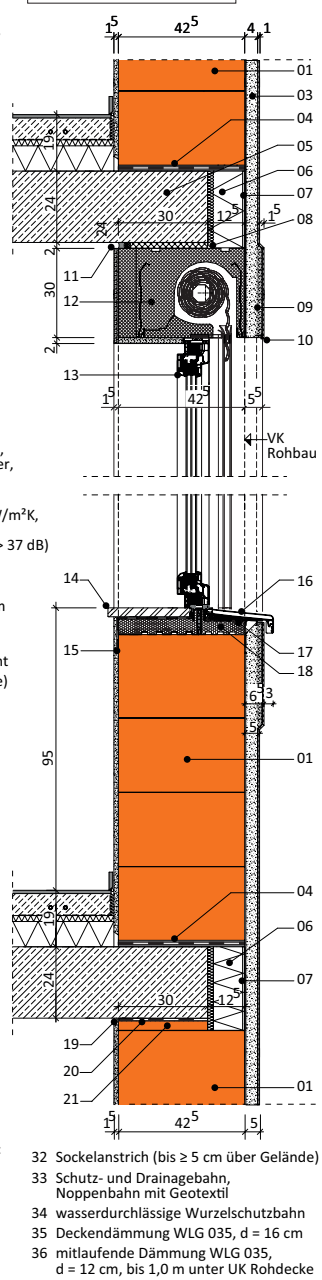
- 01 Planhochlochziegel mit integrierter Wärmedämmung,  $d = 42,5 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$ ,  $R_{w,Bau,ref} \geq 48,4 \text{ dB}$
- 02 wie 01, aber  $d = 30 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 0,11 \text{ W/mK}$
- 03 Aufbau Außenputz:
  - Spritzputz 4 mm
  - Dämmputz 40 mm
  - Spachtelung/Armierungsgewebe 4 mm
  - Oberputz ca. 2 mm
- 04 Bitumendachbahn R500 in Mörtelbett
- 05 Deckengleicher Unterzug
- 06 Wärmedämmung WL035 (Styropor 10 cm + Mineralwolle 2 cm)
- 07 Haftbrücke
- 08 Diffusionsoffener Anschluss
- 09 Putzverstärkung
- 10 Tropfkantenprofil
- 11 Diffusionsdichter Anschluss, dauerelastischer Dichtstoff, Kellenschnitt im Putz
- 12 Rolladenkasten selbsttragend, wärmedämmt mit Putzträger, WL032,  $R'w > 40 \text{ dB}$
- 13 Fensterkonstruktion: Kunststoffrahmen,  $U_w \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Randverbund warme Kante, Schallschutzklasse SSK 3 ( $R'w > 37 \text{ dB}$ )

DETAIL SOCKEL



- 14 Fensterbank
- 15 Dampfsperre
- 16 Aluminium-Fensterblech 2 mm
- 17 Abdichtung: diffusionsoffene Folie, Anschluss: Kompriband
- 18 Fensterbank-Anschluß-Element
- 19 Zentrierstreifen (Weicheinlage) und Kellenschnitt im Putz
- 20 Bitumen-Dachbahn R 500
- 21 Höhenausgleichsziegel
- 28 Sockelprofil
- 29 Zweilagige Verbundabdichtung nach DIN 18195, vollflächig verklebt, durchwurzelungsfest
- 30 Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatte (XPS-R) WL040,  $d = 14 \text{ cm}$
- 31 Sockelzone (bis  $\geq 30 \text{ cm}$  über Gelände):
  - Haftbrücke
  - Sockelleichtputz
  - Haft- und Armierungsmörtel mit Armierungsgewebe hochreißfest
  - Oberputz
  - zusätzliche Abdichtung aus mineralischer Dichtungsschlämme mit Silikonharz-Fassadenfarbe überstreichen

DETAIL DECKEN- UND FENSTERANSCHLÜSSE





### Passivhaus nach PHPP am Beispiel eines Mehrfamilienhauses in Frankfurt

Objekt: Passivhaus-Wohnanlage mit 50 Wohneinheiten  
 Bauherr: Frankfurter Aufbau AG, Frankfurt/Main  
 Bauphysik/PHPP, Statik: B+G Ingenieure Bollinger und  
 Grohmann GmbH, Frankfurt  
 Entwurf: Scheffler+Partner Architekten BDA, Frankfurt  
 Wohnfläche gesamt: 4.680 m<sup>2</sup>



| GEBÄUDEHÜLLE   | vorhandene Kennwerte <sup>a)</sup>  |
|--|---|
| Außenwand gegen Außenluft  | $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>49 cm Ziegel, $\lambda = 0,07 \text{ W}/\text{mK}$             |
| Decke Kellergeschoß  | $U = 0,07 \text{ bis } 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>Stahlbeton + $\leq 60 \text{ cm}$ Wärmedämm. |
| Dach   | $U = 0,069 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>50 cm Wärmedämmung WLG 032                                    |
| Fenster  | $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>$g_g = 0,6$<br>$U_f = 0,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$    |
| Wärmebrücken   | möglichst wärmebrückenfrei durch:<br>- vorgehängte Balkone<br>- Stützenauflösung im KG                      |
| Luftdichtheit  | $n_{50} = 0,25 \text{ h}^{-1}$ [gemessen]   |
| Sonnenschutz   | $F_c = 0,25$ [Jalousie außenliegend]  |
| Jahres-Heizwärmebedarf [nach PHPP]<br>vorhanden: $Q_{h1} = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$<br>zulässig: $Q_{h1} \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ |   |

| ANLAGENTECHNIK   | vorhandene Kennwerte <sup>a)</sup>   |
|--|--|
| Heizungsanlage   | Gas-Brennwertkessel  |
| Anlage zur Warmwasserbereitung   | Solarthermie   |
| Kühlung  | nein   |
| Lüftungsanlage   | mit Wärmerückgewinnung, $\eta \geq 84 \%$  |
| Regenerative Energie   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Solarthermie zur Warmwasserbereitung (ca. 11 kWh/m<sup>2</sup>a)</li> <li>Photovoltaik (verbesserter Flachkollektor; ca. 20 m<sup>2</sup>)</li> </ul> |
| Jahres-Primärenergiebedarf [nach PHPP]<br>vorhanden: $Q_{p,PHPP}^I = 111 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ inkl. Haushaltsstrom<br>zulässig: $Q_{p,PHPP}^I = 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ |  |

### Allgemeine Hinweise zum energieeffizienten Bauen

Der Schlüssel zum energieeffizienten Bauen liegt in der Minimierung der Wärmeverluste aus Transmission und Lüftung bei gleichzeitig maximaler Ausnutzung möglichst hoher passiver solarer und interner Wärmegewinne während der Heizphase. Wie die Grafik rechts oben zeigt, ergibt sich der Heizwärmebedarf aus der Differenz des Energiebedarfs der Wärmeverluste und -gewinne. Ziel ist es, diese Differenz, d. h. den daraus resultierenden Heizwärmebedarf möglichst gering zu halten. Im Idealfall führt die Energiebilanz zu einer äußerst niedrigen Heizlast, die durch den Einsatz regenerativer Energie gedeckt werden kann.

### Allgemeine Hinweise zum Passivhauskonzept

Das Passivhauskonzept basiert zunächst auf einer optimal wärmedämmten Gebäudehülle, die nahezu wärmebrückenfrei und luftdicht ist. Gebäude und Fensterflächen sind so ausgerichtet, dass eine hohe Ausnutzung solarer Wärmegewinne möglich ist.

Die energetische Nachweisführung erfolgt mithilfe des Passivhaus-Projektierungspaketes (PHPP), welches eine standortbezogene Bilanzierung ermöglicht.

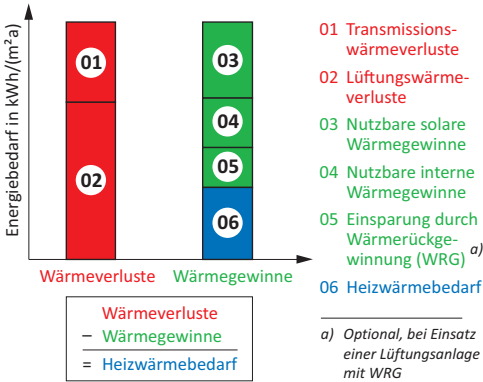
### Gebäudehülle

Die Gebäudehülle eines Passivhauses nach PHPP muss hochwärmedämmend, nahezu wärmebrückenfrei und luftdicht sein. Durchdringungen sind zu vermeiden. Mit modernen, hochwärmedämmenden Mauerziegeln lassen sich passivhausgerechte Außenwände ohne WDVS bereits ab Wanddicken von 42,5 cm ausführen:

| Varianten von Passivhaus-Ziegelaußenwänden <sup>a)</sup>  | U-Wert                        |
|---|-------------------------------|
| 1 42,5 cm Ziegelmauerwerk $\lambda = 0,07 \text{ W}/\text{mK}$<br>mit 4,0 cm Wärmedämmputz $\lambda = 0,06 \text{ W}/\text{mK}$ | 0,144<br>W/(m <sup>2</sup> K) |
| 2 49,0 cm Ziegelmauerwerk $\lambda = 0,07 \text{ W}/\text{mK}$<br>mit 2,0 cm Leichtputz $\lambda = 0,25 \text{ W}/\text{mK}$    | 0,137<br>W/(m <sup>2</sup> K) |
| 3 49,0 cm Ziegelmauerwerk $\lambda = 0,08 \text{ W}/\text{mK}$<br>mit 4,0 cm Wärmedämmputz $\lambda = 0,06 \text{ W}/\text{mK}$ | 0,143<br>W/(m <sup>2</sup> K) |

a) alle Varianten: Gipsputz innen  $d = 1,5 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 0,51 \text{ W}/\text{mK}$





kunde des Planers und die Aufmerksamkeit während der Bauausführung. Erwähnenswert sind hier sämtliche BauteilverSprünge, -einbindungen und -anschlüsse. Die unten dargestellten Bilder zeigen einige wärmebrückenrelevante Details. In Bild 1 sind zwei Wärmebrücken dargestellt: Eine wärmegedämmte Deckeneinbindung und der Anschluss für eine Balkontür. Bild 2 zeigt den Anschluss einer Innenwand, Bild 3 einen Fensteranschluss, der mit einer wärmegeDämmten Ziegel-Anschlagschale (→ Kapitel Ergänzungsprodukte) den Fensterrahmen überdämmen wird und die Wärmebrücke so verringert. Balkone werden thermisch entkoppelt bzw. als Vorsatzkonstruktion ausgeführt.

Um die Luftdichtheit sicherzustellen, ist die luftdichte Ebene ohne Unterbrechung i. A. an der Innenseite der wärmedämmenden Hülle auszuführen. Naßverputztes Ziegelmauerwerk gilt grundsätzlich als luftdicht. Allerdings ist bei Bauteilanschlüssen auf die Durchgängigkeit der luftdichten Ebene zu achten. Vor Einbau von Innenwänden (Bild 2) oder von Fenstern (Bild 3) ist es ratsam, die Wand lokal dünnlagig mit Mörtel abzugleichen. Weitere Hinweise: → Abschnitt "Luftdichtheit"

**Anlagentechnik**

Für die Wahl der Anlagentechnik ist eine Heizlastberechnung nach PHPP erforderlich. Als typisches Beheizungssystem für ein Passivhaus gelten Lüftungsanlagen mit hohem Wirkungsgrad an Wärmerückgewinnung. Sofern die Heizlast nicht durch die Lüftungsanlage gedeckt werden kann, wird auf eine wassergeführte Heiztechnik zurückgegriffen. Prinzipiell sind für die Beheizung von Passivhäusern alle Varianten an Anlagentechnik möglich - von Wärmepumpen über Solarthermie bis hin zu Heizkesseln. Von großer Bedeutung ist hier eine hohe Effizienz der Heiz- bzw. Lüftungstechnik - vorzugsweise sollten stets Systeme mit hohen Wirkungsgraden eingesetzt werden. Bei der Wahl der Anlagentechnik sind daneben Wirtschaftlichkeit (Amortisationszeiten), Anwendbarkeit (z.B. Geothermie) und Anwendungsfreundlichkeit zu prüfen.

Höchste Sorgfalt erfordern Planung und Ausführung von Wärmebrücken. Speziell auf die Ziegelbauweise abgestimmte Wärmebrückenkataloge erleichtern die wärmebrückenarme Planung. Im Gegensatz zum bauordnungsrechtlichen Wärmeschutznachweis nach EnEV, bei dem Wärmebrücken nur bei Bedarf rechnerisch nachgewiesen werden müssen, ist der Nachweis nach PHPP Pflicht und erhöht die notwendige Sach-



Bild 1: Deckeneinbindung/Balkontüröffnung



Bild 2: Anschluss Innenwand

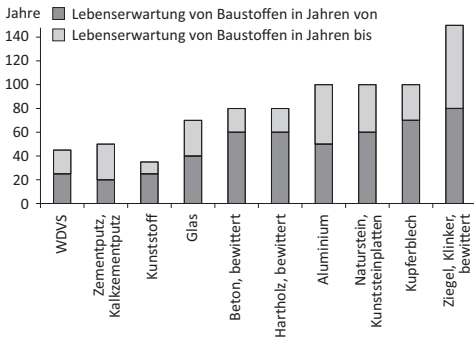


Bild 3: Fensteranschluss mit Anschlag

**8. Ziegelprodukte für die energetische Sanierung von Fassaden und den Neubau**

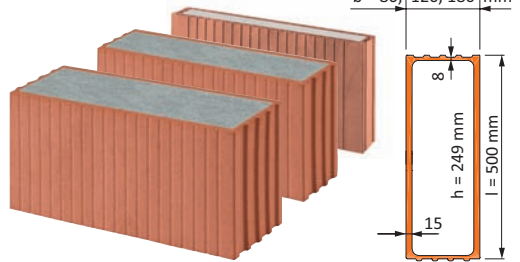
Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes von 2006 beläuft sich der deutsche Wohnungsbestand, der vor 1979 errichtet wurde, auf 29,9 Mio. Da bei vielen dieser Gebäude eine Erhaltung sinnvoll bzw. notwendig ist, sollte bei der Untersuchung einer energetischen Sanierung eine ganzheitliche Betrachtung zum Ansatz kommen. Neben energiereduzierenden Maßnahmen an der Gebäudehülle ist in der Regel der Austausch veralteter und ineffizienter Anlagentechnik eine sehr effektive Maßnahme, um die strengen Vorgaben der Energieeinsparverordnung zu erfüllen. Mit der Erneuerung der Heiztechnik kann durch einen Wechsel auf erneuerbare Energieträger die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes, ausgedrückt im Jahresprimärenergiebedarf  $Q''_{p,r}$ , deutlich verbessert werden.

Bei der Sanierung der Gebäudehülle stellt sich neben der energetischen Verbesserung durch Aufbringen einer Dämmschicht auch die Frage der Langlebigkeit der neuen Fassade. Wärmedämmverbundsysteme (WDVS), wie sie in den letzten Jahrzehnten mit wenig Bedacht angewandt wurden, haben in vielen Fällen zu Problemen geführt. Neben häufig aufgetretenen Ausführungsfehlern eines komplexen, vielschichtigen Anwendungssystems haben Algenbildung durch viel zu geringe Wärmespeicherfähigkeit, schlechter Brandschutz bei Polystyrolprodukten der Baustoffklasse B (brennbare Baustoffe) und eine hohe Anfälligkeit für mechanische Beschädigungen, beispielsweise durch Vandalismus, Spechte, Insekten oder Hagel, manchem Bauherrn unerwarteten Bauschaden zugefügt. Ziegelprodukte hingegen weisen eine hohe Wärmespeicherfähigkeit auf und zeichnen sich durch sehr hohe Wertbeständigkeit aufgrund langer Lebenserwartung aus.

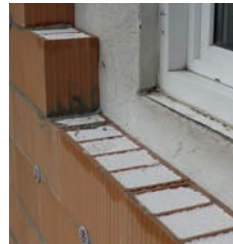


Lebenserwartung verschiedener Baustoffe aus "Leitfaden Nachhaltiges Bauen" 2. Aufl.; Bundesbauministerium BMVBS

**Wärmedämmfassade (WDF)**



WDF sind perlitegefüllte Planziegel ( $\lambda = 0,055 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ), die als nichttragende hochwärmedämmende Vorsatzschale mit Dünnbettmörtel vor Bestandsgebäuden (Höhe  $\leq 18 \text{ m}$ ) aufgemauert werden. Die Lasten aus Eigengewicht sind durch Streifenfundamente oder Edelstahlkonsolen am Wandfuß abzufangen. Zur Lastableitung von Einwirkungen aus Wind wird die WDF-Vorsatzschale mit bauaufsichtlich zugelassenen Spezial-Dübeln (ca. 4 bis 5 pro  $\text{m}^2$ ) an der Bestandswand verankert und abschließend mit 20 mm dickem Leichtputz, Typ II verputzt. WDF-Ziegel sind in 80, 120 und 180 mm Dicke erhältlich, als Außen- oder Innenwanddämmung einsetzbar, nichtbrennbar (Baustoffklasse A), diffusionsoffen und per Zulassung geregelt.



Fassadenanierung mit wärme- medämmenden WDF-Ziegeln



WDF auf wärmege- dämmtem Ziegelsturz und Stahlkonsole

| Schichtaufbau und U-Werte einer Außenwand mit und ohne WDF |                                    |            |   |   |
|--|------------------------------------|------------|---|---|
| Bauteil  | Schichtaufbau von innen nach außen | Dicke [mm] | Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ] | U-Wert [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ] |
| Be- stands- wand   | Kalkgipsputz                       | 15         | 0,70  | 1,19  |
|  | Hochlochziegel                     | 365        | 0,52  |   |
|  | Kalkzementputz                     | 20         | 1,0   |   |
| WDF- Vorsatz- schale                                       | Perliteschüttung                   | 5          | 0,045   | 0,28  |
|  | WDF-Ziegel                         | 180        | 0,055   |   |
|  | Leichtputz Typ II                  | 20         | 0,25  |   |
|  |                                    |            |   | 0,23  |

**Verblendschalen aus Vormauerziegel oder Klinker**

Auch mit einer Vorsatzschale aus Vormauerziegeln oder Klinkern mit dazwischen liegender Kerndämmung lässt sich aus einer alten, schlecht gedämmten Bestandsfassade eine hochwärmedämmende Gebäudehülle gewinnen, die dann auch optisch wesentlich höheren Ansprüchen genügt und Langlebigkeit sowie Wartungsfreiheit über viele Jahrzehnte garantiert.

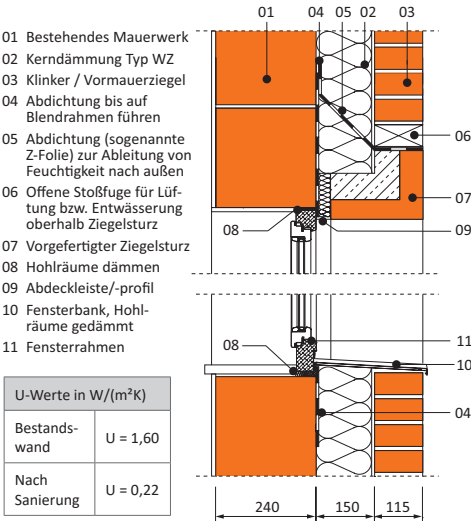
Auch hierfür ist entweder eine nachträgliche, frostsichere Gründung notwendig oder eine Abfangung der Vormauerschale auf Edelstahlkonsolen, die an die tragende Mauerschale gedübelt werden. Normativ darf der Abstand zwischen tragender Wand und Verblendschale nicht mehr als 15 cm betragen, was die Dämmstoffdicke begrenzt. Allerdings gibt es mittlerweile auch bauaufsichtlich zugelassene Dübel, die bis zu 21 cm oder bei Bedarf auch mehr Schalenabstand erlauben. Um bei begrenztem Platz den höchstmöglichen Dämmwert zu erzielen, sollte die Dämmung als Kerndämmung, d. h. ohne Luftschicht, ausgeführt werden. Für die Kerndämmung wird hydrophobierte Wärmedämmung Typ WZ nach DIN 4108-10 verwendet. Klinker für solche nachträglichen Vormauerschalen sind in den Wanddicken 90 bis 115 mm erhältlich.

**Vorgehängte, hinterlüftete Fassade aus Ziegelplatten**

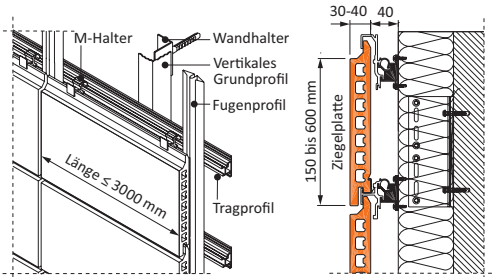
Das älteste System einer vorgehängten, hinterlüfteten Fassade ist das senkrecht ausgeführte Ziegeldach. Eine Weiterentwicklung ist die Fassade aus Ziegelplatten, Befestigungsmitteln und Unterkonstruktion. Hinterlüftete Fassaden sind nach DIN 18516-1 geregelt. Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden aus Ziegelplatten bestehen aus 30 bis 40 mm dicken Ziegelplatten, die auf einer Aluminiumunterkonstruktion befestigt und im Zwischenraum i.d.R. wärmedämmt werden. Die Ziegelplatten sind in verschiedenen keramischen Farben, Formen, Strukturen und Abmessungen erhältlich. Sie sind frost-, form-, korrosions-, farb- und lichtbeständig, unempfindlich gegen aggressive Medien und weisen eine hohe Bruchfestigkeit auf, die nach DIN EN 538 nachgewiesen wird. Die Konstruktion ist feuerbeständig (F 90) und über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen bzw. Prüfzeugnisse geregelt.

**Konstruktionsaufbau**

- Unterkonstruktion: Aluminiumprofile nach Typenstatik; Verankerung vertikal mit Fest- und Gleitpunkten
- Wärmedämmung: Dicke je nach Bedarf
- Fugenausbildung: horizontal durch Falze überdeckt; vertikal 8 - 10 mm breit durch Fugenprofil hinterlegt.



| U-Werte in W/(m²K) |          |
|--------------------|----------|
| Bestandswand       | U = 1,60 |
| Nach Sanierung     | U = 0,22 |



Regelquerschnitt durch eine Fassade, die durch nachträgliche Verklinkerung mit Kerndämmung energetisch saniert wurde

Oben: Vorgehängte Fassade als Isometrie und Vertikalschnitt  
Unten: Ziegelplatten mit Struktur und in Lamellenform

## FEUCHTESCHUTZ

## 1. Abdichtung von erdberührten Kelleraußenwänden aus Mauerwerk nach DIN 18533 (Jul. 2017)

Die Abdichtung erdberührter Bauteile regelt seit Juli 2017 DIN 18533, die die bisherige DIN 18195 ablöst. Diese Normenreihe gliedert sich in folgende Teile:

- DIN 18533-1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- DIN 18533-2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungstoffen
- DIN 18533-3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungstoffen

## 2. Allgemeine Planungsgrundsätze

- Bauwerk und umgebendes Gelände so anordnen und gestalten, dass Wassereinwirkung auf Wandsockel und erdberührte Bauteile möglichst gering ist.
- Zu schützende Bauwerksteile, Bauwerksöffnungen, Durchdringungen oberhalb des Bemessungswasserstands anordnen.
- Gelände so gestalten, dass Niederschlagswasser als Oberflächenwasser vom Gebäude weggeleitet wird.
- Lichtschachtränder/-abdeckungen so gestalten, dass möglichst wenig Oberflächenwasser eindringen kann.
- Wasser aus offen endenden Regenfallrohren/Speiern sollte nicht direkt auf den Wandsockel einwirken.

## 3. Anforderungen an den Untergrund

- Abzudichtende Untergründe müssen frostfrei, fest, eben, frei von Nestern und klaffenden Rissen, Graten und schädigenden Verunreinigungen sein.
- Der Feuchtegehalt des Untergrunds darf das für das jeweilige Abdichtungssystem zulässige Maß nicht überschreiten.
- Unverschlossene Vertiefungen > 5 mm, z. B. Mörteltaschen, offene Stoß-/Lagerfugen, Ausbrüche, sind mit geeignetem Mörtel zu schließen. Mauerwerksflächen, offene Stoßfugen ≤ 5 mm und Oberflächenprofilierungen bzw. Unebenheiten von Steinen (z. B. Putzrillen) müssen, sofern keine Abdichtung mit Stoffen mit überdeckenden Eigenschaften (z. B. Bitumen- oder Kunststoffbahnen) verwendet wird, entweder durch Verputzen (Dünn-/Ausgleichsputz), Vermörteln, durch Dichtungsschlämmen oder Kratzspachtelung verschlossen und egalisiert werden.
- Vor- und Rücksprünge sind auf die unbedingt notwendige Anzahl zu beschränken.

- Kanten müssen gefast, Kehlen sollten gerundet sein.
- Zu erwartende Rissbildungen oder Rissbreitenänderungen vorhandener Risse des Untergrunds müssen, in Abhängigkeit der Rissüberbrückungsklasse der auszuführenden Abdichtung, bewertet werden.
- Übergänge, An-/Abschlüsse der Abdichtung müssen dicht und lagesicher sein. Zu vermeiden ist ein Hinter-/Unterlaufen, Abrutschen, Lösen der Abdichtung

## 4. Schutz der Abdichtungsschicht

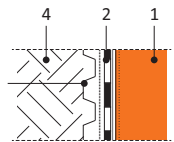
Die Abdichtungsschicht erdberührter Bauteile muss durch Schutzschichten dauerhaft vor mechanischen und thermischen Beschädigungen geschützt werden.

Der Schutz kann auch durch andere Funktionsschichten gesichert werden, z.B. Dränmatten, Perimeterdämmplatten. Schutzschichten sind z.B. durch Gleitschichten von der Abdichtung zu entkoppeln, um Schädigungen durch Setzungen der Hinterfüllung zu vermeiden.

## Typische Schichtenfolgen für die Abdichtung von erdberührten Kelleraußenwänden bei W1-E und W2-E

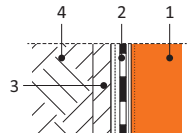
Beispiele für den Aufbau erdberührter Kelleraußenwände bei W1-E

- 1 Kelleraußenwand ggf. mit Untergrundbehandlung und/oder Ausgleichsschicht
- 2 Abdichtungsschicht
- 3 weitere Funktionsschicht:
  - 3.1 Schutzlage mit Gleitschicht
  - 3.2 Drän- und Filterschicht mit Gleitschicht
  - 3.3 Perimeterdämmung ggf. mit Gleitschicht
- 4 Verfüllmaterial (Arbeitsraum)



Beispiel für den Aufbau erdberührter Kelleraußenwände bei W2-E

- 1 Kelleraußenwand ggf. mit Untergrundbehandlung und/oder Ausgleichsschicht
- 2 Abdichtungsschicht
- 3 Schutzschicht ggf. auf Gleitschicht
- 4 Verfüllmaterial (Arbeitsraum)



**5. Wahl der Abdichtungsbauart**

Folgende Kriterien bestimmen die Abdichtungsbauart:

- Wassereinwirkungsklasse
- Rissklasse
- Rissüberbrückungsklasse
- Raumnutzungsklasse
- Zuverlässigkeitsanforderungen

**6. Wassereinwirkungsklassen: Tab. 1, DIN 18533-1**

Zur Festlegung der Wassereinwirkung auf die Abdichtungsschicht ist für den geplanten Bauwerksstandort der Bemessungswasserstand zu ermitteln. Dieser ist aus dem Maximalwert folgender Größen festzulegen:

- Bemessungsgrundwasserstand (HGW)  
→ *Hinweise zur Ermittlung: Merkblatt BWK-M8*
- Bemessungshochwasserstand (HHW)

Zur Festlegung der Wassereinwirkungsklasse ist gegebenenfalls der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) nach DIN 18130 zur Differenzierung von wenig wasserdurchlässigem Baugrund ( $k \leq 10^{-4}$  m/s) oder stark wasserdurchlässigem Baugrund ( $k > 10^{-4}$  m/s) zu ermitteln oder durch geotechnische Zuordnung anzugeben.

Nach DIN 18533-1 wird unterschieden in folgende Wassereinwirkungsklassen, die den örtlichen Bedingungen und Nutzungserfordernissen anzupassen sind:

| Wassereinwirkungsklassen nach Tab. 1, DIN 18533-1 |  |
|---|--|
| Klasse  | Art der Einwirkung   |
| W1-E  | Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser ...  |
| W1.1-E  | ... bei Bodenplatten und erdberührten Wänden   |
| W1.2-E  | ... bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung                             |
| W2-E  | Drückendes Wasser ...  |
| W2.1-E  | ... mit mäßiger Einwirkung: $\leq 3$ m Eintauchtiefe                                 |
| W2.2-E  | ... mit hoher Einwirkung: $> 3$ m Eintauchtiefe                                      |
| W3-E  | Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken                                 |
| W4-E  | Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden |



Dränung und Abdichtung der Kelleraußenwand mit PMBC (Bitumendickbeschichtung) geschützt durch Vlies



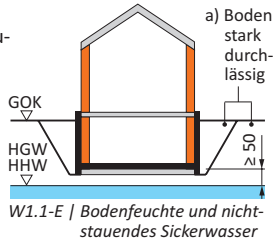
Abdichtung am Wandsockel mit PMBC und Schutzschicht in Form einer druckfesten Sockeldämmplatten und Noppenbahn



**W1.1-E — Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden**

**Einwirkung Bodenfeuchte**

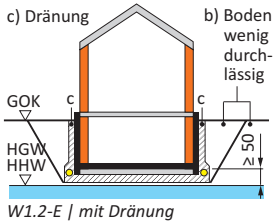
- Bodenplatten ohne Unterkellerung mit Abdichtungsebene  $\geq 50$  cm oberhalb HGW bzw. HHW auf stark wasserdurchlässigem Baugrund oder Bodenaustausch ( $k > 10^{-4}$  m/s).
- Baugrund und Baugru-benverfüllung sind stark wasserdurchlässig ( $k > 10^{-4}$  m/s)
- Unterste Abdichtungsebene  $\geq 50$  cm oberhalb HGW/HHW.



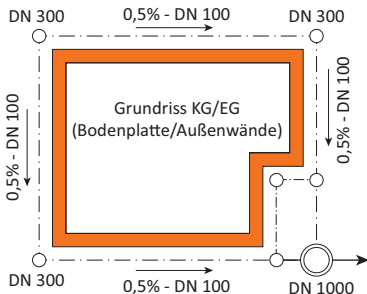
**W1.2-E — Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung**

**Wenig wasserdurchlässiger Baugrund** (vgl. Bild  $\rightarrow$  b), bei dem eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 Stauwasser sicher vermeidet (vgl. Bild  $\rightarrow$  c).

- Unterste Abdichtungsebene  $\geq 50$  cm oberhalb HGW bzw. HHW.
- Wird Boden mit  $k \leq 10^{-4}$  m/s nicht gedrängt, wirkt das aufstauende Wasser drückend als W2-E.



Notwendig nach DIN 4095: Filterfeste Drän-schichten vor den zu schützenden Bauteilen, funktionsfähige, fluchtgerecht verlegte formstabile Dränleitungen, Spül- und Kontrollvorrichtungen, rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut.



Beispiel Ringdränung (Mindestabmessungen) nach DIN 4095  
Ziegellexikon Mauerwerk 2020 ISSN 2193-293X

**W2-E — Drückendes Wasser**

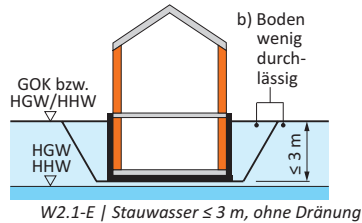
- Kann als Grund-, Hoch- oder Stauwasser einwirken.
- Grund-/Schichtenwasser darf nicht gedrängt werden, es wirkt auf Abdichtung als drückendes Wasser ein.

Je nach Höhe des Bemessungswasserstandes werden die folgenden Einwirkungsklassen unterschieden:

**W2.1-E — Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser**

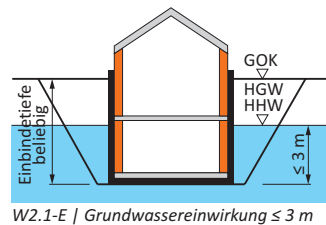
**Stauwasser bis 3 m**

- Unterste Abdichtungsebene liegt  $\leq 3$  m unter GOK und oberhalb des HGW/HHW.
- Erdberührte Bauteile ohne Dränung nach DIN 4095 in wenig durchlässigen Böden (vgl. Bild  $\rightarrow$  a).
- Erwartet wird Stauwasser bis zur GOK.



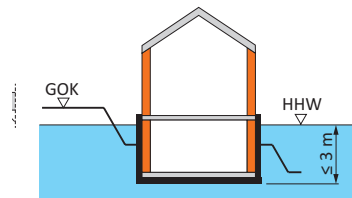
**Grundwassereinwirkung bis 3 m**

- Unterste Abdichtungsebene liegt  $\leq 3$  m unter dem Bemessungswasserstand (HGW/HHW).



**Hochwassereinwirkung bis 3 m**

- Abdichtungsebene liegt im Bereich des Hochwassers oberirdischer Gewässer.
- Die Druckwassereinwirkung beträgt  $\leq 3$  m.



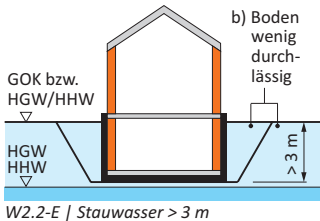
W2.1-E | Hohe Einwirkung von drückendem Wasser  
© Ziegel Zentrum Süd e. V. www.ziegel.com

**W2.2-E – Hohe Einwirkung von drückendem Wasser**

Abdichtung erdberührter Bauteile, auf die unter folgenden Randbedingungen drückendes Wasser über 3 m Wassersäule (1 mWS = 9,80665 kPa) einwirkt.

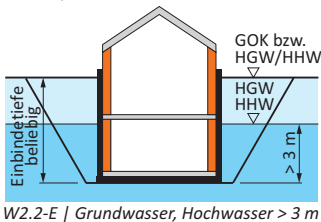
**Stauwasser höher als 3 m**

- Unterste Abdichtungsebene > 3 m unter GOK
- Erdberührte Bauteile befinden sich in wenig wasser-durchlässigem Boden und sind nicht gedrängt.
- Ungünstigster Fall: Stauwasser wirkt > 3 m hoch ein. HGW/HHW ist dann auf GOK anzusetzen.



**Grund- oder Hochwassereinwirkung höher als 3 m**

- Unterste Abdichtungsebene wird bei Höchstwasserstand (HGW/HHW) > 3 m hoch durch Druckwasser belastet.



**W3-E – Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken**

Auf erdüberschüttete Decken wirkt Niederschlagswasser ein, das durch die Erdüberschüttung bis zur Abdichtung absickert und dort abgeleitet werden muss, z. B. durch Dränung, Gefälle, wasserdurchlässige Überschüttung. Die einwirkende Wassermenge kann durch anschließende aufgehende Fassaden erheblich vergrößert werden.

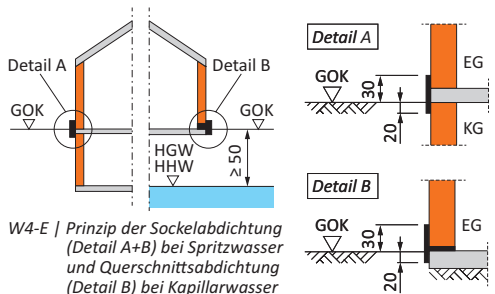
Bei der Abdichtung einer erdüberschütteten Decke muss der tiefste Punkt der Deckenfläche ≤ 30 cm über HHW/HGW liegen. Die Anstauhöhe von 10 cm darf nicht überschritten werden. Andernfalls ist die Abdichtung nach W2-E auszulegen.

**W4-E – Spritzwasser am Wandsockel sowie Kapillarswasser in und unter erdberührten Wänden**

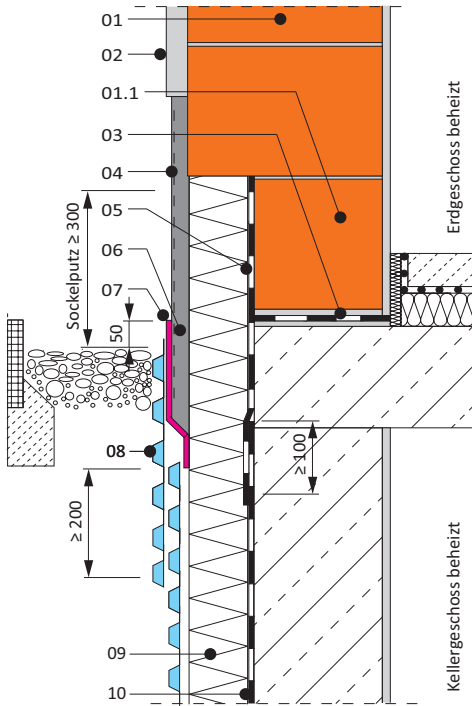
- Wandsockel stellen einen der schadensträchtigen Bauteilbereiche dar. Daher gelten für Wandsockel besondere Anforderungen an den Feuchteschutz.
- Grundsätzlich wirken bei ein- und zweischaligem Mauerwerk Spritz- und Sickerwasser auf die Sockeloberflächen, Bodenplatten und Fundamente ein.
- Wasser kann in und unter Wänden kapillar aufsteigen.
- Bei Wänden aus zweischaligem Mauerwerk kann abrinndendes Niederschlagswasser in den Schalenzwischenraum sickern.
- Diese Einwirkungen machen eine Sockel- und Querschnittsabdichtung notwendig.

**7. Ausführungsempfehlungen**

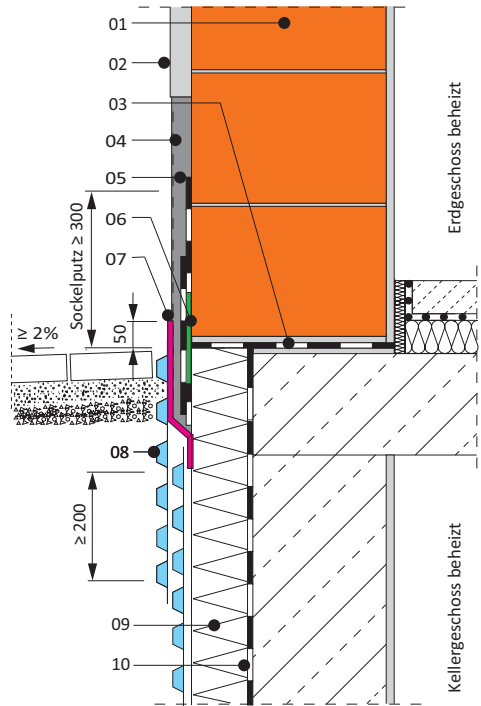
- Am Wandsockel ist im Bereich von etwa 20 cm unter Geländeoberkante (GOK) bis etwa 30 cm über GOK mit W4-E zu rechnen, falls nicht durch den Bemessungswasserstand oder aufgrund des ungedrängten, wenig wasserdurchlässigen anstehenden Bodens mit W2-E zu rechnen ist.
- Bei geputzten Sockelbereichen ohne außenseitige Dämmschicht, bei denen die Putzschicht bis in Höhe GOK geführt wird, werden als Sockelabdichtung vor allem mineralische Dichtungsschlämmen eingesetzt.
- Bei zweischaligem Verblendmauerwerk hat sich seit langem eine Anordnung der Abdichtung auf der Außenseite der tragenden Innenschale bewährt.
- Für Wände, deren Sockelputz bis zur GOK reicht, gilt folgende Ausnahme: Kann im Sockelbereich die Abdichtungsschicht erdberührter Wände hinterlaufsicher auf der Sockelabdichtung ausgeführt werden, darf die Abdichtungsschicht der erdberührten Wand 5 cm bis 20 cm unter GOK enden, z. B. Wandabdichtung (W1-E) aus PMBC auf Sockelabdichtung (W4-E) aus MDS [18].
- Grundsätzlich ist an Stößen von Abdichtungsschichten stets eine Überlappung von ≥ 10 cm einzuhalten!



Beispiel für eine Sockelabdichtung W4-E bei Anschluss einer monolithischen Planziegelaußenwand mit Sockelziegel auf einem wärmegeprägten Stahlbetonkeller



Beispiel für eine Sockelabdichtung mit Dichtungsband bei Anschluss einer monolithischen Planziegelaußenwand auf einem wärmegeprägten Stahlbetonkeller



- 01 Wärmedämmendes Planziegelmauerwerk
- 01.1 Sockelziegel/Kimmziegel, 1 oder 2 Schichten je nach GOK
- 02 Unterputz (Leichtputz) mit Oberputz
- 03 Querschnittsabdichtung nach DIN 18533, z. B. Bitumenbahn R 500, mineralische Dichtungsschlämme (MDS) oder gleichwertige Ausführung
- 04 Gewebe in Armierungsputz auf Sockelputz
- 05 Bituminöse (PMBC) oder mineralische Dichtungsschlämme (MDS) über Gelände führen mit Planmaß mind. 300 mm / Fertigmaß mind. 150 mm
- 05.1 Bauwerksabdichtung nach DIN 18533, die vom überlappenden Anschluß (mind. 100 mm) an der WU-Bodenplatte bis in den Bereich der Sockelabdichtung geführt wird.
- 06 Dichtungsband (im Bild grün), überlappend eingebaut
- 07 Mineralische Dichtungsschlämme (MDS), überstreichbar über Oberputz, mind. 50 mm über Gelände führen
- 08 Schutzschicht (z. B. Noppenbahn mit Vlies)
- 09 Perimeterdämmung, Typ PW nach DIN 4108-10
- 10 Bauwerksabdichtung nach DIN 18533
- 10.1 Überlappungsstoß mind. 100 mm, heißgeklebt
- 11 Abdichtung um gefaste Kanten / gerundete Ecken führen
- 12 Bauwerksabdichtung auf Sauberkeitsschicht verlegt

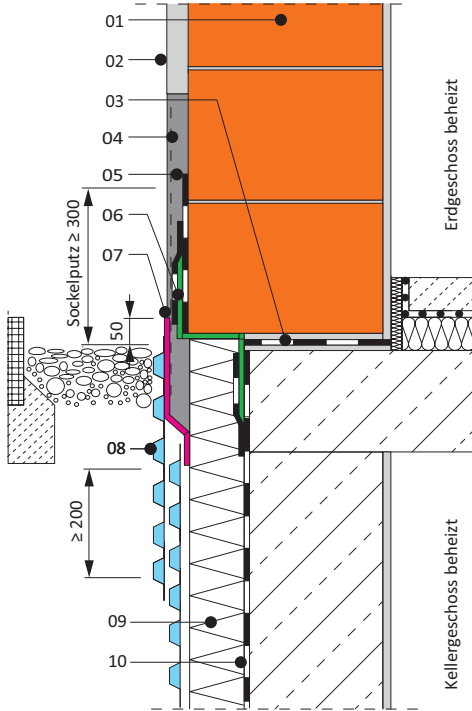
- 13 Perimeterdämmung, lastabtragend unter PE-Folie
- 14 Elastomerbitumenschweißbahn, auf wasserzugewandter Seite mit Trägereinlage PV/KTP, Untergrund vorbehandelt mit Bitumenanstrich, z. B. auf Emulsionsbasis
- 15 Rückläufiger Stoß
- 16 Schutzkappe, z. B. PYE PV 200 DD
- 17 Schutzbeton ober-/unterhalb zweilagige Abdichtung
- 18 Bewehrung (Vermeidung Abscheren der Abdichtung)

**Hinweis:**  
 Die Abdichtung von Gebäuden ist eine wichtige Planungsaufgabe. Zur Gewährleistung der fachgerechten Umsetzung der Planung ist eine Bauüberwachung während der Ausführung unabdingbar.  
 Die oben dargestellten Beispiele zeigen eine kleine Auswahl an möglichen Lösungen für monolithisches Ziegelmauerwerk. Die Abdichtung ist stets auf die jeweilige Bausituation und Wassereinwirkungsklasse anzupassen.

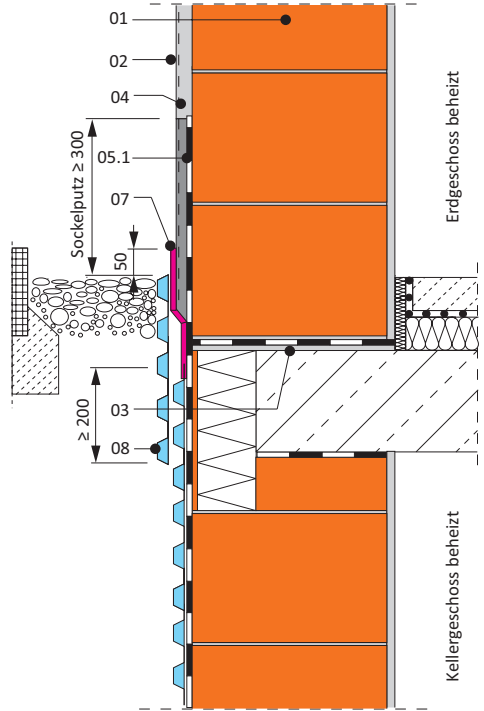
**Literaturempfehlungen:**  
 → Richtlinie Fassadensockelputz: [www.stuck-verband.de](http://www.stuck-verband.de)  
 → Sockelfibel: [www.sockel-abdichtung.de](http://www.sockel-abdichtung.de)  
 → Technische Regeln - abc der Bitumenbahnen: [www.derdichtebau.de](http://www.derdichtebau.de)



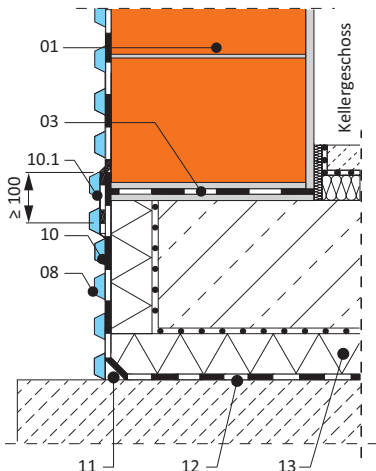
Beispiel für eine Sockelabdichtung W4-E mit Dichtungsband bei Anschluss einer monolithischen Planziegelaußenwand auf einem wärmedämmten Stahlbetonkeller



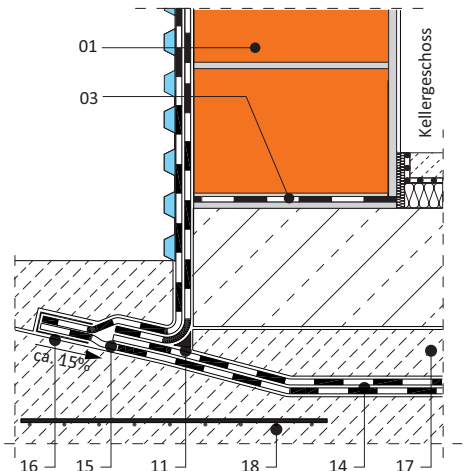
Beispiel für eine Sockelabdichtung W4-E bei Anschluss einer monolithischen Planziegelaußenwand auf einem Keller-geschoß mit wärmedämmenden Ziegelaußenwänden



Beispiel einer Abdichtung von erdberührten Kelleraußenwänden aus wärmedämmendem Ziegelmauerwerk - W2.1-E



Beispiel einer Abdichtung von erdberührten Kelleraußenwänden aus wärmedämmendem Ziegelmauerwerk - W2.2-E nach [19]



## 8. Rissklassen, Rissüberbrückungsklassen

In Bauteilen, die den Abdichtungsuntergrund bilden, sind Risse nicht völlig vermeidbar und müssen bei der Wahl der Abdichtungsbauart berücksichtigt werden. Für die Einwirkung auf die Abdichtungsschicht sind nur Rissbreitenänderungen vorhandener Risse und Rissbildungen nach Aufbringen der Abdichtungsschicht von Bedeutung. Rissbreitenänderungen oder Rissbildungen werden i. d. R. bei erdberührten Bauteilen durch einmalig ablaufende (abklingende) lastabhängige (Kriechen, Setzen) und/oder lastunabhängige

(Schwinden, thermische Längenänderungen) bzw. Form-/Volumenänderungen verursacht. Die Abdichtungsschicht muss die zu erwartenden Rissbreitenänderungen oder Rissbildungen des Untergrundes überbrücken können. Das abzudichtende Bauteil bzw. die Abdichtungsrücklage müssen so konzipiert und dimensioniert sein, dass keine für die Abdichtungsschicht unzutraglichen Risse auftreten. Bei der Wahl der Abdichtungsbauart bzw. des Abdichtungsuntergrundes sind die folgenden Rissklassen zu berücksichtigen.

| Rissklassen typischer Abdichtungsuntergründe nach Tab. 2, DIN 18533-1 (Jul. 2017) |   |  |
|---|---|--|
| Klasse  | Rissbildung /-änderung                      | Typischer Abdichtungsuntergrund <sup>a)</sup>  |
| R1-E  | ≤ 0,2 mm (gering)                           | Rissbildung/-breitenänderung dieser Größenordnung sind in den üblichen Abdichtungsuntergründen des Hochbaus unvermeidbar. Stahlbeton ohne rissverursachende Zwang-/Biegeeinwirkung; Sockelbereich Mauerwerk; Untergründe für Querschnittsabdichtungen  |
| R2-E  | ≤ 0,5 mm (mäßig)                            | geschlossene Fugen von flächigen Bauteilen (z. B. bei Fertigteilen); unbewehrter Beton; Stahlbeton mit rissverursachender Zwang-, Zug- oder Biegeeinwirkung; erddruckbelastetes Mauerwerk; Fugen an Materialübergängen   |
| R3-E  | ≤ 1,0 mm<br>Rissversatz ≤ 0,5 mm (hoch)     | Risse infolge planmäßiger Fugenaufweitung bei Abdichtungsrücklagen, oder bei Aufstandsugen von Mauerwerk (i. d. R. erddruckbelastet) auf Bodenplatten oder unplanmäßige bzw. durch nicht zu berücksichtigende Umwelteinflüsse (z. B. Erschütterung durch Bauarbeiten in der Nachbarschaft) entstandene Rissbildungen an tragenden Bauteilen. |
| R4-E  | ≤ 5,0 mm; Rissversatz: ≤ 2,0 mm (sehr hoch) | z. B. Umwelteinflüsse wie Erschütterungen oder Erdbeben  |

a) Ohne statischen Nachweis der Rissbreite. Eine andere Zuordnung ist durch einen solchen Nachweis möglich.

| Rissüberbrückungsklasse der Abdichtungsbauart in Abhängigkeit von der Wassereinwirkung nach Tab. 3, DIN 18533-1 |                         |   |
|---|-------------------------|---|
| Wassereinwirkung  | Rissüberbrückungsklasse | Rissüberbrückungseigenschaft <sup>a)</sup>                      |
| W1-E und W4-E   | min. RÜ1-E              | geringe Rissüberbrückung, ≤ 0,2 mm                              |
| W2.1-E und W3-E   | min. RÜ3-E              | mäßige Rissüberbrückung, ≤ 0,5 mm                               |
| W2.2-E  | min. RÜ4-E              | hohe Rissüberbrückung, ≤ 1,0 mm, mit einem Rissversatz ≤ 0,5 mm |

a) Abdichtungsbauarten besitzen, abhängig von den Eigenschaften des Abdichtungsstoffs und ggf. vorhandener Einlagen, der Schichtdicke, der Lagenzahl und der Art des Haftverbundes zum Abdichtungsuntergrund unterschiedliche Rissüberbrückungseigenschaften.

## 9. Raumnutzungsklassen

In Bauteilen, die den Abdichtungsuntergrund bilden, sind Risse nicht völlig vermeidbar und Raumnutzungsklassen (RN1-E bis RN3-E) definieren unterschiedlich

hohe Anforderungen an die Trockenheit der Raumluft von erdseitig abgedichteten Räumen und die Zuverlässigkeit der Abdichtungsbauart.

| Raumnutzungsklassen <sup>a)</sup> nach Nr. 5.5, DIN 18533-1 (Jul. 2017) |  |   |
|---|--|---|
| Klasse  | Anforderung durch die Raumnutzung  | Beispiele   |
| RN1-E   | geringe Anforderung an die Trockenheit der Raumluft  | offene Werk- oder Lagerhalle; Tiefgarage  |
| RN2-E   | übliche Anforderung an die Trockenheit der Raumluft und übliche Anforderung an die Zuverlässigkeit der Abdichtungsbauart | Aufenthaltsräume; Lagerräume für feuchteempfindliche Güter oder in Wohn-/Bürogebäuden |
| RN3-E   | hohe Anforderung an die Trockenheit der Raumluft und hohe Anforderung an die Zuverlässigkeit der Abdichtungsbauart       | Magazin zur Lagerung unersetzlicher Kulturgüter; Raum für den Zentralrechner          |

| 10. Abdichtungsbauarten nach Tab. 1 und 4 bis 8, DIN 18533-1 (Jul. 2017)  |  |   |                                       |                       |
|---|--|---|---------------------------------------|-----------------------|
| Klasse  | Art der Einwirkung   | Bauteil   | Abdichtungsbauart mit                 | Aufbau nach           |
| W1-E  | Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser  | Bodenplatte   | Bitumen- und Polymerbitumenbahnen     | DIN 18533-2, Tab. 9   |
|   |  |   | Kunststoff- oder Elastomerbahnen      | DIN 18533-2, Tab. 17  |
|   |  |   | PMBC, Asphaltmastix, Gussasphalt, MDS | DIN 18533-3, Tab. 1   |
|   |  |   | keine Abdichtung                      | altern. 8.5.2/8.5.4.2 |
|   |  | Erdberührte Wand  | Bitumen- und Polymerbitumenbahnen     | DIN 18533-2, Tab. 9   |
|   |  |   | Kunststoff- oder Elastomerbahnen      | DIN 18533-2, Tab. 17  |
|   |  |   | PMBC <sup>a)</sup>                    | DIN 18533-3, Tab. 1   |
|   |  |   | MDS <sup>b)</sup>                     | DIN 18533-3, Tab. 1   |
| W2.1-E  | Drückendes Wasser – Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe      | Erdberührte Bauteile  | Bitumen- und Polymerbitumenbahnen     | DIN 18533-2, Tab. 9   |
|   |  |   | Kunststoff- oder Elastomerbahn        | DIN 18533-2, Tab. 17  |
|   |  |   | PMBC <sup>a)</sup>                    | DIN 18533-3, Tab. 1   |
| W2.2-E  | Drückendes Wasser – Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe        | Erdberührte Bauteile  | Bitumen- und Polymerbitumenbahnen     | DIN 18533-2, Tab. 9   |
|   |  |   | Kunststoff- oder Elastomerbahn        | DIN 18533-2, Tab. 17  |
| W3-E  | Nicht drückendes Wasser auf erüberschütteten Decken → siehe DIN 18533-1, Nr. 8.7     |   |                                       |                       |
| W4-E  | Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden | Abdichtung an Wandsockeln<br>Abdichtung in und unter Wänden<br>W4-E | Bitumen- und Polymerbitumenbahnen     | DIN 18533-2., Tab. 9  |
|   |  |   | Kunststoff- oder Elastomerbahn        | DIN 18533-2, Tab. 17  |
|   |  |   | rissüberbrückende MDS <sup>b)</sup>   | DIN 18533-3, Tab. 1   |
|   |  |   | FLK <sup>c)</sup>                     | DIN 18533-3, Tab. 1   |
|   |  |   | PMBC <sup>a)</sup>                    | DIN 18533-3, Tab. 1   |
| a) PMBC = Polymer Modified Bituminous Thick Coatings = Bitumendickbeschichtung<br>b) MDS = Mineralische Dichtungsschlämme<br>c) FLK = Flüssigkunststoff-Abdichtungssystem |  |   |                                       |                       |



Abdichtung einer erdberührten Kelleraußenwand (W1-E) aus monolithischem Ziegelmauerwerk in Hanglage mit einer kunststoff-modifizierter Bitumendickbeschichtung (PMBC) und im Sockelbereich (W4-E) mit einer mineralischen Dichtungsschlämme (MDS)

**SCHALLSCHUTZ**

Die Grundlage des bauordnungsrechtlich geforderten baulichen Schallschutzes bildet DIN 4109, die umfassend überarbeitet im Jul. 2016 bzw. Jan. 2018 neu erschienen ist. Sie regelt die erforderlichen Mindestanforderungen (Teil 1) und Nachweise (Teil 2) für den Schallschutz im Hochbau und stellt Bauteilkataloge für diverse Bauweisen (Teil 3 - mehrteilig) bereit. In einem vierten Teil werden bauakustische Prüfungen geregelt. Darüber hinaus liefert der im Mai 2019 erschienene Entwurf der DIN 4109 Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz. Bei Wunsch einer solchen Ausführung müssen diese erhöhten Anforderungen ausdrücklich und rechtssicher vertraglich vereinbart werden.

