

Bauphysikalische Werte.
**BAUEN
MIT UNIKA**

UNIKA GmbH

Am Opel-Prüffeld 3
63110 Rodgau-Dudenhofen
Telefon: (06106) 2809-10
Telefax: (06106) 2809-90
kontakt@unika-kalksandstein.de
www.unika-kalksandstein.de

**Baustoffwerke Havelland
GmbH & Co. KG**

Veltener Straße 12/13
16515 Oranienburg-Germendorf
Telefon: (03301) 5968-0
Telefax: (03301) 5307-02
info@unika-havelland.de
www.unika-havelland.de

**Kalksandsteinwerke Südbayern
GmbH & Co. KG**

Forststraße 19/20
86316 Friedberg-Derching
Telefon: (0821) 78078-0
Telefax: (0821) 78078-50
unika@ksw-suedbayern.de
www.ksw-suedbayern.de

**KG Kalksandsteinwerk Wiesbaden
GmbH & Co.**

Deponiestraße 11
65205 Wiesbaden-Amöneburg
Telefon: (0611) 96712-0
Telefax: (0611) 96712-50
kontakt@unika-wiesbaden.de
www.unika-wiesbaden.de

**Rodgauer Baustoffwerke
GmbH & Co. KG**

Am Opel-Prüffeld 3
63110 Rodgau-Dudenhofen
Telefon: (06106) 2809-0
Telefax: (06106) 2809-40
kontakt@rodgauer-baustoffwerke.de
www.rodgauer-baustoffwerke.de

**UNIKA Kalksandsteinwerk Nordbayern
GmbH & Co. KG**

Gewerbepark 11
96149 Breitengüßbach
Telefon: (09544) 835
Telefax: (09544) 4330
kontakt@unika-nordbayern.de
www.unika-nordbayern.de

UNIKA Kalksandstein Westfalen GmbH

Zum Vogelsberg 12
45721 Haltern am See
Telefon: (02364) 9632-0
Telefax: (02364) 9632-35
info@unika-westfalen.de
www.unika-westfalen.de



Natürlich einzigartig.



Einleitung

Die vorliegende Broschüre will Ihnen in kurz gefasster Form Antworten auf häufig gestellte Fragen zu den Bereichen Schallschutz, Brandschutz und Wärmeschutz geben.

Die Komplexität und Vielschichtigkeit der einzelnen Planungsbereiche lässt natürlich eine umfassende und tiefer gehende Beschäftigung mit den einzelnen Themen in dieser Form nicht zu. Unter www.unika-kalksandstein.de stellen wir Ihnen ergänzend eine Vielzahl von Fachinformationen und Planungshilfen zum kostenlosen Download zur Verfügung. Diese befassen sich nicht nur mit bauphysikalischen Aspekten, sondern mit fast allen Belangen von Planung und Ausführung.

Für ein persönliches Beratungsgespräch stehen Ihnen außerdem fachkompetente Mitarbeiter der UNIKA GmbH zur Verfügung. Kontaktadressen finden Sie in der Auflistung der UNIKA Gesellschaften auf der Rückseite der Broschüre.

Wählen Sie die UNIKA Gesellschaft in Ihrer Nähe, denn wir sind auch in Ihrer Region zu Hause und kennen die Bedürfnisse Ihres Marktes.

UNIKA – natürlich einzigartig.

Impressum

Herausgeber und Redaktion

UNIKA GmbH
Am Opel-Prüffeld 3
D-63110 Rodgau

Copyright

Redaktion

Stand: 01.10.2010

Hinweis: Diese Veröffentlichung wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt, jedoch können inhaltliche und auch technische Fehler nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Inhalt

1.0	Schallschutz mit UNIKA Kalksandstein	04
1.1	Bedeutung des Schallschutzes	04
1.2	Anforderungen an den Schallschutz	04
1.3	Schalldämmung einschaliger Wände	05
1.4	Einfluss flankierender Bauteile	06
1.5	Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände	07
1.6	Schallschutz bei unterkellerten und nicht unterkellerten Gebäuden und Reihenhäusern	08
2.0	Brandschutz mit UNIKA Kalksandstein	10
2.1	Grundsätzliches zum Brandschutz	10
2.2	Gebäudeklassen	10
2.3	Baustoffklassen	11
2.4	Feuerwiderstandsklassen und bauaufsichtliche Benennung	11
2.5	Brandschutzkonstruktionen aus UNIKA Kalksandstein	12
2.6	Brandwände	13
3.0	Wärmeschutz mit UNIKA Kalksandstein	15
3.1	Überblick	15
3.2	Mindestwärmeschutz	15
3.3	Energieeinsparverordnung (EnEV), U-Werte	16
3.4	Wärmebrücken	18
3.5	Anforderungen bei Gebäuden im Bestand	18
3.6	Physikalische Größen und Formelzeichen	19

1.0

Schallschutz mit UNIKA Kalksandstein

BEDEUTUNG
ANFORDERUNGEN
EINSCHALIGE WÄNDE
FLANKIERENDE BAUTEILE
ZWEISCHALIGE WÄNDE
NICHT UNTERKELLERTE GEBÄUDE

1.1 Bedeutung des Schallschutzes

In zunehmendem Maße ist der Schallschutz für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen von großer Bedeutung. Dies trifft besonders für den Wohnungsbau zu. Denn in seinen eigenen vier Wänden möchte jeder seine wohlverdiente Ruhe und Entspannung finden und sich nicht durch Lärm von außen oder aus dem eigenen Wohnbereich stören lassen.

Massive Wände aus UNIKA Kalksandstein bieten besten Schallschutz mit geringen Wanddicken und sorgen für ruhiges Wohnen.

1.2 Anforderungen an den Schallschutz

Maßgebend für den Schallschutz ist die zur Zeit noch gültige DIN 4109 in der Ausgabe vom November 1989. Ihr Ziel ist es, den Menschen in seinen Aufenthaltsräumen zu schützen vor:

- Luft- und Trittschallübertragung aus benachbarten fremden Räumen
- Lärm aus haustechnischen Anlagen
- Außenlärm, wie Verkehrslärm, oder Lärm von Gewerbe- und Industriebetrieben

Bemessungswerte für den baulichen Schallschutz finden sich in folgenden Regelwerken:

- DIN 4109: Anforderungen und Nachweise
- Beiblatt 2 zu DIN 4109: Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich
- VDI-Richtlinie 4100: Schallschutz von Wohnungen; Kriterien für Planung und Beurteilung

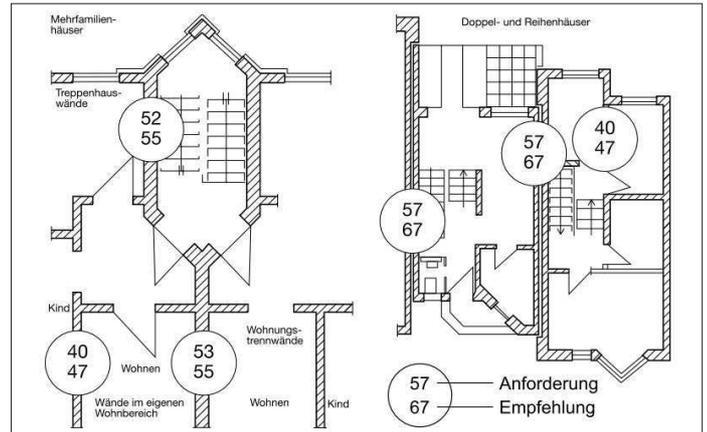
Die Einhaltung der Anforderungen der Schallschutznorm bedeutet nicht, dass Geräusche aus Nachbarräumen oder von außen nicht mehr wahrzunehmen sind. Grundsätzlich gehört es zur Sorgfaltspflicht des Entwurfverfassers seinen Bauherrn darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Anforderungen der DIN 4109 um Mindestanforderungen handelt. Wird ein besserer Schallschutz als der Mindestschallschutz nach Norm gewünscht, so ist dies z. B. durch die Einhaltung der Empfehlungen nach Beiblatt 2 der

DIN 4109 möglich. Hierdurch wird die Wohnqualität des Objektes gesteigert. Dieser erhöhte Schallschutz muss jedoch in jedem Fall gesondert vereinbart werden.

Auch im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich sollte der Schallschutz nicht vernachlässigt werden. In der DIN 4109 selbst werden hierfür keine Forderungen gestellt. Jedoch finden sich im Beiblatt 2 Empfehlungen für einen normalen und erhöhten Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Die zukünftige DIN 4109 wird keine Aussagen mehr zum erhöhten Schallschutz enthalten.

Anforderungen an den Schallschutz sowie Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz (Auszug aus DIN 4109)

Bauteile	Mindestanforderung R'_w in [dB]	Empfehlung für einen erhöhten Schallschutz R'_w in [dB]
Geschosshäuser mit Wohnungen und Arbeitsräumen		
Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	53	≥ 55
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	52	≥ 55
Wände neben Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen u.ä.	55	-
Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	55	-
Einfamilien-Doppelhäuser und Einfamilien-Reihenhäuser		
Haustrennwände	57	≥ 67
Beherbergungsstätten		
Wände zwischen – Übernachtungsräumen – Fluren und Übernachtungsräumen	47	≥ 52
Krankenanstalten, Sanatorien		
Wände zwischen – Krankenzimmern – Fluren und Krankenzimmern – Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern – Krankenzimmern und Arbeits- und Pflegeräumen	47	≥ 52
Wände zwischen – Operations- bzw. Behandlungsräumen – Fluren und Operations- bzw. Behandlungsräumen	42	-
Wände zwischen – Räumen der Intensivpflege – Fluren und Räumen der Intensivpflege	37	-
Schulen und vergleichbare Unterrichtsbauten		
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	47	-
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern	52	-
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und "besonders lauten" Räumen (z. B. Sporthallen, Musikräumen, Werkräumen)	55	-



Anforderungen und Empfehlungen für den erhöhten Schallschutz

1.3 Schalldämmung einschaliger Wände

Die Luftschalldämmung einschaliger, biegesteifer Bauteile ist von ihrer flächenbezogenen Masse abhängig. Je höher die Masse, d. h. je schwerer diese Wände sind, umso besser ist ihre Luftschalldämmung.

