

Der Kalksandstein



4 Kalksandstein	44 Sichtmauerwerk
4 Herstellung	45 Ausführungsstandard
6 Sortiment	46 Wandhöhen/Wandlängen
7 Normalsteine	47 Verbandarten
8 Spezialsteine	49 Mauerwerksturz
10 Grossblocksteine	50 Mauerwerkmörtel
11 Kennwerte	51 Dehnungsfugen
12 Qualitätsanforderungen	52 Graue Energie/ Umweltbelastungspunkte (UBP)
13 Luftschall-Dämmwerte	53 Nachhaltiges Bauen
14 Übersicht Kennwerte	54 Berechnung der Grauen Energie
15 Statik der Wände	54 Grenzwerte der Grauen Energie
16 Statik der Wände	55 Nachhaltig bauen mit Kalksandstein
17 Begriffe und Abkürzungen	57 Bauphysikalische Eigenschaften
18 Vorgegebene Wandexzentrizitäten	58 Vergleich bauphysikalischer Eigenschaften
19 Aufgezwungene Wandverdrehungen	60 Schallschutzanforderungen
20 Tragsicherheit	62 Schutz gegen Innenlärm
21 Gebrauchstauglichkeit	63 Nebengewegübertragung
26 Bewehrtes Mauerwerk	64 Brandschutz
28 Konstruktion der Wände	65 Schallabsorption/Wärmeschutz
29 Nichttragende Innenwände	67 Mauerwerkzubehör
31 Verankerungen am Tragsystem	68 Sichtbetonstürze
32 Die Beschichtung von Kalksandstein	69 Mauerfusselemente
33 Ausfachwände	70 Lagerfugenbewehrung/Bügel
35 Zweischalenmauerwerk	71 Anker
37 Sockelabschlüsse	72 Ratgeber
38 Fensterstürze/Fensterbänke	72 Abstimmung von Mauerstein und Mörtel
39 Flachdachabschluss	73 Schützen von Kalksandstein
40 Freihstehende Kalksandsteinmauern	74 Schlitzten/Leitungsführung
41 Verankerung/Mauerwerksbewehrung	75 Reinigen von KS-Sichtmauerwerk

Kalksandstein

Seine Herstellung

Kalksandstein besteht aus den natürlichen Rohstoffen Kalk, Sand und Wasser. Die industrielle Fertigung erfordert im Vergleich zu ähnlichen Baustoffen wenig Energie, ist umweltfreundlich und weder lärmerzeugend noch sonstwie gesundheitsgefährdend.

Sand

Sand und Kies werden entweder in Kiesgruben abgebaut oder aus Flüssen und Seen gewonnen. Zur Veredelung gelangt das gewonnene Rohmaterial mit Förderbändern, Muldenkippern oder Lastwagen zu den Aufbereitungsanlagen. In der Vorberecherei werden grobe Steine zerkleinert, und in der Vorsortierung erfolgt die Trennung nach Sand und Geröll. Der Sand sollte einen hohen Silikatgehalt (Quarz) und eine optimale Kornverteilung aufweisen. In den meisten Fällen werden ehemalige Abbauflächen wieder der Land- und Forstwirtschaft übergeben und rekultiviert.

Kalk

Der Kalk wird in Steinbrüchen als Kalkstein [CaCO_3] abgebaut. Das gelöste Felsmaterial wird zum Brecher befördert, der es mechanisch zerkleinert. Danach transportieren Förderbänder die Kalksteinstücke zum Schachtofen. Hier werden sie bei Temperaturen bis zu 1200°C gebrannt. Aus dem Kalkstein entsteht unter Kohlendioxidabgabe der gebrannte Kalk [CaO]. Zu einem feinen Pulver zermahlen, gelangt dieser Feinkalk mit Hilfe von Silofahrzeugen zu den Kalksandsteinwerken.

Mischen der Rohstoffe

Eine computergesteuerte Mischanlage ruft die Rohstoffe Sand, Kalk und Wasser nach vorgegebenen Rezepturen ab. Zuerst kommen Sande in verschiedenen Korngrößen in die Mischanlage. Wasser und Branntkalk werden hinzugegeben und intensiv mit dem Sand gemischt. Danach gelangt das feuchte Kalk-Sand-Gemisch in den Reaktor.