**1. Luftschalldämmung von Außenbauteilen**

Außenbauteile sind unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Raumarten oder -nutzungen durch die Anforderungen in unten dargestellter Tabelle gegen Außenlärm zu schützen. Der Außenlärm wird nach DIN 4109 in Lärmpegelbereiche I bis VII eingeteilt.

Der Lärmschutz der Außenbauteile ist für den jeweiligen Lärmpegelbereich nachzuweisen. Die Anforderungen des Lärmschutzes liegen häufig in den Lärmpegelbereichen II bis IV mit Anforderungswerten zwischen 30 und 45 dB. Mit den durch den Wärmeschutz ohnehin notwendigen Außenwanddicken sind diese Werte mit hochwärmedämmenden, einschaligen Ziegelaußenwänden aus Zulassungsziegeln sicher zu erreichen. Diese liefern mit Spitzenwerten von bis zu 52 dB im Direktschalldämm-Maß  $R'_{w,Bau,ref}$  beste Voraussetzungen für einen guten Schutz gegen Außenlärm. Wesentlich ist, dass der Schutz gegen Außenlärm von der gesamten Fassadenkonstruktion, d. h. von Wand und Fenster, erbracht werden muss. Fensterelemente und Rollladenkästen – besonders in leichter Ausführung – sind Schwachstellen. Sie verschlechtern – selbst bei verhältnismäßig kleinem prozentualen Flächenanteil – die Schalldämmung der Außenwand erheblich. Daneben haben Raumgeometrie (Fassadenfläche zu Raumtiefe) und Raumgröße (Absorptionsfläche) erheblichen Einfluss.

| Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen erf. $R'_{w,res}$ nach Tab. 7, DIN 4109-1 (Jan. 2018) |               |   |              |              |              |              |      |    |
|---|---------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|------|----|
| Lärmpegelbereich  | I             | II  | III          | IV           | V            | VI           | VII  |    |
| Maßgeblicher Außenlärmpegel $L_a$ in dB   | ≤ 55          | > 55<br>≤ 60  | > 60<br>≤ 65 | > 65<br>≤ 70 | > 70<br>≤ 75 | > 75<br>≤ 80 | > 80 |    |
| Bewertetes Gesamtschalldämm-Maß $R'_{w,res} = L_a - K_{Raumart}$  | $K_{Raumart}$ | erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteils in dB <sup>c)</sup> |              |              |              |              |      |    |
| Bettenräume in Krankenanstalten + Sanatorien  | 25 dB         | 35  | 35           | 40           | 45           | 50           | b)   | b) |
| Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und ähnliche        | 30 dB         | 30  | 30           | 35           | 40           | 45           | 50   | b) |
| Büroräume <sup>a)</sup> und ähnliche  | 35 dB         | -   | 30           | 30           | 35           | 40           | 45   | 50 |

a) An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.  
 b) Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen  
 c) Mindestens einzuhalten sind:  $R'_{w,ges} = 35$  dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien sowie  $R'_{w,ges} = 30$  dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume, Büroräume u. ä.

| Erforderliches Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,res}$ bei Kombinationen von Außenwand und Fenstern gem. Tab.10, DIN 4109 (1989) |  |       |       |       |       |       |       |  |       |       |       |  |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|--|
| erf. $R'_{w,res}$ nach Tab. 8   | Schalldämm-Maße erf. $R'_{w,res}$ für Wand/Fenster in dB bei folgenden Fensterflächenanteilen in % |       |       |       |       |       |       |  |       |       |       |  |
|   | 10 %   |       | 20 %  |       | 30 %  |       | 40 %  |  | 50 %  |       | 60 %  |  |
| 30 dB   | 30/25  |       | 30/25 |       | 35/25 |       | 35/25 |  | 50/25 |       | 30/30 |  |
| 35 dB   | 35/30  | 40/25 | 35/30 |       | 35/32 | 40/30 | 40/30 |  | 50/30 | 40/32 | 45/32 |  |
| 40 dB   | 40/32  | 45/30 | 40/35 |       | 45/35 |       | 45/35 |  | 60/35 | 40/37 | 40/37 |  |
| 45 dB   | 45/37  | 50/35 | 45/40 | 50/37 | 50/40 |       | 50/40 |  | 60/40 | 50/42 | 60/42 |  |
| 50 dB   | 55/40  |       | 55/42 |       | 55/45 |       | 55/45 |  | 60/45 |       | -     |  |

Diese Tabelle gilt nur für Wohngebäude mit üblichen Raumhöhen von etwa 2,5 m und Raumtiefen von etwa 4,5 m oder mehr, unter Berücksichtigung der Anforderungen an das resultierende Schalldämm-Maß erf.  $R'_{w,res}$  des Außenbauteils nach Tab. 8 und der Korrektur von -2 dB (n. Tab. 9)

| Resultierende Schalldämm-Maße vorh. $R'_{w,res}$ bei Kombination von Außenwand und Fenstern |  |      |      |                                    |      |      |                                  |      |      |
|---|--|------|------|------------------------------------|------|------|----------------------------------|------|------|
| Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ der Wand  | Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ des Fensters in dB bei folgenden Fensterflächenanteilen in % |      |      |                                    |      |      |                                  |      |      |
|   | Normale Ausführg. des Fensters   |      |      | Verbesserte Ausführg. des Fensters |      |      | Sehr gute Ausführg. des Fensters |      |      |
|   | 32 dB  |      |      | 35 dB                              |      |      | 40 dB                            |      |      |
|   | 20 %   | 30 % | 40 % | 20 %                               | 30 % | 40 % | 20 %                             | 30 % | 40 % |
| 45 dB   | 38,2   | 36,7 | 35,7 | 40,5                               | 39,3 | 38,4 | 43,4                             | 42,8 | 42,3 |
| 47 dB   | 38,5   | 36,9 | 35,8 | 41,0                               | 39,6 | 38,6 | 44,4                             | 43,6 | 42,8 |
| 49 dB   | 38,7   | 37,0 | 35,9 | 41,3                               | 39,8 | 38,7 | 45,2                             | 44,1 | 43,2 |
| 51 dB   | 38,8   | 37,1 | 35,9 | 41,6                               | 40,0 | 38,8 | 45,8                             | 44,5 | 43,5 |
| 53 dB   | 38,9   | 37,1 | 35,9 | 41,7                               | 40,1 | 38,9 | 46,2                             | 44,7 | 43,7 |

**2. Schutz gegen Schallübertragung im Innenbereich**

In DIN 4109 sind u.a. die Anforderungen an den Schallschutz mit dem Ziel festgelegt, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen. Allerdings weist die Norm ausdrücklich darauf hin, dass aufgrund der

festgelegten Anforderungen nicht erwartet werden kann, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr wahrgenommen werden und somit gegenseitige Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms notwendig ist.

| Mindestanforderungen und erhöhte Anforderungen der Luftschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich nach DIN 4109-1, Tab. 2 bis Tab. 6 (Jan. 2018) und E DIN 4109-5 (Mai 2019) - Auszug |  |                                    |   |
|---|--|------------------------------------|---|
| Gebäudetyp  | Bauteil  | Mindestanforderung nach DIN 4109-1 | erhöhte Anforderungen <sup>a)</sup> nach E DIN 4109-5 |
|   |  | erf. $R'_w$                        | erf. $R'_w$   |
| Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude und gemischt genutzte Gebäude   | Wohnungstrennwände, Wände zwischen fremden Arbeitsräumen, Wände an Treppenträume/Hausflure   | ≥ 53 dB                            | ≥ 56 dB   |
|   | Aufzugsschachtwände an Aufenthaltsräumen   | ≥ 57 dB                            | ≥ 57 dB   |
|   | Wände neben und Decken an Spiel-/Gemeinschaftsräumen, Durch-/Einfahrten zu Garagen u. ä.     | ≥ 55 dB                            | Trennwände ≥ 55 dB<br>Trenndecken ≥ 57 dB             |
|   | Wohnungstrenndecken  | ≥ 54 dB <sup>d)</sup>              | ≥ 57 dB   |
| Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser  | Hautrennwände <sup>e)</sup> im untersten Geschoß   | ≥ 59 dB                            | ≥ 64 dB   |
|   | Hautrennwände <sup>e)</sup> über dem untersten Geschoß                                       | ≥ 62 dB                            | ≥ 67 dB   |
| Hotels und Beherbergungsstätten   | Trennwände der Übernachtungsräume untereinander und zu Fluren                                | ≥ 47 <sup>b)</sup> dB              | ≥ 52 dB   |
| Krankenhäuser und Sanatorien  | Wände zwischen Übernachtungs- bzw. Krankenzimmern, Untersuchungs-/Sprechzimmer und zu Fluren |                                    | ≥ 52 dB   |
| Schulen und ähnliche Ausbildungsstätten   | Wände zwischen Unterrichtsräumen und zu Fluren   |                                    | -   |
|   | Wände von Unterrichtsräumen an Treppenhäuser   | ≥ 52 dB                            | -   |

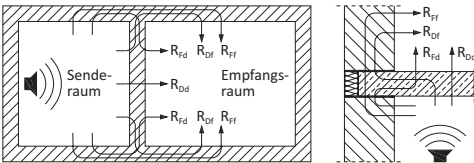
a) Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz sind ausdrücklich (rechtssicher) gesondert vertraglich zu vereinbaren.  
 b) Abweichend davon in Krankenanstalten und Sanatorien: ≥ 52 dB bei erhöhtem Ruhebedürfnis oder besonderer Vertraulichkeit, ≥ 42 dB bei Wänden zwischen Operations-/Behandlungsräumen untereinander bzw. zu Fluren, ≥ 37 dB bei Wänden von Räumen der Intensivpflege bzw. zu Fluren  
 c) Abweichend davon: ≥ 52 dB bei Wänden von Räumen für konzentrierte geistige Tätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten ...  
 d) Trenndecken zwischen Wohnungen, fremden Arbeitsräumen und vergleichbarer Nutzung. Decken unter Dachräumen ≥ 53 dB, über Kellern ≥ 52 dB  
 e) Hautrennwände zu Aufenthaltsräumen

### 3. Berechnung der Luftschalldämmung von Mauerwerk aus Hochlochziegeln nach DIN 4109-2 (Jan. 2018)

Die mittlerweile zurückgezogene DIN 4109 (Nov. 1989) hatte über viele Jahre hinweg für Unsicherheit in der bauakustischen Planung und Ausführung gesorgt, da manche Bauweisen und bauakustische Phänomene nur unzureichend berücksichtigt waren. Vor diesem Hintergrund hat eine umfassende normative Überarbeitung der DIN 4109 stattgefunden. Dabei wurde auch das etablierte Rechenverfahren nach DIN EN 12354 übernommen, mit dem eine akustische Energiebilanzierung erstellt werden kann, die eine deutlich sicherere Prognose der zu erwartenden Schalldämmung in Gebäuden zulässt. Auf Basis der DIN EN 12354 hat die Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V. bereits 2010 beim Deutschen Institut für Bautechnik eine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787 erwirkt, die eine prognosesichere Erstellung eines bauordnungsrechtlichen Schallschutznachweises für die Luftschalldämmung von Mauerwerk aus Hochlochziegeln ermöglicht. Diese Erkenntnisse stehen mit Veröffentlichung der neuen DIN 4109 im Jahre 2016 nun auch im deutschen Normenwerk zur Verfügung.

#### Schallübertragswege

In DIN 4109 (Jan. 2018) erfolgt eine detaillierte Berechnung der tatsächlichen Schallübertragungswege. Neben der Übertragung durch das trennende Bauteil sind sämtliche flankierenden Bauteile wie Außen- und Innenwände sowie Decken an der Weiterleitung von Schallenergie beteiligt. Insgesamt also 13 Wege, die über das trennende Bauteil und 12 Flankenwege.



Schallübertragung über das trennende Bauteil ( $R_{Dd,w}$ ) und die flankierenden Bauteile ( $R_{Ff}$ ,  $R_{Fd}$ ,  $R_{Df}$ ) horizontal und vertikal

Einen ebenfalls zu beachtenden Einfluss auf die Übertragung von Schallenergie hat die Art der konstruktiven Ausführung von Bauteilanschlüssen des trennenden Bauteils zu den flankierenden Bauteilen. So gehen die Verbindungsstellen „Außenwand-Trennwand“ für horizontale Übertragung bzw. „Außenwand-Decke“ für vertikale Übertragung entsprechend ihrer Konstruktionsweise als Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$  direkt in die

Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes des flankierenden Bauteils ein. Trennende Bauteile von hoher flächenbezogener Masse erhöhen mit zunehmender Einbindetiefe die Schalldämmung im Knotenpunkt von flankierenden Bauteilen, die eine geringere flächenbezogene Masse aufweisen. Stoßstellendämm-Maße können über die jeweiligen flächenbezogenen Massen der beteiligten Bauteile rechnerisch oder durch bauakustische Messung ermittelt werden. Anhaltswerte für  $K_{ij}$  bei horizontaler Schallübertragung über eine flankierende Außenwand mit Einbindung einer schweren Wohnungstrennwand siehe Kapitel "Wohnungstrennwände aus Planfüllziegeln".

#### Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_w$ zwischen zwei Räumen (vereinfachtes Modell)

$$R'_w = -10 \lg \left( 10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum 10^{-R_{ij,w}/10} \right) \quad [\text{dB}]$$

$$R_{ij,w} = (R_{i,w} + R_{j,w}) / 2 + K_{ij} + 10 \lg (S/I_0 \cdot V)$$

- mit:  $R_{Dd,w}$  Direktschalldämm-Maß Trennbauteil  
 $R_{i,w}$  Direkt Dämm-Maß Flankenbauteil 1  
 $R_{j,w}$  Direkt Dämm-Maß Flankenbauteil 2  
 $K_{ij}$  Stoßstellen-Dämm-Maß des Knotens  
 $S$  Fläche des trennenden Bauteils  
 $V$  Empfangsraumvolumen  
 $I_f$  Verbindungslänge der Bauteile in [m]  
 $I_0$  Bezugslänge = 1 m

#### Berechnung der Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$

Um neben der Beurteilung der Schalldämmung der Bauteile auch ein Bewertungskriterium für den Schallschutz zwischen 2 Räumen zu erhalten, kann die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  herangezogen werden. Sie ergänzt das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_w$  durch eine Betrachtung der Raumgeometrie.

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \lg (0,32 \cdot V/S) \quad [\text{dB}]$$

- mit:  $S$  Fläche des trennenden Bauteils  
 $V$  Empfangsraumvolumen

**Bewertetes Schalldämm-Maß einschaliger, homogener und quasi homogener Bauteile**

Homogene und quasi homogene einschalige Bauteile sind solche, deren Schalldämmung unmittelbar aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden kann.

| homogene Bauteile   | quasi homogene Bauteile   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• plattenförmige Betonbauteile</li> <li>• ungelochte Mauersteine</li> <li>• Füllziegel</li> <li>• Fertigteil-elemente aus oben genannten Baustoffen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mauerwerk aus Hochlochziegeln mit - <math>d \leq 240</math> mm ungeachtet der RDK</li> <li>- <math>d &gt; 240</math> mm und <math>RDk \geq 1,0</math></li> <li>• Mauerwerk aus Kalksandstein mit einem Lochanteil <math>\leq 50\%</math> (Ausnahme: Steine mit Schlitzlochung, die von Lochebene zu Lochebene gegeneinander versetzte Löcher aufweisen)</li> </ul> |

**Bestimmung der flächenbezogenen Masse  $m'$  einschaliger massiver Wände**

$$m'_{ges} = m'_w + m'_p \quad [kg/m^2]$$

$$m' = d \cdot \rho \quad [kg/m^2]$$

- mit:  $m'$  Flächenbezogene Masse allgemein  
 $d$  Dicke der Bauteilschicht in m  
 $\rho$  Rohdichte von Wand/Putz in  $kg/m^3$   
 $m'_{ges}$   $m'$  der verputzten Wand in  $kg/m^2$   
 $m'_w$   $m'$  der unverputzten Wand in  $kg/m^2$   
 $m'_p$  Flächenbezogene Masse  $m'$  der vorhandenen Putzschicht in  $kg/m^2$

**Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$  für homogene bzw. quasi homogene einschalige Bauteile aus flächenbezogener Masse:**

$$R_w = 30,9 \cdot \log (m'_{ges} / m'_0) - 22,2 \quad [dB]$$

mit:  $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

Berechnungsformel oben gilt nicht für:

- $65 \text{ kg/m}^2 \geq m'_{ges} \geq 720 \text{ kg/m}^2$
- Mauerziegel mit Rohdichteklasse (RDK)  $> 2,0$

**Bewertetes Schalldämm-Maß von Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln**

Für Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln kann die vorhandene Schalldämmung unter derjenigen liegen, die aufgrund der flächenbezogenen Masse für (quasi) homogene Bauteile zu erwarten ist. Für solches Mauerwerk muss mit dem verlustkorrigierten (In-situ-Korrektur), bewerteten Direktschalldämm-Maß  $R_{w,Bau,ref}$  aus Prüfzeugnissen gerechnet werden.

$$R_w = R_{w,Bau,ref} = R_{situ,w} \quad (\text{aus Prüfzeugnissen}) \quad [dB]$$

| Ermittlung der Rohdichte <sup>a), b)</sup> in $kg/m^3$ von Mauerwerk nach DIN EN 1996 aus den Rohdichteklassen (RDK) |   |                                 |
|--|---|---------------------------------|
|  | Bereich der RDK                                       | Rohdichte der Wand              |
| Mauerwerk mit NM   | $2,2 \geq RDK \geq 0,35$                              | $\rho_w = 900 \cdot RDK + 100$  |
| Mauerwerk mit LM   | $1,0 \geq RDK \geq 0,35$                              | $\rho_w = 900 \cdot RDK + 50$   |
| Mauerwerk mit DM   | $RDK > 1,0$   | $\rho_w = 1000 \cdot RDK - 100$ |
|  | Klassenbreite $100 \text{ kg/m}^3$ und $RDK \leq 1,0$ | $\rho_w = 1000 \cdot RDK - 50$  |
|  | Klassenbreite $50 \text{ kg/m}^3$ und $RDK \leq 1,0$  | $\rho_w = 1000 \cdot RDK - 25$  |

a) Bei Mauerwerk, das aus Füll- oder Schalungsziegeln erstellt und anschließend mit Beton verfüllt wird, ist bezüglich der resultierenden Wandrohichte die jeweilige bauaufsichtliche Zulassung zu beachten.  
 b) Bei Betonbauteilen:  $\rho = 2350$  (unbewehrt) bzw.  $\rho = 2400$  (bewehrt)

| Rechenwerte für die Rohdichte von Putzen |                              |
|--|------------------------------|
| Gips- und Dünnlagenputze                 | $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ |
| Kalk- und Kalkzementputze                | $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$ |
| Leichtputze                              | $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$  |
| Wärmedämmputze                           | $\rho = 250 \text{ kg/m}^3$  |

| Bewertetes Direktschalldämm-Maß $R_w$ für einschaliges <sup>a)</sup> , raumseitig verputztes <sup>b)</sup> zusatzgedämmtes <sup>c)</sup> Hintermauerwerk |                      |                                    |               |                                    |               |                                    |               |            |
|--|----------------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|------------|
| Wanddicke<br>Nennmaß<br>in mm  | Rohdichte-<br>klasse | Lagerfuge mit NM                   |               | Lagerfuge mit LM                   |               | Lagerfuge mit DM                   |               | Wandaufbau |
|  |                      | $m'_{ges}$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $R_w$<br>[dB] | $m'_{ges}$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $R_w$<br>[dB] | $m'_{ges}$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $R_w$<br>[dB] |            |
| 175<br>240   | 0,7                  | 143<br>190                         | 44,4<br>48,2  | 134<br>178                         | 43,5<br>47,4  | 129<br>171                         | 43,0<br>46,8  |            |
| 175<br>240   |                      | 0,8                                | 159<br>212    | 45,8<br>49,7                       | 150<br>200    | 45,0<br>48,9                       | 146<br>195    |            |
| 175<br>240   | 0,9                  |                                    | 174<br>233    | 47,1<br>51,0                       | 166<br>221    | 46,4<br>50,3                       | 164<br>219    |            |
| 175<br>240   |                      | 1,0                                | 190<br>255    | 48,2<br>52,2                       | 181<br>243    | 47,6<br>51,5                       | 181<br>243    |            |
| 175<br>240   | 1,2                  |                                    | 222<br>298    | 50,3<br>54,3                       | 213<br>286    | 49,7<br>53,7                       | 208<br>279    |            |
| 175<br>240   |                      | 1,4                                | 253<br>341    | 52,1<br>56,1                       | 244<br>329    | 51,6<br>55,6                       | 243<br>327    |            |

a) Ziegel-Hintermauerwerk quasi homogen | b) 15 mm Gipsputz  
 c) Voraussetzung bei WDVS: Verwendung eines WDVS, das die Luftschalldämmung nicht negativ beeinflusst.

| Bewertetes Direktschalldämm-Maß $R_w$ für einschalige, beidseitig verputzte (je 15 mm Gipsputz) Ziegel-Innenwände |                      |                                    |                      |                                    |                      |                                    |                      |            |                      |
|---|----------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| Wanddicke<br>Nennmaß<br>in mm   | Rohdichte-<br>klasse | Lagerfuge mit NM                   |                      | Lagerfuge mit LM                   |                      | Lagerfuge mit DM                   |                      | Wandaufbau |                      |
|   |                      | $m'_{ges}$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $R_w$<br>[dB]        | $m'_{ges}$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $R_w$<br>[dB]        | $m'_{ges}$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $R_w$<br>[dB]        |            |                      |
| 115<br>175<br>240   | 0,8                  | 124<br>174<br>227                  | 42,5<br>47,0<br>50,6 | 119<br>165<br>215                  | 41,9<br>46,3<br>49,9 | 116<br>161<br>210                  | 41,6<br>46,0<br>49,6 |            |                      |
| 115<br>175<br>240   |                      | 0,9                                | 135<br>189<br>248    | 43,6<br>48,2<br>51,8               | 129<br>181<br>236    | 43,0<br>47,5<br>51,1               | 128<br>179<br>234    |            | 42,9<br>47,4<br>51,0 |
| 115<br>175<br>240   |                      |                                    | 1,0                  | 145<br>205<br>270                  | 44,6<br>49,2<br>52,9 | 139<br>196<br>258                  | 44,0<br>48,6<br>52,3 |            | 139<br>196<br>258    |
| 115<br>175<br>240   | 1,2                  |                                    |                      | 166<br>237<br>313                  | 46,4<br>51,2<br>54,9 | 160<br>228<br>301                  | 45,9<br>50,6<br>54,4 |            | 157<br>223<br>294    |
| 115<br>175<br>240   |                      | 1,4                                |                      | 186<br>268<br>356                  | 48,0<br>52,8<br>56,7 | 181<br>259<br>344                  | 47,5<br>52,4<br>56,2 |            | 180<br>258<br>342    |
| 115<br>175<br>240   |                      |                                    | 1,6                  | 207<br>300<br>400                  | 49,4<br>54,3<br>58,2 | 201<br>291<br>388                  | 49,0<br>53,9<br>57,8 |            | 203<br>293<br>390    |
| 115<br>175<br>240   | 1,8                  |                                    |                      | 228<br>331<br>443                  | 50,6<br>55,7<br>59,6 | 222<br>322<br>431                  | 50,3<br>55,3<br>59,2 |            | 226<br>328<br>438    |
| 115<br>175<br>240   |                      | 2,0                                |                      | 249<br>363<br>486                  | 51,8<br>56,9<br>60,8 | 243<br>354<br>474                  | 51,5<br>56,6<br>60,5 |            | 249<br>363<br>486    |



**4. PC-Rechenprogramm für die Berechnung der Luftschalldämmung nach DIN 4109 (Jan. 2018)**

Die Rechenalgorithmen der DIN 4109 (Jan. 2018) sowie der aktuelle Stand der Technik sind in einem neu aufgelegten PC-Programm der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V. umgesetzt. Es ermöglicht dem Anwender die Erstellung eines bauordnungsrechtlichen Schallschutznachweises. Das Programm erlaubt eine sichere Prognose der Schalldämmung unter Berücksichtigung der Schalldämm-Maße  $R_w$  aktueller hochwärmedämmender Hochlochziegel aus Prüfzeugnissen und erhöht somit die Planungssicherheit deutlich. Die kostenfreie Software wird von der Deutschen Ziegelindustrie online angeboten unter:  
 → [www.schallrechner.de](http://www.schallrechner.de)

sichtigung der Schalldämm-Maße  $R_w$  aktueller hochwärmedämmender Hochlochziegel aus Prüfzeugnissen und erhöht somit die Planungssicherheit deutlich. Die kostenfreie Software wird von der Deutschen Ziegelindustrie online angeboten unter:  
 → [www.schallrechner.de](http://www.schallrechner.de)

**5. Ausführungsvorschläge für die Umsetzung des baulichen Schallschutzes**

| GESCHOSSWOHNUNGSBAU - Mindestanforderungen an den Schallschutz |   |   |  |   |   |
|--|---|---|--|---|---|
| Bauteil  | Monolithische Außenwand   | Wohnungstrennwand   | Geschoßdecke                               | Stoßstelle  | Innenwände (nichttragend)   |
| Anforderung  | $R_{w,Bau,ref} \geq 48$ dB  | $R'_w \geq 53$ dB   | $R'_w \geq 54$ dB                          | $K_{ff} \geq 10$ dB   | -   |
| Konstruktion   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 365 mm Planziegel</li> <li>• 300 mm Planziegel</li> </ul> Beispiele siehe Kapitel Zulassungsziegel | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 240 mm Ziegel, RDK 1,8</li> <li>• 240 mm Planfüllziegel</li> </ul> | 200 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich | siehe Beispiele im Kapitel Wohnungstrennwände aus Planfüllziegeln | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 mm Ziegel, RDK 1,2 / 1,4</li> <li>• 115 mm Ziegel, RDK &lt; 1,2 mit ZIS</li> </ul> |

| GESCHOSSWOHNUNGSBAU - Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz |  |  |  |   |   |
|---|--|--|--|---|---|
| Bauteil   | Monolithische Außenwand  | Wohnungstrennwand  | Geschoßdecke                               | Stoßstelle  | Innenwände (nichttragend)   |
| Anforderung   | $R_{w,Bau,ref} \geq 50$ dB   | $R'_w \geq 55 / 56$ dB   | $R'_w \geq 55 / 57$ dB                     | $K_{ff} \geq 10$ dB / $L \leq 1$ m                                | -   |
| Konstruktion  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 365 mm Planziegel</li> </ul> Beispiele siehe Kapitel Zulassungsziegel | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 240 mm Ziegel, RDK 1,8 / 2,0</li> <li>• 240 mm Füll-/Schalungsziegel</li> </ul> | 220 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich | siehe Beispiele im Kapitel Wohnungstrennwände aus Planfüllziegeln | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 mm Ziegel, RDK 1,2 / 1,4</li> <li>• 115 mm Ziegel, RDK &lt; 1,2 mit ZIS</li> </ul> |

| REIHENHAUS/DOPPELHAUS (MIT KELLERGEHOSS) - Mindestanforderungen an den Schallschutz |  |   |  |                           |                      |
|---|--|---|--|---------------------------|----------------------|
| Bauteil   | Monolithische Außenwand                  | Haustrennwand   | Geschoßdecke                               | Innenwände (nichttragend) | Kellergeschoß        |
| Anforderung   | ggf. Außenlärm                           | $R'_w \geq (59 \text{ bzw. } 62)$ dB                        | -  | -                         | -                    |
| Konstruktion  | Beispiele siehe Kapitel Zulassungsziegel | 2 x 175 mm Ziegel $\geq$ RDK 1,2 und Trennfuge $\geq$ 30 mm | 200 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich | 115 mm Ziegel, RDK 0,8    | Weißer Wanne möglich |

| REIHENHAUS/DOPPELHAUS (MIT KELLERGEHOSS) - Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz |  |  |  |                              |  |
|--|--|--|--|------------------------------|--|
| Bauteil  | Monolithische Außenwand                  | Haustrennwand  | Geschoßdecke                               | Innenwände (nichttragend)    | Kellergeschoß  |
| Anforderung  | ggf. Außenlärm                           | $R'_w \geq 67$ dB                                    | $R'_w \geq 55 / 57$ dB                     | -                            | -  |
| Konstruktion   | Beispiele siehe Kapitel Zulassungsziegel | 2 x 240 mm Planfüllziegel und Trennfuge $\geq$ 30 mm | 220 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich | 115 mm Ziegel, RDK 1,2 / 1,4 | Trennfuge in Außenwand und Bodenplatte, darunter gemeinsames Streifenfundament |

## 6. Wohnungstrennwände aus Planfüll- und Schalungsziegeln

Um die Vorteile großformatiger Planziegel, wie beispielsweise schnelle, einfache Verarbeitung, optimaler Putzgrund, auch bei der aus bauakustischen Gründen schweren Wohnungstrennwand nutzen zu können, wurden Planfüllziegel und Schalungsziegel entwickelt.

Wohnungstrennwände aus Planfüllziegeln werden zunächst mit Dünnbettmörtel aufgemauert. Der Mörtelauftrag erfolgt im Tauchverfahren oder mit Hilfe eines Auftraggeräts (z. B. Mörtelwalze). Nach dem geschotthohen Aufmauern der Trennwand bis zur Unterkante der Decke werden die Hohlkammern vorgeätzt und sorgfältig mit fließfähigem Beton C16/20 ausgegossen. Es entsteht eine Trennwand von hoher Rohdichte. Eine Verdichtung mit Rüttelflasche ist nicht notwendig.

### Ausführungshinweise für schalldämmende Wände

Um das rechnerisch prognostizierte Schalldämm-Maß nicht durch bauliche Mängel zu reduzieren, werden folgende Ausführungsregeln empfohlen:

#### Hinweise zur Konstruktion der Einbindung

Der Schallschutz der Trennwand ist abhängig von der flächenbezogenen Masse  $m'$  der raumumschließenden Bauteile und der Biegesteifigkeit der Bauteilanschlüsse in den Knotenpunkten. Alle Anschlüsse an Wänden und Decken sind hohlraumfrei und möglichst biegesteif (satt vermörtelt) auszuführen. Bei fachgerechter Ausführung wird der Schallschutz mit zunehmender Einbindetiefe der Trennwand in das flankierende Bauteil verbessert. Begründen lässt sich dieser Effekt mit der dämpfenden Wirkung der einbindenden Trennwand auf die Schalllängsleitung der flankierenden Außenwand.

Bei monolithischer Bauweise wird jedoch mit zunehmender Einbindetiefe der schweren Wohnungstrennwand die Wärmedämmung der flankierenden hochwärmedämmenden Außenwand im Knotenbereich verringert. Der Einfluss der daraus resultierenden Wärmebrücke ist nur bei einer Durchbindung (Bilder rechts: Variante A und B) durch den stirnseitigen Einbau von zusätzlicher Wärmedämmung zu minimieren. Bei der Schlitzeinbindung würde eine solche Maßnahme die Schalldämmung in der Stoßstelle  $K_{ij}$  deutlich verschlechtern und ist daher zu vermeiden.

Eine Durchbindung, wie in Bild A und Bild B dargestellt, bewirkt eine optimale Stoßstellendämmung  $K_{ij}$ . Diese Variante ermöglicht bei fachgerechter Planung und Ausführung Wohnungstrennwände, deren bewert-

etes Schalldämm-Maß über den Anforderungen des erhöhten Schallschutzes ( $R'_{w} \geq 55$  dB) liegt. Allerdings ist dabei auf zusätzliche Wärmedämmung an der Außenseite der durchbindenden Wohnungstrennwand zu achten. Die Wärmedämmung kann an der Stirnseite angebracht oder direkt in die äußere Hohlkammer des Füllziegels integriert werden.

Mit der Schlitzeinbindung (Bild C) wird eine geringere Dämpfung der Schalllängsleitung der flankierenden Außenwand erreicht als bei der Durchbindung. Hierbei sollte beachtet werden, dass die schallabstrahlende Flankenlänge  $L$  möglichst kurz gehalten wird.

Der Anschluss einer schweren Wohnungstrennwand an eine leichte Außenwandflanke in Form eines Stumpfstoßes sollte vermieden werden, da die Mindestanforderungen an den Schallschutz zwischen zwei schutzbedürftigen Räumen in dieser Ausführung nicht gewährleistet werden können.

Bei leichten, nichttragenden Trennwänden mit einer flächenbezogenen Masse  $m' \leq 150$  kg/m<sup>2</sup>, die an Wohnungstrennwände anschließen, ist der Anschluss als Stumpfstoß bauakustisch entkoppelt herzustellen. Siehe auch Abschnitt „Ziegel-Innenwandssystem ZIS“.

#### Steckdosen, Schlitz und Installationen

Werden in Wohnungstrennwänden, die die Anforderungen nach DIN 4109 erfüllen müssen, Installationsleitungen verlegt, so hat der verbleibende Restquerschnitt diesen Maßgaben zu genügen.

Zugunsten des Schallschutzes sollte grundsätzlich auf Installationen in Wohnungstrennwänden verzichtet werden. Bei Wohnungstrennwänden aus Schallschutzziegeln oder Planfüllziegeln, können dennoch begrenzt Elektroinstallationen ausgeführt werden. Der Umfang sollte aber auf ein Minimum beschränkt werden.

Dabei ist besonders zu beachten:

- Elektrodosen nicht direkt gegenüberliegend anordnen. Versatzmaß (lichter Abstand)  $\geq 40$  cm,
- Flache Installationsdosen verwenden – keine zu tiefen Ausfräsungen erstellen,
- Elektrodosen in ungeschnittenen Ziegeln anordnen,
- bei Dosen im Bereich einer mörtelfreien Stoßfuge die Fuge hinter der Dose satt vermörteln,
- auf Rohrleitungen grundsätzlich verzichten.

Weitere Hinweise liefert die Broschüre „Schlitze und Aussparungen“ ( $\rightarrow$  [www.dgfm.de](http://www.dgfm.de))

**A Durchbindung, Variante 1**

Direktschalldämm-Maß der flankierenden hochwärmedämmenden monolithischen Außenwand aus Planziegeln:

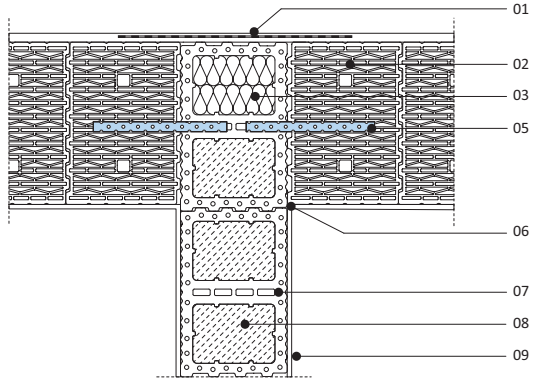
erf.  $R_{w,Bau,ref} \geq 48$  dB

Stoßstellendämm-Maß im Übertragungsweg der flankierenden Außenwand (Ff):

$K_{Ff}$  (bzw.  $K_{13}$ ): ca. 9 bis 11 dB

Bewertetes Schalldämm-Maß

$R'_w \geq 56$  dB



**B Durchbindung, Variante 2**

Direktschalldämm-Maß der flankierenden hochwärmedämmenden monolithischen Außenwand aus Planziegeln:

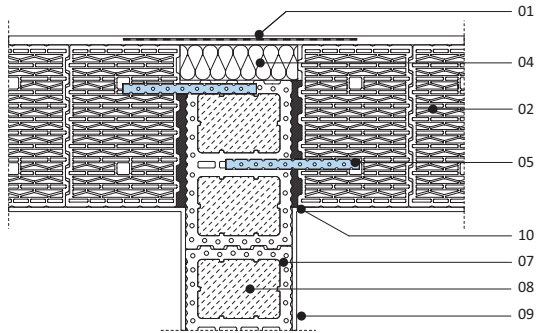
erf.  $R_{w,Bau,ref} \geq 48$  dB

Stoßstellendämm-Maß im Übertragungsweg der flankierenden Außenwand (Ff):

$K_{Ff}$  (bzw.  $K_{13}$ ): ca. 8 bis 11 dB

Bewertetes Schalldämm-Maß:

$R'_w \geq 56$  dB



**C Schlitzeinbindung**

Direktschalldämm-Maß der flankierenden hochwärmedämmenden monolithischen Außenwand aus Planziegeln:

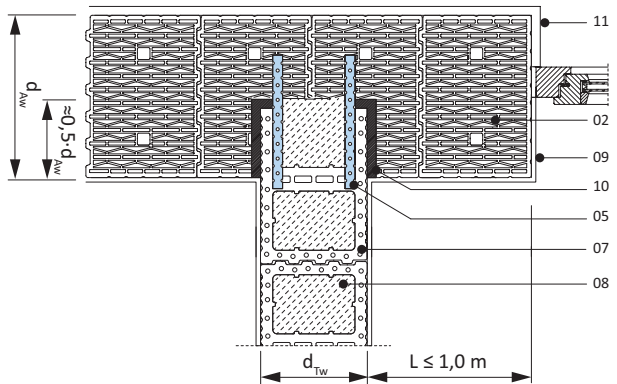
erf.  $R_{w,Bau,ref} \geq 48$  dB

Stoßstellendämm-Maß im Übertragungsweg der flankierenden Außenwand (Ff):

$K_{Ff}$  (bzw.  $K_{13}$ ): ca. 9 dB  
(bei Einbindetiefe  $\geq 0,5 \cdot d_{AW}$ )

Bewertetes Schalldämm-Maß:

$R'_w \geq 55$  dB



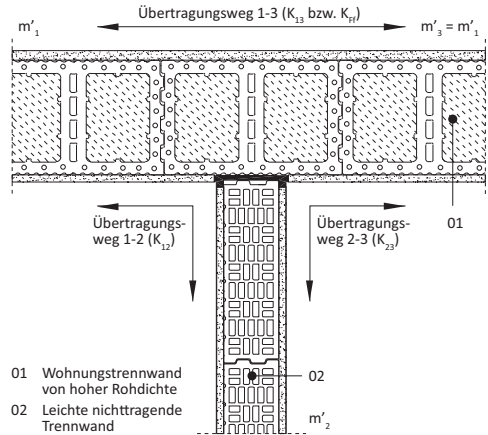
- 01 Armierungsgeweebeeinlage auf Unterputz (Leichtputz)
- 02 Monolithische Außenwand aus Planziegelmauerwerk,  $d = 36,5$  cm,  $\lambda = 0,08 - 0,12$  W/mK,  $R_{w,Bau,ref} \geq 48$  dB
- 03 Außenkammer der Füllziegel mit Wärmedämmung gefüllt
- 04 Wärmedämmung WL0 035,  $d \geq 8$  cm
- 05 Flachstahlanker V4a, jede 2. Lage je zwei Stück
- 06 Stoßfuge knirsch ausgeführt, an Oberflächen vermörtelt

- 07 Wohnungstrennwand aus Planfüllziegeln,  $d_{TW} = 24,0$  cm
- 08 Geschoßhohe Füllung der Hohlkammern der Schalungs- oder Planfüllziegel mit fließfähigem (F3) Beton C16/20 (Körnung 0-16 mm) Beton-Rohdichte  $\geq 2350$  kg/m<sup>3</sup>
- 09 Kalkgipsputz innen,  $d = 1,5$  cm
- 10 Stoßfuge satt vermörtelt,  $d \geq 2,0$  cm
- 11 Leichtputz außen,  $d = 2,0$  cm

## 7. Ziegel-Innenwand-System (ZIS)

An nichttragende Trennwände werden in der Regel keine akustischen Anforderungen bezüglich des direkten Schalldurchganges gestellt, da sie Räume innerhalb des eigenen Wohn- und Arbeitsbereiches trennen. Allerdings wirken nichttragende Trennwände mit einer flächenbezogenen Masse  $\leq 150 \text{ kg/m}^2$  wie eine Membran, die sich leicht in Schwingung versetzen lässt. Da dabei viel Schallenergie an benachbarte Bauteile weitergeleitet wird, müssen solche Bauteile von angrenzenden akustisch entkoppelt werden.

Das von der Ziegelindustrie entwickelte Ziegel-Innenwand-System (ZIS) besteht aus weichen Trennprofilen, die in schwarzer und weißer Ausführung erhältlich sind. Wie das Bild rechts zeigt, enthält das ZIS eine spezielle Profilierung, die auch die Putzschicht der Trennwand von derjenigen der flankierenden Wand trennt. So entsteht ein wirksamer Schutz vor Schallbrücken. Bei vollständiger Entkoppelung beträgt die Verbesserung der Schalldämmung auf dem Übertragungsweg 1-2 bzw. 2-3 ca. 6 dB und ca. 12 dB auf dem Weg von 1-3 (Übertragungswege siehe Bild rechts).



Darstellung der Schallübertragungswege eines sogenannten T-Stosses am Beispiel einer mit ZIS bauakustisch entkoppelt angeschlossenen nichttragenden Trennwand an eine Wohnungstrennwand aus mit Beton vergossenen Planfüllziegeln



Akustische Entkoppelung von leichten massiven Innenwänden ( $m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$ , nichttragende Innenraum-Trennwände nach DIN 4103) in den Anschlußbereichen zu flankierenden Bauteilen wie Wand, Decke, Boden.

### 8. Zweischalige Haustrennwände

Das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  zweischaliger Trennwände wird aus der Summe der flächenbezogenen Massen beider Einzelschalen wie bei einschaligen Wänden ermittelt. Für Berechnung /Ausführung gilt:

| Grundsätze nach DIN 4109 (Nov. 1989), Nr. 2.3                         |   |
|---|---|
| Generell gilt für Einzelschalengewicht und Trennfugendicke:           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelschale mit etwaigem Putz: <math>m' \geq 150 \text{ kg/m}^2</math></li> <li>• Trennfuge: <math>d \geq 30 \text{ mm}</math></li> </ul> |
| Generelle Ausführung des Fugenhohlraums zwischen den Schalen          | Mineralische Faserdämmplatten ( $\rightarrow$ DIN 4108-10, Typ WTH), dicht gestoßen und vollflächig verlegt.  |
| Bei Trennfugendicke $d \geq 50 \text{ mm}$                            | Zulässiges Gewicht der Einzelschale: $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$   |
| Bei Ausführung des Trennfugenhohlraums ohne Dämmschicht <sup>a)</sup> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelschale mit etwaigem Putz: <math>m' \geq 200 \text{ kg/m}^2</math></li> <li>• Trennfuge: <math>d \geq 30 \text{ mm}</math></li> </ul> |

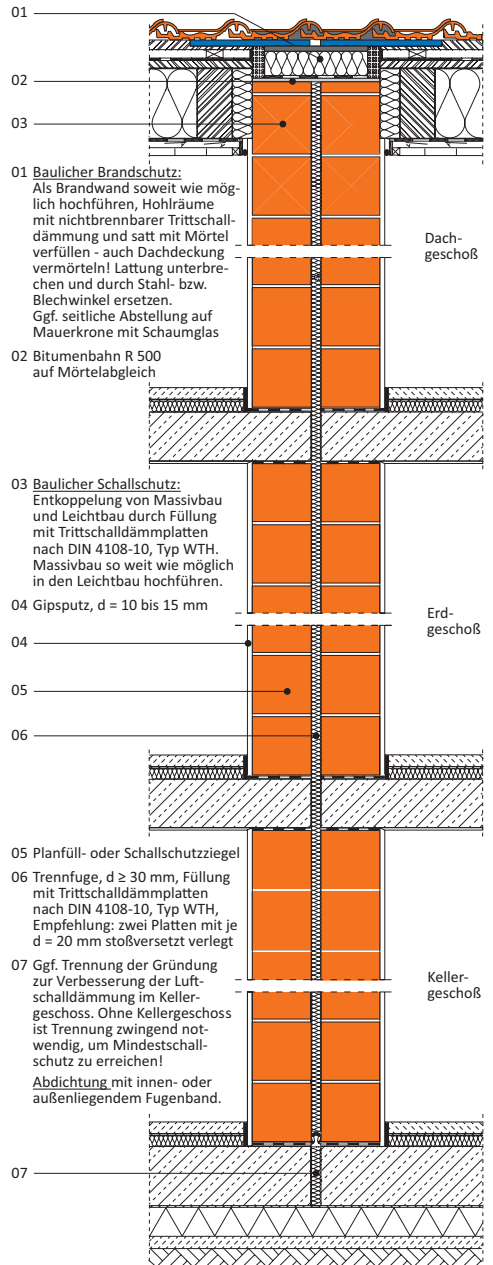
a) Fugenhohlraum hergestellt mit Lehren, die danach entfernt werden

Das errechnete bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  nach DIN 4109 gilt nur für Zwischengeschosse. In Dachgeschossen ist aufgrund der Flankenübertragung durch den Leichtbau des Daches eine Verschlechterung von etwa 1-4 dB zu erwarten. In Untergeschossen können die Einbußen je nach Konstruktion (z.B. nicht entkoppelte Außenwände und Bodenplatte bei "weißer Wanne") bis zu 10 dB ergeben. Diese negativen Einflüsse berücksichtigt die bisherige DIN 4109 allerdings nicht explizit. Das neue Rechenverfahren der DIN EN 12354 und das darauf basierende PC-Programm der Ziegelindustrie dagegen schon.

Beispiele und Hinweise sind in der aktuellsten Broschüre "Baulicher Schallschutz" zu finden.  
 Download: [www.argemauerziegel.de](http://www.argemauerziegel.de)

| Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ zweischaliger Trennwände <sup>a)</sup> in dB nach DIN 4109 (Nov. 1989) bzw. Prüfzeugnis |  |     |     |     |  |     |     |
|--|--|-----|-----|-----|--|-----|-----|
| Mindestdicke der Schalen ohne Putz in mm   | Bei Trennfugenbreite $a \geq 30 \text{ mm}$ nach DIN 4109, Bbl. 1: |     |     |     | Bei Trennfugenbreite $a \geq 40 \text{ mm}$ nach Prüfzeugnis |     |     |
|  | Schallschutzziegel (HLZ) nach Rohdichteklasse                      |     |     |     |  |     |     |
|  | 0,9  | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 0,9  | 1,0 | 1,2 |
| 2 x 175  | 63   | 64  | 66  | 67  | 67   | 68  | 69  |
| 2 x 240  | 67   | 68  | 71  | 71  | -  | -   | -   |

a) mit Normalmörtel NM, durchgehende Gebäudetrennfuge, beidseitig 15 mm Kalkgipsputz,  $m'_{\text{Putz}} = 2 \times 15 \text{ kg/m}^2$



**BRANDSCHUTZ**

**1. Bauordnungsrechtliche Anforderungen**

Ein hohes Schutzziel im Bauordnungsrecht wird mit dem baulichen Brandschutz verfolgt. Nach Musterbauordnung MBO (*Download* → [www.is-argebau.de](http://www.is-argebau.de)) sind bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung sowie Ausbreitung eines Brandes vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind. Als technische Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes sind in der MBO eine Reihe von Anforderungen genannt, die hier auszugsweise aufgeführt sind.

**Klassifizierung von Baustoffen**

Baustoffe werden entsprechend ihres Brandverhaltens bauordnungsrechtlich als nichtbrennbar, schwer-, normal- oder leicht entflammbar eingestuft. Nach deutschen und europäischen Brandschutznormen werden Ziegel (als bewährtes Bauprodukt) ohne Brand-Prüfverfahren als nichtbrennbarer Baustoff A1 deklariert.

| Baufa-sichtliche Anforderung an Baustoffe | Baustoff-klasse nach DIN 4102-1 | Baustoffklasse nach DIN EN 13501-1 <sup>1)</sup>                                  | Zusatzanforderung                        |
|---|---------------------------------|---|--|
| Nicht-brennbar                            | A1                              | A1  | kein Rauch und kein Abfällen / Abtropfen |
|   | A2                              | A2 s1, d0   |  |
| Schwer-entflammbar                        | B1                              | B – s1, d0 / C – s1, d0   | kein Abfällen / Abtropfen                |
|   |                                 | A2 – s2, d0 / – s3, d0<br>B2 – s2, d0 / – s3, d0<br>C – s2, d0 / – s3, d0         |  |
|   |                                 | A2 – s1, d1 / – s1, d2<br>B2 – s1, d1 / – s1, d2<br>C – s1, d1 / – s1, d2         | kein Rauch                               |
|   |                                 | A2 – / B – s3, d2<br>C – s3, d2   | -  |
| Normal-entflammbar                        | B2                              | D – s1, d0 / – s2, d0<br>D – s3, d0 / E   | kein Abfällen-/tropf.                    |
|   |                                 | D – s1, d1 / – s2, d1<br>D – s3, d1 / – s1, d2<br>D – s2, d2 / – s3, d2<br>E – d2 | -  |
| Leichtent-flammbar                        | B3 <sup>2)</sup>                | F <sup>2)</sup>   | -  |

1) Kurzzeichen: s (smoke - Rauchentwicklg.) / d (droplets - Abtropfen)  
 2) Leichtentflammbare Baustoffe dürfen nicht verwendet werden.

**Klassifizierung von Bauteilen**

Bauteile werden nach ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit in feuerbeständige, hochfeuerhemmende, feuerhemmende unterteilt. Diese bezieht sich bei tragenden und aussteifenden Bauteilen auf deren Standsicherheit im Brandfall sowie bei raumabschließenden Bauteilen auf deren Widerstand gegen die Brandausbreitung. Bauteile werden zusätzlich nach dem Brandverhalten ihrer Baustoffe unterschieden in:


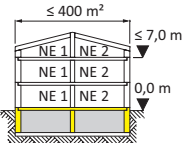

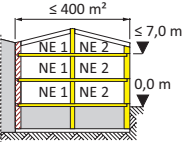

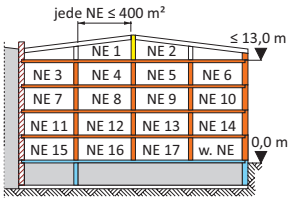
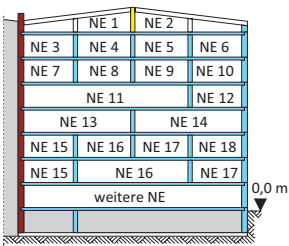
- a) Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen (z.B. Ziegelmauerwerk),
- b) Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und die bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben,
- c) Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen und die alleseitig Brandschutzbekleidung und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben,
- d) Bauteile aus brennbaren Baustoffen.

Bauteilklassifizierung nach DIN EN 13501-2 und [DIN 4102-2]

| Baufa-sichtliche Anforderung an Bauteile | Tragende Bauteile hinsichtlich Raumabschluss |                | Nichttragende   |                                      |
|--|--|----------------|-----------------|--------------------------------------|
|  | mit  | ohne           | Innenwände      | Außenwände                           |
| feuerhemmend                             | REI30<br>[F30]                               | R30<br>[F30]   | EI30<br>[F30]   | E30 (i → o)<br>EI30 (i ← o)<br>[W30] |
| hoch-<br>feuerhemmend                    | REI60<br>[F60]                               | R60<br>[F60]   | EI60<br>[F60]   | E60 (i → o)<br>EI60 (i ← o)<br>[W60] |
| feuerbeständig                           | REI90<br>[F90]                               | R90<br>[F90]   | EI90<br>[F90]   | E90 (i → o)<br>EI90 (i ← o)<br>[W90] |
| Feuerwiderstandsfähigkeit 120 min        | REI120<br>[F120]                             | R120<br>[F120] | -               | -                                    |
| Brandwand                                | REI90-M<br>[F90]                             | -              | EI90-M<br>[F90] | -                                    |

Kurzzeichen nach DIN EN 13501-2 /-3: R (Résistance = Tragfähigkeit) / E (Etanchéité = Raumabschluss) / I (Isolation = Wärmedämmung / M (Stoßbeanspruchung) / W (Begrenzung des Strahlungsdurchtritts / i → o bzw. i ← o (Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer)

Klassifizierung von Gebäuden und Anforderungen an deren Bauteile<sup>1)</sup> nach § 27 ff, MBO 2002

| Gebäudeklasse (GK) | Gebäudeart, Höhe <sup>2)</sup> , Nutzungseinheiten (NE)                               | Tragende Wände, Stützen, Trennwände <sup>3)</sup> , Decken |                  | Anstelle von Brandwänden sind zulässig:  | Legende<br> |
|--------------------|---|--|------------------|--|--|
|                    |   | KG   | über KG          |  |  |
| GK 1 a             | Freistehende Gebäude<br>h ≤ 7 m<br>≤ 2 NE, Grundfläche insgesamt ≤ 400 m <sup>2</sup> | feuerhemmend   | -                | Hochfeuerhemmende Wände (F60 / REI60) Gebäudeabschlusswände, die je von innen nach außen die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Teile des Gebäudes, mindestens jedoch feuerhemmende Bauteile, und von außen nach innen die Feuerwiderstandsfähigkeit feuerbeständiger Bauteile haben. |            |
| GK 1 b             | Freistehend, land- und forstwirtschaftlich genutzt                                    | feuerhemmend   | -                |  |            |
| GK 2               | Gebäude h ≤ 7 m<br>≤ 2 NE, Grundfläche insgesamt ≤ 400 m <sup>2</sup>                 | feuerhemmend   | feuerhemmend     |  |            |
| GK 3               | Sonstige Gebäude h ≤ 7 m  | feuerbeständig   | feuerhemmend     | Feuerbeständige Wände, wenn umbauter Raum des landwirtschaftlich genutzten Gebäudes/-teils ≤ 2 000 m <sup>3</sup>  |            |
| GK 4               | Gebäude h ≤ 13 m<br>je NE ≤ 400 m <sup>2</sup>  | feuerbeständig   | hochfeuerhemmend | Wände, die auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung hochfeuerhemmend sind. (F 60 / REI-M 60)   |           |
| GK 5               | Sonstige Gebäude, einschließlich unterirdische  | feuerbeständig   | feuerbeständig   | -  |          |

1) Auszugsweise, weitere Hinweise siehe Musterbauordnung (Download: [www.is-argebau.de](http://www.is-argebau.de)). Landesbauordnungen können davon abweichen.  
 2) Höhe: Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über Geländeoberfläche i. M.  
 3) Trennwände müssen Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile des Geschosses haben, jedoch mindestens feuerhemmend. Zum Abschluss von Räumen mit Explosions- oder erhöhter Brandgefahr müssen sie feuerbeständig sein. Beide zwei zuvor genannte Regeln gelten nicht für Wohngebäude der Gebäudeklassen 1 und 2.



## 2. Brandschutztechnische Einstufung von Ziegelmauerwerk

Nach Prüfungen der Feuerwiderstandsdauer von Ziegelbauteilen erfolgt eine brandschutztechnische Einstufung in Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102-4 bzw. DIN EN 1996-1-2/NA. Dort sind übliche Bauteile klassifiziert, für die bereits Ergebnisse vorliegen.

