

ziegel



Zweischalenmauerwerk



für Niedrigenergiehäuser



und Passivhäuser



Ziegel- Zweischalen- für Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser

Inhaltsverzeichnis

Ziegel-Zweischalenmauerwerk für Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser	3
Konstruktionsprinzip	6
Bauphysik	8
Konstruktion	10
Bauvorgang	14
Wirtschaftlichkeit	15
Leistungsbeschreibung und Kostenkalkulation	16
Konstruktionsdetails	17
Beispiele für Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser aus Ziegel-Zweischalenmauerwerk	22

Wärmemauerwerk

In den letzten Jahren haben sich die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz in Österreich drastisch verändert. In praktisch allen Landesbauordnungen, in den Landes-Wohnbauförderungs-Bestimmungen und in neugeschaffenen Richtlinien und Normen zur Begrenzung des Energieverbrauches von Wohngebäuden wurden immer strengere Grenzwerte für den maximal zulässigen U-Wert (früher k-Wert!) von Bauteilen, wie beispielsweise Außenwänden, Decken,

Fenstern etc., bzw. für den maximal zulässigen Heizwärmebedarf von Wohngebäuden festgelegt.

In mehreren Bundesländern und bei vielen Wohnbaugenossenschaften bzw. Bauträgern ist es mittlerweile eine Selbstverständlichkeit, neue Wohnbauten im Niedrigenergiehaus-Standard auszuführen. Als konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses hat das sogenannte Passivhaus derzeit einen geringen Markt-





anteil am Baugeschehen. Dieser Marktanteil wird aber – so schätzt man – in den nächsten Jahren stark steigen. Was versteht man nun unter diesen beiden Begriffen? Die Definitionen in den einzelnen Bundesländern schwanken zwar geringfügig, pendeln sich jedoch mehr und mehr auf folgende Werte ein: der spezifische Heizwärmebedarf (gemäß ÖNORM B 8110-1) eines Niedrigenergiehauses muß kleiner als 40 – 50 kWh pro m² beheizter Bruttogeschossfläche und Jahr sein. Der entsprechende Wert für ein Passivhaus – darunter versteht man ein Gebäude, dessen Heizwärmebedarf so gering ist, daß auf ein konventionelles Heizungssystem völlig verzichtet werden kann – liegt bei 15 kWh/m²a – dieser Wert wird praktisch europaweit anerkannt.

Natürlich hat sich die Baustoffindustrie auf diese Anforderungen eingestellt und neue Systeme und Bauweisen entwickelt. Auch die Ziegelindustrie ist gefordert, innovative Lösungen anzubieten, die allen bauphysikalischen, ökologischen und wirtschaftlichen Anforderungen entsprechen. Eine dieser – für Österreich – relativ neuartigen Bauweisen ist das zweischalige Ziegelmauerwerk.

Als Zweischalenmauerwerk werden Außenwandkonstruktionen bezeichnet, die aus zwei Mauer-schalen und einer wärmedämmenden Zwischenschicht bestehen. Die konsequente Trennung der Funktionen in drei Schichten mit verschiedenartigen Aufgaben erlaubt die volle Aus-nützung der hervorragenden Eigenschaften des Ziegelmaterials aus gebranntem Ton. Mit der Zweischalen-Bauweise kann einerseits den bau-statischen Erfordernissen ebensogut Rechnung getragen werden wie den bauphysikalischen, andererseits bleibt dem Architekten doch ein weiter Spielraum für die architektonische Gestal-tung. Im koordinierten Zusammenwirken ergibt sich die Summe der guten Eigenschaften des Zie-gel-Zweischalenmauerwerks.

Seit Jahrzehnten gehört das Zweischalenmauerwerk in vielen Ländern Europas, wie beispiels-weise den skandinavischen Ländern, im Benelux, in Norddeutschland oder in der Schweiz, zu den wichtigsten Außenwandkonstruktionen. Für die bautechnische Realisierung dieses Konstruk-tionsprinzips gibt es aber nicht nur eine einzige Lösung, sondern eine breite Palette an unter-schiedlichen Ausführungsvarianten. Insbesonde-re geht es dabei um die Frage, ob die Vorsatz-

schale hinterlüftet wird, d.h. daß zwischen Vorsatzschale und Dämmschichte ein Luftspalt vorgesehen wird, oder nicht bzw. um die Frage, ob die Vorsatzschale als Sichtmauerwerk – z.B. aus Klinkerziegeln – oder als verputzte Fassade ausgeführt wird. In den einzelnen Ländern Europas gibt es diesbezüglich unterschiedliche Traditionen; während beispielsweise in Norddeutschland oder in Holland praktisch alle Fassaden aus Sichtziegeln ausgeführt werden, so dominiert in Zentraleuropa die verputzte Fassade. Jede dieser Ausführungsvarianten hat ihre Vorteile, allen gemeinsam ist jedoch die nahezu unbegrenzte Haltbarkeit des Bausystemes, seine enorme Flexibilität im Hinblick auf bauphysikalische Eigenschaften – Wärmeschutz, Schallschutz, Feuchtigkeitsschutz und Brandschutz –, seine hervorragende ökologische Qualität und seine ausgezeichnete Wirtschaftlichkeit über die gesamte Lebensdauer.

Diese positive Meinung zum System des zweischaligen Ziegelmauerwerkes vertritt nicht nur die Ziegelindustrie, sondern auch eine große und ständig zunehmende Zahl an Architekten, Bau-

physikern, Bauökologen und -biologen. Daher gibt es mittlerweile in ganz Österreich bereits eine Reihe von repräsentativen Bauten – Wohnhäuser, Kindergärten, Spitäler, etc. – die mit dieser Bauweise errichtet wurden. Es gibt auch einige glühende „Fans“, die sich voll dem Zweischalenmauerwerk verschrieben haben, stellvertretend sei hier der bekannte Innsbrucker Architekt Dipl.-Ing. Günter Wehinger erwähnt, der alle seine Projekte aus Ziegel-Zweischalenmauerwerk baut und der an der Erarbeitung dieses Heftes intensiv mitgewirkt hat.

Aufgrund der Tatsache, daß diese Bauweise in Österreich noch relativ jung ist, gibt es allerdings leider auch immer wieder Probleme und Widerstände bei der Anwendung. Insbesondere das verarbeitende Baugewerbe ist oftmals aufgrund mangelnder Erfahrungswerte skeptisch und bietet dieses System daher nicht oder nur zu sehr hohen, damit aber nur schwer konkurrenzfähigen, Preisen an. Wir wollen mit dieser Informationsbroschüre den Wissensstand über das zweischalige Ziegelmauerwerk verbessern und es so einer breiteren Anwendung im österreichischen Baugeschehen zuführen.