Löschen des Kalks

Im Reaktor löscht der Branntkalk vollständig ab. Der gebrannte Kalk reagiert mit dem zugesetzten Wasser zu Kalkhydrat $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dabei entsteht Wärme. Über einen Nachmischer gelangt das warme Kalk-Sand-Gemisch zu den vollautomatischen Steinpressen.

Pressen der Steine

Die Pressen arbeiten in drei Takten: füllen der Form mit der Rohmasse, verdichten und ausstossen der Rohlinge. Durch den Pressvorgang erhält der Steinrohling zwar seine endgültige Form und Abmessung, jedoch noch nicht die notwendige Festigkeit. Präzise Abnahmesysteme setzen die Steinrohlinge auf Härtewagen ab. Die beladenen Wagen gelangen auf Geleisen zu den Härtekesseln [Autoklaven].

Härtung der Steine

In langen, zylindrischen Druckbehältern werden die Steine gehärtet. Die Härtung der Rohlinge erfolgt bei 160 bis 220°C . Unter Dampfdruck setzt ein chemischer Prozess ein. In zirka sechs Stunden haben die Steine die geforderte Festigkeit erreicht.

Qualitätskontrolle

In Stichproben wird die Qualität der Steine überprüft. Wichtige Merkmale sind Druckfestigkeit, Abmessungen und Rohdichte. Kalksandsteine müssen den Qualitätsanforderungen der SIA-Norm 266 entsprechen und unterliegen einer ständigen Werkkontrolle.



Kalksandstein

Seine Umwelteigenschaften

Lokaler Rohstoff Kies

Bei der Herstellung wird darauf geachtet, dass die Ressourcen geschont und auf die Umwelt geachtet wird. Das heisst: Von der Rohstoffgewinnung in heimischen Abbaustätten, über die Produktion, zu den Transporten, bis zum Rückbau und Recycling sind stets sehr gute Umwelteigenschaften zu verzeichnen.

Produktion Kalk

Der regionale Kalklieferant zeichnet sich als Unternehmen aus, das CO₂-Emissionen aktiv reduziert und seine Energieeffizienz optimiert. Im Steinbruch werden besonders reine Kalksteine mit einem Gehalt von bis zu 98 Prozent Calciumcarbonat abgebaut. Mit der Umstellung auf Erdgas sind die CO₂-Emissionen um einiges reduziert worden.

Produktion Kalksandstein

Die KS-Info-Werke haben als selbstständige Energiemodell-Gruppe die freiwillige CO₂-Zielvereinbarung mit dem Bund unterzeichnet. Damit verpflichten sich alle Werke, die fossilen CO₂-Emissionen zu reduzieren sowie gleichzeitig ihre Energieeffizienz zu steigern. Diese freiwillige Vereinbarung wurde vorgängig von unabhängigen Experten geprüft und für «verpflichtungstauglich» erklärt. Die Zielvereinbarung mit dem Bund ist eine Massnahme aus dem Energie- und CO₂-Gesetz und erweist sich als erfolgreiches Instrument zur Umsetzung der schweizerischen Energie- und Klimapolitik. Zusätzlich beteiligen sich die KS-Info-Werke am Energiemodell-Programm der Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW), um die hochgesteckten Ziele zu erreichen. Mit diesen Engagements bekennen sich die KS-Info-Werke zu nachhaltigem Klimaschutz.