Für Ziegelmauerwerk gelten die unten auszugsweise dargestellten Tabellenwerte. Grundsätzlich ist bei Mauerwerk mit Brandschutzanforderung zu beachten, dass die Lochungen von Steinen oder Wandauchten nicht senkrecht zur Wandebene verlaufen dürfen.

| Mindestdicke <sup>a)</sup> von Ziegelwänden <sup>b)</sup> bzw. Abmessungen von Pfeilern in mm nach DIN 4102-4 bzw. DIN EN 1996-1-2/NA   |   |                                  |             |                       |                       |       |
|---|---|----------------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| Brandschutztechnische Anforderung   | Mauerwerk aus   | Feuerwiderstandsklasse           |             |                       |                       |       |
|   |   | F 30-A                           | F 60-A      | F 90-A                | F 180-A               |       |
| Nichttragende, raumabschließende Ziegelwände bei einseitiger Brandbeanspruchung (Kriterium EI nach DIN EN 13501-2)  | Voll- und Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normal- oder Leichtmörtel                                   | 115<br>(70)                      | 115<br>(70) | 115<br>(100)          | 175<br>(115)          |       |
|   | Langlochziegel nach DIN 105-100   |                                  |             | 140<br>(115)          | 190<br>(175)          |       |
| Tragende, raumabschließende Ziegelwände (Kriterium REI nach DIN EN 13501-2) bei einseitiger Brandbeanspruchung und statischer Ausnutzung von $\alpha_{e,fi} \leq 0,70$ nach DIN EN 1996-1-2/NA.B.1.2  | Voll- und Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normalmauermörtel; Lochung Mz, HLz A oder B; RDK $\geq 1,2$ | 115<br>(115)                     |             | 175<br>(115)          | 240<br>(175)          |       |
|   | Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normal- oder Leichtmauermörtel  | Lochung A oder B, RDK $\geq 0,8$ |             |                       | (115)                 | (175) |
|   |   | Lochung A oder B, RDK $\geq 0,9$ |             |                       | 175                   | -     |
| Lochung W, RDK $\geq 0,8$   | (115)   | (175)                            | (240)       | (365)                 |                       |       |
| Tragende, nichtraumabschließende Ziegelwände (Kriterium R nach DIN EN 13501-2) bei mehrseitiger Brandbeanspruchung und statischer Ausnutzung von $\alpha_{e,fi} \leq 0,70$ nach DIN EN 1996-1-2/NA.B.1.3  | Voll- und Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normalmauermörtel; Lochung Mz, HLz A oder B; RDK $\geq 1,2$ | 115<br>(115)                     |             | 240<br>(115)          | 490<br>(240)          |       |
|   | Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normal- oder Leichtmauermörtel  | Lochung A oder B, RDK $\geq 0,8$ |             |                       | (115)                 | (240) |
|   |   | Lochung W, RDK $\geq 0,8$        |             |                       | (240)                 | (365) |
| Tragende Ziegelpfeiler bzw. nichtraumabschließende Abschnitte aus Ziegelmauerwerk (Kriterium R nach DIN EN 13501-2), Mindestdicke/Mindestbreite bei mehrseitiger Brandbeanspruchung und statischer Ausnutzung von $\alpha_{e,fi} \leq 0,70$ nach DIN EN 1996-1-2/NA.B.1.4 | Voll- und Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normalmauermörtel; Lochung Mz, HLz A oder B; RDK $\geq 1,2$ | 115/990 <sup>c)</sup>            |             | 115/990 <sup>c)</sup> | 115/990 <sup>c)</sup> |       |
|   |   | 175/615                          |             | 175/730               | 175/990 <sup>c)</sup> |       |
|   |   | 240/365                          |             | 240/490               | 240/615               |       |
| 300/300   |   | 300/365                          | 300/490     | 300/490               | 300/490               |       |
| Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normal- oder Leichtmauermörtel  | Lochung A oder B, RDK $\geq 0,8$  | 115/(490)                        |             | 115/(615)             | 115/(730)             |       |
|   |   | 175/(240)                        |             | 175/(240)             | 175/(365)             |       |
|   |   | 240/(175)                        |             | 240/(175)             | 240/(240)             |       |
| 300/(175)   |   | 300/(175)                        | 300/(200)   | 300/(300)             |                       |       |
| Lochung W, RDK $\geq 0,8$   | 240/(240)   |                                  | 240/(300)   | 240/(365)             |                       |       |
|   | 300/(240)   |                                  | 300/(240)   | 300/(300)             |                       |       |
|   | 365/(240)   |                                  | 365/(240)   | 365/(240)             |                       |       |

a) Werte in Klammer gelten für Wände mit beidseitigem Putz nach DIN 4102-4, Abschnitt 4.5.2.10  
b) Anforderungen an Mauertafeln nach DIN 1053-4 aus Mauerziegeln siehe DIN 4102-4  
c) Nur bei Verwendung von Vollziegeln  
d) Die Mindestbreite beträgt  $b > 1,0$  m; Bemessung bei Außenwänden daher als raumabschließende Wand nach Tabelle NA.B.1.3, DIN EN 1996-1-2/NA, sonst als nichtraumabschließende Wand nach Tabelle NA.B.1.3



| Brandschutztechnische Einstufung von tragenden, raumabschließenden Wänden aus Zulassungsziegeln <sup>1)</sup> |                                   |                                   |                  |                |                           |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------|---------------------------|
| Mauerwerk aus   | Ausnutzungs-<br>faktor $\alpha_2$ | Mindestdicken <sup>2)</sup> in mm |                  |                |                           |
|   |                                   | feuerhemmend                      | hochfeuerhemmend | feuerbeständig | Brandwand                 |
| wärmedämmenden Ziegeln  | $\leq 1,0$                        | (240)                             | (300)            | (300)          | siehe jeweilige Zulassung |
| Schallschutz-Füllziegeln  | $\leq 1,0$                        | 175<br>(175)                      | 200<br>(175)     | 200<br>(175)   |                           |
| Planziegeln<br>nach DIN V 105-6<br>Rohdichteklasse $\geq 0,9$   | $\leq 1,0$                        | (115)                             | (115)            | (115)          | (240)                     |
|   | $\leq 0,6$                        | 175<br>(115)                      | 175<br>(115)     | 175<br>(115)   | 240<br>(175)              |
| wärmedämmenden<br>Planziegeln   | $\leq 1,0$                        | (240)                             | (300)            | (300)          | siehe jeweilige Zulassung |

1) Angegebene Werte sind Anhaltswerte. Die Regelungen der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen sind in jedem Fall zu beachten. Im Einzelfall können größere Wanddicken erforderlich sein.  
2) Werte in Klammer gelten für Wände mit beidseitigem Putz.

### 3. Brandwände aus Ziegelmauerwerk

Brandwände dienen zur Abschottung von Brandabschnitten. Sie müssen ganz aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und mindestens den Klassen REI 90-M bzw. EI 90-M angehören. Dazu wird bei Brandwänden zusätzlich zur Erhaltung der Tragwirkung und Raumtrennung unter ruhender Last die

Widerstandsfähigkeit gegenüber Stoßlasten gefordert. Die Anforderungen an Brandwände sind in der Tabelle unten aufgeführt. Weitere Hinweise sind den bauaufsichtlichen Bestimmungen der Länder sowie den Angaben der Ziegelhersteller (allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse) zu entnehmen.

| Einstufung von Brandwänden aus Ziegelmauerwerk nach DIN EN 1996-1-2/NA   |                      |   |   |                                    |
|--|----------------------|---|---|------------------------------------|
| Mauerwerk aus  | Rohdichte-<br>klasse | Zulässige<br>Schlankheit $h_3/d$            | Mindestwanddicken <sup>a), b)</sup> in mm |                                    |
|  |                      |   | einschalig                                | zweischalig                        |
| Voll- und Hochlochziegel nach DIN EN 771-1 und DIN 20000-401 mit Normalmauermörtel, Lochung Mz, HLz A, HLz B, HLz T1 bei statischer Ausnutzung von $\alpha_{6,fi} \leq 0,70$ nach DIN EN 1996-1-2/NA.B.1.5 | $\geq 1,4$           | Bemessung<br>nach<br>DIN EN 1996-1-2/<br>NA | 240                                       | 2 x 175                            |
|  | $\geq 1,2$           |   | 300 <sup>c)</sup><br>(175)                | 2 x 200<br>(2 x 150)               |
|  | $\geq 0,9$           |   | 300 <sup>c)</sup><br>(175)                | 2 x 240<br>(2 x 150) <sup>e)</sup> |
|  | $\geq 0,8$           |   | 365 <sup>d)</sup><br>(240) <sup>d)</sup>  | 2 x 240<br>(2 x 175)               |
| Hochlochziegel nach DIN EN 771-1 und DIN 20000-401 mit Normalmauermörtel, Lochung HLz W bei statischer Ausnutzung von $\alpha_{6,fi} \leq 0,70$ nach DIN EN 1996-1-2                                       | $\geq 0,8$           |   | (240)                                     | (2 x 175)                          |
| Planhochlochziegel PHLz nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung   | $\geq 1,2$           | Bemessung nach Zulassung                    | 175                                       | (2 x 175)                          |

a) Werte in Klammer gelten für Wände mit beidseitigem Putz.  
b) Mindestwanddicke zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklassen REI-M und EI-M nach DIN EN 13501-2  
c) 240 bei Ausnutzungsfaktor  $\alpha_{6,fi} \leq 0,42$   
d) auch bei Verwendung von Leichtmauermörtel mit Ausnutzungsfaktor  $\alpha_{6,fi} \leq 0,42$   
e) Mit aufliegender Geschoßdecke mit mindestens REI 90 als konstruktive obere Halterung

**VERFORMUNG**

Folgende Verformungszustände sind zu beachten:

**Elastische Verformung  $\epsilon_{el}$**

Verformung unter Last. Nach Entfernung der Last stellt sich die ursprüngliche Form wieder ein:  $\epsilon_{el} = \sigma/E$

**Kriechen (viskose Verformung)  $\epsilon_{cr}$**

Bleibende Verformung unter Last im Laufe der Zeit. Abgeschlossen frühestens nach einigen Jahren. Auch nach Entfernung der Last stellt sich die ursprüngliche Form nicht mehr ein:  $\epsilon_{cr} = \epsilon_{el} \cdot \varphi_{\infty}$

**Schwinden und Quellen  $\epsilon_{f\infty}$**

Verkleinerung durch Austrocknen und Vergrößerung durch Feuchtigkeitsaufnahme:  $\epsilon_{f\infty}$

**Temperaturverformung  $\epsilon_T$**

Ständig wiederkehrende, temperaturbedingte Dehnung der Baustoffe:  $\epsilon_T = \alpha_T \cdot \Delta T$

Ziegelmauerwerk weist gegenüber allen anderen gebräuchlichen Wandbaustoffen die geringsten Verformungskennwerte auf. Im Gegensatz zu bindemittelgebundenen Wandbaustoffen, die bei Feuchteabgabe schwinden, findet bei Ziegel nur ein geringes "chemisches" Quellen beim ersten Feuchtigkeitskontakt unmittelbar nach dem Brand statt. Dieses Quellen auf dem Lagerplatz bildet sich nicht zurück und ist damit beim Verarbeiten unbedenklich. Als Rechenwert der Feuchtedehnung wird für Ziegelmauerwerk ein Wert von 0 mm/m angesetzt.

Insbesondere an Verbindungsstellen zu Baustoffen mit hohen Verformungskennwerten wie Stahlbeton sind konstruktive Maßnahmen zum Abbau der Spannungen erforderlich, wie z.B. Einbau von Trennlagen. Bei Vormauerschalen, die konstruktionsbedingt höheren Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, ist besonders auf die Anordnung von Dehnungsfugen zu achten.

| Verformungskennwerte für Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1 NA, Tab. NA.12 und Tab. NA.13 inkl. Änderung A3 |           |  |                             |                             |              |                          |              |                                 |                                |
|---|-----------|--|-----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Mauerwerksart   |           | Endwert der Feuchtedehnung <sup>a)</sup> |                             | Endkriechzahl <sup>b)</sup> |              | Wärmedehnungskoeffizient |              | Elastizitätsmodul <sup>c)</sup> |                                |
|   |           | $\epsilon_{f\infty}$                     |                             | $\varphi_{\infty}$          |              | $\alpha_T$               |              | E                               |                                |
|   |           | Rechenwert                               | Wertebereich <sup>d)</sup>  | Rechenwert                  | Wertebereich | Rechenwert               | Wertebereich | Rechenwert                      | Wertebereich                   |
|   |           | mm/m                                     |                             | -                           |              | $10^{-6}/K$              |              | MN/m <sup>2</sup>               |                                |
| Mauerziegel   | mit DM/NM | 0  | -0,1 <sup>e)</sup> bis +0,3 | 1,0                         | 0,5 bis 1,5  | 6                        | 5 bis 7      | 1100 · f <sub>k</sub>           | 950 bis 1250 · f <sub>k</sub>  |
|   | mit LM    |  |                             | 2,0                         | 1,0 bis 3,0  |                          |              |                                 |                                |
| Kalksandsteine mit DM/NM  |           | -0,2                                     | -0,3 bis -0,1               | 1,5                         | 1,0 bis 2,0  | 8                        | 7 bis 9      | 950 · f <sub>k</sub>            | 800 bis 1250 · f <sub>k</sub>  |
| Porenbetonsteine mit DM   |           | -0,1                                     | -0,2 bis +0,1               | 0,5                         | 0,2 bis 0,7  |                          |              | 550 · f <sub>k</sub>            | 500 bis 650 · f <sub>k</sub>   |
| Leichtbetonsteine   | mit NM    | -0,4                                     | -0,6 bis -0,2               | 2,0                         | 1,5 bis 2,5  | 10; 8 <sup>f)</sup>      | 8 bis 12     | 950 · f <sub>k</sub>            | 800 bis 1100 · f <sub>k</sub>  |
|   | mit LM    | -0,5                                     | -0,6 bis -0,3               |                             |              |                          |              |                                 |                                |
| Betonsteine mit NM  |           | -0,2                                     | -0,3 bis -0,1               | 1,0                         | -            | 10                       |              | 2400 · f <sub>k</sub>           | 2050 bis 2700 · f <sub>k</sub> |

a) Verkürzung (Schwinden): Vorzeichen minus; Verlängerung (irreversibles Quellen): Vorzeichen plus  
 b) Endkriechzahl  $\varphi_{\infty} = \epsilon_{cr}/\epsilon_{el}$  mit  $\epsilon_{cr}$  als Endkriechmaß und  $\epsilon_{el} = \sigma/E$   
 c) E = Sekantenmodul aus Gesamtdehnung bei etwa 1/3 der Mauerwerksdruckfestigkeit; f<sub>k</sub> = Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit  
 d) Für Mauerziegel < 2 DF bis -0,2 mm  
 e) Für Mauersteine < 2 DF gilt der Grenzwert -0,2 mm/m  
 f) Für Leichtbeton mit überwiegend Blähton als Zuschlag

WIRTSCHAFTLICHKEIT

1. Entwicklung des rationellen Bauens mit Ziegel

Auch die rationelle Anwendung von Ziegelmauerwerk steht im Industriezeitalter im Vordergrund der Produktentwicklung. Bis weit ins letzte Jahrhundert wurde Mauerwerk aus kleinformatischen Mauerziegeln hergestellt. Ein schnellerer Arbeitsfortschritt konnte erst durch den Entwurf neuer Ziegelformate und innovativer Arbeitsverfahren erreicht werden.

Seit Ende der 1960er Jahre werden größere Blockziegel-Formate produziert, die in der Regel Grifflöcher aufweisen. Großformatige Ziegel können gerade noch ohne Hebegerät von Hand vermauert werden und ermöglichen eine deutliche Arbeitszeiterparnis gegenüber Kleinformaten. Wie das Bild unten aus der Ziegelnorm DIN 105 von 1952 zeigt, wurden bis dahin Vorzugsmaße von 52 mm, 71 mm und 113 mm empfohlen, mit denen im Vergleich zu großformatigen Ziegeln der Höhe 238 mm je nach Format ein Vielfaches mehr an Setzarbeit beim Mauern notwendig ist.

Mit der Einführung des Planziegelmauerwerks zu Beginn der 1980er Jahre konnten Lagerfugen mit Dünnbettmörtel und neuen Auftragsgeräten ausgeführt werden. Mörtelschlitzen bzw. Mörtelwalze führen zu kürzeren Arbeitszeiten und höherer Ausführungsqualität. Gleichzeitig werden die Stoßfugen nur noch unvermörtelt ausgeführt, so dass ein weiterer Arbeitsschritt entfällt. Durch die Herstellung einer Federverzahnung ist ein knirsches Versetzen der Ziegel – also an den Stoßfugen unvermörtelt mit Nut und Feder, Ziegel an Ziegel so dicht wie möglich aneinandergereiht – ausführbar. Die Weiterentwicklung zu noch größeren Ziegelformaten wie Planelementen mit Ziegelhöhen von 499 mm konnte sich im Markt nicht durchsetzen.

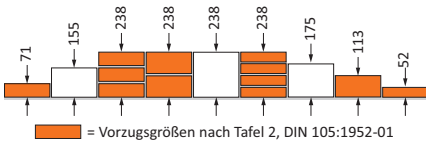


Bild oben: Vorzugsgrößen, nach denen Ziegel in der Regel hergestellt und verwendet wurden; Tafel 2, DIN 105:1952-01



Bild links: Großformatige, porierte Hochlochziegel mit Ziegelhöhe 238 mm und Grifflöchern im Jahr 1969



Montage Ziegelwand-Fertigteilelemente 2017 (KfW-EH-55)



Auch das serielle, elementierte bzw. vorgefertigte Bauen wurde von der Ziegelindustrie immer wieder bedient. Im Werk vorgefertigte Wandelemente – auch hochwärmedämmend – werden je nach Region und Bedarf angeboten.



Verarbeitung Mörtelpad



Auftrag Dryfix-Planziegelkleber

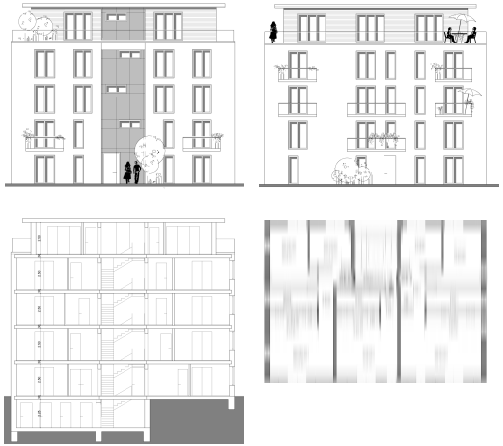
Mit dem Ziel einer noch wirtschaftlicheren Herstellung von Ziegelmauerwerk wurde in den letzten Jahren auch die Fügetechnik weiter optimiert. Seit 2012 ist die Herstellung der Lagerfugen mit PU-Schaum-Verklebung (System dryfix) bauaufsichtlich zugelassen und erlaubt eine mörtelfreie Ausführung von Planziegelmauerwerk auch bei Temperaturen von bis zu -5 °C. Daneben wird seit 2015 das bauaufsichtlich zugelassene Mörtelpad angewendet, das ebenfalls deutlich geringeren Arbeitszeitbedarf verspricht.

Beim Mörtelpad handelt es sich um Werk trockenmörtelplatten, die im trockenen Zustand auf die angefeuchteten, staubfreien Lagerflächen der Planziegel aneinandergereiht aufgelegt werden und durch Bewässerung der Oberseite aktiviert werden. Übliches Maurerwerkzeug ist bei beiden Verfahren obsolet.

→ Weitere Informationen zur Ausführung der Lagerfuge siehe Kapitel Planziegelmauerwerk.

**2. Herstellkosten und Lebenszykluskosten im Vergleich**

Bauen mit Ziegel ist äußerst wirtschaftlich – das gilt auch für den mehrgeschossigen Wohnungsbau. Zur rationalen Herstellung von Ziegelmauerwerk stehen aufeinander abgestimmte Anwendungssysteme zur Verfügung, die eine effiziente Ausführung ermöglichen. Neben großformatigen Mauerziegeln werden Ergänzungsprodukte wie Anfänger-, Eck- und Laibungsziegel, Höhenausgleichsziegel, Flachstürze, Rollladenkästen, etc. angeboten, sodass Zusatzarbeiten gering gehalten werden. Die Arbeitsabläufe in moderner Ziegelbauweise sind einfach und schnell umsetzbar. Es sind keine Hilfsmittel wie Schalung, Montagestützen etc. notwendig. Der einfache Wandaufbau ist in drei Arbeitsschritten herzustellen: Aufmauern, Innenputz, Außenputz. Bei modernem Mauerwerk aus Wärmedämmziegeln muss keine zusätzliche Wärmedämmung aufgebracht werden. Das reduziert die Bauzeit und vermeidet künftige Wartungskosten sowie Sondermüll.



Der Studie zugrunde gelegtes Typengebäude Mehrfamilienhaus der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen [3]

Eine Studie der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen [3] zeigt, dass Außenwände aus Mauerwerk deutlich günstiger herzustellen sind als Stahlbeton oder Holz. Der Untersuchung liegt das typisierte Modell eines Mehrfamilienhauses mit 12 Wohneinheiten im Energiestandard EnEV 2016 zugrunde. Als Datenbasis dienen Baukostenauswertungen, Preisdatenbanken, Preisanfragen sowie Bauforschungsergebnisse.

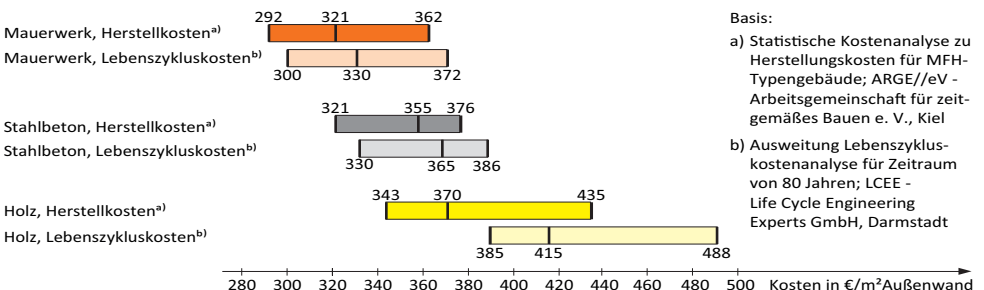
Aber auch über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes – von der Herstellung bis zum Rückbau – ist Mauerwerk die kostengünstigste Variante. Diese Kosten werden im Allgemeinen als Lebenszykluskosten erfasst und stellen die Summe aller über die Lebensdauer von Immobilien anfallenden Aufwendungen dar. Die Grafik unten zeigt die Ergebnisse einer Untersuchung der LCEE GmbH (Life Cycle Engineering Experts GmbH).

Das Untersuchungsergebnis in der Grafik unten belegt, dass Mauerwerk eine äußerst wirtschaftliche Bauart ist. Bei Mehrfamilienhäusern sind Außenwände aus Mauerwerk ca. 11 % kostengünstiger als Stahlbetonkonstruktionen und mit ca. 15 % Kostenvorteil gegenüber Holzkonstruktionen herzustellen.

Auch über einen Lebenszyklus von 80 Jahren betrachtet, weist Mauerwerk gegenüber Stahlbeton und Holz günstigere Kosten auf. Langlebige, robuste Ziegelkonstruktionen sind ökonomisch sinnvoll und bieten aufgrund des äußerst geringen Wartungs- und Instandhaltungsaufwands hohe Wertstabilität.

**Herstellkosten und Lebenszykluskosten von Außenwänden eines typisierten Mehrfamilienhauses im Vergleich**

Herstellkosten und Lebenszykluskosten von Außenwänden eines typisierten Mehrfamilienhauses (12 WE | EnEV ab 2016)



- Basis:
- a) Statistische Kostenanalyse zu Herstellungskosten für MFH-Typengebäude; ARGE//eV - Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V., Kiel
  - b) Ausweitung Lebenszykluskostenanalyse für Zeitraum von 80 Jahren; LCEE - Life Cycle Engineering Experts GmbH, Darmstadt

**NACHHALTIGKEIT**

**1. Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden**

Angesichts der zunehmenden Bedeutung von umweltbewusstem Handeln und generationenübergreifender Verantwortung hat sich auch das Themenfeld des nachhaltigen Bauens in den letzten Jahren weiterentwickelt. Dabei liegt der Fokus nicht auf den Baustoffen alleine. Der derzeitige Status erlaubt eine sehr umfassende, über die Baustoffebene hinausgehende Einschätzung der Qualität des Bauens. Diese ganzheitliche Herangehensweise hilft, eine zeit- und raumübergreifende Beurteilung unseres baulichen Handelns zu erwirken. Erfasst werden alle Auswirkungen, die mit der Erstellung, Nutzung und dem Rückbau von Gebäuden zusammenhängen, also der gesamte Gebäudelebenszyklus. Wie die Übersicht möglicher Bewertungskriterien für Wohngebäude in der Tabelle unten zeigt, zählen dazu nicht nur Aufwendungen, die mit der Herstellung der Baustoffe und Bauteile für ein Gebäude zusammenhängen, sondern auch technische, funktionale, soziale und prozeßabhängige Eigenschaften und daneben wirtschaftliche Faktoren wie Wertstabilität und Lebenszykluskosten, die wiederum mit der Dauerhaftigkeit der Baustoffe eng verknüpft sind.

Die Methoden der Bewertung von Gebäuden hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit sind normativ geregelt. Allgemeine Prinzipien des Nachhaltigen Bauens sind international in der Norm ISO 15392 zusammengefasst. In Deutschland stehen für die Gebäudebewertung vor allem die Normenreihe DIN EN 15643 und DIN EN 15978 zur Verfügung. International läßt sich die Nachhaltigkeit Zertifizierung von Gebäuden bis in das Jahr 1990 zurückverfolgen, wo zum ersten Mal in Großbritannien mit dem System breeam eine Bewertung stattfand. In Deutschland wurden 2009 erste Bürogebäude durch die DGNB (Deutsche Gesellschaft

für Nachhaltiges Bauen) und das BNB (Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude) mit dem Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen zertifiziert. Für Wohngebäude existieren national derzeit drei Systeme: DGNB, Zertifizierung Bau GmbH und NahWoh (Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau), die allerdings in der Praxis derzeit kaum angewandt werden. → [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)

**2. Umwelt-Produktdeklarationen**

Ein wichtiges, neutrales Instrument zur ökologischen Bewertung von Gebäuden sind Umwelt-Produktdeklarationen (EPD - Environmental Product Declaration), die von Produktherstellern auf freiwilliger Basis unter wissenschaftlicher Begleitung erstellt werden können. Sie sind international abgestimmt und basieren auf ISO-Normen. DIN EN 15804 beschreibt Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte im Rahmen von Umwelt-Produktdeklarationen. In Deutschland erfolgt die unabhängige Deklaration und Veröffentlichung durch das Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU): → [www.bau-umwelt.de](http://www.bau-umwelt.de) sowie → [www.ibu-epd.de](http://www.ibu-epd.de)

EPD sind in der Regel folgendermaßen gegliedert:

- Beschreibung des Baustoff-Lebenszyklus:
  - Charakterisierung des Bauproduktes
  - Eingesetzte Stoffe und Vorprodukte
  - Beschreibung des Herstellprozesses
  - Verarbeitung
  - Hinweise zur Nutzungsphase
  - Nachnutzungsoptionen
- Ökobilanz
  - Dokumentation von Randbedingungen und Datengrundlage
  - Ergebnisse der Ökobilanz (Indikatoren)
- Nachweise und Prüfungen

**Kriterien zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Wohngebäuden (Beispiele für Mehrfamilienhäuser)**

| Wohnqualität (funktional/sozial)  | Technische Qualität  | Ökologische Qualität   | Ökonomische Qualität  | Prozessqualität   | weitere Merkmale                  |
|---|--|--|---|---|-----------------------------------|
| Funktionale Qualität der Wohnungen, Freizeite, Außenraum, Barrierefreiheit, Stellplätze, Freiflächen, gestalterische und städtebauliche Qualität, Thermischer Komfort | Schallschutz, Energetische Qualität, Effizienz der Haustechnik, Lüftung, Brandschutz, Feuchteschutz, Luftdichtheit, Dauerhaftigkeit, Wartungs-, Rückbau-, Recycling-freundlichkeit | Ökobilanz, Primärenergiebedarf, Flächeninanspruchnahme, Trinkwasserbedarf, Vermeidung von Schadstoffen | Lebenszykluskosten, Werthaltigkeit der Investition, langfristige Wertstabilität | Qualität der Bauausführungen, Messungen, Projektvorbereitung, Dokumentation | Standortsituation, Umweltmerkmale |

Quelle: [www.nawoh.de](http://www.nawoh.de) - Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau e.V.

### 3. Technische Bewertung

Bei der neuesten Generation von Wärmedämmziegeln ist es gelungen, neben gutem Wärmeschutz auch die technischen Werte für Druckfestigkeit, Schall- und Brandschutz deutlich zu verbessern - eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz im Geschosswohnungsbau. Bei diesem Gebäudetypus haben sich im monolithischem Mauerwerksbau Außenwanddicken von 36,5 bis 42,5 cm etabliert, die mit U-Werten von 0,18 bis 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) den Energiestandard des förderungsfähigen KfW-Effizienzhaus-55 bzw. -40 erreichen. Im Einfamilienhausbau lassen sich bereits mit Wanddicken von 42,5 cm bei Wärmeleitfähigkeiten von 0,07 W/mK monolithische Außenwände im Passivhausstandard herstellen. Zudem weisen moderne Mauerziegel wegen der vergleichsweise hohen Rohdichte von 550 bis 900 kg/m<sup>3</sup> eine günstige Speicher- masse auf und wirken daher temperatúrausgleichend.

Im modernen Geschosswohnungsbau werden häufig die erhöhten Schallschutzerfordernungen als Zielgröße vereinbart. In Ziegelbauweise wird das dazu erforderliche bewertete Luftschalldämmmaß  $R'_{w} \geq 55$  dB regelmäßig mit 24 cm dicken Wohnungstrennwänden aus Planfüll- oder Schalungsziegeln erreicht, die nach dem geschoßhohen Aufmauern mit Beton vergossen werden. Dabei werden die Wohnungstrennwände konstruktiv in die flankierenden Außenwände aus Wärmedämmziegeln eingebunden, die ein Direktschalldämm-Maß von  $R_{w,Bau,ref} \geq 48$  dB aufweisen müssen.

Auch im Brandschutz erfüllt Ziegelmauerwerk hohe bauordnungsrechtliche Anforderungen. Der in einem Brennprozess hergestellte Ziegel wird normativ als



KfW-Effizienzhaus-55, monolithisch, 107 WE, München 2017

nichtbrennbarer Baustoff klassifiziert und weist hohe Feuerwiderstandsdauern auf. Er trägt nicht zur Brandlast bei und entwickelt keine Rauchgase.

Die hohe Tragfähigkeit moderner Wärmedämmziegel lässt bei mauerwerksgerechter Planung auch mehrgeschossige Gebäude zu. Die für den Tragwiderstand  $n_{rd}$  erforderlichen Werte der charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeit liegen bei modernen Wärmedämmziegeln für den Geschosswohnungsbau bei  $f_k = 3,0$  bis  $5,3$  N/mm<sup>2</sup>.

Ein großer Vorteil des Baustoffs Ziegel ist seine leichte Handhabung in Planung und Ausführung, denn seine Konstruktionsregeln sind seit vielen Generationen bewährt. Gleichzeitig erleichtern aufeinander abgestimmte Produktsysteme und moderne Werkzeuge die Qualität in der Ausführung. Auch die Bemessungsregeln für den Tragwerksnachweis sind sehr einfach.

#### Leistungsfähigkeit moderner Wärmedämmziegel

| Eigenschaft   | Erreichbare Werte für Mauerwerk aus Wärmedämmziegeln                              |  |
|---------------|---|--|
| Wärmeschutz   | Wärmeleitfähigkeit:   | $\lambda = 0,07$ bis $0,12$ W/mK   |
|               | U-Werte:  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wanddicke 300 mm: <math>U = 0,22</math> bis <math>0,33</math> W/m<sup>2</sup>K</li> <li>- Wanddicke 365 mm: <math>U = 0,18</math> bis <math>0,30</math> W/m<sup>2</sup>K</li> <li>- Wanddicke 425 mm: <math>U = 0,16</math> bis <math>0,26</math> W/m<sup>2</sup>K</li> <li>- Wanddicke 490 mm: <math>U = 0,14</math> bis <math>0,23</math> W/m<sup>2</sup>K</li> </ul> |
| Schallschutz  | Direktschalldämm-Maß:   | $R_{w,Bau,ref} = 48$ bis $52$ dB   |
|               | Bewertetes Luftschalldämm-Maß   | $R'_{w} \geq 55$ dB (erhöhter Schallschutz)  |
| Brandschutz   | Baustoffklasse:   | A1 (nicht brennbar)  |
|               | Feuerwiderstand:  | - Wanddicke $\geq 300$ mm: bis F 90 und Brandwand (feuerbeständig)   |
| Tragfähigkeit | Mauerwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 1996:                                       | $f_k = 3,0$ bis $5,3$ MN/m <sup>2</sup>  |
| weitere       | formbeständig, diffusionsoffen, feuchteausgleichend, wärmespeichernd, recyclerbar |  |



#### 4. Ökologische Bewertung

Moderne Produktionsverfahren, neueste Anlagentechnik und verantwortungsbewusstes Umwelt- und Energiemanagement haben zur Reduzierung von Primärenergieverbräuchen und Schadstoffemissionen in der Ziegelherstellung geführt.

Der Rohstoffabbau erfolgt unter ökologischen Aspekten mit kurzen Transportwegen oder auf Förderbändern. Nach dem Abbau werden Lehmgruben rekultiviert.

Auch im Herstellprozess wird Primärenergie durch folgende Maßnahmen eingespart:

- Nutzung der Abwärme aus dem Brennofen zur Trocknung der Ziegel,
- Optimierung der Wärmedämmung aller wärmeführenden Anlagen,
- Wärmerückgewinnung mittels Wärmetauscher,
- Reduktion des Wassergehaltes der Tone und des Produktgewichtes,
- Nutzung regenerativer Energie,
- Verwendung von Recyclingmaterial wie Sägemehl, Papierfasern, Sägemehl oder Polystyrol für die Porosierung von Wärmedämmziegeln.

Hochwirksame Rauchgasreinigungsanlagen tragen zur Luftreinhaltung bei.

Durch ihre hohe Wärmedämmwirkung sind moderne Mauerziegel bestens für die Erstellung von Niedrigstenergiehäusern geeignet und bewirken damit während einer äußerst langen Nutzungsdauer eine aktive Reduzierung des Heizwärmebedarfs.



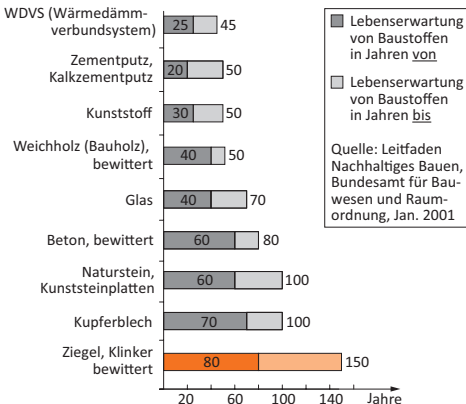
Fassade aus Recyclingziegeln, Kunstmuseum Ravensburg, 2013

Alle derzeit definierten Energiestandards sind mit modernen Mauerziegeln realisierbar. Weil keine zusätzliche Wärmedämmung aufgebracht werden muss, wird die Lebensdauer der Fassade deutlich erhöht, biozider Anstrich obsolet und künftiger Sondermüll reduziert.

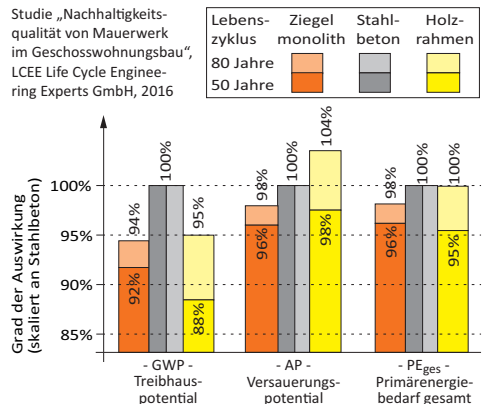
Ziegel tragen zu einem gesunden Raumklima bei, da sie weder Schadstoffe enthalten noch emittieren. Aufgrund der äußerst hohen Lebensdauer (Bild unten links), bei der kaum Wartung erforderlich ist, zeigen sich Ziegelbauten als besonders wertstabil.

Die Studie "Nachhaltigkeit von Mauerwerk im Geschosswohnungsbau" [2] belegt, weist die ökobilanzielle Analyse über einen Zeitraum von 50 bis 80 Jahren im baustoffübergreifenden Vergleich zwischen monolithischer Ziegelbauweise, Stahlbeton- und Holzrahmenbauweise sehr ähnliche Ergebnisse für die unterschiedlichen Bauarten auf.

#### Lebenserwartung von Baustoffen im Vergleich



#### Ökobilanz von Wandbaustoffen im Vergleich



## 5. Recycling und Verwertung [2]

### Wiederverwendung

Altziegel sind heute bereits ein gefragter Wertstoff. Für eine echte Wiederverwendung sind Mauerziegel, Pflasterklinker und Dachziegel geeignet, ebenso Deckungen aus Tondachziegeln. Allerdings ist die Restlebensdauer von der bisherigen Nutzung, den klimatischen Verhältnissen und der fachgerechten Ab- und Wiedereindeckung abhängig. Zur Umwandlung von Altziegel in andere Produkte ist ein möglichst sortenreiner Abbruch oder Rückbau Voraussetzung, sowie die Aufbereitung in einer Baustoff-Recyclinganlage. Mit Novelle der Gewerbeabfallverordnung hat der Gesetzgeber die Erfordernis von sortenreiner Erfassung keramischer Abbruchabfälle weiter konkretisiert. Neue Entwicklungen der Trenn- und Sortiertechnik lassen die Prognose zu, dass Ziegel zukünftig fast vollständig in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden kann. Derzeit finden recycelte Ziegel oder Ziegelabfälle in diversen Bereichen Anwendung:

### Rohstoffersatz

Produktionsabfall aus der Ziegelherstellung, sogenannter Brennbruch, kann aufgemahlen und der Rohstoffmischung als Magerungsmittel zugegeben werden. Je nach Art des Tonvorkommens und der Produktion können so bis zu 30 Masse-% des Rohstoffbedarfs ohne Qualitätsverlust substituiert werden.

### Recyclingbaustoff im Straßenbau

Der mengenmäßig größte Anteil der Abbruchabfälle wird als Recycling-Baustoff für die Herstellung von Gesteinskörnungen für ungebundene Oberbauschichten im Straßenbau verwendet.

### Vegetationssubstrate

Mit Novellierung der Düngemittelverordnung (DüMV) ab 2013 sind Altziegel aus dem Bauabbruch wieder als Ausgangsstoff für Kultursubstrate verwendbar. Voraussetzung ist, dass die Vegetationssubstrate aus Ziegelsand, -splitt oder -bruch, aus sortenrein erfassten, aufbereiteten Tonziegeln, ohne losen oder anhaftenden Mörtel oder Beton, hergestellt werden. Dabei sind inerte Engoben oder Glasuren aus vegetationstechnischer und umwelthygienischer Sicht unproblematisch. Ziegelsubstrate werden für Dachbegrünungen mit mehrschichtigem Aufbau, als Substrat für Be-

pflanzungen und Straßenbegleitgrün verwendet. Wegen der hohen Wasserkapazität erweisen sich Substrate aus Ziegelbruch bei ausreichender Luftkapazität als günstig für eine ausgeglichene Wasserversorgung - somit ideal für eine nachhaltige Vegetationsentwicklung. Auch liefern sie die für Vegetationstragschichten notwendige hohe Trittfestigkeit und Strukturstabilität.

### Rezyklierte Gesteinskörnung für R-Beton

Großes Potential steckt in der erweiterten Anwendung rezyklierter Gesteinskörnung für die Herstellung von ressourcenschonendem Beton, den sogenannten R-Beton. Nach der Richtlinie des DAfStb sind unterschiedliche Zumischungen für Gesteinskörnungsmischungen für die Herstellung von Transportbeton ohne Abstriche an den technischen Eigenschaften möglich. Die Anwendung von R-Beton in der Schweiz zeigt, dass man 90 % des für den Hausbau verwendeten Betons mit R-Beton substituieren und damit den Verbrauch natürlicher Gesteinskörnungen schonen kann. Als Hindernis wird häufig auf die schwankenden Eigenschaften des Zuschlages insbesondere aufgrund der unterschiedlichen Wasseraufnahme des Ziegels verwiesen. Diese technischen Aspekte sind durch Wasserlagerung der ziegelreichen Zuschläge oder Schließung des Porengefüges mit Zementleim lösbar. Jedoch ist die Nachfrage nach R-Beton derzeit noch gering.

### Tennis- und Sportplatzbau

Auch für die Herstellung von Tennismehlen/-sanden wird vorwiegend Brennbruch aus hartgebranntem Dachziegel, Vormauerziegel und Klinker verwendet.

### Ausblick

Die Trennung von Dämmstofffüllung und Keramik, die moderne Dämmziegel erfordern, ist technisch gelöst. Dämmstoffstecklinge oder thermisch verfestigte Dämmgranulate können, weil sie nicht fest mit der Keramik verbunden sind, nach grobem Aufschluss mit nachgeschalteter Windsichtung getrennt werden. Erheblich anspruchsvoller ist die Abtrennung mineralischer Fremdanhaftungen aus Putz und Mörtel. Aber auch hier zeichnen sich Fortschritte bei den RC-Aufbereitungsverfahren, insbesondere in der Trenn- und Sortiertechnik ab. Mit Farberkennung und Nahinfrarottechnik können heute schon im großbetrieblichen Einsatz nahezu sortenreine Fraktionen erzeugt werden.



**MAUERWERK**

**BEMESSUNG VON MAUERWERK**

**1. Teilsicherheitskonzept**

Der Standsicherheitsnachweis für Mauerwerk ist mit Bekanntmachung des Deutschen Instituts für Bautechnik im Verzeichnis der eingeführten bauaufsichtlichen Baubestimmungen (→ [www.dibt.de](http://www.dibt.de)) nach DIN EN 1996 zu führen. Diese auch als Eurocode 6 (EC 6) bezeichnete Normenreihe hat das bisherige Normenwerk DIN 1053 abgelöst. EC 6 ist europaweit gültig und ermöglicht den nationalen Normungsgremien, landesspezifische Besonderheiten in nationalen Anhängen (NA) zu definieren bzw. zu ergänzen.

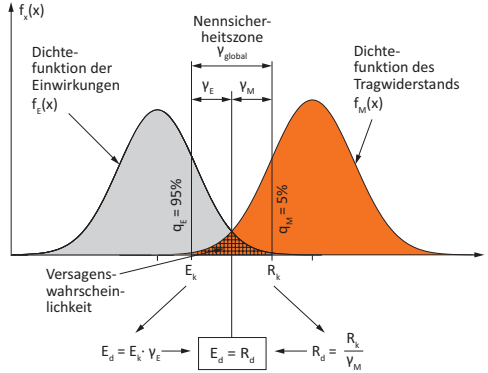
EC 6 gliedert sich in folgende Teile:

- DIN EN 1996-1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- DIN EN 1996-1-2: Tragwerksbemessung Brandfall
- DIN EN 1996-2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- DIN EN 1996-3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten

Während DIN 1053-1 das deterministische (globale) Sicherheitskonzept zugrunde legt, basiert EC 6 auf dem Teilsicherheitskonzept. Grundsätzlich darf beim Nachweis eines Bauteils der Tragwiderstand R nie kleiner sein als die Einwirkungen E, da ansonsten das Versagen des Bauteils zu erwarten ist.

Die Einwirkungen errechnen sich aus der Summe aller auf ein Bauwerk einwirkenden Beanspruchungen. Erfasst werden sowohl ständige Lasten (z. B. Eigengewicht) wie auch veränderliche Lasten (z. B. Wind). Der Tragwiderstand ergibt sich aus der von einem bestimmten Wandquerschnitt aufnehmbaren Mauerwerksdruckfestigkeit.

Wie das Bild oben zeigt, wird die Nennsicherheit im Teilsicherheitskonzept erreicht, indem der Abstand zur Versagenswahrscheinlichkeit durch Teilsicherheitsfaktoren  $\gamma$  hergestellt wird. Die charakteristischen Einwirkungen  $E_k$  werden durch Multiplikation mit Teilsicherheitsfaktoren  $\gamma_E$  rechnerisch in  $E_d$  erhöht. Der rechnerische Tragwiderstand  $R_k$  der im Labor ermittelten, tatsächlichen Tragfähigkeit des zu bemessenden Bauteils durch einen Teilsicherheitsfaktor  $\gamma_M$  zu einem Bemessungswert  $R_d$  reduziert.  $\gamma_M$  berücksichtigt die statistische Streuung von Material- bzw. Bauteilprüfungen. Beide Bemessungswerte  $E_d$  und  $R_d$  werden im Nachweis gegenübergestellt.



**2. Ermittlung der Einwirkungen**

Die Ermittlung der Einwirkungen darf für die Mauerwerksbemessung nach DIN EN 1996 unter vereinfachten Lastkombinationen erfolgen.

Die unten dargestellten Tabelle fasst die wichtigsten Lastkombinationen zusammen.

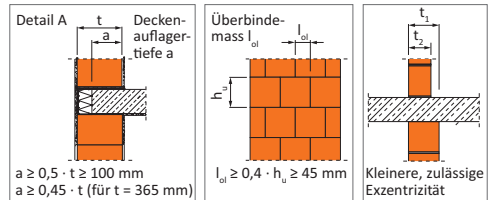
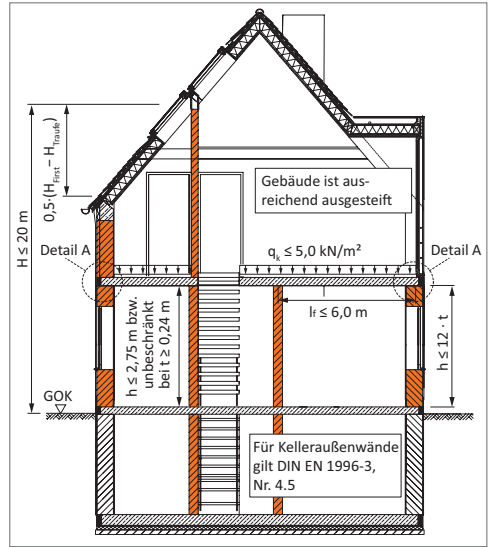
**Ermittlung der Einwirkungen nach DIN EN 1996-1-1**

| Nachweissituation   | Nachweisformat                                  |
|---|---|
| Bei Wohn- und Bürogebäuden  | $N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk}$ |
| Bei Hochbauten mit Decken aus Stahlbeton, die mit charakteristischen Nutzlasten einschließlich Trennwandzuschlag von maximal 3 kN/m <sup>2</sup> belastet sind                      | $N_{Ed} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$          |
| Bei größeren Biegemomenten, z. B. bei Windscheiben, ist auch der Lastfall max. M + min. N zu berücksichtigen. Dabei gilt:   | min. $N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}$                |
| mit:<br>$N_{Ed}$ Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft<br>$N_{Gk}$ charakteristischer Wert aus ständigen Lasten<br>$N_{Qk}$ charakteristischer Wert aus veränderlichen Lasten |   |

3. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal und durch Wind beanspruchte Wände nach DIN EN 1996-3

Voraussetzungen für das vereinfachte Verfahren

- Gebäudehöhe über Gelände:  $H \leq 20$  m; bei geneigten Dächern Mittel aus First-/Traufhöhe
- Stützweite der aufliegenden Decken  $l_r \leq 6,0$  m, sofern nicht die Biegemomente aus dem Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z. B. Zentrierleisten, begrenzt werden; bei zweiachsig gespannten Decken für  $l_r$  die kürzere der beiden Stützweiten einsetzen. Erweiterte Anwendungsgrenzen bei Deckenstützweiten  $> 6,0$  m → Kapitel "Decken und Massivdächer"
- Nutzlast (inkl. Trennwandzuschlag):  $q_k \leq 5,0$  kN/m<sup>2</sup>
- Das Überbindemaß muss eingehalten werden:  $l_{ol} \geq 0,4 \cdot h_u$  bzw.  $h_u \geq 45$  mm
- Die Mindestdeckenauflagertiefe ist einzuhalten:  $a \geq 0,5 \cdot t \geq 100$  mm bzw.  $a \geq 0,45 \cdot t$  bei Wanddicke  $t = 365$  mm
- Der Einfluss der Windlast darf vernachlässigt werden, sofern das Gebäude ausreichend ausgesteift ist.
- Auf einen rechnerischen Nachweis der Aussteifung darf verzichtet werden, wenn die Geschosdecken als steife Scheiben ausgebildet sind bzw. statisch nachgewiesene, ausreichend steife Ringbalken vorliegen und wenn in Längs- und Querrichtung des Gebäudes eine offensichtlich ausreichende Anzahl von genügend langen aussteifenden Wänden vorhanden ist, die ohne größere Schwächungen und ohne Versprünge bis auf die Fundamente geführt sind.



| Weitere Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens nach DIN EN 1996-3/NA (Dez. 2019) |                   |  |  |
|--|-------------------|--|--|
| Tragendes Bauteil  | Wanddicke t in mm | Maximal zulässige lichte Wandhöhe h in m |  |
|  |                   | allgemein                                | unter Berücksichtigung von Fußnote <sup>a)</sup> und bei Mauerwerksdruckfestigkeit $f_k$ |
|  |                   |  | $\geq 3,5$ N/mm <sup>2</sup>   $\geq 5,0$ N/mm <sup>2</sup>                              |
| Innenwand  | $\geq 115$ mm     | 2,75 m                                   | 3,6 m  |
|  | $\geq 240$ mm     | unbeschränkt                             | unbeschränkt   |
| Außenwand und zweischalige Haustrennwand   | $\geq 175$ mm     | 2,75 m                                   | 3,0 m   3,3 <sup>b)</sup> m  |
|  | $\geq 240$ mm     | $12 \cdot t$                             | 3,6 m  |
|  | $\geq 300$ mm     |  | $12 \cdot t$   |

a) Anwendungsvoraussetzungen:  
 — Bei Außenwänden mit charakteristischer Windlast  $w_k \leq 1,25$  kN/m<sup>2</sup>;  
 — Über die Wanddicke t vollaufliegende Stahlbetondecke und Betonfestigkeitsklassen  $\geq C20/25$ ;  
 — Mindestdeckendicke infolge Begrenzung der Deckenschlankheit nach DIN EN 1992-1-1/NA 7.4.2 und Deckendicke  $\geq 180$  mm;  
 — Betrachtetes Geschoss entspricht in Grund- und Aufriss weitgehend den darüber- und darunterliegenden Geschossen;  
 — Interpolation zwischen Festigkeitsklassen nicht zulässig.

b) Gilt bei Ziegelmauerwerk auch für  $f_k \geq 4,7$  N/mm<sup>2</sup>.

Ermittlung und Nachweis des Tragwiderstandes für vertikal beanspruchte Wände

| Nachweisformat   |
|--|
| $N_{Ed} \leq N_{Rd}$ [kN] bzw. $n_{Ed} \leq n_{Rd}$ [kN/m] |
| $N_{Ed}$ Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft       |
| $N_{Rd}$ Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft       |

| Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands der Wand                                 |
|--|
| $N_{Rd} = \phi_s \cdot f_d \cdot A$ bzw. $n_{Rd} = \phi_s \cdot f_d \cdot t$           |
| $\phi_s$ Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Schlankheit und der Lastausmitte |
| $f_d$ Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit                                     |
| A Brutto-Wandquerschnittsfläche  |

| Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit   |
|--|
| $f_d = \xi \cdot f_k / (V_M)$  |
| $f_k$ Charakteristischer Wert der Mauerwerksdruckfestigkeit, Werte sind DIN EN 1996 oder den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Hersteller zu entnehmen   |
| $\xi$ Faktor zur Berücksichtigung von Langzeiteinwirkungen und weiterer Einflüsse; für dauernde Beanspruchung durch Eigengewicht, Schnee- und Verkehrslasten gilt $\xi = 0,85$ ; für kurzzeitige Beanspruchungsarten $\xi = 1,0$ |
| $V_M$ Teilsicherheitsbeiwert für das Material nach Tab. NA.1 1,5 für ständig/vorübergehende Bemessungssituation 1,3 für außergewöhnliche Bemessungssituation   |

Abminderungsbeiwerte für die Ermittlung des Bemessungswertes nach DIN EN 1996-3/NA

| Einfluss                        | Randbedingung                | Abminderungsbeiwerte  |  |
|---------------------------------|------------------------------|---|--|
| Wandart                         | Wände                        | $A = t \cdot b \geq 0,1 \text{ m}^2$<br>$f_d = 1,0 \cdot f_d$   |  |
|                                 | Pfeiler                      | $0,04 \text{ m}^2 \leq A < 0,1 \text{ m}^2$<br>$f_d = 0,8 \cdot f_d$ nach DIN EN 1996-3/NA oder $f_d = (0,7 + 3 \cdot A) \cdot f_d$ nach DIN EN 1996-1-1; mit A = belastete Bruttoquerschnittsfläche in m <sup>2</sup>  |  |
| Knicken <sup>3)</sup>           | Einseitig gehaltene Wand     | $h_{ef} = 2 \cdot h \cdot [(1+2 \cdot N_{gd}/N_{ud})/3]^{0,5}$ (Vorsicht bei einseitig gehaltener, frei stehender Wand: Bemessung nur nach DIN EN 1996-1-1 zulässig!)   |  |
|                                 | Zweiseitig gehaltene Wand    | $h_{ef} = \rho_2 \cdot h$ mit:<br>$\rho_2 = 1,00$ für $t > 250 \text{ mm}$<br>Falls $a \geq 175 \text{ mm}$ bei $t \geq 240 \text{ mm}$ bzw. $a = t$ bei $t < 240 \text{ mm}$ gilt außerdem:<br>$\rho_2 = 0,90$ für $175 \text{ mm} < t \leq 250 \text{ mm}$<br>$\rho_2 = 0,75$ für $t \leq 175 \text{ mm}$ |  |
|                                 | Dreiseitig gehaltene Wand    | Falls $b' > 15 \cdot t$ [→ wie Bild S.84]: Wand wie zweiseitig gehalten berechnen.<br>$h_{ef} = \rho_2 \cdot h / \{1 + [\rho_2 \cdot h / (3 \cdot b')]\} \geq 0,3 \cdot h$<br>[Info: $\rho_2$ ist den Angaben unter 2-seitig gehaltene Wand zu entnehmen]   |  |
|                                 | Vierseitig gehaltene Wand    | Falls $b > 30 \cdot t$ [→ wie Bild S.84]: Wand wie zweiseitig gehalten berechnen.<br>für $h/b \leq 1$ : $h_{ef} = \rho_2 \cdot h / [1 + (\rho_2 \cdot h/b)] \geq 0,3 \cdot h$<br>für $h/b > 1$ : $h_{ef} = 0,5 \cdot b$<br>[Info: $\rho_2$ ist den Angaben unter 2-seitig gehaltene Wand zu entnehmen]      |  |
|                                 | Schlankheit $\bar{\lambda}$  | $\bar{\lambda} = h_{ef}/t \leq 27$  |  |
|                                 | Abminderungsbeiwert $\phi_2$ | $\phi_2 = 0,85 \cdot (a/t) - 0,0011 \cdot (h_{ef}/t)^2$   |  |
| Decken-drehwinkel <sup>b)</sup> | Abminderungsbeiwert $\phi_1$ | Zwischengeschossdecken mit Spannweite $l_f$ <sup>d)</sup>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>bei Endauflager auf Innen-/Außenwand<sup>d1)</sup>:<br/><math>f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2</math>: <math>\phi_1 = (1,6 - l_f/6) \cdot a/t \leq 0,9 \cdot a/t</math></li> <li><math>f_k &lt; 1,8 \text{ N/mm}^2</math>: <math>\phi_1 = (1,6 - l_f/5) \cdot a/t \leq 0,9 \cdot a/t</math></li> <li>bei vollaufliegender, durchlaufender Decke (Zwischenaufleger): <math>\phi_1 = 0,9</math></li> </ul> |
|                                 |                              | Oberste Geschoßdecke <sup>d)</sup>  | $\phi_1 = 0,333 \cdot a/t$   |

a) Mit: Knicklängenabminderungsfaktor  $\rho_2$ ; lichte Geschosshöhe h; Auflagertiefe a; Wanddicke t; Abstand zu freiem Rand b' bzw. zu Wandachse b  
 b) Bei Traglastabminderung durch konstruktiven Maßnahmen, z. B. Zentrierleisten, gilt unabhängig der Stützweite:  $\phi_1 = 0,9 \cdot a/t$   
 c) Traglastabminderung durch  $\phi_1$  aufgrund geringer Auflasten, z. B. bei Flachdach, Dachdecken  
 d)  $l_f$  ist die Stützweite der angrenzenden Geschosdecke in m;  
 bei zweiseitig gespannten Decken mit  $0,5 \leq l_f/l_2 \leq 2,0$  darf für  $l_f$  das 0,85-fache der kürzeren Stützweite eingesetzt werden.

**Traglastmindernde Einflüsse**

DIN EN 1996-3 ermöglicht eine sehr einfache Bemessung von Mauerwerk. Der Tragwiderstand  $N_{Rd}$  der Wand hängt in erster Linie vom Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit  $f_d = 0,85/1,5 \cdot f_k$  und der maximalen Traglastabminderung  $\phi_5$  aus den Einflüssen der Lastausmitte aus Deckenverdrehung ( $\phi_1$ ) und des Knickens ( $\phi_2$ ) ab.

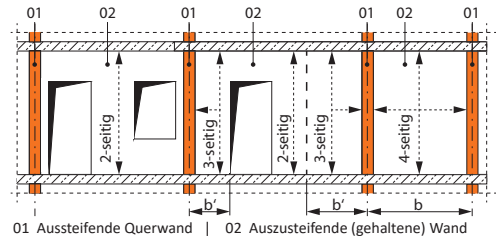
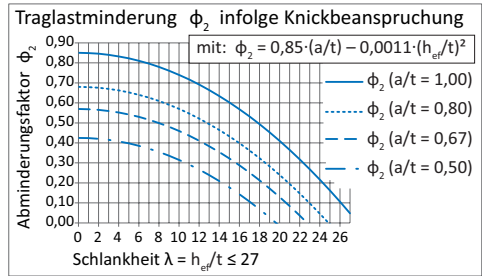
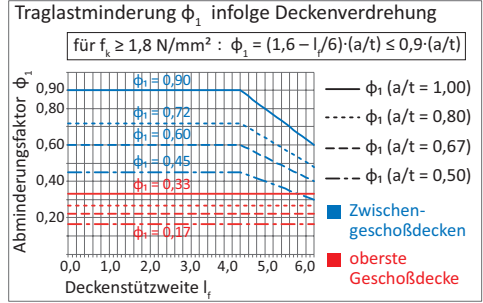
Die Nomogramme rechts belegen, dass auch das Verhältnis der Deckenaufлагertiefe zur Wanddicke ( $a/t$ ) maßgebenden Einfluß auf die Bemessung hat.