Die flächenbezogene Masse wird in Abhängigkeit der Wanddicke, der Rohdichteklasse sowie des verwendeten Mörtels ermittelt. Gegebenenfalls kommt die flächenbezogene Masse des Putzes hinzu. Dabei ist nach Beiblatt 1 der DIN 4109 eine Berücksichtigung von Dünnlagenputz ($d = \text{ca. } 5 \text{ mm}$) nicht vorgesehen. Mit der so ermittelten flächenbezogenen Masse der Wand wird das bewertete Schalldämmmaß R'_w ermittelt. Die Werte der Tabelle "Bewertetes Schalldämmmaß $R'_{w,R}$ einschaliger, biegesteifer Wände" setzen ein geschlossenes Gefüge und einen fugendichten Aufbau der Wand voraus. Bei Wänden mit mörtelfreien Stoßfugen werden die Forderungen erfüllt, wenn mindestens einseitig ein vollflächiger und dichter Putz oder beidseitig ein Dünnlagenputz mit einer mittleren Putzdicke von 5 mm aufgebracht wird.

Wandrohdichten einschaliger, biegesteifer Wände

Rohdichteklasse Steine [kg/dm ³]	Wand-Rohdichte	
	Normalmörtel [kg/m ³]	Dünnbettmörtel [kg/m ³]
2,2	2080	2100
2,0	1900	1900
1,8	1720	1700
1,6	1540	1500
1,4	1360	1300
1,2	1180	1100

Flächenbezogene Masse von Wandputzen

Putzdicke [mm]	Flächenbezogene Masse des Putzes	
	Kalkgipsputz, Gipsputz [kg/m ²]	Kalkputz, Kalkzementputz, Zementputz [kg/m ²]
5	-	-
10	10	18
15	15	25

Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ einschaliger, biegesteifer Wände nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 (Auszug)¹⁾

Zeile	Flächenbezogene Masse [kg/m ²]	Bewertetes Schalldämm-Maß [dB]
7	135	40
8	150	41
9	160	42
10	175	43
11	190	44
12	210	45
13	230	46
14	250	47
15	270	48
16	295	49
17	320	50
18	350	51
19	380	52
20	410	53
21	450	54
22	490	55
23	530	56
24	580	57
25 ²⁾	630	58
26 ²⁾	680	59
27 ²⁾	740	60
28 ²⁾	810	61
29 ²⁾	880	62
30 ²⁾	960	63
31 ²⁾	1040	64

Anmerkung: Die Norm lässt eine Interpolation bei den Zwischenwerten und ein Runden auf volle dB zu. Es wird jedoch vorgeschlagen, bei Aufrundungen mit Augenmaß vorzugehen und nur geringfügige Unterschreitungen aufzurunden.

¹⁾ Gültig für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse m'_{LM} von etwa 300 kg/m².

²⁾ Diese Werte gelten nur für die Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes zweischaliger Wände aus biegesteifen Schalen.

Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ einschaliger UNIKA Kalksandsteinwände in dB

Wanddicke [cm]	Mauerwerk in Normalmörtel						Mauerwerk in Dünnbettmörtel					
	Steinrohdichteklassen						Steinrohdichteklassen					
	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
ohne Putz/mit Dünnlagenputz												
7,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40	–
10,0	–	–	–	–	–	–	37	–	–	42	44	–
11,5	40	41	43	44	45	46	39	41	43	44	45	46
15,0	–	–	–	47	48	–	–	–	–	47	48	50
17,5	45	46	48	49	50	51	44	46	47	49	50	51
20,0	–	–	–	–	52	–	–	–	–	51	52	53
21,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	52	53	54
24,0	48	50	51	53	54	55	47	49	51	53	54	55
30,0	51	53	54	55	57	57	50	52	54	55	57	57
mit 2 x 10 mm Putz												
7,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	41	–
10,0	–	–	–	–	–	–	39	–	–	44	45	–
11,5	41	43	44	45	46	47	41	42	44	45	46	47
15,0	–	–	–	48	49	–	–	–	–	48	49	50
17,5	46	47	49	50	51	52	45	47	48	50	51	52
20,0	–	–	–	–	53	–	–	–	–	51	53	54
21,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	52	53	55
24,0	49	51	52	53	55	55	48	50	52	53	55	56
30,0	51	53	55	56	57	57	51	53	54	56	57	57
mit 2 x 15 mm Putz												
7,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	43	–
10,0	–	–	–	–	–	–	42	–	–	45	45	–
11,5	44	45	46	47	48	49	43	44	45	47	48	48
15,0	–	–	–	49	50	–	–	–	–	49	50	51
17,5	47	48	50	51	52	53	46	48	49	51	52	53
20,0	–	–	–	–	53	–	–	–	–	52	53	54
21,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	53	54	55
24,0	50	52	53	54	55	56	49	51	53	54	55	56
30,0	53	54	55	56	57	57	52	53	55	56	57	57

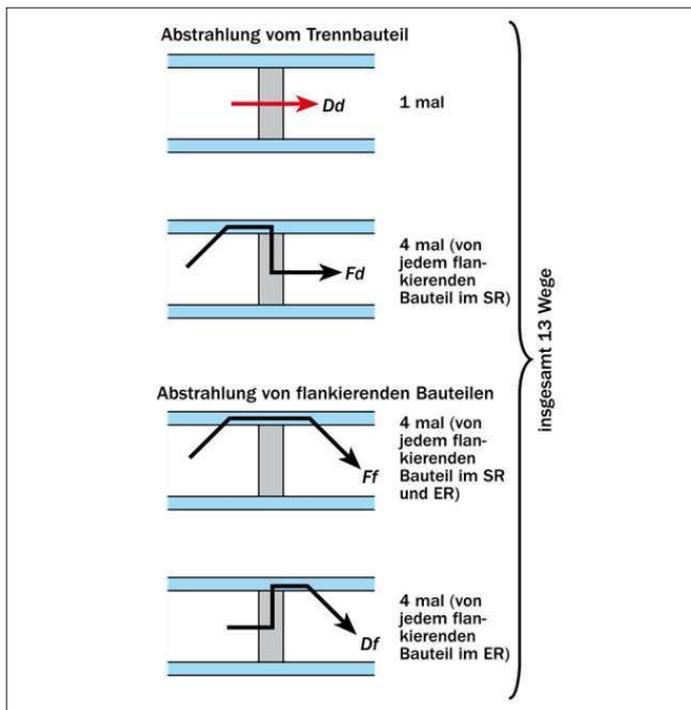
1.4 Einfluss flankierender Bauteile

Die Güte der Luftschalldämmung einer Trennwand wird maßgebend durch die Ausbildung der flankierenden Bauteile beeinflusst. So gelten die Werte der Tabelle nur unter folgenden Voraussetzungen:

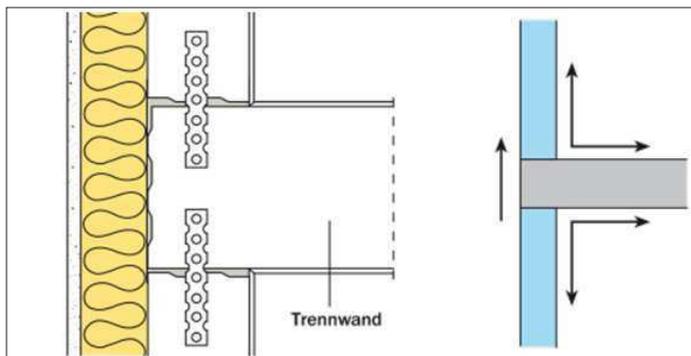
- Die mittlere flächenbezogene Masse der biegesteifen flankierenden Bauteile muss etwa 300 kg/m² betragen.
- Es muss eine biegesteife Anbindung der flankierenden Bauteile an das trennende Bauteil erfolgen, sofern dessen flächenbezogene Masse mehr als 150 kg/m² beträgt.
- Es muss ein dichter Anschluss des trennenden Bauteils an die flankierenden Bauteile erfolgen.
- Die Tabellenwerte gelten nicht, wenn einschalige flankierende Außenwände in Steinen mit einer Rohdichteklasse $\leq 0,8$ und mit in schallschutztechnischer Hinsicht ungünstiger Lochung erstellt werden.

Das bedeutet, dass sich die Verwendung von massiven UNIKA Kalksandsteinen auch in den flankierenden Bauteilen positiv auf den Schallschutz auswirkt, denn häufig wird über leichte flankierende Innen- und Außenwände mehr Schallenergie übertragen als durch das trennende Bauteil. Die Grafik unten zeigt, dass es neben dem direkten Schallübertragungsweg 12 weitere Wege für den Schall über die flankierenden Bauteile gibt.