Sortiment

Normalsteine

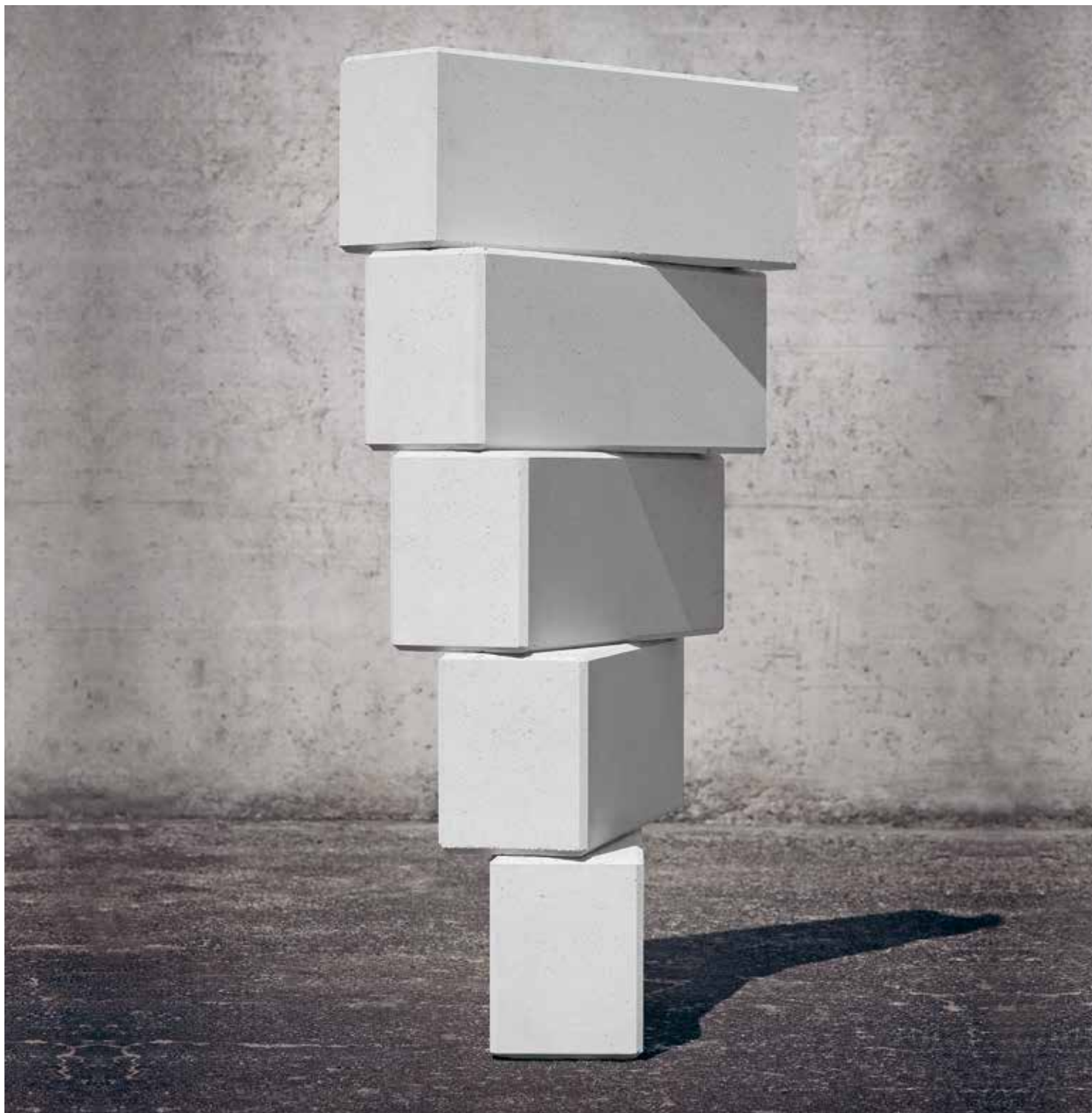
Naturgraue und eingefärbte Steine

Spezialsteine

Installation, Dosen, Schwer, Voll, Eck und Schallabsorption

Grossblocksteine

Duplo- und Quattroblock, Q7, Profila



Sortiment

Normalsteine

K 10

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 10/19		250	100	190
K 10/14		250	100	140
K 10/6,5		250	100	65



K 12

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 12/19		250	120	190
K 1/2 12/19		120	120	190
K 12/14		250	120	140
K 1/2 12/14		120	120	140
K 12/9		250	120	90
K 12/6,5		250	120	65



K 15

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 15/19		250	145	190
K 1/2 15/19		120	145	190
K 15/14		250	145	140
K 1/2 15/14		120	145	140
K 15/9		250	145	90
K 15/6,5		250	145	65



K 18

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 18/19		250	180	190
K 1/2 18/19		120	180	190
K 18/14		250	180	140
K 1/2 18/14		120	180	140
K 18/9		250	180	90
K 18/6,5		250	180	65



K 20

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 20/19		250	200	190
K 1/2 20/19		120	200	190
K 20/14		250	200	140
K 1/2 20/14		120	200	140
K 20/9		250	200	90
K 20/6,5		250	200	65