Daher wird bei hoch beanspruchten Wänden wie beispielsweise beim Bau von mehrgeschossigen Gebäuden eine vergrößerte Deckenaufлагertiefe von  $a \geq 2/3 \cdot t$  empfohlen

**Halterung bzw. Knickaussteifung von Wänden**

Die Halterung von Wänden an Wandkopf und -fuß durch die Einspannwirkung der Decken sowie an den Rändern durch druck- und zugfest verbundene Querwände beeinflusst das Knickverhalten.

Je schlanker Wände ausgeführt werden, desto größer ist die Knickgefahr. Ist die Wand zweiseitig gehalten, erfolgt der Abtrag der Knicklast einachsrig. Ist bei drei- bzw. vierseitig gehaltenen Wänden der Einfluß der seitlichen Halterung bis zu einer Grenzbreite von  $b'$  bzw.  $b$  gegeben, kann von zweiseitigem Lastabtrag ausgegangen werden. Wird diese Grenzbreite jedoch überschritten, ist der knickmindernde Einfluss nicht mehr gegeben und es muss mit der zweiseitig gehaltenen Restwandbreite gerechnet werden. Die zuvor aufgeführte Tabelle liefert Formeln zur Berechnung der Knicklängen nach EC 6.



**Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit  $f_k$**

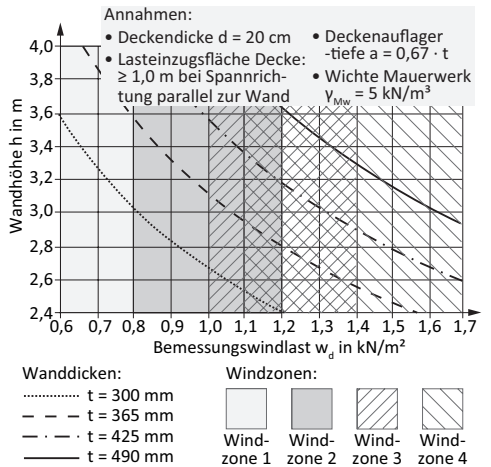
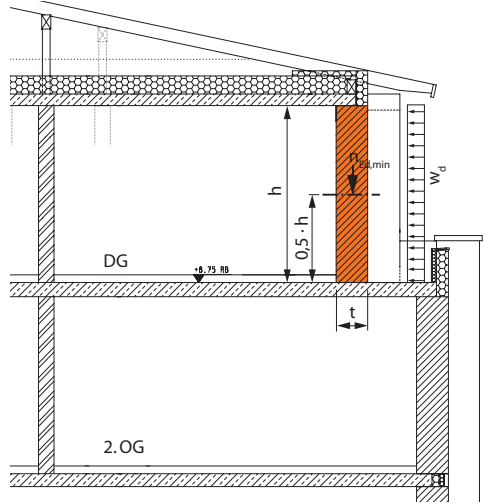
| Steindruckfestigkeitsklasse (SFK) | Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit $f_k$ in MN/m <sup>2</sup> für die wichtigsten Ziegel-/Mörtelkombinationen <sup>a)</sup> |              |              |               |                   |       |  |
|-----------------------------------|--|--------------|--------------|---------------|-------------------|-------|--|
|                                   | Normalmauermörtel  |              |              |               | Leichtmauermörtel |       | Dünnbettmörtel   |
|                                   | NM II  | NM IIa       | NM III       | NM IIIa       | LM 21             | LM 36 | DM   |
| 8                                 | 3,1<br>(4,2)   | 3,9<br>(4,7) | 4,4<br>(5,3) | 4,9<br>(5,9)  | 2,5               | 3,3   | Bei Planziegelmauerwerk liegen die Werte für $f_k$ in einem Bereich von etwa 3,0 bis 7,0 MN/m <sup>2</sup> .<br>Konkrete Werte sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen.<br>Zulassungen sind bei den Ziegelherstellern oder dem Deutschen Institut für Bautechnik erhältlich. |
| 10                                | 3,5<br>(4,8)   | 4,5<br>(5,4) | 5,0<br>(6,0) | 5,6<br>(6,8)  | 2,8               |       |  |
| 12                                | 3,9<br>(5,4)   | 5,0<br>(6,0) | 5,6<br>(6,7) | 6,3<br>(7,5)  | 3,0               |       |  |
| 20                                | 5,3<br>(7,2)   | 6,7<br>(8,1) | 7,5<br>(9,1) | 8,4<br>(10,1) |                   |       |  |

a) Werte für  $f_k$  aus DIN EN 1996-3/NA (Jan. 2011); Werte für  $f_k$  ohne Klammer stehen für Mauerwerk aus Hochlochziegeln Typ HLZA, HLZB, HLZB-T1 mit Normalmauermörtel (NM); Werte für  $f_k$  in Klammer stehen für Mauerwerk aus Vollziegeln mit Normalmauermörtel

Mindestauflast nach DIN EN 1996-3/NA

| Nachweisformat   |  |
|--|--|
| $n_{Ed,min} \geq \frac{3 \cdot w_d \cdot h^2}{16 \cdot (a - h/300)}$ |  |
| $n_{Ed,min}$   | Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung in Wandhöhenmitte im betrachteten Geschoss<br>$n_{Ed,min} = 1,0 \cdot n_{GK,Decke} = 1,0 \cdot (n_{GK} + 0,5 \cdot h \cdot t \cdot \gamma_{Mw})$ |
| $w_d$  | Bemessungswindlast je Flächeneinheit → Tab. unten  |
| $\gamma_Q$   | Teilsicherheitsbeiwert für die Windlast = 1,5  |
| $a$  | Deckenauflagertiefe  |
| $h$  | lichte Geschosshöhe  |

Für windbeanspruchte Außenwände, die nur durch geringe vertikale Auflasten aus Dächern oder Decken belastet werden, ist der Nachweis der "Mindestauflast" auf halber Wandhöhe unter Berücksichtigung der dort wirkenden Eigengewichtsanteils der Wand zu führen. Das rechts dargestellte Diagramm [4] zeigt, dass in Windzone 1 und 2 Binnenland die praxisüblichen lichten Geschosshöhen problemlos ausgeführt werden können. In diesen Windzonen kann der Nachweis der Mindestauflast im allgemeinen entfallen. Das Entfallen gilt – aufgrund der großen Normalkräfte – in der Regel auch bei senkrecht zur Wand gespannten Decken.



Maximal zulässige Wandhöhe  $h$  in Abhängigkeit der Bemessungswindlast  $w_d$  für Ziegelmauerwerk nach DIN EN 1996-3/NA

| Bemessungswindlast $w_d$ in $\text{kN/m}^2$ nach DIN EN 1991-1-4/NA <sup>a)</sup> |                                      |            |                       |            |                       |            |                       |               |       |
|---|--------------------------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|---------------|-------|
| Windzone  | 1                                    |            | 2                     |            | 3                     |            | 4                     |               |       |
|   | Binnenland                           | Binnenland | Küste u. Ostseeinseln | Binnenland | Küste u. Ostseeinseln | Binnenland | Küste u. Ostseeinseln | Nordseeinseln |       |
| Bemessungswindlast $w_d$ bei Gebäudehöhe $H$ innerhalb von                        | $H \leq 10 \text{ m}$                |            | $1,0$                 |            | $1,3$                 |            | $1,5$                 |               | $1,7$ |
|   | $10 \text{ m} < H \leq 18 \text{ m}$ |            | $1,2$                 |            | $1,4$                 |            | $1,7$                 |               | –     |

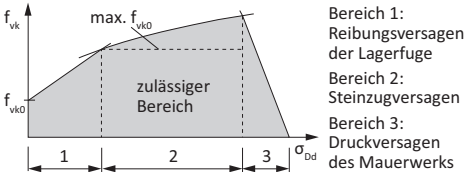
a)  $w_d = \gamma_Q \cdot c_{pe,10} \cdot q_k = 1,5 \cdot 0,8 \cdot q_k$  | mit:  $\gamma_Q$  Teilsicherheitsbeiwert;  $c_{pe,10}$  Aerodynamische Beiwert;  $q_k$  Geschwindigkeitsdruck nach NA.B3

4. Unbewehrtes Mauerwerk unter Schubbeanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA

Schubbeanspruchung resultiert aus horizontalen Einwirkungen aus Wind, Erddruck, Erdbeben etc. Es wird zwischen Scheibenschub in Scheibenrichtung/Wandebene (z. B. Aussteifungswand) und Plattenschub in Richtung der Wanddicke (z. B. Erddruck) differenziert.

Wie das Bild unten zeigt, hängt die Schubtragfähigkeit von unbewehrtem Mauerwerk neben dem normgerechten Überbindemaß von folgenden Einflüssen ab:

- Größe der vorhandenen Auflast
- Haftscherfestigkeit des Mauermörtels
- Steinzugfestigkeit



Versagensarten bei unbewehrten Mauerwerksscheiben unter Schubbeanspruchung (→ Mann/Müller)

Nachweis der Schubbeanspruchung

Der rechnerische Nachweis auf Schubbeanspruchung sowie der räumlichen Steifigkeit darf entfallen, wenn das Gebäude offensichtlich ausreichend ausgesteift ist. Ist die gesicherte Aussteifung bei einem Bauwerk nicht von vornherein erkennbar, so ist ein rechnerischer Nachweis nach DIN EN 1996-1-1/NA zu prüfen.

| Nachweisformat  |
|---|
| $V_{Ed} \leq V_{Rdlt}$  |
| mit:  |
| $V_{Ed}$ Bemessungswert der einwirkenden Querkraft aus Windlasten, Imperfektionen, Erddruck oder Erdbeben |
| $V_{Rdlt}$ Minimaler Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit  |

Nachweisstelle ist Wandfuß oder Wandmitte. Für den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft gilt:

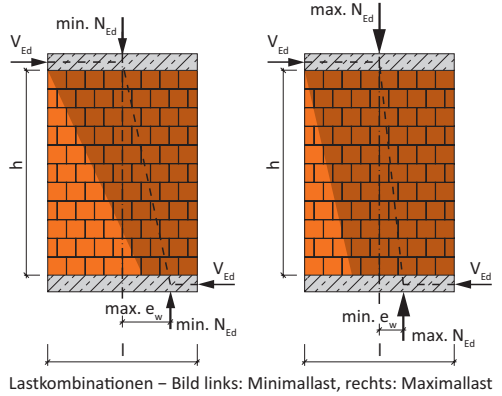
$V_{Ed} = 1,5 \cdot V_{Qk}$

Beim Nachweis von Windscheiben (z. B. Aussteifungswände) liegen in der Regel größere Biegemomente vor, sodass der Lastfall mit der geringsten einwirkenden Normalkraft  $min. N_{Ed}$  zu berücksichtigen ist:

$min. N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}$

Mit dem Lastfall der größten Druckkraft  $max. N_{Ed}$  wird daneben ein mögliches Druckversagen überprüft:

$max. N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk}$



Lastkombinationen – Bild links: Minimallast, rechts: Maximallast

Schubbeanspruchung in Scheibenrichtung

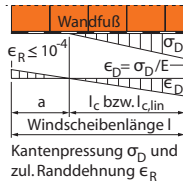
| Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rdlt}$ (Scheibenschub)  |
|---|
| $V_{Rdlt} = I_{cal} \cdot f_{vd} \cdot t/c$   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechnerische Wandlänge <math>I_{cal}</math><br/><math>I_{cal} = \text{Minimum aus: } 1,125 \cdot l \text{ bzw. } 1,333 \cdot l_{c,lin}</math></li> <li>• Überdrückte Wandlänge <math>I_{c,lin}</math><br/><math>I_{c,lin} = 1,5 \cdot (1 - 2 \cdot e_w/l) \cdot l \leq l</math></li> <li>• Bemessungswert der Schubfestigkeit <math>f_{vd}</math><br/><math>f_{vd} = f_{vit}/\gamma_M</math></li> <li>• Grenzwert der charakteristischen Schubfestigkeit <math>f_{vit}</math><br/><math>f_{vit} = \text{Minimum aus:}</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reibungsversagen der Lagerfuge:<br/><math>f_{vit1} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}</math></li> <li>- Steinzugversagen:<br/><math>f_{vit2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot (1 + \sigma_{Dd}/f_{bt,cal})^{0,5}</math></li> </ul> </li> <li>• Schubspannungsverteilungsfaktor <math>c</math><br/><math>c = 1,0</math> für <math>h/l \leq 1</math> [Zwischenwert darf linear interpoliert werden.]<br/><math>c = 1,5</math> für <math>h/l \geq 2</math></li> </ul> |
| mit:  |
| $e_w$ Ausmitte der einwirkenden Normalkraft: $M_{Ed}/N_{Ed}$  |
| $M_{Ed}$ Bemessungswert, Moment in Wandlängsrichtung  |
| $N_{Ed}$ Bemessungswert der Normalkraft: $N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}$  |
| $l$ bzw. $t$ Länge bzw. Dicke der Wand  |
| $\gamma_M$ Teilsicherheitsbeiwert des Materials, i.d.R. $\gamma_M = 1,5$  |
| $f_{vk0}$ Haftscherfestigkeit (ohne Auflast) → Tabelle rechts   |
| $f_{bt,cal}$ Rechnerische Steinzugfestigkeit → Tabelle rechts   |
| $\sigma_{Dd}$ Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung an der Stelle der maximalen Schubspannung, bei Rechteckquerschnitten: $\sigma_{Dd} = 1,0 \cdot N_{Gk} / (t \cdot I_{c,lin})$   |

**Schubbeanspruchung in Plattenrichtung**

| Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rdt}$ (Plattenschub)  |  |
|---|--|
| $V_{Rdt} = t_{cal} \cdot f_{vd} \cdot l/c = t_{cal} \cdot (f_{vk0} + 0,6 \cdot \sigma_{Dd}) / \gamma_M \cdot l/1,5$ |  |
| mit:  |  |
| $t_{cal}$   | Rechnerische Wanddicke. Für die Fuge am Wandfuß gilt: $t_{cal} = \text{Minimum aus } t \text{ bzw. } t_{c,lin}$  |
| $t_{c,lin}$   | Überdrückte Dicke der Wand:<br>$t_{c,lin} = 1,5 \cdot (1 - 2 \cdot e/t) \cdot t \leq t$  |
| e   | Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft   |
| $\gamma_M$  | Teilsicherheitsbeiwert des Materials, i.d.R. $\gamma_M = 1,5$  |
| $f_{vk0}$   | Haftscherfestigkeit (ohne Auflast) → <i>Tabelle unten</i>  |
| $\sigma_{Dd}$   | Bemessungswert der zugehörig. Druckspannung an der Stelle der maximalen Schubspannung, bei Rechteckquerschnitten: $\sigma_{Dd} = 1,0 \cdot N_{Gk} / (l \cdot t_{c,lin})$ |

**Nachweis der Randdehnung**

Sofern die Haftscherfestigkeit rechnerisch angesetzt wird, ist unter charakteristischen Lasten  $N_k$  im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit die Randdehnung nachzuweisen.



| Nachweisformat  |  |
|---|--|
| $\epsilon_R = \epsilon_R \cdot (a/l_c) = \sigma_D/E \cdot (l/l_{c,lin} - 1) \leq 10^{-4}$ |  |
| mit:  |  |
| $\sigma_D$  | vorhande Druckspannung, mit: $\sigma_D = (2 \cdot N_{Ek}) / (l_{c,lin} \cdot t)$ |
| E   | Elastizitätsmodul; $E = 1000 \cdot f_k$  |

**Biegedrucktragfähigkeit und Doppelbiegung**

Es ist stets auch zu prüfen, ob der Nachweis auf Biegedruck um die starke Achse (in Wandlängsrichtung) oder auf Doppelbiegung (kombinierte Beanspruchung um starke und schwache Wandachse) bemessungsrelevant wird.

| Nachweisformat       |   |
|----------------------|---|
| $N_{Ed} \leq N_{Rd}$ |   |
| mit:                 |   |
| $N_{Ed}$             | Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft |
| $N_{Rd}$             | Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft |

| Tragwiderstand $N_{Rd}$ bei Biegedruck in Wandlängsrichtung |  |
|---|--|
| $N_{Rd} = \phi_y \cdot f_d \cdot A$                         |  |
| mit:  |  |
| $\phi_y$  | Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Biegung um die starke Achse: $\phi_y = 1 - 2 \cdot e_w/l$ |
| $f_d$   | Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit   |
| A   | Brutto-Wandquerschnittsfläche  |

| Tragwiderstand $N_{Rd}$ bei Doppelbiegung  |   |
|--|---|
| $N_{Rd, \text{ halbe Wandhöhe}} = \phi_x \cdot \phi_y \cdot \text{halbe Wandhöhe} \cdot f_d \cdot A$ |   |
| mit:   |   |
| $\phi_x$   | Abminderungsbeiwert auf halber Wandhöhe zur Berücksichtigung der Biegung um die schwache Achse:<br>$\phi_x = 0,85 \cdot (a/t) - 0,0011 \cdot (h_{eff}/t)^2$ |
| $\phi_y$   | Abminderungsbeiwert auf halber Wandhöhe zur Berücksichtigung der Biegung um die starke Achse:<br>$\phi_y = 1 - 2 \cdot e_w/l$                               |

**Materialkennwerte für die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit**

| Haftscherfestigkeiten $f_{vk0}$ nach DIN EN 1996-1-1/NA  |                    |                         |                    |                    |
|--|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Mörtelart <sup>a)</sup>  | M 2,5 (NM II)      | M 5 (NM IIa) (LM 21/36) | M 10 (NM III) (DM) | M 20 (NM IIIa)     |
| $f_{vk0}$ in MN/m <sup>2</sup>   | 0,08 <sup>b)</sup> | 0,18 <sup>b)</sup>      | 0,22 <sup>b)</sup> | 0,26 <sup>b)</sup> |
| a) Mauer Mörtel nach DIN EN 998-2, in Klammer nach DIN V 18580   |                    |                         |                    |                    |
| b) Bei unvermörtelter Stoßfuge: Für Scheibenschub den Tabellenwert halbieren, für Plattenschub 2/3 des Tabellenwertes ansetzen |                    |                         |                    |                    |

| Steinzugfestigkeiten $f_{bt,cal}$ nach DIN EN 1996-1-1/NA                                       |                      |                      |                      |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| Steinart  | Hohlblockstein       | Hochlochstein        | Vollstein            |
| $f_{bt,cal}$  | $0,020 \cdot f_{st}$ | $0,026 \cdot f_{st}$ | $0,032 \cdot f_{st}$ |
| $f_{st}$ Umgerech. mittl. Mindestwert der umgerechneten mittleren Steindruckfestigkeit $f_{st}$ |                      |                      |                      |

| Mindestwert der umgerechneten mittleren Steindruckfestigkeit $f_{st}$ in N/mm <sup>2</sup> für Mauerziegel |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Druckfestigkeitsklasse (SFK)   | 4   | 6   | 8    | 10   | 12   | 16   | 20   | 28   | 36   | 48   | 60   |
| Mindestwert der umgerechneten mittleren Steindruckfestigkeit $f_{st}$ [N/mm <sup>2</sup> ]                 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 35,0 | 45,0 | 60,0 | 75,0 |

5. Vereinfachte Berechnungsmethode für horizontal durch Erddruck beanspruchte Kellerwände

Im vereinfachten Bemessungsverfahren nach DIN EN 1996-3 wird rechnerisch geprüft, ob

- die Mindestauflast aus ständigen Lasten die Biegebeanspruchung aus Erddruck überdrückt und
- die maximale Auflast (ständige + veränderliche Lasten) nicht zum Druckversagen im Mauerwerk führt.

Die Standsicherheit erddruckbeanspruchter Kellerwände darf nach den vereinfachten Berechnungsmethoden nachgewiesen werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

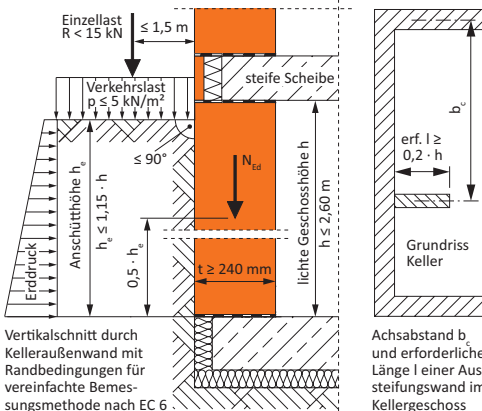
| Randbedingungen für die Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethode für horizontal auf erddruck beanspruchte Kelleraußenwände nach DIN EN 1996-3/NA |  |
|--|--|
| Wanddicke t  | $t \geq 240 \text{ mm}$  |
| lichte Höhe h (Kelleraußenwand)  | $h \leq 2,60 \text{ m}$  |
| Kellergeschoßdecke   | wirkt als steife Scheibe   |
| Verkehrslast $p_k$ auf Geländeneiveau und zusätzliche Einzellast $R_k$ im Abstand $\leq 1,5 \text{ m}$ zur Wand  | $p_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$<br>$R_k \leq 15 \text{ kN}$<br><i>(Charakteristische Werte!)</i> |
| Geländeoberfläche am Gebäude   | steigt nicht an  |
| Anschütthöhe $h_e$   | $h_e \leq 1,15 \cdot h$  |
| Es ist außerdem zu beachten:   | - es wirkt kein hydrostatischer Druck<br>- Reibungsbeiwert der Lagerfugen: $\mu = 0,6$       |

*Hinweis: zugrunde gelegter Erddruckbeiwert:  $e_{oh} \leq 1/3$*

| Nachweisformat    |   |
|-------------------|---|
| Maximale Auflast: | $N_{Ed,max} \leq \frac{t \cdot b \cdot f_d}{3}$   |
| Mindestauflast:   | $N_{Ed,min} \geq \frac{b \cdot \rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{\beta \cdot t}$  |
| mit:              | <p><math>N_{Ed,max}</math> Bemessungswert der größten vertikalen Belastung in halber Anschütthöhe</p> <p><math>N_{Ed,min}</math> Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung in halber Anschütthöhe</p> <p>t Wanddicke</p> <p>b Wandbreite</p> <p>h lichte Höhe der Kellerwand</p> <p><math>h_e</math> Höhe der Anschüttung</p> <p><math>\rho_e</math> Wichte der Anschüttung</p> <p><math>f_d</math> Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit <math>f_d = 0,85 \cdot f_k / \gamma_M</math></p> <p><math>\beta</math> Beiwert zur Abminderung der Mindestauflast bei Aussteifung durch Querwand</p> <p><math>\beta = 20</math> für <math>b_c \geq 2 \cdot h</math></p> <p><math>\beta = 60 - 20 \cdot b_c/h</math> für <math>h &lt; b_c &lt; 2 \cdot h</math></p> <p><math>\beta = 40</math> für <math>b_c \leq h</math></p> <p><math>b_c</math> Achsabstand von Aussteifungswänden</p> |

Hinweise

- Ein zusätzlicher Nachweis der Querkrafttragfähigkeit (Schubnachweis) ist nicht erforderlich, wenn die oben aufgeführten Nachweise erfüllt werden.
- Für den Nachweis der maximalen Auflast wird eine Lastausmitte von  $e = t/3$  unterstellt.
- Für den Nachweis der Mindestauflast ist der Zeitpunkt der Verfüllung des Arbeitsraums an der Kelleraußenwand maßgebend. Es dürfen nur Lasten angesetzt werden, die zum Zeitpunkt der Verfüllung bereits vorhanden sind.
- Weitere Hinweise siehe Abschnitt Kelleraußenwände im Kapitel Tragende Wände.
- Sollte es mit dem vereinfachten Bemessungsverfahren nicht möglich sein, erddruckbelastete Kellerwände unter geringer Auflast nachzuweisen, kann die Anwendung des Bogenmodells eine Möglichkeit zur erfolgreichen Nachweisführung darstellen. Die Anwendung dieses Verfahrens ist in [5] anhand eines Berechnungsbeispiels ausführlich dargestellt.



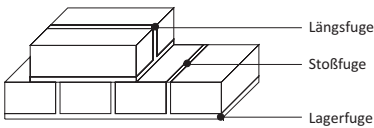


**AUSFÜHRUNG**

Bei stark saugfähigen Ziegeln bzw. ungünstigen klimatischen Verhältnissen ist ein vorzeitiger und zu hoher Wasserentzug aus dem Mörtel durch besondere Maßnahmen einzuschränken, z.B. Vornässen der Ziegel, Verwendung von Mörtel mit verbessertem Wasserrückhaltevermögen, Nachbehandlung am Mauerwerk.

**1. Lager-, Längs- und Stoßfugen (DIN EN 1996-1-1/NA)**

Fugen sind abhängig von Ziegelform und -format so zu verfüllen, dass die Anforderungen an die Wand bezüglich Schlagregenschutz, Wärmeschutz, Schallschutz sowie Brandschutz erfüllt werden können. Die Dicken der Fugen sind so zu wählen, dass das Maß von Ziegel mit Fuge dem Baurichtmaß entspricht.

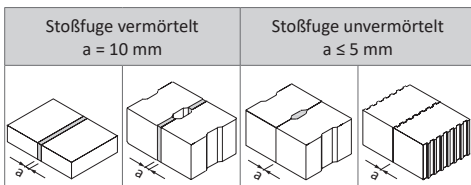


**Lagerfugen** sind bei der Vermauerung stets vollflächig herzustellen. Die Dicke der Lagerfuge richtet sich nach dem verarbeiteten Steinformat. Bei großformatigen Hochlochziegeln sind Lagerfugen in der Regel 12 mm, bei Planziegeln nur 1 bis 3 mm dick. Weitere Hinweise siehe Schichtmaße (Kapitel Maßordnung im Hochbau).

**Längsfugen** sind satt zu verfüllen.

**Fugen bei Gewölb**en sind so knapp wie möglich zu halten. Am Gewölberücken müssen sie  $\leq 20$  mm sein.

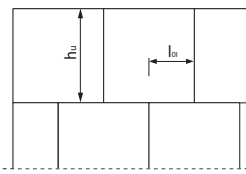
**Stoßfugen** können mit oder ohne Vermörtelung ausgeführt werden. Mit Vermörtelung sind Stoßfugen in der Regel 10 mm dick. Eine Vermauerung mit Ziegeln ohne Stoßfugenvermörtelung ist nur mit dafür geeigneten Ziegeln zulässig. Die Ziegel sind knirsch zu legen bzw. bei Nut- und Federsystem ineinander verzahnt zu versetzen. Bei Stoßfugenbreiten  $> 5$  mm müssen die Fugen beim Mauern beidseitig an der Wandoberfläche mit Mörtel verschlossen werden.



**2. Verbandsregeln (DIN EN 1996-1-1/NA, NCI 8.1.4.1)**

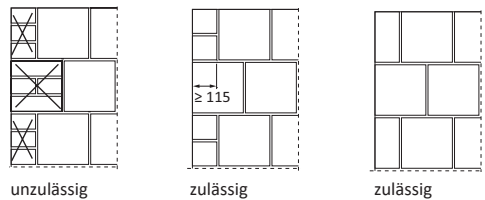
Um die Flächentragwirkung des Mauerwerks sicherzustellen, muss im Verband gemauert werden, d.h. Stoß- und Längsfugen übereinander liegender Schichten sind in einem Mindestversatz, dem sogenannten Überbindemaß, auszuführen. Das Überbindemaß ist auch in Richtung der Wanddicke und sinngemäß bei Pfeilern und kurzen Wänden einzuhalten.

**Überbindemaß  $l_{oi}$  in Abhängigkeit der Ziegelhöhe  $h_u$**   
 $l_{oi} \geq 0,4 \cdot h_u \geq 45$  mm (Der größere Wert ist maßgebend!)

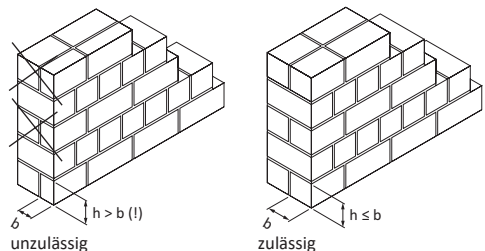


| Ziegelhöhe $h_u$ | Überbindemaß $l_{oi}$ |
|------------------|-----------------------|
| 71 mm            | 45 mm                 |
| 113 mm           | 45 mm                 |
| 238 mm           | 95 mm                 |
| 249 mm           | 100 mm                |

Steine einer Schicht sollen die gleiche Höhe haben. An Wandenden und unter Stürzen ist eine zusätzliche Lagerfuge in jeder zweiten Schicht zum Längen- und Höhenausgleich zulässig, sofern die Aufstandsfläche der Steine  $\geq 115$  mm lang ist und Ziegel sowie Mörtel mindestens gleiche Festigkeit wie das Mauerwerk haben.



In Schichten mit Längsfugen darf die Steinhöhe nicht größer als die Steinbreite sein. Abweichend davon muss die Aufstandsfläche von Steinen der Höhe 175 und 240 mm mindestens 115 mm betragen.



### 3. Maßordnung im Hochbau nach DIN 4172

Die Entwicklung des Bauwesens, besonders des Hochbaus, erfordert eine Maßordnung als Grundlage für Planung und Ausführung.

Als eine der ersten Normen im Hochbau bildet die DIN 4172 (Jun. 1955) die Grundlage zur Dimensionierung einzelner Bauteile, Bauelemente und Gebäude. Ziel der DIN ist es, die Maße auf dem Bau zu vereinheitlichen und die Bauausführung zu rationalisieren.

Das System beruht auf dem Grundmodul des Achtel- oder Oktameters: 12,5 cm. Alle Maße bauen darauf auf. Das kleine Rastermaß lässt sehr individuelle Gestaltungsmöglichkeiten zu. Ziegelformate sind auf das Achtelmetermaß (Achtelmeter = am) abgestimmt.

DIN 4172 unterscheidet zwischen Richt- und Nennmaßen:

#### Baurichtmaß oder Rohbau-Richtmaß (RR)

Das Baurichtmaß ist immer das Vielfache von 12,5 cm. Dies gilt für Länge, Breite und Höhe eines Bauteils. Dadurch erhalten alle Bauteile im Hochbau ein Raster. Man spricht deswegen auch vom Rastermaß.

Das Baurichtmaß ist die theoretische Planungsgrundlage für die Baumaße aus der Praxis und ergibt sich aus dem Nennmaß des Ziegels zuzüglich Fugendicke.

Der Achtelmeter wird in der Praxis auch als "Kopf" bezeichnet. Sein Abmaß ergibt sich folgendermaßen:

$$\begin{aligned} \text{Steinbreite} & 11,5 \text{ cm} \\ \text{Stoßfugendicke} & + 1,0 \text{ cm} \\ \text{"Kopf"} & = 12,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ein Meter sind also 8 am:  
 $12,5 \cdot 8 \text{ am} = 1,00 \text{ m}$ .

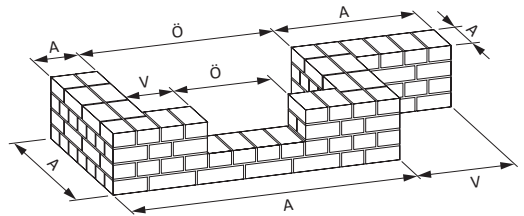
#### Baunennmaß oder Rohbau-Nennmaß

Je nach Bauteil ergibt sich unmittelbar bzw. nach Abzug oder Zugabe eines Fugenmaßes das Baunennmaß. Die vermörtelte Stoßfuge im Mauerwerksbau hat eine Dicke von 10 mm.

Das Baunennmaß ist das tatsächliche Maß und wird in die Bauzeichnung eingetragen. Bei fugenlosen Bauteilen, zum Beispiel im Betonbau, sind die Baurichtmaße gleich dem Baunennmaß.

Es werden folgende Baunennmaße unterschieden:

| Außenmaß A bzw. Pfeilermaß | Öffnungsmaß Ö bzw. Innenmaß   | Vorsprungsmaß V bzw. Anbau- oder Vorlagemaß |
|----------------------------|-------------------------------|---|
| $A = x \cdot 12,5 - 1$     | $\ddot{O} = x \cdot 12,5 + 1$ | $V = x \cdot 12,5$                          |



#### Schichtmaße

Die Höhe einer Mauererschicht ergibt sich aus der Zieghöhe und der Lagerfugendicke, die zusammen dem Baurichtmaß entsprechen müssen.

| Erforderliche Anzahl der Schichten verschiedener Ziegelformate für die Mauerwerkshöhe von 1,00 m |         |         |           |  |
|--|---------|---------|-----------|--|
| Format   | DF      | NF      | 2DF / 3DF | ≥ 6DF                                      |
| Höhe der Ziegel  | 52 mm   | 71 mm   | 113 mm    | 238 mm <sup>a</sup><br>249 mm <sup>b</sup> |
| Dicke der Lagerfuge  | 10,5 mm | 12,3 mm | 12 mm     | 12 mm <sup>a</sup><br>1 mm <sup>b</sup>    |
| Schichtmaß   | 62,5 mm | 83,3 mm | 125 mm    | 250 mm                                     |
| Anzahl der Schichten   | 16      | 12      | 8         | 4  |

1,00 m

a) bei Blockziegeln | b) bei Planziegeln

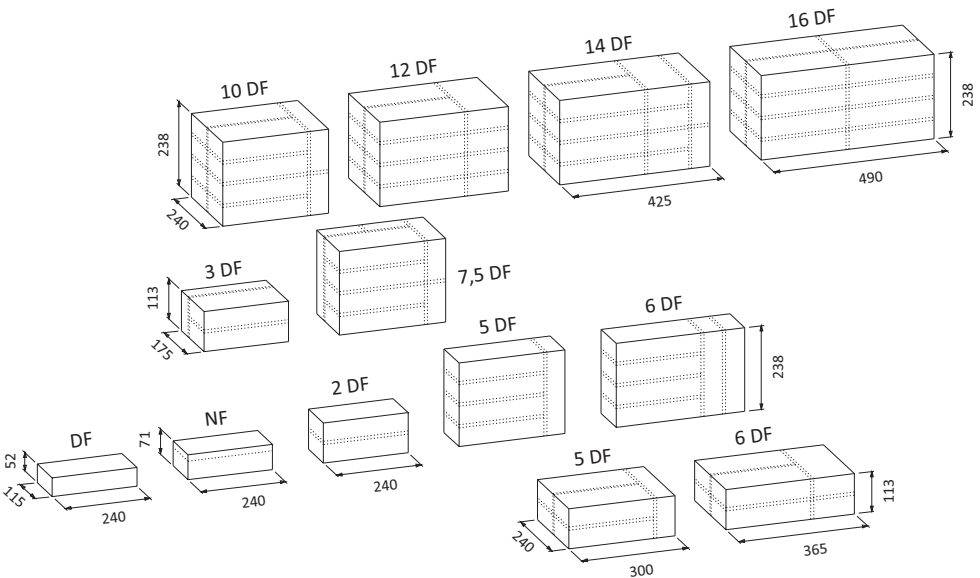
4. Formate

Mit Ausnahme des Normalformates (Kurzzeichen NF) sind die verschiedenen Größen der Ziegel von einem Grundmodul abgeleitet, dem Dünnformat (DF). Größere Formate kann man sich aus diesem Kleinformat zusammengesetzt vorstellen. Die Abmessungen ergeben sich dann aus dem Aneinanderfügen von Ziegeln im Format DF zuzüglich dazwischen liegender Fugen.

Als kleinformatige Steine bezeichnet man diejenigen mit einer Höhe von bis zu 113 mm, als großformatige solche mit einer Höhe von  $\geq 238$  mm. Planziegel, die im Dünnbettverfahren angewendet werden, weisen eine Höhe von 249 mm auf. Bei der Bezeichnung von großformatigen Hochlochziegeln ist zur genauen Unterscheidung die Angabe der Mauerdicke notwendig.

| Format-Kurzzeichen NF (Normalformat) und DF (Dünnformat) nach DIN 105-100, Tabelle A.12 |                 |     |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-----------------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Format-Kurzzeichen  | 1 DF            | NF  | 2 DF | 3 DF | 4 DF | 5 DF | 6 DF | 8 DF | 10 DF | 12 DF | 14 DF | 15 DF | 18 DF | 16 DF | 20 DF | 21 DF |
| Maße in mm  | l <sup>1)</sup> | 240 | 240  | 240  | 240  | 240  | 240  | 240  | 240   | 240   | 425   | 365   | 365   | 490   | 490   | 425   |
|   | b               | 115 | 115  | 115  | 175  | 240  | 300  | 365  | 240   | 300   | 365   | 240   | 365   | 240   | 300   | 365   |
|   | h               | 52  | 71   | 113  | 113  | 113  | 113  | 113  | 238   | 238   | 238   | 238   | 238   | 238   | 238   | 238   |

1) Bei Stoßfugenausführung mit Mörteltaschen erhöht sich die Länge des Ziegels um 5 mm, bei Ausführung mit Nut und Feder um 7 mm.



| Weitere Ziegelformate |              |                |               |                           |                  |                |               |
|-----------------------|--------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------|----------------|---------------|
| Bezeichnung           | Hamburger HF | Oldenburger OF | Waalformat WF | Reichsformat RF alt (neu) | Klosterformat KF | Deutsch 8 Zoll | Deutsch Römer |
| Maße in mm            | l            | 220            | 220           | 210                       | 250 (240)        | 280            | 240           |
|                       | b            | 105            | 105           | 100                       | 120 (115)        | 135            | 115           |
|                       | h            | 65             | 52            | 50                        | 65 (65)          | 80             | 40            |

5. Mauerwerksverbände

Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Mauerziegelformate

| Format                   | Wanddicke    |        |        |        |        |
|--------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|
|                          | 115 / 175 mm | 240 mm | 300 mm | 365 mm | 490 mm |
| DF / NF                  |              |        |        |        |        |
| 2 DF /<br>3 DF /<br>4 DF | <br>         | <br>   |        |        |        |
| 5 DF /<br>6 DF           |              |        |        |        |        |
| 12 DF                    |              |        |        |        |        |
| 16 DF /<br>20 DF         |              |        |        |        |        |

## Mauerwerksverbände aus kleinformatigen Ziegeln

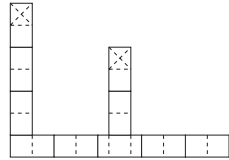
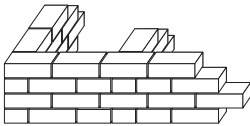
Die Anwendung kleinformatiger Ziegel in Mauerwerk bzw. Sichtmauerwerk von einschaligen Außenwänden beheizter Gebäude ist heutzutage nicht mehr möglich. Stattdessen werden für solche Wände großformatige, wärmedämmende Hochlochziegel verwendet. Sie ermöglichen eine rationellere Erstellung des Mauerwerks bei wesentlich höherer Wärmedämmung.

Bei der Erstellung von Verblendschalen aus zweischaligem Mauerwerk oder Wänden im Innenbereich beheizter Gebäude oder von Wänden haben kleinformatige Ziegel nach wie vor große Bedeutung. Neben Farbe, Form und Struktur der Ziegel hat auch die Wahl des Mauerwerksverbandes Einfluss auf die Wirkung des Sichtmauerwerks.

### Mittiger Läuferverband

Bei dünnen Innenwänden und Verblendschalen

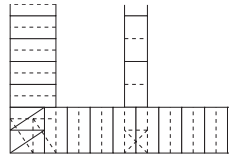
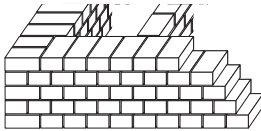
Dicke des Mauerwerks:  
 $\frac{1}{2}$  Stein



### Binderverband

Alle Schichten bestehen aus Bindern. Versatz:  $\frac{1}{2}$  Stein

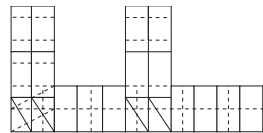
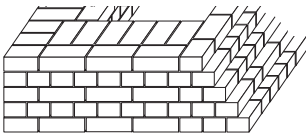
Dicke des Mauerwerks:  
1 Stein



### Blockverband

Binder und Läufer schichten wechseln regelmäßig, die Überbindung beträgt  $\frac{1}{4}$  Stein bzw.  $\geq 4,5$  cm.

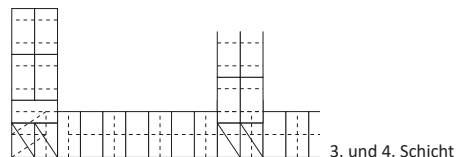
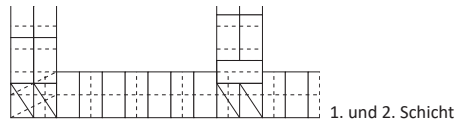
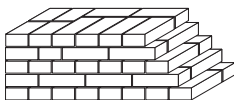
Dicke des Mauerwerks:  
1 Stein oder  
 $\frac{1}{2}$  Steine



### Kreuzverband

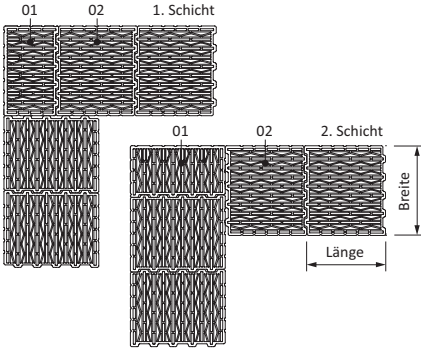
Beim Kreuzverband wechseln sich Binder- und Läufer schichten ebenfalls ab. Im Gegensatz zum Blockverband sind jedoch auch die Läufer schichten zueinander versetzt. Somit sind die Stoßfugen der Binderschichten übereinander angeordnet, während die Stoßfugen der Läufer schichten um eine halbe Steinlänge versetzt sind. Das Muster wiederholt sich jede 4. Schicht.

Dicke des Mauerwerks:  
1 Stein oder  
 $\frac{1}{2}$  Stein

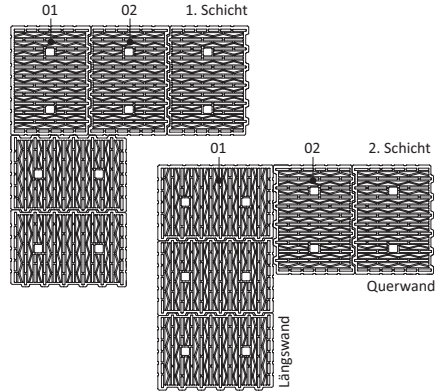


Mauerwerksverbände aus großformatigen Ziegeln<sup>1)</sup>

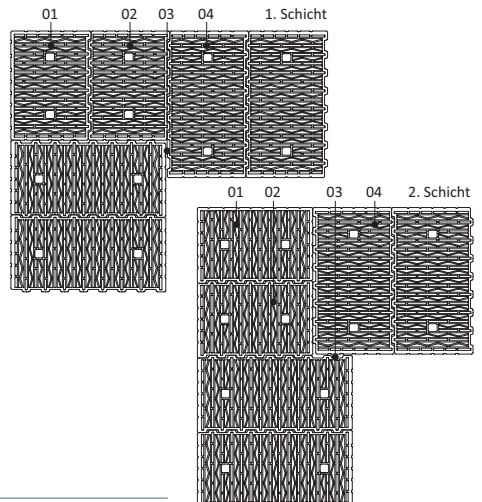
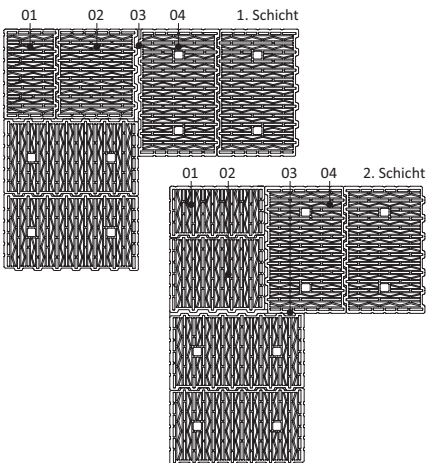
| WANDDICKE 300 in mm                          | Länge | Breite | Höhe |
|--|-------|--------|------|
| 01 Eckziegel außenseitig glatt <sup>2)</sup> | 173   | 300    | 249  |
| 02 Außenwandziegel                           | 248   | 300    | 249  |



| WANDDICKE 365 in mm                          | Länge | Breite | Höhe |
|--|-------|--------|------|
| 01 Eckziegel außenseitig glatt <sup>2)</sup> | 248   | 365    | 249  |
| 02 Außenwandziegel                           | 248   | 365    | 249  |



| WANDDICKE 425 in mm                          | Länge | Breite | Höhe |
|--|-------|--------|------|
| 01 Eckziegel außenseitig glatt <sup>2)</sup> | 173   | 300    | 249  |
| 02 Außenwandziegel                           | 248   | 300    | 249  |
| 03 Stoßfuge vermörtelt, LM21 <sup>3)</sup>   | 10    | 300    | 249  |
| 04 Außenwandziegel                           | 248   | 425    | 249  |



1) Prinzipskizzen, anderslautende Regeln z. B. in allg. bauaufsichtlichen Zulassungen sind zu beachten

2) glatt, d.h. ohne Nut und Feder oder mit Flachverzahnung,  $t \leq 8$  mm oder Nut und Feder vor Putzauftrag mit geeignetem Mörtel schließen

3) Stoßfuge knirsch gestoßen oder alternativ mit geeignetem Mörtel (Leichtmauermörtel  $d = 10$  mm oder Dünnbettmörtel  $d = 1$  bis  $3$  mm) schließen

**6. Materialbedarf für Ziegelmauerwerk am Beispiel oft verwendeter Formate**

Der Mörtelbedarf ist trotz vollfugigen Mauerns stark von der Konsistenz und der Arbeitsweise abhängig. Bei Planziegelmauerwerk beträgt die Höhe der Ziegel 249 mm, die Lagerfuge wird mit 1-3 mm Dicke ausgeführt. Dadurch reduziert sich der Mörtelbedarf um bis

zu 90 % im Vergleich zum herkömmlichen Verarbeiten von Blockziegeln mit 12 mm dicker Lagerfuge aus Normal- oder Leichtmörtel. Bei der Verwendung von Planziegeln wird der benötigte Dünnbettmörtel vom Ziegelwerk mitgeliefert.

| Wanddicke [mm]          | Format | Abmessungen |             |           | Flächenbezogener Bedarf <sup>d)</sup> |                            | Volumenbezogener Bedarf <sup>d)</sup> |                            |
|-------------------------|--------|-------------|-------------|-----------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
|                         |        | Länge [mm]  | Breite [mm] | Höhe [mm] | Ziegel [Stück/m <sup>2</sup> ]        | Mörtel [l/m <sup>2</sup> ] | Ziegel [Stück/m <sup>3</sup> ]        | Mörtel [l/m <sup>3</sup> ] |
| 115                     | DF     | 240         | 115         | 52        | 65                                    | 35                         | 534                                   |                            |
| 115                     | NF     | 240         | 115         | 71        | 50                                    | 30                         | 400                                   | 250                        |
| 115                     | 2 DF   | 240         | 115         | 113       | 32                                    | 22                         | 267                                   | 184                        |
| 115                     | 4 DF   | 240         | 115         | 238       | 16                                    | 16                         | 113                                   | 139                        |
| 115                     | 5 DF   | 300         | 115         | 238       | 13                                    | 15                         | 113                                   | 130                        |
| 115                     | 6 DF   | 365         | 115         | 238       | 11                                    | 15                         | 96                                    | 135                        |
| 115 <sup>a) b)</sup>    | 6 DF   | 372         | 115         | 238       | 11                                    | 10                         | 96                                    | 90                         |
| 175                     | 3 DF   | 240         | 175         | 113       | 32                                    | 35                         | 183                                   | 200                        |
| 175 <sup>a) b)</sup>    | 7,5 DF | 307         | 175         | 238       | 13                                    | 16                         | 74                                    | 91                         |
| 115 <sup>a) b) c)</sup> | 9 DF   | 372         | 175         | 238       | 11                                    | 16                         | 61                                    | 91                         |
| 240                     | NF     | 115         | 240         | 71        | 96                                    | 75                         | 400                                   | 305                        |
| 240                     | 2 DF   | 115         | 240         | 113       | 64                                    | 60                         | 267                                   | 245                        |
| 240                     | 3 DF   | 175         | 240         | 113       | 43                                    | 55                         | 179                                   | 210                        |
| 240                     | 5 DF   | 300         | 240         | 113       | 26                                    | 45                         | 108                                   | 180                        |
| 240                     | 6 DF   | 365         | 240         | 113       | 21                                    | 40                         | 88                                    | 165                        |
| 240 <sup>a) b)</sup>    | 10 DF  | 307         | 240         | 238       | 13                                    | 20                         | 54                                    | 80                         |
| 240 <sup>a) b)</sup>    | 12 DF  | 372         | 240         | 238       | 11                                    | 20                         | 44                                    | 80                         |
| 240 <sup>a) b) c)</sup> | 12 DF  | 372         | 240         | 238       | 11                                    | 125                        | 45                                    | 520                        |
| 240 <sup>a) b))</sup>   | 16 DF  | 497         | 240         | 238       | 8                                     | 20                         | 32                                    | 80                         |
| 300                     | 5 DF   | 240         | 300         | 113       | 32                                    | 60                         | 107                                   | 190                        |
| 300 <sup>a) b)</sup>    | 10 DF  | 247         | 300         | 238       | 16                                    | 25                         | 53                                    | 80                         |
| 365                     | 6 DF   | 240         | 365         | 113       | 32                                    | 70                         | 88                                    | 190                        |
| 365 <sup>a)</sup>       | 6 DF   | 247         | 365         | 113       | 32                                    | 55                         | 88                                    | 145                        |
| 365 <sup>a) b)</sup>    | 12 DF  | 247         | 365         | 238       | 16                                    | 33                         | 44                                    | 80                         |
| 425 <sup>a) b)</sup>    | 14 DF  | 247         | 425         | 238       | 16                                    | 38                         | 38                                    | 80                         |
| 490 <sup>a) b)</sup>    | 16 DF  | 247         | 490         | 238       | 16                                    | 45                         | 33                                    | 90                         |

a) Mauerziegel mit Nut- und Feder-System, unvermörtelte Stoßfuge a ≤ 5 mm  
 b) Planziegel, Höhe abweichend h = 249 mm, Dünnbettmörtel wird in ausreichender Menge vom Ziegelhersteller mitgeliefert  
 c) Füllziegel, Angaben des Mörtelverbrauchs beziehen sich hier auf Füllbeton C12/15 0-16 mit BV  
 d) Der Mörtelbedarf basiert auf Praxisangaben. Individuelle Abweichungen sind nicht auszuschließen.

## 7. Planziegelmauerwerk

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Mauerwerksdruckfestigkeit von einer Reihe von Faktoren abhängt. Unter anderem erhöht sich die Druckfestigkeit des Mauerwerks

- mit jeweils zunehmender Druckfestigkeit des Mörtels und der Mauersteine,
- bei höherer Maßhaltigkeit der Mauersteine,
- bei Verringerung der Lagerfugendicke.

Daneben haben auch Witterungsschutz, Überbindemaß, lagegerechtes Verlegen der Mauersteine, Gleichmäßigkeit der Mörtelfugen sowie die Vollfugigkeit (in der Lagerfuge) entscheidenden Einfluss auf die Mauerwerksdruckfestigkeit.

Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass mit einer Reduzierung der Lagerfugendicke bei gleichzeitiger Erhöhung der Druckfestigkeit des Mörtels in der Lagerfuge auch die Tragfähigkeit des Mauerwerks deutlich zunimmt.

Mit Dünnbettmörtel, der eine Druckfestigkeit von  $> 10 \text{ N/mm}^2$  (Mörtelgruppe M10 nach DIN EN 998-2) aufweist und mit einer Lagerfugendicke von 1 - 3 mm verarbeitet wird, kann eine deutliche Erhöhung der Mauerwerksdruckfestigkeit erreicht werden.

Voraussetzung für die Verarbeitung von Mauerwerk mit Dünnbettmörtel ist Einhaltung erhöhter Anforderungen

an die Grenzabmaße der Höhe sowie an die Planparallelität und Ebenheit der Lagerflächen.

Aus diesem Grund ist die Ziegelindustrie schon vor Jahrzehnten dazu übergegangen, Ziegel nach dem Trocknen und Brennen in den Lagerflächen planeben zu schleifen.

Solche großformatigen Planziegel weisen eine Höhe von 249 mm mit einer Maßgenauigkeit im Toleranzbereich von unter einem Millimeter auf und eignen sich damit bestens für die Verarbeitung im Dünnbettverfahren.

Die Verarbeitung von Planziegeln hat sich in der Praxis bewährt und herkömmliches Mauerwerk aus großformatigen Blockziegeln (Steinhöhe 238 mm), das im Anwendungsfall einschaliger, wärmedämmender Außenwände mit 12 mm dicken Lagerfugen aus Leichtmörtel LM 21 oder LM 36 (mit geringeren Druckfestigkeiten von nur  $5 \text{ N/mm}^2$ ) erstellt wird, weitestgehend ersetzt.

Planziegel werden in der Regel über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen geregelt. Diese Zulassungen beschreiben Mauerwerk aus hochwärmedämmenden Planziegeln und enthalten damit auch Regelungen aller weiteren Systemkomponenten des Mauerwerks, technische Kennwerte sowie Verarbeitungshinweise.



Blockziegelmauerwerk (Steinhöhe 238 mm, Lagerfuge 12 mm)



Planziegelmauerwerk (Steinhöhe 249 mm, Lagerfuge 1 mm)



Planziegelmauerwerk wird im Dünnbettverfahren verarbeitet. Der volldeckelnde Mörtelauftrag in der Lagerfuge erfolgt über ein Auftragsgerät (Mörtelwalze) mit oder ohne Gewebeeinlage (z.B. Glasfilamenteinlage). Durch die Verarbeitung im Anwendungssystem werden auch Ausführungssicherheit und -qualität erhöht.

Gerade bei einschaligen, hochwärmedämmenden Außenwänden erschließen sich durch Planziegelmauerwerk neben höheren zulässigen Druckspannungen eine Reihe weiterer bautechnischer und wirtschaftlicher Vorteile. Durch die Reduzierung des schlecht wärmedämmenden Mörtelanteils um etwa 80 - 90 % verringern sich auch die Wärmebrückeneffekte in den Lagerfugen, so dass eine verbesserte Wärmedäm-

### Empfohlene Verarbeitung

**Die Verarbeitung kann im wesentlichen in zwei Arbeitsschritten unterteilt werden:**

1. Das Anlegen der ersten Steinlage ("Kimmerschicht") im Dickbettmörtel (Mörtelgruppe III)
2. Das Aufmauern aller weiteren Steinlagen von Kimmerschicht bis zum Deckenaufleger im Dünnbettmörtel.



Werkzeug für die Verarbeitung von Planziegeln

mung des Planziegelmauerwerks erreicht wird. Ein vollflächig deckelnder Auftrag des Dünnbettmörtels ist insbesondere bei Aussenwänden zu beachten, da nur so unerwünschte Konvektion im Wandinneren vermieden und die durch die Energieeinsparverordnung geforderte Luftdichtigkeit erhöht wird. Daneben verbessert ein vollflächig deckelndes Mörtelband die Schalldämmung in vertikaler Richtung.

Voraussetzung für eine fachgerechte Ausführung ist das Beachten der in den Zulassungen aufgeführten Anwendungsregeln sowie der Verarbeitungshinweise der Ziegel- und Mörtelhersteller. Ziegelhersteller bieten in der Regel vor Ort eine Einweisung in das Verarbeitungssystem Planziegelmauerwerk als Serviceleistung an.

### Anwendungssysteme

- Volldeckelnde Systeme ohne Gewebeeinlage (z.B. VD-System, Mauertec, Mörtelpad)
- Volldeckelnde Systeme mit Gewebeeinlage (z.B. System V.Plus)
- Nicht volldeckelndes System im Tauchverfahren (z.B. für die Verarbeitung von Plan-Füllziegeln)

### Werkzeug

- Mörtelimer, ca. 35 Liter
- Doppelrührquirl
- Mörtelauftragsgerät in passender Wandstärke (z.B. Mörtelwalze mit Reduziereinsatz für unterschiedliche Wandstärken)
- Sprühflasche mit Trennmittel
- Justierhilfe
- Nivelliergerät
- Aluminium-Abziehlatte, 2 m bzw. 4 m
- Wasserwaage
- Maurerkelle
- Gummihammer
- Cutter (bei Systemen mit Gewebeeinlage)
- Keramikfeile (ggf. für das Einlegen von Flachstahlankern,  $d > 0,7$  mm, in die Lagerfuge)
- Nass-Schneidegerät (wassergeführte Tischkreissäge) oder Trocken-Handschneidegerät ("Alligator")

### Anlegen der ersten Ziegellage

Bei der Verarbeitung von Planziegelmauerwerk ist die erste Ziegellage, die sogenannte Kimmschicht, mit besonderer Sorgfalt anzulegen, da später im Mauerwerk keine weiteren Korrekturen in der Lage der Planziegel vorgenommen werden können. Im Dünnbettverfahren ist mit konstanter Lagerfugendicke von 1 bis 3mm über die gesamte Geschosshöhe zu rechnen.