Von großer Bedeutung ist auch die biegesteife Verbindung von trennenden und flankierenden Wänden. Das Maß der Stoßstellendämmung sollte möglichst hoch sein. Dies wird z. B. durch den Stumpfstoßanschluss mit einer voll vermörtelten Anschlussfuge erreicht. Zur Optimierung gerade dieser Stoßstellendämmung im Bereich des Stumpfstoßes haben Untersuchungen zu einer neuen Variante in der Ausbildung dieses Punktes geführt. Die Trennwände, an die Schallschutzanforderungen gestellt werden, sollten durch die flankierenden Bauteile durchgeführt werden. Die flankierenden Bauteile stoßen gegen die Trennwand. Diese neue Stumpfstoßlösung sorgt für eine noch besser abgesicherte schallschutztechnische Qualität.



SR: Senderaum, ER: Empfangsraum
Direkte und flankierende Übertragungswege zwischen zwei Räumen



Stumpfstoßtechnik mit durchlaufender Trennwand

1.5 Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände

Werden Haustrennwände zweischalig aus zwei schweren, biegesteifen Schalen mit einer bis zum Fundament durchgehenden Trennfuge erstellt, wird die Übertragung des Schalls zwischen benachbarten Wohnungen – z. B. bei Reihenhäusern – erheblich verringert. Dazu müssen allerdings folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Die flächenbezogene Masse der Einzelschale mit einem etwaigen Putz muss $\geq 150 \text{ kg/m}^2$ sein.
- Die Trennfuge muss mindestens 30 mm dick sein.
- Wird die Trennfuge $\geq 50 \text{ mm}$ ausgeführt, darf das Gewicht der Einzelschalen bis auf 100 kg/m^2 abgesenkt werden.
- Der Fugenhohlraum ist mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten mineralischen Faserdämmplatten Typ WTH nach DIN V 4108-10 auszufüllen.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ zweischaliger Haustrennwände wird aus der Summe der flächenbezogenen Masse der beiden Einzelschalen einschließlich vorhandenem Putz ermittelt. Auf das so ermittelte Schalldämm-Maß darf für die durchgehende Trennfuge ein Bonus von 12 dB hinzugefügt werden.

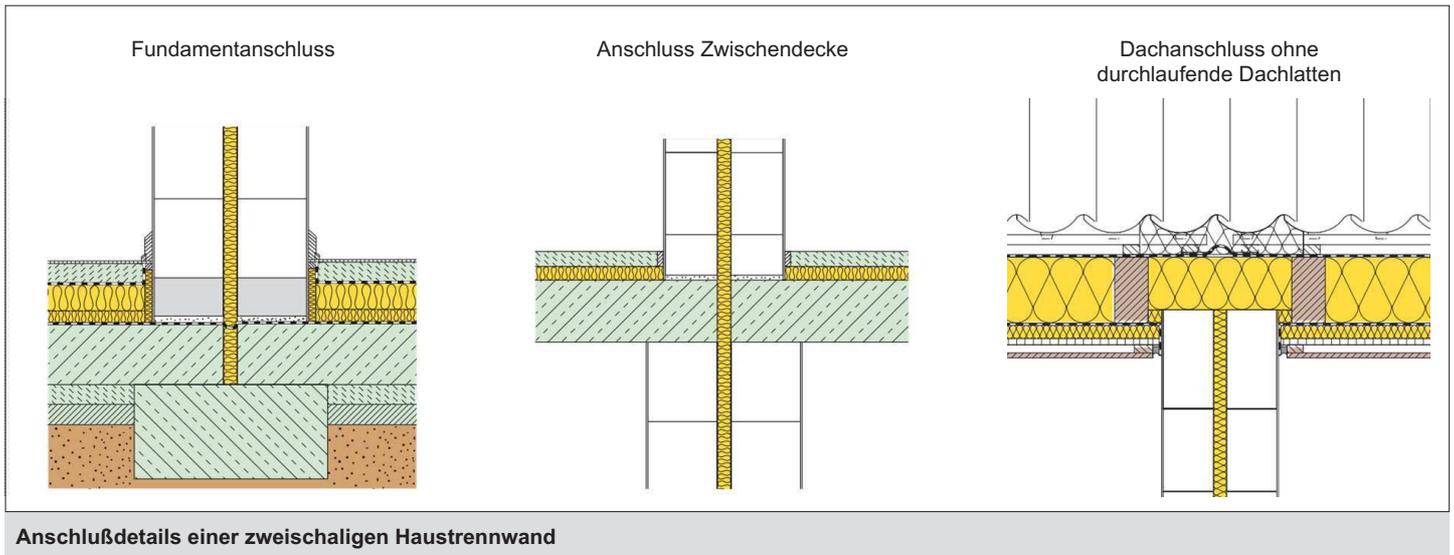
Grundvoraussetzung hierfür ist, dass die Trennwände lückenlos von der Oberkante des Fundaments bis zur Dachhaut durchgeführt werden. Dieses Schalldämm-Maß ist nur gültig für die Schallübertragung in Erd- und Obergeschossen unterkellerten Gebäude sowie den Obergeschossen nicht unterkellerten Gebäude.

Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ zweischaliger UNIKA Kalksandsteinwände mit Zweischaligkeitszuschlag 12 dB

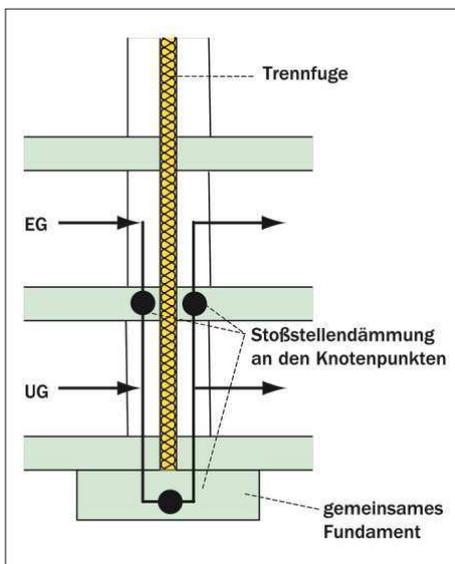
Schalendicke [cm]	Stein- rohdichte- klasse	Mauerwerk in	
		Normal- mörtel mit 2 x 10 Putz ¹⁾	Dünnbettmörtel mit beidseitigem Dünnlagenputz
2 x 11,5	2,0	66 (67) ²⁾	66 (67) ²⁾
	1,8	65	64
	1,4	63	62
2 x 15,0	2,0	69	69
	1,8	68	67
2 x 17,5	2,2	72	72
	2,0	71	70
	1,8	70	69
	1,4	67	66
2 x 20,0	2,2	74	73
	2,0	72	72
	1,8	71	71
	1,4	71	71
2 x 24,0	2,2	76	75
	2,0	74	74
	1,8	73	73
	1,4	71	70

¹⁾ 2 x 10 mm = Putz 20 kg/m²

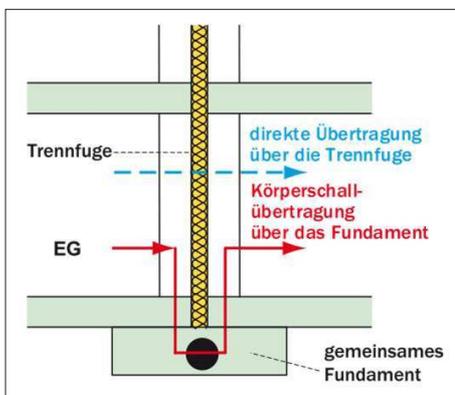
²⁾ 67 dB bei 5 bis 7 cm dicker Trennfuge oder 2 x 15 mm dickem Putz



Anschlußdetails einer zweischaligen Haustrennwand



Flankierende Schallübertragung über den Fundamentbereich



Direkte und flankierende Schallübertragung über eine zweischalige Haustrennwand für schutzbedürftige Räume über der Bodenplatte

1.6 Schallschutz bei unterkellerten und nicht unterkellerten Gebäuden und Reihenhäusern

Der Bonus von 12 dB bei zweischaligen Haustrennwänden kann bei unterkellerten Gebäuden nur dann angesetzt werden, wenn die vorher beschriebenen Anforderungen erfüllt wurden und wenn im Kellergeschoss keine schutzbedürftigen Räume mit Anforderungen an den Schallschutz liegen.

Durch die Regelausführung bei Reihenhäusern, ein gemeinsames Fundament mit durchgehender Bodenplatte auszubilden, ergibt sich eine starke Schallbrücke zwischen den beiden Wandschalen der Haustrennwände.

Eine vergleichbare Situation findet man in der mittlerweile häufig anzutreffenden Ausführungsvariante bei Doppel- und Reihenhäusern, wo auf eine Unterkellerung verzichtet wird. Bei der auch hier bevorzugten Ausführung eines gemeinsamen Fundamentes mit durchlaufender Bodenplatte ergibt sich eine starke Körperschallbrücke zwischen den beiden Haustrennwänden.

Durch den fehlenden Keller wird das hier auftretende Schallbrückenproblem in den schutzbedürftigen Bereich des EG verlagert. Dadurch ergibt sich ein um ca. 6 dB niedrigeres Schalldämm-Maß im EG als im OG.

Je nach Fundamentausbildung und der Anordnung von Räumen, an die Schallschutzanforderungen gestellt werden, ergeben sich unterschiedliche Zweischaligkeitszuschläge ($\Delta R_{w,TR}$) für Haustrennwände.

Für eine getrennte Bodenplatte wird sicherheitshalber nur derselbe Zweischaligkeitszuschlag vorgesehen wie bei der gemeinsamen Bodenplatte. Trotz dieser vorsichtigen Bemessung können in praktischen Fällen deutlich bessere Werte erreicht werden, sodass die Trennung der Bodenplatte eine schalltechnisch günstige Option darstellt.

