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 „Ziegellexikon“ (Autor: Dipl.-Ing. Arch. Walter Noack) herausgegeben. Mit Ausgabe 2007 hat das Ziegel Zentrum Süd diese Tradition aufgenommen und das "Ziegellexikon Mauerwerk" neu konzipiert. Es dokumentiert fortan das aktuelle technische Wissen zum Bauen mit Mauerziegel.

Unverbindliche Preisempfehlung: 9,99 EUR

MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C009542
FSC
www.fsc.org

Die Herstellung und das Papier des Ziegellexikons 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 [1) 2)]
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 Ziegellexikons 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 einem 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 mehrern 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 Ziegelrohdichte 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 Nettotrockenrohdichte 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 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. Schlitze 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

GEBÄUDESTABILITÄT 131

AUSSTEIFENDE WÄNDE 131

RINGANKER UND RINGBALKEN 132
1. Ringanker 132
2. Ringbalken 132

DECKEN UND MASSIVDÄCHER 133
1. Wand-Decken-Knoten und Deckenauflager 133
2. Ziegeldecken 135
3. Ziegel-Massivdach 137

PUTZ- UND MAUERMÖRTEL 138

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. Oberputze 143
5. Sockelputz 143
6. Putzdicke, Standzeit 143

BAUORDNUNGSRECHT – TECHNISCHE REGELN – GÜTESCHUTZ 144
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

STICHWORTVERZEICHNIS 151

LITERATURVERZEICHNIS 152

MAUERZIEGEL

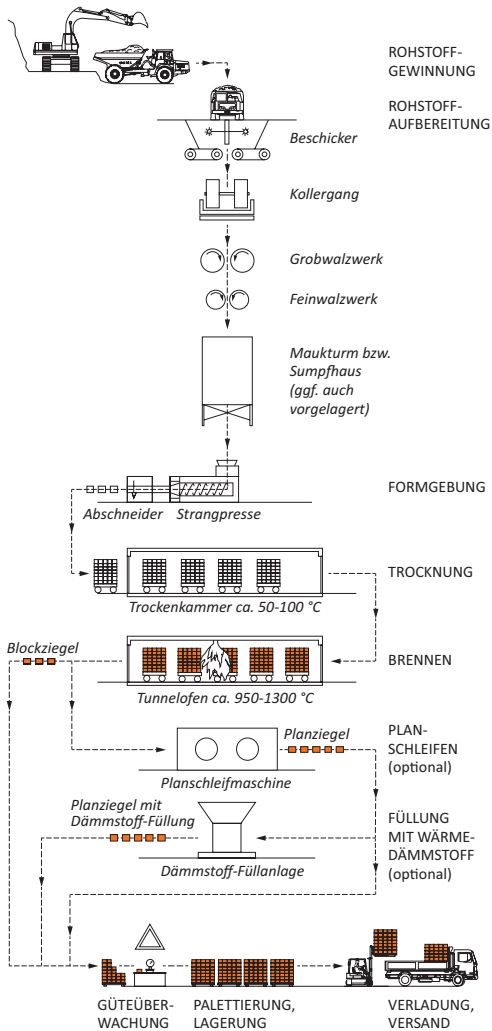
HERSTELLUNG VON ZIEGELN

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 Sumpfhaus 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 Nutzungdauer 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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 alleinstehend, 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 Querstegen 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)
Oberflächig gesinterter U-Ziegel (Oberfläche ggf. strukturiert) mit Anforderungen an die Wasseraufnahme, die Druckfestigkeitsklasse und die mittlere Nettotrockenrohdichte (Scherbenrohdichte).

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 ≥ 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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 (Querstegdickensumme) 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:

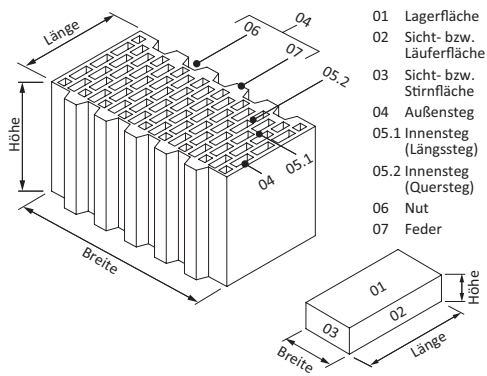
HLz	Hochlochziegel
Lz	Langlochziegel
Mz	Vollziegel
VMz	Vormauer-Vollziegel
VHLz	Vormauer-Hochlochziegel
KMz	Vollklinker
KHLz	Hochlochklinker
KK	Keramikvollklinker
KHK	Keramikhochlochklinker

Ziegel werden in folgender Reihenfolge bezeichnet: Ziegelart, Druckfestigkeit, Ziegelrohdichte, 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



 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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	Bruttotrockenrohdichte	Mittelwert	X	X
4.5.1.2		Toleranzklasse	X	X
4.5.1.3		Einzelwert min./max.	X	X
4.5.2	Nettotrockenrohdichte (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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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[a)]	Länge l	Breite b	Höhe h
Mindestmaß	175 mm	115 mm [b)]	52 mm [c)]
Höchstmaß	500 mm [e)]	500 mm [d)]	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 ≥ 15 mm, ≤ 25 mm;
  – bei einseitiger Anordnung ≥ 30 mm, ≤ 40 mm.
  ... müssen etwa über die halbe Steinbreite reichen. Verbleibende Randbereiche: b ≥ 40 mm
- Nut- und Feder-Ausführung:
  Als Länge gilt das Maß von der Feder der einen Stirnfläche bis zur Nutengrundfläche der anderen Stirnfläche. Die Nut- und Feder-Ausführung muss eine einwandfreie Stoßflächenerzahnung sicherstellen.
- Bei Planziegeln 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 ≥ 115 mm einseitig mittige Mörteltasche von b ≤ 50 mm, t ≤ 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[1)]
(nach DIN EN 771-1:2015-11)

Klasse	maximaler Bereich
T1	± 0,40 · √(Sollmaß) mm oder 3 mm; größter Wert gilt
T1+	± 0,40 · √(Sollmaß) mm oder 3 mm für Länge und Breite, wobei der größere Wert gilt, und ± 0,05 · √(Sollmaß) mm oder 1 mm für die Höhe, wobei der größere Wert gilt
T2	± 0,25 · √(Sollmaß) mm oder 2 mm; größter Wert gilt
T2+	± 0,25 · √(Sollmaß) mm oder 2 mm für Länge und Breite, wobei der größere Wert gilt, und ± 0,05 · √(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[1)] (nach DIN EN 771-1:2015-11)

Klasse	Größte Maßspanne
R1	0,60 · √(Sollmaß) mm
R1+	0,60 · √(Sollmaß) mm für Länge und Breite und 1,0 mm für die Höhe
R2	0,30 · √(Sollmaß) mm
R2+	0,30 · √(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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 [a]	Nennmaß	zulässiges Abmaß (→ Tm)	zulässige Maßspanne (→ Rm)
Ziegellänge l [b] bzw. Ziegelbreite b	90 mm	±5 mm	5 mm
	115 mm [d]	±5 (±3) mm	6 mm
	145 mm	+3 (+3) mm -6 (-4) mm	7 mm
	175 mm	+3 (+3) mm -7 (-5) mm	8 (7) mm
	200 mm	+5 (+5) mm -8 (-7) mm	9 mm
	240 mm [d]	+5 (+5) mm -10 (-7) mm	10 mm
	300 mm	+8 (+8) mm -10 (-7) mm	12 mm
	365 mm	+8 mm -10 mm	
	425 mm		
	490 mm		
	500 mm		
Ziegelhöhe h	40 mm	±2 mm	3 mm
	52 mm [d]		
	71 mm [d]	±3 (±2) mm	4 (3) mm
	113 mm [d]	±5 (±3) mm	4 mm
	155 mm	±5 mm	5 mm
	175 mm		
	238 v		6 mm
	124 mm [c]	±1,0 mm	1,0 mm
	249 mm [c]		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 cm²
  Davon abweichend ist bei Mauerziegeln mit einer Höhe ≤ 113 mm zulässig: Griffschlitz ≤ 38 cm².
  Bei Keramikklinkern: Einzelnes Griffloch ≤ 50 cm²
- 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 cm² (Daumenlöcher) mittig, in Richtung der Ziegelbreite, angeordnet werden.
- Bei Grifflöchern/-schlitzen > 16 cm² und Ziegelbreiten > 175 mm muss die Randzone um das Griffloch mindestens 50 mm Breite aufweisen. Der Bereich zwischen den Grifflöchern 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.

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 ≤ 6 cm²) mit durchgehenden Innenquerstegen, Abstand ≤ 15 mm zulässig.

Mulden

Vollziegel dürfen Mulden aufweisen, deren Anteil ≤ 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[a),b)]	Löcher[b)]		Lochreihenanzahl	Stege
			Einzelquerschnitt	Maße[c)]		
U-Ziegel	VMz, KMz	≤ 15[i)]	≤ 6 cm² [k)]	k ≤ 15 mm d ≤ 20 mm d' ≤ 18 mm	– [l)]	Außenstegdicke ≥ 10 mm (≥ 15 mm)[d)] Mindestdicke der Außenstege an den Sichtseiten 20 mm
	VHLzA, KHLzA	> 15 und ≤ 50 (≤ 35)[d)]	≤ 2,5 cm² [k)]	– [l)]		
	VHLzB, KHLzB		≤ 6 cm² [k)]	k ≤ 15 mm[h)]		
P-Ziegel	Mz, PMz	≤ 15[i)]	≤ 6 cm² [k)]	k ≤ 15 mm d ≤ 20 mm d' ≤ 18 mm		Außenstegdicke ≥ 10 mm Bei Planziegeln: Innenstegdicke ≥ 6 mm
	HLzA	> 15 und ≤ 50	≤ 2,5 cm² [k)]	– [l)]		Außenstegdicke ≥ 10 mm[f)]
	HLzB, PHLzB		≤ 6 cm² [k)]	k ≤ 15 mm[h)]	Tabelle A.3	Außenstegdicke ≥ 10 mm[f)] Innenstegdicke ≥ 6 mm
	PHLzE, HLzE	> 15 und ≤ 45		j ≤ 25 mm	Tabelle A.4/A.5	Außenstegdicke ≥ 12 mm Innenstegdicke ≥ 10 mm[e)]
	HLzW	≤ 50		k ≤ 15 mm	Tab. A.6	Außenstegdicke ≥ 10 mm[g)]
P-/U-Ziegel	Lz	≤ 50[m)]	≤ 6 cm²	k ≤ 15 mm	– [l)]	alle Stegdicken ≥ 10 mm
Vollklinker	KK	≤ 15	≤ 6 cm² [k)]	k ≤ 15 mm d ≤ 20 mm d' ≤ 18 mm		Mindestdicke der Außenwandungen 15 mm, an den Sichtseiten mindestens 20 mm
Hochlochklinker mit Lochung A	KHKA	> 15 und ≤ 35	≤ 2,5 cm² [k)]	– [l)]		
Hochlochklinker mit Lochung B	KHKB		≤ 6 cm² [k)]	k ≤ 15 mm d ≤ 20 mm d' ≤ 18 mm		

a) Lagerfläche: Länge × 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 ≤ 260 mm/m sein.
g) Bei Lochung W: Stegdickensumme senkrecht zur Wanddicke bzw. bezogen auf Ziegellänge muss ≥ 180 und ≤ 250 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, PHLzB	Mindestanzahl der Innenlängsstege (nach Tabelle A.3)		2	3	3	3 a)	3 a)	4 a)	6	7	- b)	- b)
HLzE, PHLzE	Lochreihenanzahl in Richtung der Wanddicke (nach Tabelle A.4)	min	3	5	5	5	6	7	– b)	– b)	– b)	– b)
		max	5	6	6	7	8	10	– b)	– b)	– b)	– b)
HLzW	Lochreihenanzahl in Richtung der Wanddicke (nach Tabelle A.6)	min	5	6	– b)	8	– b)	11	13	16	19	21
		max	6	8	– b)	9	– b)	12	15	18	21	23

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)

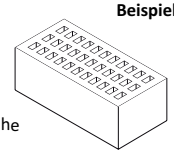
Lochungsart	Anforderung	Ziegellänge [mm]			
		247 / 248	307 / 308	372 / 373	497 / 498
HLzE, PHLzE	Lochreihenanzahl in Wandlängsrichtung (nach Tabelle A.5)	6 oder 7	8 oder 9	10, 11 oder 12	14 oder 15

Beispiele für Lochungsarten nach DIN 20000-401

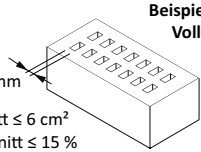
Beispiel Lochung A

Einzelloch-querschnitt ≤ 2,5 cm²

Gesamtloch-querschnitt > 15 % und ≤ 50 % der Lagerfläche bzw. ≤ 35 % bei Klinker



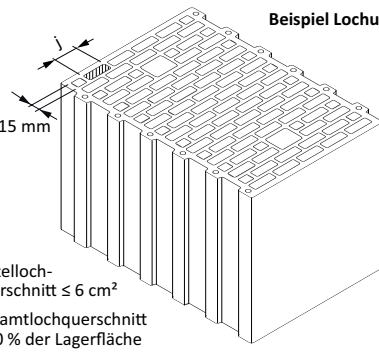
Beispiel Lochung Mz, Vollziegel, gelocht



Einzellochquerschnitt ≤ 6 cm²

Gesamtlochquerschnitt ≤ 15 %

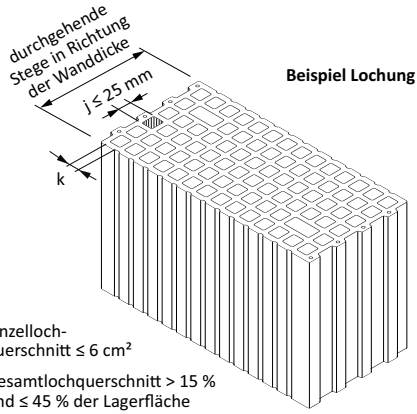
Beispiel Lochung W



Einzelloch-querschnitt ≤ 6 cm²

Gesamtlochquerschnitt ≤ 50 % der Lagerfläche

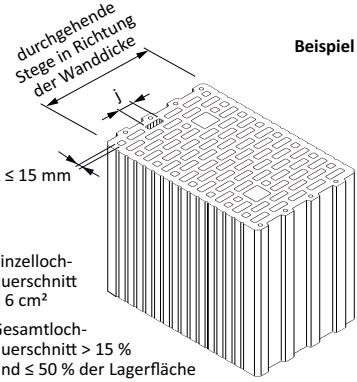
Beispiel Lochung E



Einzelloch-querschnitt ≤ 6 cm²

Gesamtlochquerschnitt > 15 % und ≤ 45 % der Lagerfläche

Beispiel Lochung B



Einzelloch-querschnitt ≤ 6 cm²

Gesamtloch-querschnitt > 15 % und ≤ 50 % der Lagerfläche

4. Brutto- und Nettotrockenrohdichte

Bruttotrockenrohdichte (Ziegelrohdichte)

Der deklarierte Mittelwert der Bruttotrockenrohdichte muss eindeutig der entsprechenden Rohdichteklasse nach Tab. A.7, DIN 20000-401 zugeordnet werden können. Das ist gegeben, wenn der deklarierte Mittelwert der Bruttotrockenrohdichte unter Berücksichtigung der Toleranzklasse (untere und obere Grenze für den Schwankungsbereich nach den Gleichungen (1) bis (6)) die Klassengrenzen der Rohdichte 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 Bruttotrockenrohdichte ist durch Faktoren umzurechnen auf die untere bzw. obere Grenze des Schwankungsbereiches für den Mittelwert der Bruttotrockenrohdichte $\rho_{min,max}$.
- 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	$\rho_{D1min} = \rho \cdot [0{,}9]$ (Gl. 1)	$\rho_{D1max} = \rho \cdot [1{,}1]$ (Gl. 2)
D2	$\rho_{D2min} = \rho \cdot [0{,}95]$ (Gl. 3)	$\rho_{D2max} = \rho \cdot [1{,}05]$ (Gl. 4)
Dm	$\rho_{Dmin} = \rho - \rho \cdot (Dm/100)$ *Dm in %* (Gl. 5)	$\rho_{Dmin} = \rho + \rho \cdot (Dm/100)$ *Dm in %* (Gl. 6)

Einzelwert

Sofern der Hersteller die kleinsten und die größten Einzelwerte der Bruttotrockenrohdichte 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:

$min_x = 0{,}9 \cdot \rho_{D1min}$ (bzw. ρ_{D2min}, ρ_{Dmin}) (Gl. 7)

$max_x = 1{,}1 \cdot \rho_{D1max}$ (bzw. ρ_{D2max}, ρ_{Dmax}) (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/m³ bei Rohdichten ≤ 1000 kg/m³ bzw.
- um ≤ 100 kg/m³ bei Rohdichten > 1000 kg/m³.

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

			Rohdichteklasse (RDK)									
			0,8 [b]	0,9 [b]	1,0 [b]	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
Brutto-trocken-rohdichte [a] (Mittelwert) [kg/m³]	für Mauer-ziegel nach DIN 20000-401	von	705	805	905	1010	1210	1410 [c]	1610 [c]	1810 [c]	2010 [c]	2210 [c]
		bis	800	900	1000	1200	1400	1600 [c]	1800 [c]	2000 [c]	2200 [c] (2500) [c]	2400 [c]
	für Keramik-klinker nach DIN 105-4	von					1210	1410	1610	1810	2010	
		bis					1400	1600	1800	2000	2200	

a) Einzelwerte dürfen die Klassengrenzen um ≤ 100 kg/m³ unter- bzw. überschreiten. Die Werte in Klammern gelten für hochfeste Ziegel.
b) Bei P-Ziegeln dürfen die Einzelwerte die Klassengrenzen um ≤ 50 kg/m³ unter- bzw. überschreiten.
c) Bei U-Ziegeln darf der Mittelwert die obere Klassengrenze um 100 kg/m³ überschreiten.

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 ≥ 1900 kg/m³ (kleinster Einzelwert: 1800 kg/m³)
  - Keramikklinkern ≥ 2000 kg/m³ (kleinster Einzelwert: 1900 kg/m³)

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/mm²] a)	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/mm²]	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 N/mm² betragen.
- f_{st} muss bei Klinkern ≥ 35,0 N/mm² (Druckfestigkeitsklasse 28) und bei Keramikklinkern ≥ 75,0 N/mm² (Druckfestigkeitsklasse 60; kleinster Einzelwert: 60 N/mm²) 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 ≤ h < 52	0,6
52 ≤ h < 75	0,8
75 ≤ h < 100	0,9
100 ≤ h < 175	1,0
175 ≤ h < 238	1,1
≥ 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 N/mm² (ohne Berücksichtigung eines Formfaktors) zu deklarieren.
- Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn der kleinste Einzelwert einer Versuchsreihe mindestens 2,0 N/mm² und der Mittelwert mindestens 2,5 N/mm² beträgt.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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			
	Hinter-mauerziegel	Vor-mauerziegel	Klinker	hochfeste Klinker	Keramikklinker
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
Ziegelrohdichte (Bruttotrocken-rohdichte)	≥ 705 kg/m³				≥ 1210 kg/m³ (≙ RDK ≥ 1,4)
Scherbenrohdichte (Nettotrocken-rohdichte)	– [a)]		im Mittel: ≥ 1900 kg/m³ kleinster Einzelwert: 1800 kg/m³		im Mittel: ≥ 2000 kg/m³ kleinster Einzelwert: 1900 kg/m³
Druckfestigkeits-klasse	≥ 4 → DIN EN 1996-1-1, T. NA.4		≥ 28	≥ 36	≥ 60
Gehalt an aktiven löslichen Salzen	Klasse S0 = keine An-forderungen	Klasse S2 mindestens erforderlich. Maximal zulässiger Salzgehalt, in % Masseanteil: $Na^+ + K^+ \leq 0{,}06$ % und $Mg^{2+} \leq 0{,}03$ %			Müssen frei von Salzen sein, die zur Gefügezerstörung der Keramikklinker oder zu Ausblühungen führen, die das Aussehen der unverputzten Mauerfläche dauernd beeinträchtigen. Klasse S3 mindestens erforderlich. Maximal zulässiger Salzgehalt, in % Masseanteil: $Na^+ + K^+ \leq 0{,}02$ % und $Mg^{2+} \leq 0{,}01$ % Prüfung → DIN EN 772-5
Frostwiderstand	– [a)]	Prüfung gefordert (in der Regel nach DIN V 52252-3, alternativ 52252-1 oder -2)			
Wasseraufnahme	– [a)]		≤ ca. 6 % Masseanteil, Prüfung → DIN EN 772-21		
Gehalt an schädlichen, treibenden Einschlüssen	– [a)]				Müssen frei von treibenden Einschlüssen sein, die Absprengungen verursachen können. Prüfung: → DIN 105-4, Nr. 5.5 ("Dampftest")
Ritzhärte	– [a)]				Oberflächen-Ritzhärte nach Mohs ≥ 5
Farb- und Lichtbeständigkeit	– [a)]				Prüfung nach DIN 51094 (Bestrahlung ≤ 8 d)
Säurebeständigkeit	– [a)]				Säurebeständigkeit außer gegen Flußsäure und deren Verbindungen Prüfung z. B. → DIN EN ISO 10545-13
Laugen-beständigkeit	– [a)]				Prüfung → DIN EN ISO 10545-13 (Klasse ULA)
Aussehen der Ansichtsflächen	– [a)]				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 Keramikklinkers dessen Qualität nicht beeinträchtigen

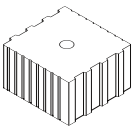
a) keine Anforderungen

MAUERZIEGEL UND ERGÄNZUNGSPRODUKTE

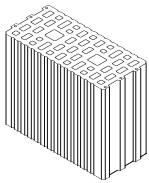
1. Mauerziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401

P-Ziegel

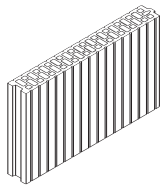
Beispiele Hintermauerziegel für geschütztes Mauerwerk



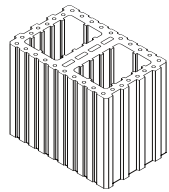
Vollziegel mit Nut- und Federverzahnung



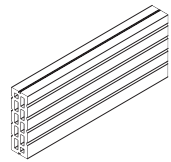
Hochlochziegel mit Nut- und Federverzahnung



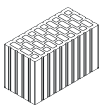
Hochlochziegel mit Nut- und Federverzahnung



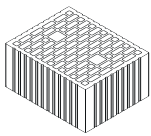
Füllziegel



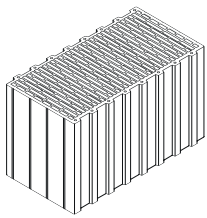
Langlochziegel



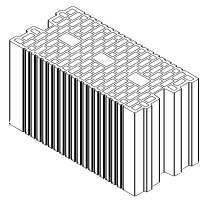
Hochlochziegel



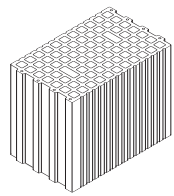
Hochlochziegel mit Grifflochung



Hochlochziegel mit Nut- und Federverzahnung



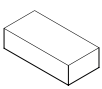
Mauertafelziegel



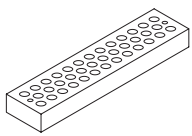
Hochlochziegel mit Nut- und Federverzahnung

U-Ziegel

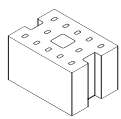
Beispiele Vormauerziegel / Klinker für ungeschütztes Mauerwerk



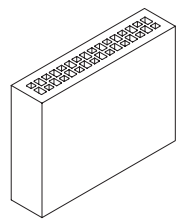
Vollziegel



Hochlochklinker (Riegelformat)



Vollziegel mit Mörteltasche



Hochlochklinker (Euro-Modul)

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* 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)

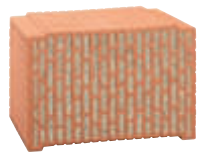
Bauordnungsrechtlich ist für Gebäude in der Regel ein der Nutzung entsprechender Wärmeschutz und Schallschutz gefordert. Daher wurden besonders robuste Wärmedämmziegel entwickelt, die beispielsweise bei Gebäuden mit Schallschutzanforderungen und im mehrgeschossigen Bauen zum Einsatz kommen. Einschalige Außenwände aus modernen Wärmedämmziegeln bieten hohe Tragfähigkeit. Die charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeiten liegt bei f_k = 3,0 bis 5,3 MN/m². 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)] ≥ 48 dB verwendet werden. Damit läßt sich bei fachgerechter Planung und Ausführung auch der erhöhte Schallschutz (R'_w ≥ 55 dB) sicher erreichen.

Füllung: Perlite-Dämmstoff
λ = 0,08 / 0,09 / 0,10 W/mK
R_w [1)] = ≥ 48 / 50 / 52 dB
f_k = 3,0 / 5,3 / 3,6 MN/m² (SFK 10/12)

Füllung: Mineralfaserdämmplatten
λ = 0,08 / 0,09 / 0,10 W/mK
R_w [1)] = 49,9 / 50,0 / 51,3 dB
f_k = 3,9 / 4,6 / 3,0 MN/m² (SFK 12)

Füllung: Mineralfaserdämmplatten
λ = 0,09 / 0,10 W/mK
R_w [1)] = 49,9 / 50,4 bis 51,1 dB
f_k = 3,9 bis 5,2 MN/m² (bei SFK 12)



Mineralfaserdämmung, lose
λ = 0,08 / 0,09 W/mK
R_w [1)] = 50,1 / 51,8 dB
f_k = 3,8 / 4,2 MN/m² (bei SFK 12)

Füllung: Perlite-Dämmstoff
λ = 0,09 W/mK
R_w [1)] ≥ 50 dB
f_k = 5,3 MN/m² (bei SFK 12)

Mineralfaserdämmung, lose
λ = 0,10 W/mK
R_w [1)] = 52,2 dB
f_k = 5,0 MN/m² (bei SFK 12)

ungefüllt
λ = 0,12 W/mK
R_w [1)] = 49 dB (bei 36,5 cm)
f_k = 4,0 MN/m² (bei SFK 12)

Leistungsfähigkeit moderner Wärmedämmziegel für mehrgeschossige Wohn- und Bürogebäude

Eigenschaft	Erreichbare Werte für Wärmedämmziegel und monolithisches Ziegelmauerwerk		
Wärmeschutz	Wärmeleitfähigkeit:		λ = 0,07 bis 0,12 W/mK
	U-Werte:	- Wanddicke 300 mm:	U = 0,22 bis 0,33 W/m²K
		- Wanddicke 365 mm:	U = 0,18 bis 0,30 W/m²K
		- Wanddicke 425 mm:	U = 0,16 bis 0,26 W/m²K
		- Wanddicke 490 mm:	U = 0,14 bis 0,23 W/m²K
Schallschutz	Direktschalldämm-Maß:		$R_{w,Bau,ref}$ = 48 bis 52 dB
	Bewertetes Luftschalldämm-Maß		R'_w ≥ 55 dB (erhöhter Schallschutz)
Brandschutz	Baustoffklasse:		A1 (nicht brennbar)
	Feuerwiderstand:	- Wanddicke ≥ 300 mm:	bis F 90 und Brandwand (feuerbeständig)
Tragfähigkeit	Mauerwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 1996:		f_k = 3,0 bis 5,3MN/m²
weitere	formbeständig, diffusionsoffen, feuchteausgleichend, wärmespeichernd, schadstoffrei, recyclierbar 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 λ definiert. Wärmedämmziegel weisen äußerst niedrige Wärmeleitfähigkeitswerte auf. Hochlochziegel ohne Dämmstofffüllung erreichen Spitzenwerte von λ = 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 λ = 0,060 W/mK. Am häufigsten werden diffusionsoffene, hydrophobierte Perlite-, Holz- 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/m² auf.

Füllung: Perlite-Dämmstoff
λ = 0,07 W/mK

Füllung: Mineralfaserdämmplatten — λ = 0,07 W/mK

Füllung: Mineralfaserdämmung, lose
λ = 0,07 W/mK

Füllung: Mineralfaserdämmplatten
λ = 0,07 / 0,08 W/mK

Füllung: Mineralfaserdämmplatten
λ = 0,065W/mK

Füllung: Holzfaserdämmung, lose
λ = 0,07 W/mK

ungefüllt
λ = 0,075 bis 0,09 W/mK

ungefüllt
λ = 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/m² (SFK 20)
λ = 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/m² (bei SFK 20)
λ = 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 = 17,5cm)
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 = 17,5cm)
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 ($R_w = R_{situ,w} = R_{w,Bau,ref}$). → *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

3. Ergänzungsprodukte, Sonderziegel, Zubehör

Abmauerziegel, Deckenrandschale, Deckenrandelement

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

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

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

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 Ψ_e ("Psi-Wert") nach Detail Nr. 71 aus DIN 4108 Beiblatt 2 mit $\Psi_e \leq 0{,}06$ W/mK sichergestellt ist.

Um die erhöhten Anforderungen im Geschoßwohnungsbau 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 Deckenauflagertiefe a empfohlen:

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

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

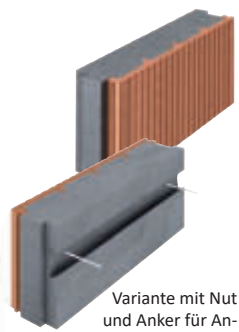
Deckenabmauerziegel: Wärmedämmung wird bauseits montiert

Deckenrandschale Typ A: Langlochziegel + werkseitig aufgeklebte Mineralfaserdämmung WLG 035 [a)]

Deckenrandschale Typ B: 65 mm Leichthochlochziegel + 80 mm Mineralfaserdämmung WLG 035 [a)]

Produkte für die Ausführung einer vergrößerten Deckenauflagertiefe, z. B. im Geschoßwohnungsbau

Deckenrandschale Typ C: Ziegelschale + werkseitig aufgeklebte Hartschaumdämmung WLG 032/0,32 [a)]



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

Deckenrandelement: Ziegelschale mit werkseitig aufgeklebter Hartschaumdämmung WLG 032/0,32 [a)]

Deckenrandschale Typ D: 25/30 mm Leichthochlochziegel + 95/90 mm Mineralfaserdämmung WLG 035 [a)]

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 WLG 032 (λ = 0,032 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.

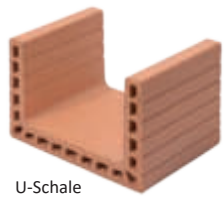
Variante der Ziegel-Wärmedämmschale mit oben liegenden Stahlhaltebügeln

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		
	Betonkern	
Wanddicke	Breite	Höhe
300	150	250
365	215	
425	275	
300	340	

U-Schalen und WU-Schalen

dienen als Schalungselement für Stahlbetonringanker und -balken oder Stahlbetonstürze und -unterzüge. Auch lassen sich damit Stahlbetonstützen integrieren. In wärmegedämmter 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.

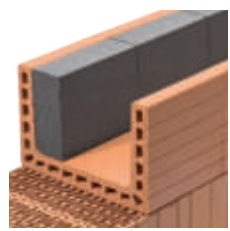


U-Schale

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.

WU-Schale als Schalung für eine Stahlbetonstütze



WU-Schale als Schalung für einen Stahlbetonringbalken

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Ziegelblenden

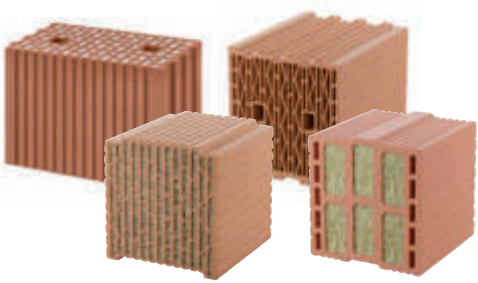
sind regional verfügbar und werden als wärmegedämmte Vorsatzschale vor Stahlbetonbauteilen eingesetzt – beispielsweise an Attiken oder Deckenränder mit Unter- bzw. Überzug. Die Befestigung erfolgt durch Stahlanker je nach statischer Anforderung. Eine individuelle Fertigung nach Kundenwunsch ist möglich.

Ziegelblende stehend und liegend, mit und ohne Wärmedämmung und Verankerung

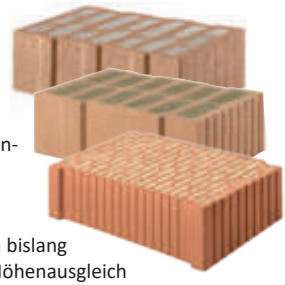
Die Dicke der Wärmedämmung kann bis zu 120 mm betragen. Durch den Einsatz von Ziegelblenden vor Stahlbetonbauteilen kann ein optimaler, einheitlicher Putzgrund im Übergang zum monolithischen Ziegelmauerwerk hergestellt werden.