Innenschale

Der inneren Ziegelschale sind in erster Linie die Tragfunktionen zugeordnet (Mauerwerksnorm ÖNORM B 3350). Sie ist durch die Außenschale vor Witterungseinflüssen geschützt und nur sehr geringen Temperaturdifferenzen ausgesetzt.

Die Innenschale ist außerdem maßgebend an der Erzielung und Erhaltung des behaglichen und ausgeglichenen Wohnklimas beteiligt, das Ziegelkonstruktionen auszeichnet. Neben der guten Dämmfähigkeit gegen störenden Schall sind dafür vor allem die große Wärmespeicherfähigkeit sowie die für den Feuchtehaushalt maßgebende Kapillarität des gebrannten Tonmaterials von großer Bedeutung. Es empfiehlt sich deshalb, die innere Schale in einer Dicke von mindestens 25 cm mit schalltechnisch günstigen Hochlochziegeln auszuführen (die Mindestdicke für tragendes Mauerwerk beträgt 17 cm) und mit Kalk-Zement-Mörtel oder Dünnbettmörtel (bei Planziegel) zu vermauern.

Wärmedämmschicht

Die Zwischenschicht hat den Hauptteil der Wärmedämmung zu übernehmen. Als Dämmaterial werden vorzugsweise standfeste Platten verwendet; es haben sich vor allem Mineralfaserplatten (Glasfasern oder Steinwolle) bewährt. Außerdem sind eine Vielzahl von anderen Dämmstoffen möglich (Platten, Matten oder Schüttgut), wobei der Feuchtigkeitsaufnahme, Verrottungssicherheit und Setzungsgefahr besondere Beachtung geschenkt werden muß.

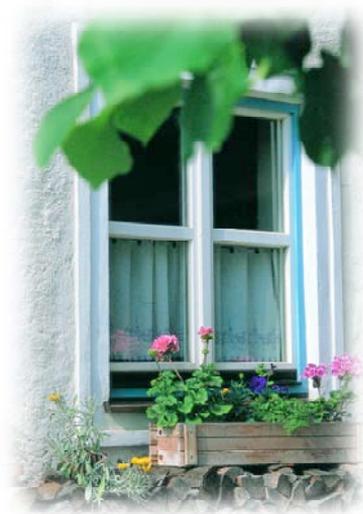
Außenschale

Die äußere Mauerschale dient in erster Linie als Schutzschicht gegen die Witterungseinflüsse und liefert einen Beitrag zum sommerlichen Wärmeschutz. Sie hat dem Schlagregen sowie dem Winddruck und Windsog zu widerstehen.

Darüberhinaus ist die Außenschale zum Teil beträchtlichen Temperaturunterschieden ausgesetzt. Auf Grund langjähriger Erfahrung empfiehlt es sich, die Dicke der Außenschale mit 10 oder 12 cm zu wählen und einen Kalkzement-Mauermörtel zu verwenden, um dadurch eine ausreichende Mauerwerksbiegezugfestigkeit zu gewährleisten.

Arten von Zweischalenmauerwerk

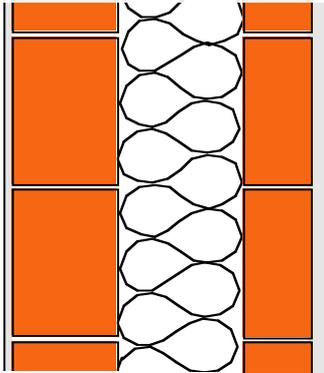
Zweischalige Wände können grundsätzlich mit oder ohne Hinterlüftung ausgeführt werden. Generell gilt, daß die Hinterlüftung ein höheres Maß an Sicherheit gegenüber der Gefahr einer Durchfeuchtung der Dämmschicht bietet und daß die diffusionsäquivalenten Luftschichtdicken (S_d -Werte) der einzelnen Schichten von innen nach außen abnehmen sollen. Insbesondere bei Ausführung der Außenschale als Sichtmauerwerk mit Klinkerziegeln und bei Verwendung eines Dämmstoffes mit einem S_d -Wert $>10m$ ist jedenfalls eine Hinterlüftung vorzusehen. Bei Konstruktionen mit einer Kerndämmung aus Mineralfaserplatten (S_d -Wert 0,3m), einer Vormauerung aus Hochlochziegeln (S_d -Wert 1m) und bei Verwendung eines Außenputzes mit einem S_d -Wert 1m kann auf eine Hinterlüftung verzichtet werden.



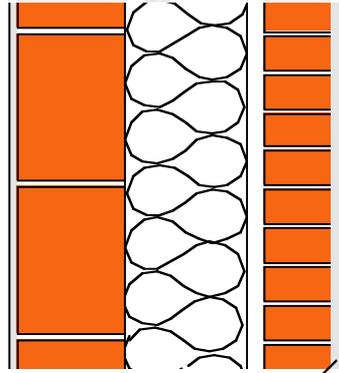
1.) ohne Hinterlüftung

2.) mit Hinterlüftung

Vertikalschnitt:

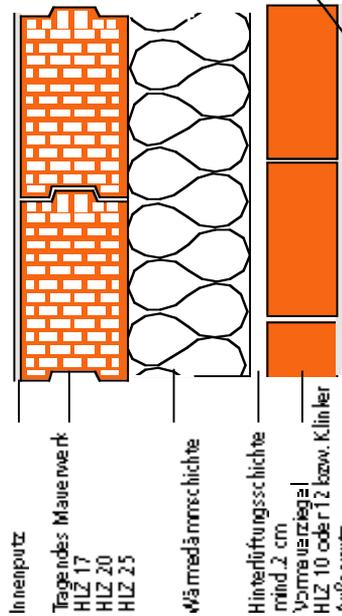
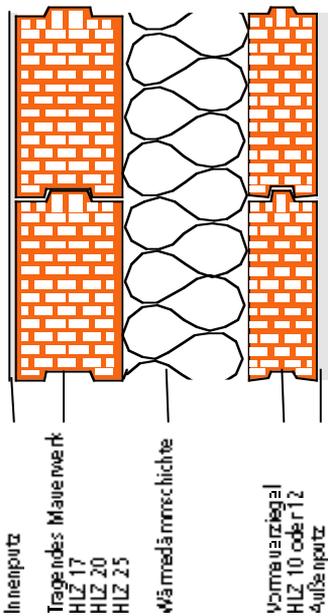


Vorsatzschale im Abstand von der Wärmedämmung aufmauern



Bei Ausführung als Klinkervorsatzschale (12 cm) entfällt der Verputz!

Horizontalschnitt:



Das zweite Unterscheidungskriterium ist die Ausführung der Außenschale. Diese kann entweder – unter Verwendung von Sichtziegeln oder Klinkern – als Sichtmauerwerk ausgeführt werden oder aber mit einem mineralischen Putz versehen werden.