Zweischaligkeitszuschlag $R_{w,TR}$ für zweischalige Haustrennwände in Abhängigkeit von der Fundamentausbildung und der Raumsituation (flankierende Bauteile mit mittlerer flächenbezogener Masse $m'_{f,m} \approx 300 \text{ kg/m}^2$)

Fall 1: gemeinsame Bodenplatte	Fall 2: getrennte Bodenplatten, gemeinsames Fundament	Fall 3: getrennte Bodenplatten, getrennte Fundamente	Fall 4: durchgehende Trennfuge bis zum Fundament
Räume direkt über der Bodenplatte	Räume direkt über den Bodenplatten	Räume direkt über den Bodenplatten	Räume mindestens 1 Etage über dem Fundament
$\Delta R_{w,TR} = + 6 \text{ dB}$ bei durchgehenden Außenwänden ($m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$) im Keller: $\Delta R_{w,TR} = + 3 \text{ dB}$	$\Delta R_{w,TR} = + 6 \text{ dB}$ es konnten deutlich höhere Werte gemessen werden [36], jedoch wurde wegen der noch geringen Datenmenge eine Erhöhung des Zuschlags um 3 dB noch nicht vorgenommen	$\Delta R_{w,TR} = + 9 \text{ dB}$	$\Delta R_{w,TR} = + 12 \text{ dB}$ bei durchgehenden Außenwänden ($m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$) im Keller: $\Delta R_{w,TR} = + 9 \text{ dB}$

Beispiellösungen für bewertete Schalldämm-Maße R'_w zweischaliger Kalksandstein-Haustrennwände in Abhängigkeit vom Zweischaligkeitszuschlag $R_{w,TR}$

Wandaufbau ¹⁾ (Beispiele)	RDK	Flächen- bezogene Masse [kg/m ²]	R'_w in [dB]		
			Inkl. $\Delta R_{w,TR} = + 12 \text{ dB}$ z.B. ab zweitem Geschoss ³⁾	Inkl. $\Delta R_{w,TR} = + 9 \text{ dB}$ z.B. unterstes Geschoss mit getrennten Fundamenten	Inkl. $\Delta R_{w,TR} = + 6 \text{ dB}$ z.B. unterstes Geschoss mit gemeinsamer Bodenplatte
2 x 11,5 cm	1,8	≥ 410	65	62	59
2 x 11,5 cm	2,0	≥ 450	66	63	60
2 x 15 cm ²⁾	1,8	≥ 490	67	64	61
2 x 15 cm ²⁾	2,0	≥ 530	68	65	62
2 x 17,5 cm ²⁾	1,8	≥ 580	69	66	63
2 x 17,5 cm ²⁾	2,0	≥ 630	70	67	64
2 x 20 cm ²⁾	1,8	≥ 680	71	68	65
2 x 20 cm ²⁾	2,0	≥ 740	72	69	66
2 x 24 cm ²⁾	1,8	≥ 810	73	70	67 ⁴⁾

 Flankierende Bauteile mit $m'_{L,M} \approx 300 \text{ kg/m}^2$

Die regionalen Lieferprogramme sind zu beachten.

¹⁾ Mauerwerk nach DIN 1053-1 mit Normal- oder Dünnbettmörtel, beidseitig verputzt (2 x 10 mm Putz = je Seite 10 kg/m²), Trennfuge $\geq 3 \text{ cm}$
²⁾ Bereits mit beidseitig Dünnlagenputz (2 x 5 mm)

³⁾ Bei durchgehenden Keller-Außenwänden ($m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$) gilt: a) im Kellergeschoss: $\Delta R_{w,TR} = + 3 \text{ dB}$ b) ab dem zweiten Geschoss: $\Delta R_{w,TR} = + 9 \text{ dB}$
⁴⁾ Alternativ nach [47]: 2 x 20 cm mit RDK 2,0 und beidseitigem Dünnlagenputz (2 x 5 mm) sowie Trennfuge $\geq 4 \text{ cm}$, gefüllt mit Mineralfaserplatten, Typ WTH, Bodenplatte getrennt auf gemeinsamem Fundament

2.0

Brandschutz mit UNIKA Kalksandstein

GRUNDSÄTZLICHES
GEBÄUDEKLASSEN
BAUSTOFFKLASSEN
FEUERWIDERSTANDSKLASSEN
BRANDSCHUTZKONSTRUKTIONEN
BRANDWÄNDE

2.1 Grundsätzliches zum Brandschutz

Brandschutz hat zum Ziel, bauliche Anlagen so zu erstellen, dass

- der Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird,
- bei Brand die Rettung von Mensch und Tier sowie wirksame Löscharbeiten durchgeführt werden können.

Das baurechtlich vordringliche Schutzziel ist der Personenschutz. Der Bereich Sachschutz ist eine rein versicherungstechnische Anforderung. Dementsprechend können Versicherungen zusätzliche Anforderungen stellen.

Grundlage der Brandschutzanforderungen ist die von der ARGE Bau erarbeitete Musterbauordnung – MBO – aus dem Jahr 2002. Sie liegt in der überarbeiteten Fassung von Oktober 2008 vor. Die dort getroffenen Regelungen sind von vielen Bundesländern bereits übernommen worden, jedoch noch nicht von allen.

Da in Deutschland der Brandschutz Sache der Länder ist, müssen Bauherren und Planer je nach regional gültiger Landesbauordnung unterschiedliche Anforderungen einhalten.

2.2 Gebäudeklassen

Welche Anforderungen an den Brandschutz gestellt werden, ist abhängig von der Art und Nutzung der Gebäude. Unterschieden wird zwischen:

- Gebäude normaler Art und Nutzung – z. B. Wohngebäude, Gebäude vergleichbarer Nutzung
- Gebäude besonderer Art und Nutzung – z. B. Hochhäuser, Schulen, Krankenhäuser

Gebäude normaler Art und Nutzung werden in 5 Gebäudeklassen eingeteilt. Da bislang nicht alle Länder die Regelung der Musterbauordnung übernommen haben, sind Gebäudeklassen unterschiedlich definiert. Bei den alten Bauordnungen erfolgt eine Einteilung nach Gebäudebegriffen, Gebäudeklassen und auch nach Wohnungen. Hinzu kommt eine Unterteilung nach Geschossen. Bei den Landesbauordnungen, die auf der MBO 2002 (Stand Oktober 2008) basieren, erfolgt die Einteilung in den Gebäudeklassen 1 bis 5 und festgelegten Nutzungseinheiten. Eine zusätzliche Unterteilung erfolgt in den Höhenbereichen zwischen 7 und 22 m. Die Gebäudeklassen alt – neu sind damit unterschiedlich definiert.

2.3 Baustoffklassen

Die DIN 4102 – Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – unterscheidet Baustoffe nach ihrer Brennbarkeit und definiert Feuerwiderstandsklassen für Bauteile jeweils nach dem verwendeten Baustoff. Bezüglich der Brennbarkeit von Baustoffen unterscheidet die DIN 4102-1 in "nicht brennbar" (Baustoffklasse A) und "brennbar" (Baustoffklasse B). Brandschutztechnisch erfolgt eine weitere Unterteilung dieser Baustoffklassen. UNIKA Kalksandstein entspricht der Baustoffklasse A1.

Baustoffklassen nach DIN 4102-1 Bauaufsichtliche Benennung

Baustoffklassen nach DIN 4102-1	Bauaufsichtliche Benennung
A	nicht brennbare Baustoffe
A1	ohne Entflammung
A2	Entflammung < 20 s
B	Brennbare Baustoffe
B1	schwer entflammbar
B2	normal entflammbar
B3	leicht entflammbar

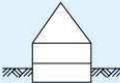
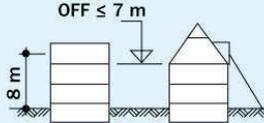
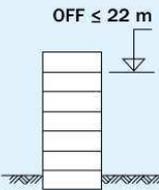
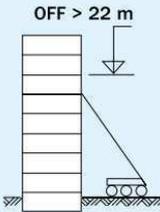
2.4 Feuerwiderstandsklassen und bauaufsichtliche Benennung

Über die Sicherheit eines Gebäudes im Brandfall entscheidet nicht allein die Brennbarkeit des Baustoffs.

Immens wichtig ist auch die Zeit, die das aus den unterschiedlichsten Baustoffen erstellte Bauteil der Entstehung und Ausbreitung eines Feuers Widerstand leisten kann. Dazu erfolgt eine Brandprüfung im Labor. Die Zeit in Minuten, die das geprüfte Bauteil den in der Brandschutznorm definierten Anforderungen standhält, wird als Feuerwiderstandsdauer bezeichnet.

In DIN 4102-2 wird dieser Begriff als Feuerwiderstandsklasse in Abhängigkeit von der Zeit definiert. Eine Klassifizierung erfolgt je nach Widerstandsdauer (30 bis 180 Minuten) in die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 mit jeweiliger Benennung.