Sockelziegel und Kimmziegel

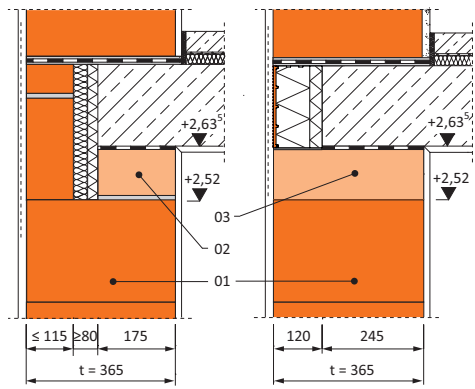
werden zur Reduzierung der Wärmebrücke in den ersten Schichten am Wandfuß oberhalb von Decken zu unbeheizten Kellern oder Tiefgaragen sowie raumseitig gedämmten Bodenplatten eingebaut. Sie stellen eine wirtschaftliche Alternative zur Dämmung der kalten Deckenunterseite dar. Die vertikale Wärmeleitfähigkeit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



Höhenausgleichziegel



sind zur Ausführung von Fensterbrüstungs- und Raumhöhen notwendig, die vom Raster der Ziegelschichthöhe von 25 cm (Ziegel + Mörtel) abweichen. Neben dem bislang häufig angewendeten Höhenausgleich mit üblichen kleinformatigen Blockziegeln im Dickbettmörtel – z. B. in Formaten NF, 2DF und 3DF – bieten einige Ziegelhersteller auch werkseitig planeben geschliffene Höhenausgleichsziegel in diversen Höhenabstufungen, Wanddicken und Wärmeleitfähigkeiten an, die mit Dünnbettmörtel verarbeitet werden können. Hintergrund ist eine wirtschaftlichere Ausführung mit reduziertem Schneideaufwand auf der Baustelle.
In manchen Regionen werden herkömmliche Planziegel für den Höhenausgleich auch bauseits geschnitten. Dabei wird der geschnittene Planziegel am Wandfuß mit der Schnittfläche nach unten in den Anlegemörtel eingebettet 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 Höhenausgleichsziegeln am Deckenauflager

Schachtziegel

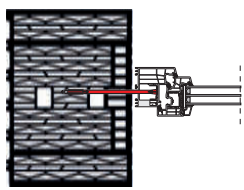
sind regional verfügbar, mit Hohlkammer zur späteren Verwendung beispielsweise als Installationsschacht genutzt werden kann.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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



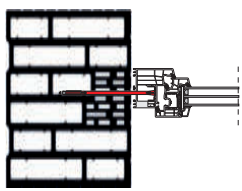
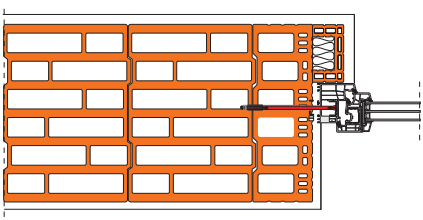


Bild oben und Mitte: Hygrothermisch optimaler, in Wandmitte angesetzter Fensteranschluß (unverputzt) bei ganzem Ziegel mit keramisch verstärktem Kern.

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



Ziegel-Anschlagschalen

ermöglichen die Herstellung von Tür- und Fensteranschlägen, 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

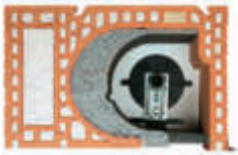
Eck- und Anfängerziegel

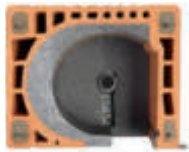
An den Gebäudeecken sowie am Beginn und Ende von Wandscheiben bzw. Pfeilern ist die Einhaltung des Überbindemaßes nach DIN EN 1996 ebenso zu beachten wie in den restlichen Bereichen des Mauerwerks.

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 leibungsseitig 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, wärmegedämmte Bauteile tragen sie zur Erfüllung der Anforderungen nach EnEV bei, sind luftdicht und weisen vergleichbar geringe Wärmedurchgangskoeffizienten auf. Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten liegen deutlich unter den Referenzwerten der maßgebenden Details Nr. 60/61 nach DIN 4108 Beiblatt 2. Die Gleichwertigkeit ist somit für alle Anschlusssituationen gegeben. *(→ siehe: Abschnitt "Wärmebrücken")*

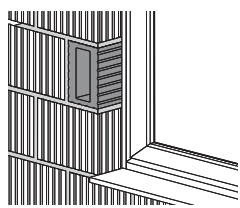
Der nach EnEV erforderliche Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes auf Basis von DIN 4108-2 darf entfallen, wenn bei Wohngebäuden der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil des kritischen Raums $f_{WG} \leq 35\%$ und der Abminderungsfaktor $F_C \leq 0{,}30$ (bei einem Gesamtenergiedurchlassgrad der 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 Innenraumklima 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 gegenüber Leichtbaukästen.

Die statisch selbsttragenden vorgefertigten Bauelemente aus Ziegelformteilen erfordern beim Einbau keine Schalung oder Übermauerung mit Ziegelstürzen. Zusätzliche Lasten dürfen nicht über die Kästen abgetragen 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 Auflagerung zur Abhängung an Stahlbetondecken. Bei Bestellung sollte stets die Rohbaulichte der Fensteröffnung angegeben werden (Bestelllänge = Rohbaulichte + 2 x 12 cm Auflager). Lieferlängen bis max. 6,0 m sind beliebig im Raster von 12,5 cm möglich.

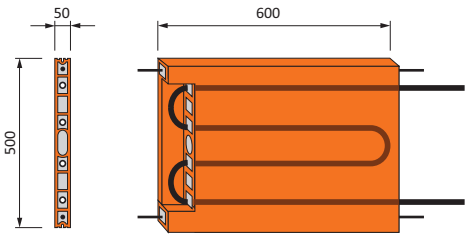
Gurtwickler-Ziegel

ermöglichen den Einbau des Gurtwicklers ohne unzulässige 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.

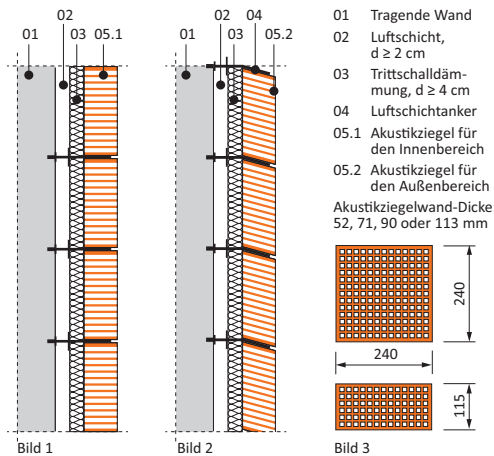


Ziegelheizelement: Langlochziegel mit integriertem Heizstrang

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.

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, alterungbeständig, robust und wartungsfrei.



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

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

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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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[1)] für Flachstürze beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) beantragt. Die Regelungen der Flachsturz-Richtlinie wurden in die Zulassung Z-17.1-973[1)] überführt. Daneben wurde die Zulassung Z-17.1-981[1)] 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[1)] für Flachstürze mit bewehrten Zuggurten[2)] 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 ≥ 12
- Flachsturz-Hersteller bieten Typenstatiken zur einfachen Vordimensionierung an.

1) Download der Zulassungen: *www.argemauerziegel.de*
2) Zuggurte sind bewehrte Stahlbeton-Fertigteile, erstellt in schalenförmigen Ziegel-Formsteinen.

Zulassung Z-17.1-981[1)] für nichttragende[3)] Flachstürze aus Zuggurten in Ziegel-Formsteinen mit oder ohne Wärmedämmung und Ziegelmauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen

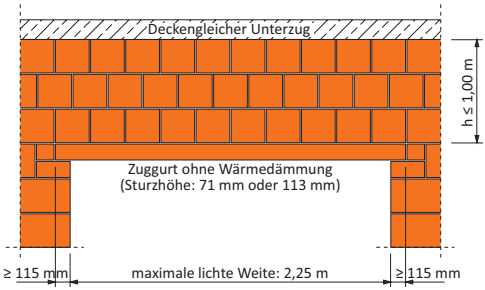
- regelt nichttragende[3)] Flachstürze aus schlaff bewehrten Zuggurten in Ziegelformsteinen ergänzt durch Übermauerung aus Ziegelmauerwerk mit oder ohne Stoßfugenvermörtelung, die nur durch die Eigenlast der Übermauerung belastet werden.

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

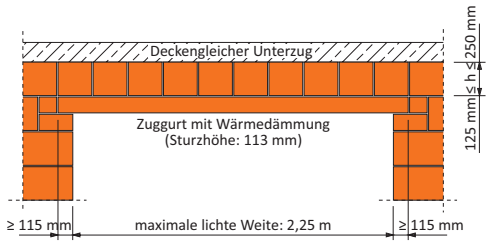
Randbedingungen nach Z-17.1-981 für Flachstürze mit unvermörtelten Stoßfugen in der Übermauerung

		Zuggurte ohne Wärmedämmung	Zuggurte mit Wärmedämmung[a)]
Abmessungen der Zuggurte[b)]	Höhe	71 oder 113 mm	113 mm
	Breite	90 bis 240 mm	300 bis 490 mm
Anforderungen an die Übermauerung (= Druckzone)		• Übermauerungshöhe: 250 bis 1000 mm • mindestens zweilagig • RDK ≤ 1,40	• Übermauerungshöhe: 125 bis 250 mm • einlagig • RDK ≤ 0,90[c)]
		• In der Übermauerung (Einsteinmauerwerk, Verband) dürfen folgende Ziegel verwendet werden: - alle zugelassenen Hochlochziegel/Planhochlochziegel, sofern nicht in Zulassung ausgeschlossen - HLz A und HLz B nach DIN V 105-100 • Druckfestigkeit der Mauerziegel für die Übermauerung ≥ SFK 6 • Lagerfugen der Übermauerung: Normalmörtel ≥ NM IIa oder Leichtmörtel LM 21 bzw. LM 36 oder Dünnbettmörtel nach Zulassung der Planziegel • Fuge zwischen Zuggurt und Übermauerung: - bei Übermauerung aus Blockziegel mit Normalmörtel oder Planziegel mit Dünnbettmörtel: Normalmörtel NM IIa in der Fuge zwischen Zuggurt und Übermauerung - 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	
Öffnungsweite		≤ 2,25 m (lichte Weite)	
Auflagertiefe		≥ 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 ≥ 115 mm sein.
c) Bei vermörtelten Stoßfugen entfallen die Einschränkungen der Rohdichte



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



Geometrische Randbedingungen für Flachstürze mit 113 mm hohen Zuggurten 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 Zuggurten 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

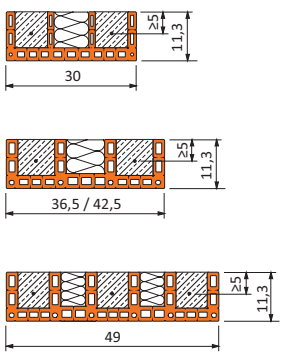
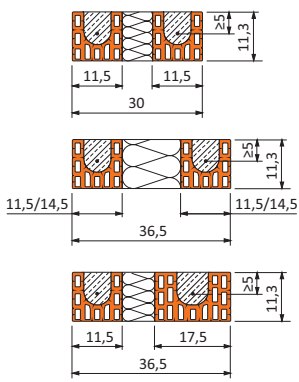


Bild 1: Wärmedämmstürze



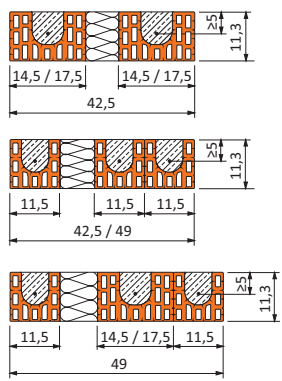


Bild 2 (Mitte) und Bild 3 (rechts): Mögliche Anordnung von Zuggurten für Flachziegelstürze mit bauseitiger Wärmedämmung

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 λ
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 λ 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:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + \ldots R_n + R_{se}$$

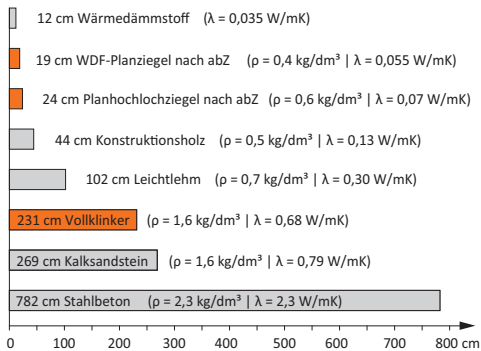
$$R = \frac{d}{\lambda}$$

mit:

- d Dicke der jeweiligen Baustoffschicht
- λ 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 a)	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.



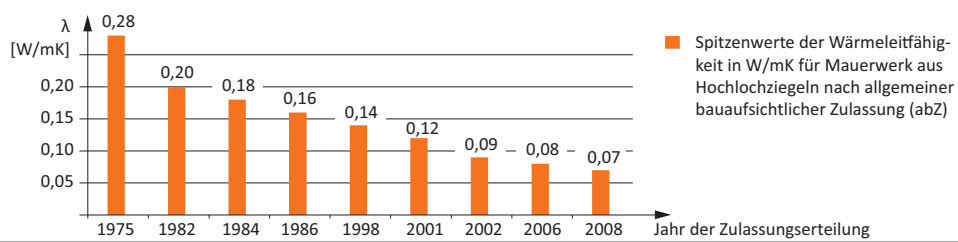
Transmissionswärmeverlust H'_T
Mit H'_T wird der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche A bezogenen Transmissionswärmeverlust ermittelt. Es ist der mittlere, wärmebrückenbereinigte U-Wert der Gebäudehülle in W/(m²K). Je kleiner H'_T, desto besser dämmt die Gebäudehülle.

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

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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Historische Entwicklung der Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit λ für Mauerwerk aus Zulassungsziegeln



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

Baustoff	Rohdichte ρ [kg/m³]	λ [W/(mK)]	
Mauerwerk aus hochwärmedämmenden Zulassungsziegeln (Richtwerte, genauer siehe jeweilige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung) mit Mörtel aus LM21 / DM [2]	600 650 700 750 800	0,07 bis 0,11 0,12 0,13 0,14 0,16 bis 0,18	
Mauerwerk aus Hochlochziegel mit Lochung A oder B und Mörtel aus NM oder DM bzw. LM21 oder LM36 [2]		LM21 LM36	NM DM
	550 650 750 850 950	0,27 0,30 0,33 0,36 0,38	0,32 0,35 0,38 0,41 0,44
Mauerwerk aus Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel mit Mörtel aus NM oder DM [2]	1200 1400 1600	0,50 0,58 0,68	
Mauerwerk aus Vollziegel, Hochlochziegel und -klinker sowie Keramikklinker und Füllziegel mit Mörtel NM oder DM [2]	1800 2000 2200 2400	0,81 0,96 1,2 1,4	

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

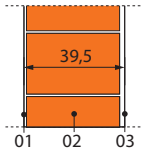
Historische Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit λ für Mauerwerk aus Ziegeln nach DIN 105 [1]

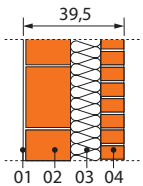
Zeitraum	Typ	Rohdichte ρ [kg/m³]	λ [W/(mK)]	
			LM21 LM36	NM
ab 1952	KMz, KK	≥ 1900		1,05
	KHLz, KHK			0,79
	Mz, HLz	1000 1200 1400 1800		0,46 0,52 0,60 0,79
ab 1981	KMz, KHLz, KK, KHK	1800 2000 2200		0,81 0,96 1,20
	Mz, HLz	1200 1400 1600 1800 2000		0,50 0,58 0,68 0,81 0,96
	HLZ A/B	700 800 900 1000	0,30 0,33 0,36 0,39	0,36 0,39 0,42 0,45
	HLz W (Großformat)	700 800 900 1000	0,24 0,27 0,30 0,33	0,30 0,33 0,36 0,39
ab 2002	siehe DIN V 4108-4 (bzw. Tabelle rechts)			

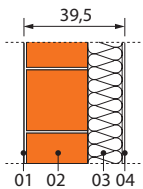
1) Quelle: Merkblatt "Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk im historischen Wandel", M. Gierga, Download: www.argemauerziegel.de

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

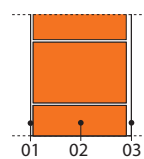
U-Werte verschiedener Außenwandkonstruktionen aus Ziegel mit einer Gesamtdicke d = 39,5 cm in W/(m²·K)

Monolithische Außenwand		d [cm]	λ [W/(mK)]	R = d/λ [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 W/(m²K)		$U = (R_T)^{-1}$ =	0,18

Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung		d [cm]	λ [W/(mK)]	R = d/λ [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 W/(m²K)		$U = (R_T)^{-1}$ =	0,21

Außenwand mit außenliegender Zusatzdämmung aus Wärmedämmverbundsystem (WDVS)		d [cm]	λ [W/(mK)]	R = d/λ [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 W/(m²K)		$U = (R_T)^{-1}$ =	0,19

U-Werte einschaliger, verputzter Ziegelaußenwände in W/(m²·K)

Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks λ in W/(mK)	Wanddicke des Ziegelmauerwerks ohne Putz								Wandaufbau
	30,0 cm		36,5 cm		42,5 cm		49,0 cm		
	LP a)	WP b)	LP a)	WP b)	LP a)	WP b)	LP a)	WP b)	
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	

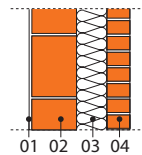
01 Gipsputz innen
- d = 1,5 cm
- λ = 0,51 W/(mK)

02 Ziegelmauerwerk
- d, λ nach Tabelle

03 Außenputz
- d, λ → Fußnoten

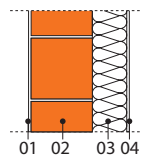
a) LP: Leichtputz, d = 2,0 cm, λ = 0,25 W/(mK) | b) WP: Wärmedämmputz nach DIN 18550-3, d = 4,0 cm, λ = 0,06 W/(mK)

U-Werte zweischaliger Ziegelaußenwände mit Kerndämmung bzw. mit Luftschicht und Wärmedämmung [a) b) c)]

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

a) U-Werte in W/(m²·K)
b) Bei Wärmedämmung mit Luftschicht sind die U-Werte i.d.R. um etwa 0,01 W/(m²K) 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/(m²·K)

Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Mauerwerksdicke der Innenschale ohne Innenputz						Wandaufbau
		17,5 cm			24,0 cm			
Mauerwerk (Innenschale)	Dämmstoff	Dämmstoffdicke			Dämmstoffdicke			
		10 cm	15 cm	20 cm	10 cm	15 cm	20 cm	
0,12	0,035 0,025	0,22 0,18	0,17 0,13	0,14 0,10	0,19 0,16	0,15 0,12	0,13 0,10	 01 Gipsputz innen - d = 1,5 cm - λ = 0,51 W/(mK) 02 Hochlochziegelmauerwerk - d, λ nach Tabelle 03 Wärmedämmung - d, λ nach Tabelle 04 Oberputz (Kunstharzputz) - d = 1,0 cm - λ = 0,70 W/(mK)
0,14	0,035 0,025	0,23 0,18	0,17 0,13	0,14 0,11	0,21 0,17	0,16 0,13	0,13 0,10	
0,16	0,035 0,025	0,24 0,19	0,18 0,14	0,14 0,11	0,22 0,18	0,16 0,13	0,13 0,10	
0,18	0,035 0,025	0,25 0,19	0,18 0,14	0,14 0,11	0,22 0,18	0,17 0,13	0,14 0,10	
0,39	0,035 0,025	0,28 0,21	0,20 0,15	0,16 0,12	0,27 0,21	0,19 0,15	0,15 0,11	
0,50	0,035 0,025	0,29 0,22	0,21 0,15	0,16 0,12	0,28 0,21	0,20 0,15	0,15 0,12	
0,96	0,035 0,025	0,31 0,23	0,21 0,16	0,16 0,12	0,29 0,22	0,21 0,15	0,16 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 [a)]	≥ 15 %	≥ 30 %	≥ 50 %	≥ 50 %	≥ 50 %	→ EEWärmeG
Hinweis zur Nutzung	• Solarthermie (Wärmeträger flüssig) mit Euro-Prüfzeichen "Solar Keymark" • Erforderliche Kollektorfläche[b)]: ≤ 2 WE: 0,04 m^2/A_N > 2 WE: 0,03 m^2/A_N	KWK- [c)] 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 Biomasseofen	Effiz. Wärmepumpen mit nachvollziehbarem Betrieb: • Wärmemengen- und Stromzähler, • JAZ [d)] > 3,5/4,0 [e)] • JAZ [d)] > 3,3/3,8 [f)] und mit Prüfzeichen [g)]	Kälte für Raumkühlung. Reduz. des Endenergieverbrauchs für Erzeugung, Rückkühlung, Verteilung nach bester verfügbarer Technik
Ersatzmaßnahmen	• Maßnahmen zur Einsparung von Energie: vorh. $Q''_p \leq 0{,}85 \cdot Q''_{p,\,EnEV\,2014}$ und vorh. $H'_T \leq 0{,}85 \cdot H'_{T,\,EnEV\,2014}$ • Nutzung von Abwärme oder KWK-Anlagen[c)] nach EEWärmeG, Anlage V bzw. VI mit Deckungsgrad ≥ 50 % • Nutzung von Nah- und Fernwärme/Fernkälte nach EEWärmeG, Anlage VIII mit Deckungsgrad ≥ 50 %					

a) Für Wärme und Kälte ($Q_{h,E} + Q_{w,E}$) | b) WE: Wohneinheiten; A_N: 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*

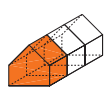
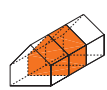
EnEV 2014, §3: Anforderungen an Wohnungsneubauten

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 oder - 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''_p 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 Gesamtenergiedurchlassgrad Glas	U_w = 1,3 W/(m²K) $g_\perp$ = 0,60
1.5	Dachflächenfenster	Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Glas	U_w = 1,4 W/(m²K) $g_\perp$ = 0,60
1.6	Lichtkuppeln	Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Glas	U_w = 2,7 W/(m²K) $g_\perp$ = 0,64
1.7	Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 1,8 W/(m²K)
2	Bauteile nach Zeilen 1.1 - 1.7	Wärmebrückenzuschlag	ΔU_{WB} = 0,05 W/(m²K)
	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile (gilt nur für GEG 2019)	wie das zu errichtende Gebäude	
3	Luftdichtheit der Gebäudehülle	Bemessungswert n_{50}	nach DIN V 4108-6: Dichtheitsprüfung nach DIN V 18599-2: Kategorie I
4	Sonnenschutzvorrichtung	keine Sonnenschutzvorrichtung	
5	Heizungsanlage (Anmerkung: hier dargestellt Referentenentwurf GEG vom 23.10.19)	• Brennwertkessel (verbessert), Erdgas, Aufstellung: A_N ≤ 500 m² innerhalb thermischer Hülle; sofern A_N > 500 m² außerhalb thermischer Hülle • Auslegungstemperatur 55/45 °C, zentrales Verteilsystem innerhalb thermischer Hülle, innen liegende Stränge wärmegedämmt, Standardleitungslängen, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, Δp konst.), hydraulischer Abgleich • Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich 1 K bzw. P-Regler	
6	Anlage zur Warmwasserbereitung	• zentrale Warmwasserbereitung, gemeinsame mit Heizungsanlage nach Zeile 5 • Solaranlage (Flachkollektor, Speicher): bei Berechnung nach DIN V 18599: ausgelegt nach DIN V 18599-8, Tab. 15 bei Berechnung nach DIN V 4108-6 mit DIN V 4701-10: nur zur Trinkwassererwärmung, Speicher indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Wärmeerzeuger; A_N ≤ 500 m² ≙ kleine Solaranlage, A_N > 500 m² ≙ große Solaranlage • Verteilsystem innerhalb der thermischen Hülle, innenliegende Stränge wärmegedämmt, gemeinsame Installationswand, mit Zirkulation, Standardlängen	
7	Kühlung	keine Kühlung	
8	Lüftung	zentrale Abluftanlage, nicht bedarfsgeführt mit geregeltem DC-Ventilator	

EnEV 2014, Anl.1, Tab.2: Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m²K); Höchstwerte für Wohnungsneubauten

Freistehend, A_N ≤ 350 m²	Freistehend, A_N > 350 m²	Einseitig angebaut	Alle anderen + Erweiterungen
H'_T = 0,40	H'_T = 0,50	 H'_T = 0,45	 H'_T = 0,65
Ab 01.01.2016 darf H'_T 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 $R \geq 1{,}2$ (m²K)/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:

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

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

Randbedingungen nach DIN 4108-2	Wert
Innenlufttemperatur	θ_i = 20 °C
relative Luftfeuchte innen	ϕ_i = 50 %
kritische Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche	ϕ_{si} = 80 %
Außenlufttemperatur	θ_e = -5 °C
Wärmeübergangswiderstände R_{si} innen (beheizter Raum) bzw. R_{se} außen	R_{si} = 0,25 m²K/W R_{se} = 0,04 m²K/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 widerum 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 Raumininenoberfläche vergrößerte kalte Außenoberfläche, z.B. • Gebäudeaußenecke • Vorsprung	Anschlüsse von Bauteilen mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit, wie beispielsweise: • Wandanschluss von Fenster, Haustür, Dach, Balkon • Decken-/Wandeinbindung

Bei Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs Q_h nach DIN V 4108-6 wird der Wärmebrückeneinfluss in Hinblick auf den zusätzlichen Transmissionswärmeverlust durch rechnerischen Zuschlag ΔU_{WB} erfasst:

Berücksichtigung der Wärmebrücken	ΔU_{WB} [W/(m²K)]
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 W/(m²K) 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 Ψ_e mit der Länge l der jeweiligen Wärmebrücke multipliziert und auf die wärmetauschende Gebäudehüllfläche A bezogen:

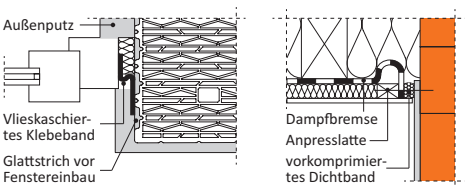
$$\Delta U_{WB} = \frac{\Sigma\,(\Psi_e \cdot l)}{A}$$

Die Ziegelindustrie bietet speziell auf die Ziegelbauweise abgestimmte Wärmebrückenkataloge, Planungsdetails und Berechnungstools an. Dort sind eine Vielzahl von Ψ_e-Werten für aktuelle Ziegelkonstruktionen enthalten, die direkt zur Ermittlung von ΔU_{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 errichtende 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 Luftdichtheitsschicht 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 Winddichtheitsschicht 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*).



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^{-1}] 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:

$$S_{vorh.} = \frac{\Sigma\,(A_w \cdot g \cdot F_C)}{A_G} \leq S_{zul.} = \Sigma S_x$$

mit: A_w gesamte Fensterfläche in m² (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_{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 ≤ 0,30 (bei g > 0,40) bzw. F_C ≤ 0,35 (bei g ≤ 0,40) oder
- Fensterflächen unter den Grenzen Tab.6, DIN 4108-2

Abminderungsfaktoren F_C nach Tab. 7, DIN 4108-2 (Auszug)

Beschaffenheit der Sonnenschutzvorrichtung	F_C		
	g ≤ 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.[1)]	0,65	0,70	0,65
- helle Farben oder g.T. [2)]	0,75	0,80	0,75
- dunkle Farben oder h.T. [3)]	0,90	0,90	0,85
Außenliegend			
- Rollläden, Fensterläden [4)]	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, wenngleich diese nach deutlichen Verschärfungen in 2009 um ø 30 % und in 2016 um weitere 25 % längst als Niedrigstenergiestandard anzusehen ist.

Der nach der europäischen Gebäude-Energieeffizienzrichtlinie (EPBD) geforderte Niedrigstenergiestandard wir 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 GEG 2020	Bauordnungsrechtlicher Nachweis des Wärmeschutzes. Kriterien siehe Abschnitt "2. Energieeinsparverordnung" Energieeinsparverordnung (EnEV) wird im Jahr 2020 durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) abgelöst.
KfW-Effizienz-haus	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 ..."
Sonnen-haus [a)]	Gebäude, die ≥ 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: • $H'_T \leq 0{,}28$ W/m²K • $Q''_P \leq 15$ kWh/m²a • Solarer Deckungsgrad mindestens 50% (wirtschaftlich: ca. 70%) • Nachheizung - sofern erforderlich - möglichst regenerativ (z.B. Holz)
Passiv-haus [b)]	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: • Jahresheizwärmebedarf [1)] ≤ 15 kWh/(m²a) • Primärenergieeinsatz [2)] ≤ 120 kWh/(m²a) • Einhaltung der Behaglichkeitskriterien: - Wärmedämmung der Außenbauteile → *siehe unten* - Sonnenschutzkriterien für Verglasung - Anforderungen an die Lüftungsanlage (Zulufttemperatur, Lüftungseffizienz, Lufthygiene, Schallbelastung) - Mindestens ein Fenster pro Wohnraum muss öffenbar sein (freie Sommerlüftung) • Grundsätze für den Bau: - Wärmedämmung Außenbauteile: U ≤ 0,15 W/(m²K) für opake; $U_w \leq 0{,}8$ W/(m²K) und g ≈ 0,5 für Fenster - Lüftungswärmerückgewinnung ≥ 75% - Wärmebrückenfreiheit bzw. -minimierung - Luftdichtheit $n_{50} \leq 0{,}6\ h^{-1}$
Plus-energie-haus [c) d)]	"Das Plus-Energie-Haus-Niveau ist [...] erreicht, wenn $\sum Q_P < 0$ kWh/(m²a) und $\sum Q_E < 0$ kWh/(m²a) sowie alle sonstigen Bedingungen der Energieeinsparverordnung (z.B. sommerlicher Wärmeschutz) eingehalten sind." [d)] "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-Isolierverglasung 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
1) Berechnet nach PHPP (Passivhaus Projektierungs-Paket) | 2) Berechnet nach PHPP und umfasst alle Aufwendungen (inkl. Haushaltsstrom)

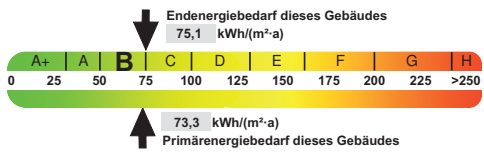
EnEV 2014 / GEG 2020 — Projektbeispiel: Umsetzung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen

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 W/(m²K) *36,5 cm Ziegel, λ = 0,12 W/mK*
Außenwand gegen Erdreich	U = 0,39 W/(m²K) *25 cm Stahlbeton + 8 cm Dämmung; alternativ, energetisch gleichwertig: 36,5 cm Ziegel, λ = 0,16 W/mK*
Bodenplatte	U = 0,29 W/(m²K) *25 cm Stahlbeton + 11 cm Dämmg.*
Dach	U = 0,22 W/(m²K) *18 cm Dämmung 035*
Fenster	U_w = 1,10 - 1,40 W/(m²K)
Dachflächenfenster	U_w = 1,40 W/(m²K)
Außentür	U = 1,40 W/(m²K)
Wärmebrücken	DIN 4108 Bbl2: ΔU_{WB} = 0,05 W/(m²K)
Luftdichtheit	geprüft durch Messung
Sonnenschutz	F_c = 0,3
Energetische Qualität der Gebäudehülle vorhanden: H'_T = 0,398 W/(m²K) zulässig: H'_T = 0,400 W/(m²K)	

ANLAGENTECHNIK	vorhandene Kennwerte
Heizungsanlage	Brennwertkessel verb., 55/45 °C, innerhalb der thermischen Hülle, Umwälzpumpe geregelt, Ventile 2K
Anlage zur Warmwasser-bereitung	zentral, gemeinsam mit Heizungs-anlage, Speicher indirekt beheizt, ohne Zirkulation
Regenerative Energie	Solarthermie zur Warmwasserbereitung
Kühlung	nein
Lüftung	Fensterlüftung [a)]
Jahres-Primärenergiebedarf (= "Gesamtenergieeffizienz") vorhanden: Q''_P = 73,35 kWh/(m²a) zulässig: Q''_P = 73,74 kWh/(m²a)	

a) Für die Einhaltung der Anforderungen ist bei diesem Projektbeispiel eine Wohnungslüftungsanlage mit WRG erforderlich



Wie die Übersicht der energieeffizenten Standards in der Tabelle links zeigt, sind an die Anwendung der verschiedenen "Energiestandards" 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 *(→ Kapitel "Nachhaltigkeit")*.