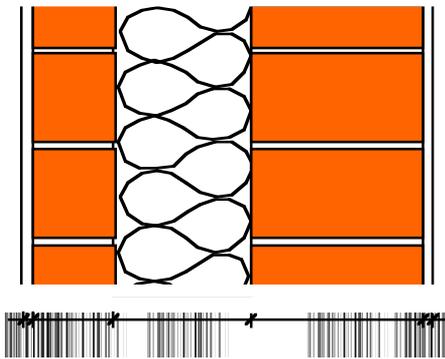
Nachfolgend werden einige bauphysikalische Richtwerte für die wichtigsten Typen von zweischaligen Ziegelwandkonstruktionen angegeben. Grundlage dafür sind Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit für Ziegel ($\lambda = 0,34 \text{ W/mK}$ für schalltechnisch günstige Vor- und Hintermauerziegel, mit KZM bzw. Klinker-mörtel gemauert), Dämmstoffe ($\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$) und Kalk-Zement-Putz ($\lambda = 0,60 \text{ W/mK}$), Rechenwerte für das bewertete Schalldämm-Maß R_w gemäß Önorm B 8115 sowie die in den einschlägigen Normen für Wärme-, Schall- und Brandschutz enthaltenen Regeln.

Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung

(12 cm Vormauerschale, 2x1,5 cm KZ-Putz)

Hintermauerziegel		HLZ 25				HLZ 20			
Dämmstoffdicke (cm)		16	18	20	22	16	18	20	22
Wanddicke (cm) unverputzt		53	55	57	59	48	50	52	54
Wärme-schutz	Wärmedurchlaßwiderstand R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	5,14	5,64	6,14	6,64	4,99	5,49	5,99	6,49
	Wärmedurchgangszahl U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,19	0,17	0,16	0,15	0,19	0,18	0,16	0,15
	speicherwirksame Masse (kg/m^2) nach B 8110-3:	ca. 86				ca. 80			
Schall-schutz	flächenbezogene Masse (beide Schalen) (kg/m^2)	280 + 140 = 420				220 + 140 = 360			
	bewertetes Schalldämmmaß R_w (dB)	64				62			
Brand-schutz	Brandwiderstandsklasse	REI 90							
Feuchte-schutz	Dampfdiffusionswiderstand	abhängig vom verwendeten Dämmstoff							
	Kondensationsrisiko	im Einzelfall nachzuweisen							

Beispiel (für die Berechnung des U-Wertes):



$$U = \frac{1}{R_{si} + R_t + R_{se}}$$

$$R_t = \sum \frac{d}{\lambda} = \frac{0,015}{0,60} + \frac{0,25}{0,34} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,12}{0,34} + \frac{0,015}{0,60} = 5,99 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{5,99 + 0,17} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

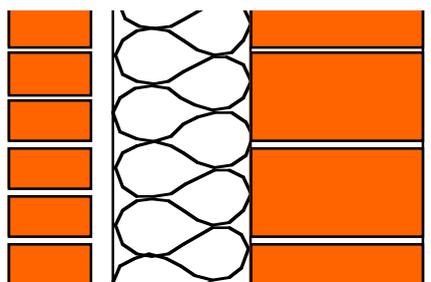
Zweischalenmauerwerk mit Hinterlüftung

(12 cm Klinkervorsatzschale, 4 cm Luftschicht, 1,5 cm KZ-Innenputz)

Hintermauerziegel		HLZ 25				HLZ 20			
Dämmstoffdicke (cm)		16	18	20	22	16	18	20	22
Wanddicke (cm) unverputzt		57	59	61	63	52	54	56	58
Wärme- schutz *)	Wärmedurchlaßwiderstand R (m²K/W)	4,76	5,26	5,76	6,26	4,61	5,11	5,61	6,11
	Wärmedurchgangszahl U (W/m²K)	0,20	0,18	0,17	0,15	0,21	0,19	0,17	0,16
	speicherwirksame Masse (kg/m²) nach B 8110-3:	ca. 86				ca. 80			
Schall- schutz	flächenbezogene Masse (beide Schalen) (kg/m²)	280 + 200 = 480				220 + 200 = 420			
	bewertetes Schalldämmmaß R _W (dB)	66				64			
Brand- schutz	Brandwiderstandsklasse	REI 90							
Feuchte- schutz	Dampfdiffusionswiderstand	abhängig vom verwendeten Dämmstoff							
	Kondensationsrisiko	durch Hinterlüftung unproblematisch							

*) Gemäß ÖNorm B 8110, 1. Teil, bleiben die Luftschicht und die Vormauerung bei der Berechnung unberücksichtigt; die Wärmeübergangswiderstände werden mit $R_{si}+R_{se} = 0,21 \text{ m}^2\text{K/W}$ angesetzt.

Beispiel (für die Berechnung des U-Wertes):



$$U = \frac{1}{R_{si} + R_t + R_{se}}$$

$$R_t = \frac{0,015}{0,60} + \frac{0,25}{0,34} + \frac{0,20}{0,04} = 5,76 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{5,76 + 0,21} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$



Bei Vorliegen von besseren, durch Prüfungen nachgewiesenen Materialkennwerten, können diese in die Berechnung eingesetzt werden.

Beanspruchung

Die Außenschale ist starken klimatischen Beanspruchungen, wie Temperaturunterschieden, Feuchtigkeit etc. ausgesetzt. In bezug auf Temperaturunterschiede sind sowohl die langzeitlichen Schwankungen der Außentemperatur zwischen Sommer und Winter als auch kurzfristig oder plötzlich auftretende Temperaturdifferenzen zu beachten, wie beispielsweise die Schwankungen zwischen Tag und Nacht oder die Abkühlung einer sonnenerwärmten Wand durch Regen.

Für die Beurteilung des Temperaturverhaltens einer Außenschale muß mit den folgenden Differenzen der mittleren Temperatur einer Wandpartie gerechnet werden:

Differenzen im Tagesablauf:

sehr helle Wände: 15 bis 20 K

dunklere Wände: 30 bis 40 K

Differenzen zwischen den Jahreszeiten:

sehr helle Wände: -20°C bis $+40^{\circ}\text{C} = 60\text{ K}$

dunklere Wände: -20°C bis $+60^{\circ}\text{C} = 80\text{ K}$

Die Temperaturdifferenzen zwischen Außenseite und Innenseite der Außenschalen können bis zu 15 K betragen.

Dehnungsfugen

Das Ziegelmauerwerk gehört zu den Baukonstruktionen mit der geringsten Wärmedehnung.