Einteilung der Gebäude in Gebäudeklassen (alte Bauordnungen vor MBO 2002)

Gebäudeklassen				
1	2	3	4	5
Wohngebäude frei stehend	Gebäude geringer Höhe Anleitbarkeit H ≤ 8 m		Gebäude mittlerer Höhe H > 8 m	Hochhäuser
1 WE	≤ 2 WE	≥ 3 WE		
	OFF ≤ 7 m Feuerwehreinsatz mit Steckleitern möglich		> 7 m OFF ≤ 22 m	mind. 1 Aufenthaltsraum > 22 m über OFF
				

Gebäudeklassen nach der Musterbauordnung MBO 2002 (Stand Oktober 2008)

Gebäudeklasse ¹⁾	Beschreibung
1	freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m mit nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt ≤ 400 m ² freistehende landwirtschaftlich genutzte Gebäude
2	Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m mit maximal zwei Nutzungseinheiten von insgesamt ≤ 400 m ²
3	sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m
4	Gebäude mit einer Höhe > 7 m bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils ≤ 400 m ² in einem Geschoss
5 ¹⁾	sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude

¹⁾ In einigen Landesbauordnungen ist eine Höhenbegrenzung OFF < 22 m bzw. ≤ 22 m aufgenommen. Damit sind dann Hochhäuser Sonderbauten.

Feuerwiderstandsbenennung gemäß DIN 4102 und gemäß Baurecht

Bauaufsichtliche Benennung	Kurzzeichen	Benennung nach DIN 4102
feuerhemmend	F 30-B	Feuerwiderstandsklasse F 30
feuerhemmend und in den tragenden Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 30-AB	Feuerwiderstandsklasse F 30 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen
hochfeuerhemmend	F 60-BA	Feuerwiderstandsklasse F 60 und in den tragenden Teilen aus brennbaren Baustoffen mit brandschutztechnisch wirksame Bekleidung
feuerbeständig	F 90-AB	Feuerwiderstandsklasse F 90 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen
feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90-A	Feuerwiderstandsklasse F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen

Die DIN 4102 unterteilt die Wände eines Bauwerks brandschutztechnisch in tragend und nicht tragend, sowie in raumabschließend und nicht raumabschließend:

- nicht tragende Wände (brandschutztechnisch immer raumabschließend)
- tragende, raumabschließende Wände
- tragende, nicht raumabschließende Wände

Raumabschließende Wände werden im Brandfall nur einseitig vom Brand beansprucht, während bei nicht raumabschließenden Wänden eine Brandbeanspruchung zwei-, drei- oder vierseitig erfolgen kann. Die nebenstehende Tabelle gibt Mindestdicken von Wänden aus Kalksandsteinen bei den jeweils geforderten Feuerwiderstandsklassen an.

2.5 Brandschutzkonstruktionen aus UNIKA Kalksandstein

UNIKA Kalksandsteine sind nicht brennbar. Umfangreiche Brandprüfungen und Forschungsergebnisse belegen das vorteilhafte Verhalten von Kalksandsteinen in brandschutztechnischer Hinsicht. Sie haben im Brandfall eine hohe Feuerwiderstandsfähigkeit. Dies ist durch die Herstellung und die Baustoffbestandteile bedingt. Aufgrund des in der Kalksandsteinstruktur eingelagerten und gebundenen Kristallwassers kommt es im Brandfall erst zu einem Eingriff in die Kalksandsteinstruktur, wenn Temperaturen von über 600 °C erreicht werden.

In DIN 4102-4 flossen alle seit längerer Zeit brandschutztechnisch nachgewiesenen Ausführungsarten und Kalksandstein-Konstruktionen ein. Die nach DIN 1053-1 mögliche Ausführung des Mauerwerks in Dünnbettmörtel ohne Vermörtelung der Stoßfugen wurde in brandschutztechnischer Hinsicht nachgewiesen. Ein zusätzlicher Putz ist hierbei nicht erforderlich. Außerdem fanden die Verwendung höherer Steifigkeiten und größerer zulässiger Spannungen in der DIN 4102-4 Berücksichtigung.

Anschlüsse von UNIKA Kalksandstein-Mauerwerk an angrenzendes Mauerwerk können als Verbandsmauerwerk oder als Stumpfstoß ausgeführt werden. Anschlüsse tragender und nicht tragender Kalksandstein-Wände können gemäß des Bildes Seite 14 ausgeführt werden. Aus brandschutztechnischen Gründen angeordnete Dämmschichten in Anschlussfugen sind mit großer Sorgfalt auszuführen.

Brandschutz mit UNIKA Kalksandstein-Wandkonstruktionen ¹⁾						
Wandart	Stein-Mörtel-Kombination	Mindestdicke d [mm] bei Feuerwiderstandsklasse				
		F30-A	F60-A	F90-A	F120-A	F180-A
nicht tragend, raumabschließend – Wände –	DIN V 106, NM		115 (70)	115 (100)		
	DIN V 106, DM	70 (50)	70 (70)	115 (100)	115 (115)	175 (150)
	DIN V 106, DM RDK ≥ 1,8			100 (70)		
tragend, raumabschließend – Wände – Ausnutzungsfaktor ³⁾	DIN V 106, NM/DM					
	$\alpha_2 = 0,2$				115 (115)	175 (150)
	$\alpha_2 = 0,6$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	150 (115)	200 (150)
	$\alpha_2 = 1,0^{2)}$				200 (150)	240 (175)
tragend, nicht raumabschließend – Wände – Wandlänge $l \geq 1,0$ m Ausnutzungsfaktor ³⁾	DIN V 106, NM					
	$\alpha_2 = 0,2$			115 (115)	150 (115)	175 (150)
	$\alpha_2 = 0,6$	115 (115)	115 (115)	140 (115)	150 (115)	200 (175)
	$\alpha_2 = 1,0^{2)}$				200 (175)	240 (200)
	DIN V 106, DM					
	$\alpha_2 = 0,2$				150 (115)	175 (150)
	$\alpha_2 = 0,6$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	150 (115)	200 (175)
$\alpha_2 = 1,0^{2)}$				200 (175)	240 (200)	

Die (-)Werte gelten für Wände mit beidseitigem bzw. mit allseitigem Putz, Mörtelgruppe PIV oder Leichtmörtel nach DIN V 18550. Der Putz kann ein- oder mehrseitig durch eine Verblendung ersetzt werden.

¹⁾ Nach DIN 4102-4, DIN 4102-4/A1, abZ und gutachterlichen Stellungnahmen.

²⁾ Bei $3,0 < \text{vorh. } \sigma \leq 4,5 \text{ N/mm}^2$ gelten die Werte nur für Kalksandstein-Mauerwerk aus Voll- oder Blocksteinen.

³⁾ Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = \text{vorh. } \sigma_0 / \text{zul. } \sigma_0$ (DIN 1053-1)

Mindestdicken von UNIKA Kalksandstein U-Schalen, Flachstürzen, Fertigteilstürzen ¹⁾						
	Mindesthöhe [mm]	Mindestbreite d [mm] bei Feuerwiderstandsklasse				
		F30-A	F60-A	F90-A	F120-A	F180-A
KS-Flachstürze	71	115	115	175 (115)	(175)	–
	113			115	175	–
KS-Fertigteilstürze nach Z 17.1-621	248 – 498	115	115	115	(175)	–
KS-Fertigteilstürze nach Z 17.1-774	196 – 498	115	115	115	(175)	–
ausbetonierte KS-U-Schalen	238	115	115	175	–	–

¹⁾ Nach DIN 4102-4, DIN 4102-1/A1 und abZ.

Die (-)Werte gelten für Stürze mit dreiseitigem Putz nach DIN V 18550, Mörtelgruppe PIV oder Leichtmörtel. Auf den Putz an der Sturzunterseite kann bei Anordnung von Stahl- oder Holz-Umfassungsargen verzichtet werden.

Brandschutz mit UNIKA Kalksandstein-Pfeilern ¹⁾						
Pfeiler/Wandabschnitt (l < 1,0 m)	Mindestdicke d [mm]	Mindestlänge des Pfeilers [mm] bei Feuerwiderstandsklasse				
		F30-A	F60-A	F90-A	F120-A	F180-A
DIN V 106, NM/DM Ausnutzungsfaktor ⁴⁾ $\alpha_2 = 0,6$	115	(365)	490	(615)	(990)	– ³⁾
	150	300	300	300	365	898
	175	240	240	240	240	365
	240	175	175	175	175	300
DIN V 106, NM/DM Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 1,0^{2)}$	115	(365)	(490)	(730)	– ³⁾	– ³⁾
	150	300	300	300	490	– ³⁾
	175	240	240	240	300	490
	240	175	175	240	240	365
DIN V 106, NM/DM Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 1,0^{2)}$ $h_k/d \leq 10$	175	240	240	240	– ³⁾	– ³⁾
DIN V 106, NM/DM Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 1,0^{2)}$ $h_k/d \leq 15$, DM, vorh. $\sigma \leq 3,0$ N/mm ²	175	240	240	240	240	– ³⁾

Die (-)-Werte gelten für Wände mit beidseitigem bzw. mit allseitigem Putz, Mörtelgruppe PIV oder Leichtmörtel nach DIN V 18550. Der Putz kann ein- oder mehrseitig durch eine Verblendung ersetzt werden.

¹⁾ Nach DIN 4102-4, DIN 4102-1/A1, abZ und gutachterlichen Stellungnahmen.

²⁾ Bei $3,0 < \text{vorh. } \sigma \leq 4,5$ N/mm² gelten die Werte nur für Kalksandstein-Mauerwerk aus Voll- oder Blocksteinen.

³⁾ Mindestlänge $b \geq 1,0$ m. Bei Außenwänden Bemessung als raumabschließende Wand, sonst als nicht raumabschließende Wand.

⁴⁾ Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = \text{vorh. } \sigma_0 / \text{zul. } \sigma_0$ (DIN 1053-1)

Sie müssen aus Mineralwolle bestehen und der Baustoffklasse A nach DIN 4102-1 angehören. Deren Schmelzpunkt muss $\geq 1000^\circ\text{C}$ sein und eine Rohdichte von ≥ 30 kg/m³ aufweisen. Die Fuge muss stramm und dicht ausgefüllt werden, was auf der Baustelle häufig außer acht gelassen wird. Um die Lage der Mineralwolle zu sichern, kann der Dämmstreifen mit Dünnbettmörtel „angeklebt“ werden.