Die erste Lage Planziegel wird auf einer Ausgleichsschicht aus Normalmörtel der Mörtelgruppe III versetzt, um vergleichbar hohe Druckfestigkeiten wie im darüber liegenden Mauerwerk zu erhalten. Dieser Anlegemörtel entspricht Zementmörtel, der nach der harmonisierten Mörtelnorm DIN EN 998-2 der Mörtelklasse M 10 zugeordnet wird. Die Mörtelschicht unter der ersten Lage dient dem Ausgleich von Unebenheiten, die während des Betoniervorgangs der Bodenplatte oder Geschoßdecken entstanden sind. Das Mörtelbett muss parallel und senkrecht zur

Wandlängsachse waagrecht ausgerichtet sein. Dies kann entweder in herkömmlicher Weise mit Abziehlatte und Nivelliergerät oder mit einer von den Ziegelherstellern angebotenen Justiereinrichtung einfach und sicher ausgeführt werden. Das Setzen der ersten Planziegellage erfolgt im noch frischen Mörtel. Falls dieser bereits abgebunden hat, ist unmittelbar vor Versetzen eine Lage Dünnbettmörtel aufzutragen.

Die waagrechte Abdichtung (Querschnittsabdichtung nach DIN 18195-4) unter der Wand in den untersten Geschossen besteht aus besandeter Bitumendachbahn R500 nach DIN EN 13969, mineralischer Dichtungsschlämme nach DIN 18195-2 oder Material mit mindestens gleichwertigem Reibungsverhalten. In allen weiteren Geschossen übernimmt die o.g. Bitumenbahn am Wandfuß die Aufnahme von Verformungen der Stahlbetondecken aus Schwind- und Kriechvorgängen.



1. Anlegen des Mörtelbettes mit einer Justiereinrichtung



2. Einlegen einer Bitumendachbahn nach DIN 18195 und Herstellen des höhengleichen Mörtelbettes



3. Kontrolle der waagrechteten Lage des Mörtelbettes



4. Lagerechtes Setzen der ersten Lage Planziegel an gespannter Richtschnur

**Herstellung von Mauerwerk aus Planziegeln mit volldeckelnder Lagerfuge aus Dünnbettmörtel**

Nach dem Anlegen der ersten Lage Planziegel auf einer Ausgleichsschicht aus Zementmörtel der Güte M 10 und einer besandeten Bitumenbahn R 500 können nun alle weiteren Ziegellagen im Dünnbettverfahren ausgeführt werden. Für einen sicheren Abtrag von vertikalen und horizontalen Lasten ist ein vollflächiger Mörtelauftrag in der Lagerfuge unabdingbar. Bei der Herstellung und Verarbeitung des Dünnbettmörtels sind die Anweisungen der Mörtelhersteller, die üblicherweise auf der Verpackung abgedruckt sind sowie die Ausführungshinweise der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Mörtel- und Ziegelhersteller, zu beachten.

Dünnbettmörtel braucht nicht gesondert bestellt werden. Er wird von den Ziegelherstellern in ausreichender Menge als Werk trockenmörtel (in der Regel Sackware) mit den palettierten Planziegeln ausgeliefert.



1. Dünnbettmörtel wird nach Anleitung auf dem Gebinde mit Wasser und Quirl klumpenfrei angerührt.

→ Weitere Informationen zu den Anwendungssystemen VD, V.Plus oder Mörtelspad siehe Abschnitt "Putz- und Mauermörtel/Dünnbettmörtel"



2. Vor dem Befüllen mit Dünnbettmörtel wird die Mörtelwalze (hier System V.Plus) mit einem Trennmittel benetzt.



3. In honigartiger Konsistenz wird der frisch angerührte Dünnbettmörtel in das Auftragsgerät gegossen.



4. Durch gleichmäßiges Ziehen der Mörtelwalze (hier: VD-System) wird vollflächig deckelnde Lagerfuge erzeugt.



5. Planziegel werden in der Regel "knirsch" (unvermörtelte Stoßfuge,  $b \leq 5 \text{ mm}$ ) im frischen Dünnbettmörtel versetzt.

## Herstellung von Mauerwerk aus Planziegeln mit Mörtelpads

Mörtelpads bestehen aus Werkrockenmörtel, der durch wasserlöslichen Schmelzkleber zusammengehalten und ein mittig eingebettetes Glasfasergewebe stabilisiert wird.

Mörtelpads sind seit Juli 2015 bauaufsichtlich für die Herstellung von Planziegelmauerwerk zugelassen. Sie ermöglichen eine vollflächige Deckelung der Lagerfugen und kraftschlüssigen Verbund des Mauerwerks. Anmischen von Mörtel und Mörtelauftragsgerät sind nicht erforderlich.

Im erhärteten Zustand sind die Festigkeitseigenschaften des Mörtelbands mit bewährten am Markt verfügbaren Dünnbettmörteln vergleichbar [1]. Mörtelpads sind nicht brennbar (Baustoffklasse A1), weisen Haftscherfestigkeiten von  $> 0,5 \text{ N/mm}^2$  auf, sind wärmedämmend (Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,208 \text{ W/mK}$ ). Bei Verarbeitung sollen Luft- bzw. Oberflächentemperatur zwischen  $+5 \text{ °C}$  und  $+30 \text{ °C}$  liegen.



1. Die Lagerflächen der staubfreien Planziegel sind vor dem Auflegen der Mörtelpads zu befeuchten. Unmittelbar vor der Vermauerung werden die Mörtelpads der Herstellerpackung entnommen und bündig aneinandergereiht aufgelegt.



2. Die Mörtelpads sind für alle Wandstärken verfügbar. Bei Bedarf kann ein Zuschnitt bauseits vorgenommen werden.



3. Nach der vollflächigen Verlegung erfolgt die Bewässerung mit dem "Bewässerungskit" bis das Wannenprofil der Mörtelpads vollständig mit Wasser gefüllt ist.



4. Ist das Wasser nach einer Einwirkzeit von 1-3 Minuten (je nach Umgebungsklima) in die Mörtelpads sichtbar eingezogen, werden die Planziegel ins frische Mörtelbett gesetzt.



5. Mit einem Gummihammer und platzierten Schlägen werden die Planziegel in das Mörtelbett eingearbeitet.



## Herstellung von Mauerwerk aus Planziegeln mit dem System dryfix

Seit 2012 ist das System dryfix in Deutschland bauaufsichtlich zugelassen. Im Gegensatz zur üblichen Herstellung von Planziegelmauerwerk werden hier die Lagerfugen mit einem feuchtigkeithärtendem Einkomponenten-Schaumkleber auf PU-Basis verklebt. Das System ist für Verarbeitungstemperaturen von  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  zugelassen.

Das Dryfix-Ziegelmauerwerk wird auf der üblichen, im Normalmörtel nivellierten ersten Ziegellage erstellt. Der Planziegelkleber wird mit einer speziellen Klebepistole auf die staubfreien Planziegel aufgetragen.

Bei Temperaturen unter  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  müssen die Planziegel trocken sein, bei darüberliegenden Temperaturen sollte die Klebefläche angefeuchtet werden.

Planer und Anwender sind hinsichtlich der Besonderheiten des Anwendungssystems Dryfix Planziegelkleber durch den Zulassungsinhaber zu schulen.



1. Die erste Ziegellage wird wie gewohnt exakt planeben quer und längs zur Wandachse im Dickbettmörtel (Normalmörtel, Mörtelgruppe M 10 nach DIN EN 998-1) angelegt. Vor dem Auftrag des Dryfix-Klebers werden die Lagerflächen von Staub befreit und leicht angefeuchtet, sofern die Umgebungstemperatur  $> 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ist.



2. Vor Gebrauch wird die Dose nach Anleitung kräftig geschüttelt und der Pistolenadapter aufgeschraubt. Danach erfolgt der Auftrag des Dryfix-Klebers auf den Ziegelstegen.



3. Die ca. 3 cm dicken Kleberstränge werden nach Herstellervorgabe mit max. 2 m Vorlauflänge aufgetragen. Tragende Wände werden mit zwei Strängen/Doppelsträngen geklebt.



4. Bei dünnen Innenwänden wird nur ein Kleberstrang wandmittig aufgebracht. Bei Wanddicken  $\geq 15\text{ cm}$  sind zwei Stränge erforderlich.



5. Die Planziegel sind zügig, spätestens nach 3 Minuten aufzusetzen und anzudrücken. Unmittelbar nach dem Aufsetzen kann der Ziegel noch leicht ausgerichtet werden.

### Herstellung von Mauerwerk aus Plan-Füllziegeln mit Dünnbettmörtel im Tauchverfahren

Plan-Füllziegel eignen sich besonders zur Herstellung von Treppenhaus-, Flur-, Wohnungs- und Haustrennwänden sowie von Brandwänden. Nachdem sie geschosshoch aufgemauert wurden, erfolgt das Verfüllen der Hohlkammern mit fließfähigem Beton C12/15, Körnung 0-16 mm. Durch den Verguß der Plan-Füllziegel mit Beton entstehen sehr massive, biegesteife Wände von hoher Rohdichte. Auf diese Weise lassen sich auch hohe Anforderungen an den Schallschutz sicher umsetzen. Durch die hohe Biegesteifigkeit sind sie aber auch für die Ausführung hochbelasteter Pfeiler oder Aussteifungswände bestens geeignet. Plan-Füllziegel werden in der Regel mit mörtelfreien Stoßfugen knirsch versetzt.

Die Lagerfuge wird mit Dünnbettmörtel ausgeführt. Dazu kann der Mörtel wahlweise mit Auftragsgerät (z.B. Mörtelwalze) oder im Tauchverfahren verarbeitet werden. Beim Tauchverfahren wird der Plan-Füllziegel mit der Unterseite in Dünnbettmörtel getaucht, so dass die Lagerfläche vollflächig mit Dünnbettmörtel benetzt ist. Anschließend wird der Füllziegel versetzt. Plan-Füllziegel werden in der Regel mit einem Überbindemass einer halben Steinlänge verarbeitet. Dabei entstehen im Wandinneren durch die übereinanderliegenden Hohlkammern geschosshohe durchgängige Kanäle, die nach Fertigstellung der Wand vorgeätzt und dann vollständig mit dem zuvor genannten fließfähigem Beton vergossen werden.



1. Plan-Füllziegel wird in Dünnbettmörtel getaucht, so dass die Lagerfläche mit Mörtel benetzt ist



2. Mit Dünnbettmörtel benetzte Lagerfläche



3. Plan-Füllziegel wird mit einem Versatz (Überbindemaß) einer halben Steinlänge verarbeitet.



4. Zug- und druckfester Anschluss einer Trennwand mit Beton vergossenen Plan-Füllziegeln durch Maueranker

## 8. Vorgefertigte Wandelemente aus Ziegelmauerwerk

werden nach DIN 1053-4 produziert als:

- Mauertafeln (mit Mauerwerksnorm DIN EN 1996)
- Vergusstafeln (mit Stahlbetonnorm DIN EN 1992)

Der Ziegelmontagebau ist eine seit Jahrzehnten in der Praxis erprobte Bauart, bei der Bauteile als Wand- und Deckenelemente werkmäßig mit Hilfe automatisierter Fertigungsanlagen hergestellt werden, sodass auf der Baustelle in kürzester Zeit das gesamte Bauwerk in seinen raumbildenden Elementen montiert werden kann.

### Vorteile der Vorfertigung

- Kurze Bau- bzw. Montagezeiten
- Termisicherheit im Bauablauf
- Witterungsunabhängige Vorfertigung im Werk
- Konstant hohe Ausführungsqualität aufgrund der maschinen-/robotergestützten Herstellung im Werk in teil-/vollautomatisierten Produktionsprozessen
- Zuverlässige Kostenkalkulation
- Reduzierung der Baustelleneinrichtung und -kosten
- Für Bauunternehmen ist ein Ausbau der Kapazitäten bzw. Kompensation des Fachkräftemangels möglich
- Ergonomische Vorteile für das Baustellenpersonal, da Wandelemente mit Kran verhooben werden. Montagetarbeiten sind auch im hohen Alter ausführbar

### Mauertafeln

stellen den weitaus größten Teil der vorgefertigten Wandelemente dar. Die Herstellung erfolgt in stehender Fertigung als Einsteinauerwerk im Verband unter Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 1996-1-1 oder bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweisen wie z. B. allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ), allgemeine Bauartgenehmigungen (aBG).

Eine Übersicht der aktuell gültigen Verwendbarkeitsnachweise ist beim Güteschutz Ziegelmontagebau e. V. und der Arbeitsgemeinschaft Ziegeldecke erhältlich: → [www.ziegel-fertigteile.de](http://www.ziegel-fertigteile.de)

### Planung

Nach den Ausführungsplänen des Planers erfolgt die Elementierung, das Einteilen der Wände in Wandelemente. Diese werden in entsprechenden Werkzeichnungen für die Produktion bereitgestellt und als Übersicht für die spätere Montage in Positionsplänen zusammengefasst. Alle geometrischen und technischen Besonderheiten wie Öffnungen, Aussparungen, Stürze, Ringbalken, etc. werden in der Planung erfaßt.

Auch der spätere Bauablauf wird bereits vor der Produktion der Wandelemente gemeinsam mit der Arbeitsvorbereitung und Bauleitung abgestimmt und in den Positions- bzw. Montageablaufplänen berücksichtigt.



Vollautomatisierte Produktionsanlage zur Vorfertigung von geklebten Ziegel-Wandelementen



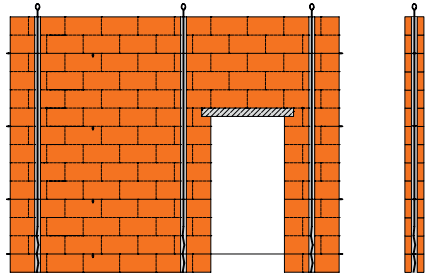
## Herstellung

Die Vorfertigung der Elemente erfolgt in teil- oder voll-automatisierten Anlagen. In der Regel werden Wandlängen von bis zu ca. 7 m hergestellt. Anlagentechnisch sind Längen bis 12 m und Wandhöhen bis 4 m möglich.

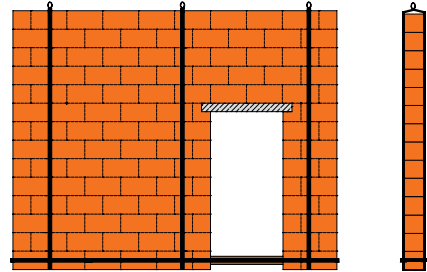
Aktuell werden in den Werken hauptsächlich folgende Fügetechniken angewandt:

- Vorgefertigtes Mauerwerk mit gemörtelter Lagerfuge
- Vorgefertigtes Mauerwerk im Klebeverfahren

Die erste Generation der verwendeten Ziegel unterschied sich durch größere Aussparungen von den üblicherweise auf Baustellen eingesetzten Mauerziegeln. Diese ergeben, in der Mauertafel verarbeitet, senkrecht durchlaufende Kanäle, in die Aufhängebewehrung für den Transport eingebracht und mit Mörtel vergossen wird. Dieses System wird auch heute noch angewendet. Zusätzlich wurde der Einsatzbereich für Mauerziegelprodukte erweitert, so dass auch jede andere Art von Mauerziegeln ohne Vergusskanäle eingesetzt werden kann – also auch Wärmedämmziegel und Schallschutz-Füllziegel. Für diese neuartigen Wandelemente werden alternative Transportsysteme genutzt, z. B. Hebebänder, Sockelelemente oder Aufhängungen mit Tragbolzen.



Mauertafel mit Transportsystem "Aufhängebewehrung in vertikalen Vergusskanälen" als Ansicht (links) und Schnitt (rechts)



Mauertafel mit Transportsystem "Hebebänder"

## Transport und Montage

Der Transport auf die Baustelle erfolgt mit Innenladetransportern. Die Wandelemente werden dabei stehend in speziellen Transportpaletten vor Ort entladen.

Das Montageteam besteht in der Regel aus 2-3 Personen und einem Kranführer. Tragkraft und Standort des Krans sind entsprechend den Wandgewichten und -positionen zu planen. Zu beachten sind die Allgemeine Montageanleitung des Güteschutz Ziegelmontagebau und die Angaben der Hersteller.

Desweiteren sind relevant: DIN 1053-4 und DGUV-Grundsatz der Bau-Berufsgenossenschaft BGG 301-003 "Prüfung und Beurteilung der Transport- und Montagesicherheit von Fertigbauteilen aus Mauerwerk"

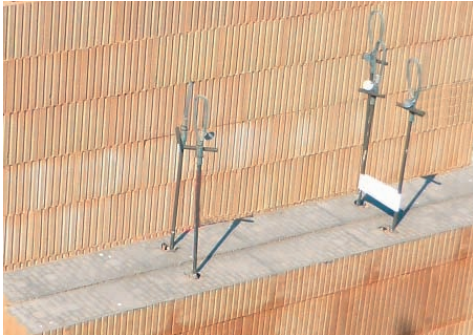
Als Transportsysteme haben sich beispielsweise folgende Anwendungen bewährt:

- Aufhängebewehrungen in vertikalen Vergusskanälen
- Aufhängungen mit Tragbolzen in der untersten Schicht
- Aufhängungen mit Hebebändern



Anlieferung von gemörtelt vorgefertigten Mauertafeln (Transportsystem Vergusskanäle) auf Transportpaletten im Innenlader





*Bilder oben:* Transportsystem "Innenliegende Aufhängung an Bolzen in der untersten Ziegelschicht" nach Zulassung

*Bild rechts:* Versetzen einer geklebten Mauertafel auf Unterlegplatten und Anlegemörtel. Danach werden Montagestützen befestigt und die Bauteilfuge mit Montagekleber verschlossen



### Überwachung und Zertifizierung

Der Güteschutz Ziegelmontagebau e. V. nimmt als anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle die bauordnungsrechtlich geforderte Fremdüberwachung wahr [vgl. MVV TB C 2 bzw. Zulassungen/ Bauartgenehmigungen]. Zusätzlich legt er auf Basis von produktbezogen erarbeiteten QS-Richtlinien eine über die normativen Regelungen hinausgehende Ausführungsqualität von Fertigbauteilen aus Mauerwerk und Ziegeldecken fest und überwacht diese. Mitgliedswerke, die die Ausführungsqualität gemäß den gültigen Richtlinien des Güteschutz Ziegelmontagebau e. V. in der Erstüberwachung erfüllen, erhalten das Ziegelmontagebau-Qualitätssicherungs-Zertifikat (ZMB-QS-Zertifikat). Damit erhält der Hersteller das Recht, die Produkte zusätzlich zum Ü-Zeichen auch mit dem ZMB-QS-Label zu kennzeichnen.



Übereinstimmungszeichen



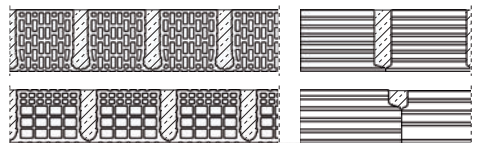
ZMB-QS-Label

### Vergußtafeln

werden liegend in Formkästen vorgefertigt. Der Verbund der Ziegel durch Beton erzielt. Dazu werden ausschließlich Ziegel nach DIN 4159 verwendet, die aufgrund ihrer speziellen Formgebung zu einer Wandseite hin offene Kanäle (Vergusskanäle) aufweisen.

Einige dieser Kanäle werden nach statischen oder konstruktiven Gesichtspunkten auch unter Berücksichtigung von Transport- und Montagelastfällen bewehrt. In die Vergusskanäle werden auch für den Transport erforderliche Seilwellen-, Flachstahl- oder Kugelkopfancker ähnlich wie bei Stahlbetonfertigteilen eingebracht [17].

Vergusstafeln werden in Abhängigkeit von den verwendeten Ziegeln in zwei Arten hergestellt:



Ziegel-Vergusstafeln nach DIN 4159 als Hochlochtafeln mit vollvermörtelten Stoßfugen (Bildreihe oben) und als Rippentafeln mit teilvermörtelte Stoßfugen (Bildreihe unten) als Schnitte (Bildspalte links) und Ansichten (Bildspalte rechts)

## 9. Schlitzte und Aussparungen

Bei Planung, Bemessung und Ausführung von Schlitzten und Aussparungen nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.19 und Tab. NA.20 sind folgende Hinweise zu beachten:

- Schlitzte und Aussparungen, die die Grenzwerte der auf der rechten Seite dargestellten Tabellen einhalten, dürfen ohne Berücksichtigung bei der Bemessung des Mauerwerks, d.h. ohne rechnerischen Nachweis ausgeführt werden.
- Vertikale Schlitzte und Aussparungen sind auch dann ohne Nachweis zulässig, wenn die Querschnittsschwächung, bezogen auf 1 m Wandlänge, nicht mehr als 6 % beträgt und die Wand nicht drei- oder vierseitig gehalten gerechnet ist. Hierbei müssen eine Restwanddicke und ein Mindestabstand nach den Tabellen in o.g. Normen eingehalten werden.

- Alle übrigen Schlitzte und Aussparungen sind bei der Bemessung des Mauerwerks zu berücksichtigen.
- Schlitzte und Aussparungen sollten möglichst großen Abstand zu hoch belasteten Mauerwerksbereichen, wie z.B. Auflagerbereiche, unter Stürzen aufweisen.
- Das Schlitzten schmaler Pfeiler ist zu vermeiden.
- Schlitzte sind mit geeignetem Werkzeug wie z.B. Fräsen herzustellen.

Bei Ziegeln nach bauaufsichtlichen Zulassungen sind mögliche Angaben in den Zulassungen zur Ausführung von Schlitzten und Aussparungen zu beachten.

Daneben liefert die Broschüre „Schlitzte und Aussparungen“ der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerksbau e. V. weitere wichtige Hinweise (→ [www.dgfm.de](http://www.dgfm.de))

### Herstellung von Aussparung und Schlitz für eine Elektroinstallation in Ziegelmauerwerk



Elektrodose anzeichnen und Kernbohrung mit handelsüblicher Bohrmaschine und Diamant-Trocken-Bohrkrone vornehmen.



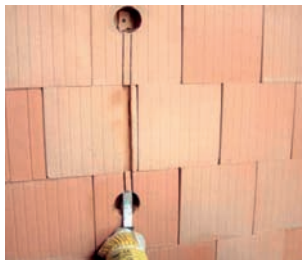
Ziegelreste und Bohrmehl entfernen.



Schlitzten der Ziegel mit der Schlitzfräse.



Spezial-Schlitzfräse mit zwei Diamant-trennscheiben und verstellbarer Schnittbreite und -tiefe.



Vorgesägte Schlitzte mit Hammer und Meißel vorsichtig frei schlagen.



Einlegen der Elektroinstallation in die Schlitzte.

Ohne Nachweis zulässige Schlitzte und Aussparungen in tragendem Mauerwerk

| Horizontale und schräge Schlitzte <sup>1)</sup> in mm, nachträglich hergestellt nach DIN EN 1996-1-1, Tab. NA.20 |                            |                        |                    |
|--|----------------------------|------------------------|--------------------|
| Wanddicke d  | Schlitzlänge               |                        | Schlitztiefe       |
|  | unbeschränkt               | ≤ 1,25 m <sup>2)</sup> |                    |
|  | Schlitztiefe <sup>3)</sup> |                        |                    |
| 115 ≤ d < 149  | - <sup>4)</sup>            |                        | - <sup>4)</sup>    |
| 150 ≤ d < 174  |                            |                        | 0 <sup>3) 4)</sup> |
| 175 ≤ d < 199  | 0                          |                        | ≤ 25               |
| 240 ≤ d < 300  | ≤ 15                       |                        | ≤ 25               |
| 300 ≤ d < 365  | ≤ 20                       |                        | ≤ 30               |
| 365 ≤ d  |                            |                        | ≤ 30               |

keine schrägen oder horizontalen Schlitzte zulässig

- 1) Nur zulässig im Bereich ≤ 0,4 m ober- oder unterhalb der Rohdecke sowie jeweils an einer Wandseite. Nicht zulässig bei Langlochziegel!
- 2) Mindestabstand in Längsrichtung von Öffnungen ≥ 490 mm, vom nächsten Horizontalschlitz zweifache Schlitzlänge.
- 3) Die Tiefe darf um 10 mm erhöht werden, wenn Werkzeuge verwendet werden, mit denen die Tiefe genau eingehalten werden kann. Dabei dürfen auch in Wänden ≥ 240 mm gegenüberliegende Schlitzte mit jeweils 10 mm Tiefe ausgeführt werden.
- 4) Bei vertikal geschlitzten nichttragenden Wänden sind die Grenzmaße nach Tab. 2 bis 4 der DaFm-Richtlinie 1 „Nichttragende innere Trennwände aus Mauerwerk“ für die nächst niedrigere Wanddicke zu entnehmen, z. B. Werte der Wanddicke 70 mm für eine geschlitzte 90 mm dicke Wand

| Vertikale Schlitzte und Aussparungen in mm, nachträglich hergestellt nach DIN EN 1996-1-1, Tab.NA.19 |                            |                                    |                       |
|--|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Wanddicke d  | Schlitztiefe <sup>1)</sup> | Einzel Schlitzbreite <sup>2)</sup> | Abstand von Öffnungen |
| 115 ≤ d < 149  | ≤ 10                       | ≤ 100                              | ≥ 115                 |
| 150 ≤ d < 174  | ≤ 20                       |                                    |                       |
| 175 ≤ d < 199  | ≤ 30                       | ≤ 150                              |                       |
| 240 ≤ d < 300  |                            | ≤ 150                              |                       |
| 300 ≤ d < 365  | ≤ 30                       | ≤ 200                              |                       |
| 365 ≤ d  |                            |                                    |                       |

- 1) Schlitzte, die ≤ 1 m über Fußboden reichen, dürfen bei Wanddicken ≥ 240 mm bis 80 mm Tiefe und 120 mm Breite ausgeführt werden.
- 2) Die Gesamtbreite von Schlitzten darf je 2 m Wandlänge die Maße der zul. Schlitzbreiten vertikaler Schlitzte im gemauerten Verband (siehe Tabelle unten) nicht überschreiten. Bei Wandlängen < 2 m sind diese Werte proportional zur Wandlänge zu verringern.

| Vertikale Schlitzte und Aussparungen in gemauertem Verband in mm nach DIN EN 1996-1-1, Tab.NA.19 |                                |               |                                      |                 |
|--|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------|
| Wanddicke d  | Zulässige Breite <sup>1)</sup> | Restwanddicke | Mindestabstand                       |                 |
|  |                                |               | von Öffnungen                        | untereinander   |
| 115 ≤ d < 149  | -                              | -             | ≥ zweifache Schlitzbreite bzw. ≥ 240 | ≥ Schlitzbreite |
| 150 ≤ d < 174  |                                |               |                                      |                 |
| 175 ≤ d < 199  | ≤ 260                          | ≥ 115         |                                      |                 |
| 240 ≤ d < 300  | ≤ 385                          | ≥ 175         |                                      |                 |
| 300 ≤ d < 365  |                                | ≥ 240         |                                      |                 |
| 365 ≤ d  |                                |               |                                      |                 |

- 1) Zulässige Gesamtbreite von Schlitzten je 2 m Wandlänge. Bei Wandlängen < 2 m sind diese Werte proportional zur Wandlänge zu verringern.

**10. Befestigungstechnik**

soll eine zuverlässige, dauerhafte Verbindung von zu montierenden Anbauteilen und einen sicheren Lastabtrag über die Verbindungsmittel in den Befestigungsgrund leisten.

Tragfähigkeit und Zuverlässigkeit von Verankerungsmitteln werden in hohem Maße von der Art beeinflusst, wie die Verankerungen geplant und montiert werden. Insofern ist es notwendig, die technischen Regeln und Montageanweisungen der Hersteller zu beachten.

Grundsätzlich ist jede Befestigungssituation individuell zu planen. Im bauaufsichtlichen bzw. sicherheitsrelevanten Bereich ist eine ingenieurmäßige Planung von Befestigungen unerlässlich.

Die im Mauerwerksbau gängigsten Arten der Befestigungstechnik sind die Bohrmontage und die Einlegetechnik. Während die Bohrmontage der nachträglichen Befestigung mit Dübelsystemen dient, erfolgt die Verankerung in der Einlegetechnik im Zuge der Mauerwerkserstellung, indem Verbindungsmittel beim Vermauern in den frischen Mörtel der Lagerfuge eingelegt werden, um nach Erhärten des Mörtels eine druck- und zugfeste Verbindung von Wänden sicherzustellen.

**10.1 Bohrmontage**

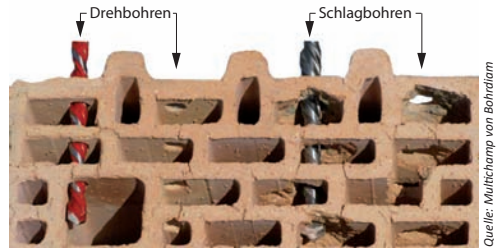
dient der nachträglichen Befestigung mit Verankerung und Kraftübertrag durch Dübelsysteme. Unter dem Hintergrund von Sicherheitsanforderung, Beanspruchung, Untergrundbeschaffenheit und Bauteilgeometrie ist dabei immer am tatsächlichen Objekt zu entscheiden, wie die jeweilige Befestigung auszuführen ist.

Falls die Tragfähigkeit des Untergrundes unbekannt ist, müssen vor allem bei bauaufsichtlich relevanten Befestigungen immer am Objekt durchgeführte Probelastungen, Auszieh- oder Abnahmeversuche Aufschluss über die zulässige Kraftübertragung der gewählten Befestigungsmittel liefern.

Dübelhersteller bieten solche Prüfungen in der Regel als Serviceleistung an. Ebenso stellen sie kostenfrei Berechnungsprogramme für die ingenieurmäßige Berechnung von Dübelbefestigungen zur Verfügung und bieten Fachseminare zur Schulung von Planern und Monteuren an.

**Bohren**

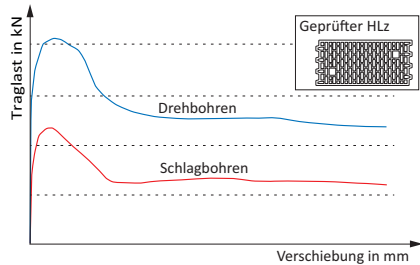
Lochsteine sollten ausschließlich im Drehgang mit einem geeigneten, scharf angeschliffenen Hartmetallbohrer gebohrt werden. Im Gegensatz zum Schlag- oder Hammerbohren wird das Bohrloch dabei ohne jegliche Schlagwirkung erstellt.



Bohrlöcher unterschiedlicher Qualität: Links optimales Bohrloch im Drehbohrverfahren; rechts mangelhaftes Ergebnis des Schlagbohrverfahrens mit Ausbruchkratern an den Rückseiten der Stege des Hochlochziegels

Im Bild oben ist zu sehen, dass Drehbohren bei Lochsteinen erforderlich ist, um zu große Bohrlöcher durch Zerstörung des Verankerungsgrundes bzw. ein Ausbrechen der Stege zu vermeiden. Durch unsachgemäßes Bohren kann die mögliche Lastübertragung um über 50 % reduziert werden.

Bei Mauerziegeln mit höheren Festigkeiten, wie z. B. Klinkern, ist Schlag- oder Hammerbohren notwendig. Zu beachten sind Herstellerangaben und Zulassungen.



Reduzierung der Tragfähigkeit durch Schlagbohren bei einem Kunststoff-Rahmendübel in einem HLZ nach [11]

Für die Herstellung des Bohrlochs sind geeignete Mauerbohrer zu verwenden. Mauerbohrer sind Bohrer mit verschleißfestem Schneidkörper aus Hartmetall, die zur Herstellung von Bohrungen in Beton und Mauerwerk geeignet sind. Dazu zählen Drehbohrer, Schlagbohrer und Hammerbohrer. Für Mauerwerk aus porosierten Hochlochziegeln sind Drehbohrer einzusetzen. Sie sind zur Verwendung von Bohren ohne Schlag besonders gekennzeichnet. Die geprüfte Qualität des Mauerbohrers nach Merkblatt [12] des Fachverband Werkzeugindustrie e. V. wird durch das Gütesiegel PGM-Prüfmarke gekennzeichnet.



PGM-Prüfmarke der Prüfgemeinschaft Mauerbohrer e. V.

**Technische Regeln**

Dübel für Befestigungen im bauaufsichtlich relevanten Bereich dürfen nur mit Verwendungsnachweis angewendet werden, das sind z. B.

- allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ), erteilt durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt),
- europäische technische Zulassung (ETA), erteilt durch das DIBt oder andere Zulassungsinstitute,
- oder eine Zustimmung im Einzelfall.

Zulassungen, die bei Herstellern von Befestigungssystemen erhältlich sind, enthalten alle erforderlichen Regeln zur Auswahl, Bemessung und Ausführung.

Untergeordnete Befestigungen für geringe Lasten, z.B. für Bilder, Lampen, Regale, können auch mit einfachen Dübeln ohne Zulassung hergestellt werden.

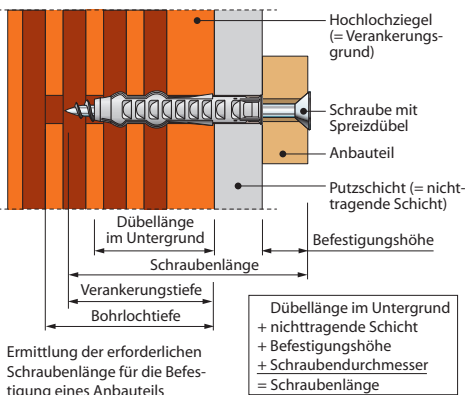
**Kriterien der Dübelauswahl**

- Sicherheitsanforderung: Teil des Tragwerks, Gefahr für Leben und Gesundheit, wirtschaftliche Schäden.
- Untergrund: Mauerwerk, Beton, Leichtbau.
- Geometrie: Abmessungen, Rand- und Achsabstände.
- Beanspruchung: Größe, Richtung (zentrischer Zug, Quer-, Schrägzug), Art (ruhend, nichtruhend), Klima (Temperatur, Feuchtigkeit, Korrosion), Brandschutz.

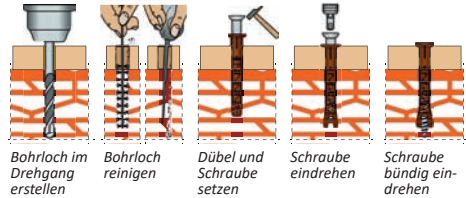
**Wichtige Dübelarten für Ziegelmauerwerk**

**Kunststoffdübel**

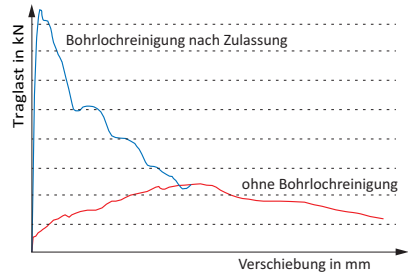
Während des Befestigungsvorgangs werden dem Spreizelement, z. B. Kunststoffdübel, durch Eindrehen der Schraube die Zungen im Spreibereich des Dübels gegen die Bohrlochwand gepresst und sichern so die Kraftübertragung durch Reibung und Formschluss.



Dieser Verankerungsmechanismus funktioniert jedoch nur, wenn das Bohrloch vor Einbringen des Dübels sorgfältig durch Ausblasen gereinigt und die Schraubenlänge richtig gewählt wurde. Zu beachten sind die Setz- und Montageanleitungen der Dübelhersteller:



Eine unzureichende Bohrlochreinigung kann zu starken Lastabminderungen führen - besonders bei Vollsteinen:



Einfluss der Bohrlochreinigung auf die Tragfähigkeit eines Injektionsdübels in einem Vollziegel nach [11]

**Injektionsdübel**

Bei Injektionsdübeln wird eine Gewindeankerstange und eine besonders geformte Innengewindehülse mit Reaktionsharzmörtel durch Verbund (und Formschluss bei Lochsteinen) verankert, ähnlich der Verankerung von Bewehrungsstahl in Beton. Beim Setzen der Dübel entstehen keine Spaltkräfte. Toleranzen werden durch Mörtelüberschuss ausgeglichen.

Injektionsdübel eignen sich besonders für den Einsatz bei Lochsteinen und Einzelbefestigungen. In der Regel können damit höhere Lasten als mit Kunststoffdübeln in den Untergrund eingeleitet werden.

Zu beachten ist, dass auch hier die volle Festigkeit nur nach sorgfältiger Reinigung durch Ausbürsten und Ausblasen sowie erst nach angegebener Aushärtungszeit und Erhärtungstemperatur erreicht wird.



Injektionsdübel mit Gewindeanker

**Befestigung von Fenstern und Haustüren**

Als wohl wichtigstes Hilfsmittel für die Planung und Ausführung von Fenster- und Haustürbefestigungen gilt der "Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren für Neubau und Renovierung" der RAL-Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e. V.

Daneben wurden in den vergangenen Jahren weitere Publikationen veröffentlicht, die diesen Leitfaden aufgreifen und ergänzen, wie z. B.

- Künzlen, Klatecki, Scheller, Becker: "Bauphysikalische und befestigungstechnische Anforderungen an die Montage von Fenster und Türen"; Mauerwerk Kalender 2017, Hrg. W. Jäger, Verlag Ernst & Sohn
- Handbuch der Dübeltechnik – Grundlagen, Anwendung, Praxis; 2013; Adolf Würth GmbH & Co. KG

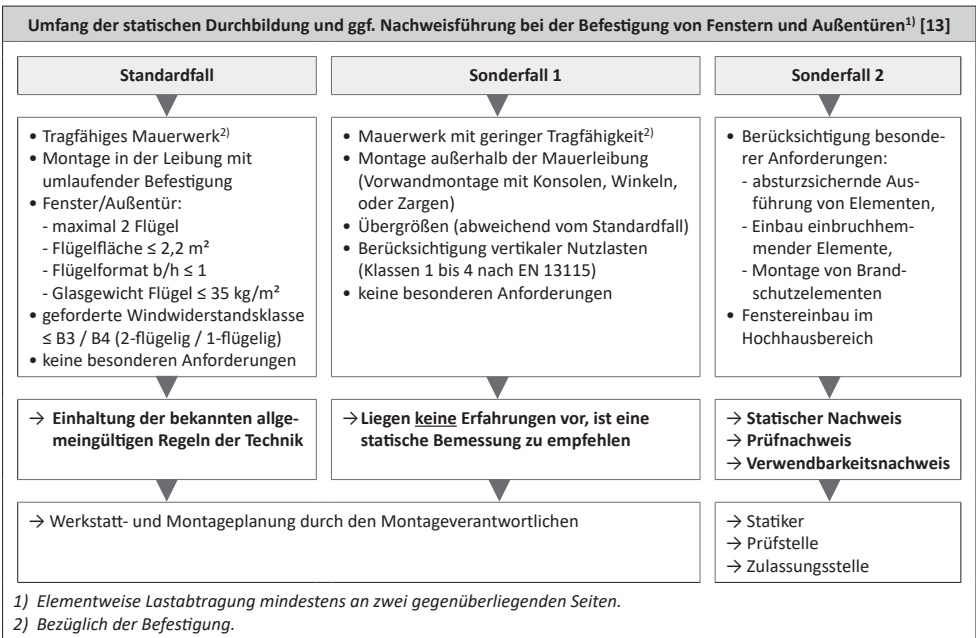
Zur Beurteilung der Rahmenbedingungen für Planung und Ausführung von Fenster-/Türbefestigungen können grundsätzlich drei Fälle unterschieden werden (→ Bild unten). Standardfall und Sonderfall 1 differenzieren in erster Linie Anforderungen bei unterschiedlichen Tragfähigkeiten des vorliegenden Befestigungsuntergrundes und Montagesituationen.



Beispiel eines typischen Befestigungssystems zur spannungsfreien Abstandsmontage von Fenstern in Hochlochziegeln bestehend aus Dübelhülse und Rahmenschraube

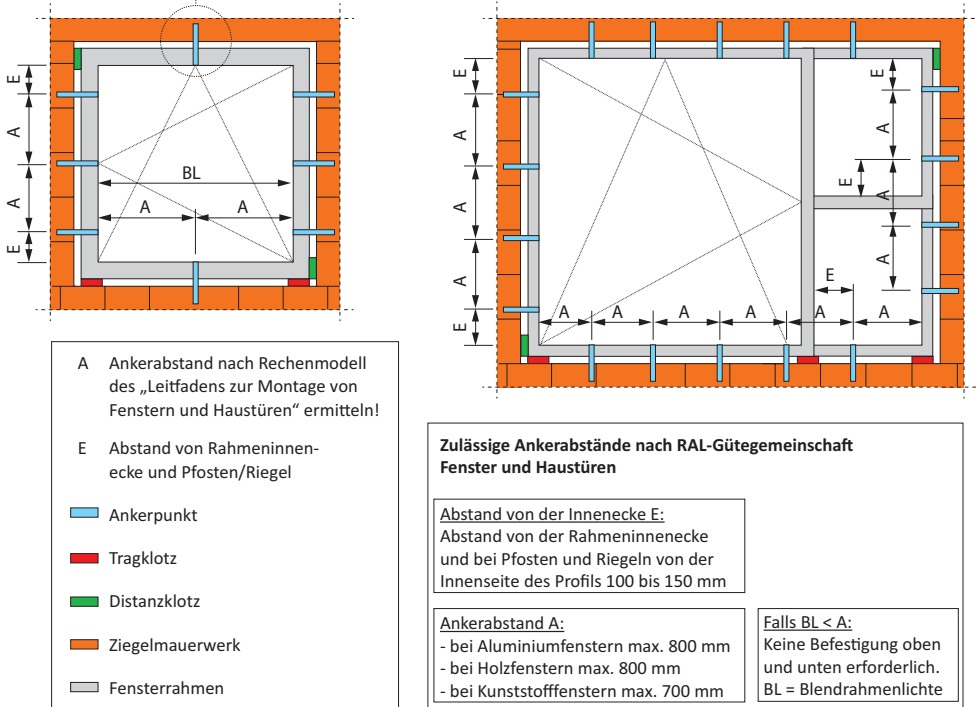
**Grundsätze zum Lastabtrag an Befestigungen**

- Die Befestigung muss alle planmäßig auf die Fenster oder die Tür wirkenden Kräfte sicher in das Tragwerk ableiten.
- Es dürfen keine Kräfte aus dem Bauwerk in Fenster oder Türen eingeleitet werden.
- Die Fensterbefestigung erfolgt unter Inbezugnahme der materialspezifischen Kennwerte der Rahmen- und Wandwerkstoffe, des Lastabtrags, der Befestigungsmittel und der zu erwartenden Belastungen.
- Es sind alle auf die Fenster und Türen einwirkenden Kräfte zu berücksichtigen. Dazu zählen Eigengewicht, Zusatzlasten durch Anbauteile (z. B. Sonnenschutz, Rollläden), Wind- und Schneelasten, vertikale und/oder horizontale Nutz-/Anpralllast, bewegliche Teile (Fensterflügel), mechanische Beanspruchung (z. B. Einbruch), außergewöhnliche Einwirkung (z. B. Brand, Erdbeben), Formänderungen aus Temperatur, Schwinden und Kriechen.





Rollladenkästen kann i. d. R. nicht zum Lastabtrag herangezogen werden. Alternative Maßnahmen notwendig, z. B. oberen Fensterrahmen stärker dimensionieren und Lastabtrag über seitliche Befestigungspunkte.



Anordnung von Distanz- und Tragklötzen sowie Befestigungsabstände von Fenstern nach [13]

Die ständig steigenden energiepolitischen Anforderungen an Gebäude haben in den vergangenen Jahren auch baukonstruktive Konsequenzen erfordert. Wie alle Komponenten der thermischen Systemgrenze Gebäudehülle wurde auch monolithisches Ziegelmauerwerk hinsichtlich des Wärmeschutzes kontinuierlich verbessert. So wurden unter anderem die Ziegelrohndichten reduziert und die Lochungen der Hochlochziegel energetisch optimiert. Neben filigranen Kleinlochungen wurden seit Einführung der Energieeinsparverordnung im Jahr 2002 zunehmend auch Großkammer- und Kleinkammerziegel mit Wärmedämmstoff gefüllt. Beide Varianten haben sich am Markt etabliert. Im Bereich der Fenster haben sich seit Jahrzehnten Mehrscheibenverglasungen durchgesetzt – auf Zweischiebenverglasung folgte Dreischiebenverglasung. Durch die deutliche Erhöhung der Eigengewichte der Fenster und Türen haben sich auch die Anforderungen an Befestigungsmittel und -untergrund geändert.

Insofern ist es für eine zuverlässige Fensterbefestigung notwendig, folgende Grundsätze nach [13] zu beachten:

- Bei Fenstern und Außentüren in Lochfassaden ist in der Regel eine umlaufende, mechanische Befestigung mit geeigneten Befestigungsmitteln unter Einhaltung der Verarbeitungsvorgaben der Hersteller für das eingesetzte Befestigungssystem vorzusehen.
- Bei Rollladenkästen (nicht Vorbaurolläden) ist der obere Blendrahmenteil, der nicht mechanisch befestigt werden kann, statisch freitragend zu dimensionieren und seitlich ausreichend zu befestigen.
- Einsatz und fachgerechte Anordnung geeigneter Trag- und Distanzklötze (keine Holzkeile!), soweit im Befestigungssystem erforderlich, bzw. geeignete Winkel, Konsolen oder Laschen bei auskragender bzw. rückverankernder Montage vor der tragenden Wand.
- Einhaltung der Befestigungsabstände und Abstände aus den Innenecken.

**Befestigung an den Laibungen**

Bei monolithischem Ziegelmauerwerk ist die häufigste Einbauposition des Fensters im mittleren Drittel des Wandquerschnitts vorzufinden. Das entspricht auch der bauphysikalisch sinnvollsten Anordnung.

Für eine zuverlässige Fensterbefestigung wird empfohlen, die Bohrungen für die Befestigungsmittel an Halbsteinen (Anfängerziegel) oder speziell entwickelten Laibungziegeln zu setzen. In diesem Fall stehen auch bei Großkammerziegeln in ausreichender Zahl Innenstege zur Weiterleitung der aus dem Fenster einwirkenden Kräfte zur Verfügung. Voraussetzung ist eine ausreichende Bohrlochtiefe. Bei der Wahl der Befestigungsmittel ist auf abgestimmte Systemkombinationen zu achten. Beispielsweise muss der Schraubentyp zur Dübelhülse passen, aber auch Durchmesser und Längen der beiden Komponenten müssen aufeinander angepasst sein, um eine sichere Kraftübertragung zu gewährleisten. Das ist bei Dübelssystemen nach Zulassung grundsätzlich der Fall. Beim Einsetzen der Dübelhülse in das Bohrloch ist wichtig, dass der Dübel nicht tiefer in das Bohrloch gesetzt wird, da sonst die Gefahr besteht, dass nicht ausreichend im äußeren Ziegelsteg verankert werden kann und damit die übertragbare Last reduziert wird.

Bild oben und Mitte: Hygrothermisch optimaler, mittlerer Fensteranschluß bei ganzem Ziegel mit keramisch verstärktem Kern in der ersten Schicht.

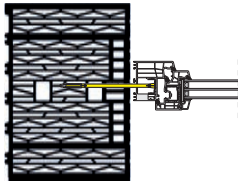
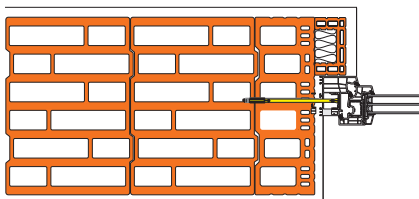
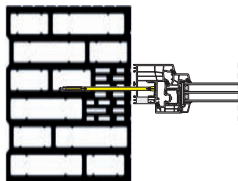
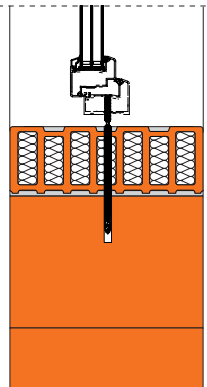


Bild unten: Fensteranschluß mit Halbstein in der zweiten Schicht und mit optionaler Anschlagsschale außenseitig.



**Befestigung an der Brüstung**

Sofern die vorhandene Blendrahmenlichte BL größer ist als der erforderliche Ankerabstand A nach RAL-Leitfaden (→ siehe Bild auf Seite zuvor), ist auch der untere Fensterrahmen an der Brüstung Mauerwerks zu verankern. Eine vertikale Befestigung im Bereich der Innenstege - parallel zur Lochung - ist mit herkömmlicher Standardbefestigung nicht möglich. Allerdings kann bei knirsch versetzten Hochlochziegeln in den unvermörtelten Stoßfugen im Allgemeinen eine ausreichende Tragfähigkeit erreicht werden. Sollten die Lochabstände der Befestigungspunkte vom Stoßfugenraster abweichen, können insbesondere bei Ziegeln mit Kleinlochung auch Injektionsdübel verwendet werden. Daneben existieren in der Praxis weitere Lösungsvorschläge, von denen einige unten dargestellt sind.



*Bilder oben:* Rollschicht aus Anfängerziegeln auf Brüstungsoberkante als optimaler Befestigungsgrund zur Fenstermontage;

*Bilder unten:* Verankerung über Förch V-Lochschiene, die in eine Bohrung in der Brüstung eingeschlagen wird. Übliche Rahmenschrauben werden mit der V-Lochschiene von oben verschraubt.





**Einbau von einbruchhemmenden Bauteilen wie Fenster und Türen**

In DIN EN 1627 sind Anforderungen und Klassifizierungen der Einbruchhemmung verschiedener Bauteile wie z. B. Fenster und Türen beschrieben. Das Regelwerk definiert Widerstandsklassen der Einbruchhemmung anhand eines erwarteten Tätertyps, Täterverhaltens (Anwendung bestimmter Werkzeuge), Risikos und Einsatzortes (Tab. NA.6 → siehe unten).

Um zu gewährleisten, dass einbruchhemmende Bauteile die im Prüfstand nachgewiesenen Eigenschaften auch in der Praxis - im eingebauten Zustand - leisten, sieht DIN EN 1627 eine Zuordnung der Widerstandsklassen von einbruchhemmenden Bauteilen zu umgebenden Mauerwerkswänden vor. Wie Tabelle NA.2 (→ siehe rechts unten) zeigt, sind Mauerwerkswände mit unterschiedlichen Anforderungen an Wanddicke, Druckfestigkeitsklasse, Rohdichteklasse und Güte von Mauer- und Außenputzmörtel festgelegt.

Das Programm der polizeilichen Kriminalprävention des Bundes und der Länder [14] empfiehlt als Grundschutz im sogenannten "Basis-Sicherheitspaket" gegen das Vorgehen von Tätern, die mit einfachen Werkzeugen arbeiten, geprüfte und zertifizierte, einbruchhemmende Fenster- und Türelemente der Widerstands-

klasse RC 2 in Keller- und Erdgeschossen zu verwenden. Für einen verbesserten Schutz ("Premium-Sicherheitspaket") gegen das Vorgehen erfahrener Täter wird der Einbau verstärkt einbruchhemmender Bauteile der Widerstandsklasse RC 3 angeraten.

Tabelle NA.2 (Entwurf) dokumentiert, dass verputztes, hochwärmedämmendes, einschaliges Ziegelmauerwerk mit einer Wanddicke ≥ 365 mm als Untergrund für die Befestigung von einbruchhemmenden Bauteilen der Widerstandsklasse RC 2 geeignet ist. Dabei ist zu beachten, dass die Steindruckfestigkeitsklasse ≥ 6 und die Rohdichteklasse ≥ 0,50 zu wählen ist. Als Putz wird der für wärmedämmendes Ziegelmauerwerk übliche Leichtputz Typ II aufgetragen. Wird zusätzlich ein Armierungsputz mit Gewebeeinlage eingesetzt und eine geeignete Befestigung an der Brüstung gewählt, eignet sich das monolithische Ziegelmauerwerk auch für Bauelemente der Widerstandsklasse RC 3.

Die Eignung von hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk für die Befestigung von einbruchhemmenden Bauteilen in den Widerstandsklassen RC 2 und RC 3 wurde in einem Forschungsvorhaben [15] bestätigt. Untersucht wurde die gesamte Bandbreite der aktuell in Deutschland verwendeten Ziegel für monolithisches Mauerwerk mit U-Werten von 0,18 bis 0,23 W/m<sup>2</sup>K.

| <b>Kriterien für die Auswahl der Widerstandsklasse (Tätertyp, Täterverhalten, Einsatzort, Risiko und Einsatzempfehlung) – Auszug aus Tab. NA.6, E DIN EN 1627 (Mai 2019)</b>   |   |  |                              |
|--|---|--|------------------------------|
| Widerstandsklasse des Bauteils nach DIN EN 1627  | Erwarteter Tätertyp, mutmaßliches Täterverhalten  | Empfohlener Einsatzort des einbruchhemmenden Bauteils  |                              |
|  |   | Wohnobjekte  | Gewerbe, öffentliche Objekte |
| RC 1 N   | Bauteile der Widerstandsklasse RC 1 N weisen einen Grundschutz gegen Aufbruchversuche mit körperlicher Gewalt wie Gegentreten, Gegenspringen, Schulterwurf, Hochschieben und Herausreißen auf (vorwiegend Vandalismus) auf. Sie weisen nur einen geringen Schutz gegen den Einsatz von Hebelwerkzeugen auf. | Falls Einbruchhemmung gefordert: Einsatz von Widerstandsklasse RC 1 N nur bei Bauteilen empfohlen, bei denen kein direkter Zugang (nicht ebenerdig) möglich ist. |                              |
| RC 2 N   | Gelegenheitstäter versucht, zusätzlich mit einfachen Werkzeugen wie z. B. Schraubendreher, Zange, Keile das Bauteil aufzubrechen.   | a)   | a)                           |
| RC 2   |   |  |                              |
| RC 3   | Täter versucht zusätzlich mit einem zweiten Schraubendreher und einem Kuhfuß (= Hebewerkzeug) das Bauteil aufzubrechen.   |  |                              |
| RC 4   | Erfahrener Täter; zusätzlicher Einsatz von Säge- und Schlagwerkzeug (Schlagaxt, Stemmeisen, Hammer, Meißel) bzw. Akku-Bohrmaschine  |  |                              |
| a) Wenn Einbruchhemmung gefordert wird, wird der Einsatz der Widerstandsklasse RC 2 N nur bei Bauteilen empfohlen, bei denen kein direkter Angriff auf die eingesetzte Verglasung zu erwarten ist.   |   |  |                              |
| Legende: <span style="background-color: #00ff00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> geringes Risiko <span style="background-color: #ffff00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"></span> durchschnittliches Risiko <span style="background-color: #ff8c00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"></span> hohes Risiko  |   |  |                              |
| ANMERKUNG: Diese Tabelle stellt lediglich eine ungefähre Orientierung dar. Fachkundige Beratung z. B. durch die örtlichen Beratungsstellen der Polizei, ist unerlässlich. Die Abschätzung des Risikos sollte unter Berücksichtigung der Lage des Gebäudes (geschützt/ungeschützt), Nutzung und Sachwertinhalt auf eigene Verantwortung erfolgen. Bei hohem Risiko sollten zusätzlich geprüfte und zertifizierte Einbruchmeldeanlagen eingesetzt werden. → Weitere Empfehlungen siehe auch: <a href="https://www.polizei-beratung.de/themen-und-tipsps/einbruch/einbruchhemmende-produkte/">https://www.polizei-beratung.de/themen-und-tipsps/einbruch/einbruchhemmende-produkte/</a> |   |  |                              |

Als Erkenntnis aus den Untersuchungen lassen sich folgende Punkte festhalten:

- Wärmedämmziegel der Wanddicke  $\geq 365$  mm sind mit Druckfestigkeitsklasse  $\geq 6$  und Rohdichteklasse  $\geq 0,50$  uneingeschränkt für die Widerstandsklassen RC 2 und RC 3 einsetzbar. Das gilt sowohl für verputzte Wärmedämmziegel mit Großkammerlochung wie auch mit filigraner Kleinlochung.
- Die Montage des einbruchhemmenden Elements erfolgt im mittleren Wanddrittel.
- Die Art der Montage und die verwendeten Befestigungsmittel können erheblichen Einfluss auf die Widerstandsdauer haben.
- Mit steigender Anzahl der Befestigungsmittel erhöht sich der Widerstand auf einen Angriff gegen die Befestigungsmittel.
- Das Aufbringen von Leichtputz Typ II an den Außen- und der Laibungen erhöht ebenfalls den Widerstand.
- Eine Gewebeeinlage zwischen Unterputz und Oberputz, die an Wand- und Laibungsaußenseite eingebaut wird, wirkt sich ebenfalls günstig aus (→ siehe Bilder rechts).