Ziegelmauerwerk 0,005 mm/mK

Holz (längs) 0,006 mm/mK

Porenbeton 0,008 mm/mK

Beton 0,010 mm/mK

Stahl 0,010 mm/mK

Kupfer 0,019 mm/mK

Aluminium 0,024 mm/mK

Trotzdem müssen die Längenänderungen der Außenschale bei der Projektierung berücksichtigt werden. Eine 10 m lange Wand dehnt sich bei angenommenen Temperaturdifferenzen von 60 K zwar nur um 3 mm, wenn die Wand diese Bewegungen aber nicht weitgehend zwängungsfrei ausführen kann, können Rißbildungen auftreten.

Die folgenden Voraussetzungen für eine ausreichende Bewegungsfreiheit in Wandebene der Außenschale sind notwendig:

- sorgfältiges Vermeiden von Kraftbrücken zwischen Tragkonstruktion und Außenschale, wie sie durch Mörtel, Dachsparren, Fensterkonstruktionen usw. hervorgerufen werden können,
- richtig angeordnete, konstruktiv zweckmäßige Verankerung der Außenschale,
- angemessene Anordnung von Dehnungsfugen.

Dehnungsfugen

Als Grundprinzip gilt, daß Bewegungsfugen dort angeordnet werden sollen, wo das Mauerwerk reißen würde, wenn keine Fugen vorhanden wären. Folgende Faktoren können bei der Beurteilung von Bedeutung sein:

- Größe und Geometrie der Wand
- Lage und Größe der Öffnungen
- Dicke der Außenschale
- Auflagerung der Wand
- unterschiedliche Belastung der Wand (tragend/nichttragend)
- Intensität der Sonnenbestrahlung
- Farbton der Fassadenoberfläche
- Größe des Dachvorsprunges, Vordach
- klimatische Verhältnisse
- geographische Orientierung.

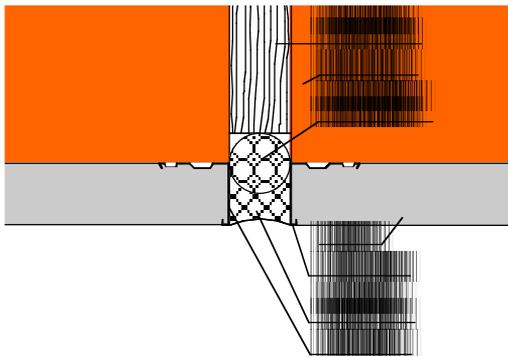
Richtwerte für Dehnungsfugenabstände in Außenschalen

Wandaufbau	Dehnungsfugenabstand in (m)	
	Vertikalfugen	Horizontalfugen
Zweischalenmauerwerk mit Luftschicht	10 – 12	6 – 12
Kerndämmung	6 – 8	6 – 12

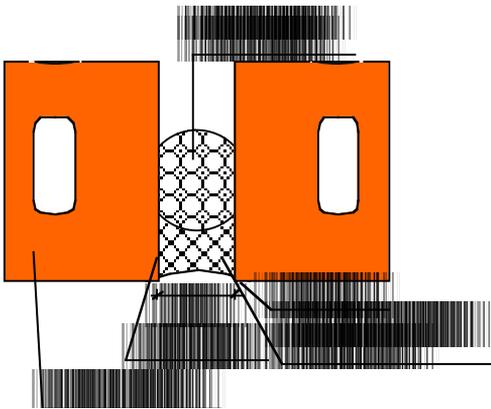
Anm.: Bei stark besonnten Flächen, dunklen Ziegeloberflächen und/oder bei Verblendschalen mit geringer Masse sind die geringeren Abstände zu wählen.

Die Fugenbreite in Abhängigkeit vom gewählten Dichtungsmaterial muß die errechneten Längenänderungen infolge Temperaturdehnung aufnehmen können. Außerdem müssen die beiden Wandteile durch ein geeignetes, weiches Füllmaterial vollständig voneinander getrennt sein. Je nach Fugensystem hat sich eine Fugenbreite von 10 bis 30 mm bewährt.

Verputzte Vorsatzschale



Klinker Vorsatzschale

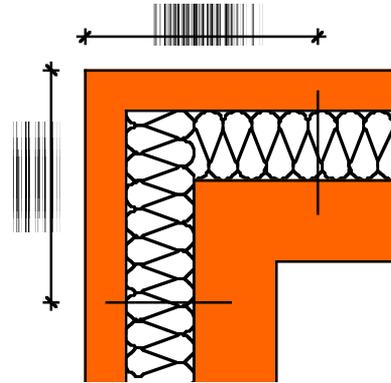


Besonders zu berücksichtigen ist die sorgfältige Trennung (Fugen) bei Ecken, Anschlüssen an tragende Teile, Fenstern und Türen sowie bei Anschlüssen an andere Materialien:

Ecken

Bei der gebräuchlichen Dicke der Außenschale von 10 bis 12 cm werden meistens die Hauptecken eines Gebäudes getrennt. Wenn die Überlegungen des Planers zu einer Eckausbildung ohne Trennung führen, muß einwandfrei im Eckverband durchgemauert werden. Außerdem dürfen in diesem Fall keine Anker in der Nähe der Ecke (Abstand mindestens 1 m) angeordnet werden.

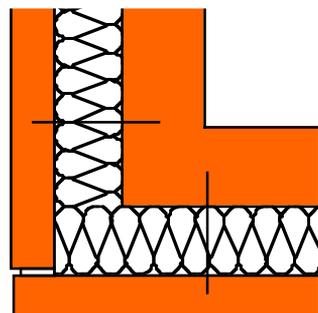
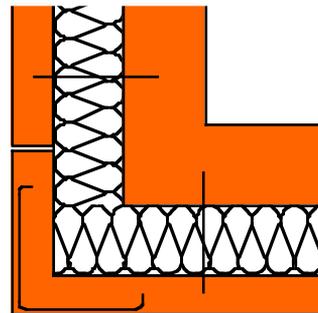
Beispiele für Eckausbildung Durchgemauerte Ecke



Die Anker sind in einem Abstand von der Ecke von mindestens 1 m (in der Regel bis ca. 1,5 m) anzuordnen.

Eckbügel (korrosionsgeschützt; \varnothing 6 mm) in vertikalen Abständen von maximal 0,6 m werden empfohlen.

Ecken mit Dilatationsfugen



Die Anker sollen nahe bei der Fuge angeordnet werden. Vertikaler Abstand der Anker maximal ca. 1,8 m.

Balkone

Sowohl bei der vollkommenen Trennung der Balkone von der inneren Tragkonstruktion, wie auch bei auskragenden Lösungen (gegebenenfalls mit handelsüblichen, wärmegeprägten Kragplattenanschlüssen) kann es notwendig sein, die auf den Balkonplatten aufgelagerten Wandpartien von denjenigen außerhalb der Balkone zu trennen (Vertikalfuge).

Tür- und Fensteröffnungen, Dachanschluß

Anschlußkonstruktionen und Abdeckungen müssen so ausgebildet werden, daß kein Widerstand gegen die Temperaturverformung der äußeren Schale entstehen kann.