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

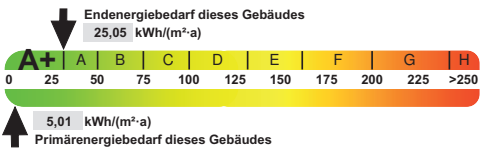
© Ziegel Zentrum Süd e. V. www.ziegel.com

KfW-Effizienzhaus 55
Projektbeispiel energieautarkes Sonnenhaus

Energieautarkes Einfamilienhaus, 2013
Bauherr/Planer TGA: Prof. Dipl.-Ing. T. Leukefeld [1)]
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 W/(m²K) *42,5 cm Ziegel, λ = 0,08 W/mK*
Bodenplatte	U = 0,16 W/(m²K)
Dach gegen Außenluft	U = 0,14 W/(m²K)
Fenster	U_w = 0,73 - 1,05 W/(m²K)
Außentür	U = 1,4 W/(m²K)
Wärmebrücken	ΔU_{WB} = 0,05 W/(m²K)
Luftdichtheit	geprüft durch Messung
Sonnenschutz	rechnerisch erfüllt
Energetische Qualität der Gebäudehülle vorhanden: H'_T = 0,27 W/(m²K) zulässig: H'_T = 0,40 W/(m²K)	



ANLAGENTECHNIK	vorhandene Kennwerte
Heizungsanlage und Anlage zur Warmwasserbereitung	• Erzeugung: Zentrale Wärmeerzeugung, 2 Wärmeerzeuger: - Erzeuger 1 (65-70% Deckungsgrad): Solare Heizungsunterstützung - Erzeuger 2 (30-35% Deckungsgrad): Holzvergaserofen, 25 kW (wasserg.) • Speicherung: 9 m³ bivalenter Pufferspeicher (saisonaler Wärmespeicher) • Verteilung: Auslegung 35/28°C, Umwälzpumpe leistungsgeregelt • Übergabe: Flächenheizung
Regenerative Energie	• Solarthermie (Flachkollektoren), 46 m²; 45° Neigung; Südausrichtung • Photovoltaik 8,4 kWp; 58 m² (monokristallin); 58 kWh Bleigelakku
Kühlung	nein
Lüftung	Fensterlüftung
Jahres-Primärenergiebedarf (= "Gesamtenergieeffizienz") vorhanden: Q''_P = 5,01 kWh/(m²a) zulässig: Q''_P = 75,25 kWh/(m²a)	

KfW-Effizienzhaus — Förderkriterien[a)] der KfW für energieeffizienten Wohnungsneubau

KRITERIEN	KfW-Effizienzhaus 55	KfW-Effizienzhaus 40	KfW-Effizienzhaus 40 Plus
vorh. Q''_P	≤ 0,55 · $Q''_{P, EnEV, Ref.-Geb., Anl.1, Tab.1}$	≤ 0,40 · $Q''_{P, EnEV, Ref.-Geb., Anl.1, Tab.1}$	≤ 0,40 · $Q''_{P, EnEV, Ref.-Geb., Anl.1, Tab.1}$
vorh. H'_T	≤ 0,70 · $H'_{T, EnEV, Ref.-Geb., Anl.1, Tab.1}$ *und gleichzeitig* ≤ zul. $H'_{T, EnEV, Anl.1, Tab.2}$	≤ 0,55 · $H'_{T, EnEV, Ref.-Geb., Anl.1, Tab.1}$ *und gleichzeitig* ≤ zul. $H'_{T, EnEV, Anl.1, Tab.2}$	≤ 0,55 · $H'_{T, EnEV, Ref.-Geb., Anl.1, Tab.1}$ *und gleichzeitig* ≤ zul. $H'_{T, EnEV, Anl.1, Tab.2}$
Zusatzanforderung	–	–	"Plus Paket", z.B. Stromerzeugung
Sachverständiger	Verbindlicher Nachweis der Planung und Baubegleitung (→ www.energie-effizienz-experten.de)		
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 auszugsweise, ohne Gewähr, kurzfristige Änderungen möglich - Stand: 28.12.2019 - Aktuelle Infos: 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

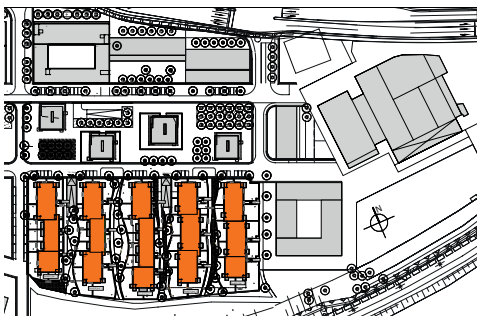
GEBÄUDEHÜLLE			
	EnEV 2014 / GEG 2020	KfW-Effizienzhaus 55	KfW-Effizienzhaus 40 und 40 Plus
Außenwand gegen Außenluft	U = 0,24 - 0,28 W/(m²K) *Wärmedämmziegel einschalig:* *d = 36,5 cm, λ = 0,09 - 0,11 W/mK*	U = 0,21 - 0,23 W/(m²K) *Wärmedämmziegel einschalig:* *d = 36,5 cm, λ = 0,08 - 0,09 W/mK*	U = 0,18 - 0,20 W/(m²K) *Wärmedämmziegel einschalig:* *d = 36,5 cm, λ = 0,07 W/mK, oder* *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) • *Wärmedämmziegel einschalig: d = 36,5 cm, λ = 0,12 W/mK* • *oder Stahlbeton + Dämmung: d = 25 cm, λ = 2,1 W/mK* *+ d = 12 cm, λ = 0,035 W/mK*	U = 0,25 W/(m²K) • *Wärmedämmziegel einschalig: d = 36,5 cm, λ = 0,10 W/mK* • *oder Stahlbeton + Dämmung: d = 25 cm, λ = 2,1 W/mK* *+ d = 14 cm, λ = 0,035 W/mK*	U = 0,25 W/(m²K) • *Wärmedämmziegel einschalig: d = 36,5 cm, λ = 0,10 W/mK* • *oder Stahlbeton + Dämmung: d = 25 cm, λ = 2,1 W/mK* *+ d = 14 cm, λ = 0,035 W/mK*
Dach	U = 0,16 W/(m²K) *22 + 3 cm Dämmung 035*	U = 0,14 W/(m²K) *25 + 4 cm Dämmung 035*	U ≤ 0,13 W/(m²K) *25 + 5 cm Dämmung 035*
Fenster	U_w = 1,1 - 1,0 W/(m²K)	U_w ≤ 0,9 W/(m²K)	U_w ≤ 0,8 W/(m²K)
Dachflächen-fenster	U_w = 1,4 - 1,1 W/(m²K)	U_w ≤ 1,1 W/(m²K)	U_w ≤ 0,8 W/(m²K)
Außentür	U = 1,8 - 1,5 W/(m²K)	U = 1,4 W/(m²K)	U = 1,1 W/(m²K)
Wärmebrücken	ΔU_{WB} = 0,05	ΔU_{WB} = 0,025 - 0,015 (berechnet)	ΔU_{WB} ≤ 0,015 (berechnet)
Luftdichtheit	geprüft durch Messung	geprüft durch Messung	geprüft durch Messung
Sonnenschutz	Ost-, Süd-, West-Fenster: F_C ≤ 0,3	Ost-, Süd-, West-Fenster: F_C ≤ 0,3	Ost-, Süd-, West-Fenster: F_C ≤ 0,3

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

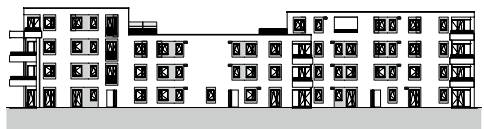
KfW-Effizienzhaus 40
am Beispiel einer Wohnanlage in Regensburg

Objekt: Wohnanlage Candis-Gärten, Regensburg, 2013

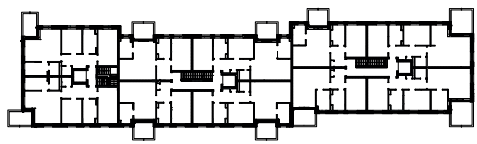
Bauherr: Lambert Wohnbau GmbH
Architektur: A3 Architekten GmbH
Projektdaten: ca. 176 Wohneinheiten
11.258,99 m² Gesamtwohnfläche
Tiefgaragen mit 202 Stellplätzen



Lageplan



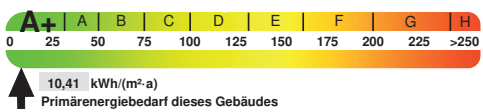
Baukörper 5, Ansicht Ost



Baukörper 1, Grundriss 1. Obergeschoss

GEBÄUDEHÜLLE	vorhandene Kennwerte
Außenwand gegen Außenluft	U = 0,18 W/(m²K) *42,5 cm Ziegel, λ = 0,09 W/mK + 4 cm Wärmedämmputz*
Außenwand gegen Erdreich	U = 0,26 W/(m²K) *25 cm Stahlbeton + 14 cm XPS 040*
Bodenplatte	U = 0,17 W/(m²K) *25 cm Stahlbeton + 21 cm Dämmung*
Dach gegen Außenluft	U = 0,10 W/(m²K) *20 cm Stahlbeton + 36 cm Dämmung*
Decke über Tiefgarage	U = 0,11 W/(m²K) *30 cm Stahlbeton + 28 cm Dämmung*
Fenster	$U_w \leq 0{,}71$ W/(m²K) | g > 0,50
Außentür	$U_w = 1{,}0$ W/(m²K)
Wärmebrücken	berechnet $\Delta U_{WB} \leq 0{,}02$ W/(m²K)
Luftdichtheit	geprüft durch Messung
Sonnenschutz	$F_c = 0{,}30$
Energetische Qualität der Gebäudehülle vorhanden: $H'_T = 0{,}237$ W/(m²K) zulässig: $H'_T = 0{,}500$ W/(m²K)	

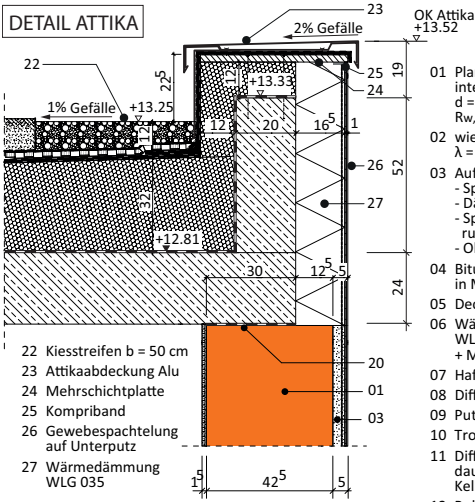
ANLAGENTECHNIK	vorhandene Kennwerte
Heizungsanlage	Fernwärme regenerativ mit Kraft-Wärme-Koppelung
Anlage zur Warmwasserbereitung	zentral, gemeinsam mit Heizungsanlage (siehe oben)
Regenerative Energie	Kraft-Wärme-Koppelung
Kühlung	nein
Lüftung	Lüftungsanlage mit WRG
Jahres-Primärenergiebedarf (= "Gesamtenergieeffizienz") vorhanden: $Q''_P = 10{,}41$ kWh/(m²a) zulässig: $Q''_P = 59{,}34$ kWh/(m²a)	



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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

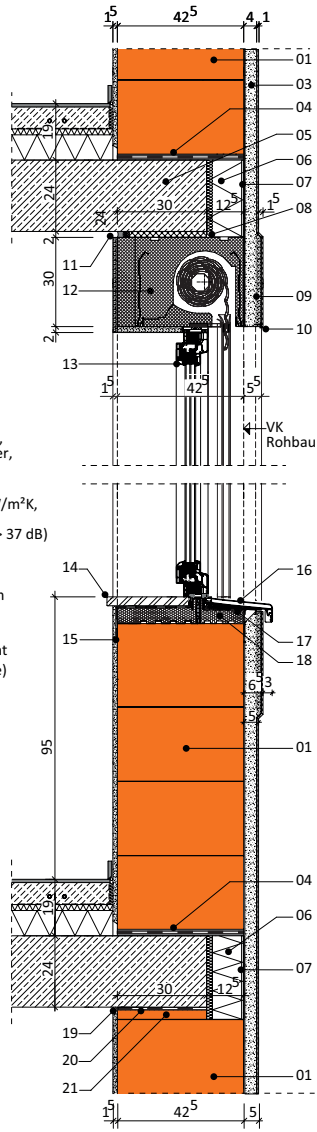
DETAIL ATTIKA



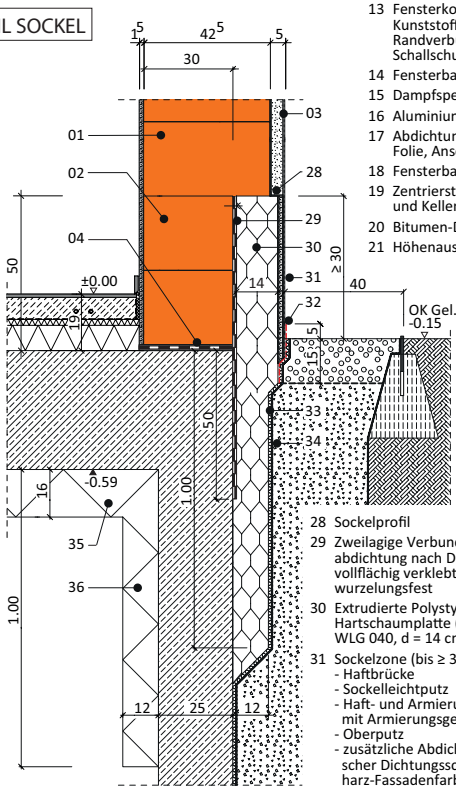
22 Kiesstreifen b = 50 cm
23 Attikaabdeckung Alu
24 Mehrschichtplatte
25 Kompriband
26 Gewebespachtelung auf Unterputz
27 Wärmedämmung WLG 035

01 Planhochlochziegel mit integrierter Wärmedämmung, d = 42,5 cm, λ = 0,09 W/mK, $R_{w,Bau,ref}$ ≥ 48,4 dB
02 wie 01, aber d = 30 cm, λ = 0,11 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 WLG 035 (Styropor 10 cm + Mineralwolle 2 cm)
07 Haftbrücke
08 Diffusionsoffener Anschluss
09 Putzverstärkung
10 Tropfkantenprofil
11 Diffusionsdichter Anschluss, dauerelastischer Dichtstoff, Kellenschnitt im Putz
12 Rollladenkasten selbsttragend, wärmegedämmt mit Putzträger, WLG 032, R'w > 40 dB
13 Fensterkonstruktion: Kunststoffrahmen, Uw ≤ 0,7 W/m²K, Randverbund warme Kante, Schallschutzklasse SSK 3 (R'w > 37 dB)
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 Höhenausgleichziegel

DETAIL DECKEN- UND FENSTERANSCHLÜSSE



DETAIL SOCKEL



28 Sockelprofil
29 Zweilagige Verbundabdichtung nach DIN 18195, vollflächig verklebt, durchwurzelungsfest
30 Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatte (XPS-R) WLG 040, d = 14 cm
31 Sockelzone (bis ≥ 30 cm über Gelände):
- Haftbrücke
- Sockelleichtputz
- Haft- und Armierungsmörtel mit Armierungsgewebe hochreißfest
- Oberputz
- zusätzliche Abdichtung aus mineralischer Dichtungsschlämme mit Silikonharz-Fassadenfarbe überstreichen

32 Sockelanstrich (bis ≥ 5 cm über Gelände)
33 Schutz- und Drainagebahn, Noppenbahn mit Geotextil
34 wasserdurchlässige Wurzelschutzbahn
35 Deckendämmung WLG 035, d = 16 cm
36 mitlaufende Dämmung WLG 035, d = 12 cm, bis 1,0 m unter UK Rohdecke

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 m²

GEBÄUDEHÜLLE	vorhandene Kennwerte [a)]
Außenwand gegen Außenluft	U = 0,14 W/(m²K) *49 cm Ziegel, λ = 0,07 W/mK*
Decke Kellergeschoß	U = 0,07 bis 0,08 W/(m²K) *Stahlbeton + ≤ 60 cm Wärmedämm.*
Dach	U = 0,069 W/(m²K) *50 cm Wärmedämmung WLG 032*
Fenster	U_g = 0,6 W/(m²K) g = 0,6 U_f = 0,74 W/(m²K)
Wärmebrücken	möglichst wärmebrückenfrei durch: - vorgehängte Balkone - Stützenauflösung im KG
Luftdichtheit	n_{50} = 0,25 h^{-1} *[gemessen]*
Sonnenschutz	F_c = 0,25 *[Jalousie außenliegend]*
Jahres-Heizwärmebedarf *[nach PHPP]* vorhanden: Q_h = 15 kWh/(m²a) zulässig: Q_h ≤ 15 kWh/(m²a)	

ANLAGENTECHNIK	vorhandene Kennwerte [a)]
Heizungsanlage	Gas-Brennwertkessel
Anlage zur Warmwasser-bereitung	Solarthermie
Kühlung	nein
Lüftungsanlage	mit Wärmerückgewinnung, η ≥ 84 %
Regenerative Energie	• Solarthermie zur Warmwasserbe-reitung (ca. 11 kWh/m²a) • Photovoltaik (verbesserter Flach-kollektor; ca. 20 m²)
Jahres-Primärenergiebedarf *[nach PHPP]* vorhanden: $Q''_{P,PHPP}$ = 111 kWh/(m²a) inkl. Haushaltsstrom zulässig: $Q''_{P,PHPP}$ = 120 kWh/(m²a)	

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

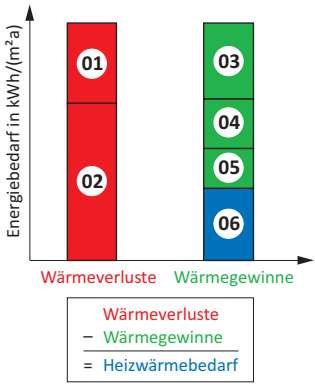
Das Passivhauskonzept basiert zunächst auf einer optimal wärmegedämmten Gebäudehülle, die nahezu wärmebrückenfrei und luftdicht ist. Gebäude und Fensterflächen sind so ausgerichtet, dass eine hohe Ausnutzung solarer Wärmegewinne möglich ist.

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 [a)]		U-Wert
1	42,5 cm Ziegelmauerwerk λ = 0,07 W/mK mit 4,0 cm Wärmedämmputz λ = 0,06 W/mK	0,144 W/(m²K)
2	49,0 cm Ziegelmauerwerk λ = 0,07 W/mK mit 2,0 cm Leichtputz λ = 0,25 W/mK	0,137 W/(m²K)
3	49,0 cm Ziegelmauerwerk λ = 0,08 W/mK mit 4,0 cm Wärmedämmputz λ = 0,06 W/mK	0,143 W/(m²K)
a) alle Varianten: Gipsputz innen d = 1,5 cm, λ = 0,51 W/mK		



01 Transmissionswärmeverluste
02 Lüftungswärmeverluste
03 Nutzbare solare Wärmegewinne
04 Nutzbare interne Wärmegewinne
05 Einsparung durch Wärmerückgewinnung (WRG) a)
06 Heizwärmebedarf

a) *Optional, bei Einsatz einer Lüftungsanlage mit WRG*

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"*

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 Sachkunde 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.

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.

Bild 1: Deckeneinbindung/Balkontüröffnung

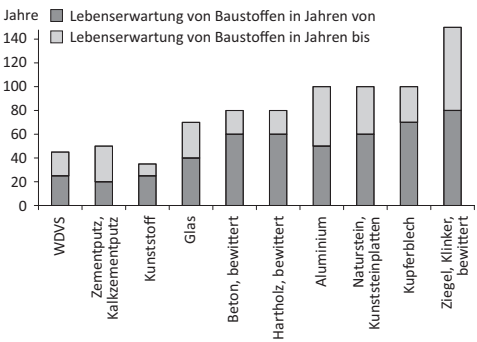
Bild 2: Anschluss Innenwand

Bild 3: Fensteranschluss mit Anschlag

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

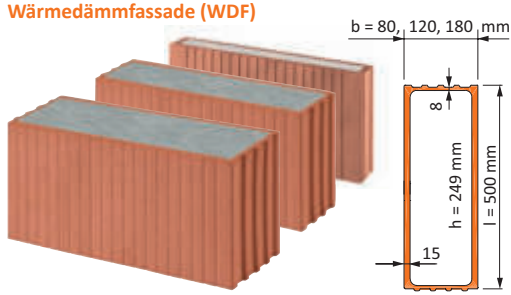
Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes von 2006 beläuft sich der deutsche Wohnungsbestand, der vor 1979 errichtet wurde, auf 29,9 Mio. Da bei vielen dieser Gebäude eine Erhaltung sinnvoll bzw. notwendig ist, sollte bei der Untersuchung einer energetischen Sanierung eine ganzheitliche Betrachtung 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, 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 (λ = 0,055 W/m·K), die als nichttragende hochwärmedämmende Vorsatzschale mit Dünnbettmörtel vor Bestandsgebäuden (Höhe ≤ 18 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 m²) 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.

Fassadensanierung mit wärmemedämmenden WDF-Ziegeln

WDF auf wärmegedämmtem Ziegelsturz und Stahlkonsole

Schichtaufbau und U-Werte einer Außenwand mit und ohne WDF

Bauteil	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	U-Wert [W/(m²·K)]	
Bestandswand	Kalkgipsputz Hochlochziegel Kalkzementputz	15 365 20	0,70 0,52 1,0	1,19	0,23
WDF-Vorsatzschale	Perliteschüttung WDF-Ziegel Leichtputz Typ II	5 180 20	0,045 0,055 0,25	0,28	

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

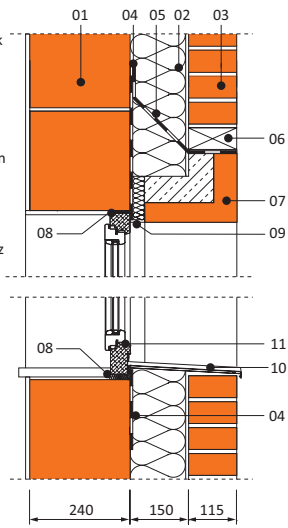
Das älteste System einer vorgehängten, hinterlüfteten Fassade ist das senkrecht ausgeführte Ziegeldach. Eine Weiterentwicklung ist die Fassade aus Ziegelpatten, Befestigungsmitteln und Unterkonstruktion. Hinterlüftete Fassaden sind nach DIN 18516-1 geregelt. Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden aus Ziegelplatten bestehen aus 30 bis 40 mm dicken Ziegelplatten, die auf einer Aluminiumunterkonstruktion befestigt und im Zwischenraum i.d.R. wärmegedämmt 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

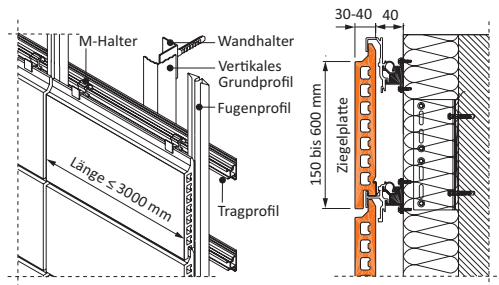
- Unterkonstruktion: Aluminiumprofile nach Typenstatik; Verankerung vertikal mit Fest- und Gleitpunkten
- Wärmedämmung: Dicke je nach Bedarf
- Fugenausbildung: horizontal durch Falze überdeckt; vertikal 8 - 10 mm breit durch Fugenprofil hinterlegt.

01 Bestehendes Mauerwerk
02 Kerndämmung Typ WZ
03 Klinker / Vormauerziegel
04 Abdichtung bis auf Blendrahmen führen
05 Abdichtung (sogenannte Z-Folie) zur Ableitung von Feuchtigkeit nach außen
06 Offene Stoßfuge für Lüftung bzw. Entwässerung oberhalb Ziegelsturz
07 Vorgefertigter Ziegelsturz
08 Hohlräume dämmen
09 Abdeckleiste/-profil
10 Fensterbank, Hohlräume gedämmt
11 Fensterrahmen

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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 Abdichtungsstoffen
- DIN 18533-3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen

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. Mauerwerksoberflächen, 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

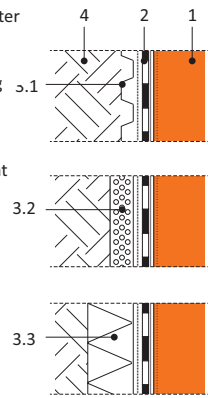
Die Abdichtungsschicht erdberührter Bauteile muss durch Schutzschichten dauerhaft vor mechanischen und thermischen Beschädigungen geschützt werden.

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

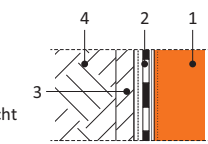
Beispiele für den Aufbau erdberührter Kelleraußenwände bei W1-E

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: ≤ 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

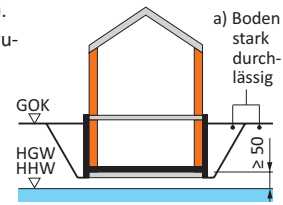
Dränung und Abdichtung der Kelleraußenwand mit PMBC (Bitumendickbeschichtung) geschützt durch Vlies

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 ≥ 50 cm oberhalb HGW bzw. HHW auf stark wasserdurchlässigem Baugrund oder Bodenaustausch ($k > 10^{-4}$ m/s).
- Baugrund und Baugrubenverfüllung sind stark wasserdurchlässig ($k > 10^{-4}$ m/s)
- Unterste Abdichtungsebene ≥ 50 cm oberhalb HGW/HHW.

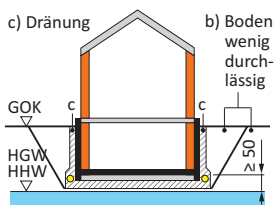


W1.1-E | Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser

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

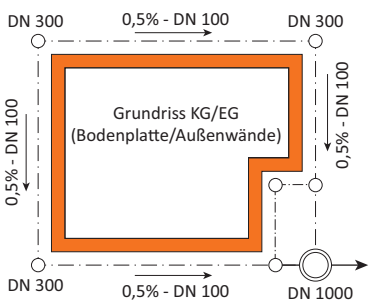
Wenig wasserdurchlässiger Baugrund *(vgl. Bild → b)*, bei dem eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 Stauwasser sicher vermeidet *(vgl. Bild → c)*.

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



W1.2-E | mit Dränung

Notwendig nach DIN 4095: Filterfeste Dränschichten 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

W2-E – Drückendes Wasser

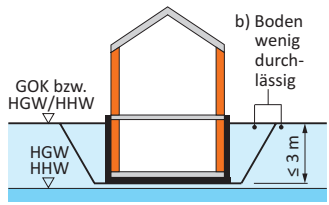
- Kann als Grund-, Hoch- oder Stauwasser einwirken.
- Grund-/Schichtenwasser darf nicht gedränt werden, es wirkt auf Abdichtung als drückendes Wasser ein.

Je nach Höhe des Bemessungswasserstandes werden die folgenden Einwirkungsklassen unterschieden:

W2.1-E – Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser

Stauwasser bis 3 m

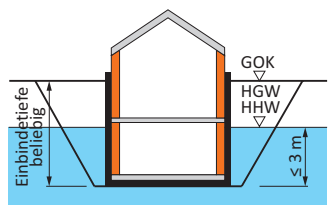
- Unterste Abdichtungsebene liegt ≤ 3 m unter GOK und oberhalb des HGW/HHW.
- Erdberührte Bauteile ohne Dränung nach DIN 4095 in wenig durchlässigen Böden (vgl. Bild → a).
- Erwartet wird Stauwasser bis zur GOK.



W2.1-E | Stauwasser ≤ 3 m, ohne Dränung

Grundwassereinwirkung bis 3 m

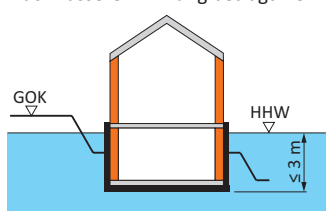
- Unterste Abdichtungsebene liegt ≤ 3 m unter dem Bemessungswasserstand (HGW/HHW).



W2.1-E | Grundwassereinwirkung ≤ 3 m

Hochwassereinwirkung bis 3 m

- Abdichtungsebene liegt im Bereich des Hochwassers oberirdischer Gewässer.
- Die Druckwassereinwirkung beträgt ≤ 3 m.



W2.1-E | Hohe Einwirkung von drückendem Wasser

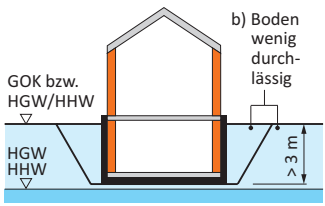
© Ziegel Zentrum Süd e. V. www.ziegel.com

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

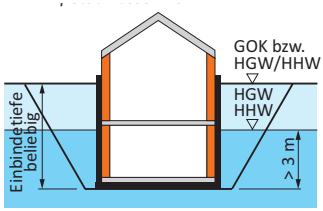
- Unterste Abdichtungsebene > 3 m unter GOK
- Erdberührte Bauteile befinden sich in wenig wasserdurchlässigem Boden und sind nicht gedränt.
- Ungünstigster Fall: Stauwasser wirkt > 3 m hoch ein. HGW/HHW ist dann auf GOK anzusetzen.



W2.2-E | Stauwasser > 3 m

Grund- oder Hochwassereinwirkung höher als 3 m

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



W2.2-E | Grundwasser, Hochwasser > 3 m

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.

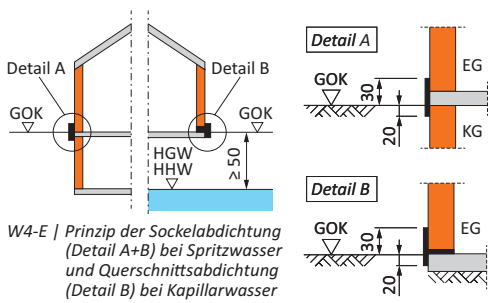
Bei der Abdichtung einer erdüberschütteten Decke muss der tiefste Punkt der Deckenfläche ≤ 30 cm über HHW/HGW liegen. Die Anstauhöhe von 10 cm darf nicht überschritten werden. Andernfalls ist die Abdichtung nach W2-E auszulegen.

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

- Wandsockel stellen einen der schadensträchtigsten 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 abrinnendes Niederschlagswasser in den Schalenzwischenraum sickern.
- Diese Einwirkungen machen eine Sockel- und Querschnittsabdichtung notwendig.

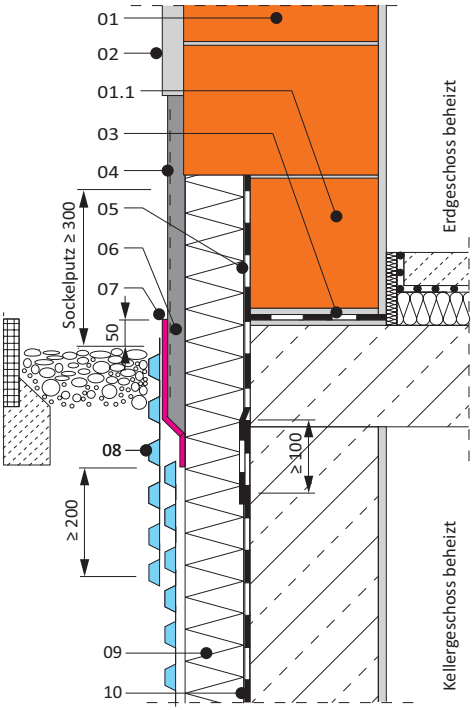
7. Ausführungsempfehlungen

- 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 ungedränten, 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!

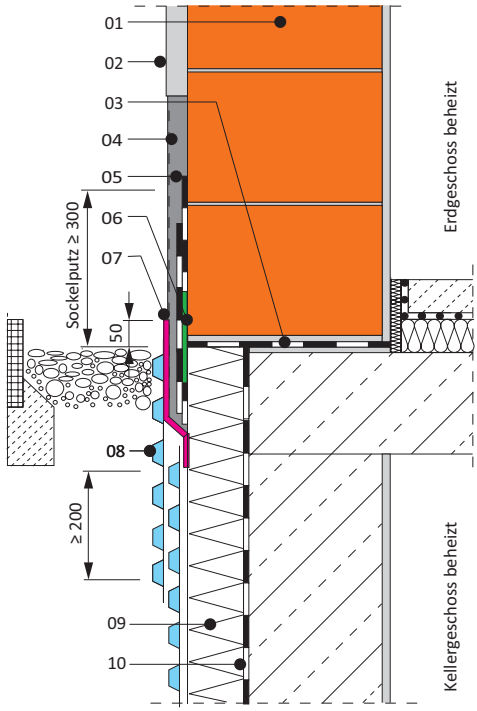


W4-E | Prinzip der Sockelabdichtung (Detail A+B) bei Spritzwasser und Querschnittsabdichtung (Detail B) bei Kapillarwasser

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



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



01 Wärmedämmendes Planziegelmauerwerk

01.1 Sockelziegel bzw. Kimmziegel

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)

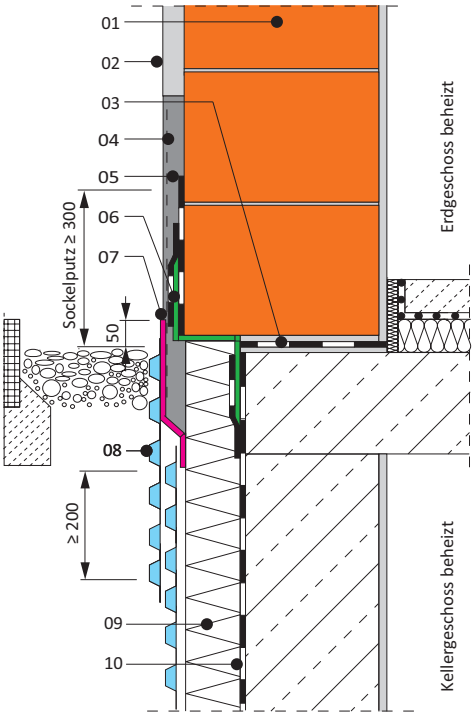
Hinweis:

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.