Sortiment

Spezialsteine

Installation

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 12/19		250	120	190
K 12/14		250	120	140
K 15/19		250	145	190
K 15/14		250	145	140
K 18/19		250	180	190
K 18/14		250	180	140



Dosen

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 12/19		250	120	190
K 12/14		250	120	140
K 15/19		250	145	190
K 15/14		250	145	140
K 18/19		250	180	190
K 18/14		250	180	140



Schwer

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 15/14		250	145	140
K 18/14		250	180	140
K 20/14		250	200	140



Voll

Bezeichnung	Format (mm)	L	B	H
K 12/14		250	120	140
K 15/14		250	145	140
K 18/14		250	180	140

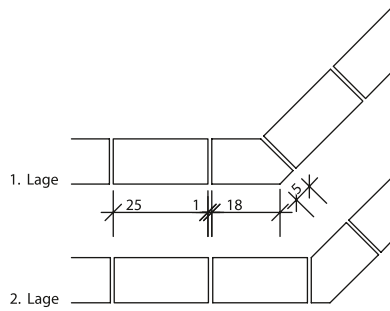


Sortiment

Spezialsteine

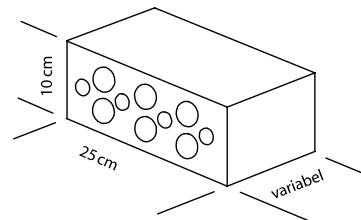
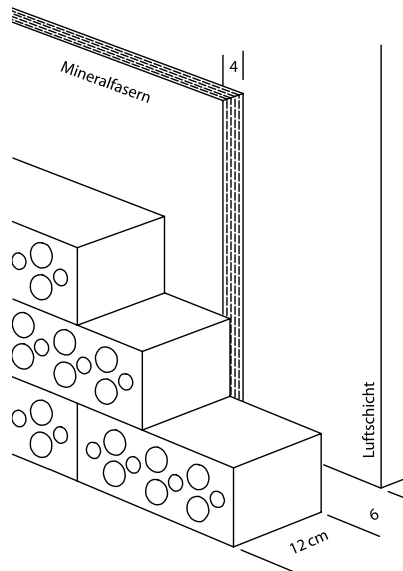
Eckstein 45°

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
K 12/14		180	120	140



Schall- absorption

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
K 10		250	variabel	100



Sortiment

Grossblocksteine

Duplo

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
Duplo 12		508	120	190
Duplo 1/2 12		254	120	190
Duplo 12 E		508	120	190
Duplo 15		508	145	190
Duplo 1/2 15		254	145	190
Duplo 15 E		508	145	190
Duplo 18		508	180	190
Duplo 1/2 18		254	180	190
Duplo 18 E		508	180	190

E = Endsteine



Quattro

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
Quattro 12		508	120	280
Quattro 1/2 12		254	120	280
Quattro 12 E		508	120	280
Quattro 15		508	145	280
Quattro 1/2 15		254	145	280
Quattro 15 E		508	145	280
Quattro 18		508	180	280
Quattro 1/2 18		254	180	280
Quattro 18 E		508	180	280
Quattro 20		508	200	280
Quattro 1/2 20		254	200	280
Quattro 20 E		508	200	280

E = Endsteine



Q 7

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
Q 7		508	68	280



Profila

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
Profila 15		508	145	190
Profila 1/2 15		254	145	190
Profila 15 E		508	145	190