2.6 Brandwände

An Brandwände werden brandschutztechnisch erhöhte Ansprüche gestellt. Ihre Aufgabe besteht darin, Brände auf einen bestimmten Bereich zu begrenzen und Rettungswege vorzusehen.

In den Landesbauordnungen werden sie an ganz bestimmten Stellen gefordert:

- Auf Grundstücksgrenzen zur Trennung der Bebauung.
- Zur Trennung aneinandergereicher Gebäude.
- Zur Trennung von ausgedehnten Gebäuden im Abstand von ca. 40 m.
- Zur Bildung von Brandabschnitten.

Diese Brandwände werden nach DIN 4102-3 geprüft und gelten somit als nachgewiesen. Ein zusätzlicher statischer Nachweis ist nicht erforderlich. An sie werden erhöhte Anforderungen gestellt:

- Sie müssen aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen und F 90 entsprechen.
- Tragende Wände müssen diese Anforderung bei mittiger und ausmittiger Belastung erfüllen.
- Sie müssen nach einer Brandbeanspruchung und einer anschließenden dreimaligen Stoßbeanspruchung durch einen 200 kg schweren Bleischrotsack (Pendelstöße mit 3000 Nm Stoßarbeit) standsicher bleiben und den Raumabschluss sichern.

Mindestwanddicke ein- und zweischaliger UNIKA Kalksandstein-Brandwände ¹⁾				
Wandart	Steinart, Rohdichteklasse (RDK)	Mörtel	Brandwände d [mm]	
			einschalig	zweischalig
Brandwand	DIN V 106 ²⁾ , RDK $\geq 0,9$	MG II MG IIa MG III	300 (300)	2 x 200 (2 x 175)
		MG IIIa IIIa DM	240	2 x 175
	DIN V 106 ²⁾ , RDK $\geq 1,4$	DM	175	2 x 150
	DIN V 106 ²⁾ , RDK $\geq 1,8$	DM	175 ³⁾ 214	2 x 150 ³⁾ 2 x 175
	KS XL nach abZ ⁴⁾ , RDK $\geq 2,0$	DM	175 ³⁾ 200	2 x 150

Die (-)-Werte gelten für Wände mit beidseitigem bzw. allseitigem Putz, Mörtelgruppe PIV oder Leichtmörtel nach DIN V 18550. Der Putz kann ein- oder mehrseitig durch eine Verblendung ersetzt werden.

¹⁾ Nach DIN 4102-4, DIN 4102-4/A1, abZ und gutachterlichen Stellungnahmen.

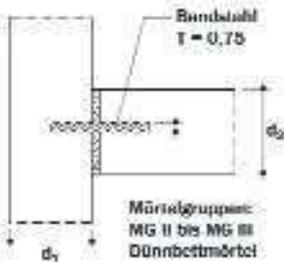
²⁾ Bemessung nach DIN 1053-1, Exzentrizität $e \leq d/3$.

³⁾ Mit aufliegender F 90-Geschossdecke als konstruktive obere Halterung.

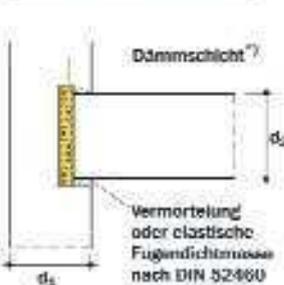
⁴⁾ Die in den Zulassungen angegebenen Klassifizierungen bleiben bis zu einer nächsten Anpassung maßgebend.

Wandanschlüsse nach DIN 4102-4

Vermörtelter Stumpfstoß mit Edelstahl Flachankern



Halterung durch Windschlösser

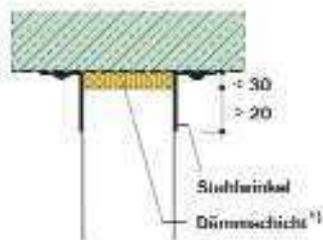
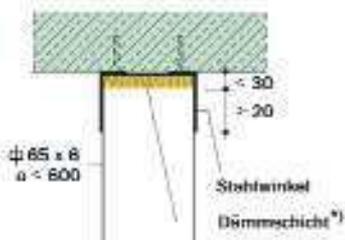


Halterung durch Stahlformteile



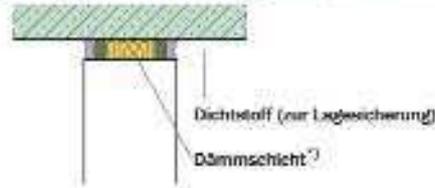
Vermörtelung oder elastische Fugendichtmasse nach DIN 52460

Deckenanschlüsse nach DIN 4102-4

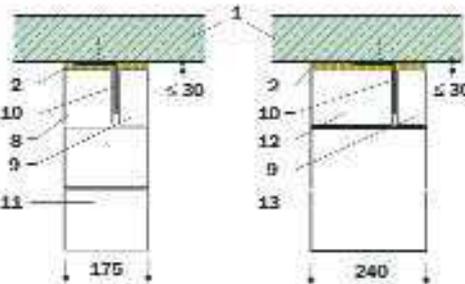
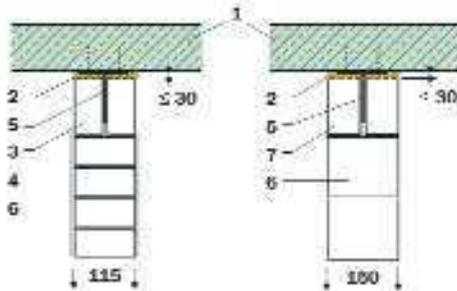


Deckenanschlüsse nach gutachterlicher Stellungnahme Hahn 1)

Nichttragende Wand, dreiseitig gehalten, oberer Rand frei



Nichttragende Wände, vierseitig gehalten



- 1 Betondecke
- 2 Dämmschicht^{*)}
- 3 KS DF 12 - 2,0 (1,8), h x b = 113 x 52 mm Lager- und Stoßfugen mit Dünnbettmörtel
- 4 Putz 5 mm
- 5 1/2 IPE 200 nach DIN 1025
- 6 KS - Druckfestigkeitsklasse 12 - 20
KS - Rohdichteklasse 1,4 bis 2,2
- 7 KS - P 7 (2,0), h x b = 113 oder 125 x 70 mm Lager- und Stoßfugen mit Dünnbettmörtel
- 8 KS - R P 12 - 2,0, h x b = 113 x 115 mm Lager- und Stoßfugen mit Dünnbettmörtel
- 9 KS - DF 12 - 2,0 (1,8), h x b = 113 x 52 mm Lager- und Stoßfugen mit Dünnbettmörtel
- 10 Winkelstahl L 100 x 10 nach DIN 1025
- 11 KS - Druckfestigkeitsklasse 12 - 20
KS - Rohdichteklasse 1,8 - 2,0 - 2,2
- 12 KS - R P 12 - 2,0, h x b = 125 x 175 mm Lager- und Stoßfugen mit Dünnbettmörtel oder KS - 3DF 12 - 2,0 Lager- und Stoßfugen mit Dünnbettmörtel
- 13 KS - Druckfestigkeitsklasse 12 - 20
KS - Rohdichteklasse 1,4 bis 2,2

^{*)} Mineralwolle, Baustoffklasse A Schmelzpunkt > 1000 °C Rohdichte ≥ 30 kg/m³

¹⁾ Deckenanschlüsse nach Hahn Consult: Gutachtliche Stellungnahme Nr. 21121 zum Brandverhalten von Anschlüssen nicht tragender Wände an Massivdecken (30.10.02).

Anschlüsse nicht tragender und tragender, raumabschließender Wände aus UNIKA Kalksandstein

3.0

Wärmeschutz mit UNIKA Kalksandstein

ÜBERBLICK
MINDESTWÄRMESCHUTZ
ENERGIEEINSPARVERORDNUNG, U-WERTE
WÄRMEBRÜCKEN
ANFORDERUNGEN BEI GEBÄUDEN IM BESTAND
PHYSIKALISCHE GRÖSSEN & FORMELZEICHEN

3.1 Überblick

Die energiesparrechtlichen Mindestanforderungen an den Wärmeschutz und die Energieeinsparung in Gebäuden, die in der Energieeinsparverordnung (EnEV) verankert sind; beziehen sich auf das Gebäude als Gesamtheit (Gebäudehülle + Anlagentechnik). Nur bei der Sanierung einzelner Bauteile werden noch bauteilbezogene Anforderungen gestellt.

Die baurechtlichen Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz sind bauteilbezogen und vor allem hygienisch begründet. Hier geht es in erster Linie um die Vermeidung von Tauwasser und Schimmelpilzbefall. Der geforderte bauliche Wärmeschutz von Außenbauteilen wird jedoch meist deutlich übertroffen, weil die Bauteile sonst nicht den heutigen Ansprüchen an die Energieeinsparung genügen würden.

3.2 Mindestwärmeschutz

Der bauliche Mindestwärmeschutz soll die Gesundheit der Bewohner bzw. der Gebäudenutzer durch ein hygienisches Raumklima schützen und die Baukonstruktion vor Bauschäden bewahren. Die einzuhaltenden Anforderungen sind in der DIN 4108-2 festgelegt. Sicherzustellen ist hierbei eine ausreichende Beheizung sowie ein hygienisch definierter Mindestluftwechsel zum Abtransport der im Innenraum freigesetzten Feuchte.