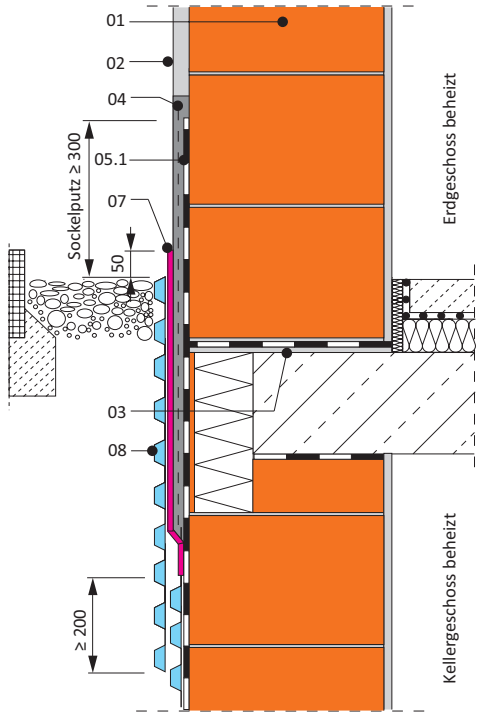
Literaturempfehlungen:

→ Richtlinie Fassadensockelputz: www.stuck-verband.de
→ Sockelfibel: www.sockel-abdichtung.de
→ Technische Regeln - abc der Bitumenbahnen: www.derdichtebau.de

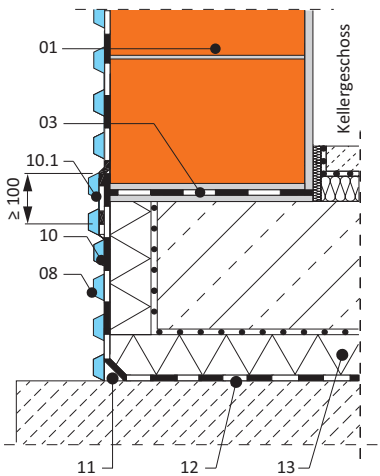
Beispiel für eine Sockelabdichtung W4-E mit Dichtungsband bei Anschluss einer monolithischen Planziegelaußenwand auf einem wärmegedämmten Stahlbetonkeller



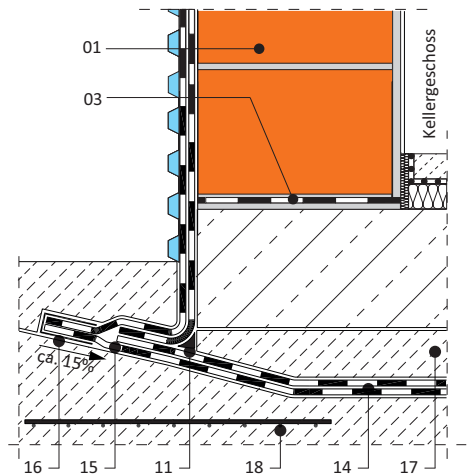
Beispiel für eine Sockelabdichtung W4-E bei Anschluss einer monolithischen Planziegelaußenwand auf einem Kellergeschoß mit wärmedämmenden Ziegelaußenwänden



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]



© Ziegel Zentrum Süd e. V. www.ziegel.com

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 unzuträglichen 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 [a)]
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 Rissversatz ≤ 0,5 mm (hoch)	Risse infolge planmäßiger Fugenaufweitung bei Abdichtungsrücklagen, oder bei Aufstandsfugen 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 [a)]
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 [a)] 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 [a)]	DIN 18533-3, Tab. 1
			MDS [b)]	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 [a)]	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 erdüberschütteten Decken → siehe DIN 18533-1, Nr. 8.7			
W4-E	Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden	Abdichtung an Wandsockeln Abdichtung in und unter Wänden W4-E	Bitumen- und Polymerbitumenbahnen	DIN 18533-2., Tab. 9
			Kunststoff- oder Elastomerbahn	DIN 18533-2, Tab. 17
			rissüberbrückende MDS [b)]	DIN 18533-3, Tab. 1
			FLK [c)]	DIN 18533-3, Tab. 1
			PMBC [a)]	DIN 18533-3, Tab. 1

a) PMBC = Polymer Modified Bituminous Thick Coatings = Bitumendickbeschichtung
b) MDS = Mineralische Dichtungsschlämme
c) FLK = Flüssigkunststoff-Abdichtungssystem

Abdichtung einer erdberührten Kelleraußenwand (W1-E) aus monolithischem Ziegelmauerwerk in Hanglage mit einer kunststoffmodifizierter 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 ≤ 60	> 60 ≤ 65	> 65 ≤ 70	> 70 ≤ 75	> 75 ≤ 80	> 80
Bewertetes Gesamtschalldämm-Maß $R'_{w,res} = L_a - K_{Raumart}$	$K_{Raumart}$	erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteils in dB c)						
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 a) 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[a)] nach E DIN 4109-5
		erf. R'_w	erf. R'_w
Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude und gemischt genutzte Gebäude	Wohnungstrennwände, Wände zwischen fremden Arbeitsräumen, Wände an Treppenräume/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 Trenndecken ≥ 57 dB
	Wohnungtrenndecken	≥ 54 dB [d)]	≥ 57 dB
Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser	Haustrennwände[e)] im untersten Geschoß	≥ 59 dB	≥ 64 dB
	Haustrennwände[e)] über dem untersten Geschoß	≥ 62 dB	≥ 67 dB
Hotels und Beherbergungsstätten	Trennwände der Übernachtungsräume untereinander und zu Fluren	≥ 47 [b)] dB	≥ 52 dB
Krankenhäuser und Sanatorien	Wände zwischen Übernachtungs- bzw. Krankenräumen, Untersuchungs-/Sprechzimmer und zu Fluren		≥ 52 dB
Schulen und ähnliche Ausbildungsstätten	Wände zwischen Unterrichtsräumen und zu Fluren		-
	Wände von Unterrichtsräumen an Treppenhäuser	≥ 52 dB	-

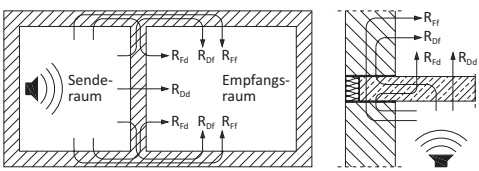
a) Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz sind ausdrücklich (rechtssicher) gesondert vertraglich zu vereinbaren.
b) Abweichend davon in Krankenanstalten und Sanatorien: ≥ 52 dB bei erhöhtem Ruhebedürfnis oder besonderer Vertraulichkeit, ≥ 42 dB bei Wänden zwischen Operations-/Behandlungsräumen untereinander 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}) 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)

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

$$R_{ij,w} = (R_{i,w} + R_{j,w})/2 + K_{ij,w} + 10 \lg (S/l_0 \cdot l_f)$$

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
- l_f Verbindungslänge der Bauteile in [m]
- l_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.

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

mit:
- S Fläche des trennenden Bauteils
- V Empfangsraumvolumen

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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
• plattenförmige Betonbauteile • ungelochte Mauersteine • Füllziegel • Fertigteilelemente aus oben genannten Baustoffen	• Mauerwerk aus Hochlochziegeln mit - d ≤ 240 mm ungeachtet der RDK - d > 240 mm und RDK ≥ 1,0 • Mauerwerk aus Kalksandstein mit einem Lochanteil ≤ 50% (Ausnahme: Steine mit Schlitzlochung, die von Lochebene zu Lochebene gegeneinander versetzte Löcher aufweisen)

Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes Rw 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: $m'_0 = 1\ kg/m^2$

Berechnungsformel oben gilt nicht für:
- $65\ kg/m^2 \geq m'_{ges} \geq 720\ kg/m^2$
- 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.

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

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
- ρ 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

Ermittlung der Rohdichte [a), b)] in kg/m^3 von Mauerwerk nach DIN EN 1996 aus den Rohdichteklassen (RDK)

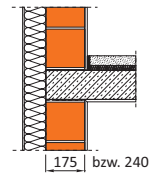
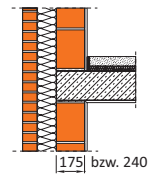
	Bereich der RDK	Rohdichte der Wand
Mauerwerk mit NM	2,2 ≥ RDK ≥ 0,35	$\rho_W = 900 \cdot RDK + 100$
Mauerwerk mit LM	1,0 ≥ RDK ≥ 0,35	$\rho_W = 900 \cdot RDK + 50$
Mauerwerk mit DM	RDK > 1,0	$\rho_W = 1000 \cdot RDK - 100$
	Klassenbreite 100 kg/m^3 und RDK ≤ 1,0	$\rho_W = 1000 \cdot RDK - 50$
	Klassenbreite 50 kg/m^3 und RDK ≤ 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 Wandrohdichte die jeweilige bauaufsichtliche Zulassung zu beachten.
b) Bei Betonbauteilen: ρ = 2350 (unbewehrt) bzw. ρ = 2400 (bewehrt)

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

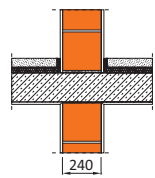
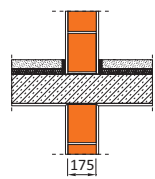
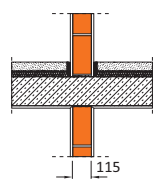
 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Bewertetes Direktschalldämm-Maß R_w für einschaliges[a)], raumseitig verputztes[b)] zusatzgedämmtes[c)] Hintermauerwerk

Wanddicke Nennmaß in mm	Roh-dichte-klasse	Lagerfuge mit NM		Lagerfuge mit LM		Lagerfuge mit DM		Wandaufbau
		m'_{ges} [kg/m²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m²]	R_w [dB]	
175 240	0,7	143 190	44,4 48,2	134 178	43,5 47,4	129 171	43,0 46,8	
175 240	0,8	159 212	45,8 49,7	150 200	45,0 48,9	146 195	44,7 48,6	
175 240	0,9	174 233	47,1 51,0	166 221	46,4 50,3	164 219	46,2 50,1	
175 240	1,0	190 255	48,2 52,2	181 243	47,6 51,5	181 243	47,6 51,5	
175 240	1,2	222 298	50,3 54,3	213 286	49,7 53,7	208 279	49,4 53,4	
175 240	1,4	253 341	52,1 56,1	244 329	51,6 55,6	243 327	51,5 55,5	

a) Ziegel-Hintermauerwerk quasi homogen | b) 15 mm Gipsputz
c) Vorraussetzung 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 Nennmaß in mm	Roh-dichte-klasse	Lagerfuge mit NM		Lagerfuge mit LM		Lagerfuge mit DM		Wandaufbau
		m'_{ges} [kg/m²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m²]	R_w [dB]	
115 175 240	0,8	124 174 227	42,5 47,0 50,6	119 165 215	41,9 46,3 49,9	116 161 210	41,6 46,0 49,6	
115 175 240	0,9	135 189 248	43,6 48,2 51,8	129 181 236	43,0 47,5 51,1	128 179 234	42,9 47,4 51,0	
115 175 240	1,0	145 205 270	44,6 49,2 52,9	139 196 258	44,0 48,6 52,3	139 196 258	44,0 48,6 52,3	
115 175 240	1,2	166 237 313	46,4 51,2 54,9	160 228 301	45,9 50,6 54,4	157 223 294	45,6 50,3 54,1	
115 175 240	1,4	186 268 356	48,0 52,8 56,7	181 259 344	47,5 52,4 56,2	180 258 342	47,5 52,3 56,1	
115 175 240	1,6	207 300 400	49,4 54,3 58,2	201 291 388	49,0 53,9 57,8	203 293 390	49,1 54,0 57,9	
115 175 240	1,8	228 331 443	50,6 55,7 59,6	222 322 431	50,3 55,3 59,2	226 328 438	50,5 55,5 59,4	
115 175 240	2,0	249 363 486	51,8 56,9 60,8	243 354 474	51,5 56,6 60,5	249 363 486	51,8 56,9 60,8	

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*

5. Ausführungsvorschläge für die Umsetzung des baulichen Schallschutzes

GESCHOSSWOHNUNGSBAU - Mindestanforderungen an den Schallschutz					
Bauteil	Monolithische Außenwand	Wohnungs-trennwand	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	• 365 mm Planziegel • 300 mm Planziegel Beispiele siehe Kapitel Zulassungsziegel	• 240 mm Ziegel, RDK 1,8 • 240 mm Plan-füllziegel	200 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich	siehe Beispiele im Kapitel Wohnungs-trennwände aus Planfüllziegeln	• 115 mm Ziegel, RDK 1,2 / 1,4 • 115 mm Ziegel, RDK < 1,2 mit ZIS

GESCHOSSWOHNUNGSBAU - Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz					
Bauteil	Monolithische Außenwand	Wohnungs-trennwand	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	• 365 mm Planziegel Beispiele siehe Kapitel Zulassungsziegel	• 240 mm Ziegel, RDK 1,8 / 2,0 • 240 mm Füll-/ Schalungsziegel	220 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich	siehe Beispiele im Kapitel Wohnungs-trennwände aus Planfüllziegeln	• 115 mm Ziegel, RDK 1,2 / 1,4 • 115 mm Ziegel, RDK < 1,2 mit ZIS

REIHENHAUS/DOPPELHAUS (MIT KELLERGESCHOSS) - Mindestanforderungen an den Schallschutz					
Bauteil	Monolithische Außenwand	Haustrennwand	Geschoßdecke	Innenwände (nichttragend)	Kellergeschoß
Anforderung	ggf. Außenlärm	$R'_w \geq$ (59 bzw.) 62 dB	-	-	-
Konstruktion	Beispiele siehe Kapitel Zulas-sungsziegel	2 x 175 mm Ziegel ≥ RDK 1,2 und Trennfuge ≥ 30 mm	200 mm Stahl-beton mit schwim-mendem Estrich	115 mm Ziegel, RDK 0,8	Weiße Wanne möglich

REIHENHAUS/DOPPELHAUS (MIT KELLERGESCHOSS) - 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 Zulas-sungsziegel	2 x 240 mm Planfüll-ziegel und Trennfu-ge ≥ 30 mm	220 mm Stahl-beton mit schwim-mendem Estrich	115 mm Ziegel, RDK 1,2 / 1,4	Trennfuge in Außen-wand und Bodenplatte, darunter gemeinsames Streifenfundament

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 geschoßhohen Aufmauern der Trennwand bis zur Unterkante der Decke werden die Hohlkammern vorgenäßt 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 bewertetes 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' ≤ 150 kg/m², die an Wohnungstrennwände anschließen, ist der Anschluss als Stumpfstoß bauakustisch entkoppelt herzustellen. Siehe auch Abschnitt „Ziegel-Innenwandsystem ZIS“.

Steckdosen, Schlitze 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) ≥ 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.

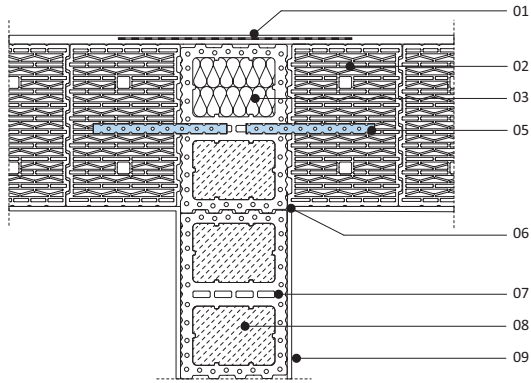
Weitere Hinweise liefert die Broschüre „Schlitze und Aussparungen“ (→ *www.dgfm.de*)

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

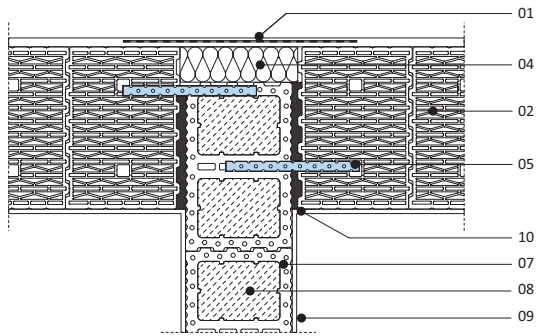


B Durchbindung, Variante 2

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

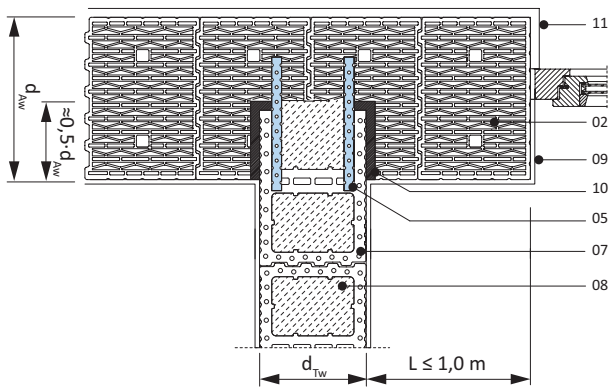


C Schlitzeinbindung

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



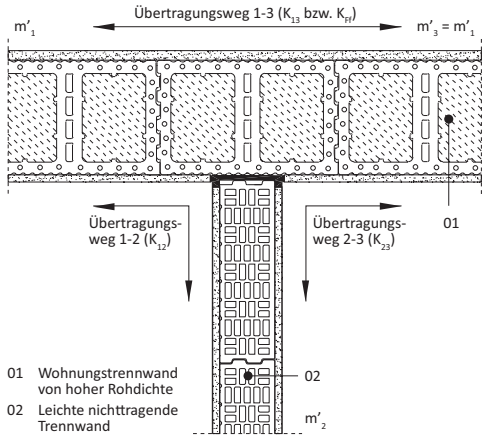
01 Armierungsgewebeeinlage auf Unterputz (Leichtputz)
02 Monolithische Außenwand aus Planziegelmauerwerk, d = 36,5 cm, λ = 0,08 - 0,12 W/mK, $R_{w,Bau,ref} \geq 48$ dB
03 Außenkammer der Füllziegel mit Wärmedämmung gefüllt
04 Wärmedämmung WLG 035, d ≥ 8 cm
05 Flachstahlanker V4a, jede 2. Lage je zwei 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 ≥ 2350 kg/m³
09 Kalkgipsputz innen, d = 1,5 cm
10 Stoßfuge satt vermörtelt, d ≥ 2,0 cm
11 Leichtputz außen, d = 2,0 cm

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

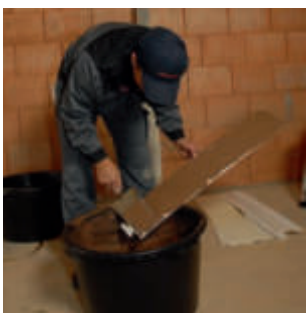
7. Ziegel-Innenwand-System (ZIS)

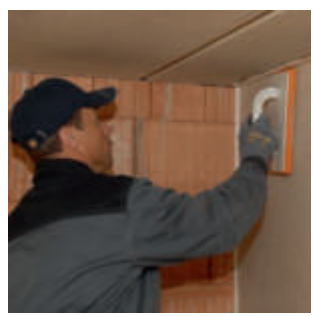
An nichttragende Trennwände werden in der Regel keine akustischen Anforderungen bezüglich des direkten Schalldurchganges gestellt, da sie Räume innerhalb des eigenen Wohn- und Arbeitsbereiches trennen. Allerdings wirken nichttragende Trennwände mit einer flächenbezogenen Masse ≤ 150 kg/m² wie eine Membran, 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' ≤ 150 kg/m², nichttragende Innenraum-Trennwände nach DIN 4103) in den Anschlußbereichen zu flankierenden Bauteilen wie Wand, Decke, Boden.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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:	• Einzelschale mit etwaigem Putz: m' ≥ 150 kg/m² • Trennfuge: d ≥ 30 mm
Generelle Ausführung des Fugenhohlraums zwischen den Schalen	Mineralische Faserdämmplatten (→ DIN 4108-10, Typ WTH), dicht gestoßen und vollflächig verlegt.
Bei Trennfugendicke d ≥ 50 mm	Zulässiges Gewicht der Einzelschale: m' ≥ 100 kg/m²
Bei Ausführung des Trennfugenhohlraums ohne Dämmschicht [a)]	• Einzelschale mit etwaigem Putz: m' ≥ 200 kg/m² • Trennfuge: d ≥ 30 mm
a) Fugenhohlraum hergestellt mit Lehren, die danach entfernt werden	

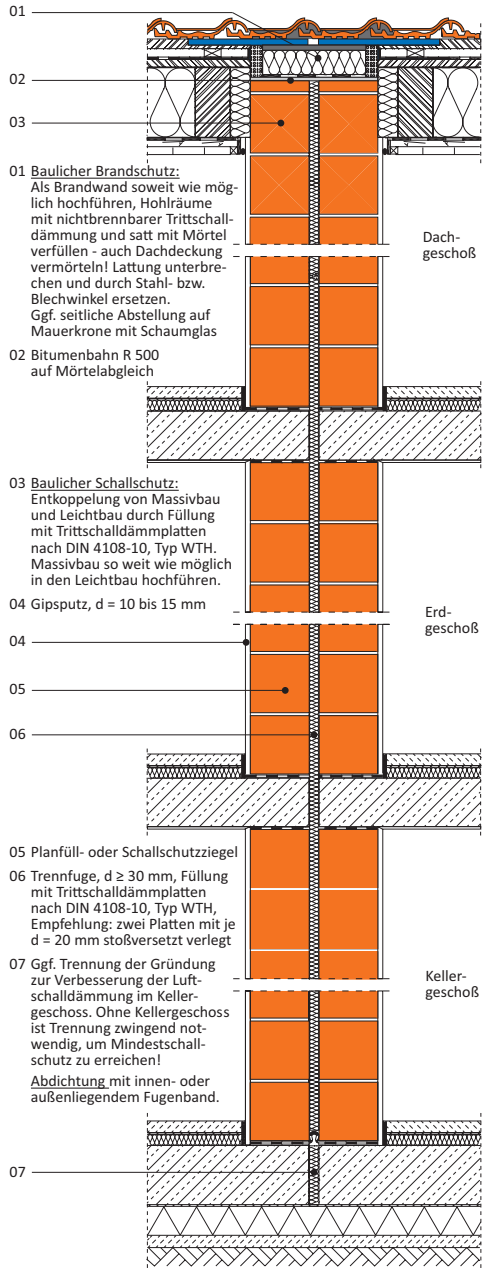
Das errechnete bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ nach DIN 4109 gilt nur für Zwischengeschosse. In Dachgeschossen ist aufgrund der Flankenübertragung durch den Leichtbau des Daches eine Verschlechterung von etwa 1-4 dB zu erwarten. In Untergeschossen können die Einbußen je nach Konstruktion (z.B. nicht 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*

Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ zweischaliger Trennwände[a)] in dB nach DIN 4109 (Nov. 1989) bzw. Prüfzeugnis

Mindestdicke der Schalen ohne Putz in mm	Bei Trennfugenbreite a ≥ 30 mm nach DIN 4109, Bbl. 1:				Bei Trennfugenbreite a ≥ 40 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'_{Putz} = 2 x 15 kg/m²



BRANDSCHUTZ

1. Bauordnungsrechtliche Anforderungen

Ein hohes Schutzziel im Bauordnungsrecht wird mit dem baulichen Brandschutz verfolgt. Nach Musterbauordnung MBO (*Download → 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.

Bauaufsichtliche Anforderung an Baustoffe	*Baustoffklasse nach DIN 4102-1*	Baustoffklasse nach DIN EN 13501-1 [1]	Zusatzanforderung
Nichtbrennbar	*A1*	A1	kein Rauch und kein Abfallen / Abtropfen
	A2	A2 s1, d0	
Schwerentflammbar	*B1*	B – s1, d0 / C – s1, d0	
		A2 – s2, d0 / – s3, d0 B2 – s2, d0 / – s3, d0 C – s2, d0 / – s3, d0	kein Abfallen / Abtropfen
		A2 – s1, d1 / – s1, d2 B2 – s1, d1 / – s1, d2 C – s1, d1 / – s1, d2	kein Rauch
		A2 – / B – s3, d2 C – s3, d2	-
Normalentflammbar	*B2*	D – s1, d0 / – s2, d0 D – s3, d0 / E	kein Abfallen/-tropf.
		D – s1, d1 / – s2, d1 D – s3, d1 / – s1, d2 D – s2, d2 / – s3, d2 E – d2	-
Leichtentflammbar	*B3* [2]	F [2]	-

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:

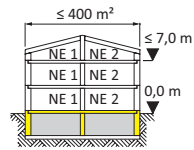
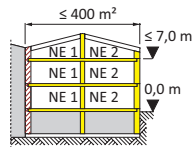
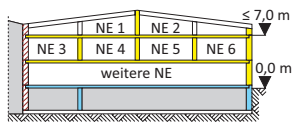
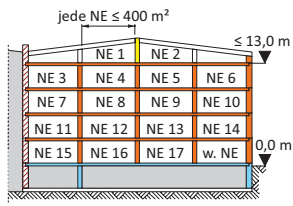
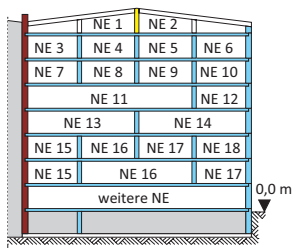
a) Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen (z.B. Ziegelmauerwerk),
b) Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und die bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben,
c) Bauteile,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

Bauteilklassifizierung nach DIN EN 13501-2 und *[DIN 4102-2]*				
Bauaufsichtliche Anforderung an Bauteile	Tragende Bauteile hinsichtlich Raumabschluss		Nichttragende	
	mit	ohne	Innenwände	Außenwände
feuerhemmend	REI30 *[F30]*	R30 *[F30]*	EI30 *[F30]*	E30 (i → o) EI30 (i ← o) *[W30]*
hochfeuerhemmend	REI60 *[F60]*	R60 *[F60]*	EI60 *[F60]*	E60 (i → o) EI60 (i ← o) *[W60]*
feuerbeständig	REI90 *[F90]*	R90 *[F90]*	EI90 *[F90]*	E90 (i → o) EI90 (i ← o) *[W90]*
Feuerwiderstandsfähigkeit 120 min	REI120 *[F120]*	R120 *[F120]*	-	-
Brandwand	REI90-M *[F90]*	-	EI90-M *[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)

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Klassifizierung von Gebäuden und Anforderungen an deren Bauteile[1] nach § 27 ff, MBO 2002

Gebäude-klasse (GK)	Gebäudeart, Höhe[2], Nutzungseinheiten (NE)	Tragende Wände, Stützen, Trennwände[3], Decken		Anstelle von Brand-wänden sind zulässig:	Legende feuerhemmend hochfeuerhemmend feuerbeständig Wand anstelle Brandwand Brandwand
		KG	über KG		
GK 1 a	Freistehende Gebäude h ≤ 7 m ≤ 2 NE, Grundfläche insgesamt ≤ 400 m²	feuer-hemmend	-	Hochfeuerhemmende Wände (F60 / REI60) Gebäudeabschluss-wände, die je von innen nach außen die Feuerwiderstandsfä-higkeit der tragenden und aussteifenden Teile des Gebäudes, mindestens jedoch feuerhemmende Bau-teile, und von außen nach innen die Feuer-widerstandsfähigkeit feuerbeständiger Bauteile haben. Feuerbeständige Wän-de, wenn umbauter Raum des landwirt-schaftlich genutzten Gebäudes/-teils ≤ 2 000 m³	
GK 1 b	Freistehend, land- und forstwirtschaft-lich genutzt	feuer-hemmend	-		
GK 2	Gebäude h ≤ 7 m ≤ 2 NE, Grundfläche insgesamt ≤ 400 m²	feuer-hemmend	feuer-hemmend		
GK 3	Sonstige Gebäude h ≤ 7 m	feuer-beständig	feuer-hemmend		
GK 4	Gebäude h ≤ 13 m je NE ≤ 400 m²	feuer-beständig	hoch-feuer-hemmend	Wände, die auch unter zusätzlicher mechanischer Bean-spruchung hochfeuer-hemmend sind. (F 60 / REI-M 60)	
GK 5	Sonstige Gebäude, einschließlich unterirdische	feuer-beständig	feuer-beständig	-	

1) Auszugsweise, weitere Hinweise siehe Musterbauordnung (Download: 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 feuer-hemmend. 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 Wandbauplatten nicht senkrecht zur Wandebene verlaufen dürfen.

Mindestdicke[a)] von Ziegelwänden[b)] 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 (70)	115 (70)	115 (100)	175 (115)
	Langlochziegel nach DIN 105-100				140 (115)	190 (175)
Tragende, raumabschließende Ziegelwände (Kriterium REI nach DIN EN 13501-2) bei einseitiger Brandbeanspruchung und statischer Ausnutzung von $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}70$ 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 ≥ 1,2		115 (115)		175 (115)	240 (175)
	Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normal- oder Leichtmauermörtel	Lochung A oder B, RDK ≥ 0,8	(115)			(175)
		Lochung A oder B, RDK ≥ 0,9	175			-
		Lochung W, RDK ≥ 0,8	(115)	(175)	(240)	(365)
Tragende, nichtraumabschließende Ziegelwände (Kriterium R nach DIN EN 13501-2) bei mehrseitiger Brandbeanspruchung und statischer Ausnutzung von $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}70$ 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 ≥ 1,2		115 (115)		240 (115)	490 (240)
	Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normal- oder Leichtmauermörtel	Lochung A oder B, RDK ≥ 0,8	(115)			(240)
		Lochung W, RDK ≥ 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 $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}70$ 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 ≥ 1,2		115/990[c)] 175/615 240/365 300/300	115/990[c)] 175/730 240/490 300/365	115/-[d)] 175/990[c)] 240/615 300/490	115/-[d)] 175/-[d)] 240/-[d)] 300/-[d)]
	Hochlochziegel nach DIN 105-100 mit Normal- oder Leichtmauermörtel	Lochung A oder B, RDK ≥ 0,8	115/(490) 175/(240) 240/(175) 300/(175)	115/(615) 175/(240) 240/(175) 300/(175)	115/(730) 175/(365) 240/(240) 300/(200)	115/-[d)] 175/-[d)] 240/(365) 300/(300)
		Lochung W, RDK ≥ 0,8	240/(240) 300/(240) 365/(240)		240/(300) 300/(240) 365/(240)	240/(365) 300/(300) 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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Brandschutztechnische Einstufung von tragenden, raumabschließenden Wänden aus Zulassungsziegeln[1)]					
Mauerwerk aus	Ausnutzungs-faktor α_2	Mindestdicken[2)] in mm			
		feuerhemmend	hochfeuerhemmend	feuerbeständig	Brandwand
wärmedämmenden Ziegeln	≤ 1,0	(240)	(300)	(300)	siehe jeweilige Zulassung
Schallschutz-Füllziegeln	≤ 1,0	175 (175)	200 (175)	200 (175)	
Planziegeln nach DIN V 105-6 Rohdichteklasse ≥ 0,9	≤ 1,0	(115)	(115)	(115)	(240)
	≤ 0,6	175 (115)	175 (115)	175 (115)	240 (175)
wärmedämmenden Planziegeln	≤ 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-klasse	Zulässige Schlankheit h_s/d	Mindestwanddicken[a), b)] 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	≥ 1,4	Bemessung nach DIN EN 1996-1-2/NA	240	2 x 175
	≥ 1,2		300[c)] (175)	2 x 200 (2 x 150)
	≥ 0,9		300[c)] (175)	2 x 240 (2 x 150)[e)]
	≥ 0,8		365[d)] (240)[d)]	2 x 240 (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	≥ 0,8		(240)	(2 x 175)
Planhochlochziegel PHLz nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung	≥ 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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

VERFORMUNG

Folgende Verformungszustände sind zu beachten:

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

Kriechen (viskose Verformung) ε_{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: $\varepsilon_{cr} = \varepsilon_{el} \cdot \varphi_{\infty}$

Schwinden und Quellen $\varepsilon_{f\infty}$
Verkleinerung durch Austrocknen und Vergrößerung durch Feuchtigkeitsaufnahme: $\varepsilon_{f\infty}$

Temperaturverformung ε_T
Ständig wiederkehrende, temperaturbedingte Dehnung der Baustoffe: $\varepsilon_T = \alpha_T \cdot \Delta T$

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 [a)]		Endkriechzahl [b)]		Wärmedehnungskoeffizient		Elastizitätsmodul [c)]	
		$\varepsilon_{f\infty}$		φ_{∞}		α_T		E	
		Rechenwert	Wertebereich [d)]	Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich
		mm/m		-		10^{-6}/K		MN/m²	
Mauerziegel	mit DM/NM	0	-0,1[e)] bis +0,3	1,0	0,5 bis 1,5	6	5 bis 7	$1100 \cdot f_k$	950 bis $1250 \cdot f_k$
	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	$950 \cdot f_k$	800 bis $1250 \cdot f_k$
Porenbetonsteine mit DM		-0,1	-0,2 bis +0,1	0,5	0,2 bis 0,7			$550 \cdot f_k$	500 bis $650 \cdot f_k$
Leichtbetonsteine	mit NM	-0,4	-0,6 bis -0,2	2,0	1,5 bis 2,5	10; 8 [f)]	8 bis 12	$950 \cdot f_k$	800 bis $1100 \cdot f_k$
	mit LM	-0,5	-0,6 bis -0,3						
Betonsteine mit NM		-0,2	-0,3 bis -0,1	1,0	-	10		$2400 \cdot f_k$	2050 bis $2700 \cdot f_k$

a) Verkürzung (Schwinden): Vorzeichen minus; Verlängerung (irreversibles Quellen): Vorzeichen plus
b) Endkriechzahl $\varphi_{\infty} = \varepsilon_{\infty}/\varepsilon_{el}$ mit ε_{∞} als Endkriechmaß und $\varepsilon_{el} = \sigma/E$
c) E = Sekantenmodul aus Gesamtdehnung bei etwa 1/3 der Mauerwerksdruckfestigkeit; f_k = 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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 kleinformatigen 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 Arbeitszeitersparnis 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. Mörtelschlitten 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.