E = Endsteine

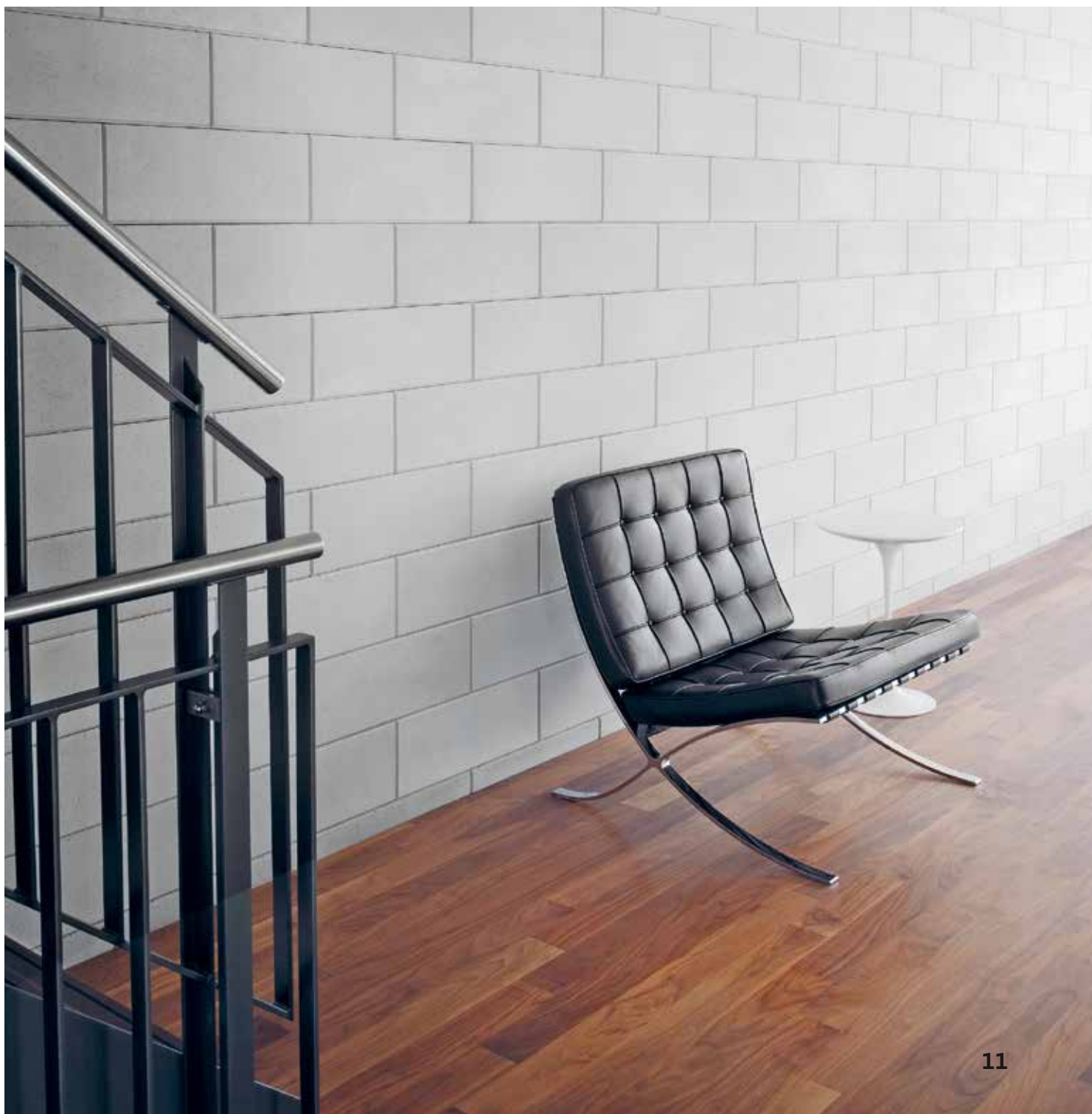


Kennwerte

Qualitätsanforderungen

Luftschall-Dämmwerte

Übersicht Kennwerte



Kennwerte

Qualitätsanforderungen nach Norm SIA 266:2015 [SN 505 266]

Die Norm beschreibt die Planung, Ausführung und Prüfung von Mauerwerken. Für die Planung und Ausführung von Kalksandsteinmauerwerken verweisen wir auf die entsprechenden Abschnitte in der Norm.

Mauerwerksdruckfestigkeit f_{kk}	7,0 N/mm ²
Mauerwerksbiegezugfestigkeit f_{bk}	0,15 N/mm ²
Steindruckfestigkeit f_{bk}	22,0 N/mm ²
Rohdichte ρ	1600–2000 kg/m ³
Kapillare Wasseraufnahme	> 5 g/dm ² min.
Elastizitätsmodul E_{xd}	3,5 kN/mm ²
Schwinden ϵ_s	0,2 ‰
Kriechen, Endkriechwert φ	1,5
Wärmeausdehnungskoeffizient α_T	9 [10 ⁻⁶ /K]
Wärmeleitfähigkeit λ	0,9–1,1 W/mK
Frostbeständigkeit: aufgrund der geringen Saugfähigkeit sehr hohe Frostbeständigkeit	