Beschädigungen nach mechanischem Angriff auf Fenster der Widerstandsklasse RC 2: → Bild oben: Rechte Laibungsseite ohne Armierungsputz mit Gewebeeinlage; → Bild unten: Linke Laibungsseite mit Armierungsputz mit Gewebeeinlage



| Zuordnung der Widerstandsklassen von einbruchhemmenden Bauteilen zu umgebenden Mauerwerkswänden nach DIN EN 1996 oder DIN 1053-1 – Auszug aus Tab. NA.2, E DIN EN 1627 (Mai 2019) |                              |   |                                  |   |
|---|------------------------------|---|----------------------------------|---|
| Widerstandsklasse des Bauteils nach DIN EN 1627   | Wanddicke (ohne Putz) in mm  | Druckfestigkeitsklasse der Steine (DFK) | Rohdichteklasse der Steine (RDK) | Mindestanforderung an Mauermörtel, Außenputzmörtel und sonstige <sup>e)</sup>         |
| RC 1 N<br>RC 2 N<br>RC 2  | $\geq 115$                   | $\geq 12$                               | -                                | MG II / DM  |
|   | $\geq 240$ <sup>b), f)</sup> | $\geq 6$ <sup>b), f)</sup>              | $\geq 0,8$ <sup>b), f)</sup>     | MG II / DM sowie Außenputz <sup>d)</sup>  |
|   | $\geq 360$ <sup>b)</sup>     | $\geq 6$ <sup>b)</sup>                  | $\geq 0,50$ <sup>b)</sup>        | MG II / DM sowie Außenputz <sup>c)</sup>  |
| RC 3  | $\geq 115$                   | $\geq 12$                               | -                                | MG II / DM  |
|   | $\geq 240$ <sup>b), f)</sup> | $\geq 6$ <sup>b), f)</sup>              | $\geq 0,8$ <sup>b), f)</sup>     | MG II / DM sowie Außenputz <sup>d)</sup> und geeignete Brüstungsbildung <sup>g)</sup> |
|   | $\geq 360$ <sup>b)</sup>     | $\geq 6$ <sup>b)</sup>                  | $\geq 0,50$ <sup>b)</sup>        |   |
| RC 4  | $\geq 240$                   | $\geq 12$                               | -                                | MG II / DM  |
| RC 5  | $\geq 240$                   | $\geq 20$                               | $\geq 1,8$                       | DM  |
| RC 6  | $\geq 240$ <sup>a)</sup>     |   |                                  |   |

a) Anwendbar auf Formate der Höhe 238 mm, 498 mm, 623 mm und 648 mm.  
 b) Gültig für Planziegel nach DIN EN 771-1 oder allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung. Montage des Bauteils im mittleren Drittel der Wand.  
 c) Erforderlich sind außen mindestens 20 mm Leichtputz Typ II der Druckfestigkeit CS II.  
 d) Erforderlich sind außen mindestens 20 mm Leichtputz Typ II der Druckfestigkeit CS II und zudem mindestens 5 mm Leichtputzmörtel der Druckfestigkeit CS III mit eingelegtem Armierungsgewebe als Oberputz.  
 e) Der Außenputz ist auf der Wandfläche und in der Laibung bis zum Blendrahmen des Fensters aufzubringen.  
 f) Anwendbar nur auf Plan-Hochlochziegel mit Lochung B nach DIN 20000-401.  
 g) Geeignete Brüstungsbildung ist z. B. die Anordnung eines gedreht eingebauten Wärmedämmsturzes, Anordnung massive Fensterbank etc.

**Befestigungen im bauaufsichtlich relevanten Bereich**

sind z. B. Befestigungen von Vordächern, absturzsichernden Geländern, absturzsichernden Fensterelemente und Verglasungen nach DIN 18008-4.

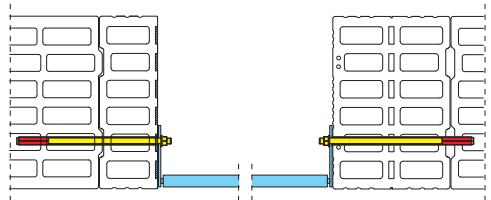
Befestigungen im bauaufsichtlich relevanten Bereich dürfen nur nach ingenieurmäßiger Planung gemäß Zulassung (abZ oder ETA) oder Zustimmung im Einzelfall von geschulten Monteuren ausgeführt werden.

Im Gegensatz zu nicht bauaufsichtlich relevanten, untergeordneten Befestigungen wie z. B. für einfache Wandregale, wird im bauaufsichtlich relevanten Bereich erwartet, dass Befestigungen das bauordnungsrechtliche Schutzziel (vgl. MBO §3 (1)) gewährleisten. Sie tragen dazu bei, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen in baulichen Anlagen nicht gefährdet werden.

**Befestigung absturzsichernder Bauteile**

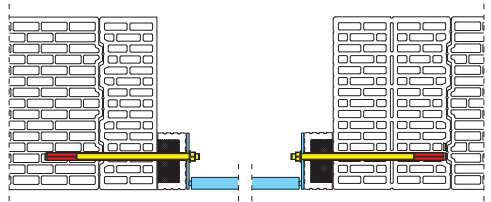
Bauelemente und Verglasungen übernehmen die Funktion einer absturzsichernden Umwehung (Geländer), wenn diese unterhalb der Brüstungshöhe eingebaut werden und einen bestimmten Höhenunterschied zwischen Fußboden (Raumseite) und angrenzender Geländeoberkante (Außenseite) überschreiten. Die maßgeblichen Brüstungshöhen (zwischen 0,8 m und 1,2 m) und Höhenunterschiede > 1,0 m (in Bayern > 0,5 m) sind in den Landesbauordnungen der Länder geregelt.

Es gelten baurechtliche Anforderungen an die Absturzsicherung des Elements inkl. der Befestigungsmittel zum Baukörper. Sie müssen „geregelt“ sein oder einen Verwendbarkeitsnachweis (abZ/ETA, abP, ZiE) haben. Es sind zwei Nachweise zur Tragsicherheit zu führen (statische und stoßartige Einwirkungen) einschließlich der Verankerung im tragenden Baugrund. Das System sollte als „Befestigungskette“ verstanden werden, die vom Glas über den Fensterflügel/-rahmen bis zum Mauerwerk reicht. Das gilt auch, wenn Geländer am Fensterrahmen und nicht in der Wand befestigt sind [16].



*Bild oben:* Befestigung eines absturzsichernden Geländers im Bereich eines Laibungsziegels mit Großkammerlochung.

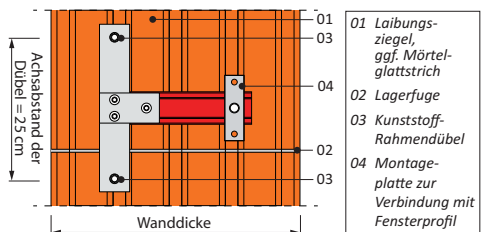
*Bild unten:* Befestigung eines absturzsichernden Geländers im Bereich eines Laibungsziegels mithilfe einer verstärkten Ziegel-Anschlagschale.



*Beispiele für die Befestigung von absturzsichernden Geländern. Links: Befestigung am Fensterrahmen. Rechts: Befestigung an der Außenseite des verputzten Mauerwerks*

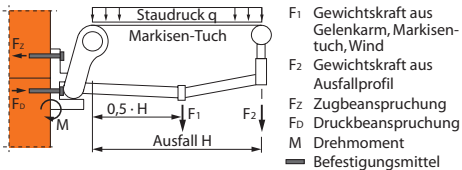
Wie die Beispiele zeigen, existieren diverse Lösungsvorschläge für die Befestigung von absturzsichernden Bauteilen in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk. Wichtig ist die ingenieurmäßige Planung mit rechnerischem Nachweis der Tragfähigkeit gemäß Eurocode 1, DIN 18008-4 bzw. ETB-Richtlinie sowie die fachgerechte Montage durch geschultes Personal.

*Beispiel für eine Befestigung in der Laibung von monolithischem Ziegelmauerwerk, auf Höhe der Holmlast (Brüstungshöhe) mit einer W-ABZ-Konsole (rot) und Querplatte zur Lastverteilung auf zwei Kunststoff-Rahmendübel:*



**Befestigung von Gelenkarmmarkisen**

- Es dürfen in der Regel nur Befestigungsmittel nach Zulassung (abZ oder ETA) verwendet werden.
- Im Außenbereich Dübel aus rostfreiem Stahl A4, in Meerwassernähe korrosionsbeständiger HCR-Stahl.
- Statische Berechnung erforderlich! Beanspruchung der Dübel ist abhängig von Windlast (Staudruck q), Tuchbreite, Ausfall und Eigengewicht der Markise.
- Weitere wichtige Hinweise → *Technische Regeln: DIN EN 13561, Richtlinien Industrieverband Technische Textilien, Rollläden, Sonnenschutz e.V. (ehem. Bundesverband Konfektion Technischer Textilien)*



Beanspruchungen der Befestigungsmittel einer Gelenkarmmarkise

**Befestigung von Gerüstankern**

- Die Dübellasten sind den Aufbau- und Verwendungsanleitungen, Montageanleitungen der Zulassungen für die Fassadengerüste oder statischen Berechnungen zu entnehmen. Verankerungen sind fortlaufend mit Gerüstaufbau einzubauen.
- Bei Gerüsten mit Netz- oder Planenbehang sind sehr hohe Dübelzugbeanspruchung (> 5 kN) möglich!
- Befestigung in Mauerwerk mit Gerüstösenchrauben i.d.R. nur nach erfolgreich durchgeführten Probebelastungen an mindestens 5 Dübeln.
- Weitere wichtige Hinweise → *Technische Regeln: Handlungsanleitung der Berufsgenossenschaft Bau.*



**Weiterführende Hinweise und Literatur**

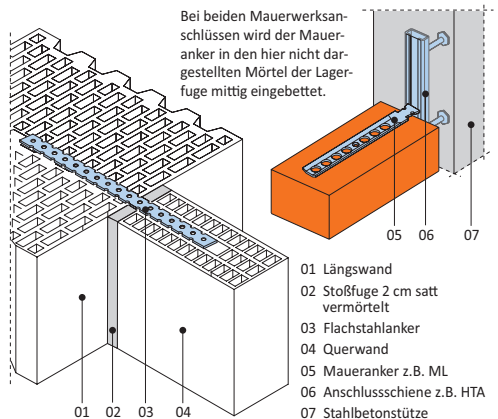
- Küenzler, J.: *Verankerung von Fassadengerüsten. In: Mauerwerk-Kalender 2014*
- Müller, M; Scheller, E.: *Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau. In: Mauerwerk-Kalender 2011*
- BG Bau, *Berufsgenossenschaft Bau: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- u. Schutzgerüsten*
- Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): *Leitfaden "Hinweise für die Montage von Dübelverankerungen"*

**10.2 Einlegetechnik**

Befestigungsmittel wie Flachstahl-, Mauer- oder Luftschichtanker werden bei der Mauerwerksherstellung in die Mörtelfugen eingelegt und sichern so die Halterung und Kraftübertragung zwischen Wänden.

**Flachstahlanker bzw. Maueranker**

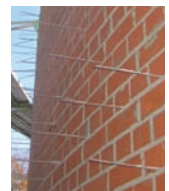
dienen der vertikalen Halterungen von Querwänden. Unverschiebliche Halterung vertikaler Wandränder darf nur angenommen werden, wenn austeifende Wand und Querwand aus Baustoffen mit annähernd gleichem Verformungsverhalten gleichzeitig im Verband hochgeführt werden und ein Abreißen der Wände infolge stark unterschiedlicher Verformung nicht zu erwarten ist oder wenn andere Maßnahmen die zug- und druckfeste Verbindung sichern. Die Anzahl der notwendigen Mauerverbinder ergibt sich aus nach bauaufsichtlichen Zulassungen der Mauerverbinder in Abhängigkeit der aufzunehmenden Last sowie den zulässigen Kräften. Je Wandverbindung sind in den Drittelpunkten der Wandhöhe je ≥ 2 Mauerverbinder anzuordnen.



Befestigung einer Querwand, z.B. Aussteifungswand, an Außenwand mit Flachstahlanker und Befestigung von Mauerwerk an Stahlbetonstütze mit Maueranker an einbetonierte Ankerschiene

**Luftschichtanker**

werden zur Verankerung von Verblendmauerwerk an der Tragschale zweischaliger Außenwände eingesetzt. Die Planung und Ausführung von Luftschichtankern ist in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Hierzu siehe auch Kapitel "Zweischalige Ziegelaußenwände"



Luftschichtanker an der Innenschale von zweischaligem Mauerwerk

**TRAGENDE WÄNDE**

Wände, die mehr als ihre Eigenlast aus einem Geschoss zu tragen haben, sind stets als tragende Wände anzusehen.

Tragende Wände sind überwiegend auf Druck beanspruchte, scheibenartige Bauteile zur Aufnahme vertikaler Lasten, wie z. B. Eigen- und Verkehrslasten darüberliegender Geschosse, sowie horizontaler Lasten, z. B. Wind.

Aussteifende Wände gelten daher stets auch als tragende Wände, da sie mehr als ihr Eigengewicht, nämlich zusätzlich beispielsweise Horizontallasten aus den auszusteienden Längswänden und darüberliegenden Decken, abzutragen haben.

Die Mindestwanddicke muss so groß sein, wie dies für eine standsichere Wand erforderlich ist (vgl. DIN EN 1996-1-1, Nr. 8.1.2).

Tragende Innen- und Außenwände sind mit einer Mindestwanddicke von  $t_{min} = 11,5$  cm auszuführen, sofern nicht hinsichtlich Standsicherheit, Bauphysik oder Brandschutz größere Wanddicken erforderlich sind.

Eine tragende Wand muss mindestens eine Nettoquerschnittsfläche von  $0,04$  m<sup>2</sup> unter Berücksichtigung von Schlitzten und Aussparungen besitzen (vgl. DIN EN 1996-1-1, Nr. 8.1.3).

Schlitzte und Aussparungen dürfen die Standsicherheit einer Wand nicht beeinträchtigen.

| Erforderliche Mindestquerschnittsfläche A bei Mauerwerk |                            |
|---|----------------------------|
| Tragender Pfeiler                                       | Tragende Wand              |
| $400 \text{ cm}^2 \leq A < 1000 \text{ cm}^2$           | $A \geq 1000 \text{ cm}^2$ |

| Zulässige Längen l tragender Pfeiler und Wände |  |                        |
|--|--|------------------------|
| Wanddicke                                      | Pfeiler ("kurze Wand")                   | Wand                   |
| 11,5 cm  | $35 \text{ cm} \leq l < 87 \text{ cm}$   | $\geq 87 \text{ cm}$   |
| 17,5 cm  | $23 \text{ cm} \leq l < 57,5 \text{ cm}$ | $\geq 57,5 \text{ cm}$ |
| 24,0 cm  | $17 \text{ cm} \leq l < 42 \text{ cm}$   | $\geq 42 \text{ cm}$   |
| 30,0 cm  | $14 \text{ cm} \leq l < 33,5 \text{ cm}$ | $\geq 33,5 \text{ cm}$ |
| 36,5 cm  | $11 \text{ cm} \leq l < 27,5 \text{ cm}$ | $\geq 27,5 \text{ cm}$ |

**1. Monolithische (einschalige) Ziegelaußenwände**

Außenwände müssen eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen. Neben den bauordnungsrechtlich relevanten Aspekten wie Standsicherheit, Brandschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz und Erschütterungsschutz werden zunehmend auch übergeordnete Kriterien wie beispielsweise Ökologie, Wertbeständigkeit, Schadstoff- und Emissionsfreiheit nachgefragt.



Ziegel hat sich aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften seit Jahrtausenden als Wandbaustoff bewährt. Dabei wurden Mauerziegel gerade in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder den fortwährend ansteigenden Anforderungen angepasst.

Im Rahmen der zunächst politisch und mittlerweile auch gesellschaftlich geforderten Energiewende wurde die Wärmedämmung moderner Mauerziegel soweit vorangetrieben, dass zum derzeitigen Stand alle aktuellen Energiestandards bis hin zu energieautarken Gebäuden in monolithischer Bauweise ohne zusätzliche Außendämmung ausführbar sind. Somit gelingt es mit dem einfachen Wandaufbau einer einschaligen Ziegelaußenwand, äußerst kostengünstig den Wärmeschutz von Neubauten zu erhöhen und den Energiebedarf deutlich abzusenken. Gleichzeitig wurde auch die Schalldämmung und die Tragfähigkeit von Wärmedämmziegeln deutlich optimiert.

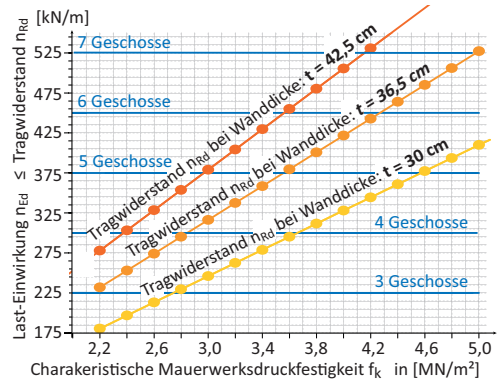


In Zeiten von hohem Wohnungsbedarf lassen sich mit Wärmedämmziegeln der neuesten Generation kostengünstig flächensparende Geschoßwohnungsbauten errichten, die über viele Jahrzehnte beinahe wartungsfrei unsere Stadtbilder prägen.

Die erhöhten Anforderungen des mehrgeschossigen Bauens erfüllen moderne Wärmedämmziegel überdurchschnittlich gut. Die am Markt verfügbaren Produkte decken mit unterschiedlichen Lochbildern und Dämmstofffüllungen folgendes Leistungsspektrum ab:

- Mauerwerksdruckfestigkeit:  $f_k$  bis 5,3 MN/m<sup>2</sup>
- Schalldämmung:  $R_w = 48$  bis 52 dB
- Wärmeschutz:  $\lambda = 0,065$  bis 0,11 W/(mK)
- Brandschutz: bis REI 90-M (ehem. F90 Brandwand)

Der einfache Aufbau von monolithischen Ziegelaußenwänden besteht aus mineralischem Innenputz, Ziegelmauerwerk und mineralischem Außenputz (Leichtputz). Zusätzliche außen aufgebrachte Wärmedämmung ist nicht notwendig. Dies erleichtert die Ausführung schadsensibler Details und verleiht eine hohe Langlebigkeit.



Die Tragfähigkeitsanalyse oben verdeutlicht, dass mit modernen Wärmedämmziegel und typischen Außenwanddicken von 36,5 bis 42,5 cm im Regelfall 5- bis 6-geschossige Gebäude ausführbar sind. Voraussetzung ist ein mauerwerksgerechter Gebäudeentwurf.

Bei optimaler Grundriss- und Fassadenplanung sind auch 7- und 8-geschossige Ziegelbauwerke möglich.



*Beispiel: 6-geschossiges Mehrfamilienhaus, Baujahr 2019 mit folgenden bauphysikalischen / statischen Anforderungen:*

- **Energiestandard:**  
KfW-Effizienzhaus-55
- **Wärmeschutz:**  
monolithische Außenwand mit  
 $U_{AW} = 0,20$  W/m<sup>2</sup>K  
 $d = 0,425$  m  
 $\lambda = 0,09$  W/mK
- **Schallschutz:**  
Erhöhter Schallschutz
- **Brandschutz:**  
Alle tragenden Wände feuerbeständig REI90
- **Statik:**  
Mauerwerksdruckfestigkeit  $f_k \geq 4,5$  N/mm<sup>2</sup>

## 2. Kelleraußenwände

Die Nutzung moderner Keller kann überwiegend als wohnraumähnlich angesehen werden. Diese hochwertigen Nebenräume erweitern den Lebensraum und steigern den Wert des Hauses.

Kellermauerwerk aus Ziegel schafft behagliche Raumqualität. Unter Beachtung der anerkannten Regeln der Technik ist es sicher plan- und ausführbar. Neben DIN EN 1996 für den Nachweis der Standsicherheit von Kelleraußenwänden (→ *Abschnitt Bemessung*) sind unter anderem auch DIN 18533 (→ *Abschnitt Feuchteschutz*) für eine fachgerechte Abdichtung und DIN 4108 bzw. DIN 18599 für den Wärmeschutz zu beachten. Sofern Kellerräume beheizt werden, sind diese in die Berechnungen nach Energieeinsparverordnung einzubeziehen.

Kelleraußenwände sind ebenfalls einschalig, ohne zusätzliche Wärmedämmung ausführbar. Aufgrund der ständigen Horizontallasten aus Erddruck wird für Kelleraußenwände aus Planhochlochziegeln eine Wanddicke  $t \geq 365$  mm empfohlen.



### Hinterfüllen des Arbeitsraumes

Die Annahmen der statischen Berechnung sind auch bei der Ausführung zu beachten. Dies betrifft besonders den Zeitpunkt der Auffüllung des Arbeitsraumes:

- Eine Hinterfüllung des Arbeitsraumes ist erst möglich, wenn der rechnerisch angesetzte, auf die Kelleraußenwände wirkende Mindestwert der ständigen Auflast  $N_{Ed,min}$  nach DIN EN 1996 voll erreicht ist. Besondere Aufmerksamkeit ist bei großen Fenster- und Türöffnungen direkt über der zu bemessenden Kelleraußenwand notwendig, da dort die notwendigen Auflasten fehlen und gegebenenfalls konstruktive Ersatzmaßnahmen notwendig sind.
- Im vereinfachten Bemessungsmodell nach DIN EN 1996-3 wurde eine ruhende Nutzlast auf Geländeoberkante von  $5 \text{ kN/m}^2$  berücksichtigt (Gerüstlast). Daneben sind zusätzliche Einzellasten  $\geq 15 \text{ kN}$  näher als  $1,5 \text{ m}$  an der Wand auszuschließen. Das bedeutet, dass der Arbeitsraumbereich nicht direkt durch Baustellenfahrzeuge, Mörtelsilos etc. belastet werden darf, da die hieraus resultierenden Lasten zu einer erheblichen Überschreitung der zugrunde gelegten Annahmen führen würden.

- Sofern die Bemessung der Kelleraußenwände nach DIN EN 1996-3 erfolgt, ist zu gewährleisten, dass bei Verfüllung und Verdichtung des Arbeitsraumes nur nichtbindiger Boden gemäß DIN 1054 und nur Rüttelplatten oder Stampfer mit folgenden Eigenschaften eingesetzt werden:
  - Breite des Verdichtungsgerätes  $\leq 50 \text{ cm}$
  - Wirktiefe  $\leq 35 \text{ cm}$
  - Gewicht  $\leq \text{ca. } 100 \text{ kg}$  bzw. Zentrifugalkräfte  $\leq 15 \text{ kN}$

Anderenfalls sind entsprechende Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit während des Einbaus der Verfüllmassen zu ergreifen. Bei der Bemessung von Kelleraußenwänden nach der vereinfachten Methode nach DIN EN 1996-3 wird von einem Erddruckbeiwert von  $0,33$  ausgegangen. Sollte dieser beispielsweise aufgrund einer höheren Verdichtung überschritten werden, ist ein gesonderter statischer Nachweis zu führen.

- Die Dicke der Schüttlagen ist auf die Wirktiefe des Verdichtungsgerätes abzustimmen.
- Beim Verfüllen und Verdichten des Arbeitsraumes ist die Abdichtung vor Beschädigungen zu schützen.

### 3. Freistehende Ziegelmauern

#### Gründung

ist frostfrei, mindestens 80 cm tief auszuführen.

#### Feuchtigkeitssperren

Abdichtung wie Bild unten. Von Oberkante Gründung bis 10 cm oberhalb des Erdreichs ist mit Sperrmörtel <sup>a)</sup> zu mauern. Erdberührte, vertikale Mauerwerksflächen sind ebenfalls gegen Bodenfeuchtigkeit abzudichten.

#### Vermauerung

Sofern freistehende Mauer unverputzt bleibt, muss sie frostbeständig, also aus Klinker oder Vormauerziegel sein. Dies gilt auch, wenn Anstrich oder Schlämplputz vorgesehen ist. Auch hier gelten die Ausführungsregeln nach Abschnitt 9, DIN 1053-1. Aufgrund hoher Witterungsbeanspruchung ist in einem Arbeitsgang mit dem Vermauern zu verfugen. Für den Schutz der Mauerwerkskrone vor Witterungseinflüssen sind z.B. liegende Rollschichten aus Klinker (Vollsteine) mit seitlichem Gefälle und Vermörtelung mit Sperrmörtel <sup>a)</sup> geeignet. Die Lagerfuge unter der Rollschicht ist ab-

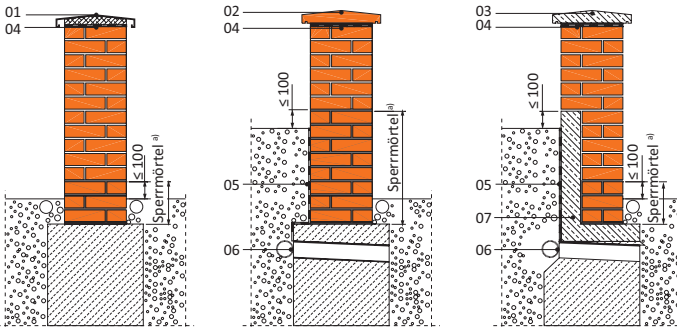
zudichten und die oberste Lage nach Möglichkeit aus Vollsteinen zu vermauern. Verwendung finden auch Dachziegel oder speziell für diesen Zweck entwickelte Mauerabdeckziegel. Abdeckungen sind mit beidseitigem Überstand und Tropfnase auszuführen.

#### Dehnungsfugen

Gegen andere Bauteile sind Trennfugen anzuordnen. Daneben sind im Abstand von 10–12 m, bei dunklen Steinen bzw. Süd-/West-Orientierung ca. 6 m Dehnungsfugen im Mauerwerk, in der Mauerwerksabdeckung alle 3–6 m sowie in der Gründung bei 20–24 m vorzusehen. Bei setzungsgefährdeten oder unterschiedlich tragfähigen Böden sind geringere Abstände der Dehnungsfugen erforderlich.

#### Statik

Für die Standsicherheit freistehender Mauern ist die erforderliche (1,5-fache) Kippsicherheit (Lastfall Wind) maßgebend. Zulässige Mauerhöhen in Abhängigkeit von Wanddicke und Eigengewicht siehe Tabelle unten.



- 01 Mauerwerksabdeckung aus Blech mit darunterliegender Holzbohle
- 02 Mauerwerksabdeckung mit einer Rollschicht aus Ziegel-Formsteinen, vermauert mit Sperrmörtel <sup>a)</sup>
- 03 Mauerwerksabdeckung aus Betonplatten (z.B. als Fertigteilenelement)
- 04 Bitumendachbahn
- 05 Bitumendickbeschichtung, ggf. mit Dränplatte
- 06 Bei Hangwasser Drainung
- 07 Bei ansteigendem Gelände aufgrund hohen Erdrucks Stahlbeton-Winkelstütze (ggf. als Fertigteilenelement)

a) Sperrmörtel ist durch farblose chemische Zusätze im Anmachwasser (z.B. Haftemulsion) wasserundurchlässig eingestellter Vormauermortel

| Ziegelart und Rohdichte in kg/dm <sup>3</sup> | Eigen-gewicht in kg/m <sup>3</sup> | Richtwerte für die zulässigen Höhen freistehender Mauern in m bei Wanddicke d in mm <sup>a)</sup> |      |            |      |            |      |            |      |
|---|------------------------------------|---|------|------------|------|------------|------|------------|------|
|   |                                    | d = 365 mm  |      | d = 300 mm |      | d = 240 mm |      | d = 175 mm |      |
|   |                                    | a   | b    | a          | b    | a          | b    | a          | b    |
| KMz ≥ 1,9                                     | 2000                               | 3,36  | 2,96 | -          | -    | 1,96       | 1,28 | -          | -    |
| VMz 1,8                                       | 1800                               | 3,09  | 2,66 | 2,36       | 1,80 | 1,86       | 1,15 | 1,35       | 0,61 |
| VMz 1,6                                       | 1700                               | 2,96  | 2,52 | 2,28       | 1,70 | 1,80       | 1,09 | 1,31       | 0,56 |
| VMz 1,4                                       | 1500                               | 2,71  | 2,22 | 2,13       | 1,50 | 1,70       | 0,96 | 1,24       | 0,51 |

a) Werte der Spalten a nur für freistehende Wände mit Mauerfuß in Bodennähe. Windlast abgemindert (Pohl/Schneider: Mauerwerksbau)  
Werte der Spalten b gelten allgemein für freistehende Mauern im Bereich von 0 bis 8,00 m über Gelände



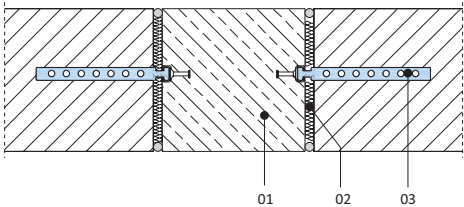
**NICHTTRAGENDE INNENWÄNDE**

- sind in DIN 4103-1 geregelt,
- müssen die auf ihre Fläche wirkenden Kräfte aufnehmen und über tragende Bauteile abtragen können,
- dürfen nicht der Aussteifung dienen,
- erhalten ihre Standsicherheit erst durch geeignete Verbindung mit angrenzenden Bauteilen,
- sind möglichst spät aufzumauern und zu verputzen, damit Kriechen und Schwinden angrenzender Bauteile zuvor abklingen kann,
- sind möglichst so zu errichten, dass die durch ihr

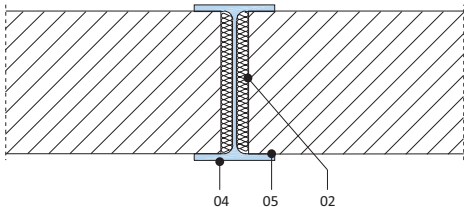
- Gewicht verursachten Deckenverformungen keine zusätzlichen Lasten in darunter befindliche nichttragende Innenwände einleiten (z.B. in oberen Geschossen mit Vermauern beginnen),
- mit großen zulässigen Wandlängen als bewehrtes Mauerwerk ausführen, um mögliche auftretende Risse durch Deckenverformungen gering zu halten,
  - nur auf Decken errichten, deren Biegeschlantheit die Deckendurchbiegung begrenzt.

Siehe auch DGMF: "Nichttragende Innere Trennwände"

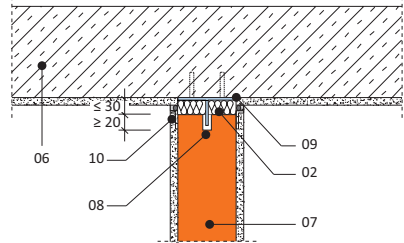
Anschluss Innenmauerwerk, nichttragend an Stahlbetonstütze



Anschluss Innenmauerwerk, nichttragend an Stahlstütze



Gleitender Anschluss Wandkopf an Stahlbetondecke



- 01 Stahlbetonstütze
- 02 Dämmung (Brandschutz: Baustoffklasse A, Schmelzpunkt  $\geq 1000^\circ\text{C}$ )
- 03 Maueranschlusanker, vertikal verschieblich (Verankerung in Anschlusschiene, die als Einbauteil in die Stütze einbetoniert wurde)
- 04 Stahlträger
- 05 Gleitschicht zwischen Trägerflansch und Trennwand (Bitumenbahn)
- 06 Stahlbetondecke
- 07 Nichttragende Innenwand
- 08 Schlitz in oberster Steinlage (mittig)
- 09 T-Profil aus Stahl (außer bei letztem Stein an beiden Wandenden)
- 10 Decken- und Wandputz getrennt durch Putzprofil mit elastischer Fuge

Zulässige maximale Wandlängen und -höhen (Grenzmaße) vier- und dreiseitig gehaltener Innenwände <sup>d) e) f)</sup>

| Wanddicke in mm | max. Wandlänge <sup>a)</sup> in m im Einbaubereich 1 <sup>b)</sup> (oberer Wert) und Einbaubereich 2 <sup>c)</sup> (unterer Wert) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                 | Wandhöhe in m   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|                 | 2,5   |                 |                 | 3,0             |                 |                 | 3,5             |                 |                 | 4,0             |                 |                 | 4,5             |                 |                 | ≤ 6,0           |                 |                 |
|                 | A <sup>d)</sup>   | B <sup>e)</sup> | C <sup>f)</sup> | A <sup>d)</sup> | B <sup>e)</sup> | C <sup>f)</sup> | A <sup>d)</sup> | B <sup>e)</sup> | C <sup>f)</sup> | A <sup>d)</sup> | B <sup>e)</sup> | C <sup>f)</sup> | A <sup>d)</sup> | B <sup>e)</sup> | C <sup>f)</sup> | A <sup>d)</sup> | B <sup>e)</sup> | C <sup>f)</sup> |
| 115             | 10<br>6   | 12<br>12        | 10<br>7         | 10<br>6,5       | 12<br>12        | 12<br>8         | 10<br>7         | 12<br>12        | 12<br>9         | 10<br>7,5       | 12<br>12        | 12<br>10        | 10<br>8         | 12<br>12        | 12<br>10        | -               | -               | -               |
| 175 bzw. 240    | 12<br>12  | 12<br>12        | 12<br>10        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        | 12<br>12        |

a) Alle Grenzwerte in der Tabelle, die ohne Dezimalstelle angegeben sind, verstehen sich mit Dezimalstelle Null (z.B. Tabellenwert 12 m = 12,0 m)  
 b) Einbaubereich 1: Bereiche mit geringer Menschenansammlung, z.B. Wohnungen, Hotel-, Büro-, Krankenzimmer u.ä. einschließlich Flure.  
 c) Einbaubereich 2: Bereiche mit großer Menschenansammlung, z.B. größere Versammlungsräume, Schulräume, Verkaufsräume etc.  
 d) Grenzmaße in Spalte A: Für vierseitig gehaltene Wände ohne Auflast und dreiseitig gehaltene Wände mit einem vertikalen freien Rand \*)  
 e) Grenzmaße in Spalte B: Für vierseitig gehaltene Wände mit Auflast und dreiseitig gehaltene Wände, ein freier vertikaler Rand \*)  
 f) Grenzmaße in Spalte C: Für dreiseitig gehaltene Wände (der obere Rand ist frei) ohne Auflast

**\*) Für dreiseitig gehaltene Wände mit einem vertikalen freien Rand gelten in den Spalten A und B die halben Tabellenwerte.**

**NICHTTRAGENDE AUSSENWÄNDE**

**1. Ausfachungswände**

Nichttragende Außenwände werden zur Ausfachung von Fachwerk, Skelett- oder Schottensystemen verwendet. Auf statischen Nachweis vorwiegend windbelasteter nichttragender Ausfachungswände kann verzichtet werden, bei

- vierseitiger Halterung, z.B. durch Anker und unter
- Einhaltung der Grenzwerte der Tabelle rechts.

Überschreiten die tatsächlichen Abmessungen die in der Tabelle angegebenen Werte, muss die Aussteifung durch andere Maßnahmen, z.B. Aussteifungsriegel, erreicht werden. Die Anschlüsse an angrenzenden Bauteile sind dann gleitend oder elastisch auszuführen.



| Maximal zulässige Ausfachungsflächen <sup>a)</sup> nichttragender Außenwände ohne rechnerischen Nachweis nach Tabelle NA.C.1, DIN EN 1996-3/NA (Eurocode 6) |                 |   |                            |                            |
|---|-----------------|---|----------------------------|----------------------------|
| Höhe über Gelände   | Wanddicke in mm | max. Ausfachungsfläche <sup>a)</sup> in m <sup>2</sup> bei Seitenverhältnis $h_a/l_a$ <sup>b)</sup> |                            |                            |
|   |                 | $h_a/l_a \leq 0,5$  | $h_a/l_a = 1,0$            | $h_a/l_a \geq 2,0$         |
| 0 bis 8 m   | 115             | 8<br>(10,67) <sup>d)</sup>  | 12<br>(16) <sup>d)</sup>   | 8<br>(10,67) <sup>d)</sup> |
|   | 150             |   |                            |                            |
|   | 175             | 14  | 20                         | 14                         |
|   | 240             | 25  | 36                         | 25                         |
|   | ≥ 300           | 33  | 50                         | 33                         |
| 8 bis 20 m <sup>c)</sup>  | 115             | -   | -                          | -                          |
|   | 150             | 5<br>(6,33) <sup>d)</sup>   | 8<br>(10,67) <sup>d)</sup> | 5<br>(6,33) <sup>d)</sup>  |
|   | 175             | 9   | 13                         | 9                          |
|   | 240             | 16  | 23                         | 16                         |
|   | ≥ 300           | 23  | 35                         | 23                         |

a) Die angegebenen Werte gelten für Normalmauermörtel mindestens der Gruppe NM IIa und Dünnbettmörtel.  
 b) Mit:  $h_a$  Höhe der Ausfachungsfläche  
 $l_a$  Länge der Ausfachungsfläche  
 Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden!  
 c) In Windlastzone 4 sind diese Werte nur im Binnenland zulässig!  
 d) Werte in Klammer für Ziegel der Festigkeitsklasse (SFK) ≥ 12

**Beispiel: Ermittlung der zulässigen Fläche einer Ausfachungswand aus Planziegel, Wanddicke d= 300 mm**

- Vorhandene Ausfachungsfläche, vierseitig gehalten:  
 $A_{\text{vorh.}} = h_a \cdot l_a = 6,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 36 \text{ m}^2$   
 vorhandenes Seitenverhältnis:  $h_a/l_a = 1,0$
- Zulässige Ausfachungsfläche (→ Tab. rechts oben):  
 $A_{\text{zul.}} = 50 \text{ m}^2 > 36 \text{ m}^2 = A_{\text{vorh.}}$



Industriehalle in Skelettbauweise mit Stützen und Riegeln aus Stahlbeton und Ausfachungen aus Wärmedämmziegeln

**2. Giebelwände**

Giebelwände bei Sparren- bzw. Kehlbalkendächern gelten i.d.R. als nichttragende Außenwände. Sie können nach Tabelle oben dimensioniert werden. Lediglich bei Pfettendächern werden Giebelwände durch Pfettenauflagerung zusätzlich belastet und sind dort entsprechend nachzuweisen. Ansonsten wird für dreiecksförmige Giebelwandflächen bei der Ermittlung der Wandhöhe h zur Bestimmung des Seitenverhältnisses  $\epsilon = h/l$  vereinfachend die halbe Höhe der Giebelfläche angesetzt. Bei vernachlässigbaren Auflasten auf Giebelwänden ist nach DIN EN 1996-1-1, Nr. 8.5.1.2 auf eine wirksame Verbindung des Giebels mit dem Dachstuhl zu achten. Ohne kraftschlüssigen Verbund mit dem Dachstuhl sind Giebelwände durch Querwände oder Pfeilervorlagen ausreichend auszusteiern. Bei ungenügender Halterung der Giebelwand sind Ringbalken anzuordnen.

**ZWEISCHALIGE ZIEGELAUSSENWÄNDE**

**1. Allgemeine Bestimmungen**

- Zweischaliges Mauerwerk ist zusammenfassend in DIN EN 1996-2 NA.D.1 geregelt.
- Zweischaliges Mauerwerk besteht aus einer tragenden Innenwand (Innenschale) und einer mindestens 90 mm dicken nichttragenden Außenwand (Außenschale). Synonyme für die Außenschale sind Verblendschale oder Vormauerschale. Die Innenschale wird auch Hintermauerschale genannt. Die Außenschale muss aus frostwiderstandsfähigen Mauersteinen wie Klinkern bzw. Vormauerziegeln oder aus nicht frostwiderstandsfähigen Mauersteinen mit Außenputz nach DIN EN 998-1 bestehen.
- Der Abstand zwischen den beiden Mauerwerksschalen wird als Schalenzwischenraum (SZR) bezeichnet. Er kann ohne, teilweise oder ganz mit Wärmedämmung in einer oder mehreren Lagen gefüllt werden.

**2. Ausführungstypen und Hinweise zum Wandaufbau**

**Zweischalige Wand mit Luftschicht**

Der Schalenzwischenraum enthält keine Wärmedämmung, seine Dicke entspricht der Luftschichtdicke. Für die Ausführung der Luftschicht ist zu beachten:

- Die Dicke der Luftschicht muss mindestens 60 mm betragen. Sie darf bis auf 40 mm reduziert werden, wenn der Mauermörtel mindestens an einer Seite des Schalenzwischenraums abgestrichen wird.
- Die Luftschichtdicke ist als Planungsmaß festgelegt. Abweichungen nach DIN 18202 sind zulässig.
- Die Außenschale darf oberhalb von Abdichtungen (auch im Brüstungsbereich) mit offenen Stoßfugen zur Entwässerung oder Lüftung versehen werden.

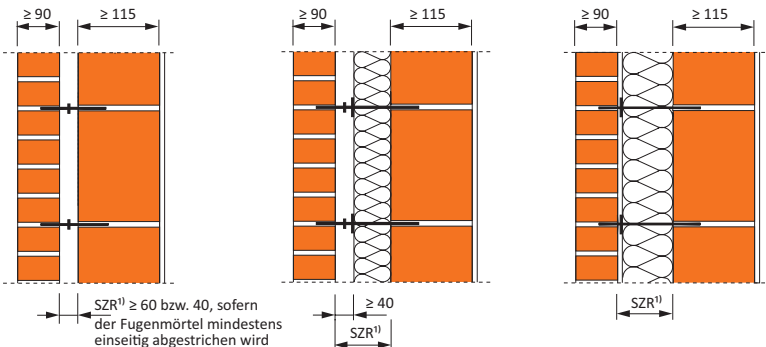
**Zweischalige Wand mit Wärmedämmung**

Der Schalenzwischenraum ist ganz oder teilweise mit einer Wärmedämmschicht ausgefüllt. Wärmedämmung, die den Schalenzwischenraum vollständig ausfüllt, wird auch Kerndämmung genannt. Aus baupraktischen Gründen ist es sinnvoll, einen sogenannten "Fingerspalt" zwischen Wärmedämmung und Außenschale vorzusehen. Die Dicke des "Fingerspalts" beträgt etwa 1 bis 2 cm. Es handelt sich dabei nicht um eine Luftschicht nach Norm. Jedoch ist die Dicke des Fingerspalts bei der Dimensionierung und den Abständen von Drahtankern oder Luftschichtankern zu berücksichtigen. Sofern der Schalenzwischenraum mit Wärmedämmung und einer Luftschicht ausgeführt wird, sind sinngemäß die unter "Zweischalige Wand mit Luftschicht" aufgeführten Hinweise zu beachten. Für die Wärmedämmung gilt:



Piktogramm nach DIN 4108-10

- Es sind Wärmedämmstoffe des Anwendungstyps WZ nach DIN 4108-10 zu verwenden.
- Platten- und mattenförmige Mineralfaserdämmung sowie Platten aus Schaumkunststoff und Schaumglas sind an der Innenschale so zu befestigen, dass eine gleichmäßige Schichtdicke sichergestellt ist.
- Platten- und mattenförmige Mineralfaserdämmung ist so dicht zu stoßen, Platten aus Schaumkunststoff sind so auszubilden und zu verlegen (Stufenfalz, Nut-Feder oder versetzte Lagen), dass ein Wasserdurchtritt an den Stoßstellen dauerhaft verhindert wird.
- Bei lose eingebrachten Wärmedämmstoffen (z.B. Mineralfasergranulat, Polystyrolschaumstoff-Partikeln, Bläherperlite) ist auf vollständige Füllung des Hohlraums zwischen Außen- und Innenschale zu achten.



1) Für die Dicke des Schalenzwischenraums (SZR) gilt:

a) Bei Verwendung von Luftschichtankern nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung:

**SZR auch > 150 mm möglich!**

b) Bei Verwendung von Drahtankern nach DIN EN 1996-2, Bild NA.D.1:

**SZR ≤ 150 mm**

Wandaufbau mit Luftschicht

Wandaufbau mit Luftschicht und Wärmedämmung

Wandaufbau mit Kerndämmung

### 3. Entwässerungs- und Lüftungsöffnungen

Wie eingangs bereits erwähnt, werden nach DIN EN 1996-2/NA abweichend von der bisherigen Mauerwerksnorm 1053-1 Entwässerungs- und Lüftungsöffnungen bei zweischaligem Mauerwerk nicht mehr verbindlich gefordert. Diese Entscheidung wird damit begründet, dass nach neueren Erkenntnissen eine vertikale Zirkulation in der Luftschicht selten wirksam wird und für die Dauerhaftigkeit und Funktionalität des Mauerwerks auch nicht erforderlich ist.

Dennoch ist es ratsam, individuell zu prüfen, ob bei zweischaligem Mauerwerk tatsächlich auf Entwässerungs- und Lüftungsöffnungen verzichtet werden kann. Obwohl die Verblendschale funktional insbesondere dem Schlagregenschutz dient und nach DIN 4108-3 selbst für stark Schlagregen beanspruchte Gebiete zulässig ist, kann nicht davon ausgegangen werden, dass Verblendschalen wasserundurchlässig sind.

Bei fachgerechter Ausführung der Stoß- und Lagerfugen ist die Wahrscheinlichkeit jedoch gering, dass auf der Rückseite der Verblendschale ablaufendes Regenwasser die Auflagerfläche der Verblendschale erreicht. Anhaltswerte für die Größe der Entwässerungs- und Lüftungsöffnungen von zweischaligem Mauerwerk sind in Anlehnung an DIN 1053-1 in der Tabelle unten dargestellt. Bei der Ausführung von Öffnungen ist ein Gittereinsatz als Insektenschutz zu empfehlen.



Lüftungs-/Entwässerungsöffnungen; Bild rechts: Gittereinsatz

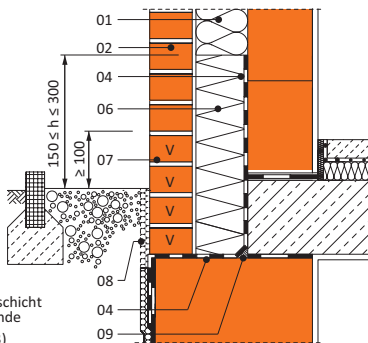
| Anhaltswerte der erforderlichen Größe von Lüftungs- und Entwässerungsöffnungen bei zweischaligen Außenwänden |  |
|--|--|
| Zweischaliges Mauerwerk nach DIN 1053-1 (Nov. 1996)  |  |
| mit Luftschicht  | Lüftungsöffnungen unten und oben, wobei untere auch der Entwässerung dienen (auch in Brüstungsbereichen).<br>Jeweils etwa 7.500 mm <sup>2</sup> Lüftungsöffnung auf 20 m <sup>2</sup> Wandfläche (inkl. Fenster/Tür) |
| mit Luftschicht und Wärmedämmung   | Jeweils etwa 7.500 mm <sup>2</sup> Lüftungsöffnung auf 20 m <sup>2</sup> Wandfläche (inkl. Fenster/Tür)  |
| mit Kerndämmung  | Entwässerungsöffnungen<br>≥ 5.000 mm <sup>2</sup> im Fußpunktbereich auf 20 m <sup>2</sup> Wandfläche (inkl. Fenster/Türen)  |
| mit Putzschicht  | Entwässerungsöffnungen ca. 3.750 mm <sup>2</sup> auf 20 m <sup>2</sup> Wandfläche (inkl. Fenster/Tür).<br>Verzicht auf obere Lüftungsöffnungen.  |

### 4. Abdichtung

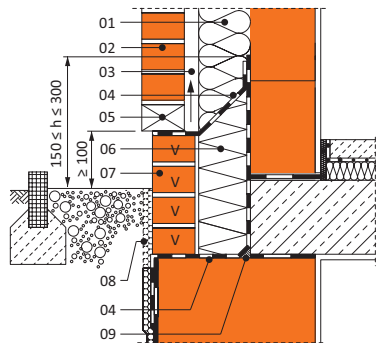
Die Funktion der Schlagregensicherheit von zweischaligem Mauerwerk ist erfüllt, wenn die Bauteile in der Ebene der tragenden Innenschale wie unten dargestellt durch geeignete Abdichtungsmaßnahmen in und hinter der Verblendschale dauerhaft vor Einwirkung des Regenwassers geschützt sind. Die notwendigen Abdichtungsmaßnahmen bei zweischaligem Verblendemauerwerk sind an allen Öffnungen, wie z. B. Fenster und Türen, sowie auch im Bereich der Aufstellflächen, wie beim Mauersockel, erforderlich.

→ Weitere Hinweise sind DIN 18533 zu entnehmen.

- 01 Wärmedämmung, Typ WZ nach DIN 4108-10, z.B. Mineralfaserplatten
- 02 Verblendschale aus Klinkermauerwerk
- 03 Hinterlüftung, d ≥ 40 mm
- 04 Abdichtung (DIN 18533) mit Überlappungsstoß
- 05 Offene Stoßfuge für Lüftung/Entwässerung
- 06 Perimeterdämmung, Typ PW nach DIN 4108-10 z.B. Hartschaum/Foamglas
- 07 Verblendschale aus Klinkermauerwerk mit Vollsteinen (V) (ungelocht)
- 08 Sofern kein Kiesbett: Drainschicht (Noppenbahn) bis OK Gelände
- 09 Hohlkehle (nach DIN 18533)



Sockeldetail kerngedämmte Verblendschale



Sockeldetail hinterlüftete Verblendschale

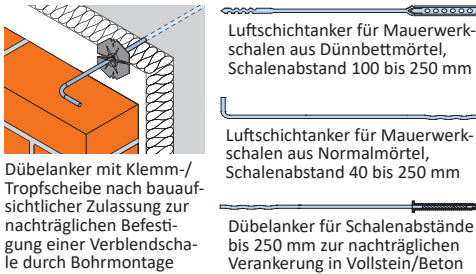
**5. Verankerung von Verblendschalen**

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

**Ankersysteme nach bauaufsichtlichen Zulassungen**

stellen den Standard für die Verankerung von zweischaligem Mauerwerk dar. Sie lassen auch Schalenabstände von > 150 mm zu und können zudem die verformungstechnischen Eigenschaften der Vormauerschale verbessern. Für die Verwendung sind die in den Zulassungen genannten Kriterien zu beachten!

Beispiele typischer Anker nach Zulassung (abZ):



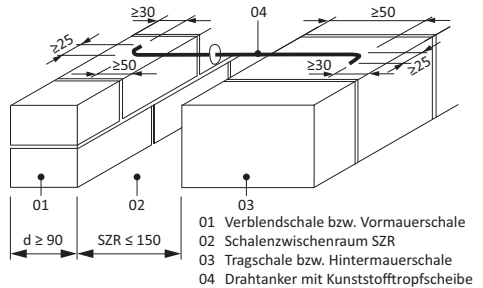
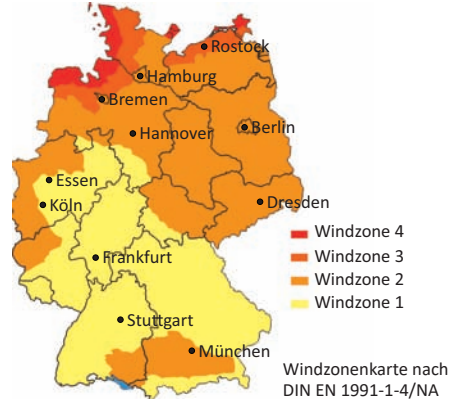
**Drahtanker**

Für Drahtanker, die in Form und Maßen dem Bild rechts Mitte entsprechen, gilt, sofern in einer Zulassung für die Drahtanker nichts anderes festgelegt ist:

- Abstand: vertikal ≤ 500 mm; horizontal ≤ 750 mm;
- lichter Abstand der Mauerwerksschalen: ≤ 150 mm;
- Durchmesser: 4 mm;
- Normalmauermörtel mindestens der Gruppe IIa;
- Mindestanzahl: gemäß folgender Tabelle:

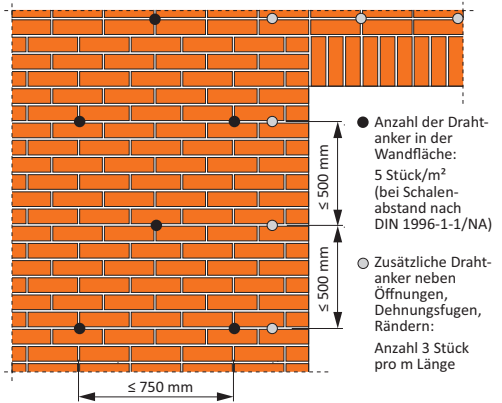
| Mindestanzahl von Drahtankern je m <sup>2</sup> Wandfläche      |                 |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/NA                               | Gebäudehöhe     |                 |                 |
|   | h ≤ 10 m        | 10 m < h ≤ 18 m | 18 m < h ≤ 25 m |
| Windzone 1 bis 3, Windzone 4 im Binnenland                      | 7 <sup>a)</sup> | 7 <sup>b)</sup> | 7               |
| Windzone 4 an Küsten der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee | 7               | 8               | 8 <sup>c)</sup> |
| Windzone 4 an Inseln der Nordsee                                | 8               | 9               | -               |

a) in Windzone 1 und Windzone 2 Binnenland: 5 Anker/m<sup>2</sup>  
 b) in Windzone 1: 5 Anker/m<sup>2</sup>  
 c) ist eine Gebäudegrundrisslänge kleiner h/4: 9 Anker/m<sup>2</sup>



Drahtanker für zweischaliges Mauerwerk für Außenwände

An allen freien Rändern, z.B. Gebäudeecken, Öffnungen, entlang Dehnungsfugen und an oberen Enden der Außenschalen sind zusätzlich zur Tabelle links drei Anker pro laufendem Meter Randlänge anzuordnen.



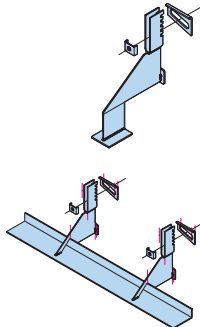
Anordnung und Anzahl von Drahtankern nach DIN EN 1996-2/NA

**6. Abfangung und Lastabtrag von Verblendschalen**

Eigenlasten der Verblendschalen müssen von tragenden Bauteilen aufgenommen und sicher in den Baugrund geleitet werden. Die Abfangung kann über Streifenfundamente, auskragende (Stahlbeton-) Bauteile oder Konsolen aus Edelstahl geschehen. Hersteller von Konsolankern bieten unterschiedliche Ausführungen je nach Einbausituation an. Die Auswahl des Konsoltyps erfolgt nach Ermittlung der vorhandenen Beanspruchungen über Lasttabellen der Hersteller. Abfangungen müssen dauerhaft korrosionsbeständig sein.

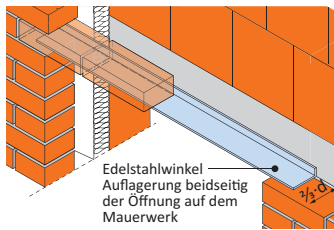


Klinker-Verblendschale mit Kerndämmung auf Edelstahlkonsole



oben: Einzelkonsolanker  
unten: Winkelkonsolanker

Im Bereich von Öffnungen wird der Lastabtrag über Winkelkonsolen mit beidseitiger Auflagerung auf dem Verblendmauerwerk (Bild oben) oder, sofern keine Auflagerung möglich ist, über Aufhängung an Einzelkonsolen (Bild unten und Foto rechts) gewährleistet.