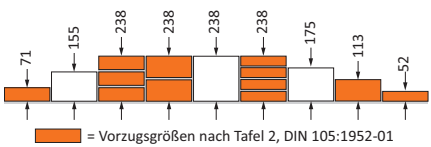


Bild oben: Vorzugsgrößen, nach denen Ziegel in der Regel hergestellt und verwendet wurden; Tafel 2, DIN 105:1952-01

Bild links: Großformatige, porosierte 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

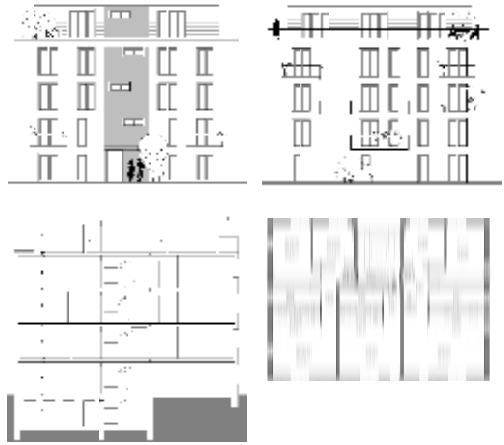
Mit dem Ziel einer noch wirtschaftlicheren Herstellung von Ziegelmauerwerk wurde in den letzten Jahren auch die Fügetechnik weiter optimiert. Seit 2012 ist die Herstellung der Lagerfugen mit PU-Schaum-Verklebung (System dryfix) bauaufsichtlich zugelassen und erlaubt eine mörtelfreie Ausführung von Planziegelmauerwerk 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 Werktrockenmörtelplatten, 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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

2. Herstellkosten und Lebenszykluskosten im Vergleich

Bauen mit Ziegel ist äußerst wirtschaftlich – das gilt auch für den mehrgeschossigen Wohnungsbau. Zur rationellen 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 aus 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.

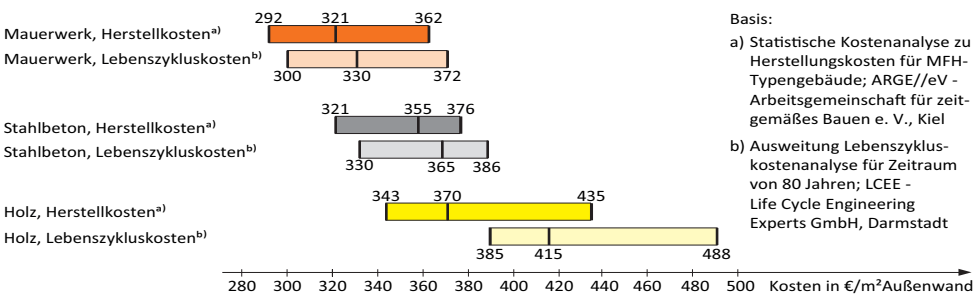
Das Untersuchungsergebnis in der Grafik unten belegt, dass Mauerwerk eine äußerst wirtschaftliche Bauart ist. Bei Mehrfamilienhäusern sind Außenwände aus Mauerwerk ca. 11 % kostengünstiger als Stahlbetonkonstruktionen und mit ca. 15 % Kostenvorteil gegenüber Holzkonstruktionen herzustellen.

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 Aufwändungen dar. Die Grafik unten zeigt die Ergebnisse einer Untersuchung der LCEE GmbH (Life Cycle Engeneering Experts GmbH).

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)



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 widerum 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 Nachhaltigkeitzertifizierung 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*

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 Deklarierung und Veröffentlichung durch das Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU):
→ *www.bau-umwelt.de* sowie → *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, Freisitze, Außenraum, Barrierefreiheit, Stellplätze, Freiflächen, gestalterische und städtebauliche Qualität, Thermischer Komfort	Schallschutz, Energetische Qualität, Effizienz der Haustechnik, Lüftung, Brandschutz, Feuchteschutz, Luftdichtheit, Dauerhaftigkeit, Wartungs-, Rückbau-, Recyclingfreundlichkeit	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 - 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 Geschosswohnungbau. 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/(m²K) 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/m³ eine günstige Speichermasse auf und wirken daher temperaturausgleichend.

Im modernen Geschosswohnungsbau werden häufig die erhöhten Schallschutzanforderungen als Zielgröße vereinbart. In Ziegelbauweise wird das dazu erforderliche bewertete Luftschalldämmaß $R'_w \geq 55$ 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 Geschosswohnungbau bei f_k = 3,0 bis 5,3 N/mm².

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:		λ = 0,07 bis 0,12 W/mK
	U-Werte:	- Wanddicke 300 mm:	U = 0,22 bis 0,33 W/m²K
		- Wanddicke 365 mm:	U = 0,18 bis 0,30 W/m²K
		- Wanddicke 425 mm:	U = 0,16 bis 0,26 W/m²K
		- Wanddicke 490 mm:	U = 0,14 bis 0,23 W/m²K
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 ≥ 300 mm:	bis F 90 und Brandwand (feuerbeständig)
Tragfähigkeit	Mauerwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 1996:		f_k = 3,0 bis 5,3 MN/m²
weitere	formbeständig, diffusionsoffen, feuchteausgleichend, wärmespeichernd, recyclierbar		

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.

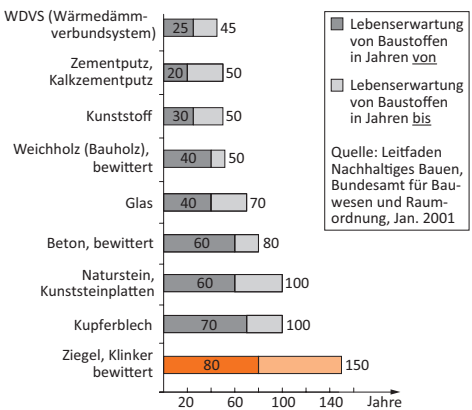
Fassade aus Recyclingziegeln, Kunstmuseum Ravensburg, 2013

Alle derzeitig 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.

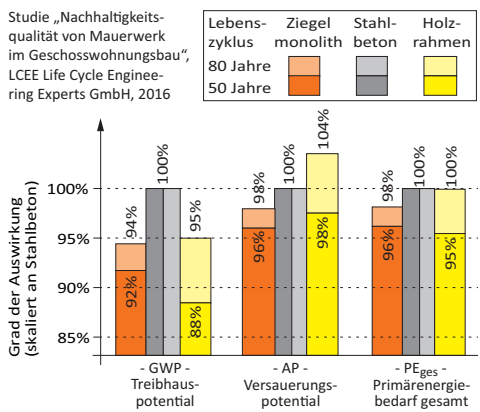
Ziegel tragen zu einem gesunden Raumklima bei, da sie weder Schadstoffe enthalten noch emittieren. Aufgrund der äußerst hohen Lebensdauer (Bild unten links), bei der kaum Wartung erforderlich ist, zeigen sich Ziegelbauten als besonders wertstabil.

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



 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 recyclete 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 Bepflanzungen 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.

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

MAUERWERK

BEMESSUNG VON MAUERWERK

1. Teilsicherheitskonzept

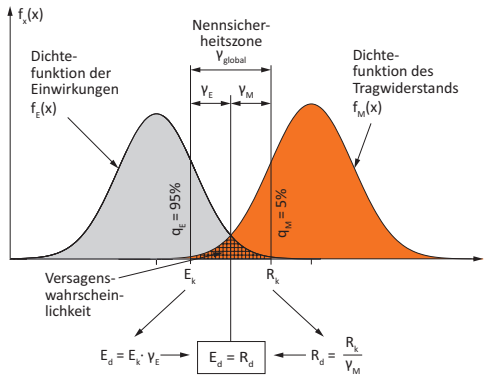
Der Standsicherheitsnachweis für Mauerwerk ist mit Bekanntmachung des Deutschen Instituts für Bautechnik im Verzeichnis der eingeführten bauaufsichtlichen Baubestimmungen *(→ www.dibt.de)* nach DIN EN 1996 zu führen. Diese auch als Eurocode 6 (EC 6) bezeichnete Normenreihe hat das bisherige Normenwerk 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 γ hergestellt wird. Die charakteristischen Einwirkungen E_k werden durch Multiplikation mit Teilsicherheitsfaktoren γ_E rechnerisch in E_d erhöht. Der rechnerische Tragwiderstand R_k der im Labor ermittelten, tatsächlichen Tragfähigkeit des zu bemessenden Bauteils durch einen Teilsicherheitsfaktor γ_M zu einem Bemessungswert R_d reduziert. γ_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

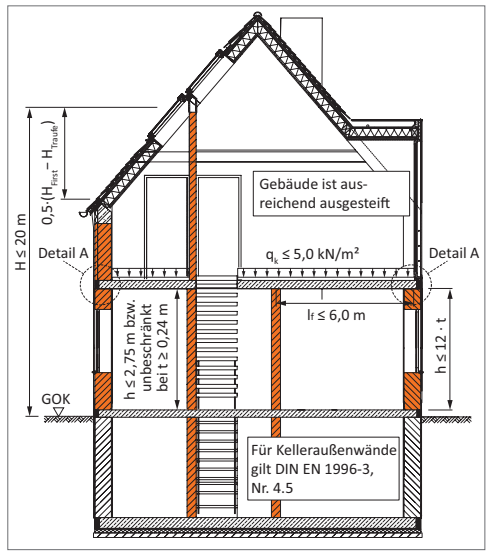
Nachweissituation	Nachweisformat
Bei Wohn- und Bürogebäuden	$N_{Ed} = 1{,}35 \cdot N_{Gk} + 1{,}5 \cdot N_{Qk}$
Bei Hochbauten mit Decken aus Stahlbeton, die mit charakteristischen Nutzlasten einschließlich Trennwandzuschlag von maximal 3 kN/m² belastet sind	$N_{Ed} = 1{,}4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$
Bei 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: N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft N_{Gk} charakteristischer Wert aus ständigen Lasten N_{Qk} charakteristischer Wert aus veränderlichen Lasten	

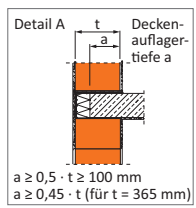
 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

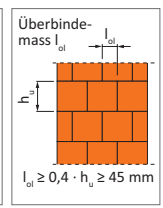
3. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal und durch Wind beanspruchte Wände nach DIN EN 1996-3

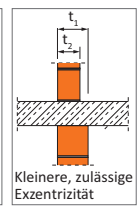
Voraussetzungen für das vereinfachte Verfahren

- Gebäudehöhe über Gelände: H ≤ 20 m; bei geneigten Dächern Mittel aus First-/Traufhöhe
- Stützweite der aufliegenden Decken l_f ≤ 6,0 m, sofern nicht die Biegemomente aus dem Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z. B. Zentrierleisten, begrenzt werden; bei zweiachsig gespannten Decken für l_f die kürzere der beiden Stützweiten einsetzen. Erweiterte Anwendungsgrenzen bei Deckenstützweiten > 6,0 m → *Kapitel "Decken und Massivdächer"*
- Nutzlast (inkl. Trennwandzuschlag): q_k ≤ 5,0 kN/m²
- Das Überbindemaß muss eingehalten werden: l_{ol} ≥ 0,4 · h_u ≥ 45 mm
- Die Mindestdeckenauflagertiefe ist einzuhalten: a ≥ 0,5 · t ≥ 100 mm bzw. a ≥ 0,45 · 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 Geschossdecken 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[a)] und bei Mauerwerksdruckfestigkeit f_k	
			≥ 3,5 N/mm²	≥ 5,0 N/mm²
Innenwand	≥ 115 mm	2,75 m	3,6 m	
	≥ 240 mm	unbeschränkt	unbeschränkt	
Außenwand und zweischalige Haustrennwand	≥ 175 mm	2,75 m	3,0 m	3,3[b)] m
	≥ 240 mm	12 · t	3,6 m	
	≥ 300 mm	12 · t		

a) Anwendungsvoraussetzungen:
— Bei Außenwänden mit charakteristischer Windlast w_k ≤ 1,25 kN/m²;
— Über die Wanddicke t vollaufliegende Stahlbetondecke und Betonfestigkeitsklassen ≥ C20/25;
— Mindestdeckendicke infolge Begrenzung der Deckenschlankheit nach DIN EN 1992-1-1/NA 7.4.2 und Deckendicke ≥ 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 ≥ 4,7 N/mm².

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. $n_{Rd} = \phi_s \cdot f_d \cdot t$
ϕ_s Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Schlankheit und der Lastausmitte f_d Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit A Brutto-Wandquerschnittsfläche

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

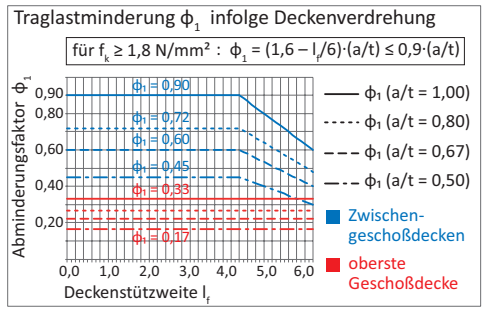
Abminderungsbeiwerte für die Ermittlung des Bemessungswertes nach DIN EN 1996-3/NA

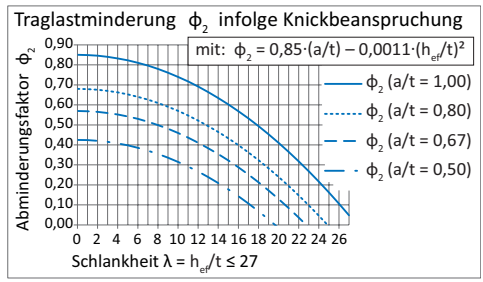
Einfluss	Randbedingung		Abminderungsbeiwerte
Wandart	Wände	$A = t \cdot b \geq 0{,}1$ m²	$f_d = 1{,}0 \cdot f_d$
	Pfeiler	$0{,}04$ m² $\leq A < 0{,}1$ m²	$f_d = 0{,}8 \cdot f_d$ nach DIN EN 1996-3/NA <u>oder</u> $f_d = (0{,}7 + 3 \cdot A) \cdot f_d$ nach DIN EN 1996-1-1; mit A = belastete Bruttoquerschnittsfläche in m²
Knicken[a)]	Knicklänge h_{ef}	Einseitig gehaltene Wand	$h_{ef} = 2 \cdot h \cdot [(1+2 \cdot N_{od}/N_{ud})/3]^{0,5}$ *(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: $\rho_2 = 1{,}00$ für $t > 250$ mm Falls $a \geq 175$ mm bei $t \geq 240$ mm bzw. $a = t$ bei $t < 240$ mm gilt außerdem: $\rho_2 = 0{,}90$ für 175 mm $< t \leq 250$ mm $\rho_2 = 0{,}75$ für $t \leq 175$ mm
		Dreiseitig gehaltene Wand	Falls $b' > 15 \cdot t$ *[→ wie Bild S.84]*: Wand wie zweiseitig gehalten berechnen. $h_{ef} = \rho_2 \cdot h / \{1 + [\rho_2 \cdot h / (3 \cdot b')]^2\} \geq 0{,}3 \cdot h$ *[Info: ρ_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. für $h/b \leq 1$: $h_{ef} = \rho_2 \cdot h / [1+(\rho_2 \cdot h/b)^2] \geq 0{,}3 \cdot h$ für $h/b > 1$: $h_{ef} = 0{,}5 \cdot b$ *[Info: ρ_2 ist den Angaben unter 2-seitig gehaltene Wand zu entnehmen]*
	Schlankheit $\bar{\lambda}$		$\bar{\lambda} = h_{ef}/t \leq 27$
	Abminderungsbeiwert ϕ_2		$\phi_2 = 0{,}85 \cdot (a/t) - 0{,}0011 \cdot (h_{ef}/t)^2$
Deckendrehwinkel [b)]	Abminderungsbeiwert ϕ_1	Zwischengeschossdecken mit Spannweite l_f [d)]	• bei Endauflager auf Innen-/Außenwand [d)]: $f_k \geq 1{,}8$ N/mm²: $\phi_1 = (1{,}6 - l_f/6) \cdot a/t \leq 0{,}9 \cdot a/t$ $f_k < 1{,}8$ N/mm²: $\phi_1 = (1{,}6 - l_f/5) \cdot a/t \leq 0{,}9 \cdot a/t$ • bei vollaufliegender, durchlaufender Decke (Zwischenauflager): $\phi_1 = 0{,}9$
		Oberste Geschoßdecke [c)]	$\phi_1 = 0{,}333 \cdot a/t$

a) Mit: Knicklängenabminderungsfaktor ρ_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 ϕ_1 aufgrund geringer Auflasten, z. B. bei Flachdach, Dachdecken
d) l_f ist die Stützweite der angrenzenden Geschossdecke in m;
bei zweiachsig gespannten Decken mit $0{,}5 \leq l_1/l_2 \leq 2{,}0$ darf für l_f das 0,85-fache der kürzeren Stützweite eingesetzt werden.

Traglastmindernde Einflüsse

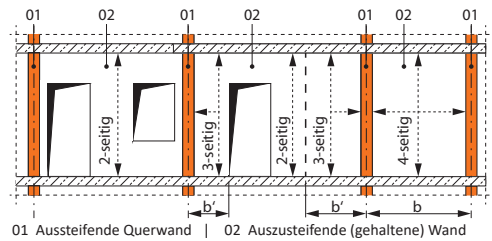
DIN EN 1996-3 ermöglicht eine sehr einfache Bemessung von Mauerwerk. Der Tragwiderstand N_{Rd} der Wand hängt in erster Linie vom Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit $f_d = 0{,}85/1{,}5 \cdot f_k$ und der maximalen Traglastabminderung ϕ_S aus den Einflüssen der Lastausmitte aus Deckenverdrehung (ϕ_1) und des Knickens (ϕ_2) ab.
Die Nomogramme rechts belegen, dass auch das Verhältnis der Deckenauflagertiefe 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 Deckenauflagertiefe 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 einachsig. Ist bei drei- bzw. vierseitig gehaltenen Wänden der Einfluß der seitlichen Halterung bis zu einer Grenzbreite von b' bzw. b gegeben, kann von zweiachsigem 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

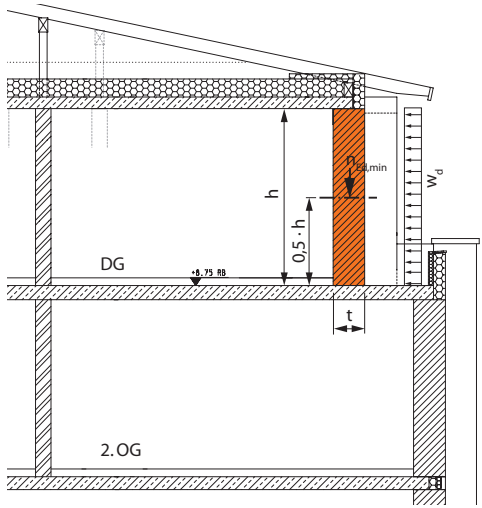
Steindruckfestigkeitsklasse (SFK)	Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f_k in MN/m² für die wichtigsten Ziegel-/Mörtelkombinationen a)						
	Normalmauermörtel				Leichtmauermörtel		Dünnbettmörtel
	NM II	NM IIa	NM III	NM IIIa	LM 21	LM 36	DM
8	3,1 (4,2)	3,9 (4,7)	4,4 (5,3)	4,9 (5,9)	2,5	3,3	Bei Planziegelmauerwerk liegen die Werte für f_k in einem Bereich von etwa 3,0 bis 7,0 MN/m². Konkrete Werte sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen. Zulassungen sind bei den Ziegelherstellern oder dem Deutschen Institut für Bautechnik erhältlich.
10	3,5 (4,8)	4,5 (5,4)	5,0 (6,0)	5,6 (6,8)	2,8		
12	3,9 (5,4)	5,0 (6,0)	5,6 (6,7)	6,3 (7,5)	3,0		
20	5,3 (7,2)	6,7 (8,1)	7,5 (9,1)	8,4 (10,1)			

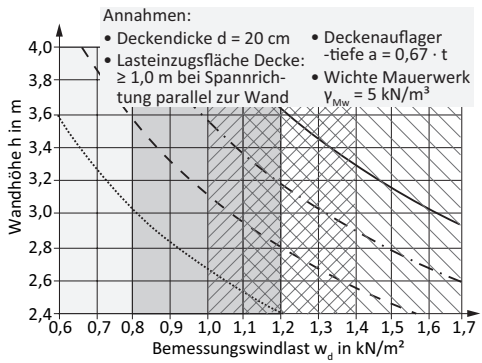
a) Werte für f_k aus DIN EN 1996-3/NA (Jan. 2011); Werte für f_k ohne Klammer stehen für Mauerwerk aus Hochlochziegeln Typ HLzA, HLzB, HLzB-T1 mit Normalmauermörtel (NM); Werte für f_k in Klammer stehen für Mauerwerk aus Vollziegeln mit Normalmauermörtel

Mindestauflast nach DIN EN 1996-3/NA

Nachweisformat	
$n_{Ed,min} \geq \dfrac{3 \cdot w_d \cdot \gamma_Q \cdot h^2}{16 \cdot (a - h/300)}$	
$n_{Ed,min}$	Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung in Wandhöhenmitte im betrachteten Geschoss $n_{Ed,min} = 1{,}0 \cdot n_{Gk,Decke} = 1{,}0 \cdot (n_{Gk} + 0{,}5 \cdot h \cdot t \cdot \gamma_{Mw})$
w_d	Bemessungswindlast je Flächeneinheit → Tab. unten
γ_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.





Wanddicken:
- t = 490 mm
- t = 425 mm
- t = 365 mm
- t = 300 mm

Windzonen:
Wind-zone 1, Wind-zone 2, Wind-zone 3, Wind-zone 4

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

Bemessungswindlast w_d in kN/m² nach DIN EN 1991-1-4/NA [a)]									
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 ≤ 10 m	0,6	0,8	1,0	1,0	1,3	1,1	1,5	1,7
	10 m < H ≤ 18 m	0,8	1,0	1,2	1,1	1,4	1,4	1,7	–

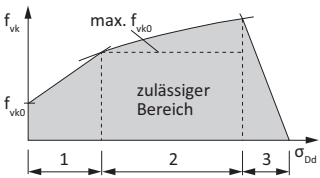
a) $w_d = \gamma_Q \cdot c_{pe,10} \cdot q_k = 1.5 \cdot 0.8 \cdot q_k$ | mit: γ_Q Teilsicherheitsbeiwert; $c_{pe,10}$ Aerodynamischer Beiwert; q_k Geschwindigkeitsdruck nach NA.B3

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



Bereich 1: Reibungsversagen der Lagerfuge
Bereich 2: Steinzugversagen
Bereich 3: Druckversagen des Mauerwerks

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:

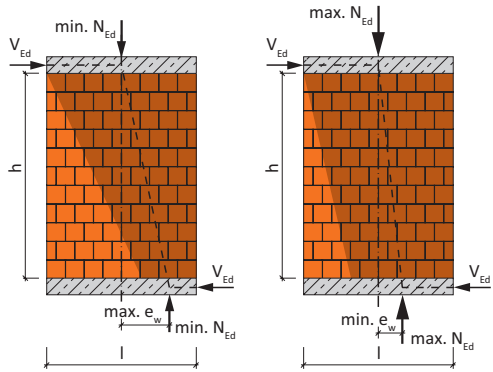
- $V_{Ed} = 1{,}5 \cdot V_{Qk}$

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 Normalkraft 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)
$V_{Rdlt} = l_{cal} \cdot f_{vd} \cdot t/c$
• Rechnerische Wandlänge l_{cal} l_{cal} = Minimum aus: $1{,}125 \cdot l$ bzw. $1{,}333 \cdot l_{c,lin}$ • Überdrückte Wandlänge $l_{c,lin}$ $l_{c,lin} = 1{,}5 \cdot (1 - 2 \cdot e_w/l) \cdot l \leq l$ • Bemessungswert der Schubfestigkeit f_{vd} $f_{vd} = f_{vlt}/\gamma_M$ • Grenzwert der charakteristischen Schubfestigkeit f_{vlt} f_{vlt} = Minimum aus: - Reibungsversagen der Lagerfuge: $f_{vlt1} = f_{vk0} + 0{,}4 \cdot \sigma_{Dd}$ - Steinzugversagen: $f_{vlt2} = 0{,}45 \cdot f_{bt,cal} \cdot (1 + \sigma_{Dd}/f_{bt,cal})^{0,5}$ • Schubspannungsverteilungsfaktor c c = 1,0 für h/l ≤ 1 *[Zwischenwert darf linear* c = 1,5 für h/l ≥ 2 *interpoliert werden.]*
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 γ_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* σ_{Dd} Bemessungswert der zugehörig. Druckspannung an der Stelle der maximalen Schubspannung, bei Rechteckquerschnitten: $\sigma_{Dd} = 1{,}0 \cdot N_{Gk}/(t \cdot l_{c,lin})$

Schubbeanspruchung in Plattenrichtung

Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit V_{Rdlt} (Plattenschub)

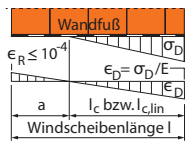
$V_{Rdlt} = t_{cal} \cdot f_{vd} \cdot l/c = t_{cal} \cdot (f_{vk0} + 0{,}6 \cdot \sigma_{Dd})/\gamma_M \cdot l/1{,}5$

mit:

- t_{cal} Rechnerische Wanddicke. Für die Fuge am Wandfuß gilt: t_{cal} = Minimum aus t bzw. $t_{c,lin}$
- $t_{c,lin}$ Überdrückte Dicke der Wand: $t_{c,lin} = 1{,}5 \cdot (1 - 2 \cdot e/t) \cdot t \leq t$
- e Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft
- γ_M Teilsicherheitsbeiwert des Materials, i.d.R. $\gamma_M = 1{,}5$
- f_{vk0} Haftscherfestigkeit (ohne Auflast) → *Tabelle unten*
- σ_{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 Gebrauchstauglichkeit die Randdehnung nachzuweisen.



Kantenpressung σ_D und zul. Randdehnung ϵ_R

Nachweisformat

$\varepsilon_R = \varepsilon_R \cdot (a/l_c) = \sigma_D/E \cdot (l/l_{c,lin} - 1) \leq 10^{-4}$

mit:

- σ_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 Beansprung 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:

- ϕ_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

$N_{Rd,\ halbe\ Wandhöhe} = \phi_x \cdot \phi_{y,\ halbe\ Wandhöhe} \cdot f_d \cdot A$

mit:

- ϕ_x Abminderungsbeiwert auf halber Wandhöhe zur Berücksichtigung der Biegung um die schwache Achse: $\phi_x = 0{,}85 \cdot (a/t) - 0{,}0011 \cdot (h_{ef}/t)^2$
- ϕ_y Abminderungsbeiwert auf halber Wandhöhe zur Berücksichtigung der Biegung um die starke Achse: $\phi_y = 1 - 2 \cdot e_w/l$

Materialkennwerte für die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit

Haftscherfestigkeiten f_{vk0} nach DIN EN 1996-1-1/NA

Mörtelart [a]	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/m²	0,08 [b]	0,18 [b]	0,22 [b]	0,26 [b]

a) Mauermörtel 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/mm² für Mauerziegel

Druckfestigkeitsklasse (SFK)	4	6	8	10	12	16	20	28	36	48	60
Mindestwert der umgerechneten mittleren Steindruckfestigkeit f_{st} [N/mm²]	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0	35,0	45,0	60,0	75,0

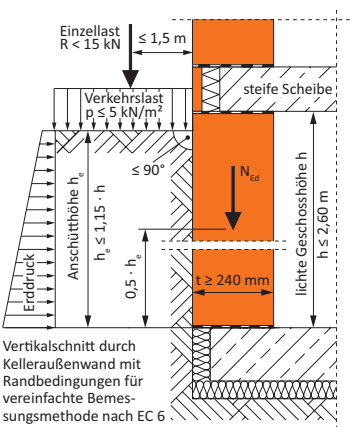
5. Vereinfachte Berechnungsmethode für horizontal durch Erddruck beanspruchte Kellerwände

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

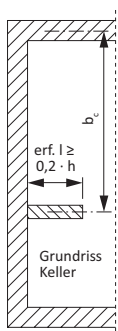
- die Mindestauflast aus ständigen Lasten die Biegebeanspruchung aus Erddruck überdrückt und
- die maximale Auflast (ständige + veränderliche Lasten) nicht zum Druckversagen im Mauerwerk führt.

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	$t \geq 240$ mm
lichte Höhe h (Kelleraußenwand)	$h \leq 2{,}60$ m
Kellergeschoßdecke	wirkt als steife Scheibe
Verkehrslast p_k auf Geländeniveau und zusätzliche Einzellast R_k im Abstand ≤ 1,5 m zur Wand	$p_k \leq 5$ kN/m² $R_k \leq 15$ kN *(Charakteristische Werte!)*
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 - Reibungsbeiwert der Lagerfugen: $\mu = 0{,}6$
Hinweis: zugrunde gelegter Erddruckbeiwert: $e_{ah} \leq 1/3$	



Vertikalschnitt durch Kelleraußenwand mit Randbedingungen für vereinfachte Bemessungsmethode nach EC 6



Achsabstand b_c und erforderliche Länge l einer Aussteifungswand im Kellergeschoss

Nachweisformat		
Maximale Auflast:	$N_{Ed,max} \leq$	$\dfrac{t \cdot b \cdot f_d}{3}$
Mindestauflast:	$N_{Ed,min} \geq$	$\dfrac{b \cdot \rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{\beta \cdot t}$

mit:	$N_{Ed,max}$	Bemessungswert der größten vertikalen Belastung in halber Anschütthöhe
	$N_{Ed,min}$	Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung in halber Anschütthöhe
	t	Wanddicke
	b	Wandbreite
	h	lichte Höhe der Kellerwand
	h_e	Höhe der Anschüttung
	ρ_e	Wichte der Anschüttung
	f_d	Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit $f_d = 0{,}85 \cdot f_k/\gamma_M$
	β	Beiwert zur Abminderung der Mindestauflast bei Aussteifung durch Querwand
		$\beta = 20$ für $b_c \geq 2 \cdot h$
		$\beta = 60 - 20 \cdot b_c/h$ für $h < b_c < 2 \cdot h$
		$\beta = 40$ für $b_c \leq h$
	b_c	Achsabstand von Aussteifungswänden

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.

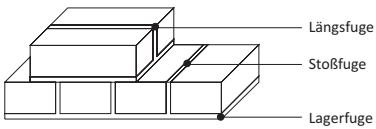
 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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.

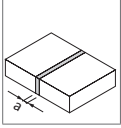
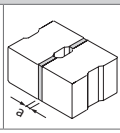
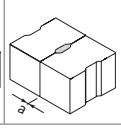
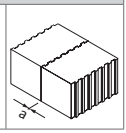


Lagerfugen sind bei der Vermauerung stets vollflächig herzustellen. Die Dicke der Lagerfuge richtet sich nach dem verarbeiteten Steinformat. Bei großformatigen Hochlochziegeln sind Lagerfugen in der Regel 12 mm, bei Planziegeln nur 1 bis 3 mm dick. Weitere Hinweise siehe Schichtmaße (Kapitel Maßordnung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

Längsfugen sind satt zu verfüllen.

Fugen bei Gewölben sind so knapp wie möglich zu halten. Am Gewölberücken müssen sie ≤ 20 mm sein.

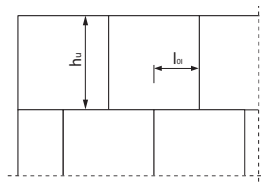
Stoßfugen können mit oder ohne Vermörtelung ausgeführt werden. Mit Vermörtelung sind Stoßfugen in der Regel 10 mm dick. Eine Vermauerung mit Ziegeln ohne Stoßfugenvermörtelung ist nur mit dafür geeigneten Ziegeln zulässig. Die Ziegel sind knirsch zu verlegen bzw. bei Nut- und Federsystem ineinander verzahnt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

Stoßfuge vermörtelt a = 10 mm		Stoßfuge unvermörtelt a ≤ 5 mm	
			

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

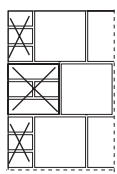
Um die Flächentragwirkung des Mauerwerks sicherzustellen, muss im Verband gemauert werden, d.h. Stoß- und Längsfugen übereinander liegender Schichten sind in einem Mindestversatz, dem sogenannten Überbindemaß, auszuführen. Das Überbindemaß ist auch in Richtung der Wanddicke und sinngemäß bei Pfeilern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

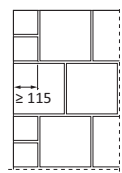
Überbindemaß l_{ol} in Abhängigkeit der Ziegelhöhe h_u
$l_{ol} \geq 0{,}4 \cdot h_u \geq 45$ mm *(Der größere Wert ist maßgebend!)*



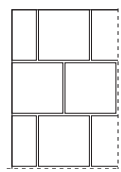
Ziegelhöhe h_u	Überbindemaß l_{ol}
71 mm	45 mm
113 mm	45 mm
238 mm	95 mm
249 mm	100 mm

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 ≥ 115 mm lang ist und Ziegel sowie Mörtel mindestens gleiche Festigkeit wie das Mauerwerk haben.