Verankerung

Die äußere Schale muß zur Gewährleistung der Standsicherheit mit der Tragkonstruktion verbunden werden. Da ein starrer Verbund zwischen den beiden Mauerschalen aus Gründen der Wärmedämmung (Wärmebrücken) und der Bewegungsfreiheit der Außenschale in Wandebene (Temperaturdehnung) aber grundsätzlich unerwünscht ist, darf die Verankerung nur durch spezielle und richtig angeordnete Zweischalenanker erfolgen. Alle übrigen Zwängungen, beispielsweise verursacht durch Mörtelbrücken, Sparrendurchführungen oder Fensterrahmen, sind sorgfältig zu vermeiden.

In der Praxis haben sich für Schalenabstände bis zu 20 cm vor allem Flachanker und Drahtanker (im Regelfall mit Dübel und Schlaggewinde) bewährt. Für größere Schalenabstände sind Spezialanker, wie z.B. Gelenkanker oder Spiralanker empfehlenswert. Beachten Sie bitte die Empfehlungen der Systemanbieter.

L-Anker



Verankerungsart	Durchmesser mm	Länge mm
Verankerung in Mörtelfuge	3	225
	bzw. 4	250
		275
		300
		340

Drahtanker oder CARBO-Anker mit Schlaggewinde



Verankerungsart	Länge mm	Schalen- abstand mm	Zul. Anker- belastung kN
Verankerung in den Ziegel	240	100-140	1.5
	300	150-200	1.5

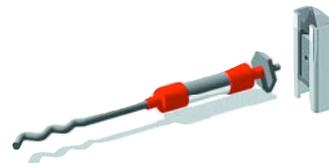
Gelenkanker



Verankerungsart	Länge mm	Schalen- abstand mm	Zul. Anker- belastung kN
Verankerung in Mörtelfuge	240	50-75	1.7
	270	80-105	1.7
	300	110-135	1.7
	330	140-165	1.7
	360	170-200	1.7



Verankerungsart	Länge mm	Schalen- abstand mm	Zul. Anker- belastung kN
Verankerung in den Ziegel	205	50-75	1.7
	235	80-105	1.7
	265	110-135	1.7
	295	140-165	1.7
	325	170-200	1.7



Verankerungsart	Länge mm	Schalen- abstand mm	Zul. Anker- belastung kN
Verankerung in Profileisenschiene	140-190	65-90	1.7
	170-220	95-120	1.7
	200-250	125-150	1.7
	230-280	155-180	1.7
	260-315	185-215	1.7

Spiralanker



Verankerungsart	Länge	Schalenabstand mm	Zul. Ankerbelastung kN
	mm		
Verankerung in Mörtelfuge	190	50-90	1.0
	230	90-130	1.2
	270	130-170	1.2



Verankerungsart	Länge	Schalenabstand mm	Zul. Ankerbelastung kN
	mm		
Verankerung in den Ziegel	200	50-80	1.0
	230	80-110	1.2
	260	110-140	1.2
	290	140-170	1.2

Die Wahl der Anker und der Einbauart hängen wesentlich mit dem Bauvorgang zusammen. Da die Anker zwischen den beiden Schalen nicht vollkommen vor Korrosionseinflüssen geschützt sind, werden sie ausschließlich in entsprechendem Edelstahl geliefert.

Anordnung der Anker

Die Anzahl und Anordnung der Anker hängt vom Ankertyp ab. Bei Verwendung von Drahtankern gilt die nachfolgende Tabelle.

	Drahtanker	
	Durchmesser (mm)	Anzahl
allgemein	3	5
Wandbereich höher als 12 m über Gelände oder Abstand der Mauerwerkschalen zwischen 70 und 120 mm	4	5
Abstand der Mauerwerkschalen bis 150 mm	4	7
Abstand der Mauerwerkschalen bis 200 mm	4	9

Zusätzlich wird empfohlen, im Fugen- und Randbereich 3 Anker/lfm einzulegen.

Bei Verwendung von Flachstahlnankern kann als Richtwert von 1 Anker pro m² ausgegangen werden.

Bezüglich der Austeilung von Gelenk- oder Spiralankern sind die jeweiligen Herstellerangaben bzw. die Vorgaben des Projektanten zu beachten.

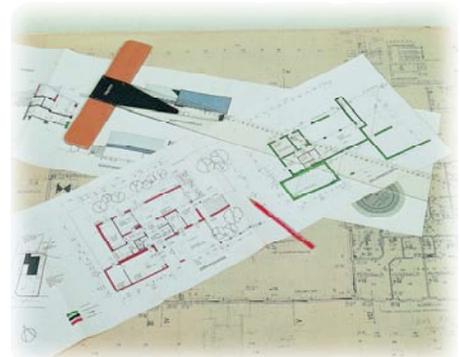
Werden die Anker in Reihen versetzt, so empfiehlt es sich, pro Geschoß 3 Reihen anzuordnen, eine Reihe knapp unterhalb des Parapetts, eine Reihe im Sturzbereich der Fensteröffnungen und eine Reihe im Deckenauflegerbereich.

Die Auswahl des geeigneten Ankertyps hängt nicht nur mit dem Schalenabstand und den Beanspruchungen zusammen, sondern auch wesentlich mit dem Bauvorgang; entsprechende Hinweise finden sich im Abschnitt „Bauvorgang“.

Konsolen dienen zur Abfangung der Vorsatzschale beim Zweischalenmauerwerk. Für unterschiedliche Anforderungen gibt es viele verschiedene Konsoltypen. Hersteller bieten umfangreiche Produktkataloge.

Hinterlüftung

Als hinterlüftet gilt eine Vorsatzschale, wenn der ständig freibleibende Hinterlüftungsspalt zwischen massiver Innenschale bzw. Dämmschicht und Verkleidung mind. 2 cm beträgt, und die freibleibenden Zu- und Abluftquerschnitte jeweils mind. 150 cm² je Laufmeter Vorsatzschale betragen. Die Hinterlüftung muß auch im Parapett- und Sturzbereich sichergestellt sein. Zur Berücksichtigung allfälliger Bauungenauigkeiten wird empfohlen, 3–4 cm Luftspalt bei der Planung vorzusehen, damit der Mindestabstand von 2 cm garantiert ist.



Nachträgliches Aufmauern der Außenschale

Bei diesem Vorgehen wird die gesamte Tragkonstruktion erstellt, bevor mit dem Aufziehen der Wärmedämmung und dem Aufmauern der äußeren Schale begonnen wird. Dabei ergibt sich in der Regel eine qualitativ hochstehende Bauausführung, insbesondere auf Grund der folgenden Vorteile:

- Durch entsprechendes Abdecken der Wärmedämmschicht und der Außenschale während des gesamten Bauvorganges ist der Schutz vor Durchnässung einwandfrei und ohne Mehraufwand sichergestellt.
- Die Dämmschicht kann lückenlos aufgezogen, befestigt und kontrolliert werden.
- Die konsequente Trennung der beiden Schalen zur Vermeidung von Kraftbrücken und entsprechenden Zwängungen kann einwandfrei realisiert und kontrolliert werden.
- Bei Sichtmauerwerk wird die Gefahr von Beschädigung, Verschmutzung und Verfärbung der Außenschalen während des Bauvorganges erheblich reduziert.