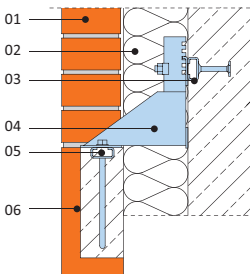


Edelstahlwinkel  
Auflagerung beidseitig der Öffnung auf dem Mauerwerk

| Ausführungsregeln für die Höhe und die Abfangung von Verblendschalen gem. DIN EN 1996-2, NA.D.1  |  |               |   |
|--|--|---------------|---|
|  | Dicke d der nichttragenden Außenschale in mm |               |   |
|  | d = 115                                      | 105 ≤ d < 115 | 90 ≤ d < 105  |
| zulässige Ausführungshöhe der Außenschale über Gelände   | keine Beschränkung                           | ≤ 25 m        | ≤ 20 m  |
| zulässige Höhenabstände der Abfangung  | ca. 12 m                                     | ca. 6 m       | Bei Gebäuden ≤ 2 Vollgeschosse gilt außerdem: Giebeldreieck darf bis 4 m Höhe ohne zusätzliche Abfangung erstellt werden. |
| zulässiger Überstand der Außenschale über dem (Konsol-) Auflager <sup>b)</sup>   | ≤ 25 mm bzw. ≤ 38 mm <sup>a)</sup>           | ≤ 15 mm       |   |
| a) Ist die Außenschalenhöhe kleiner als 2 Geschosse oder wird sie alle zwei Geschosse abgefangen, so darf sie bis zu 38 mm über ihr Auflager vorstehen.<br>b) Die Überstände sind beim Nachweis der Auflagerpressung zu berücksichtigen. |  |               |   |

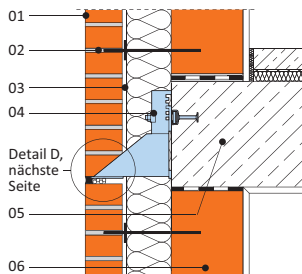


Klinker-Fertigteilstürze mit Ankerschienen für Aufhängung



Einzelkonsolanker zur Abhängung von Fertigteilstürzen

- 01 Klinker oder Vormauerziegel
- 02 Wärmedämmung mit Luftschicht oder Kerndämmung
- 03 Befestigung der Edelstahlkonsole mit Verankerungsschienen als Einbauteil im Stahlbeton und/oder mit Schraubdübel
- 04 Edelstahlkonsole z.B. HK4-SV
- 05 Befestigung des Ziegel-Stahlbeton-Fertigteil-Sturzes mit Einbauteil zur Verankerung
- 06 Ziegel-Stahlbeton-Fertigteil-Sturz



Winkelkonsolanker zur Lastabfangung von Verblendmauerwerk

- 01 Verblendmauerwerk aus Klinker oder VMz
- 02 Luftschichtanker mit Klemmscheibe
- 03 Wärmedämmung Typ WZ (hier Kerndämmung)
- 04 Konsolanker, z.B. HK4 mit Detail D; Horizontale Dehnungsfuge unter Konsole
- 05 Stahlbetondecke
- 06 Planhochlochziegel, d = 175 oder 240 mm



7. Dehnungsfugen

Dehnungsfugen sind in Abhängigkeit aller Einflüsse zu planen. Dazu zählen z.B. Fassadengeometrie, Lastbeanspruchung, Art der Abfangung (Konsole/Fundament), Steinart, -format und -farbe sowie insbesondere klimatische Randbedingungen wie Temperatur und Feuchte. Bei der Planung und Ausführung von Dehnungsfugen sind folgende Hinweise zu beachten:

- Die Seitenlängen von Vorsatzschalen sind durch Dehnungsfugen zu begrenzen.

| Dehnungsfugenabstände nach DIN EN 1996-2, Nr. 2.3.4 für Verblendschalen <sup>a)</sup> mit Mauerwerk aus |               |   |
|---|---------------|---|
| Mauerziegel   | Kalksandstein | Porenbetonstein, Betonstein, Leichtbetonstein |
| 12 m <sup>b)</sup>  | 8 m           | 6 m   |

a) Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht und Wärmedämmung  
 b) Dehnungsfugenabstand in Abhängigkeit von Format, Farbe und insbesondere bei Kerndämmung empfohlen: 8 bis 12 m.

- Dehnungsfugen werden vorzugsweise angeordnet an Gebäudeecken, Festpunkten, wie z.B. Abfangungen und beim Anschluss an Baustoffe, die von Ziegel abweichende Verformungskennwerte aufweisen, wie z.B. Holz, Beton, Metall.
- Horizontale Dehnungsfugen werden grundsätzlich in der Höhenlage von notwendigen Abfangesebenen vorgesehen (siehe Bild oben und Detail D) sowie bei Anschlüssen an andere Bauteile, z.B. Balkonplatten.
- Vertikale Dehnungsfugen werden in der Regel gerade oder in Form einer Mäander ausgeführt. Ihre Lage wird durch die zu Beginn aufgeführten technischen bzw. konstruktiven Aspekte, aber auch durch architektonische Gesichtspunkte bestimmt.
- Eine Ausführung ohne Dehnungsfugen ist beispielsweise bei kleineren Gebäuden wie Einfamilienhäusern mit einfachen Grundrissen möglich.



Horizontale / vertikale Dehnungsfugen, als Gerade ausgeführt; hinter der Horizontalfuge befindet sich das Konsolauflager

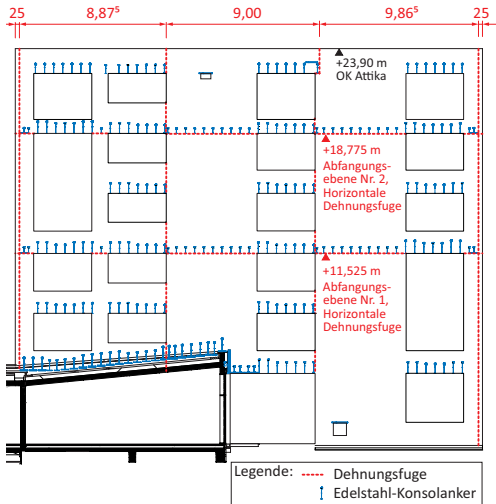


Bild oben: Beispiel für die Anordnung von Konsolankern sowie horizontalen/vertikalen Dehnungsfugen einer südwest-orientierten Verblendschale aus hellgrauen Klinkern im Riegelformat

- Dehnungsfugen sind mit geeignetem Material, in der Regel durch elastoplastischen Fugendichtstoff dauerhaft und dicht zu schließen. Weiterführende Hinweise zur Ausführung von Dehnungsfugen sind DIN 18540 zu entnehmen.

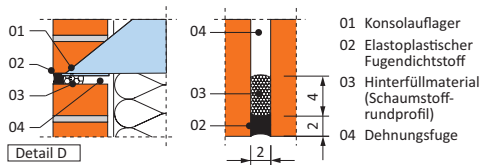


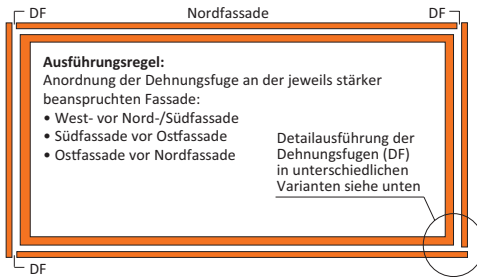
Bild oben, links: Ausführung einer horizontalen Dehnungsfuge unter einer Konsolabfangung;  
 Bild oben, rechts: Ausführung einer vertikalen Dehnungsfuge



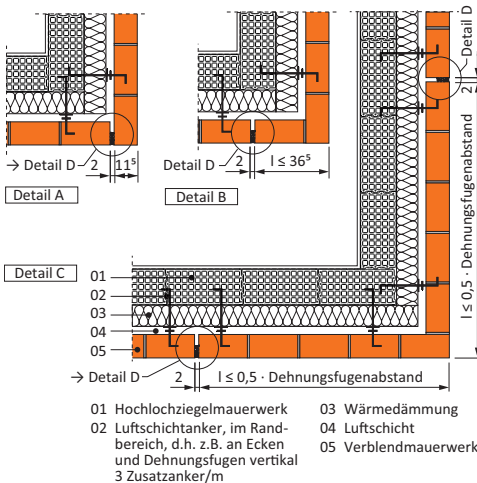
Vertikale Dehnungsfugen, als Mäander ausgeführt im Zustand vor der Füllung mit elastoplastischer Fugendichtmasse



- Beim Aufmauern sind die Dehnungsfugen durch Einlegen von Lehren/Leisten, z.B. Hartschaumstoffplatten von Mörtelbrücken freizuhalten. Lehren/Leisten sind nach dem Aufmauern wieder herauszunehmen.
- Die letzte Schicht Verblendmauerwerk unter einer Dehnungsfuge ist nach Möglichkeit mit Vollsteinen auszuführen. Dort ist auf eine besonders sorgfältige Ausführung der Stoßfuge zu achten.
- Wird eine Fassadenfläche ohne Fuge um die Gebäudecke geführt, sollte die Schenkellänge nicht größer als der halbe Dehnungsfugenabstand der sonstigen Wand sein. Empfehlenswert ist Lagerfugenbewehrung in der Ecke: Metall-Gitterstäbe oder -Lochband.
- Der konstruktive Einsatz von Mauerwerksbewehrung ist lokal in Bereichen mit hoher Zug- und Biegezugbeanspruchung (z.B. Stürze, Ecken) empfehlenswert.



Grundriss einer Gebäudehülle aus zweischaligem Mauerwerk mit Ausführungsregeln für die Anordnung der Dehnungsfugen



Anordnungsvarianten vertikaler Dehnungsfugen

## 8. Verarbeitungshinweise

### Bestellung und Lagerung

- Vermeidung von Farbunterschieden: Gesamtmenge bestellen, zumindest jedoch für einen Bauabschnitt.
- Bodenfrei lagern, vor Schmutz/Witterung schützen

### Mauern

- Zur Vermeidung von Ausblühungen speziellen, auf Saugverhalten der Klinker abgestimmten Vormauermörtel als Werk trockenmörtel NM II/IIa verwenden und nach Herstellerangabe zubereiten.
- Mörtel intensiv mischen, Verarbeitung innerhalb einer Stunde, chemische Zusätze sind nicht zulässig.
- Klinker für natürliches Farbspiel quermischen, d.h. aus mindestens vier verschiedenen Paketen gleichzeitig verarbeiten. Saugfähige Klinker vornässen!

### Verfugung

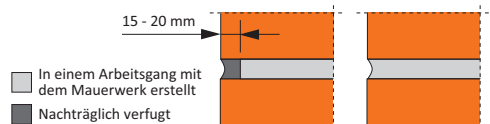
Fugenglattstrich ist nach ATV DIN 18330 Maurerarbeiten, Absatz 3.2.6 (2015) als Regelleistung festgelegt. Nachträgliches Verfugen ist gesondert zu vereinbaren!

### Mauern und Fugenglattstrich in einem Arbeitsgang

- Verfugung möglichst bündig, höchstens aber 2 mm hinter den Sichtflächen der Klinker abschließen.
- Eine vollvermörtelte Stoßfuge wird nur durch ein vollflächiges Angeben des Mörtels auf den "Kopf" (= Stirnfläche) des Ziegels erreicht (Mörtelanwurf!).
- Der beim Mauern aus den Fugen hervorgetretene Mörtel wird zunächst mit der Kelle abgestrichen.
- Fugenglattstrich: Nach Ansteifen des Mörtels mit Fugenkelle, Holzspatel oder Kunststoffschlauch ( $\varnothing$  ca. 2-fache Fugenbreite) in eine Richtung glatt streichen

### Nachträgliches Verfugen

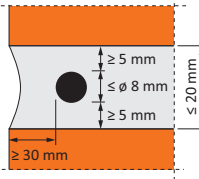
- Nach dem Mauern: Mauer Mörtel 1,5 bis 2 cm tief auskratzen, jedoch nicht bis zur ersten Lochreihe.
- Reinigung: Grob, trocken; starke Verschmutzung: übliche Reinigungsmittel (pH 3 bis 7), keine Salzsäure!
- Vornässen bis zur Wassersättigung mit einer Bürste.
- Nicht bei zu trockener Witterung, starker Sonneneinstrahlung, Wind nachträglich verfugen!
- Geeignete Mörtel: Werk trockenmörtel NM II/IIa, Konsistenz erdfeucht bis schwach-plastisch
- Verarbeitung in zwei Arbeitsgängen: Von Lagerfuge zu Stoßfuge, danach von Stoßfuge zu Lagerfuge.



**BEWEHRTES MAUERWERK**

ist in DIN EN 1996-1-1 geregelt. Mit bewehrtem Mauerwerk kann ein dem Stahlbeton ähnliches Tragverhalten erzielt werden. Bewehrung führt zur Erhöhung der Zug-, Querzug- und Biegezugtragfähigkeit des Mauerwerks. Während bewehrtes Mauerwerk im Ausland häufig eingesetzt wird, verwendet man es in Deutschland eher selten. Wie die folgenden Bilder zeigen, eignet sich Mauerwerksbewehrung als konstruktive Zulage in den Lagerfugen, um die Rissgefahr in stark zug- und biegezugbeanspruchten Bereichen zu reduzieren.

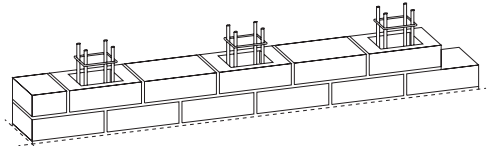
Aufgrund der erforderlichen Lagerfugendicke ist die Anwendung von bewehrtem Mauerwerk bei der Verwendung von Planziegeln nicht zulässig.



- Anforderungen an die Bewehrung:
- Stabdurchmesser max.  $\varnothing 8\text{ mm}$
  - Bei Außenwänden korrosionsbeständige Bewehrung erforderlich
  - Bei Innenwänden kein besonderer Korrosionsschutz erforderlich
- Anforderungen an den Mörtel:
- Normalmörtel, Gruppe III oder IIIa

Mörteldeckung der Lagerfugenbewehrung nach DIN 1053-3

In DIN 1053-3 wurden auch Formsteine zur Aufnahme vertikaler Bewehrung vorgeschlagen.



Ausführung von bewehrtem Mauerwerk nach DIN 1053-3 mit Formsteinen, die vertikal bewehrt und ausbetoniert werden

Eine Weiterentwicklung dieses Prinzips ist mit Füll- und Schalungsziegeln gegeben. Während bei Füll- und Schalungsziegeln die Aufnahme von vertikaler Bewehrung möglich ist, lassen Schalungsziegel aufgrund von Aussparungen an der Stirnseite der Ziegel auch das Einlegen von Horizontalbewehrung zu (siehe Bild unten). Diese Anwendung wurde in den letzten Jahren unter Beteiligung der deutschen Ziegelindustrie in verschiedenen Forschungsprojekten (ESECMaSE, DISWALL) untersucht, mit der Erkenntnis, dass eine konstruktive Randbewehrung in Planfüllziegelmauerwerk aufnehmbare Horizontallasten erheblich erhöht.

| Wand ohne Bewehrung            | Wand mit Bewehrung                   |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| <p>Öffnung in Außenwand</p>    | <p><math>\ge 80\text{ cm}</math></p> |
| <p>Abstufung der Wandhöhe</p>  | <p>50 cm   50 cm</p>                 |
| <p>Nichttragende Innenwand</p> |                                      |

Eine häufig verwendete Bewehrung ist das MURFOR-Gitter. Es wird in Standardlängen von ca. 3 m für die gängigen Wanddicken angeboten. Aus Gründen des Korrosionsschutzes ist es epoxydharzbeschichtet, verzinkt oder aus Edelstahl. Daneben sind weitere Produkte zur konstruktiven Mauerwerksbewehrung erhältlich, z.B. Lochbänder aus Metall oder Aramidgewebe. All diese Produkte sind nach Zulassung geregelt.



Lagerfugenbewehrung: links Gitterstäbe, rechts Lochband



Horizontal und vertikal bewehrtes Planfüllziegelmauerwerk

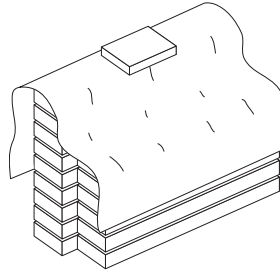
## SCHUTZ DES MAUERWERKS

### 1. Schutzmaßnahmen gegen Regen

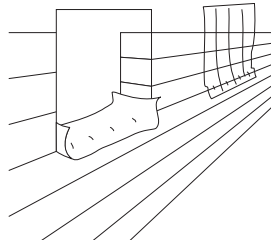
Schutzmaßnahmen zur Ableitung von Tagwasser sind laut VOB Teil C DIN 18330 Nebenleistungen, selbst wenn sie vertraglich nicht gesondert vereinbart sind. Schutzmaßnahmen sind erforderlich, um Ausblühungen, Frostschäden und Putzschäden zu vermeiden.

#### Schutzmaßnahmen nach DIN EN 1996-2, Nr. 3.6.2

- Fertiges Mauerwerk sollte, bis der Mörtel abgebunden hat, vor direktem Regen geschützt sein. Das Mauerwerk sollte so geschützt werden, dass der Mörtel nicht aus den Fugen ausgewaschen wird und dass es nicht abwechselnd Feucht- und Trockenzeiten unterworfen wird.
- Um das fertige Mauerwerk zu schützen, sollten Fensterbänke, Schwellen, Regenrinnen und Behelfs-Regenfallrohre sobald wie möglich nach Beendigung des Mauerns und Verfugens eingebaut werden.
- Bei starkem Dauerregen sollte nicht gemauert bzw. verfugt werden. Mauersteine, Mörtel und das frisch verfugte Mauerwerk sollten geschützt werden.
- Frisch verfugtes Mauerwerk sollte vor starken Regenschauern geschützt werden.



Abdecken von Mauerwerk und unverarbeiteten Baustoffen mit Folie und windsichernder, schwerer Auflage



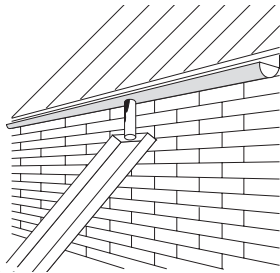
Abdecken von Fensterbrüstungen (ggf. auch mit einer Lage voll deckelndem Dünnbettmörtel) bzw. provisorischer Verschluss von Öffnungen mit Folientafeln (mit Tropfnase)

### 2. Maurerarbeiten im Winter

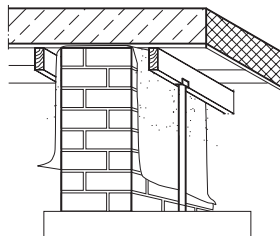
Nach DIN EN 1996-2/NA, Nr. 3.6.3 darf bei Frost Mauerwerk nur unter besonderen Schutzmaßnahmen (z.B. durch Einhausen) ausgeführt werden. Frostschutzmittel sind unzulässig. Frisches Mauerwerk ist vor Frost zu schützen, z. B. durch Abdecken. Der Einsatz von Salzen zum Auftauen ist nicht zulässig. Teile von Mauerwerk, die durch Frost oder andere Einflüsse geschädigt sind, sind vor dem Weiterbau abzutragen.

#### Schutzmaßnahmen nach DIN EN 1996-2/NA, Nr. 3.6.3

- Auf gefrorenem Mauerwerk nicht weitermauern!
- Durch Frost beschädigtes Mauerwerk muss vor dem Weiterbau abgetragen werden.
- Keine Auftausalze verwenden! Diese schädigen das Mauerwerk (Abplatzungen und Ausblühungen).
- Abdecken unvermauerter Ziegel
- Abdecken der Mörtelzuschlagstoffe
- Erwärmen von Anmachwasser und Zuschlagstoffen
- Fertiges Mauerwerk abdecken



Ableiten des Regenwassers im Rohbau



Abdeckung von Mauerwerk im Bereich von Auflagern und Schalungskanten

**GEBÄUDESTABILITÄT**

Alle horizontalen Kräfte, z.B. Windlasten, Lasten aus Schrägstellung des Gebäudes, müssen sicher in den Baugrund weiter geleitet werden können.

Der Nachweis der räumlichen Steifigkeit gemäß DIN EN 1996 darf entfallen, wenn

- die Geschossdecken als steife Scheiben gelten,
- bzw. statisch nachgewiesene, ausreichend steife Ringbalken vorliegen
- und in Längs- und Querrichtung des Gebäudes eine

offensichtlich ausreichende Anzahl von genügend langen, aussteifenden Wänden vorhanden ist, die ohne größere Schwächung und ohne Vorsprünge bis auf die Fundamente geführt sind.

Da in DIN EN 1996 nicht konkretisiert ist, was unter "offensichtlich ausreichend" zu verstehen ist, wird auf die im Folgenden dargestellte Tabelle 2 der DIN 1053 mit Ausgabedatum November 1972 verwiesen, die Hinweise zur Beurteilung liefert.

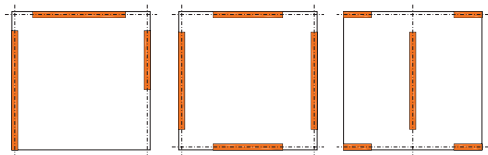
| Anhaltswerte für eine "offensichtlich ausreichende" Anzahl aussteifender Wände nach Tabelle 2, DIN 1053 (Nov. 1972) |                         |  |  |                    |
|---|-------------------------|--|--|--------------------|
| Dicke $d$ der auszusteifenden Wand (Längswand) in mm  | Geschosshöhe $h_s$ in m | Aussteifende Wand (Querwand)                         |  |                    |
|   |                         | Dicke $d_A$ im 1. bis 4. Vollgeschoss von oben in mm | Dicke $d_A$ im 5. bis 6. Vollgeschoss von oben in mm | Mittenabstand in m |
| $115 \leq d < 175$  | $h_s \leq 3,25$         | $d_A \geq 115$                                       | $d_A \geq 175$                                       | $\leq 4,50$        |
| $175 \leq d < 240$  |                         |  |  | $\leq 6,0$         |
| $240 \leq d < 300$  | $h_s \leq 3,50$         |  |  | $\leq 8,0$         |
| $d \geq 300$  | $h_s \leq 5,00$         |  |  |                    |

**AUSSTEIFENDE WÄNDE**

Aussteifende Wände sind scheibenartige Bauteile zur Gebäudeaussteifung oder zur Knickaussteifung tragender Wände. Sie gelten stets als tragende Wände, da sie neben Eigengewicht auch Lasten abtragen.

**Grundprinzip für die stabile, räumliche Steifigkeit**

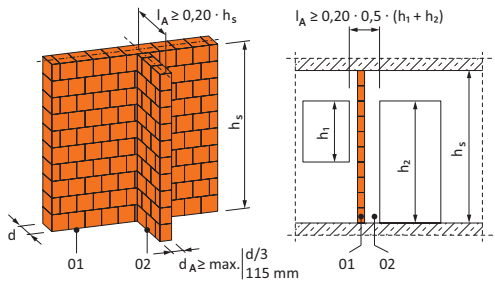
Neben aussteifenden Deckenscheiben sind mindestens drei Wandscheiben so anzuordnen, dass sich ihre Wirkungslinien in mehr als einem Punkt schneiden und der Schubmittelpunkt nahe am geometrischen Mittelpunkt liegt.



Stabile, gebäudeaussteifende Anordnung aussteifender Wände

**Randbedingungen für aussteifende Wandscheiben**

- Aussteifende und auszusteifende Wand müssen aus Baustoffen mit annähernd gleichem Verformungsverhalten und in einer
- druck- und zugfesten Verbindung hergestellt sein.
- Aussteifende Wände müssen mindestens eine wirkame Länge von 1/5 der lichten Geschosshöhe  $h_s$  und eine Dicke von 1/3 der Dicke der auszusteifenden Wand, jedoch mindestens 115 mm, haben.
- Ist die aussteifende Wand durch Öffnungen unterbrochen, muss die Länge der Wand zwischen den Öffnungen mindestens 1/5 des Mittelwertes beider Öffnungshöhen  $h_1$  und  $h_2$  sein (siehe Bild rechts).



01 Aussteifende Wand, z.B. Außenwand unter Wind-/Erdlast  
02 Aussteifende Wand, z.B. Querwand zur Knickaussteifung

Mindestlänge  $l_A$  und -dicke  $d_A$  von Aussteifungswänden; Bild links: allgemeine geometrische Randbedingungen für Aussteifungswände; Bild rechts: bei Unterbrechung durch Öffnungen

**RINGANKER UND RINGBALKEN**

**1. Ringanker**

Wenn die Übertragung von horizontalen Lasten auf aussteifende Elemente durch Ringbalken oder Ringanker erfolgt, sollten diese in jeder Deckenebene oder direkt darunter angeordnet werden. Ringanker können aus Stahlbeton, bewehrtem Mauerwerk, Stahl oder Holz bestehen. Sie sollten in der Lage sein, als Bemessungswert 45 kN Zugkraft zu übertragen.

Nach DIN EN 1996-1-1, Abschnitt 8.5.1.4 sollten zusätzliche Maßnahmen zur Sicherstellung einer durchgängigen Wirkung ergriffen werden, falls die Ringanker nicht durchgehen.

Ringanker aus Stahlbeton sollten mindestens zwei Bewehrungsstäbe mit  $\geq 150 \text{ mm}^2$  Querschnitt enthalten. Die Stöße sollten nach EN 1992-1-1 und wenn möglich versetzt ausgebildet werden. Parallel verlaufende Bewehrung kann mit dem vollen Querschnitt berücksichtigt werden, vorausgesetzt, sie befindet sich in Decken oder Fensterstürzen mit einer Entfernung von nicht mehr als 0,5 m von der Wandmitte bzw. Deckenmitte.

**2. Ringbalken**

Die Übertragung von horizontalen Lasten in aussteifende Bauteile sollte über die Decken- und Dachkonstruktion, wie z. B. über bewehrte Ortbeton- oder vorgefertigte Betondecken bzw. beplankte Holzbalken, erfolgen, sofern die Decken- oder Dachkonstruktion als Scheibe wirkt. Alternativ darf ein Ringbalken angeordnet werden, der in der Lage ist, die wirkenden Schubkräfte und Biegemomente zu übertragen. Die zwischen den Wänden und den verbindenden Bauteilen zu übertragenden Kräfte sollten entweder



Ringanker aus WU-Schale



Ringbalken aus WU-Schale

durch den Reibungswiderstand in der Lagerfläche der tragenden Bauteile oder durch Anker mit entsprechender Endbefestigung übertragen werden.

Wenn Decken ohne ausreichende Scheibentragswirkung genutzt oder Gleitschichten unter den Deckenauflagern eingebracht werden, sollte die horizontale Steifigkeit der Wand durch Ringbalken oder statisch äquivalente Bauteile sichergestellt werden.

Ringbalken und ihre Anschlüsse an aussteifende Wände sind für eine horizontale Last von 1/100 der vertikalen Last der Wände und gegebenenfalls für Windlasten zu bemessen. Bei Ringbalken unter Gleitschichten sind außerdem Zugkräfte zu berücksichtigen, die den verbleibenden Reibungskräften entsprechen.

Wie wissenschaftliche Untersuchungen gezeigt haben, kann durch Ausführung von Ringbalken im Verbund mit Ziegel-U-Schalen die Schwindverkürzung im Vergleich zu reinen Stahlbetonringbalken halbiert werden. Die Gefahr von Schäden durch Risse wird so minimiert. Eine Alternative stellt die Ausführung des Ringankers durch bewehrtes Mauerwerk dar. Hierbei werden z.B. speziell für Mauerwerk zugelassene Bewehrungsgitter in die obersten Fugen unter der Decke eingelegt. Siehe auch Kapitel "Bewehrtes Mauerwerk".

| Unterschiedliche Schwindmaße eines 10 m langen Ringbalkens in verschiedenen Ausführungen nach 5 Jahren Lagerung                              |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Ausführung   | Bewehrtes Ziegelmauerwerk, 2 Lagen MURFOR (Bewehrung) | Ringbalken aus Verbund von Ziegel-U-Schalen und Stahlbeton | Ringbalken aus Stahlbeton, zweiseitig wärmegeädämmt |
| Querschnitt  |   |  |   |
| Bewehrungsgehalt $a_s$   | $a_s = 0,79 \text{ cm}^2$                             | $a_s = 3,83 \text{ cm}^2$                                  | $a_s = 3,83 \text{ cm}^2$                           |
| Schwindwert $\epsilon_{f_{\infty}}$  | $\epsilon_{f_{\infty}} = 0,03 \text{ mm/m}$           | $\epsilon_{f_{\infty}} = 0,35 \text{ mm/m}$                | $\epsilon_{f_{\infty}} = 0,78 \text{ mm/m}$         |
| Quelle: Wessig/Rich, "Vermeidung von Rissen im Leichtziegelmauerwerk, die [...] durch Ringanker und Decken aus Stahlbeton verursacht werden" |   |  |   |

DECKEN UND MASSIVDÄCHER

1. Wand-Decken-Knoten und Deckenaufleger

Massive Decken bilden horizontale Ebenen und tragen zur Gebäudeaussteifung bei. Deckenaufleger sind sorgfältig zu planen und auszuführen, da Mauerwerk dort besonders beansprucht ist. Neben veränderlichen und ständigen Lasten wirken im Deckenaufleger auch Kräfte aus Verformungen anderer Bauteile. Diese sind konstruktiv zu berücksichtigen, um Risse zu vermeiden.

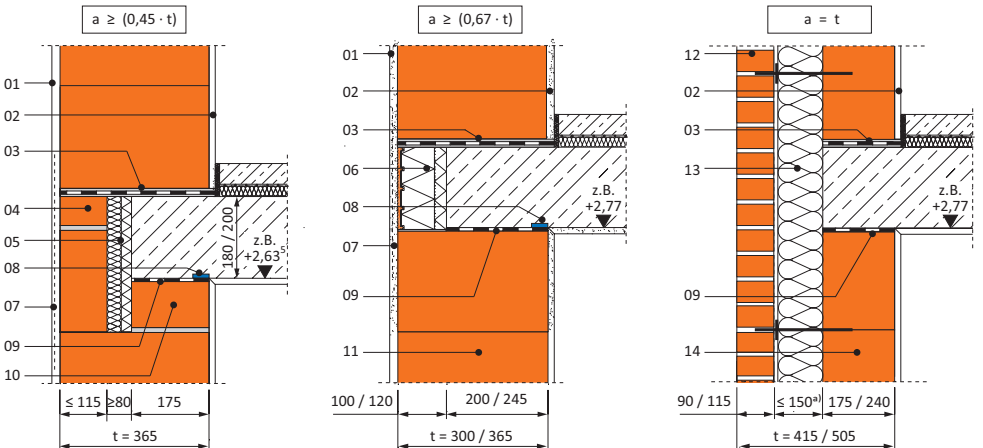
Empfehlungen zur Ausbildung des Deckenauflegers

- Das Deckenaufleger ist mindestens bis zur halben Wanddicke zu führen. Wie das Bild unten links zeigt, ist bei Wanddicke  $t = 365$  mm ausnahmsweise eine kleinere Auflagertiefe zulässig, um auch den Höhenausgleich mit dem Format 3DF zu ermöglichen. Der Lastabtrag von vertikalen Einwirkungen findet im Wand-Decken-Knoten in erster Linie über die einbindende Stahlbetondecke statt. Daher ist bei statisch hoch beanspruchten Wänden mit teilaufhängender Decke - insbesondere bei Mauerwerk aus Wärmedämmziegeln - eine möglichst große Deckenauflagertiefe anzustreben.

| Mindestauflagertiefen a in Abhängigkeit der Wanddicke t                           |   |
|---|---|
| Allgemein gilt <sup>a)</sup><br>→ DIN EN 1996-1-1, NA.7                           | $a \geq t/3 + 40 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$  |
| Für einschalige Außenwände gilt → DIN 1996-3, NA.8                                | <u>allgemein:</u> $a \geq 0,5 \cdot t \geq 100 \text{ mm}$<br><u>bei <math>t = 365 \text{ mm}</math>:</u> $a \geq 0,45 \cdot t$ |
| Empfehlung für Endauflager auf statisch hoch beanspruchten Wänden <sup>b)</sup>   | $a \geq 0,67 \cdot t$   |
| a) Empfohlen für $t \leq 240 \text{ mm}$ : $a = t$   b) z.B. Außenwand Geschoßbau |   |

Optimal für eine ausgewogene Berücksichtigung der Anforderungen aus Wärmeschutz, Schallschutz und Statik gilt eine Auflagertiefe von  $a \geq 0,67 \cdot t$ .

- Der Einfluss von Wärmebrücken ist nach Energieeinsparverordnung so gering wie möglich zu halten. Zahlreiche Ergänzungsprodukte der Ziegelindustrie stellen das sicher (→ Kapitel "Mauerziegel und Ergänzungsprodukte"). Bei Ansatz des pauschalen Wärmebrückenzuschlags nach EnEV 2014, Anlage 1, Tab. 1 (Referenzgebäude) von  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  ist in Planung und Ausführung der Wärmebrücken-katalog nach DIN 4108 Beiblatt 2 zu berücksichtigen.



- 01 Leichtputz Typ II außen, d = 20 mm
  - 02 Gips-/Kalkgipsputz innen, d = 15 mm
  - 03 Bitumenbahn R 500 in Anlegemörtel M 10
  - 04 Deckenabmauerung aus:
    - 1. Lage: Planziegel (l = 240 / b = 60, 80, 100 oder 115 / h = 249 mm)
    - 2. Lage: HLz 1,2 - NF/DF (l = 240 / b = 115 / h = 71 oder 52 mm)
  - 05 Wärmedämmung WLg ≤ 035, zweilagig (innen hydrophob, außen Mineralfaser)
  - 06 Deckenrandelement (vorgefertigt) aus:
    - Ziegelschale, d = 10 mm (Putzträger)
    - Hartschaum-Wärmedämmplatte, d = 100 oder 120 mm
  - 07 Gewebeeinlage in Unterputz
  - 08 Evtl. Lastfreistreifen (Weicheinlage) bei großen Deckendurchbiegungen, Kellenschnitt im Putz
  - 09 Bitumenbahn R 500, besandet
  - 10 Höhenausgleichsziegel, Format 3 DF
  - 11 Planziegel, d = 365 mm
  - 12 Verblendschale aus Klinkermauerwerk
  - 13 Wärmedämmung Typ WZ
  - 14 Planziegel, d = 175 oder 240 mm
- a) bei Verwendung von Anknern nach bauaufsichtlicher Zulassung: 150 bis 250 mm

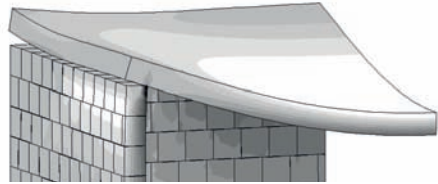
Beispiele für die Ausführung des Deckenauflegers bei Ziegelaußenwänden: Bild links mit Abmauer- und Höhenausgleichsziegel, Bild Mitte mit Deckenrandelement oder Stirndämmung, Bild rechts mit vollaufhängender Decke bei zweischaliger Außenwand

- Kräfte aus Deckenverformung sollten nicht direkt in Wände eingeleitet werden. Eine besandete Bitumenbahn R 500, die auf den Wandkopf aufgelegt und unter dem Wandfuss in den Anlegemörtel eingebettet wird, begrenzt die Schubkrafteinleitung in die Wand, lässt aber gleichzeitig Verformungen der Decke, wie Schwinden und Kriechen zu. Auch verhindern solche Trennlagen den Verbund von Beton und Ziegel, der zu Rissen führen würde.
- Die Biegeschlankheit  $d_{de}$  und Durchbiegung  $v$  der Stahlbetondecke ist zu begrenzen. Bewährt haben sich die Gebrauchstauglichkeitsnachweise im Sinne von DIN 1045-1 mit erf.  $d_{de} \geq l^2/150$  bzw.  $v \leq l/500$
- Bei großen Deckenspannweiten bzw. geringen Auflasten in den obersten Geschossen reduziert ein Lastfreistreifen (weicher Randstreifen am raumseitigen Deckenauflagerrand) die Exzentrizität und Kantenpressung ( $\rightarrow$  Bild unten). Allerdings darf die Breite des Lastfreistreifens bei der Bemessung nach DIN EN 1996 nicht als Auflagertiefe  $a$  berücksichtigt werden.



Lastfreistreifen ("Zentrierleiste") auf Bitumenbahn R 500

- Bei Flachdächern aus Stahlbeton kommt es aufgrund von Schwinden und Kriechen des Betons, begünstigt durch geringe Auflasten zum „Schüsseln“, einem Abheben der Deckeneckbereiche. Hier können unter-



Deckendurchbiegung und Abheben der Deckenecken nach [6]

schiedliche Massnahmen Abhilfe leisten wie z. B. an den Deckenecken angeordnete Drillbewehrung oder Sollbruchstellen nach [7]. Häufig angewendet werden in den Mauerwerksecken integrierte Stahlbeton-Zugstützen oder Stahl-Zuganker, um die oberste Geschoß- bzw. Dachdecke in den Ecken mit der darunterliegenden Geschoßdecke zusammenzuspannen und abhebende Kräfte aufzunehmen. Notwendig ist ein kraftschlüssiger Verbund der Bewehrungsanschlüsse. Bei der Anwendung von Zugankern wird eine Vorspannung empfohlen.

- Die Randbedingungen für die Anwendung des vereinfachten Bemessungsverfahrens nach DIN EN 1996-3 sehen  $l \leq 6,0$  m als Anwendungsgrenze für die Spannweite der aufliegenden Stahlbetondecken vor. In einer Parameterstudie des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt konnte gezeigt werden, dass auch Decken-Wand-Systeme mit Spannweiten größer als 6,0 m, die mit Hilfe des vereinfachten Nachweisverfahrens bemessen werden, gegenüber einer Bemessung mit dem genaueren Nachweisverfahren auf der sicheren Seite liegen. Durch veränderte Systemparameter wie vergrößerte Deckendicken ergeben sich zum Teil günstigere Eingangswerte für die Bestimmung der zulässigen Traglast von Mauerwerkswänden aus Ziegelmauerwerk. Die Tabelle unten zeigt die Auswertung der maximalen Deckenspannweite unter Berücksichtigung der zulässigen Biegeschlankheit bei den in der Praxis in üblichen Fällen vorkommenden einseitigen Einspannung der Decke.

| Begrenzung der Biegeschlankheit bei einseitiger Einspannung der Decke nach DIN EN 1992-1-1/NA nach [6]            |         |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Maximale Deckenstützweite $l_i$ in m  | 6,00    | 6,55    | 7,15    | 7,70    |
| Deckendicke $h_{de}$ in cm  | 18,0    | 20,0    | 22,0    | 24,0    |
| Statische Nutzhöhe $d$ in cm  | 15,5    | 17,5    | 19,5    | 21,5    |
| erf. Biegebewehrung $cm^3/m$  | 4,89    | 5,53    | 6,19    | 6,87    |
| Bewehrungsgrad $\rho$ <sup>1)</sup>   | 0,272 % | 0,277 % | 0,281 % | 0,286 % |
| Biegeschlankheit $l_i/d$  | 38,39   | 37,43   | 36,56   | 35,81   |
| Biegebemessung nach DIN EN 1992-1-1/NA unter Ansatz der in Abschnitt 3 genannten Einwirkungen und Randbedingungen |         |         |         |         |
| 1) Die Bewehrungsgrade $\rho$ liegen unterhalb des Referenzbewehrungsgrades $\rho_0 = 0,447$ %.                   |         |         |         |         |



## 2. Ziegeldecken

Konstruktiv lassen sich Ziegeldecken in Ziegel-Einhängedecken und Ziegel-Elementdecken einteilen. Diese werden im Verbund von Ziegel, Bewehrungsstahl und Vergußbeton gefertigt. Mit der Ziegeldecke wird ein überwiegend keramisches Bauteil geboten, welches in seinen materialspezifischen Verformungskennwerten denen des Ziegelmauerwerks entspricht. Damit werden Bauschäden aus dem Bereich unterschiedlicher Verformung vermindert bzw. vermieden. Ziegeldecken machen die Vorteile des Wandbaustoffs Ziegel auch für die Decke nutzbar.

Die Ziegeldecke kann beidseitig frei aufliegend oder als statisch durchlaufende Decke ausgeführt werden. Eine Einbindung an Massivbauteile, wie deckengleiche Unterzüge, Treppen, Fensterstürze, die Einbindung von Balkonplatten sowie die Anbindung eines Kniestockes sind problemlos möglich. Verlegt werden die Deckenteile auf das mit Mauermörtel abgeglichene und mit

Bitumendachpappe R 500 abgedeckte Deckenaufleger. Eine Schalung ist für die Verlegung nicht erforderlich.





Ziegeldecken sind sehr zeitgünstig einzubauen. Sie benötigen in der Regel keine Lagerfläche auf der Baustelle, da sie just-in-time geliefert und verlegt werden können. In Verbindung mit normalen Fußbodenaufbauten erfüllen Ziegeldecken die Anforderungen an den Schallschutz gemäß DIN 4109. Ziegeldecken verputzt, mit und ohne Aufbeton, erfüllen die Forderungen des Brandschutzes.

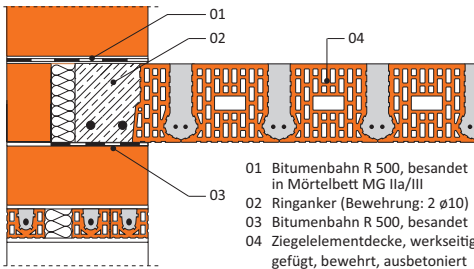
Ziegelwerke, die Ziegeldecken produzieren, erstellen eine individuell auf das Objekt abgestimmte Statik und liefern Positionspläne für die Verlegung der Decken. Die Anforderungen an Ziegeldecken sind in DIN 1045 geregelt, für die Deckenziegel gelten DIN 4159 und DIN 4160. Für alle Systeme liegen typengeprüfte Traglasttabellen vor.

### Ziegel-Elementdecken

Ziegel-Elementdecken bestehen aus werkseitig erstellten Fertigteilen aus Ziegeln. Durch ihren hohen Vorfertigungsgrad ermöglichen Ziegel-Elementdecken extrem kurze Bau- und Bauaustrocknungszeiten. Die am weitesten verbreitete Ziegel-Elementdecke ist die Stahlsteindecke nach DIN 1045-100. Sie besteht aus statisch mittragenden Deckenziegeln ZST 1,0 - 22,5 nach DIN 4159, Beton und Betonstahl BST 500 S, die ein gemeinsames Tragwerk bilden.

Hersteller planen Ziegel-Elementdecken über den Grundriss in montagegerechten Einheiten von 1 m bis 2,5 m Breite. Die Dimensionierung und Herstellung erfolgt entsprechend den statischen Verhältnissen.

| Ziegel-Elementdecken für den Wohnungsbau; $q \leq 5 \text{ kN/m}^2$ |                       |  |
|---|-----------------------|--|
| Typ   | lichte Weite          | System   |
| 19,0 JW   | $\leq 5,55 \text{ m}$ |    |
| 20,0 SD   | $\leq 5,85 \text{ m}$ |   |
| 21,5 JWS  | $\leq 6,45 \text{ m}$ |  |
| 24,0 D  | $\leq 7,30 \text{ m}$ |  |

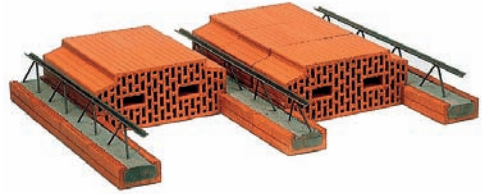


Ziegel-Elementdecke: Deckenaufleger über Fenstersturz

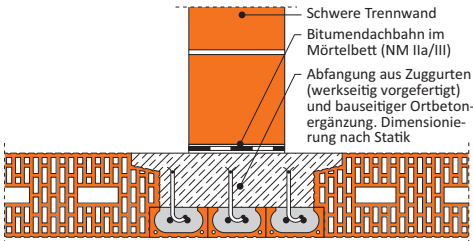
Ziegel-Elementdecken sind auch mit bereits verputzter Deckenunterseite verfügbar. Deckenelemente werden just-in-time geliefert und sind nach dem Verlegen sofort belastbar, so dass der Bauablauf im nächsten Geschoss kontinuierlich fortgesetzt werden kann. Weitere Hinweise sind bei der Arbeitsgemeinschaft Ziegel-elementbau erhältlich ( $\rightarrow$  [www.ziegelementbau.de](http://www.ziegelementbau.de)).

Ziegel-Einhängedecken

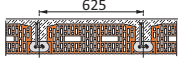
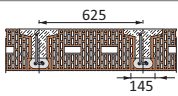
bestehen aus Deckenträgern, Einhängziegeln und Vergußbeton, die erst auf der Baustelle zu einem Deckensystem verschmelzen. Dazu werden die werkseitig vorgefertigten Deckenträger - mit Stahlbeton gefüllte Ziegel-U-Schalen - bei einer Auflagertiefe  $\geq 115$  mm auf der Mauerkrone verlegt. Spannrichtung, Trägerabstände und Montagestützen sind den Angaben der Positionspläne zu entnehmen. Nachdem die verlegten Träger durch Montagestützen gesichert sind, erfolgt die Verlegung der Einhängziegel. Durch bauseitigen Verguss mit Beton C 20/25 bzw. C 25/30 werden die Deckenträger zum statisch tragenden Balken. Bei Typ 18 + 3 wird das Deckensystem durch 3 cm Aufbeton ergänzt.

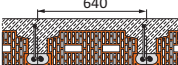
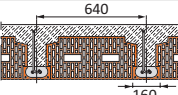


Ziegel-Einhängedecken werden im Regelraster von 62,5 cm ausgeführt - daneben sind 64, 60 und 50 cm möglich. Aufgrund des vergleichsweise geringen Gewichtes der Einzelteile eignet sich dieses Deckensystem bestens für den Eigenbau. Von Vorteil erweist sich auch der Einsatz bei der Sanierung im Bestand: Dabei werden alte Holzbalken geschossweise entfernt und durch Ziegelträger (= Zuggurte) und Einhängziegel ersetzt. Ziegel-Einhängedecken werden im Verkehrslastbereich  $\leq 5,0$  kN/m<sup>2</sup> bis zu 7,00 m Spannweite angeboten. Durch mindestens 7 cm Aufbeton kann die Tragwirkung erhöht werden, sodass im Gewerbe- und Landwirtschaftsbau (Verkehrslastbereich  $\leq 12,5$  kN/m<sup>2</sup>) unterstützungsfreie Decken bis 8,40 m Spannweite möglich sind. Dazu ist der Einsatz von speziellen Gitterträgern nach gesondertem Nachweis sowie stellenweise die Anordnung von Doppelträgern erforderlich.



Ziegel-Einhängedecke: Abfangung einer schweren Trennwand

| Ziegel-Einhängedecken für den Wohnungsbau (Nutzlast $q \leq 5,00$ kN/m <sup>2</sup> ) |                 |               |                |   |
|---|-----------------|---------------|----------------|---|
| Typ   | Deckenhöhe [cm] | Aufbeton [cm] | Spannweite [m] | System  |
| 18 + 3  | 18,0            | 3,0           | $\leq 5,75$    |   |
| 21 + 0  | 21,0            | -             | $\leq 5,75$    |  |
| 25 + 0  | 25,0            | -             | $\leq 7,00$    |   |

| Ziegel-Einhängedecken für den Gewerbe- und Landwirtschaftsbau (Nutzlast $q \leq 12,50$ kN/m <sup>2</sup> ) |                 |               |                |   |
|--|-----------------|---------------|----------------|---|
| Typ  | Deckenhöhe [cm] | Aufbeton [cm] | Spannweite [m] | System  |
| 18 + 7   | 18,0            | 7,0           | $\leq 6,90$    |  |
| 21 + 7   | 21,0            | 7,0           | $\leq 7,90$    |   |
| 25 + 7   | 25,0            | 7,0           | $\leq 8,40$    |  |

### 3. Ziegel-Massivdach

Eine Sonderform der Ziegel-Elementdecke ist das Ziegel-Massivdach. Übliche Dachkonstruktionen in Holzbauweise mit Wärmedämmung sind Leichtkonstruktionen, bei denen wegen der geringen Masse der Schallschutz und auch das Raumklima in heißen Sommermonaten unbefriedigend sind.

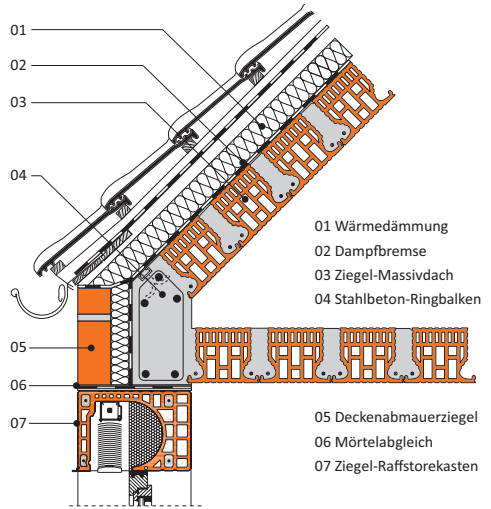
Ziegelelemente sind bauaufsichtlich in der höchsten Brandschutzklasse A1 (nicht brennbar) eingestuft und tragen somit nicht zur Erhöhung der Brandlast bei. Als Bauteil ist das Massivdach als feuerbeständig (F90 A) klassifiziert. Ziegel-Massivdächer verbessern somit nicht nur die akustische und thermische Behaglichkeit, sondern erhöhen auch die Sicherheit. Sie machen den Dachraum zum vollwertigen Wohnraum und steigern den Wert der Immobilie.

Beim Ziegel-Massivdach werden vorgefertigte Ziegel-Elementdecken entsprechend der Dachneigung verlegt. Neben der Verbesserung des Raumklimas und des Schallschutzes liefert diese Konstruktion hohe Brandsicherheit (F 90) und ist damit auch zur Trennung von Brandabschnitten geeignet. Aufgrund der bekannten positiven Eigenschaften von Ziegel entsteht unter dem Ziegel-Massivdach ein vollwertiger Wohn- und Arbeitsraum mit behaglicher Atmosphäre.

Die massive, monolithische Bauweise des Daches trägt dazu bei, dass der Dachraum nicht nur stabile Temperaturverhältnisse und eine geregelte Luftfeuchtigkeit aufweist, sondern zudem noch absolut windgeschützt ist. Eine sehr gute Voraussetzung für energiesparendes Bauen.



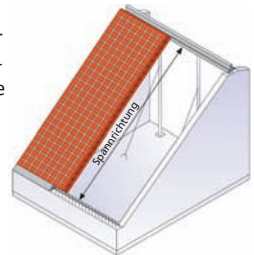
Quelle: Rötzer-Ziegel-Element-Werk GmbH



Es werden zwei Konstruktionsarten unterschieden:

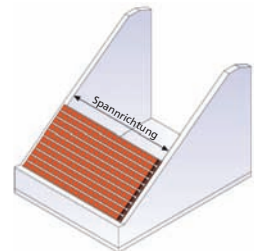
#### Sparrenbauweise

Statische Spannrichtung der Fertigteile entlang eines gedachten Sparrens, d.h. vom Kniestock bis zum First. Statisches System: Dreigelenkrahmen, Sprengwerk mit Stahlbeton-Kniestock und Zugband, biegesteifer Anschluss des Stahlbeton-kniestockes an die oberste Geschossdecke. Dieses System eignet sich besonders für lang gestreckte Gebäude mit vielen Gauben und Erkern.



#### Schottenbauweise

Statische Spannrichtung parallel zum First. Die tragenden Wände dienen als direktes Auflager (Schotten). Verbindet man die Dachhälften mit Ringankern auf den Tragwänden über den First, so dass alle geneigten Kräfte im Gleichgewicht sind, kann man auf Zugband und Kniestock (Drempel) aus Stahlbeton verzichten. Hier genügt ein Kniestock aus üblichem Außenmauerwerk.



Quelle: Rötzer-Ziegel-Element-Werk GmbH

## PUTZ- UND MAUERMÖRTEL

### MAUERMÖRTEL

Mauermörtel ist ein Gemisch von Sand, Bindemittel und Wasser, gegebenenfalls auch Zusatzstoffen und Zusatzmitteln. Er wird für die Erstellung von Mauerwerk zur Ausbildung von Lagerfugen, Stoßfugen oder Längsfugen sowie zum nachträglichen Verfügen von Sichtmauerwerk verwendet.

Wie die deutschen Normen für Mauerziegel und andere Mauersteine wurden auch die nationalen Regelwerke für Putz- und Mauermörtel an europäische Direktiven angepasst, so dass seit Februar 2004 in Deutschland Mauer- und Putzmörtel nach europäischer Norm herstell- und anwendbar sind.

#### Normen

- DIN EN 998-2:2017-02  
Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau (Harmonisierte Norm)
- E DIN 20000-412:2017-04  
Regeln für die Verwendung von Mauermörtel nach DIN EN 998-2:2017-02 (Anwendungsnorm)
- E DIN 18580:2017-03  
Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften (Restnorm)

Mauermörtel werden nach Lieferform und Art unterschieden.

#### Lieferformen

- Baustellenmörtel  
wird aus den einzelnen (angelieferten) Ausgangsstoffen auf der Baustelle zusammengesetzt / gemischt
- Werkmörtel  
wird in einem Werk zusammengesetzt und gemischt. Etwa 80–90 % aller Mauermörtel, die heute verarbeitet werden, sind Werkmauermörtel. Sie werden unterschieden nach
  - „Trockenmörtel“, der gemischt ist und lediglich die Zugabe von Wasser erfordert. Sie werden als Sackware oder in Silos auf die Baustelle geliefert.
  - „Nassmörtel“, der gebrauchsfertig geliefert wird.

#### Mörtelarten

- Normalmauermörtel (NM)
- Leichtmauermörtel (LM)
- Dünnbettmörtel (DM)

#### 1. Normalmauermörtel

Normalmörtel werden nach steigender Mindestdruckfestigkeit in Mörtelgruppen (I bis IIIa) unterteilt. Nach DIN 998-2 ist Normalmörtel als Mauermörtel ohne besondere Eigenschaften definiert. Normalmörtel können als Rezeptmörtel, d.h. ohne weitere Zusätze nach Raumanteilen (siehe unten) hergestellt werden.

Normalmauermörtel (Rezeptmörtel) nach DIN 1053-1 bzw. DIN V 18580

| Bezeichnung      | Mörtelgruppe (MG) | Luft- und Wasserkalk |            | Hydraulischer Kalk (HL2) | Hydraulischer Kalk (HL5), Putz- / Mauerbinder (MC5) | Zement | Sand <sup>1)</sup> aus natürlichem Gestein |
|------------------|-------------------|----------------------|------------|--------------------------|---|--------|--|
|                  |                   | Kalkteig             | Kalkhydrat |                          |   |        |  |
| Kalkmörtel       | I                 | 1                    | -          | -                        | -   | -      | 4  |
|                  |                   | -                    | 1          | -                        | -   | -      | 3  |
|                  |                   | -                    | -          | 1                        | -   | -      | 3  |
|                  |                   | -                    | -          | -                        | 1   | -      | 4,5  |
| Kalkzementmörtel | II                | 1,5                  | -          | -                        | -   | 1      | 8  |
|                  |                   | -                    | 2          | -                        | -   | 1      | 8  |
|                  |                   | -                    | -          | 2                        | -   | 1      | 8  |
|                  |                   | -                    | -          | -                        | 1   | -      | 3  |
|                  | IIa               | -                    | 1          | -                        | -   | 1      | 6  |
|                  |                   | -                    | -          | -                        | 2   | 1      | 8  |
| Zementmörtel     | III               | -                    | -          | -                        | -   | 1      | 4  |
|                  | IIIa              | -                    | -          | -                        | -   | 1      | 4  |

1) Die Werte des Sandanteils beziehen sich auf den lagerfeuchten Zustand.

## 2. Leichtmörtel

reduziert die Wärmeleitfähigkeit einschaliger Außenwände. Er wird als Werk trockenmörtel in Säcken oder Siloware bzw. als Werkfrischmörtel geliefert. Die Verarbeitung erfolgt nach Herstellervorgabe. Es dürfen keine Zusatzstoffe bzw. Zusatzmittel zugegeben werden. Die angegebenen Mischzeiten sind einzuhalten. Leichtmörtel ist entsprechend seiner Werte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{10,lr}$  erhältlich als:

### Leichtmörtel LM 21

- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,21 \text{ W/(mK)}$
- Trockenrohichte  $\rho_d \leq 700 \text{ kg/m}^3$

### Leichtmörtel LM 36

- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,36 \text{ W/(mK)}$
- Trockenrohichte  $\rho_d \leq 1000 \text{ kg/m}^3$

## 3. Dünnbettmörtel

Die Tragfähigkeit von Mauerwerk hängt von diversen Kriterien ab. Die wichtigste Einflussgröße ist die Druckfestigkeit der Mauerwerkskomponenten: Je größer die Stein- oder Mörtelruckfestigkeit, desto größer ist die Mauerwerksdruckfestigkeit. Auch Maßhaltigkeit und Lagerfugendicke beeinflussen die Tragfähigkeit. Eine hohe Maßhaltigkeit verbessert die Mauerwerksdruckfestigkeit, während eine große Dicke der Lagerfuge diese verringert. Außerdem wirkt sich die Ausführungsqualität und hier vor allem die normativ geforderte Vollfugigkeit auf die Tragfähigkeit aus.

Nach DIN EN 1996 sind Dünnbettmörtel nicht zulässig für Mauersteine mit Höhetoleranzen von mehr als 1,0 mm. Daher werden seit vielen Jahren Planziegel produziert, deren Lagerflächen mit einer Genauigkeit von ca. 0,1 mm planparallel geschliffen werden. Solche Ziegel werden nach bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Zur Verarbeitung dürfen nur die in den Zulassungen empfohlenen Dünnbettmörtel verwendet werden. Dabei handelt es sich um volldeckelnde Dünnbettmörtel, deren spezielle Zusammensetzung ein vollflächiges Mörtelband in der Lagerfuge ermöglichen. Die Rezeptur ist so angelegt, dass die Konsistenz selbst bei ungefüllten Hochlochziegeln ein Hineinfallen des Mörtels in die Luftkammern verhindert. Volldeckelnde Dünnbettmörtel verbessern die vertikale Schalldämmung und vermeiden unerwünschte Luftkonvektion im Wandquerschnitt. Ziegelhersteller liefern Dünnbettmörtel als Sackware zusammen mit den Planziegeln in ausreichender Menge aus.