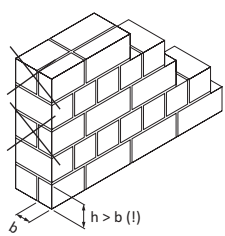

unzulässig



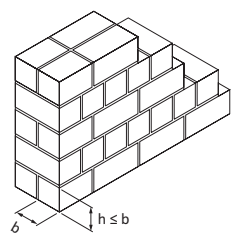
zulässig


zulässig

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



unzulässig



zulässig

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:

Steinbreite	11,5 cm
Stoßfugendicke	+ 1,0 cm
"Kopf"	= 12,5 cm

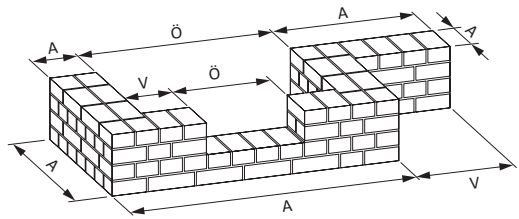
Ein Meter sind also 8 am:
12,5 · 8 am = 1,00 m.

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:

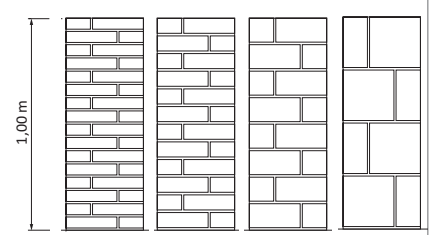
Außenmaß A bzw. Pfeilermaß	Öffnungsmaß Ö bzw. Innenmaß	Vorsprungsmaß V bzw. Anbau- oder Vorlagemaß
A = x · 12,5 - 1	Ö = x · 12,5 + 1	V = x · 12,5



Schichtmaße
Die Höhe einer Mauerschicht ergibt sich aus der Ziegelhöhe 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[a] 249 mm[b]
Dicke der Lagerfuge	10,5 mm	12,3 mm	12 mm	12 mm[a] 1 mm[b]
Schichtmaß	62,5 mm	83,3 mm	125 mm	250 mm
Anzahl der Schichten	16	12	8	4



a) bei Blockziegeln | b) bei Planziegeln

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

4. Formate

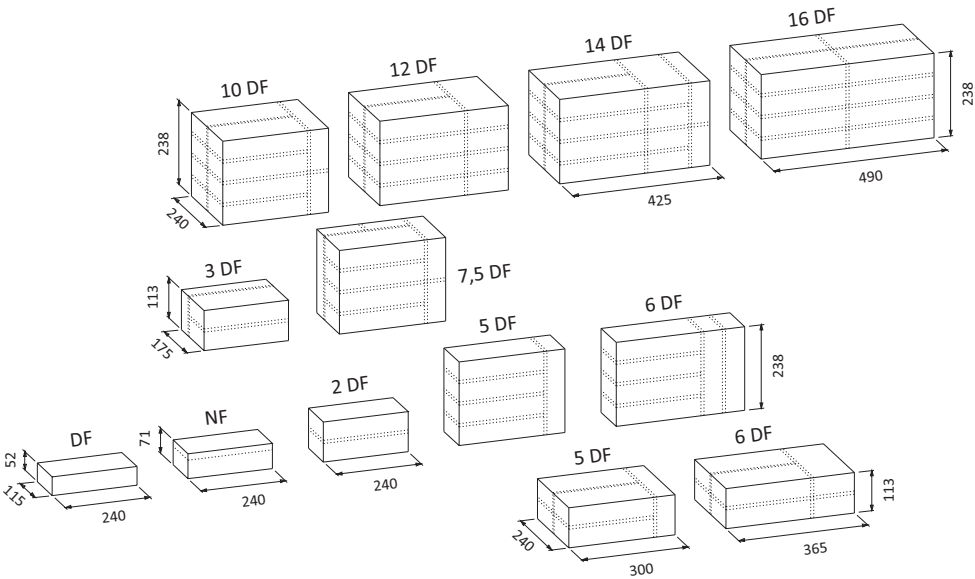
Mit Ausnahme des Normalformates (Kurzzeichen NF) sind die verschiedenen Größen der Ziegel von einem Grundmodul abgeleitet, dem Dünnformat (DF). Größere Formate kann man sich aus diesem Kleinformat zusammengesetzt vorstellen. Die Abmessungen ergeben sich dann aus dem Aneinanderfügen von Ziegeln im Format 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 ≥ 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 [1)]	240	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	300	365	240	300	365
	h	52	71	113	113	113	113	113	238	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.

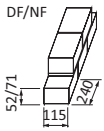
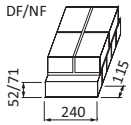
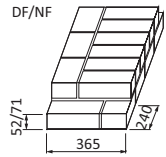
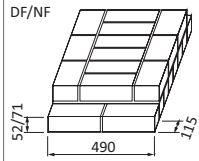
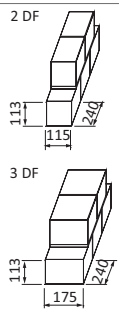
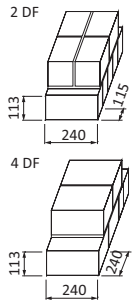
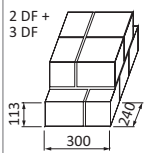
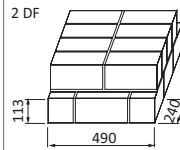
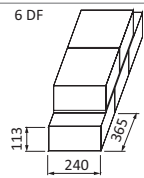
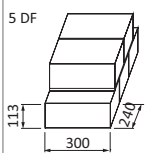
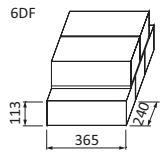
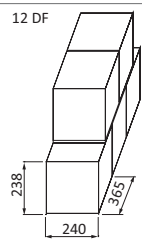
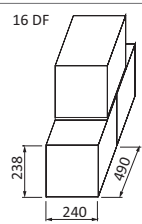
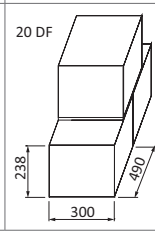
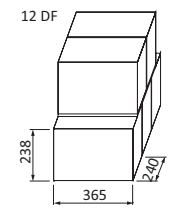
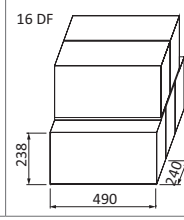


Weitere Ziegelformate

Bezeichnung		Hamburger HF	Oldenburger OF	Waalformat WF	Reichsformat RF alt (neu)	Kloster-format KF	Deutsch 8 Zoll	Deutsch Römer
Maße in mm	l	220	220	210	250 (240)	280	195	240
	b	105	105	100	120 (115)	135	92	115
	h	65	52	50	65 (65)	80	50	40

5. Mauerwerksverbände

Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Mauerziegelformate

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

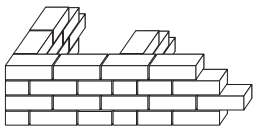
Mauerwerksverbände aus kleinformatigen Ziegeln

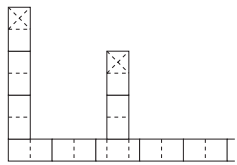
Die Anwendung kleinformatiger Ziegel in Mauerwerk bzw. Sichtmauerwerk von einschaligen Außenwänden beheizter Gebäude ist heutzutage nicht mehr möglich. Stattdessen werden für solche Wände großformatige, wärmedämmende Hochlochziegel verwendet. Sie ermöglichen eine rationellere Erstellung des Mauerwerks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

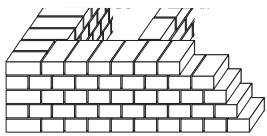
Dicke des Mauerwerks: $^1/_2$ Stein

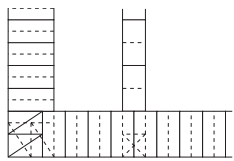




Binderverband
Alle Schichten bestehen aus Bindern. Versatz: $^1/_2$ Stein

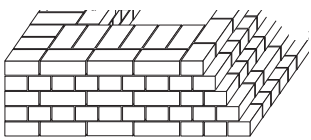
Dicke des Mauerwerks: 1 Stein

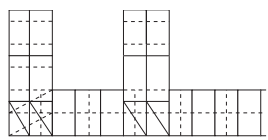




Blockverband
Binder und Läuferschichten wechseln regelmäßig, die Überbindung beträgt $^1/_4$ Stein bzw. ≥ 4,5 cm.

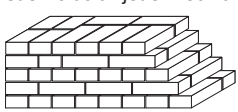
Dicke des Mauerwerks: 1 Stein oder $1^1/_2$ Steine

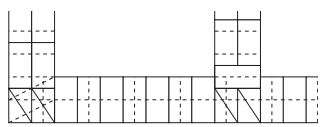




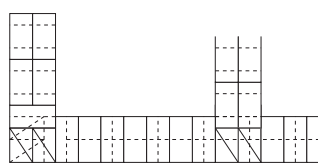
Kreuzverband
Beim Kreuzverband wechseln sich Binder- und Läuferschichten ebenfalls ab. Im Gegensatz zum Blockverband sind jedoch auch die Läuferschichten zueinander versetzt. Somit sind die Stoßfugen der Binderschichten übereinander angeordnet, während die Stoßfugen der Läuferschichten um eine halbe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

Dicke des Mauerwerks: 1 Stein oder $1^1/_2$ Stein





1. und 2. Schicht

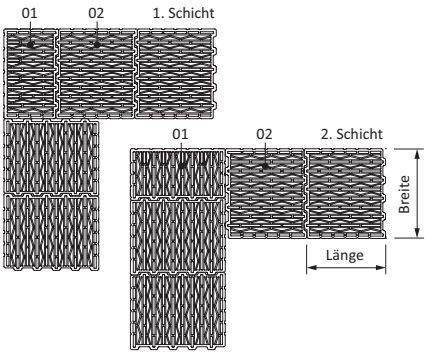


3. und 4. Schicht

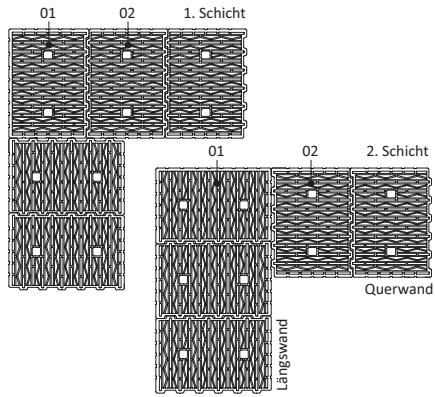
 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Mauerwerksverbände aus großformatigen Ziegeln[1)]

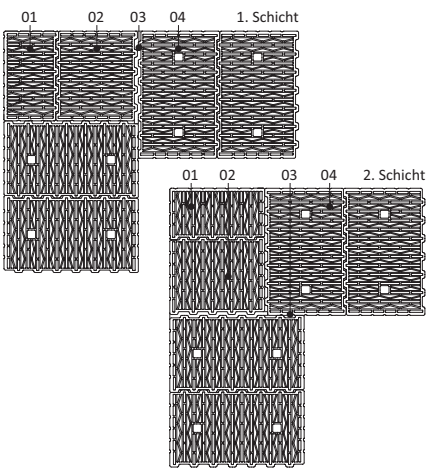
WANDDICKE 300 in mm	Länge	Breite	Höhe
01 Eckziegel außenseitig glatt[2)]	173	300	249
02 Außenwandziegel	248	300	249

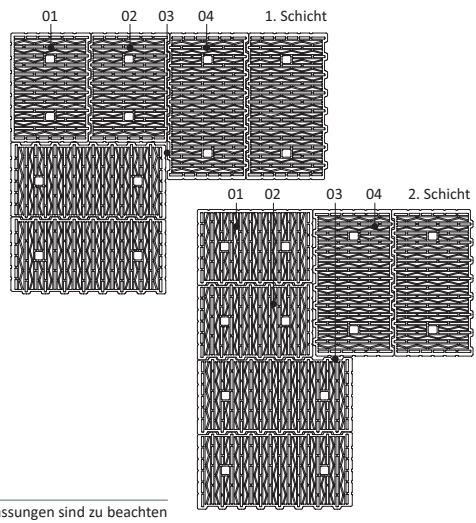


WANDDICKE 365 in mm	Länge	Breite	Höhe
01 Eckziegel außenseitig glatt[2)]	248	365	249
02 Außenwandziegel	248	365	249



WANDDICKE 425 in mm	Länge	Breite	Höhe
01 Eckziegel außenseitig glatt[2)]	173	300	249
02 Außenwandziegel	248	300	249
03 Stoßfuge vermörtelt, LM21[3)]	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 ≤ 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 [d)]		Volumenbezogener Bedarf [d)]	
		Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Ziegel [Stück/m²]	Mörtel [l/m²]	Ziegel [Stück/m³]	Mörtel [l/m³]
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 [a) b)]	6 DF	372	115	238	11	10	96	90
175	3 DF	240	175	113	32	35	183	200
175 [a) b)]	7,5 DF	307	175	238	13	16	74	91
115 [a) b) c)]	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 [a) b)]	10 DF	307	240	238	13	20	54	80
240 [a) b)]	12 DF	372	240	238	11	20	44	80
240 [a) b) c)]	12 DF	372	240	238	11	125	45	520
240 [a) b))]	16 DF	497	240	238	8	20	32	80
300	5 DF	240	300	113	32	60	107	190
300 [a) b)]	10 DF	247	300	238	16	25	53	80
365	6 DF	240	365	113	32	70	88	190
365 [a)]	6 DF	247	365	113	32	55	88	145
365 [a) b)]	12 DF	247	365	238	16	33	44	80
425 [a) b)]	14 DF	247	425	238	16	38	38	80
490 [a) b)]	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 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 N/mm² (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.

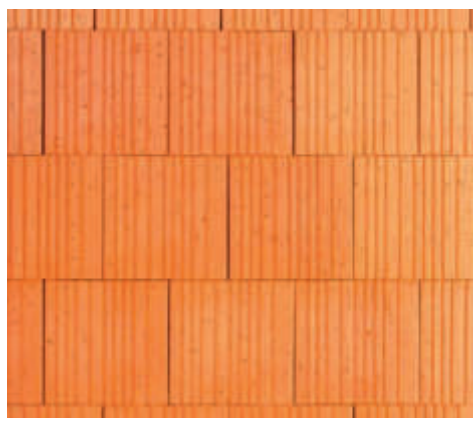
Aus diesem Grund ist die Ziegelindustrie schon vor Jahrzehnten dazu übergegangen, Ziegel nach dem Trocknen und Brennen in den Lagerflächen planeben zu schleifen.

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 N/mm²) 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)

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Planziegelmauerwerk wird im Dünnbettverfahren verarbeitet. Der volldeckelnde Mörtelauftrag in der Lagerfuge erfolgt über ein Auftragsgerät (Mörtelwalze) mit oder ohne Gewebeeinlage (z.B. Glasfilamentgewebe). 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 Wärmedämmung 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 gefordete 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.

Empfohlene Verarbeitung

Die Verarbeitung kann im wesentlichen in zwei Arbeitsschritte unterteilt werden:

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

Werkzeug für die Verarbeitung von Planziegeln

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

- Mörteleimer, 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")

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 waagerecht 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 waagerechte 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 waagerechten Lage des Mörtelbettes

4. Lagegerechtes Setzen der ersten Lage Planziegel an gespannter Richtschnur

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 Werktrockenmörtel (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 aufgerührte 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 ≤ 5 mm) im frischen Dünnbettmörtel versetzt.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Herstellung von Mauerwerk aus Planziegeln mit Mörtelpads

Mörtelpads bestehen aus Werktrockenmörtel, 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 N/mm² auf, sind wärmedämmend (Wärmeleitfähigkeit λ = 0,208 W/mK). Bei Verarbeitung sollen Luft- bzw. Oberflächentemperatur zwischen +5 °C und +30 °C liegen.

1. Die Lagerflächen der staubfreien Planziegel sind vor dem Auflegen der Mörtelpads zu befeuchten.
   Unmittelbar vor der Vermauerung werden die Mörtelpads der Herstellerverpackung 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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 feuchtigkeitshärtendem Einkomponenten-Schaumkleber auf PU-Basis verklebt. Das System ist für Verarbeitungstemperaturen von -5 °C bis +35 °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 °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 °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 ≥ 15 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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 vorgenäßt 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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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
- Terminsicherheit 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 verhoben werden. Montagearbeiten sind auch im hohen Alter ausführbar

Mauertafeln

stellen den weitaus größten Teil der vorgefertigten Wandelemente dar. Die Herstellung erfolgt in stehender Fertigung als Einsteinmauerwerk 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*

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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Herstellung

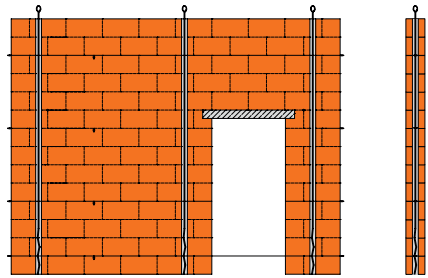
Die Vorfertigung der Elemente erfolgt in teil- oder vollautomatisierten Anlagen. In der Regel werden Wandlängen von bis zu ca. 7 m hergestellt. Anlagentechnisch sind Längen bis 12 m und Wandhöhen bis 4 m möglich.

Aktuell werden in den Werken hauptsächlich folgende Fügetechniken angewandt:

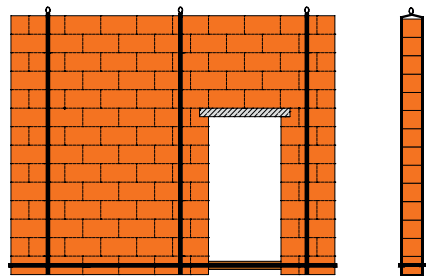
- Vorgefertigtes Mauerwerk mit gemörtelter Lagerfuge
- Vorgefertigtes Mauerwerk im Klebeverfahren

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 Innenladertransportern. Die Wandelemente werden dabei stehend in speziellen Transportpaletten vor Ort entladen.

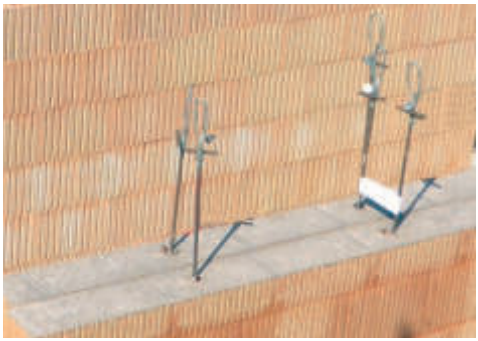
Das Montageteam besteht in der Regel aus 2-3 Personen und einem Kranführer. Tragkraft und Standort des Krans sind entsprechend den Wandgewichten und -positionen zu planen. Zu beachten sind die Allgemeine Montageanleitung des Güteschutz Ziegelmontagebau und die Angaben der Hersteller.

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 Unterlegeplatten und Anlegemörtel. Danach werden Montagestützen befestigt und die Bauteilfuge mit Montagekleber verschlossen

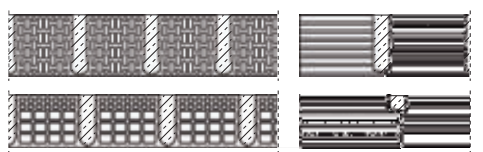
Überwachung und Zertifizierung

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.

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 Kugelkopfanker 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)

Übereinstimmungszeichen

ZMB-QS-Label

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

9. Schlitze und Aussparungen

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

- Schlitze 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 Schlitze und Aussparungen sind auch dann ohne Nachweis zulässig, wenn die Querschnittschwächung, 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 Schlitze und Aussparungen sind bei der Bemessung des Mauerwerks zu berücksichtigen.
- Schlitze und Aussparungen sollten möglichst großen Abstand zu hoch belasteten Mauerwerksbereichen, wie z.B. Auflagerbereiche, unter Stürzen aufweisen.
- Das Schlitzen schmaler Pfeiler ist zu vermeiden.
- Schlitze sind mit geeignetem Werkzeug wie z.B. Fräsen herzustellen.

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

Daneben liefert die Broschüre „Schlitze und Aussparungen“ der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerksbau e. V. weitere wichtige Hinweise (→ *www.dgfm.de*)

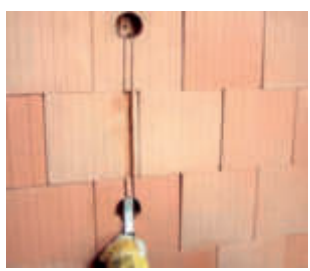
Herstellung von Aussparung und Schlitz für eine Elektroinstallation in Ziegelmauerwerk

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

Ziegelreste und Bohrmehl entfernen.

Schlitzen der Ziegel mit der Schlitzfräse.

Spezial-Schlitzfräse mit zwei Diamanttrennscheiben und verstellbarer Schnittbreite und -tiefe.



Vorgesägte Schlitze mit Hammer und Meißel vorsichtig frei schlagen.

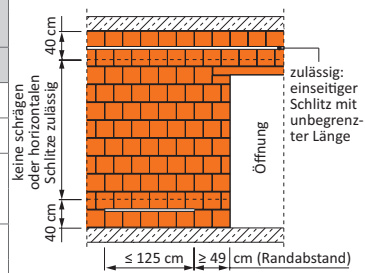
Einlegen der Elektroinstallation in die Schlitze.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Ohne Nachweis zulässige Schlitze und Aussparungen in tragendem Mauerwerk

Horizontale und schräge Schlitze [1] in mm, nachträglich hergestellt nach DIN EN 1996-1-1, Tab. NA.20

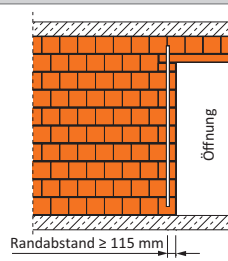
Wanddicke d	Schlitzlänge	
	unbeschränkt	≤ 1,25 m [2]
	Schlitztiefe [3]	Schlitztiefe
115 ≤ d < 149	- [4]	- [4]
150 ≤ d < 174		0 [3] [4]
175 ≤ d < 199	0	≤ 25
240 ≤ d < 300	≤ 15	
300 ≤ d < 365	≤ 20	≤ 30
365 ≤ d		



1) Nur zulässig im Bereich ≤ 0,4 m ober- oder unterhalb der Rohdecke sowie jeweils an einer Wandseite. Nicht zulässig bei Langlochziegeln!
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 Schlitze 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 Schlitze und Aussparungen in mm, nachträglich hergestellt nach DIN EN 1996-1-1, Tab.NA.19

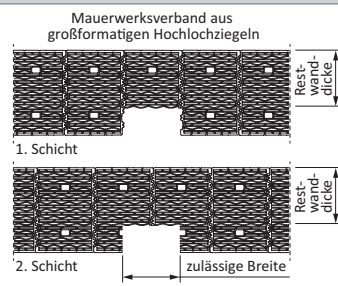
Wanddicke d	Schlitztiefe[1]	Einzelschlitzbreite[2]	Abstand von Öffnungen
115 ≤ d < 149	≤ 10	≤ 100	≥ 115
150 ≤ d < 174	≤ 20		
175 ≤ d < 199	≤ 30		
240 ≤ d < 300		≤ 150	
300 ≤ d < 365		≤ 200	
365 ≤ d			



1) Schlitze, 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 Schlitzen darf je 2 m Wandlänge die Maße der zul. Schlitzbreiten vertikaler Schlitze im gemauerten Verband (siehe Tabelle unten) nicht überschreiten. Bei Wandlängen < 2 m sind diese Werte proportional zur Wandlänge zu verringern.

Vertikale Schlitze und Aussparungen in gemauertem Verband in mm nach DIN EN 1996-1-1, Tab.NA.19

Wanddicke d	Zulässige Breite [1]	Restwand-dicke	Mindestabstand von Öffnungen	Mindestabstand untereinander
115 ≤ d < 149	-	-	≥ zweifache Schlitzbreite bzw. ≥ 240	≥ Schlitzbreite
150 ≤ d < 174				
175 ≤ d < 199	≤ 260	≥ 115		
240 ≤ d < 300	≤ 385			
300 ≤ d < 365		≥ 175		
365 ≤ d		≥ 240		



1) Zulässige Gesamtbreite von Schlitzen 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

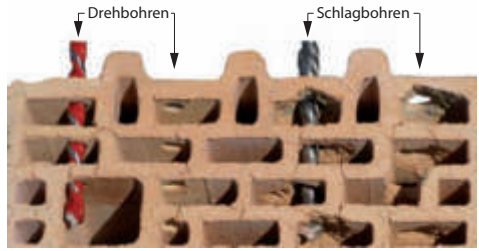
dient der nachträglichen Befestigung mit Verankerung und Kraftübertrag durch Dübelsysteme. Unter dem Hintergrund von Sicherheitsanforderung, Beanspruchung, Untergrundbeschaffenheit und Bauteilgeometrie ist dabei immer am tatsächlichen Objekt zu entscheiden, wie die jeweilige Befestigung auszuführen ist.

Falls die Tragfähigkeit des Untergrundes unbekannt ist, müssen vor allem bei bauaufsichtlich relevanten Befestigungen immer am Objekt durchgeführte Probebelastungen, 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

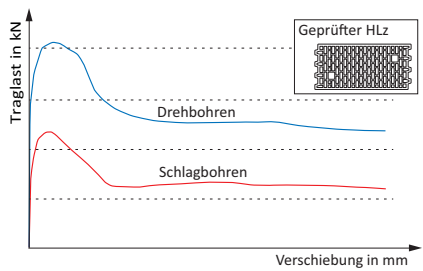
Lochsteine sollten ausschließlich im Drehgang mit einem geeigneten, scharf angeschliffenen Hartmetallbohrer gebohrt werden. Im Gegensatz zum Schlag- oder Hammerbohren wird das Bohrloch dabei ohne jegliche Schlagwirkung erstellt.



Quelle: Multichamp von Bohrdiam

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.

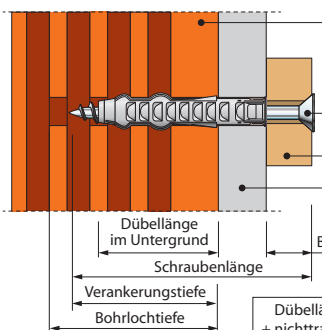
Kriterien der Dübelauswahl

- 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

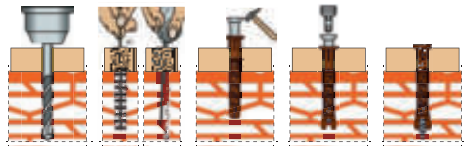
Während des Befestigungsvorgangs werden dem Spreizelement, z. B. Kunststoffdübel, durch Eindrehen der Schraube die Zungen im Spreizbereich des Dübels gegen die Bohrlochwand gepresst und sichern so die Kraftübertragung durch Reibung und Formschluss.



Dübellänge im Untergrund
+ nichttragende Schicht
+ Befestigungshöhe
+ Schraubendurchmesser
= Schraubenlänge

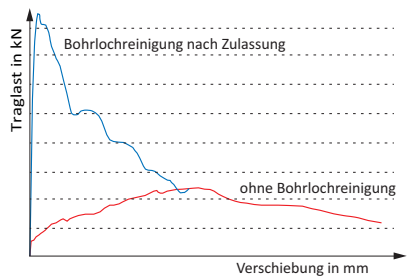
Ermittlung der erforderlichen Schraubenlänge für die Befestigung eines Anbauteils

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:



Bohrloch im Drehgang erstellen | *Bohrloch reinigen* | *Dübel und Schraube setzen* | *Schraube eindrehen* | *Schraube bündig eindrehen*

Eine unzureichende Bohrlochreinigung kann zu starken Lastabminderungen führen - besonders bei Vollsteinen:



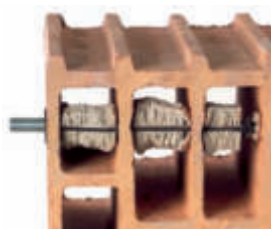
Einfluss der Bohrlochreinigung auf die Tragfähigkeit eines Injektionsdübels in einem Vollziegel nach [11]

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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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.

- Küenzlen, 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

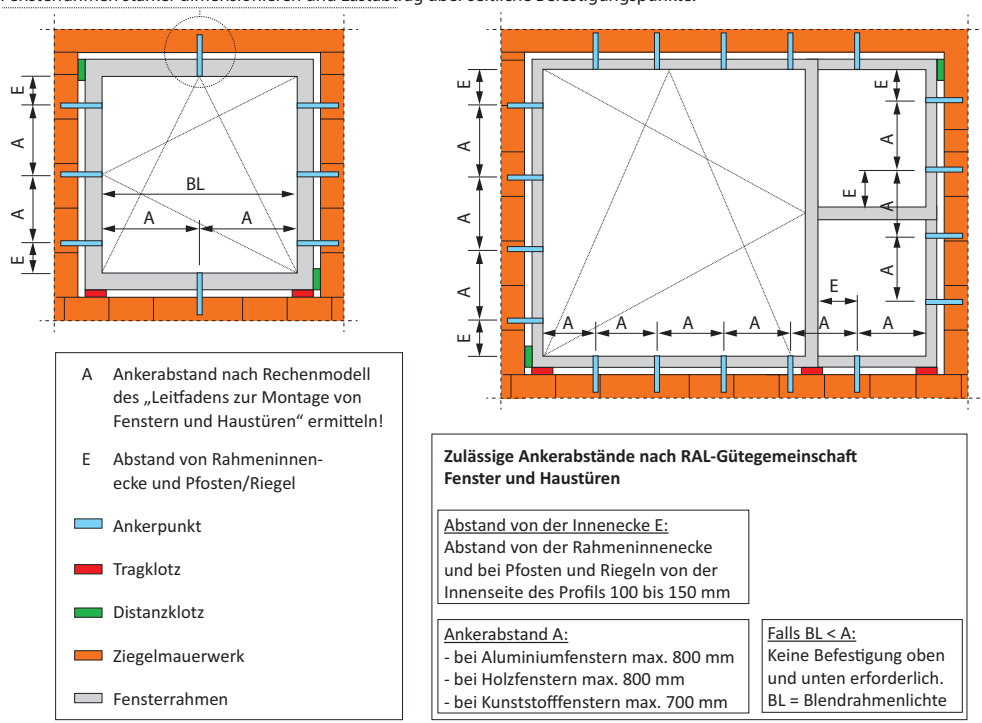
- Die Befestigung muss alle planmäßig auf die Fenster oder die Tür wirkenden Kräfte sicher in das Tragwerk ableiten.
- Es dürfen keine Kräfte aus dem Bauwerk in Fenster oder Türen eingeleitet werden.
- Die Fensterbefestigung erfolgt unter Inbezugnahme der materialspezifischen Kennwerte der Rahmen- und 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, Rollladen), 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.

Umfang der statischen Durchbildung und ggf. Nachweisführung bei der Befestigung von Fenstern und Außentüren[1] [13]

Standardfall	Sonderfall 1	Sonderfall 2
• Tragfähiges Mauerwerk[2] • Montage in der Leibung mit umlaufender Befestigung • Fenster/Außentür: - maximal 2 Flügel - Flügelfläche ≤ 2,2 m² - Flügelformat b/h ≤ 1 - Glasgewicht Flügel ≤ 35 kg/m² • geforderte Windwiderstandsklasse ≤ B3 / B4 (2-flügelig / 1-flügelig) • keine besonderen Anforderungen	• Mauerwerk mit geringer Tragfähigkeit[2] • Montage außerhalb der Mauerleibung (Vorwandmontage mit Konsolen, Winkeln, oder Zargen) • Übergrößen (abweichend vom Standardfall) • Berücksichtigung vertikaler Nutzlasten (Klassen 1 bis 4 nach EN 13115) • keine besonderen Anforderungen	• Berücksichtigung besonderer Anforderungen: - absturzsichernde Ausführung von Elementen, - Einbau einbruchhemmender Elemente, - Montage von Brandschutzelementen • Fenstereinbau im Hochhausbereich
→ **Einhaltung der bekannten allgemeingültigen Regeln der Technik**	→ **Liegen keine Erfahrungen vor, ist eine statische Bemessung zu empfehlen**	→ **Statischer Nachweis** → **Prüfnachweis** → **Verwendbarkeitsnachweis**
→ Werkstatt- und Montageplanung durch den Montageverantwortlichen		→ Statiker → Prüfstelle → Zulassungsstelle

1) Elementweise Lastabtragung mindestens an zwei gegenüberliegenden Seiten.
2) Bezüglich der Befestigung.

Rollladenkasten 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 vergangen 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 Ziegelrohdichten 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 Zweischeibenverglasung folgte Dreischeibenverglasung. 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 notwenig, 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 Vorbaurollladen) 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 Dübelsystemen 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, mittiger Fensteranschluß bei ganzem Ziegel mit keramisch verstärktem Kern in der ersten Schicht.

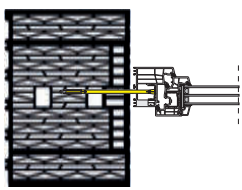
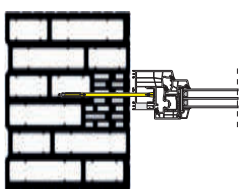
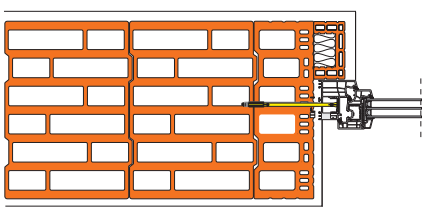


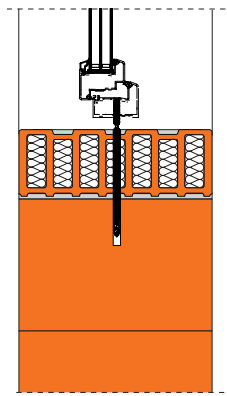
Bild unten: Fensteranschluß mit Halbstein in der zweiten Schicht und mit optionaler Anschlagschale außenseitig.