Masstoleranzen für Mauerwerk

Messgrösse	Messdistanz [m]	Toleranzwerte [mm]		
		Sichtmauerwerk	Standardmauerwerk	Übriges Mauerwerk
Abweichung von der Vertikalen	2	6	8	12
	4	8	12	16
Abweichung der Lagerfugen von der Horizontalen	4	±8	±12	±12
Ebenheit der Oberfläche¹⁾	1	4	4	6
	2	6	6	8
	4	8	8	12
Abweichung der Längen und Höhen von den Planmassen	4	±12	±16	±16
	10	±16	±20	±20

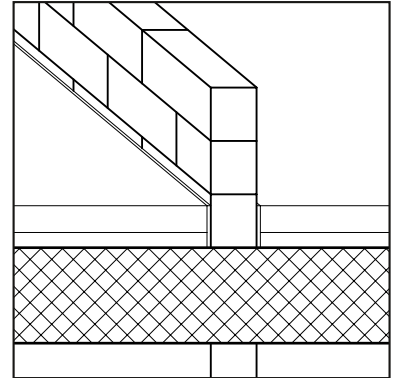
¹⁾ Die Ebenheit ist durch Anlegen einer Messlatte vertikal und horizontal zu überprüfen. Bei nach innen gewölbten Oberflächen wird die maximale Abweichung von der Messlatte gemessen. Bei nach aussen gewölbten Oberflächen wird die Messlatte so angelegt, dass die maximalen Abweichungen im Bereich der Lattenenden etwa den gleichen Wert ergeben. Der massgebende Messwert wird dann als Mittelwert der beiden Abweichungen bestimmt.

Kennwerte

Luftschall-Dämmwerte

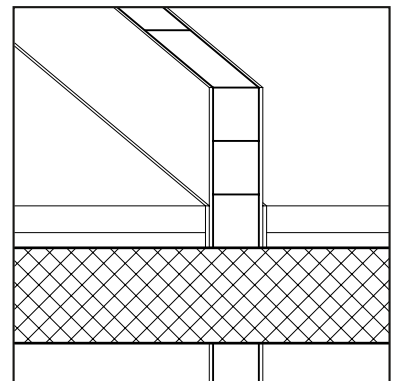
Einschalige Wand unverputzt

Mauerdicke	mm	120	150	180	200	250
Normalsteine	dB	46	48	50	52	54
Schwersteine	dB		50	53	54	



Einschalige Wand mit beidseitigem Verputz

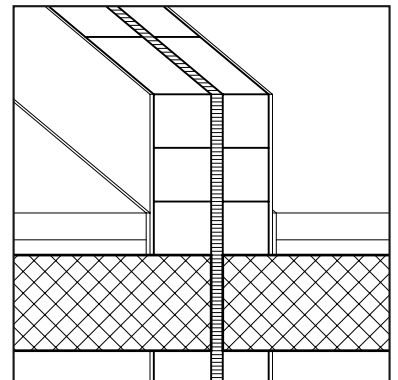
Mauerdicke	mm	120	150	180	200	250
Normalsteine	dB	49	51	53	54	56
Schwersteine	dB		52	55	56	



Zweischalige Wand mit beidseitigem Verputz

Die zweischalige Wandkonstruktion wird insbesondere bei sehr hohen Ansprüchen an den Schallschutz wie z.B. bei Wohnungstrennwänden, Gebäudetrennwänden, Wänden gegen lärmige Gebäudeabschnitte usw. angewandt.

Mauerdicke	Wand 1	120 mm	150 mm	180 mm	200 mm
Wand 2	Schalldämmmass				
120 mm	dB	60	61	62	63
150 mm	dB	61	62	63	64
180 mm	dB	62	63	64	65
200 mm	dB	63	64	65	66



Schalldämmplatte 30 mm [Mineralfaser]

Die beiden Wandscheiben müssen durch eine weiche Mineralplatte vollständig voneinander getrennt sein.