Gleichzeitiges Aufmauern beider Schalen

Das Aufmauern der beiden Schalen oder das Vorziehen der Außenschale ist weniger zu empfehlen, bei Sichtmauerwerk vollkommen abzulehnen. Der einzige Vorteil dieses Bauvorganges liegt bei der Möglichkeit, die Anker beidseitig direkt in die Lagerfugen einzumörteln. Allerdings sind folgende Maßnahmen erforderlich :

- Spezielles Abschalen des Deckenrostes unter Vermeidung einer Beanspruchung der Außenschale.
- Einlegen einer Folie vor dem Betonieren, um Mauerwerk und Wärmedämmung vor dem Durchnässen zu schützen.

Befestigung des Dämmstoffes

Bei zweischaligem, hinterlüftetem Sichtmauerwerk erfolgt die mechanische Befestigung des Dämmstoffes mittels der auf die Luftschichtanker der Vorsatzschale aufgeschobenen Klemmplättchen.

Aufbringen des Fugenmörtels

Beim Aufbringen des Lagerfugenmörtels muß darauf geachtet werden, daß kein Mörtel in den Lüftungsspalt fällt (z.B. durch Mitziehen einer Dämmplatte aus Styropor).

Einbau der Anker

Es gibt drei prinzipielle Möglichkeiten für den Einbau der Anker:

- Anker beidseitig im Mörtelbett: Voraussetzung hierfür ist, daß die Lagerfugen in der Innen- und Außenschale in gleicher Höhe sind;
- Anker in der Innenschale eingedübelt: bei ungleich hohen Lagerfugen werden nachträglich Dübel in die Innenschale versetzt;
- Spezialanker in Ankerschienen: hierbei sind die Anker in speziellen Schienen vertikal verschiebbar, je nach Höhe der Lagerfuge der Außenschale.

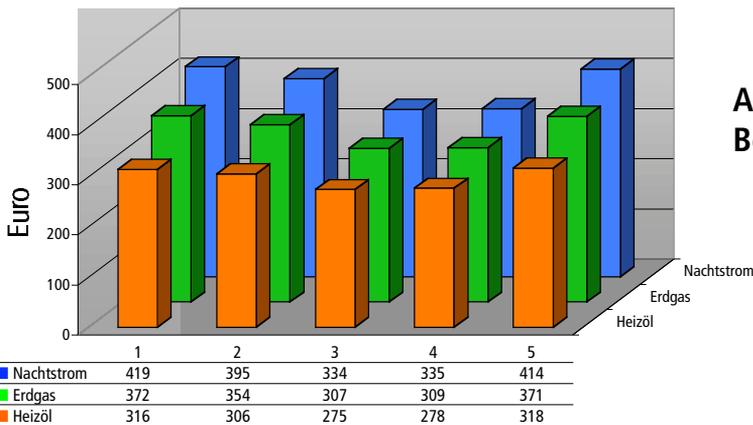
Wirtschaftlichkeit

Eines der am häufigsten ins Treffen geführten Argumente gegen die Verwendung von Zweischalenmauerwerk sind relativ hohe Investitionskosten. Die ökonomische Beurteilung von Außenwandkonstruktionen sollte sich jedoch über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes erstrecken. Ein taugliches Instrument dafür stellt der sogenannte Barwert der Lebensdauerkosten, für den nicht nur die Investitions- und Erhaltungskosten, sondern auch die Kosten für Heizenergie und die Abbruch- und Entsorgungskosten, auf den Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes abgezinst, berücksichtigt werden.

Im Rahmen eines internationalen Forschungsprojektes wurden derartige Barwerte der Lebensdauerkosten von üblichen Außenwandkonstruktionen verglichen. Insbesondere wurden 5 zweischalige Wandkonstruktionen betrachtet, 4 davon mit Außenputz, eine mit Klinkerfassade. Bei den verputzten Varianten wurde 3x eine tragende Innenschale von 17 cm Dicke angenom-

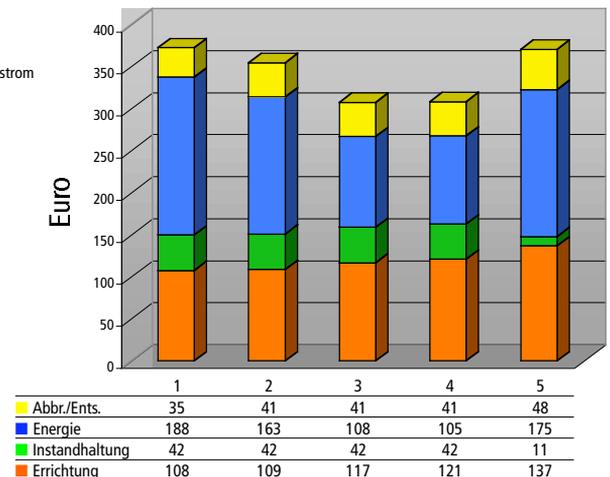
men und die Dämmdicke 1x mit 10, 1x mit 14 und 1x mit 20 cm. Weiters wurde eine verputzte Variante mit 25 cm tragender Innenschale und 20 cm Dämmstoff berechnet. In allen Fällen wurde eine Vorsatzschale mit 12 cm Dicke angenommen. Bei der Variante mit Klinkerfassade wurden 12 cm Dämmstoffstärke zugrunde gelegt. Jene Konstruktion, die dabei den niedrigsten Barwert aufweist, ist langfristig als die betriebswirtschaftlich vorteilhafteste anzusehen. Es zeigt sich, daß bei einem Szenario, nach dem die Energiekosten in Zukunft deutlich steigen werden (9% pro Jahr!), die Lebensdauerkosten aller untersuchten zweischaligen Wandkonstruktionen in einer Bandbreite von 275,- bis 419,- € liegen. Die steigenden Energiekosten bewirken, daß die Lebensdauerkosten umso niedriger sind, je besser die Wärmedämmung ist. Dies wirkt sich besonders stark bei der relativ unwirtschaftlichen Beheizung mit Strom aus. Dadurch schneiden die Konstruktionen mit 20 cm Wärmedämmung für Niedrigenergie-/Passivhäuser besonders gut ab und weisen in Summe die niedrigsten Barwerte der Lebensdauerkosten auf.