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.



<u>Bilder oben:</u> Rollschicht aus Anfängerziegeln auf Brüstungsoberkante als optimaler Befestigungsgrund zur Fenstermontage;

<u>Bilder unten:</u> Verankerung über Förch V-Lochschiene, die in eine Bohrung in der Brüstung eingeschlagen wird. Übliche Rahmenschrauben werden mit der V-Lochschiene von oben verschraubt.

Förch V-Lochschiene

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 Widerstandsklasse 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 Steinduckfestigkeitsklasse ≥ 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 Wiederstandsklassen 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/m²K.

Kriterien für die Auswahl der Widerstandsklasse (Tätertyp, Täterverhalten, Einsatzort, Risiko und Einsatzempfehlung) – Auszug aus Tab. NA.6, E DIN EN 1627 (Mai 2019)

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: geringes Risiko | durchschnittliches Risiko | 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: https://www.polizei-beratung.de/themen-und-tipps/einbruch/einbruchhemmende-produkte/

Als Erkenntnis aus den Untersuchungen lassen sich folgende Punkte festhalten:

- Wärmedämmziegel der Wanddicke ≥ 365 mm sind mit Druckfestigkeitsklasse ≥ 6 und Rohdichteklasse ≥ 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 Tpy II an den Außenseite der Wand und der Laibungen erhöht ebenfalls den Widerstand.
- Eine Gewebeinlage 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 [e)]
RC 1 N RC 2 N RC 2	≥ 115	≥ 12	-	MG II / DM
	≥ 240 [b), f)]	≥ 6 [b), f)]	≥ 0,8 [b), f)]	MG II / DM sowie Außenputz [d)]
	≥ 360 [b)]	≥ 6 [b)]	≥ 0,50 [b)]	MG II / DM sowie Außenputz [c)]
RC 3	≥ 115	≥ 12	-	MG II / DM
	≥ 240 [b), f)]	≥ 6 [b), f)]	≥ 0,8 [b), f)]	MG II / DM sowie Außenputz[d)] und geeignete Brüstungsausbildung [g)]
	≥ 360 [b)]	≥ 6 [b)]	≥ 0,50 [b)]	
RC 4	≥ 240	≥ 12	-	MG II / DM
RC 5	≥ 240	≥ 20	≥ 1,8	DM
RC 6	≥ 240 [a)]			

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 Leibung bis zum Blendrahmen des Fensters aufzubringen.
f) Anwendbar nur auf Plan-Hochlochziegel mit Lochung B nach DIN 20000-401.
g) Geeignete Brüstungsausbildung 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, absturssichernden Fensterelemente und Verglasungen nach DIN 18008-4.

Befestigungen im baufsichtlich 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 Umwehrung (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].

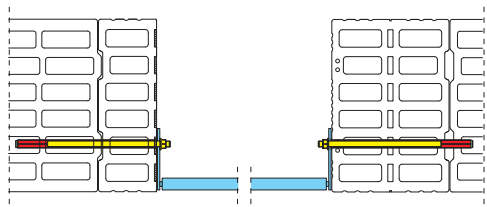
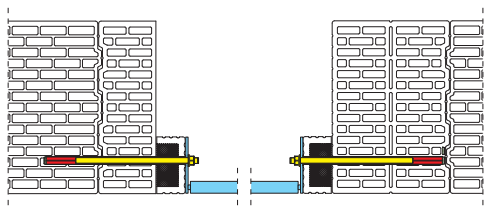


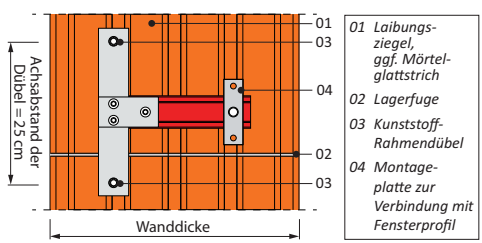
Bild oben: Befestigung eines absturzsichernden Geländers im Bereich eines Laibungsziegels mit Großkammerlochung.
Bild unten: Befestigung eines absturzsichernden Geländers im Bereich eines Laibungsziegels mithilfe einer verstärkten Ziegel-Anschlagschale.



Beispiele für die Befestigung von absturzsichernden Geländern. Links: Befestigung am Fensterrahmen. Rechts: Befestigung an der Außenseite des verputzen Mauerwerks

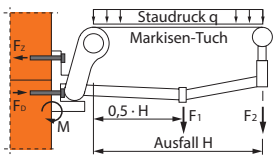
Wie die Beispiele zeigen, existieren diverse Lösungsvorschläge für die Befestigung von absturzsichernden Bauteilen in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk. Wichtig ist die ingenieurmäßige Planung mit rechnerischem Nachweis der Tragfähigkeit gemäß Eurocode 1, DIN 18008-4 bzw. ETB-Richtlinie sowie die fachgerechte 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, Rollladen, Sonnenschutz e.V. (ehem. Bundesverband Konfektion Technischer Textilien)*



F_1 Gewichtskraft aus Gelenkarm, Markisentuch, Wind
F_2 Gewichtskraft aus Ausfallprofil
F_Z Zugbeanspruchung
F_D Druckbeanspruchung
M Drehmoment
Befestigungsmittel

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 Gerüstösenschrauben i.d.R. nur nach erfolgreich durchgeführten Probebelastungen an mindestens 5 Dübeln.
- Weitere wichtige Hinweise → *Technische Regeln: Handlungsanleitung der Berufsgenossenschaft Bau.*

Beispiel eines Dübels mit Gerüstösenschraube

Weiterführende Hinweise und Literatur

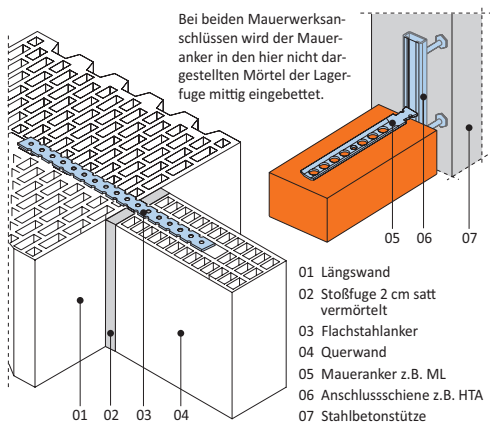
- *Küenzlen, J.: Verankerung von Fassadengerüsten. In: Mauerwerk-Kalender 2014*
- *Müller, M; Scheller, E.: Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau. In: Mauerwerk-Kalender 2011*
- *BG Bau, Berufsgenossenschaft Bau: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- u. Schutzgerüsten*
- *Deutsches Institut 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 auszusteifende 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 Kräfte. Je Wandverbindung sind in den Drittelspunkten der Wandhöhe je ≥ 2 Mauerverbinder anzuordnen.



01 Längswand
02 Stoßfuge 2 cm satt vermörtelt
03 Flachstahlanker
04 Querwand
05 Maueranker z.B. ML
06 Anschlussschiene z.B. HTA
07 Stahlbetonstütze

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

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 auszusteifenden 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 m² unter Berücksichtigung von Schlitzen und Aussparungen besitzen (vgl. DIN EN 1996-1-1, Nr. 8.1.3).

Schlitze und Aussparungen dürfen die Standsicherheit einer Wand nicht beeinträchtigen.

Erforderliche Mindestquerschnittsfläche A bei Mauerwerk	
Tragender Pfeiler	Tragende Wand
400 cm² ≤ A < 1000 cm²	A ≥ 1000 cm²

Zulässige Längen l tragender Pfeiler und Wände		
Wand-dicke	Pfeiler ("kurze Wand")	Wand
11,5 cm	35 cm ≤ l < 87 cm	≥ 87 cm
17,5 cm	23 cm ≤ l < 57,5 cm	≥ 57,5 cm
24,0 cm	17 cm ≤ l < 42 cm	≥ 42 cm
30,0 cm	14 cm ≤ l < 33,5 cm	≥ 33,5 cm
36,5 cm	11 cm ≤ l < 27,5 cm	≥ 27,5 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.

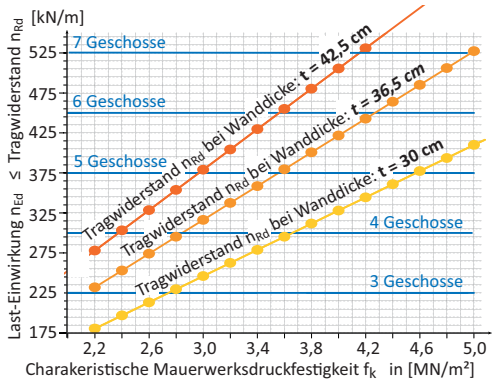
 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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/m²
- Schalldämmung: R_w = 48 bis 52 dB
- Wärmeschutz: λ = 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 schadensfreier 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/m²K d = 0,425 m λ = 0,09 W/mK*

→ *Schallschutz: Erhöhter Schallschutz*

→ *Brandschutz: Alle tragenden Wände feuerbeständig REI90*

→ *Statik: Mauerwerksdruckfestigkeit f_k ≥ 4,5 N/mm²*

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 ≥ 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 kN/m² berücksichtigt (Gerüstlast). Daneben sind zusätzliche Einzellasten ≥ 15 kN näher als 1,5 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 ≤ 50 cm
  - Wirktiefe ≤ 35 cm
  - Gewicht ≤ ca. 100 kg bzw. Zentrifugalkräfte ≤ 15 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 Arbeitsraums ist die Abdichtung vor Beschädigungen zu schützen.

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

3. Freistehende Ziegelmauern

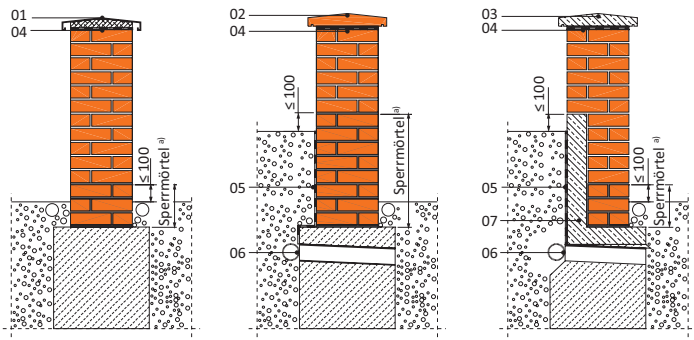
Gründung
ist frostfrei, mindestens 80 cm tief auszuführen.

Feuchtigkeitssperren
Abdichtung wie Bild unten. Von Oberkante Gründung bis 10 cm oberhalb des Erdreichs ist mit Sperrmörtel [a)] 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 Schlämmputz 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 [a)] geeignet. Die Lagerfuge unter der Rollschicht ist abzudichten 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 [a)]
03 Mauerwerksabdeckung aus Betonplatten (z.B. als Fertigteilelement)
04 Bitumendachbahn
05 Bitumendickbeschichtung, ggf. mit Dränplatte
06 Bei Hangwasser Drainung
07 Bei ansteigendem Gelände aufgrund hohen Erddrucks Stahlbeton-Winkelstütze (ggf. als Fertigteilelement)

a) Sperrmörtel ist durch farblose chemische Zusätze im Anmachwasser (z.B. Haftemulsion) wasserundurchlässig eingestellter Vormauermörtel

Ziegelart und Rohdichte in kg/dm³	Eigengewicht in kg/m³	Richtwerte für die zulässigen Höhen freistehender Mauern in m bei Wanddicke d in mm [a)]							
		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

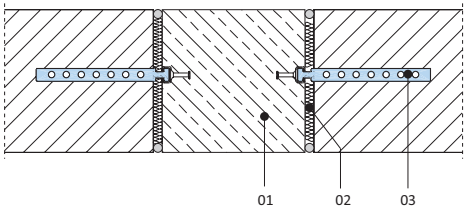
 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

NICHTTRAGENDE INNENWÄNDE

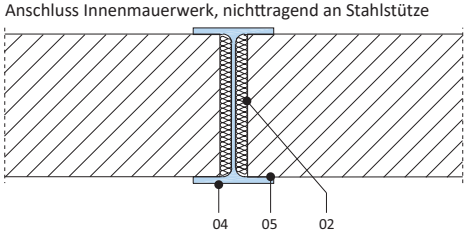
- sind in DIN 4103-1 geregelt,
- müssen die auf ihre Fläche wirkenden Kräfte aufnehmen und über tragende Bauteile abtragen können,
- dürfen nicht der Aussteifung dienen,
- erhalten ihre Standsicherheit erst durch geeignete Verbindung mit angrenzenden Bauteilen,
- sind möglichst spät aufzumauern und zu 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 Biegeschlankheit die Deckendurchbiegung begrenzt.

Siehe auch DGfM:"Nichttragende Innere Trennwände"

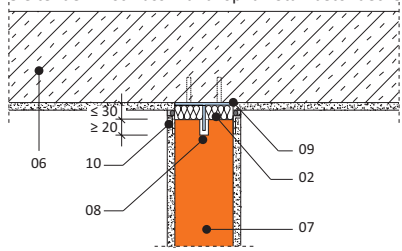
Anschluss Innenmauerwerk, nichttragend an Stahlbetonstütze



Anschluss Innenmauerwerk, nichttragend an Stahlstütze



Gleitender Anschluss Wandkopf an Stahlbetondecke



01 Stahlbetonstütze
02 Dämmung (Brandschutz: Baustoffklasse A, Schmelzpunkt ≥ 1000 °C)
03 Maueranschlussanker, vertikal verschieblich (Verankerung in Anschlussschiene, 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 [d) e) f)]

Wand-dicke in mm	max. Wandlänge[a)] in m im Einbaubereich 1[b)] (oberer Wert) und Einbaubereich 2[c)] (unterer Wert)																	
	Wandhöhe in m																	
	2,5			3,0			3,5			4,0			4,5			≤ 6,0		
	A[d)]	B[e)]	C[f)]	A[d)]	B[e)]	C[f)]	A[d)]	B[e)]	C[f)]	A[d)]	B[e)]	C[f)]	A[d)]	B[e)]	C[f)]	A[d)]	B[e)]	C[f)]
115	10 6	12 12	10 7	10 6,5	12 12	12 8	10 7	12 12	12 9	10 7,5	12 12	12 10	10 8	12 12	12 10	- -	- -	- -
175 bzw. 240	12 12	12 12	12 10	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 12	12 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-, Krankenräume 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 [a] nichttragender Außenwände ohne rechnerischen Nachweis nach Tabelle NA.C.1, DIN EN 1996-3/NA (Eurocode 6)

Höhe über Gelände	Wand-dicke in mm	max. Ausfachungsfläche [a] in m² bei Seitenverhältnis h_a/l_a [b]		
		$h_a/l_a \leq 0{,}5$	$h_a/l_a = 1{,}0$	$h_a/l_a \geq 2{,}0$
0 bis 8 m	115	8 (10,67) [d]	12 (16) [d]	8 (10,67) [d]
	150			
	175	14	20	14
	240	25	36	25
	≥ 300	33	50	33
8 bis 20 m [c]	115	-	-	-
	150	5 (6,33) [d]	8 (10,67) [d]	5 (6,33) [d]
	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:
  $A_{vorh.} = h_a \cdot l_a = 6{,}0\ m \cdot 6{,}0\ m = 36\ m^2$
  vorhandenes Seitenverhältnis: $h_a/l_a = 1{,}0$
- Zulässige Ausfachungsfläche (→ *Tab. rechts oben*):
  $A_{zul.} = 50\ m^2 > 36\ m^2 = A_{vorh.}$

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 dreieckförmige Giebelwandflächen bei der Ermittlung der Wandhöhe h zur Bestimmung des Seitenverhältnisses ε = 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 auszusteifen. 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.

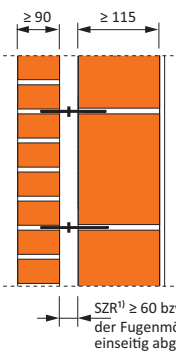
Zweischalige Wand mit Wärmedämmung

Der Schalenzwischenraum ist ganz oder teilweise mit einer Wärmedämmschicht ausgefüllt. Wärmedämmung, die den Schalenzwischenraum vollständig ausfüllt, wird auch Kerndämmung genannt. Aus bauprak-tischen 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.

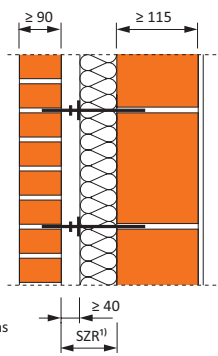
Für die Wärmedämmung gilt:

Piktogramm nach DIN 4108-10

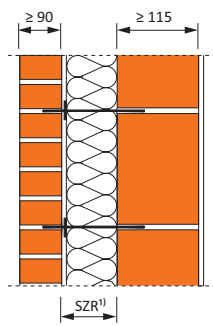
- Es sind Wärmedämmstoffe des Anwendungstyps WZ nach DIN 4108-10 zu verwenden.
- Platten- und mattenförmige Mineralfaserdämmung sowie Platten aus Schaumkunststoff und Schaumglas sind an der Innenschale so zu befestigen, dass eine gleichmäßige Schichtdicke sichergestellt ist.
- Platten- und mattenförmige 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, Blähperlit) ist auf vollständige Füllung des Hohlraums zwischen Außen- und Innenschale zu achten.



Wandaufbau mit Luftschicht



Wandaufbau mit Luftschicht und Wärmedämmung



Wandaufbau mit Kerndämmung

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

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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.

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). Jeweils etwa 7.500 mm² Lüftungsöffnung auf 20 m² Wandfläche (inkl. Fenster/Tür)
mit Luftschicht und Wärmedämmung	
mit Kerndämmung	Entwässerungsöffnungen ≥ 5.000 mm² im Fußpunktbereich auf 20 m² Wandfläche (inkl. Fenster/Türen)
mit Putzschicht	Entwässerungsöffnungen ca. 3.750 mm² auf 20 m² Wandfläche (inkl. Fenster/Tür). Verzicht auf obere Lüftungsöffnungen.

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.

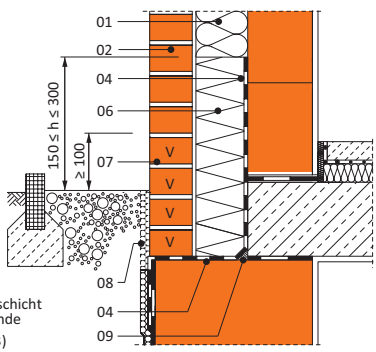
Lüftungs-/Entwässerungsöffnungen; Bild rechts: Gittereinsatz

4. Abdichtung

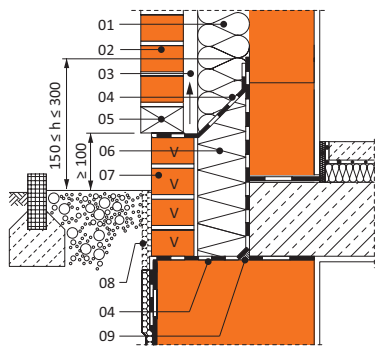
Die Funktion der Schlagregensicherheit von zweischaligem Mauerwerk ist erfüllt, wenn die Bauteile in der Ebene der tragenden Innenschale wie unten dargestellt durch geeignete Abdichtungsmaßnahmen in und hinter der Verblendschale dauerhaft vor Einwirkung des Regenwassers geschützt sind. Die notwendigen Abdichtungsmaßnahmen bei zweischaligem Verblendmauerwerk 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

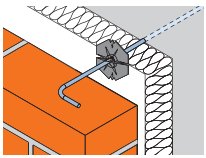


Sockeldetail hinterlüftete Verblendschale

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):



Dübelanker mit Klemm-/Tropfscheibe nach bauaufsichtlicher Zulassung zur nachträglichen Befestigung einer Verblendschale durch Bohrmontage

Luftschichtanker für Mauerwerkschalen aus Dünnbettmörtel, Schalenabstand 100 bis 250 mm

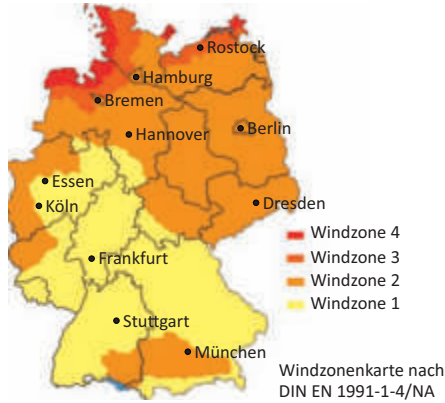
Luftschichtanker für Mauerwerkschalen aus Normalmörtel, Schalenabstand 40 bis 250 mm

Dübelanker für Schalenabstände bis 250 mm zur nachträglichen Verankerung in Vollstein/Beton

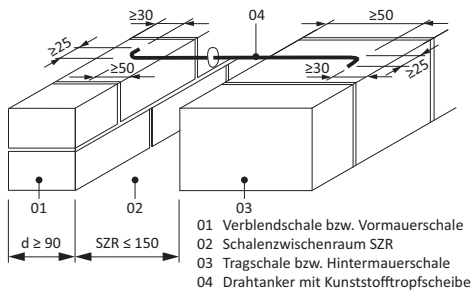
Drahtanker
Für Drahtanker, die in Form und Maßen dem Bild rechts Mitte entsprechen, gilt, sofern in einer Zulassung für die Drahtanker nichts anderes festgelegt ist:
- Abstand: vertikal ≤ 500 mm; horizontal ≤ 750 mm;
- lichter Abstand der Mauerwerksschalen: ≤ 150 mm;
- Durchmesser: 4 mm;
- Normalmauermörtel mindestens der Gruppe IIa;
- Mindestanzahl: gemäß folgender Tabelle:

Mindestanzahl von Drahtankern je m² Wandfläche			
Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/NA	Gebäudehöhe		
	h ≤ 10 m	10 m < h ≤ 18 m	18 m < h ≤ 25 m
Windzonen 1 bis 3, Windzone 4 im Binnenland	7 a)	7 b)	7
Windzone 4 an Küsten der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	7	8	8 c)
Windzone 4 an Inseln der Nordsee	8	9	-

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

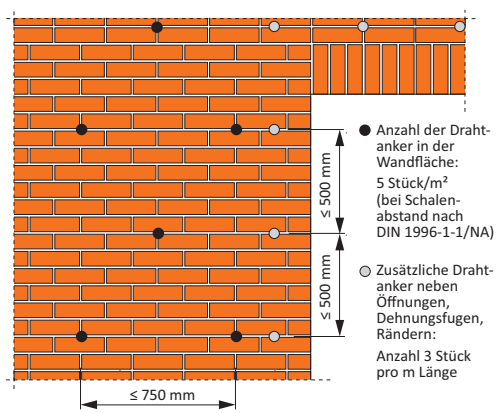


Windzonenkarte nach DIN EN 1991-1-4/NA



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.

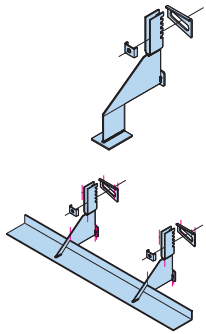
Ausführungsregeln für die Höhe und die Abfangung von Verblendschalen gem. DIN EN 1996-2, NA.D.1

	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 [b)]	≤ 25 mm bzw. ≤ 38 mm[a)]	≤ 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.

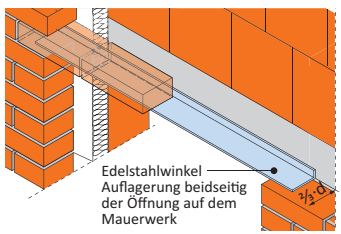
b) Die Überstände sind beim Nachweis der Auflagerpressung zu berücksichtigen.

Klinker-Verblendschale mit Kerndämmung auf Edelstahlkonsole

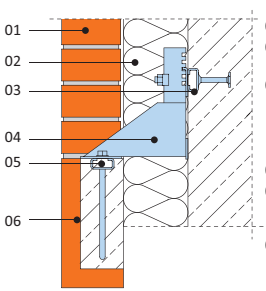


oben: Einzelkonsolanker
unten: Winkelkonsolanker

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.

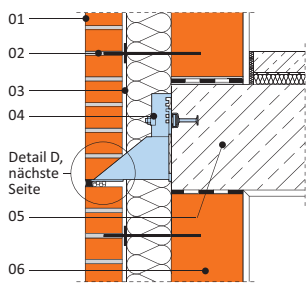


Klinker-Fertigteilstürze mit Ankerschienen für Aufhängung



01 Klinker oder Vormauerziegel
02 Wärmedämmung mit Luftschicht oder Kerndämmung
03 Befestigung der Edelstahlkonsole mit Verankerungsschiene 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

Einzelkonsolanker zur Abhängung von Fertigteilstürzen



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

Winkelkonsolanker zur Lastabfangung von Verblendmauerwerk

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 [a] mit Mauerwerk aus		
Mauerziegel	Kalksandstein	Porenbetonstein, Betonstein, Leichtbetonstein
12 m [b]	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 Abfangungsebenen 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.

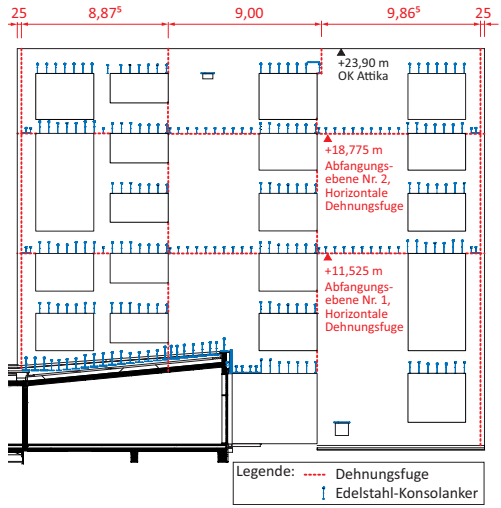


Bild oben: Beispiel für die Anordnung von Konsolankern sowie horizontalen/vertikalen Dehnungsfugen einer südwest-orientierten Verblendschale aus hellgrauen Klinkern im Riegelformat

- 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.

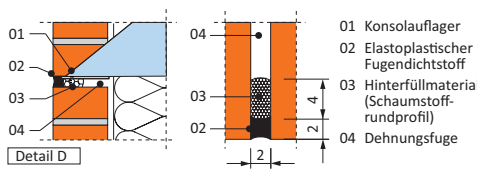


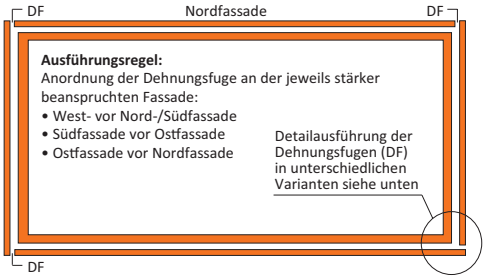
Bild oben, links: Ausführung einer horizontalen Dehnungsfuge unter einer Konsolabfangung;
Bild oben, rechts: Ausführung einer vertikalen Dehnungsfuge

Horizontale / vertikale Dehnungsfugen, als Gerade ausgeführt; hinter der Horizontalfuge befindet sich das Konsolauflager

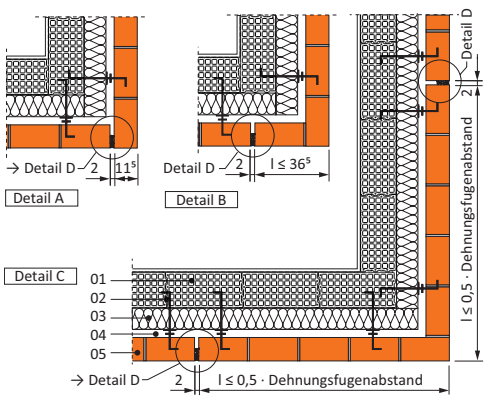
Vertikale Dehnungsfugen, als Mäander ausgeführt im Zustand vor der Füllung mit elastoplastischer Fugendichtmasse

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

- 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 Gebäudeecke 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



01 Hochlochziegelmauerwerk
02 Luftschichtanker, im Randbereich, d.h. z.B. an Ecken und Dehnungsfugen vertikal 3 Zusatzanker/m
03 Wärmedämmung
04 Luftschicht
05 Verblendmauerwerk

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 Werktrockenmörtel 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

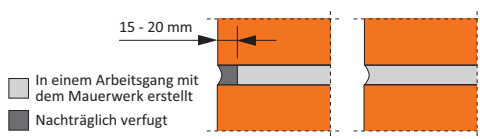
Fugenglattstrich ist nach ATV DIN 18330 Maurerarbeiten, Absatz 3.2.6 (2015) als Regelleistung festgelegt. Nachträgliches Verfugen ist gesondert zu vereinbaren!

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 (ø ca. 2-fache Fugenbreite) in eine Richtung glatt streichen

Nachträgliches Verfugen

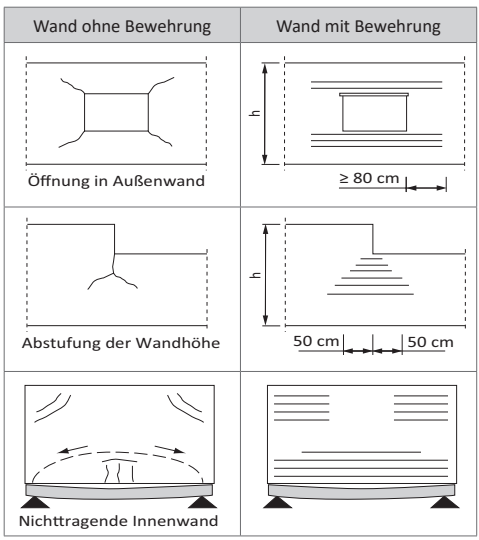
- Nach dem Mauern: Mauermörtel 1,5 bis 2 cm tief auskratzen, jedoch nicht bis zur ersten Lochreihe.
- Reinigung: Grob, trocken; starke Verschmutzung: übliche Reinigungsmittel (pH 3 bis 7), keine Salzsäure!
- Vornässen bis zur Wassersättigung mit einer Bürste.
- Nicht bei zu trockener Witterung, starker Sonneneinstrahlung, Wind nachträglich verfugen!
- Geeignete Mörtel: Werktrockenmörtel NM II/IIa, Konsistenz erdfeucht bis schwach-plastisch
- Verarbeitung in zwei Arbeitsgängen: Von Lagerfuge zu Stoßfuge, danach von Stoßfuge zu Lagerfuge.



 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

BEWEHRTES MAUERWERK

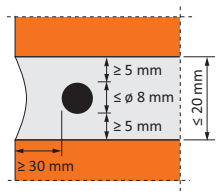
ist in DIN EN 1996-1-1 geregelt. Mit bewehrtem Mauerwerk kann ein dem Stahlbeton ähnliches Tragverhalten erzielt werden. Bewehrung führt zur Erhöhung der Zug-, Querzug- und Biegezugtragfähigkeit des Mauerwerks. Während bewehrtes Mauerwerk im Ausland häufig eingesetzt wird, verwendet man es in Deutschland 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.



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

Aufgrund der erforderlichen Lagerfugendicke ist die Anwendung von bewehrtem Mauerwerk bei der Verwendung von Planziegeln nicht zulässig.

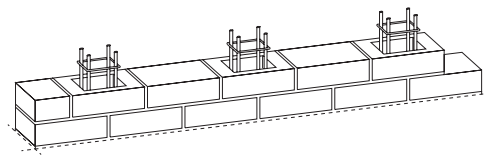


Anforderungen an die Bewehrung:
- Stabdurchmesser max. ø 8 mm
- Bei Außenwänden korrosionsbeständige Bewehrung erforderlich
- Bei Innenwänden kein besonderer Korrosionsschutz erforderlich

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.

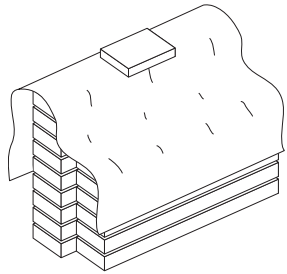
Horizontal und vertikal bewehrtes Planfüllziegelmauerwerk

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

SCHUTZ DES MAUERWERKS

1. Schutzmaßnahmen gegen Regen

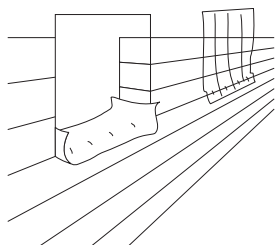
Schutzmaßnahmen zur Ableitung von Tagwasser sind laut VOB Teil C DIN 18330 Nebenleistungen, selbst wenn sie vertraglich nicht gesondert vereinbart sind. Schutzmaßnahmen sind erforderlich, um Ausblühungen, Frostschäden und Putzschäden zu vermeiden.