Kennwerte

Übersicht

Einschalige Kalksandsteinwände

Mauerdicke roh	mm	100	120	150	180	200	250 ¹⁾
Steinbezeichnung		K 10	K 12	K 15	K 18	K 20	K 12
Länge/Breite/Höhe	mm	250/100/140	250/120/140	250/145/140	250/180/140	250/200/140	250/120/140
Steine	Stk./m ²	26	26	26	26	26	53
Mörtel	l/m ²	20	24	29	36	40	63

Flächenmasse

roh	kg/m ²	186	220	260	326	364	463
verputzt (2×1 cm)	kg/m ²	226	260	300	366	404	503

Schalldämmmass R'_w

roh	dB	44	46	48	50	52	54
verputzt (2×1 cm)	dB	47	49	51	53	54	56

Feuerwiderstand. Tragende, raumabschliessende Wände

roh	REI	60	90	120	120	180	240
verputzt (2×1 cm)	REI	60	120	120	180	180	240

1) Verbandsmauerwerk, Läufer- und Binderverband mit K 12

Einschalige Kalksandsteinwände mit Schwersteinen

Mauerdicke roh	mm	150	180	200
Steinbezeichnung		K 15 schwer	K 18 schwer	K 20 schwer
Länge/Breite/Höhe	mm	250/145/140	250/180/140	250/200/140
Steine	Stk./m ²	26	26	26
Mörtel	l/m ²	29	36	40

Flächenmasse

roh	kg/m ²	300	395	418
verputzt (2×1 cm)	kg/m ²	340	435	458

Schalldämmmass R'_w

roh	dB	50	53	54
verputzt (2×1 cm)	dB	52	55	56

Umweltbelastungspunkte

Werkspezifische Werte pro Kilogramm hergestellter Kalksandstein

Primärenergie nicht erneuerbar	MJ/kg	0,967
Primärenergie gesamt	MJ/kg	1,080
Treibhausgasemissionen	kg/CO ₂ -eq/kg	0,099
UBP Umweltbelastungspunkte	kg	74,69

Statik der Wände

Statik

Bemessung nach Norm SIA 266:2015

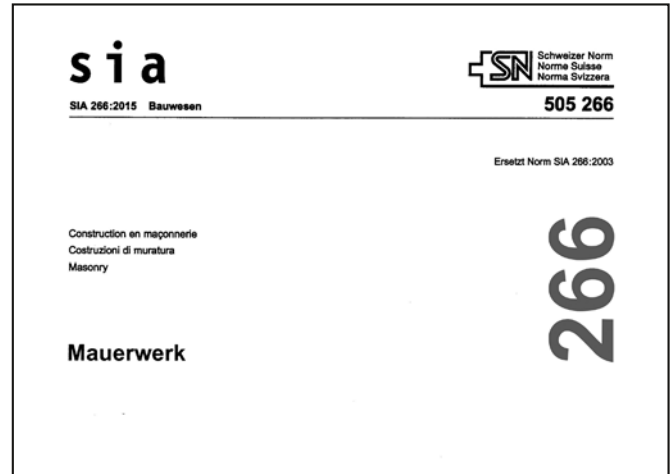


Statik der Wände

Statik der Wände

Massgebend für die Dimensionierung von Mauerwerk und insbesondere von Wand/Decken-Systemen ist die Norm SIA 266 [2015] «Mauerwerk». Um die Beurteilung der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit in den häufig vorkommenden statischen Situationen zu erleichtern, stehen die nachstehenden Diagramme und Formeln zur Verfügung.

Es liegt in jedem Fall in der Verantwortung des Ingenieurs, diese Berechnungshilfen in Bezug auf das betreffende statische Problem im Rahmen der massgebenden Normen und der fachspezifischen Grundsätze zu interpretieren.