Barwerte der Lebensdauerkosten zweischaliger Wandkonstruktionen



- 17cm Innenschale/10 cm Dämmung/ 12 cm Außenschale/Verputz
- 17cm Innenschale/14 cm Dämmung/ 12 cm Außenschale/Verputz
- 17cm Innenschale/20 cm Dämmung/ 12 cm Außenschale/Verputz
- 25cm Innenschale/20 cm Dämmung/ 12 cm Außenschale/Verputz
- 25cm Innenschale/12 cm Dämmung/ 12 cm Außenschale (Klinkervormauerung)

Anteile der Lebensdauerkosten bei Beheizung mit Erdgas



Leistungsbeschreibung und Kostenkalkulation

Nachfolgende Ausschreibungstexte können als Anhaltspunkt für die Ausschreibung von zweischaligem Ziegelmauerwerk herangezogen werden. Dazu sind jeweils Richtpreise (Preisbasis 2004, exkl. MWSt.) angegeben, die sich aus zahlreichen bereits ausgeführten Bauten ergeben.

Pos. 1 Herstellen der tragenden Außen- und Innenwände aus 25 cm (bzw. 17 cm, 20 cm oder 30 cm) gebrannten Hochlochziegeln, horizontale Feuchtigkeitsisolierung mit Bitumenpappe 450 oder gleichwertig, Sturzausbildung mit Ziegel-Flachsturz (z. B. Spanntonsturz oder gleichwertig)m²

Richtpreis: 43,- bis 54,- €
(Lohn und Sonstiges)

Pos. 2 Liefern und montieren der Wärmedämmung (Kerndämmung) für Außenwände, ... mm (z. B. 200 mm stark) aus 2 Lagen Mineralwolleplatten FPL (oder gleichwertiges Dämmmaterial, $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$), Stöße versetztm²

Richtpreis: 15,- bis 25,- €
(Lohn und Sonstiges)

Pos. 3 Herstellen der Vormauerung aus 10 cm (bzw. 12 cm) gebrannten Hochlochziegeln, Sturzausbildung mit Ziegel-Flachsturz (z. B. Spanntonsturz oder gleichwertig), herstellen der Mauerleibungen, Verbindung mit der tragenden Wand mit CrNi-Stahlankern, Erstellen der erforderlichen Einrüstung (Weiterverwendung für Außenputz), Feuchtigkeitsisolierung mit Bitumenpappe 450 oder gleichwertigm²

Richtpreis: 37,- bis 46,- €
(Lohn und Sonstiges)

Alternativ:

Pos. 4 Herstellen der Vormauerung als Sichtmauerwerk aus Klinkerziegeln (nähere Spezifizierung, Farbe etc.), Sturzausbildung mit Klinker-Flachsturz oder gemauert, herstellen der Mauerleibungen, Verbindung mit der tragenden Wand mit CrNi-Stahlankern, Erstellen der erforderlichen Einrüstung, Feuchtigkeitsisolierung mit Bitumenpappe 450 oder gleichwertigm²

Richtpreis: 173,- bis 221,- €
(Lohn und Sonstiges)

Beispiel für Außenputz:

Pos. 5 Verputzen der Außenwandfläche mit einem 3-Lagen-Putz, bestehend aus Zement-Vorspritzer, K/Z-Grundputz und Feinputz, inklusive Ausbildung der Fenster- und Türleibungen und der erforderlichen Putzarmierung, Kanten leicht gerundet, Gerüstung siehe Position 3m²

Richtpreis: 25,- bis 33,- €
(Lohn und Sonstiges)

Hinzu kommen noch ca. 9,- € für einen Gipsmaschinensputz innen.

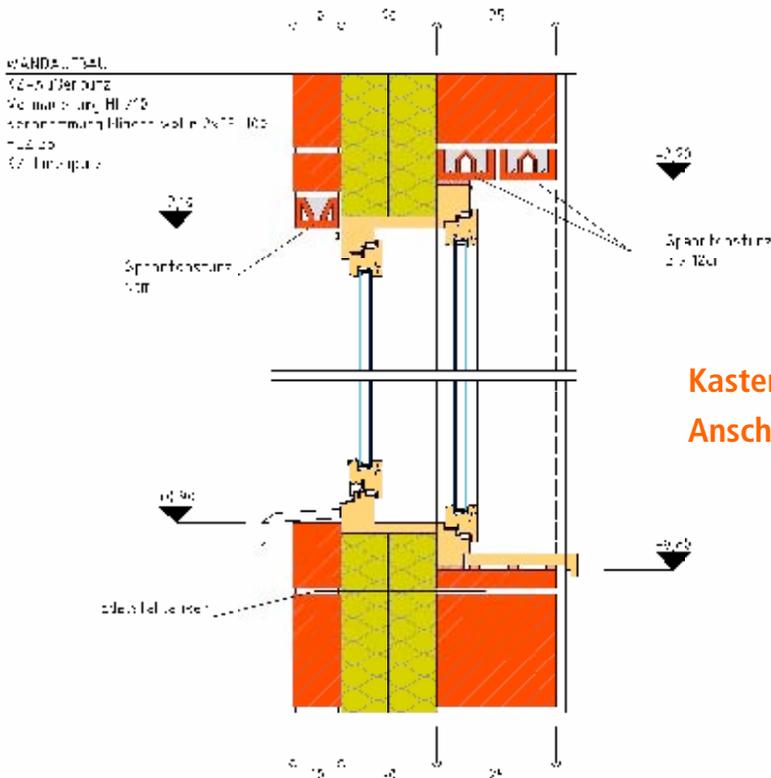
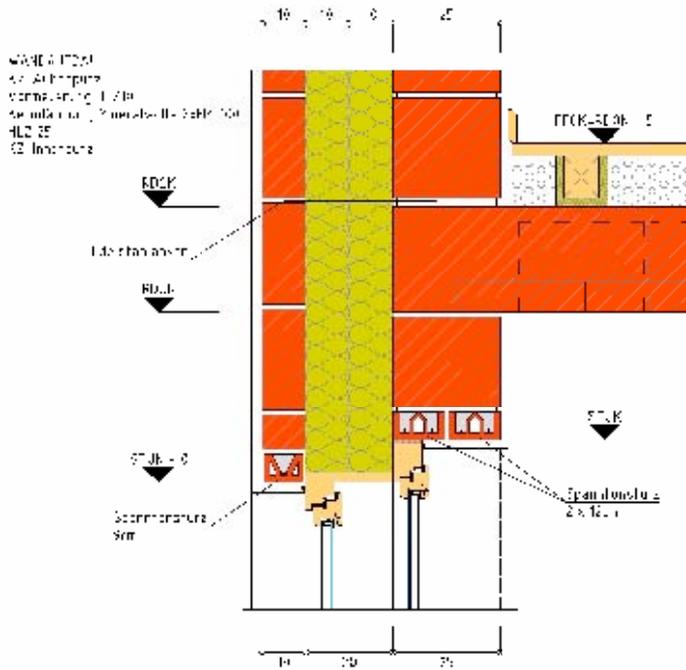
Daraus ergibt sich eine realistische Bandbreite der Gesamtkosten/m²:

- mit Außenputz: 129,- bis 167,- €
- mit Klinkerfassade: 240,- bis 309,- €

Selbstverständlich können diese Werte nur als grober Anhalt dienen, im Einzelfall sind jeweils gültige Marktpreise – die auch regional unterschiedlich sein können – heranzuziehen.