Abdecken von Mauerwerk und unverarbeiteten Baustoffen mit Folie und windsichernder, schwerer Auflage

Schutzmaßnahmen nach DIN EN 1996-2, Nr. 3.6.2

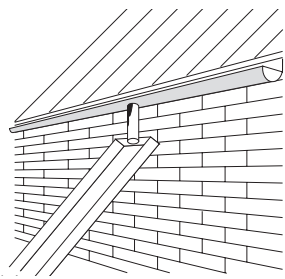
- Fertiges Mauerwerk sollte, bis der Mörtel abgebunden hat, vor direktem Regen geschützt sein. Das Mauerwerk sollte so geschützt werden, dass der Mörtel nicht aus den Fugen ausgewaschen wird und dass es nicht abwechselnd Feucht- und Trockenzeiten unterworfen wird.
- Um das fertige Mauerwerk zu schützen, 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 Fensterbrüstungen (ggf. auch mit einer Lage voll deckelndem Dünnbettmörtel) bzw. provisorischer Verschluss von Öffnungen mit Folientafeln (mit Tropfnase)

2. Maurerarbeiten im Winter

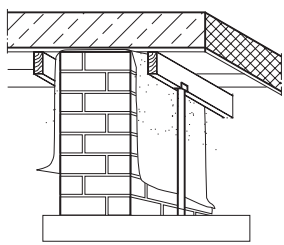
Nach DIN EN 1996-2/NA, Nr. 3.6.3 darf bei Frost Mauerwerk nur unter besonderen Schutzmaßnahmen (z.B. durch Einhausen) ausgeführt werden. Frostschutzmittel sind unzulässig. Frisches Mauerwerk ist vor Frost zu schützen, z. B. durch Abdecken. Der Einsatz von Salzen zum Auftauen ist nicht zulässig. Teile von Mauerwerk, die durch Frost oder andere Einflüsse geschädigt sind, sind vor dem Weiterbau abzutragen.



Ableiten des Regenwassers im Rohbau

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



Abdeckung von Mauerwerk im Bereich von Auflagern und Schalungskanten

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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 ≤ d < 175	h_s ≤ 3,25	d_A ≥ 115	d_A ≥ 175	≤ 4,50
175 ≤ d < 240				≤ 6,0
240 ≤ d < 300	h_s ≤ 3,50			≤ 8,0
d ≥ 300	h_s ≤ 5,00			

AUSSTEIFENDE WÄNDE

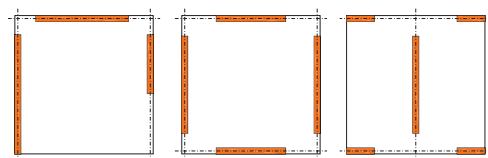
Aussteifende Wände sind scheibenartige Bauteile zur Gebäudeaussteifung oder zur Knickaussteifung tragender Wände. Sie gelten stets als tragende Wände, da sie neben Eigengewicht auch Lasten abtragen.

Grundprinzip für die stabile, räumliche Steifigkeit

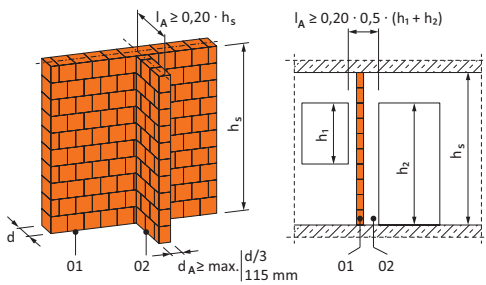
Neben aussteifenden Deckenscheiben sind mindestens drei Wandscheiben so anzuordnen, dass sich ihre Wirkungslinien in mehr als einem Punkt schneiden und der Schubmittelpunkt nahe am geometrischen Mittelpunkt liegt.

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 wirksame 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).



Stabile, gebäudeaussteifende Anordnung aussteifender Wände



01 Auszusteifende 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 ≥ 150 mm² 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

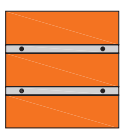
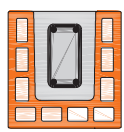
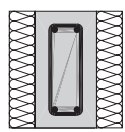
durch den Reibungswiderstand in der Lagerfläche der tragenden Bauteile oder durch Anker mit entsprechender Endbefestigung übertragen werden.

Wenn Decken ohne ausreichende Scheibentragwirkung 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 wärmegedämmt
Querschnitt			
Bewehrungsgehalt a_s	a_s = 0,79 cm²	a_s = 3,83 cm²	a_s = 3,83 cm²
Schwindwert $\varepsilon_{f\infty}$	$\varepsilon_{f\infty}$ = 0,03 mm/m	$\varepsilon_{f\infty}$ = 0,35 mm/m	$\varepsilon_{f\infty}$ = 0,78 mm/m

Quelle: Wessig/Rich, "Vermeidung von Rissen im Leichtziegelmauerwerk, die [...] durch Ringanker und Decken aus Stahlbeton verursacht werden"

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

DECKEN UND MASSIVDÄCHER

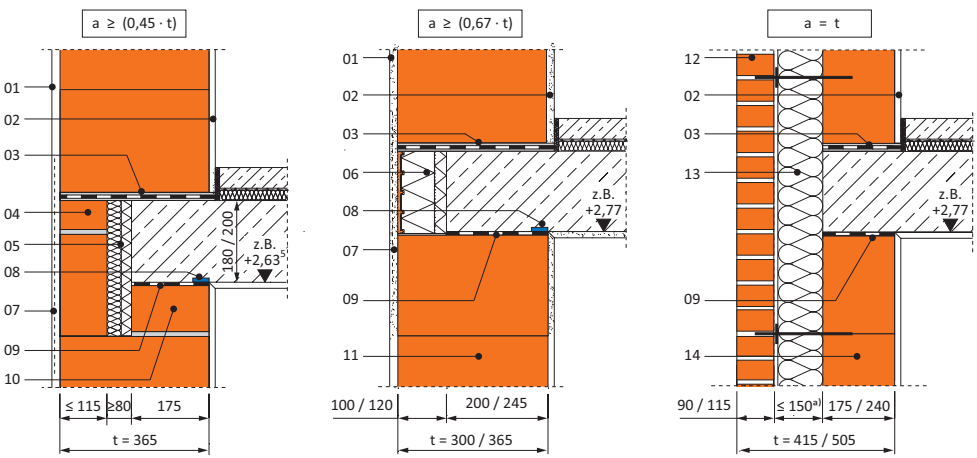
1. Wand-Decken-Knoten und Deckenauflager

Massive Decken bilden horizontale Ebenen und tragen zur Gebäudeaussteifung bei. Deckenauflager sind sorgfältig zu planen und auszuführen, da Mauerwerk dort besonders beansprucht ist. Neben veränderlichen und ständigen Lasten wirken im Deckenauflager auch Kräfte aus Verformungen anderer Bauteile. Diese sind konstruktiv zu berücksichtigen,um Risse zu vermeiden.

Mindestauflagertiefen a in Abhängigkeit der Wanddicke t	
Allgemein gilt [a)] → DIN EN 1996-1-1, NA.7	a ≥ t/3 + 40 mm ≥ 100 mm
Für einschalige Außenwände gilt → DIN 1996-3, NA.8	allgemein: a ≥ 0,5·t ≥ 100 mm bei t = 365 mm: a ≥ 0,45·t
Empfehlung für Endauflager auf statisch hoch beanspruchten Wänden [b)]	a ≥ 0,67 · t
a) Empfohlen für t ≤ 240 mm: a = t | b) z.B. Außenwand Geschoßbau	

Empfehlungen zur Ausbildung des Deckenauflagers

- Das Deckenauflager 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 teilaufliegender Decke - insbesondere bei Mauerwerk aus Wärmedämmziegeln - eine möglichst große Deckenauflagertiefe anzustreben.
  Optimal für eine ausgewogene Berücksichtigung der Anforderungen aus Wärmeschutz, Schallschutz und Statik gilt eine Auflagertiefe von a ≥ 0,67 · 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 ΔU_{WB} = 0,05 W/(m²K) ist in Planung und Ausführung der Wärmebrückenkatalog 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 Höhenausgleichziegel, 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 Ankern nach bauaufsichtlicher Zulassung: 150 bis 250 mm

Beispiele für die Ausführung des Deckenauflagers bei Ziegelaußenwänden: Bild links mit Abmauer- und Höhenausgleichziegel, Bild Mitte mit Deckenrandelement oder Stirndämmung, Bild rechts mit vollaufliegender 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 (→ *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 unterschiedliche 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.

Deckendurchbiegung und Abheben der Deckenecken nach [6]

- Die Randbedingungen für die Anwendung des vereinfachten Bemessungsverfahrens nach DIN EN 1996-3 sehen $l \leq 6{,}0$ m als Anwendungsgrenze für die Stützweite 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_f 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 cm²/m	4,89	5,53	6,19	6,87
Bewehrungsgrad ρ 1)	0,272 %	0,277 %	0,281 %	0,286 %
Biegeschlankheit l_f/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 ρ liegen unterhalb des Referenzbewehrungsgrades ρ_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 Deckenauflager. Eine Schalung ist für die Verlegung nicht erforderlich.

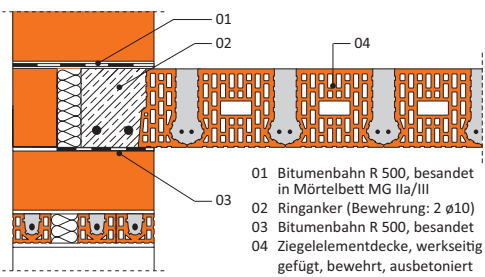
Ziegeldecken sind sehr zeitgünstig einzubauen. Sie benötigen in der Regel keine Lagerfläche auf der Baustelle, da sie just-in-time geliefert und verlegt werden können. In Verbindung mit normalen Fußbodenaufbauten erfüllen Ziegeldecken die Anforderungen an den Schallschutz gemäß DIN 4109. Ziegeldecken 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.

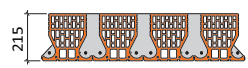
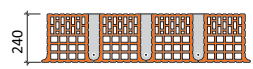
Ziegel-Elementdecken

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-Elementdecke: Deckenauflager über Fenstersturz

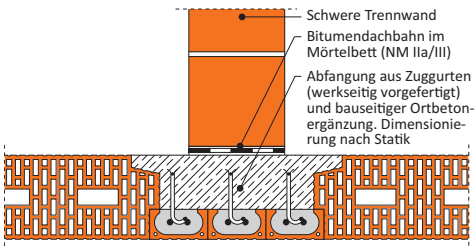
Ziegel-Elementdecken für den Wohnungsbau; q ≤ 5 kN/m²		
Typ	lichte Weite	System
19,0 JW	≤ 5,55 m	
20,0 SD	≤ 5,85 m	
21,5 JWS	≤ 6,45 m	
24,0 D	≤ 7,30 m	

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 Ziegelelementbau erhältlich (→ *www.ziegelelementbau.de*).

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Ziegel-Einhängedecken

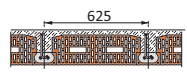
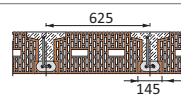
bestehen aus Deckenträgern, Einhängeziegeln und Vergußbeton, die erst auf der Baustelle zu einem Deckensystem verschmelzen. Dazu werden die werkseitig vorgefertigten Deckenträger - mit Stahlbeton gefüllte Ziegel-U-Schalen - bei einer Auflagertiefe ≥ 115 mm auf der Mauerkrone verlegt. Spannrichtung, Trägerabstände und Montagestützen sind den Angaben der Positionspläne zu entnehmen. Nachdem die verlegten Träger durch Montagestützen gesichert sind, erfolgt die Verlegung der Einhängeziegel.
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.



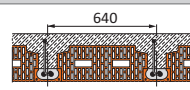
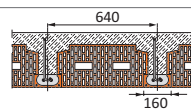
Ziegel-Einhängedecke: Abfangung einer schweren Trennwand

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 Einhängeziegel ersetzt. Ziegel-Einhängedecken werden im Verkehrslastbereich ≤ 5,0 kN/m² bis zu 7,00 m Spannweite angeboten. Durch mindestens 7 cm Aufbeton kann die Tragwirkung erhöht werden, sodass im Gewerbe- und Landwirtschaftsbau (Verkehrslastbereich ≤ 12,5 kN/m²) 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-Einhängedecken für den Wohnungsbau (Nutzlast q ≤ 5,00 kN/m²)

Typ	Deckenhöhe [cm]	Aufbeton [cm]	Spannweite [m]	System
18 + 3	18,0	3,0	≤ 5,75	
21 + 0	21,0	-	≤ 5,75	
25 + 0	25,0	-	≤ 7,00	

Ziegel-Einhängedecken für den Gewerbe- und Landwirtschaftsbau (Nutzlast q ≤ 12,50 kN/m²)

Typ	Deckenhöhe [cm]	Aufbeton [cm]	Spannweite [m]	System
18 + 7	18,0	7,0	≤ 6,90	
21 + 7	21,0	7,0	≤ 7,90	
25 + 7	25,0	7,0	≤ 8,40	

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

3. Ziegel-Massivdach

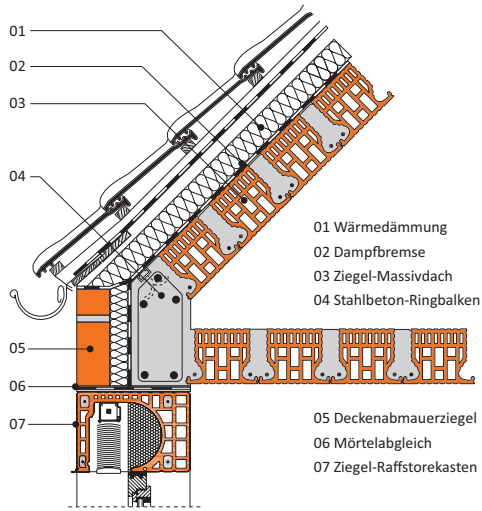
Eine Sonderform der Ziegel-Elementdecke ist das Ziegel-Massivdach. Übliche Dachkonstruktionen in Holzbauweise mit Wärmedämmung sind Leichtkonstruktionen, bei denen wegen der geringen Masse der Schallschutz und auch das Raumklima in heißen Sommermonaten unbefriedigend sind.

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.

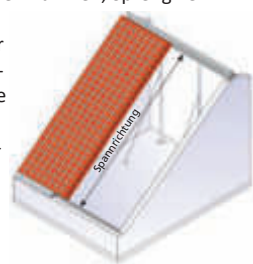
Quelle: Rötzer-Ziegel-Element-Werk GmbH



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 Stahlbetonkniestockes 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 Verfugen 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[1)] 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.

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

2. Leichtmörtel

reduziert die Wärmeleitfähigkeit einschaliger Außenwände. Er wird als Werktrockenmörtel 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 $\lambda_{10,tr}$ erhältlich als:

Leichtmörtel LM 21
- Wärmeleitfähigkeit λ = 0,21 W/(mK)
- Trockenrohdichte $\rho_d \leq 700$ kg/m³

Leichtmörtel LM 36
- Wärmeleitfähigkeit λ = 0,36 W/(mK)
- Trockenrohdichte $\rho_d \leq 1000$ kg/m³

3. Dünnbettmörtel

Die Tragfähigkeit von Mauerwerk hängt von diversen Kriterien ab. Die wichtigste Einflussgröße ist die Druckfestigkeit der Mauerwerkskomponenten: Je größer die Stein- oder Mörteldruckfestigkeit, 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: Glasfilamentgewebe eingebettet in Dünnbettmörtel

Mörtelpads
sind industriell vorgefertigte Mörtelplatten, die im trockenen Zustand auf die Lagerfugenfläche 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

 © Ziegel Zentrum Süd e. V.

Anforderungen[a)] an Mauermörtel nach DIN EN 998-2 bzw. DIN 18580

Mörtelart	Mörtelgruppe nach DIN 1053-1	Mörtelklasse nach DIN EN 998-2	Druckfestigkeit β_D in N/mm² nach DIN EN 1015-11	Trockenrohdichte ρ_D in kg/m³ nach DIN EN 1015-10	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,tr}$ in W/(mK) nach DIN EN 1745	Verbundfestigkeit (Haftscherfestigkeit)	
						Charakteristische Anfangsscherfestigkeit f_{vk0} in N/mm² nach DIN EN 1052-3	Haftscherfestigkeit (Mittelwert) β_{HS} in N/mm² nach DIN 18555-5
Normalmauermörtel	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
Leichtmörtel	LM 21	M 5	≥ 5	≤ 700	≤ 0,18[b)]	≥ 0,08	≥ 0,20
	LM 36	M 5	≥ 5	≤ 1000	≤ 0,27[b)]	≥ 0,08	≥ 0,20
Dünnbettmörtel	DM	M 10	≥ 10	-	-	≥ 0,20	≥ 0,50

a) Prüfalter 28 Tage
b) Beim Nachweis $\lambda_{10,tr}$ nach DIN EN 1745, sofern ρ_D > 700 bzw. > 1000 kg/m³

Beschränkungen der Anwendung nach DIN 1053-1 für Mauermörtel

Mörtelart	Mörtelgruppe nach DIN 1053-1	Anwendungsbeschränkungen
Normalmauermörtel	NM I	Nicht zulässig - bei ungünstigen Witterungsbedingungen (Nässe, Kälte), - für Gewölbe und Kellermauerwerk, - bei mehr als 2 Vollgeschossen, - bei Wanddicken < 240 mm, - für Außenschalen von zweischaligen Außenwänden, - für Mauerwerk nach Eignungsprüfung.
	NM II	Keine Einschränkungen
	NM IIa	
	NM III	Nicht zulässig für Außenschalen von zweischaligen Außenwänden. Ausnahmen: - Zulässig für nachträgliches Verfugen. - Zulässig für Bereiche in Außenschalen, die als bewehrtes Mauerwerk ausgeführt werden.
	NM IIIa	
Leichtmörtel	LM 21	Nicht zulässig - für Gewölbe, - für Sichtmauerwerk, das der Witterung ausgesetzt ist.
	LM 36	
Dünnbettmörtel	DM	Nicht zulässig für Mauersteine mit Maßabweichungen in der Höhe von > 1,0 mm.

a) Prüfalter 28 Tage
b) Beim Nachweis $\lambda_{10,tr}$ nach DIN EN 1745, sofern ρ_D > 700 bzw. > 1000 kg/m³

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 Trockenrohdichte 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, Benetzungsprobe 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 ≥ 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 Trockenrohdichten den heutigen Anforderungen entsprechen.

Mineralischer Putzmörtel nach DIN EN 998-1 besteht aus Gesteinskörnungen, Füllstoffen und gegebenenfalls expandiertem Polystyrol. Als Bindemittel werden vor allem Baukalke 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 CS II CS III CS IV	0,4 bis 2,5 N/mm² 1,5 bis 5,0 N/mm² 3,5 bis 7,5 N/mm² ≥ 6 N/mm²
Kapillare Wasseraufnahme	W 0 W 1 W 2	keine Anforderung $c \leq 0{,}40$ kg/(m²·min^{0,5}) $c \leq 0{,}20$ kg/(m²·min^{0,5})
Wärmeleitfähigkeit	T 1	≤ 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 Kalkhydrat
- P IV Gipsmörtel und gipshaltige Mörtel

Putzarten nach DIN V 18550 und DIN EN 998-1

Putzart	Mörtelgruppe	Grenzwert der Trockenrohdichte	Besondere Merkmale
Normalputz (GP)	P I bis P IV CS I bis CS IV	ca. 1400 - 1900 kg/m³	- Mineralische Bindemittel - Zuschlag i.a. 0,24 - 4 mm
	P Org 1 P Org 2		- Organische Bindemittel (Kunstharzputze) - wasserabweisend
Wärme-dämmputz (T)	CS I	≥ 200 kg/m³	- Unterputz mit mineralischen Bindemitteln - wärmedämmend - wasserhemmend - Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0{,}2$ W/(m·K) (bei $\rho_D \leq 600$ kg/m³)
	-	≤ 600 kg/m³	- mineralischer Oberputz - wasserabweisend - Druckfestigkeit 0,80 - 3,0 N/mm²

Leichtputz (LW)	Unterputz (Leichtputz)		Oberputz		≤ 1300 kg/m³	- nur Werkmörtel - mineralische Bindemittel - mineralische und/oder organische Zuschläge - 2,5 ≤ Druckfestigkeit [N/mm²] ≤ 5,0 - wasserabweisend
	Mörtel-gruppe	Druck-festigkeits-kategorie	Mörtel-gruppe	Druck-festigkeits-kategorie		
	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 CS III		

Eignung mineralischer Außenputze auf verschiedenen Putzgründen aus Mauerwerk nach DIN EN 1996

Putzgrund	Leichtputz Typ II *(Trockenrohdichte ≤ 1100 kg/m³)*	Leichtputz Typ I *(Trockenrohdichte ≤ 1300 kg/m³)*	Normalputz
Leichthochlochziegel, Rochdichteklasse < 0,8	besonders gut geeignet	geeignet, wenn Empfehlung des Putz-herstellers vorliegt	nicht geeignet
Hochlochziegel, Rochdichteklasse ≥ 0,8	besonders gut geeignet	besonders gut geeignet	bedingt geeignet *(z. B. unterge-ordnete Gebäude)*
Hochlochziegel, Rochdichteklasse ≥ 1,2	besonders gut geeignet	besonders gut geeignet	geeignet

Quellen: Leitlinien für das Verputzen von Mauerwerk und Beton, Industrieverband Werkmörtel e.V., 2014 (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 Trockenrohdichte ≤ 1300 kg/m³. Diese Unterputze haben sich für das Verputzen von Ziegelmauerwerk bewährt. Sie werden in neuerer Literatur als "Leichtputze Typ I" bezeichnet.

Darüber hinaus wurden Unterputze mit einer noch geringeren Trockenrohdichte ≤ 1200 kg/m³ ("Leichtputze 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 gefilzten 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/mm²) mit Trockenrohdichten zwischen 1100 und 1300 kg/m³ 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/mm²	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/mm²	3000 bis 7000	2500 bis 5000	1000 bis 3000

 ISSN 2193-293X © Ziegel Zentrum Süd e. V.

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*)

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 sind nun auch die bislang als Bauregelliste A, B und C bekannten Dokumente. Herausgeber ist das Deutsche Institut für Bautechnik (→ *www.dibt.de*).

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 DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 DIN EN 1996-1-1/NA/A1:2014-03 DIN EN 1996-1-1/NA/A2:2015-01
Tragwerksbemessung für den Brandfall	DIN EN 1996-1-2:2011-04 DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06
Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk	DIN EN 1996-2:2010-12 DIN EN 1996-2/NA:2012-01
Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten	DIN EN 1996-3:2010-12 DIN EN 1996-3/NA:2012-01 DIN EN 1996-3/NA/A1:2014-03 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

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.

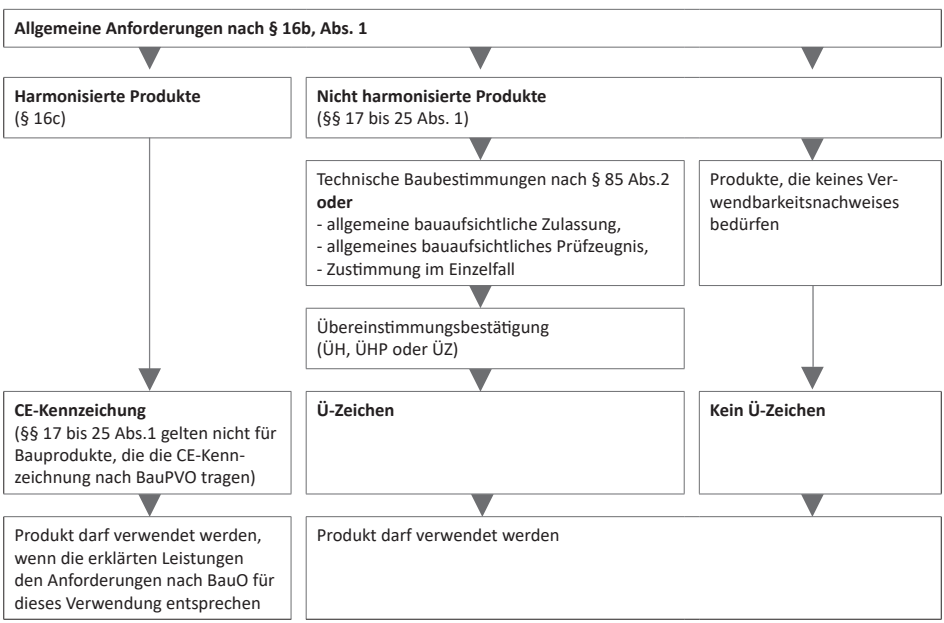
Fall 3: Der Antrag enthält nur bauartbezogene Aspekte
Die bisherige bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart wird durch eine Bauartgenehmigung ersetzt.

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.herstellererklaerung.de**

Systematik der Bauprodukte nach MBO 2016 [9]



4. Normen und Zulassungen für Mauerziegel [1)]

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.

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 werkseigenen Produktionskontrolle und der werksunabhängigen 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 anzeigte. 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.

5. Güteschutz

Güteschutz Ziegel

Die Qualität der Ziegelprodukte wird durch die Überwachungsstelle laufend überwacht. Die Überwachung beinhaltet werkseigene 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 werkseigenen Produktionskontrolle und der durchgeführten Fremdüberwachung das Übereinstimmungszertifikat. Sonderziegel werden in der Regel nicht geprüft. Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte - Werkseigene 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 Mörtelauftragsgerät

  Bei diesen aufgelisteten Angaben können sich je nach Zulassungsbescheid Änderungen ergeben.
- Weitere Hinweise: → *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	*Europäische Norm, die die Eigenschaften von Mauersteinen aus Ton sowie die an sie gestellten Leistungsanforderungen für die Verwendung im Mauerwerk beschreibt.*
DIN 20000-401	Jan. 2017	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken: Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1	*Siehe Kapitel "NORMEN UND ZULASSUNGEN", Abschnitt Nr. 2*
DIN 105-4	Jan. 2019	Keramikklinker	*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.*
DIN 105-5	Jun. 2013	Leichtlanglochziegel und Leichtlanglochziegelplatten	
DIN EN 998-2	Feb. 2017	Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 2: Mauermörtel	*Legt Anforderungen für im Werk hergestellten Mauermörtel zur Verwendung in Wänden, Pfeilern und Trennwänden aus Mauerwerk fest. Beschreibt Leistungsanforderungen für Frischmörtel.*
DIN 20000-412	Jun. 2019	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken: Regeln für die Verwendung von Mauermörtel nach DIN EN 998-2	*Regelt die Verwendung von CE-gekennzeichneten Mauermörteln nach DIN EN 998-2.*
DIN 18580	Jun. 2019	Baustellenmörtel	*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.*
DIN EN 998-1	Feb. 2017	Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 1: Putzmörtel	*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.*
DIN 18550-1	Jan. 2018	Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 1: Ergänzungen Außenputze	*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.*

Norm	Ausgabe	Bezeichnung	Bemerkung
DIN 18550-2	Jan. 2018	Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 2: Ergänzungen Innenputze	*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.*
DIN EN 13914-1	Sep. 2016	Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 1: Außenputz	*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.*
DIN EN 13914-2	Sep. 2016	Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen - Teil 2: Planung und wesentliche Grundsätze für Innenputz	*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*

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 Nettovolumens 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 Nettovolumens 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-Trockenrohdichte
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: Fertigbauteile	*Gilt für vorwiegend geschosshohe und vorwiegend raumbreite Fertigbauteile aus Mauerwerk (dazu gehören auch Brüstungen und Giebelschrägen) und daraus errichtete Bauten. Enthält kon-struktive Hinweise, Angaben zur Erstellung des Standsicherheitsnachweises für die einzelnen Fertigbauteile, auch unter Berücksichtigung von Transport und Montage sowie für das Bauwerk.*
E DIN EN 1996-1-1	Sep. 2019	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk	*Allgemeines; Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung; Baustoffe; Dauerhaftigkeit; Ermittlung der Schnittkräfte; Grenzzustand der Tragfähigkeit; Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit; Bauliche Durchbildung; Ausführung.*
DIN EN 1996-1-1 Nationaler Anhang (NA)	Dez. 2019	Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 1-1	*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.*
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	*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.*
DIN EN 1996-1-2 Nationaler Anhang (NA)	Jun. 2013	Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 1-2	*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.*
DIN EN 1996-2	Dez. 2010	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk	*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.*
DIN EN 1996-2 Nationaler Anhang (NA)	Jan. 2012	Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 2	*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.*
DIN EN 1996-3	Dez. 2010	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten	*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.*
DIN EN 1996-3 Nationaler Anhang (NA)	Dez. 2019	Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter zu Eurocode 6 - Teil 3	*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.*

STICHWORTVERZEICHNIS

Abdichtung 52ff, 124
Abfangung 126f
Absturzsichernd.....115
Akustikziegel 31
Anschlagziegel **29**, 49
Ausblühungen..... 22, 128, 130
Ausfachung 122
Außenputz 141ff
Aussparungen 106
Aussteifende Bauteile ... 117, **131f**
Baurichtmaße 90
Bedarf (Baustoff, Material) 95
Befestigungstechnik 108ff
Bemessung **81ff**, 134
Bewehrtes Mauerwerk.....129
Bohrmontage.....108
Brandschutz **70ff**
CE-Kennzeichnung.....144ff
Dach 137
Deckenrand/-abmauerung 26, 133
Deckenauflager 26, 82f, **133**
Dehnungsfugen 74, 120, 127
Drahtanker 125
Drainleitung, Dränung 53f
Druckfestigkeit **21f**, 83f, 87, 118
Dübel 108ff
Dünnbettmörtel 138ff
Durchbindung 66f
Einhängedecken 135f
Einbruchhemmend 113
Elastizitätsmodul 74, 143
Elementdecken 135f
Endkriechzahl 74
Energieeinsparverordnung.....38ff
EEWärmeG 38
Entwässerungsöffnung 124
EPD, Umweltproduktdeklaration 77
Ergänzungsziegel 66f
Eurocode (DIN EN 1996) 81
Feuerwiderstand 70f
Flachstahlanker 67, 116
Flachstürze **32f**
Flächenbezogene Masse 62ff
Formate 75, 90, **91ff**
Freistehende Ziegelmauern 120
Fugen 89ff
Gebäudeenergiegesetz GEG .. 38, 42
Gebäudeklassen 71
Gebäudestabilität **131f**
Gurtwicklerziegel 30
Güteschutz 105, 147
Haustrennwände 69
Herstellung von Ziegeln 11
Innenwände 121
Kellermauerwerk 52, 88, 119
Keramikklinker 13, 20ff
Kerndämmung 36f, 123ff
KfW-Effizienzhäuser 42ff
Klinker 13, 20ff, 123ff
Konformität.....146ff
Konsolen 50, 110, 126
Kriechen **74**, 134
Lagerfuge **89**, 138f
Längsfuge 89
Lärmschutz 60
Lastfreistreifen 133, 134
Läuferverband 93
Lebenszykluskosten 76
Leichtmörtel 139f
Leichtputz.....141ff
Lieferschein 147
Lochung 13f, **18f**
Luftdichtheit 41
Luftschalldämmung 60ff
Luftschicht (zweischaliges Mw) 123f
Massivdach 137
Maße der Ziegel 14, **16**
Maßordnung 90f
Maueranker 116
Mauermörtel 139f
Mauertafeln 103ff
Mauerwerksverbände 93
Mindestwärmeschutz.....40
Mindestauflast 85
Mörtel **138ff**
Mörteltaschen 14, 16f
Musterbauordnung 144
Nachhaltigkeit 77ff
Nennmaß 90
NF (Normalformat) 91
Nichttragende Außenwand ... 122
Nichttragende Innenwand 121
Normen 146, 148ff
Oberputz.....142f
Öffnungsmaß 90
Ökobilanz 77, 79
P-Ziegel 12
Passivhaus 42, 48
Pfeiler 83, 117
Planfüllziegel 13, 23, 25, 102, 66f, 129
Planziegel 13, 23ff, 96ff
Plusenergiehaus 42, 44
Putz 138ff
Recycling 80
Ringanker/Ringbalken.....132
Rohdichte 20
Rollladenkasten 30
Sanierung 50
Schachtziegel.....28
Schalldämm-Maß 24, 60ff
Schlankheit 83
Schlitze 106f
Schlitzeinbindung 66f
Schubnachweise 86f
Schutz des Mauerwerks ... 130
Schwinden 74
Sicherheitsbeiwerte.....81, 83
Sichtmauerwerk 93, 123ff
Sommerlicher Wärmeschutz..38, 41
Stoßfuge 89
Stumpfstoß 66, 116
Tauchverfahren 102
Technische Baubestimmungen..144
Teilsicherheitskonzept 81
Temperaturverformung 74
Tragende Wände 117ff
Trennwände 66, 68, 69, 121
Überbindemaß 82, **89**
Unterputz 142**ff**
U-Ziegel 12ff
U-Schalen 27
U-Wert **34ff**
Ü-Zeichen 105, 145, 147
VD-System 97ff, 139
Verband/Mauerwerksverband.89ff
Verformungseigenschaften 74
Verfugung 128
Verwertung 80
Vorfertigung 103
Vorgehängte Fassade.....47
Vormauermörtel (VM) 104, 112
Vormauerziegel ... **9ff**, 47, 104, 107ff
V.Plus 97ff, 139
Wärmebrücken 40
Wärmeleitfähigkeit 34ff
Wärmeschutz 34ff
WDF–Wärmedämmfassade.....50
Wirtschaftlichkeit 75f
Zentrierleiste 82f, 134
Ziegeldecken 135f
ZIS 68
Zulassungsziegel 23ff
Zweischalige Außenwände ... 123ff

FUERD+V+A+K20011011 10MP_V12

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 Holzfertigbauten 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
[9] Tagungsband DIBt Praxisforum 2017 - Herausgeber: Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) - 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
[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