Thermisch wirksame Schichten und Wärmeübergangswiderstände verschiedener Außenwandkonstruktionen

Bauteil	Systemskizze	Thermisch wirksame Schichten	Wärmeübergangswiderstand		Luftschicht
			außen R_{se}	innen R_{si}	
KS-Thermohaut (KS-Außenwand mit Wärmedämm-Verbundsystem)			0,04	0,13	-
Zweischalige KS-Außenwand mit Kerndämmung nach DIN 1053-1			0,04	0,13	ruhend
Hinterlüftete KS-Außenwand nach DIN 18516-1			0,13	0,13	stark belüftet
Zweischalige KS-Außenwand mit Hinterlüftung nach DIN 1053-1			0,13	0,13	stark belüftet

Die funktionsgetrennte Bauweise der UNIKA KS Funktionswand ermöglicht dies mühelos durch die dem gewünschten Wärmeschutz-niveau angepassten Dicken der Wärmedämmung.

Zwei für den Wärmeschutz relevante Eigenschaftswerte von Bauteilen sind der Wärmedurchgangswiderstand R_T sowie der Wärmedurchgangskoeffizient U .

Je größer der Wärmedurchgangswiderstand ist, umso größer ist die Dämmwirkung des Bauteils. Der Wärmedurchgangswiderstand R_T wird nach folgender Formel ermittelt:

$$R_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

R_{si} : Wärmeübergangswiderstand innen

R_{se} : Wärmeübergangswiderstand außen

d : Dicke der Schicht

λ : Wärmeleitfähigkeit jeder Schicht

Der Wärmedurchgangskoeffizient U (U-Wert) ist der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

3.3 EnEV

Im Rahmen der EnEV 2009 werden für Wohngebäude Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf und den spezifischen Transmissionswärmeverlust gestellt. Dies kennt man bereits aus der EnEV 2007, jedoch haben sich Änderungen bezüglich der Höhe der Anforderungen, der Ermittlung der maximal zulässigen Werte sowie des Nachweisverfahrens ergeben:

- Die Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs liegen um rund 30 % unterhalb der Werte der EnEV 2007. Diese verschärften Anforderungen werden über ein sogenanntes Referenzgebäudeverfahren ermittelt.
- Auch die Anforderungswerte an den spezifischen Transmissionswärmeverlust werden nicht mehr wie bislang in Abhängigkeit vom AV_e -Verhältnis gebildet, sondern anhand des Gebäudetyps vorgegeben. Diese Werte sind gegenüber der EnEV 2007 um ca. 15 % verschärft.
- Das vereinfachte Verfahren – rechnerischer Nachweis auf Basis der Heizperiodenbilanz – ist nicht mehr statthaft. Als Nachweis sind DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10 oder alternativ DIN V 18599 heranzuziehen.

Mindestwerte des Wärmedurchlasswiderstandes R von Wänden nach DIN 4108-2		
Bauteile		Wärmedurchlasswiderstand, R [m ² ·K/W]
Außenwände, Wände von Aufenthaltsräumen gegen Bodenräume, Durchfahrten, offene Hausflure, Garagen, Erdreich		1,20
Wände zwischen fremdgenutzten Räumen; Wohnungstrennwände		0,07
Treppenraumwände	zu Treppenräumen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen (z. B. indirekt beheizte Treppenräume); Innentemperatur $\theta > 10$ °C, aber mindestens frostfrei	0,25
	Zu Treppenräumen mit Innentemperaturen $\theta_i > 10$ °C (z. B. Verwaltungsgebäuden, Geschäftshäusern, Unterrichtsgebäuden, Hotels, Gaststätten und Wohngebäuden)	0,07

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und Richtwerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen nach DIN 4108-4 und DIN EN 12524 (Beispiele)				
Stoff	Rohdichte ¹⁾ ρ [kg/m ³]	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_R [W/(m·K)]	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ²⁾ μ	
Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach DIN V 106 und Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach EN 771-2 in Verbindung mit DIN V 20000-402	1200	0,56	5/10	
	1400	0,70		
	1600	0,79	15/25	
	1800	0,99		
	2000	1,10		
2200	1,30			
KS-ISO-Kimmsteine nach abZ	1000	0,27	5/10	
	1200	0,33		
Kalk, Kalkzement und hydraulischer Kalk	1800	1,00	15/35	
Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1400	0,70	10	
Leichtputz	≤ 700	0,25	15/20	
	≤ 1000	0,38		
	≤ 1300	0,56		
Gipsputz ohne Zuschlag	1200	0,51	10	
Normalmörtel NM	1800	1,20	15/35	
Dünnbettmörtel DM	1600	1,00	15/35	
Wärmedämmstoffe		Kat.1 ³⁾	Kat.2 ⁴⁾	
Mineralwolle n. DIN EN 13162	20-200	036-060	030-050	1
Expandiertes Polystyrol n. DIN EN 13163	15-30	036-060	030-050	20/100
Extrudiertes Polystyrol n. DIN EN 13164	20-45	031-048	026-040	80/250
Polyurethan-Hartschaum n. DIN EN 13165 ⁵⁾	30-100	024-048	020-045	40/200
Phenolharz-Hartschaum n. DIN EN 13166	40	024-042	020-035	10/60
Schaumglas n. DIN EN 13167	90-220	046-066	038-055	dampfdicht

¹⁾ Die bei den Steinen genannten Rohdichten sind die oberen Grenzwerte aus den Produktnormen.

²⁾ Beim Nachweis des klimabedingten Feuchteschutzes ist jeweils der für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen. Anwendung der μ -Werte und Berechnungsverfahren siehe DIN 4108-3.

³⁾ Die angegebenen Wärmeleitfähigkeiten λ berechnen sich für europäisch genormte Dämmstoffe mit bestandener Erstprüfung (ITT) aus den deklarierten Werten λ_D mittels $\lambda = \lambda_D \times 1,2$

⁴⁾ Die angegebenen Wärmeleitfähigkeiten λ berechnen sich für Dämmstoffe mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung und nationaler Überwachung aus den Grenzwerten λ_{Grenz} mittels $\lambda = \lambda_{Grenz} \times 1,05$

⁵⁾ Werte marktabhängiger Produkte

U-Werte von UNIKA KS-Außenwänden

	Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m²·K)] λ [W/(m·K)]				Beschreibung (Aufbau)
			0,022 ⁴⁾	0,024 ⁸⁾	0,032	0,035	
	29,5	10	0,20 ²⁾	-	0,29	0,31	einschalige KS-Außenwand mit Thermohaut (Wärmedämm-Verbundsystem)³⁾ 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Wärmedämmstoff nach Zulassung ~ 1 cm Außenputz (λ = 0,70 W/(m·K))
	34,5	15	0,14 ²⁾	-	0,20	0,22	
	39,5	20	0,11 ²⁾	-	0,15	0,16	
	44,5	25	0,09 ²⁾	-	0,12	0,13	
	49,5	30	0,07 ²⁾	-	0,10	0,11	
	41,0	10	0,19	0,21	0,27	0,29	zweischalige KS-Außenwand mit Kerndämmung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Tragschale, RDK 1,8 ⁴⁾ Kerndämmung ³⁾ Typ WZ nach DIN V 4108-10 1 cm Fingerspalt, R = 0,15 11,5 cm ⁵⁾ KS-Verblender, RDK 2,0 ⁴⁾
	43,0	12	0,16	0,18	0,23	0,25	
	45,0	14	0,14	0,16	0,20	0,22	
	47,0	16 ⁵⁾	0,13	0,14	0,18	0,19	
	49,0	18 ⁵⁾	0,11	0,12	0,16	0,17	
	51,0	20 ⁵⁾	0,10	0,11	0,15	0,16	
	31,5	10	-	-	-	0,30	Einschalige KS-Außenwand mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Wärmedämmstoff ⁶⁾ Typ WAB nach DIN V 4108-10 2 cm Hinterlüftung Fassadenbekleidung (Dicke nach Art der Bekleidung)
	33,5	12	-	-	-	0,26	
	37,5	16	-	-	-	0,20	
	41,5	20	-	-	-	0,16	
	46,5	25	-	-	-	0,13	
	51,5	30	-	-	-	0,11	
	47,5	5	-	-	-	0,56	Einschaliges KS-Kellermauerwerk mit außen liegender Wärmedämmung (Perimeterdämmung) 36,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Perimeterdämmplatten ³⁾⁷⁾ nach Zulassung oder Typ PW nach DIN V 4108-10 Abdichtung
	50,5	8	-	-	-	0,40	
	52,5	10	-	-	-	0,34	
	57,5	15	-	-	-	0,25	
	62,5	20	-	-	-	0,20	
	67,5	25	-	-	-	0,17	

Als Dämmung können unter Berücksichtigung der stofflichen Eigenschaften und in Abhängigkeit von der Konstruktion alle genormten oder bauaufsichtlich zugelassenen Dämmstoffe verwendet werden, z. B. Hartschaumplatten, Mineralwolleplatten.