F. SZEDENAUFEN
 Kastenfenster 3000
 Feldeinstieg 60/60 auf 2cm Pflasterbohle TP120/20
 auf 1cm 200% - gewaschene Mineralwolle H20
 Höhe der Bauteile
 1.2 Deckplatte

**Anschluß Zwischendecke
 Kastenfenster Anschluß oben**



**Kastenfenster
 Anschluß oben/unten**

Beispiele für Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser aus Ziegel-Zweischalenmauerwerk



Einfamilienhaus Lindauergasse, Wien

Haustyp: Einfamilien-Wohnhaus

Planer: DI Peter Waldbauer, Wien

Bruttogeschossfläche beheizt: 430 m², A/V = 0,65

Energieverbrauch: 49 kWh/m²_{BGfa} (ohne kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung)

Lüftung: mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Heizsystem: Vorwärmung der Frischluft über einen Erdkollektor. Gas-Brennwertgerät. Solaranlage für Schwimmbecken

Außenwand (Klinkerfassade): 15 cm Innenwand, 8 cm Mineralwolle, 4 cm Luftschicht, 12 cm Klinkerziegel, **U-Wert:** 0,39 W/m²K

Außenwand (Putzfassade): 30 cm Hochlochziegel, 10 cm Dämmung, **U-Wert:** 0,24 W/m²K

Doppelhaus Dämon – List, Jenbach

Haustyp: Zweifamilien-Wohnhaus

Planer: Arch. DI Günter Wehinger, Innsbruck

Bruttogeschossfläche beheizt: 328 m², A/V = 0,68

Energieverbrauch: im Zeitraum 1998 bis 2004 tatsächlich gemessene Energiekennzahl beträgt 6 – 9 kWh/m²_{WNFLa}

Lüftung: Fensterlüftung

Heizsystem: je Wohnung ein kleiner, zentraler hocheffizienter Holzofen mit automatischer Verbrennungsregelung

Außenwände: 25 cm Ziegelinnenschale, 25 cm Mineralwolle (Kerndämmung), 10 cm Ziegelaußenschale

U-Wert: 0,13 W/m²K



Reihenhausanlage Hamoder, Linz

Haustyp: Doppelhäuser, 12 Häuser in gekuppelter Bauweise mit dazwischenliegenden Garagen

Planer: Arch. Mag. Arch. Willibald Ableidinger, Linz

Bruttogeschossfläche beheizt: 2.644,6 m² (167 m² bzw. 170 m²), A/V = 0,70 bzw. 0,64

Energieverbrauch: spezifischer Heizwärmebedarf pro m² für Förderung: 14 kWh/m²_{EBfa} bzw. 13 kWh/m²_{EBfa}

Lüftung: hocheffiziente kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, Fensterlüftung möglich

Heizsystem: Vorwärmung der Frischluftansaugung über einen Erdkollektor. Nachheizung durch im Lüftungsgerät integrierte Wärmepumpe. Solare Warmwasserbereitung mit Sonnenkollektoren

Außenwände: 17 cm Ziegelinnenschale, 23 cm Mineralwolle (Kerndämmung), 10 cm Ziegelaußenschale

U-Wert: 0,14 – 0,15 W/m²K



Wohnanlage Puite II, Telfs

Haustyp: Mehrfamilienwohnhaus (2 Häuser), insgesamt 36 Wohnungen (16+20)

Planer: Arch. DI Roman Schwaighofer, Innsbruck

Bruttogeschossfläche beheizt: 3681 m², A/V = 0,42 bzw. 0,44

Energieverbrauch: spezifischer Heizwärmebedarf pro m² für Förderung: 14 kWh/m²_{EBFa}

Lüftung: hocheffiziente kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, Fensterlüftung möglich

Heizsystem: Vorwärmung der Frischluftansaugung über einen Erdkollektor. Nachheizung über Gasbrennwert-Gerät und kleine Heizkörper im Wohnraum.

Außenwände: 25 cm Ziegelinnenschale, 20 – 22 cm Mineralwolle (Kerndämmung), 12 cm Ziegelaußenschale

U-Wert: 0,14 W/m²K - 0,15 W/m²K



Wohnhaus Kollmayergasse, Wien

Haustyp: Mehrfamilienhaus mit 14 Wohnungen

Planer: BEHF Architekten, Wien

Bruttogeschossfläche beheizt: 1.292,09 m², A/V = 0,44

Energieverbrauch: flächenbezogener Heizwärmebedarf 39 kWh/m²a

Lüftung: Fensterlüftung mit integriertem Lüftungssystem

Heizsystem: Fernwärme

Außenwände: 20 cm HLZ Ziegelinnenschale, 10 cm Mineralwolle (Kerndämmung), 2 cm Luftschicht, 12 cm Klinkerziegelaußenschale

U-Wert: 0,30 W/m²K

Passivbürohaus, Mödling

Haustyp: Büro- und Seminarzentrum

Planer: Arch. DI Ruth König ARGE Stausberg-König / Wien-Berlin, Ing. Johannes Stockinger SOLAR4you Consulting GesmbH

Bruttogeschossfläche beheizt: 2.740 m², A/V = 0,51

Energieverbrauch: 12 kWh/m²_{NFLa}, Heizlast: 14,9 W/m²_{NFL}

Lüftung: je eine Zentrallüftungsanlage für die Zonen „Büro“, „Seminarräume“ und „Fitness“

Heizsystem: Erdsondenanlage als Wärmetauscher (als primärseitige Energiequelle für Sommerkühlfall und Winterheizfall)

16 m² thermische Solaranlage mit 2000 Liter Kombisolarspeicher

Außenwände: EG+OG: Lehmputz, 20 cm Ziegel-Innenschale, 30 cm Mineralschaumdämmung, teilweise Klinkerfassade;

DG: Lehmputz, 20 cm Ziegel-Innenschale, 35 cm Stroh-Fertigteilfassade, Photovoltaik

U-Wert: 0,12 W/m²K



Impressum

Verband Österreichischer Ziegelwerke
Wienerberg City, Wienerbergstraße 11
1100 Wien
Tel.: 01/587 33 46 • Fax: 01/587 33 46-11
e-mail: verband@ziegel.at
<http://www.ziegel.at>