Je nach Zulassung sind folgende Systeme anwendbar:

### System VD

Herstellung einer deckelnden Lagerfuge durch Auftrag von Dünnbettmörtel mittels Auftragsgerät



VD: Vollflächiges Dünnbettmörtelband auf Planhochlochziegel

### System V.Plus

Herstellung einer deckelnden Lagerfuge durch Auftrag von Dünnbettmörtel mit Gewebeflieseinlage



V.Plus: Glasfamentgewebe eingebettet in Dünnbettmörtel

### Mörtelpads

sind industriell vorgefertigte Mörtelplatten, die im trockenen Zustand auf die Lagerflächen von Planziegeln aneinandergereiht aufgelegt werden und im Anschluss mit einer festgelegten Menge Wasser aktiviert werden. Das Mörtelpad besteht aus einem mit Glasfasergewebe verstärktem Leichtdünnbettmörtel.



Mörtelpad: Wannenprofilierung auf der Oberseite gewährleistet sichere Wasserdosierung der Bewässerungsvorrichtung

Anforderungen<sup>a)</sup> an Mauermörtel nach DIN EN 998-2 bzw. DIN 18580

| Mörtelart                   | Mörtelgruppe<br>nach<br>DIN<br>1053-1 | Mörtelklasse<br>nach<br>DIN EN<br>998-2 | Druckfestigkeit $\beta_D$<br>in N/mm <sup>2</sup><br>nach<br>DIN EN<br>1015-11 | Trockenroh-<br>dichte $\rho_D$<br>in kg/m <sup>3</sup><br>nach<br>DIN EN<br>1015-10 | Wärmeleit-<br>fähigkeit $\lambda_{10,lr}$<br>in W/(mK)<br>nach<br>DIN EN<br>1745 | Verbundfestigkeit (Haftscherfestigkeit)   |  |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|--|---|--|---|--|
|                             |                                       |   |  |   |  | Charakteristische<br>Anfangsscherfestig-<br>keit $f_{vk0}$ in N/mm <sup>2</sup><br>nach DIN EN 1052-3 | Haftscherfestig-<br>keit (Mittelwert)<br>$\beta_{HS}$ in N/mm <sup>2</sup><br>nach DIN 18555-5 |
| Normal-<br>mauer-<br>mörtel | NM I                                  | M 1                                     | ≥ 1  | ≥ 1500  | -  | -   | -  |
|                             | NM II                                 | M 2,5                                   | ≥ 2,5  |   |  | ≥ 0,04  | ≥ 0,10   |
|                             | NM IIa                                | M 5                                     | ≥ 5  |   |  | ≥ 0,08  | ≥ 0,20   |
|                             | NM III                                | M 10                                    | ≥ 10   |   |  | ≥ 0,10  | ≥ 0,25   |
|                             | NM IIIa                               | M 20                                    | ≥ 20   |   |  | ≥ 0,12  | ≥ 0,30   |
| Leicht-<br>mörtel           | LM 21                                 | M 5                                     | ≥ 5  | ≤ 700   | ≤ 0,18 <sup>b)</sup>   | ≥ 0,08  | ≥ 0,20   |
|                             | LM 36                                 | M 5                                     | ≥ 5  | ≤ 1000  | ≤ 0,27 <sup>b)</sup>   | ≥ 0,08  | ≥ 0,20   |
| Dünnbett-<br>mörtel         | DM                                    | M 10                                    | ≥ 10   | -   | -  | ≥ 0,20  | ≥ 0,50   |

a) Prüfalter 28 Tage

b) Beim Nachweis  $\lambda_{10,lr}$  nach DIN EN 1745, sofern  $\rho_D > 700$  bzw.  $> 1000$  kg/m<sup>3</sup>

Beschränkungen der Anwendung nach DIN 1053-1 für Mauermörtel

| Mörtelart                   | Mörtelgruppe<br>nach DIN 1053-1 | Anwendungsbeschränkungen  |
|-----------------------------|---------------------------------|---|
| Normal-<br>mauer-<br>mörtel | NM I                            | Nicht zulässig<br>- bei ungünstigen Witterungsbedingungen (Nässe, Kälte),<br>- für Gewölbe und Kellermauerwerk,<br>- bei mehr als 2 Vollgeschossen,<br>- bei Wanddicken < 240 mm,<br>- für Außenschalen von zweischaligen Außenwänden,<br>- für Mauerwerk nach Eignungsprüfung. |
|                             | NM II                           | Keine Einschränkungen   |
|                             | NM IIa                          |   |
|                             | NM III                          | Nicht zulässig für Außenschalen von zweischaligen Außenwänden.<br>Ausnahmen:<br>- Zulässig für nachträgliches Verfugen.<br>- Zulässig für Bereiche in Außenschalen, die als bewehrtes Mauerwerk ausgeführt werden.  |
| NM IIIa                     |                                 |   |
| Leicht-<br>mörtel           | LM 21                           | Nicht zulässig<br>- für Gewölbe,<br>- für Sichtmauerwerk, das der Witterung ausgesetzt ist.   |
|                             | LM 36                           |   |
| Dünnbett-<br>mörtel         | DM                              | Nicht zulässig für Mauersteine mit Maßabweichungen in der Höhe von > 1,0 mm.  |

a) Prüfalter 28 Tage

b) Beim Nachweis  $\lambda_{10,lr}$  nach DIN EN 1745, sofern  $\rho_D > 700$  bzw.  $> 1000$  kg/m<sup>3</sup>



**AUSSENPUTZ**

Verputztes, einschaliges Ziegelmauerwerk ist eine seit langem bewährte Außenwandkonstruktion. Seine große Verbreitung beruht auf der hohen Ausführungssicherheit, der Wirtschaftlichkeit und der Vielfalt der Gestaltungsmöglichkeiten. Putze und Ziegel sind mineralische Baustoffe, die sich in idealer Weise ergänzen.

Da sich die Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz in den letzten Jahren erhöht haben, werden einschalige Ziegelaußenwände aus Produkten mit besonders geringer Wärmeleitfähigkeit erstellt. Entsprechend wurden auch Putze in ihren Eigenschaften so angepasst, dass deren Trockenrohddichte und E-Modul auf den Putzgrund abgestimmt sind.

**1. Putzgrund**

Mauerwerk aus Ziegel nach Norm (DIN 105-100 oder nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit der Anwendungsnorm DIN 20000-401) bzw. nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung sind nach fachgerechter Ausführung gemäß DIN EN 1996 sehr gut als Putzgrund geeignet.

Mischmauerwerk ist zu vermeiden, da unterschiedliches Formänderungsverhalten in den Übergangsbereichen der verschiedenen Putzgründe zu Putzrissen führen kann.

Vor dem Auftrag des Putzes ist der Untergrund vom Fachunternehmer gemäß VOB/C zu überprüfen. Dies beinhaltet die Prüfung auf Augenschein, Wischprobe, Kratzprobe, Benetzungprobe sowie Temperaturmessung. Der Putzgrund muss ebenflächig, tragfähig, ausreichend formstabil und frei von Staub und sonstigen Verunreinigungen sein. Er muss ausreichend trocken und frostfrei sein. Die Bauteiltemperatur sollte mindestens +5 °C betragen.

Besteht der Putzgrund aus unterschiedlichen Materialien, ist eine Putzbewehrung (z.B. alkalibeständiges Glasfasergewebe) vorzusehen. Diese wird im oberen Drittel der Putzdicke aufgebracht. Neben Materialwechseln ist Putzbewehrung insbesondere in den Eckbereichen von Öffnungen (z.B. Tür, Fenster) zur Aufnahme von Kerbspannungen zu empfehlen. Dabei ist auf eine Überlappung von  $\geq 200$  mm zu achten.

**2. Putzmörtel und Putzsysteme**

Putzsysteme sind verschiedene Putzarten und Methoden eines Herstellers, die in ihrer Gesamtheit mit dem Putzgrund die Anforderungen an den Putz erfüllen.

Da Normalputze auf wärmedämmendem Ziegelmauerwerk nicht geeignet sind, wurden in den letzten Jahren sogenannte Leichtputze entwickelt, die mit geringeren Trockenrohddichten den heutigen Anforderungen entsprechen.

Mineralischer Putzmörtel nach DIN EN 998-1 besteht aus Gesteinskörnungen, Füllstoffen und gegebenenfalls expandiertem Polystyrol. Als Bindemittel werden vor allem Baukalk und Zemente verwendet.

Entsprechend ihren Eigenschaften werden Putzarten klassifiziert:

| Klassen für Putzmörtel­eigenschaften nach DIN EN 998-1 |        |  |
|--|--------|--|
| Eigenschaft  | Klasse | Anforderung  |
| Putzmörtel­druckfestigkeit (28 Tage)                   | CS I   | 0,4 bis 2,5 N/mm <sup>2</sup>                          |
|  | CS II  | 1,5 bis 5,0 N/mm <sup>2</sup>                          |
|  | CS III | 3,5 bis 7,5 N/mm <sup>2</sup>                          |
|  | CS IV  | $\geq 6$ N/mm <sup>2</sup>                             |
| Kapillare Wasser­aufnahme                              | W 0    | keine Anforderung                                      |
|  | W 1    | $c \leq 0,40$ kg/(m <sup>2</sup> ·min <sup>0,5</sup> ) |
|  | W 2    | $c \leq 0,20$ kg/(m <sup>2</sup> ·min <sup>0,5</sup> ) |
| Wärmeleitfähigkeit                                     | T 1    | $\leq 0,1$ W/(m·K)                                     |

Putzmörtelgruppen nach der deutschen Restnorm DIN V 18550 werden wie folgt definiert:

- P I Luftkalkmörtel, Wasserkalkmörtel, Mörtel mit hydraulischem Kalk
- P II Kalkzementmörtel, Mörtel mit hochhydraulischem Kalk oder mit Putz- und Mauerbinder
- P III Zementmörtel mit oder ohne Zusatz von Kalhydrat
- P IV Gipsmörtel und gipshaltige Mörtel



| Putzarten nach DIN V 18550 und DIN EN 998-1 |                                |                           |                                   |   |                          |   |
|---|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------|---|
| Putzart                                     | Mörtelgruppe                   |                           | Grenzwert der Trockenrohddichte   | Besondere Merkmale  |                          |   |
| Normalputz (GP)                             | P I bis P IV<br>CS I bis CS IV |                           | ca. 1400 - 1900 kg/m <sup>3</sup> | - Mineralische Bindemittel<br>- Zuschlag i.a. 0,24 - 4 mm   |                          |   |
|   | P Org 1<br>P Org 2             |                           |                                   | - Organische Bindemittel (Kunstharzputze)<br>- wasserabweisend  |                          |   |
| Wärmedämmputz (T)                           | CS I                           |                           | ≥ 200 kg/m <sup>3</sup>           | - Unterputz mit mineralischen Bindemitteln<br>- wärmedämmend<br>- wasserhemmend<br>- Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,2$ W/(m·K) (bei $\rho_D \leq 600$ kg/m <sup>3</sup> ) |                          |   |
|   | -                              |                           | ≤ 600 kg/m <sup>3</sup>           | - mineralischer Oberputz<br>- wasserabweisend<br>- Druckfestigkeit 0,80 - 3,0 N/mm <sup>2</sup>   |                          |   |
| Leichtputz (LW)                             | Unterputz (Leichtputz)         |                           | Oberputz                          |   | ≤ 1300 kg/m <sup>3</sup> | - nur Werkmörtel<br>- mineralische Bindemittel<br>- mineralische und/oder organische Zuschläge<br>- $2,5 \leq$ Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ] $\leq 5,0$<br>- wasserabweisend |
|   | Mörtelgruppe                   | Druckfestigkeitskategorie | Mörtelgruppe                      | Druckfestigkeitskategorie   |                          |   |
|   | DIN V 18550                    | DIN EN 998-1              | DIN V 18550                       | DIN EN 998-1  |                          |   |
|   | -                              | -                         | P I                               | CS I  |                          |   |
|   | -                              | -                         | P II                              | CS II   |                          |   |
|   | P II                           | CS II                     | P I                               | CS I  |                          |   |
|   | P II                           | CS II                     | P II                              | CS II   |                          |   |
|   | P II                           | CS III                    | P II                              | CS II<br>CS III   |                          |   |

| Eignung mineralischer Außenputze auf verschiedenen Putzgründen aus Mauerwerk nach DIN EN 1996 |  |                        |   |   |
|---|--|------------------------|---|---|
| Putzgrund   | Leichtputz Typ II<br>(Trockenrohddichte ≤ 1100 kg/m <sup>3</sup> ) |                        | Leichtputz Typ I<br>(Trockenrohddichte ≤ 1300 kg/m <sup>3</sup> ) | Normalputz                                      |
| Leichthochlochziegel, Rochdichteklasse < 0,8  |  | besonders gut geeignet |   | nicht geeignet                                  |
| Hochlochziegel, Rochdichteklasse ≥ 0,8  |  | besonders gut geeignet |   | bedingt geeignet (z. B. untergeordnete Gebäude) |
| Hochlochziegel, Rochdichteklasse ≥ 1,2  |  | besonders gut geeignet |   | geeignet  |

Quellen: Leitlinien für das Verputzen von Mauerwerk und Beton, Industrieverband Werkmörtel e.V., 2014 ([www.iwm.de](http://www.iwm.de)); Putz auf Ziegelmauerwerk - Fachgerechte Planung und Ausführung, Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel, Nov. 2015

### 3. Unterputz

Die untere Putzlage wird Unterputz, die oberste Lage Oberputz genannt.

Eine Putzlage ist eine in einem Arbeitsgang durch einen oder mehrere Anwürfe des gleichen Mörtels ausgeführte Putzschicht. Es gibt ein- oder mehrlagige Putze.

Der Spritzbewurf ist keine Putzlage; er dient der Vorbereitung des Putzgrundes. Bei Verwendung von Leichtputz kann der Spritzbewurf entfallen, wenn ein einheitlicher Ziegelputzgrund vorhanden ist.

#### Leichtputz

(Abkürzung LW) nach DIN EN 998-1 sind Putzmörtel mit einer Trockenrohddichte  $\leq 1300 \text{ kg/m}^3$ . Diese Unterputze haben sich für das Verputzen von Ziegelmauerwerk bewährt. Sie werden in neuerer Literatur als "Leichtputz Typ I" bezeichnet.

Darüber hinaus wurden Unterputze mit einer noch geringeren Trockenrohddichte  $\leq 1200 \text{ kg/m}^3$  ("Leichtputz Typ II") entwickelt, die besonders auf hochwärmedämmendes Ziegelmauerwerk abgestimmt sind. In unten aufgeführter Tabelle sind einige typische Eigenschaftswerte dieser Unterputze enthalten.

### 4. Oberputz

Für die Oberflächengestaltung sollen auf Ziegelmauerwerk als Oberputze vorzugsweise mineralische Edelputze (Bezeichnung CR) verwendet werden. Bei der Ausführung von feinkörnigen Oberputzen mit einer Korngröße kleiner oder gleich 2 mm sowie bei gefälzten Oberputzen sind nach ATV DIN 18350 VOB Teil C zusätzliche Maßnahmen erforderlich, wie z.B. ein Armierungsputz mit Gewebeeinlage.

### 5. Sockelputz

Als besonders durch Spritzwasser und Schnee gefährdet gilt der Sockelbereich von Gebäuden bis etwa 30 cm über Gelände. Der Außenputz im Sockelbereich hat eine besondere Schutzaufgabe.

Seine Anschlüsse an den aufgehenden Außenputz des Gebäudes und an die Feuchtedichtung im Bereich des Erdreiches erfordern besondere Sorgfalt.

Sockelputz muss ausreichend fest, wasserabweisend und frostwiderstandsfähig sein.

Als Sockelputze auf wärmedämmendem Ziegelmauerwerk werden Putze der Druckfestigkeitsklasse CS III nach DIN EN 998-1 (Druckfestigkeit 3,5 bis 7 N/mm<sup>2</sup>) mit Trockenrohddichten zwischen 1100 und 1300 kg/m<sup>3</sup> empfohlen.

### 6. Putzdicke, Standzeit

Die mittlere Putzdicke muss außen 20 mm und innen 10 mm betragen. Bei besonderen Anforderungen können andere Putzdicken erforderlich sein. Die Mindestdicke von Wärmedämmputzen muss 20 mm betragen, sinnvoll sind diese jedoch erst ab 40 mm und mehr.

Bei besonderen schall- und brandschutztechnischen Anforderungen kann eine bestimmte Putzdicke erforderlich sein. Die Standzeit des Unterputzes vor dem Aufbringen des wasserabweisenden Oberputzes sollte 1 Tag je mm Putzdicke betragen.

Weitere Hinweise sind den Merkblättern "Außenputz auf Ziegelmauerwerk - einfach und sicher" der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel sowie "Leitlinien für das Verputzen von Mauerwerk und Beton [...]" des Industrieverbandes Werkmörtel e.V. zu entnehmen.

| Prismendruckfestigkeit, Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul üblicher mineralischer Unterputz |                |                  |                   |
|--|----------------|------------------|-------------------|
| Eigenschaft  | Normalputz     | Leichtputz Typ I | Leichtputz Typ II |
| Prismendruckfestigkeit in N/mm <sup>2</sup>  | 3 bis 7        | 2,5 bis 5        | 1 bis 3           |
| Druckfestigkeitsklasse nach DIN EN 998-1   | CS II / CS III | CS II            | CS I / CS II      |
| Elastizitätsmodul in N/mm <sup>2</sup>   | 3000 bis 7000  | 2500 bis 5000    | 1000 bis 3000     |

## BAUORDNUNGSRECHT – TECHNISCHE REGELN – GÜTESCHUTZ

### 1. Musterbauordnung

Beim Bauen in Deutschland sind grundsätzlich die von den obersten Bauaufsichtsbehörden bekanntgemachten Gesetze und technischen Regeln zu beachten. Die Bauministerkonferenz, eine Arbeitsgemeinschaft der für das Bauwesen zuständigen Ministerien der 16 Bundesländer, sorgt für einen einheitlichen Vollzug. Eine der wichtigsten Aufgaben ist die Abstimmung und Bekanntmachung der Musterbauordnung (MBO), die Leitfaden für die Landesbauordnungen ist und als Gesetz für bauliche Anlagen wie auch Bauprodukte gilt.

Aufgrund des Urteils des Gerichtshofs der Europäischen Union (EuGH) vom 16.10.2014 (Rs. C-100/13) wird das Bauordnungsrecht derzeit an das europäische Bauproduktenrecht angepasst. Daher wurden unter anderem die Musterbauordnung und die Technischen Baubestimmungen novelliert. Diese werden auch ins Landesbauordnungsrecht gespiegelt.

(→ [www.bauministerkonferenz.de](http://www.bauministerkonferenz.de))

Die Musterbauordnung gliedert sich in folgende Teile:

- Erster Teil: Allgemeine Vorschriften (z.B. Anwendungsbereich, Begriffe, Anforderungen)
- Zweiter Teil: Das Grundstück und seine Bebauung (z.B. Bebauung, Zufahrten, Abstandsflächen, Teilung)
- Dritter Teil: Bauliche Anlagen (z.B. Gestaltung, Bauausführung, Bauprodukte, Brandverhalten, etc.)
- Vierter Teil: Die am Bau Beteiligten
- Fünfter Teil: Bauaufsichtsbehörden, Verfahren
- Sechster Teil: Ordnungswidrigkeiten, Rechtsvorschriften, Übergangs- und Schlussvorschriften

### 2. Technische Baubestimmungen

Bei der Errichtung, Änderung oder Instandhaltung baulicher Anlagen ist auch die Einhaltung der Technischen Baubestimmungen bauordnungsrechtlich geschuldet. Die am 31.08.17 neu erlassene Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) konkretisiert die allgemeinen Anforderungen der MBO an baulicher Anlagen, Bauprodukte etc. Mit Bekanntmachung durch die einzelnen Bundesländer sind diese Regeln bauaufsichtlich eingeführt. Ergänzend können Bauaufsichtsbehörden auch auf allgemein anerkannte Regeln der Technik zurückgreifen, die keine Technischen Baubestimmungen sind. Die Tabelle rechts oben zeigt auszugsweise die für den Mauerwerksbau bekanntgemachten Technischen Regeln. In die Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen eingebunden

| Auszug aus der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV-TB, Ausgabe Aug. 2017) |   |
|--|---|
| A 1.2.6 Bauliche Anlagen im Mauerwerksbau  |   |
| Anforderungen an Planung, Bemessung und Ausführung gem. § 85a Abs. 2 MBO                           | Technische Regeln   |
| Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk  | DIN EN 1996-1-1:2013-02<br>DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05<br>DIN EN 1996-1-1/NA/A1:2014-03<br>DIN EN 1996-1-1/NA/A2:2015-01 |
| Tragwerksbemessung für den Brandfall   | DIN EN 1996-1-2:2011-04<br>DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06   |
| Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk  | DIN EN 1996-2:2010-12<br>DIN EN 1996-2/NA:2012-01   |
| Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten                                   | DIN EN 1996-3:2010-12<br>DIN EN 1996-3/NA:2012-01<br>DIN EN 1996-3/NA/A1:2014-03<br>DIN EN 1996-3/NA/A2:2015-01         |
| Fertigbauteile   | DIN 1053-4:2013-04  |
| Verankerungen in Mauerwerk mit nachträglich gesetzter Befestigung                                  | Anforderung an Planung, Bemessung und Ausführung: 2016-06   |

sind nun auch die bislang als Bauregelliste A, B und C bekannten Dokumente. Herausgeber ist das Deutsche Institut für Bautechnik (→ [www.dibt.de](http://www.dibt.de)).

Die Muster-Verwaltungsvorschrift Technischen Baubestimmungen ist in 4 Teile gegliedert:

- Teil A: Technische Baubestimmungen, die zur Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind (z.B. Festigkeit, Standsicherheit, Brand-/Wärme-/Schallschutz, Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz)
- Teil B: Technische Baubestimmungen für Bauteile und Sonderkonstruktionen, die zusätzlich zu den in Teil A aufgeführten Technischen Baubestimmungen zu beachten sind
- Teil C: Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen und Bauarten
- Teil D: Bauprodukte, die keines Verwendbarkeitsnachweises bedürfen

### 3. Bauaufsichtliche Regelung von Bauprodukten

Für die Bescheidpraxis des DIBt ergeben sich nach [8] aufgrund der zuvor erwähnten Novellierung des Bauordnungsrechts seit 15.07.2017 folgende Neuerungen:

Die aktualisierten Rechtsvorschriften sehen eine strikte Abgrenzung zwischen Anforderungen an Bauprodukte – soweit europarechtlich zulässig – und Regelungen des Zusammenfügens von Bauprodukten zu baulichen Anlagen, sogenannte Bauarten, vor. Statt der bisherigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall für Bauarten wird es nunmehr für Bauarten eine allgemeine oder vorhabenbezogene Bauartgenehmigung geben. Dies hat Auswirkungen auf die Bescheide, die vom DIBt ausgestellt werden.

Bei der Bearbeitung neuer Anträge unterscheidet das DIBt seit dem 15.07.2017 folgende Fälle:

**Fall 1: Der Antrag enthält nur bauproduktbezogene Aspekte**

Es wird wie bisher eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für das Bauprodukt erteilt.

**Fall 2: Der Antrag enthält sowohl bauprodukt- als auch bauartbezogene Aspekte**

In diesem Fall wird künftig eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für das Bauprodukt erteilt, die

zugleich eine Bauartgenehmigung umfasst. Ziffer 8 der Allgemeinen Bestimmungen weist auf diese Doppelfunktion des Bescheids hin.

**Fall 3: Der Antrag enthält nur bauartbezogene Aspekte**

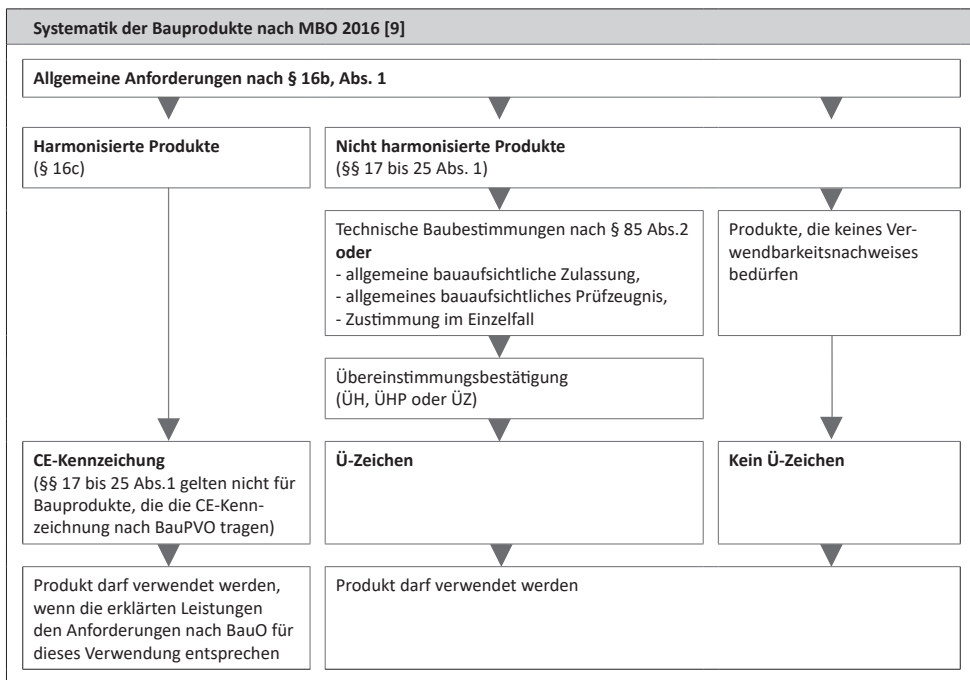
Die bisherige bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart wird durch eine Bauartgenehmigung ersetzt.

**Bereits erteilte Bescheide** müssen während ihrer Geltungsdauer nicht geändert werden. Für die Bundesländer, die die MBO 2016 noch nicht umgesetzt haben, wird unter Ziffer 8 der Allgemeinen Bestimmungen sichergestellt, dass erteilte Bauartgenehmigungen auch als allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für die Bauart gelten.

**Alternativ** dazu können Lücken harmonisierter Normen in Deutschland über **freiwillige Herstellerangaben** auf Grundlage einer technischen Dokumentation des Herstellers geschlossen werden [10].

Weiterführende Informationen:

→ [www.herstellereklaerung.de](http://www.herstellereklaerung.de)



#### 4. Normen und Zulassungen für Mauerziegel <sup>1)</sup>

##### DIN EN 771-1

Die Mauersteine für die Errichtung von Mauerwerk sind in vielen Fällen durch die harmonisierte Normenreihe EN 771 geregelt. Hiervon nicht erfasst sind z.B. dämmstoffgefüllte Steine.

Seit der Bekanntmachung im Bundesanzeiger vom 27.04.2005 dürfen die europäischen Mauersteinnormen der Normenreihe DIN EN 771 in Deutschland angewandt werden. Für Mauerziegel wurde die europäisch harmonisierte Produktnorm DIN EN 771-1 eingeführt, für andere Mauersteine die Teile -2 bis -4.

Mit DIN EN 771-1 (Nov. 2015) liegt derzeit eine europäisch harmonisierte Produktnorm in deutscher Fassung vor. Sie enthält Festlegungen für Mauerziegel, die in allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union gelten. Die europaweit gültigen Produktnormen regeln die Vorgaben zu Ausgangsstoffen, Herstellung und Anforderungen und geben ein einheitliches Verfahren für die Kennzeichnung und Prüfung der Mauersteine vor.

Der Hersteller bestätigt mit dem Konformitätszeichen CE, dass seine Bauprodukte im Sinne des Bauproduktengesetzes brauchbar sind und mit den Eigenschaften der europäischen Mauersteinnormen übereinstimmen. Die CE-Kennzeichnung besteht aus dem CE-Zeichen und einer Reihe formaler und produktspezifischer Angaben. Der Hersteller hat die Kennzeichnung produktbegleitend auf dem Mauerstein selbst bzw. der Verpackungseinheit (Folie, Palette etc.) bzw. produktbegleitenden Dokumenten (z.B. Lieferschein etc.) anzubringen.

Die Eigenschaftskennwerte (deklarierte Werte) in der CE-Kennzeichnung für Mauersteine der Normenreihe DIN EN 771 können nicht unmittelbar nach den Technischen Baubestimmungen z.B. für den Nachweis der Standsicherheit verwendet werden. Ausschließlich CE-gekennzeichnete Mauersteine können in Deutschland nur in Verbindung mit Anwendungsregeln/-normen verwendet werden. Diese bilden das Bindeglied zwischen europäischer Produkt- und Bemessungsnormen.

1) weitere Ziegelnormen siehe "NORMENVERZEICHNIS"



##### DIN 20000-401

Da mit DIN EN 771-1 ein EU-weit gültiges Normenwerk entstanden ist, das in allen Mitgliedsstaaten Anwendung findet, sind nationale Anpassungen notwendig, um die europäische Produktnorm durch individuelle Standards in den jeweiligen Staaten zu ergänzen oder zu umfassende europäische Regelungen zu begrenzen. DIN 20000-401 stellt als nationale Anwendungsnorm die Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1 dar.

##### DIN 105-4 bzw. DIN 105-100

Um die in Deutschland bewährten Mauerwerksprodukte wie gewohnt verwenden und vermarkten zu können, hat die deutsche Bauaufsicht zusammen mit der Mauersteinindustrie sogenannte "Restnormen" für Mauersteine mit besonderen Eigenschaften bereit gestellt. Zwischenzeitlich wurden diese größtenteils in die Anwendungsnorm DIN 20000-401 überführt. An manchen Stellen wird aber weiterhin auf die alten Restnormen verwiesen. Mit den Restnormen ist eine Beschreibung der Produkteigenschaften, Merkmale und Differenzierungen – abgestimmt auf die in Deutschland gültigen Bemessungs- und Anwendungsnormen – möglich.

Europäisch nicht genormte Produktqualitäten wie sie Keramikklinker bieten, z. B. Eigenschaften wie eine besondere Widerstandsfähigkeit gegenüber aggressiven Stoffen und mechanischen Oberflächenbeanspruchungen werden in DIN 105-4 "Keramikklinker" geregelt.

##### Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen

Wie zuvor beschrieben, müssen in Deutschland alle sicherheitsrelevanten Bauprodukte, das sind insbesondere solche, die zur Erfüllung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen bedeutsam sind, geregelt sein. Die Bauordnungen beschreiben Maßnahmen, die erforderlich sind, um Produkte, die von Normen abweichen, ebenfalls für die Verwendung zu regeln.

Nach Musterbauordnung 2016 ist ein Verwendbarkeitsnachweis für ein Bauprodukt erforderlich, wenn

1. es keine Technische Baubestimmung und keine allgemein anerkannte Regel der Technik gibt,
2. das Bauprodukt von einer Technischen Baubestimmung (§ 85a Abs. 2 Nr. 3) wesentlich abweicht oder
3. eine Verordnung nach § 85 Abs. 4a es vorsieht.

## 5. Güteschutz

Als Verwendungsnachweis gelten:

1. eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung,
2. ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis oder
3. ein Verwendbarkeitsnachweis im Einzelfall."

Aufgrund von Produktinnovationen in immer kürzeren Zyklen – insbesondere bei hochwärmedämmenden Planhochlochziegeln für den Außenwandbereich – haben sich allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen als probates Mittel erwiesen, zügig eine Verwendbarkeit solcher Produkte zu erreichen. Das Deutsche Institut für Bautechnik in Berlin erteilt mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung den Nachweis der Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnung. Zulassungen sind bis zu fünf Jahre gültig und können bei den Herstellern angefordert werden.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen enthalten Angaben zu:

- Verwendungsbereich,
- Bautechnischen Anforderungen an das Produkt (z.B. Maße, Form etc.),
- Prüfverfahren,
- Bestimmungen zu
  - Transport, Lagerung, Montage,
  - Planung, Bemessung, Konstruktion,
  - Kontrolle von Herstellung, Kennzeichnung, Lieferung

Für Mauerziegel nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen gilt bislang das Übereinstimmungsnachweisverfahren. Bei positiver Bewertung der werkseitigen Produktionskontrolle und der werkunabhängigen Produktprüfungen stellt die Zertifizierungsstelle Übereinstimmungszertifikate aus. Mit dem Übereinstimmungszertifikat ist der Hersteller berechtigt, diese Ziegel mit dem Übereinstimmungszeichen zu versehen, das – optisch gut angebracht – dem Verbraucher die hochwertige Qualität des Produktes anzeigt. Bauprodukte, die von der Bauprodukterichtlinie 89/106/EWG erfasst werden und mit einem CE-Kennzeichen versehen sind, dürfen keinem weiteren Zulassungsverfahren oder keiner Kennzeichnung mit einem Ü-Zeichen vorgesehen werden.



### Güteschutz Ziegel

Die Qualität der Ziegelprodukte wird durch die Überwachungsstelle laufend überwacht. Die Überwachung beinhaltet werkseitige Produktionskontrollen und Fremdüberwachung aller Ziegelprodukte. Die Überwachungs- und Zertifizierungsstelle Güteschutz handelt im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) nach den Festlegungen der jeweiligen Obersten Baubehörde der Länder (Landesbauordnungen). Die Zertifizierungsstelle Güteschutz erteilt entsprechend der werkseitigen Produktionskontrolle und der durchgeführten Fremdüberwachung das Übereinstimmungszertifikat. Sonderziegel werden in der Regel nicht geprüft. Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte - Werkseitige Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten ist in DIN 18200 geregelt.

### Lieferschein

Für Mauerziegel sind je nach Regelung folgende Bescheinigungen bzw. Kennzeichnungen erforderlich:

- Nach Norm hergestellte und überwachte Mauerziegel sind mit Lieferscheinen auszuliefern, die folgende Angaben enthalten müssen:
  - Hersteller und Werk
  - Herstellerzeichen
  - Anzahl und Bezeichnung der gelieferten Ziegel
  - Zertifizierungsstelle (Übereinstimmungszeichen, CE-Kennzeichnung)
  - Tag der Lieferung
  - Empfänger
- Ziegel nach Zulassungsbescheid des DIBt:
  - Kennzeichnung der Ziegel nach Norm (Rohdichteklasse, Festigkeitsklasse, Herstellerkennzeichen)

Außerdem ist jede Liefereinheit (z.B. Steinpaket) auf der Verpackung oder einem mindestens DIN A4 großen Beipackzettel mit den nachstehend aufgeführten Angaben des Zulassungsbescheides zu versehen:

  - Bezeichnung des Zulassungsgegenstandes
  - Festigkeitsklasse
  - Hinweis auf die zulässigen Spannungen
  - Rohdichteklasse
  - Zulassungsnummer
  - Herstellerwerk
  - Übereinstimmungszeichen
  - Verarbeitung Planziegel und Mörtelaufragsgerät

Bei diesen aufgelisteten Angaben können sich je nach Zulassungsbescheid Änderungen ergeben.
- Weitere Hinweise: → [www.gueteschutzziegel.de](http://www.gueteschutzziegel.de)

## 6. Normenverzeichnis

## Produkt- und Anwendungsnormen für Mauerziegel, Mauermörtel, Putzmörtel

| Norm          | Ausgabe   | Bezeichnung   | Bemerkung   |
|---------------|-----------|---|---|
| DIN EN 771-1  | Nov. 2015 | Festlegungen für Mauersteine - Teil 1: Mauerziegel  | <i>Europäische Norm, die die Eigenschaften von Mauersteinen aus Ton sowie die an sie gestellten Leistungsanforderungen für die Verwendung im Mauerwerk beschreibt.</i>  |
| DIN 20000-401 | Jan. 2017 | Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken: Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1 | <i>Siehe Kapitel "NORMEN UND ZULASSUNGEN", Abschnitt Nr. 2</i>  |
| DIN 105-4     | Jan. 2019 | Keramikklinker  | <i>Gilt für Keramikklinker, für die eine besondere Widerstandsfähigkeit gegenüber aggressiven Stoffen und mechanischen Oberflächenbeanspruchungen gefordert wird, zur Verwendung in tragendem und nichttragendem Mauerwerk. Sie werden vorwiegend zur Erstellung von Fassaden im Außen- und Innenbereich verwendet.</i> |
| DIN 105-5     | Jun. 2013 | Leichtlanglochziegel und Leichtlanglochziegelplatten  |   |
| DIN EN 998-2  | Feb. 2017 | Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 2: Mauermörtel  | <i>Legt Anforderungen für im Werk hergestellten Mauermörtel zur Verwendung in Wänden, Pfeilern und Trennwänden aus Mauerwerk fest. Beschreibt Leistungsanforderungen für Frischmörtel.</i>  |
| DIN 20000-412 | Jun. 2019 | Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken: Regeln für die Verwendung von Mauermörteln nach DIN EN 998-2 | <i>Regelt die Verwendung von CE-gekennzeichneten Mauermörteln nach DIN EN 998-2.</i>  |
| DIN 18580     | Jun. 2019 | Baustellenmörtel  | <i>Diese Norm legt die Anforderungen an Mauermörtel fest, der auf der Baustelle als Mauermörtel nach Rezept oder nach Eignungsprüfung zur dortigen Verwendung und zur Errichtung von Mauerwerk nach DIN EN 1996 hergestellt wird.</i>   |
| DIN EN 998-1  | Feb. 2017 | Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 1: Putzmörtel   | <i>Europäische Norm für im Werk hergestellten Putzmörtel aus anorganischen Bindemitteln, die als Außenputz und als Innenputz für Wände, Decken, Pfeiler und Trennwände verwendet werden. Sie enthält Definitionen und Leistungsanforderungen.</i>   |
| DIN 18550-1   | Jan. 2018 | Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 1: Ergänzungen Außenputze       | <i>Anwendungsbereich wie DIN EN 13914-1:2016-09. Gilt auch für die Verwendung von Putzen nach DIN EN 998-1 und DIN EN 15824 auf Wänden und Decken von Baukörpern, die DIN EN 1992-1-1, DIN EN 1996, DIN 4103-1 und DIN 4213, entsprechen und auch für ähnliche Putzgründe, z. B. bei Altbauten.</i>                     |



| Norm           | Ausgabe   | Bezeichnung   | Bemerkung  |
|----------------|-----------|---|--|
| DIN 18550-2    | Jan. 2018 | Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 2: Ergänzungen Innenputze                           | <i>Anwendungsbereich wie DIN EN 13914-2:2016-09. Gilt auch für die Verwendung von Putzen nach DIN EN 998-1 und DIN EN 15824 auf Wänden und Decken von Baukörpern, die DIN EN 1992-1-1, DIN EN 1996, DIN 4103-1 und DIN 4213, entsprechen und auch für ähnliche Putzgründe, z. B. bei Altbauten.</i>  |
| DIN EN 13914-1 | Sep. 2016 | Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 1: Außenputz  | <i>Enthält neben Festlegungen überwiegend Empfehlungen für Planung, Zubereitung, Ausführung von Außenputzen. Anleitungen für handelsübliche Unter- und Oberputze aus Baustellen-, Werk- und Werkvormörteln. Gültig für Außenputze auf der Basis von Zement, Kalk, Kombinationen von Kalk/Zement, Putz- und Mauerbindern und polymermodifizierten Bindemitteln auf allen üblichen Putzgründen inkl. Instandhaltung, Ausbesserung.</i> |
| DIN EN 13914-2 | Sep. 2016 | Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 2: Planung und wesentliche Grundsätze für Innenputz | <i>Planung und wesentliche Grundsätze für Innenputzsysteme sowie für Ausführung von Innenputzsystemen. Anforderungen und Empfehlungen für Detailausführung, für Planung und Auswahl der Materialien, Auswahl von Putzmischungen sowie Auftragen von Gipsputz, Gipskalkputz, Leichtputz, Putzen auf Kalkgips-, Kalk-, Zement und Kalkzementbasis, Lehmputze, Silikatputze, organisch gebundene Putze, polymermodifizierte Putze</i>   |

### Prüfnormen für Mauerziegel

| Norm            | Ausgabe   | Bezeichnung   |
|-----------------|-----------|---|
| DIN EN 772-1    | Mai 2016  | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit  |
| DIN EN 772-3    | Okt. 1998 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 3: Bestimmung des Nettovolument und des prozentualen Lochanteils von Mauerziegeln mittels hydrostatischer Wägung (Unterwasserwägung)   |
| DIN EN 772-5    | Feb. 2018 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 5: Bestimmung des Gehaltes an aktiven löslichen Salzen von Mauerziegeln  |
| DIN EN 772-7    | Okt. 1998 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 7: Bestimmung der Wasseraufnahme von Mauerziegeln für Feuchteisolierschichten durch Lagerung in siedendem Wasser   |
| DIN EN 772-9    | Mai 2005  | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 9: Bestimmung des Loch- und Nettovolument sowie des prozentualen Lochanteils von Mauerziegeln und Kalksandsteinen mittels Sandfüllung  |
| DIN EN 772-11   | Jul. 2011 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 11: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von Mauersteinen aus Beton, Porenbetonsteinen, Betonwerksteinen und Natursteinen sowie der anfänglichen Wasseraufnahme von Mauerziegeln |
| DIN EN 772-13   | Sep. 2000 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 13: Bestimmung der Netto- und Brutto-Trockenrohichte   |
| DIN EN 772-16   | Jul. 2011 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 16: Bestimmung der Maße  |
| DIN EN 772-19   | Sep. 2000 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 19: Bestimmung der Feuchtedehnung von horizontal gelochten großen Mauerziegeln   |
| DIN EN 772-20   | Mai 2005  | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 20: Bestimmung der Ebenheit von Mauersteinen   |
| DIN EN 772-21   | Jul. 2011 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 21: Bestimmung der Kaltwasseraufnahme v. Mauerziegeln  |
| E DIN EN 772-22 | Feb. 2019 | Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 22: Bestimmung Frost-Tau-Widerstand von Mauerziegeln   |

## Normen für den Mauerwerksbau

| Norm                                   | Ausgabe   | Bezeichnung  | Bemerkung  |
|--|-----------|--|--|
| DIN 1053-4                             | Mai 2018  | Mauerwerk - Teil 4:<br>Fertigbauteile  | <i>Gilt für vorwiegend geschosshohe und vorwiegend raumbreite Fertigbauteile aus Mauerwerk (dazu gehören auch Brüstungen und Giebelschrägen) und daraus errichtete Bauten. Enthält konstruktive Hinweise, Angaben zur Erstellung des Standsicherheitsnachweises für die einzelnen Fertigbauteile, auch unter Berücksichtigung von Transport und Montage sowie für das Bauwerk.</i> |
| E DIN EN 1996-1-1                      | Sep. 2019 | Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk                | <i>Allgemeines; Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung; Baustoffe; Dauerhaftigkeit; Ermittlung der Schnittkräfte; Grenzzustand der Tragfähigkeit; Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit; Bauliche Durchbildung; Ausführung.</i>   |
| DIN EN 1996-1-1 Nationaler Anhang (NA) | Dez. 2019 | Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 1-1   | <i>Der Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen, die bei der Anwendung von DIN EN 1996-1-1 in Deutschland zu berücksichtigen sind; er gilt nur in Verbind. mit DIN EN 1996-1-1.</i>   |
| DIN EN 1996-1-1/NA/A1                  | Mär. 2014 | Änderung A1  |  |
| DIN EN 1996-1-1/NA/A2                  | Jan. 2015 | Änderung A2  |  |
| DIN EN 1996-1-2                        | Apr. 2011 | Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allg. Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall            | <i>Bemessung von Mauerwerk für den außergewöhnlichen Lastfall Brand und dabei nur Unterschiede bzw. Ergänzungen zur Bemessung bei normaler Temperatur. Umfasst nur vorbeugende Brandschutzmaßnahmen. Für Mauerwerkswände zur Gewährleistung der Brandsicherheit unter Brandbeanspruchung.</i>  |
| DIN EN 1996-1-2 Nationaler Anhang (NA) | Jun. 2013 | Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 1-2   | <i>Der Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen, die bei der Anwendung von DIN EN 1996-1-2 in Deutschland zu berücksichtigen sind; er gilt nur in Verbind. mit DIN EN 1996-1-2.</i>   |
| DIN EN 1996-2                          | Dez. 2010 | Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk      | <i>Die folgenden Gebiete werden behandelt: Auswahl der Baustoffe; Faktoren, die die Eigenschaften und Dauerhaftigkeit des Mauerwerks beeinflussen; Widerstand der Bauwerke gegen Eindringen von Feuchte; Lagerung, Vorbereitung und Verwendung von Baustoffen auf der Baustelle; Ausführung des Mauerwerks; Schutz des Mauerwerks während der Ausführung.</i>                      |
| DIN EN 1996-2 Nationaler Anhang (NA)   | Jan. 2012 | Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 2   | <i>Der Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen, die bei der Anwendung von DIN EN 1996-2 in Deutschland zu berücksichtigen sind; er gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1996-2.</i>   |
| DIN EN 1996-3                          | Dez. 2010 | Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten | <i>Vereinfachte Berechnungsmethoden zur Bemessung und Konstruktion folgender unbewehrter Mauerwerkswände: vertikal und durch Windlast beanspruchte Wände; Wände unter Einzellasten; Wandscheiben; Kellerwände, beansprucht durch horizontalen Erddruck und vertikale Lasten; horizontal, jedoch nicht vertikal beanspruchte Wände.</i>   |
| DIN EN 1996-3 Nationaler Anhang (NA)   | Dez. 2019 | Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 3   | <i>Der Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen, die bei der Anwendung von DIN EN 1996-3 in Deutschland zu berücksichtigen sind; er gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1996-3.</i>   |

## STICHWORTVERZEICHNIS

|                                     |                           |  |                  |                                  |                             |
|-------------------------------------|---------------------------|--|------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Abdichtung .....                    | 52ff, 124                 | Haustrennwände .....                     | 69               | Putz .....                       | 138ff                       |
| Abfangung .....                     | 126f                      | Herstellung von Ziegeln .....            | 11               | Recycling .....                  | 80                          |
| Absturzsichernd .....               | 115                       | Innenwände .....                         | 121              | Ringanker/Ringbalken .....       | 132                         |
| Akustikziegel .....                 | 31                        | Kellermauerwerk .....                    | 52, 88, 119      | Rohdichte .....                  | 20                          |
| Anschlagziegel .....                | <b>29, 49</b>             | Keramikklinker .....                     | 13, 20ff         | Rollladenkasten .....            | 30                          |
| Ausblühungen .....                  | 22, 128, 130              | Kerndämmung .....                        | 36f, 123ff       | Sanierung .....                  | 50                          |
| Ausfachung .....                    | 122                       | KfW-Effizienzhäuser .....                | 42ff             | Schachtziegel .....              | 28                          |
| Außenputz .....                     | 141ff                     | Klinker .....                            | 13, 20ff, 123ff  | Schalldämm-Maß .....             | 24, 60ff                    |
| Aussparungen .....                  | 106                       | Konformität .....                        | 146ff            | Schlantheit .....                | 83                          |
| Aussteifende Bauteile ...           | 117, <b>131f</b>          | Konsolen .....                           | 50, 110, 126     | Schlitze .....                   | 106f                        |
| Baurichtmaße .....                  | 90                        | Kriechen .....                           | <b>74</b> , 134  | Schlitzeinbindung .....          | 66f                         |
| Bedarf (Baustoff, Material) .....   | 95                        | Lagerfuge .....                          | <b>89</b> , 138f | Schubnachweise .....             | 86f                         |
| Befestigungstechnik .....           | 108ff                     | Längsfuge .....                          | 89               | Schutz des Mauerwerks ...        | 130                         |
| Bemessung .....                     | <b>81ff</b> , 134         | Lärmschutz .....                         | 60               | Schwinden .....                  | 74                          |
| Bewehrtes Mauerwerk .....           | 129                       | Lastfreistreifen .....                   | 133, 134         | Sicherheitsbeiwerte .....        | 81, 83                      |
| Bohrmontage .....                   | 108                       | Läuferverband .....                      | 93               | Sichtmauerwerk .....             | 93, 123ff                   |
| Brandschutz .....                   | <b>70ff</b>               | Lebenszykluskosten .....                 | 76               | Sommerlicher Wärmeschutz .....   | 38, 41                      |
| CE-Kennzeichnung .....              | 144ff                     | Leichtmörtel .....                       | 139f             | Stoßfuge .....                   | 89                          |
| Dach .....                          | 137                       | Leichtputz .....                         | 141ff            | Stumpfstoß .....                 | 66, 116                     |
| Deckenrand/-abmauerung .....        | 26, 133                   | Lieferschein .....                       | 147              | Tauchverfahren .....             | 102                         |
| Deckenaufleger .....                | 26, 82f, <b>133</b>       | Lochung .....                            | 13f, <b>18f</b>  | Technische Baubestimmungen ..... | 144                         |
| Dehnungsfugen .....                 | 74, 120, 127              | Luftdichtheit .....                      | 41               | Teilsicherheitskonzept .....     | 81                          |
| Drahtanker .....                    | 125                       | Luftschalldämmung .....                  | 60ff             | Temperaturverformung .....       | 74                          |
| Drainleitung, Dränung .....         | 53f                       | Luftschicht (zweischaliges Mw) .....     | 123f             | Tragende Wände .....             | 117ff                       |
| Druckfestigkeit ...                 | <b>21f</b> , 83f, 87, 118 | Massivdach .....                         | 137              | Trennwände .....                 | 66, 68, 69, 121             |
| Dübel .....                         | 108ff                     | Maße der Ziegel .....                    | 14, <b>16</b>    | Überbindemaß .....               | 82, <b>89</b>               |
| Dünnbettmörtel .....                | 138ff                     | Maßordnung .....                         | 90f              | Unterputz .....                  | 142ff                       |
| Durchbindung .....                  | 66f                       | Maueranker .....                         | 116              | U-Ziegel .....                   | 12ff                        |
| Einhängedecken .....                | 135f                      | Mauermörtel .....                        | 139f             | U-Schalen .....                  | 27                          |
| Einbruchhemmend .....               | 113                       | Mauertafeln .....                        | 103ff            | U-Wert .....                     | <b>34ff</b>                 |
| Elastizitätsmodul .....             | 74, 143                   | Mauerwerksverbände .....                 | 93               | Ü-Zeichen .....                  | 105, 145, 147               |
| Elementdecken .....                 | 135f                      | Mindestwärmeschutz .....                 | 40               | VD-System .....                  | 97ff, 139                   |
| Endkriechzahl .....                 | 74                        | Mindestauflast .....                     | 85               | Verband/Mauerwerksverband .....  | 89ff                        |
| Energieeinsparverordnung .....      | 38ff                      | Mörtel .....                             | <b>138ff</b>     | Verformungseigenschaften .....   | 74                          |
| EEWärmeG .....                      | 38                        | Mörteltaschen .....                      | 14, 16f          | Verfugung .....                  | 128                         |
| Entwässerungsöffnung .....          | 124                       | Musterbauordnung .....                   | 144              | Verwertung .....                 | 80                          |
| EPD, Umweltproduktdeklaration ..... | 77                        | Nachhaltigkeit .....                     | 77ff             | Vorfertigung .....               | 103                         |
| Ergänzungsziegel .....              | 66f                       | Nennmaß .....                            | 90               | Vorgehängte Fassade .....        | 47                          |
| Eurocode (DIN EN 1996) .....        | 81                        | NF (Normalformat) .....                  | 91               | Vormauermörtel (VM) ...          | 104, 112                    |
| Feuerwiderstand .....               | 70f                       | Nichttragende Außenwand ...              | 122              | Vormauerziegel ...               | <b>9ff</b> , 47, 104, 107ff |
| Flachstahlanker .....               | 67, 116                   | Nichttragende Innenwand .....            | 121              | V.Plus .....                     | 97ff, 139                   |
| Flachstürze .....                   | <b>32f</b>                | Normen .....                             | 146, 148ff       | Wärmebrücken .....               | 40                          |
| Flächenbezogene Masse .....         | 62ff                      | Oberputz .....                           | 142f             | Wärmeleitfähigkeit .....         | 34f                         |
| Formate .....                       | 75, 90, <b>91ff</b>       | Öffnungsmaß .....                        | 90               | Wärmeschutz .....                | 34ff                        |
| Freistehende Ziegelmauern ...       | 120                       | Ökobilanz .....                          | 77, 79           | WDF-Wärmedämmfassade .....       | 50                          |
| Fugen .....                         | 89ff                      | P-Ziegel .....                           | 12               | Wirtschaftlichkeit .....         | 75f                         |
| Gebäudeenergiegesetz GEG .....      | 38, 42                    | Passivhaus .....                         | 42, 48           | Zentrierleiste .....             | 82f, 134                    |
| Gebäudeklassen .....                | 71                        | Pfeiler .....                            | 83, 117          | Ziegeldecken .....               | 135f                        |
| Gebäudestabilität .....             | <b>131f</b>               | Planfüllziegel 13, 23, 25, 102, 66f, 129 |                  | ZIS .....                        | 68                          |
| Gurtwicklerziegel .....             | 30                        | Planziegel .....                         | 13, 23ff, 96ff   | Zulassungsziegel .....           | 23ff                        |
| Güteschutz .....                    | 105, 147                  | Plusenergiehaus .....                    | 42, 44           | Zweischalige Außenwände ...      | 123ff                       |

### Quellenangaben

- [1] W. Brameshuber/M. Graubohm · Neues Mörtelsystem für Dünnbettmauerwerk – „Mörtelband“; Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin · Mauerwerk 18 (2014), Heft 1
- [2] D. Rosen - Detail 10/2017
- [3] D. Walberg, O. Brosius, T. Schulze, A. Cramer "Massiv- und Holzbau bei Wohngebäuden - Vergleich von massiven Bauweisen mit Holzfertigtbauten aus kostenseitiger, bautechnischer und nachhaltiger Sicht", ISBN 978-3-939268-30-7
- [4] C.-A. Graubner/M. Schmitt/V. Förster · Hilfsmittel für die praxisnahe Bemessung von unbewehrtem Mauerwerk; Mauerwerk 18 (2014), Heft 3/4
- [5] M. Erler/W. Jäger/T. Kranzler · Erddruckbelastete Kellerwände mit geringer Auflast - Mauerwerk 21 (2017), Heft 2
- [6] C.-A. Graubner/M. Schmitt/V. Förster · Erweiterte Anwendungsgrenzen von DIN EN 1996-3/NA für Ziegelmauerwerk bei weit gespannten, teilaufliegenden Decken - Mauerwerk 18 (2014), Heft 6
- [7] K. Zilch/D. Schermer/S. Grabowski/W. Scheufler · III. Konstruktion des Wand-Decken-Knotens · Mauerwerk Kalender 2007
- [8] DIBt-Newsletter 4/2017 - Ausgabe 10.10.2017 - Herausgeber: Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) - [www.dibt.de](http://www.dibt.de)
- [9] Tagungsband DIBt Praxisforum 2017 - Herausgeber: Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) - [www.dibt.de](http://www.dibt.de)
- [10] DIBt Pressemitteilung vom 29. November 2017 - DIBt-Gutachten zur Bewertung freiwilliger Herstellerangaben
- [11] Wienerberger in Kooperation mit Würth; Broschüre "Sichere Befestigung in Ziegelmauerwerk"; 15031\_11/12\_2.0
- [12] DIBt und Fachverband Werkzeugindustrie e. V.; 2002; Merkblatt über die Kennwerte, Anforderungen und Prüfungen von Mauerbohrern mit Schneidkörpern aus Hartmetall, ...; Quelle: <https://pgm-online.org/grundlagen/>
- [13] Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren für Neubau und Renovierung; ISBN 978-3-00-045381-6; RAL-Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren; Ausgabe März 2014
- [14] Polizeiliche Kriminalprävention der Länder und des Bundes, Stuttgart; <https://www.k-einbruch.de>
- [15] Einbruchhemmung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk - Analyse des Ist-Zustandes, Erarbeitung von Konstruktions- sowie Nachweiskriterien, ift Rosenheim, 2019, [www.ift-rosenheim.de](http://www.ift-rosenheim.de)
- [16] Publikation – ift Rosenheim; 2018; Wolfgang Jehl, Jürgen Benitz-Wildenburg; Bodentiefe Fenster und Türen richtig montieren und abdichten
- [17] <https://www.ziegel-fertigteile.de/>
- [18] Sonderveröffentlichung " Der Bausachverständige" 2019, Henrik-Horst Wetzel, Thomas Platts: Dichter als vorher? Ein Blick auf die neuen Abdichtungsnormen - ISSN 1614-6123
- [19] Technische Regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen- und Bitumenbahnen – abc der Bitumenbahnen, 6. Auflage 2017, ISBN 978-3-9814132-1-2