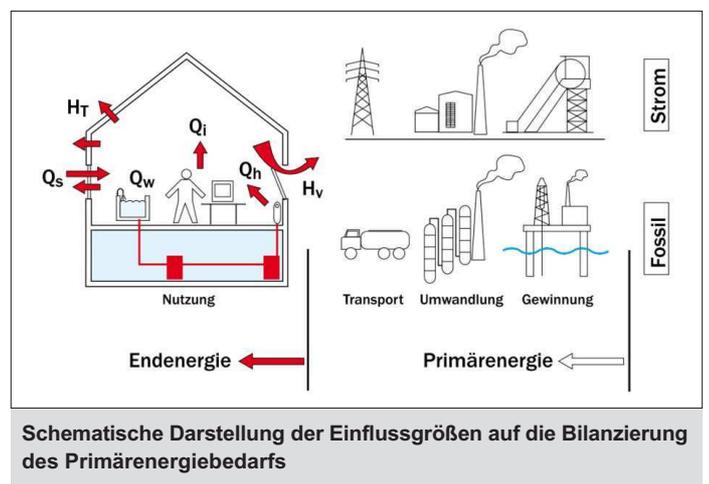
- 1) Phenolharz-Hartschaum, Zulassungsnummer Z-23.12-1465
- 2) Nach Zulassung Z-33.84-1055
- 3) Durch Zulassungen geregelt.
- 4) Bei anderen Dicken oder RDK ergeben sich nur geringfügig andere U-Werte.
- 5) Bei Verwendung von bauaufsichtlich zugelassenen Anker mit Schalenabstand ≤ 20 cm.
- 6) Nach DIN 18351 dürfen nur Mineralwolle-Dämmstoffplatten eingesetzt werden.
- 7) Der Zuschlag ΔU = 0,04 W/(m·K) nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ist bereits berücksichtigt.
- 8) PUR-Hartschaum Ecotherm KD 024 oder Recticel Eurowall WD

Seit Januar 2009 muss bei allen Gebäuden, für die Anforderungen gemäß EnEV gelten, das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz Anwendung finden. Das bedeutet, dass der Wärmeenergiebedarf anteilig mit erneuerbaren Energien gedeckt werden muss.

Referenzgebäudeverfahren

Die wesentliche Anforderungsgröße bleibt wie bisher der Jahresprimärenergiebedarf. Hinzu kommt eine Anforderung an den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust (mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient)

Mit der Energieeinsparverordnung 2009 wurde für Wohngebäude ein neues Anforderungsmodell eingeführt. Aus der Vorgabe durch ein Referenzgebäude resultiert der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf.



Schematische Darstellung der Einflussgrößen auf die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs

Die Anforderungen werden wie folgt ermittelt:

Unter Zugrundelegung der geplanten Gebäudegeometrie (Volumen und Hüllfläche), der vorgesehenen Gebäudeausrichtung und den Fenstergrößen wird die Gebäudehülle mit einer bestimmten Ausführung des baulichen Wärmeschutzes und mit einer bestimmten vorgegebenen Anlagentechnik ausgestattet. Aus der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs dieses fiktiven Gebäudes resultiert ein spezifischer Anforderungswert – der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf. Dieser Wert muss nun von dem tatsächlich geplanten Gebäude eingehalten bzw. unterschritten werden.

Zusätzlich zu den Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf wird der spezifische Transmissionswärmeverlust begrenzt. Dieser Wert, der eine Mindestqualität des baulichen Wärmeschutzes sicherstellen soll, wird in Abhängigkeit von Gebäudetyp und Gebäudegröße vorgegeben.

3.4 Wärmebrücken

Je höher das Wärmeschutzniveau ist, umso mehr nimmt der Wärmeverlust über Wärmebrücken zu. Deshalb muss der Planer gemäß EnEV den Einfluss konstruktiver Wärmebrücken auf den Jahres-Heizwärmebedarf nach den Regeln der Technik und mit im jeweiligen Einzelfall wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen so gering wie möglich halten. Die Wärmebrückeneffekte werden im Nachweisverfahren bei der Berechnung der Transmissionswärmeverluste durch den Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} erfasst. Er kann detailliert oder pauschalisiert berücksichtigt werden:

- Durch die pauschale Erhöhung des Wärmedurchgangskoeffizienten um $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Durch einen reduzierten pauschalen Zuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Diese Pauschalisierung kann angewendet werden, wenn die relevanten Wärmebrücken dem Beiblatt 2 der DIN 4108 entsprechen.
- Durch die detaillierte Ermittlung der punktförmigen und linienförmigen Wärmebrücken.

Unter www.unika-kalksandstein.de bieten wir Ihnen zum kostenfreien Download ein EnEV-Nachweisprogramm für Wohngebäude sowie einen Wärmebrückenkatalog mit zahlreichen Anschlusslösungen als Planungshilfe an.

Bauliche Ausführung des Referenzgebäudes „Wohngebäude“ gemäß EnEV 2009	
Bauteil / System	Referenzausführung bzw. Wert (Maßeinheit)
Außenwand, Geschossdecke gegen Außenluft	$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer solche nach Zeile 1.1)	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Fenster, Fenstertüren	$U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); g = 0,60$
Dachflächenfenster	$U = 1,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); g = 0,60$
Lichtkuppeln	$U = 2,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); g = 0,64$
Außentüren	$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Wärmebrückenzuschlag (Bauteile nach 1.1 bis 1.7)	$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Luftdichtheit der Gebäudehülle	Bei Berechnung nach ● DIN V 4108-6:2003-06: mit Dichtheitsprüfung ● DIN V 18599-2: 2007-02: nach Kategorie I

Höchstwerte des spezifischen, auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts gemäß EnEV 2009

Gebäudetyp	Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
Freistehendes Wohngebäude mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Wohngebäude mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Einseitig angebautes Wohngebäude (z. B. Reihenendhaus)	$H'_T = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
alle anderen Wohngebäude (z. B. Reihemittelhaus)	$H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Erweiterungen und Ausbauten von Wohngebäuden gemäß § 9 Abs. 5	$H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

3.5 Anforderungen bei Gebäuden im Bestand

Die EnEV 2009 sieht bei Änderungen von bestehenden Gebäuden neben anlagentechnischen und baulichen Nachrüstungsverpflichtungen sowie Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der energetischen Qualität auch Anforderungen bei baulichen Veränderungen vor. Sie greifen dann, wenn der erstmalige Einbau, der Ersatz oder die Erneuerung einzelner Bauteile einen Anteil von 10 % der gesamten jeweiligen Bauteilfläche übersteigt. Es dürfen die in nachfolgender Tafel aufgeführten maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschritten werden.

Anforderungen an den U-Wert der Außenbauteile bei Änderungen im Gebäudebestand

Bauteil	Gebäude mit normalen Innentemperaturen		Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen	
	$U_{\max} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$			
Außenwände	U_{AW}	$\leq 0,24\text{--}0,35$	U_{AW}	$\leq 0,35$
Fenster, Fenstertüren	U_W	$\leq 1,30\text{--}1,40$	U_W	$\leq 1,90$
Verglasungen	U_G	$\leq 1,10$	U_G	$\leq 1,90$
Außentüren	U_T	$\leq 2,90$	U_T	$\leq 2,90$
Decken, Dächer	U_D	$\leq 0,20\text{--}0,24$	U_D	$\leq 0,35$
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	U_U bzw. U_G	$\leq 0,30\text{--}0,50$	keine Anforderungen	
Decken nach unten an Außenluft	U_G	$\leq 0,24$	keine Anforderungen	

3.6 Physikalische Größen und Formelzeichen

Die wichtigsten physikalischen Größen, Formelzeichen und Einheiten zur baulichen Wärmedämmung und zum klimabedingten Feuchteschutz

Physikalische Größe	Symbol	Einheit
Länge	l	m
Breite	b	m
Dicke	d	m
Höhe	h	m
Fläche	A	m^2
Volumen	V	m^3
Masse	m	kg
Dichte	ρ	kg/m^3
Celsius-Temperatur	ϑ, θ	$^{\circ}C$
Thermodynamische Temperatur	T	K
Wärmemenge	Q	$J = Ws$
Spezifische Wärmekapazität	c	$J/(kg \cdot K)$
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit	C_{wirk}	Wh/K
Wärmestrom	Φ	$Ws/s = Wh/h = W$
Wärmestromdichte	q	W/m^2
Wärmeleitfähigkeit	λ	$W/(m \cdot K)$
Thermischer Leitwert	L	$W/(m \cdot K)$
Wärmedurchlasswiderstand	R	$m^2 \cdot K/W$
Wärmeübergangswiderstand innen/außen	$R_{\text{si}} / R_{\text{se}}$	$m^2 \cdot K/W$
Wärmedurchgangswiderstand	R_T	$m^2 \cdot K/W$
Wärmeübergangskoeffizient	h	$W/(m^2 \cdot K)$
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)	U	$W/(m^2 \cdot K)$
Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (ψ -Wert)	ψ	$W/(m \cdot K)$
Punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (χ -Wert)	χ	W/K
Temperaturfaktor an der Innenoberfläche	f_{Rsi}	-
Hemisphärischer Emissionsgrad	ϵ	-
Strahlungsaustauschgrad	E	-
Luftwechsel	n	$1/h$
Wasserdampfteildruck	p	Pa
Wasserdampfsättigungsdruck	p_s	Pa
Relative Luftfeuchte	φ	%
massebezogener/volumenbezogener Feuchtegehalt	u_m / u_v	$M.-% / Vol.-%$
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	μ	-
Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	s_d	m
Tauwassermasse flächenbezogen	$m_{w,T}$	kg/m^2
Verdunstungsmasse flächenbezogen	$m_{w,V}$	kg/m^2
Wasseraufnahmekoeffizient	w	$kg/(m^2 \cdot h^{0.5})$
Wasserdampf-Diffusionskoeffizient	D	m^2/h
Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand	Z	$m^2 \cdot h \cdot Pa/kg$
Wasserdampf-Diffusionsstromdichte	g	$kg/(m^2 \cdot h)$