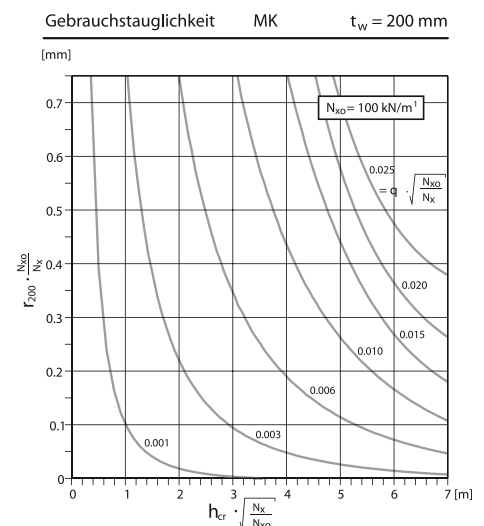
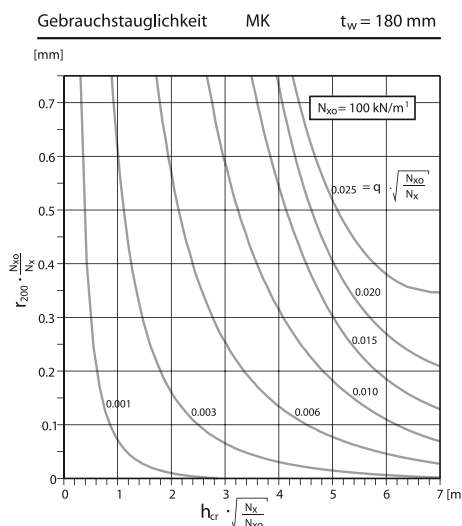
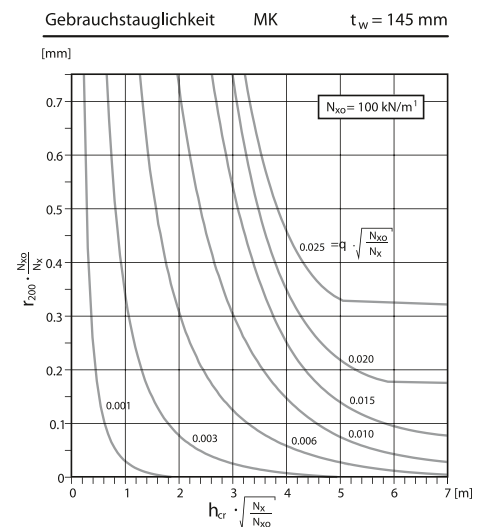
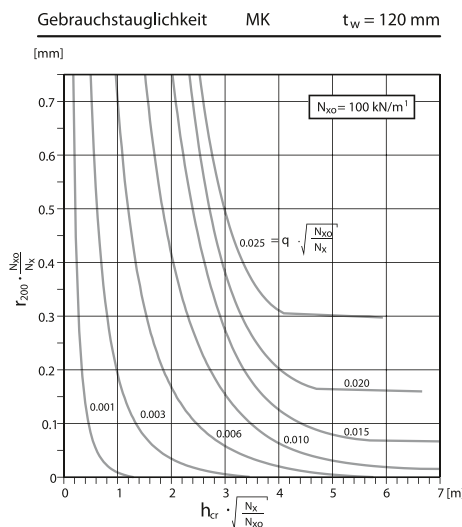


Grundsatz für die Anwendung der Diagramme und Formeln

Der Nachweis der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit entspricht exakt dem Vorgehen nach Norm.

Teilweise eingebundene Decken

Bei Aussenwandsystemen mit teilweise eingebundenen Decken ist der Artikel 4.3.1.3 der Norm SIA 266 zu beachten. Die Wandhöhe h_w wird mit der Geschosshöhe angenommen, und die Einbündlänge der Decke muss bei der Bemessung berücksichtigt werden [Artikel 4.3.1.3, Druckspannung im Auflagerbereich a der Decke].



Berechnung mit Diagrammen in diesem Heft

Statik der Wände

Begriffe und Abkürzungen

So weit wie möglich werden in erster Linie die Begriffe und Abkürzungen der Norm SIA 266 verwendet:

t_w Wanddicke [mm]

e_z Exzentrizität von N_x bzw. N_{xd} in der Richtung senkrecht zur Wandebene

h_w auf die Mitten der angrenzenden Decken bezogene Wandhöhe [m]

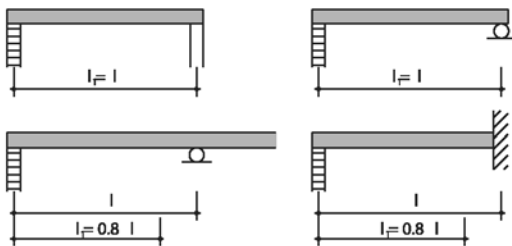
h_{cr} Knicklänge der Wand [m]

h_o Schichthöhe

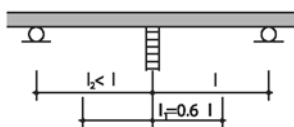
t_D Dicke der Decke [m]

l_1 bezogene Spannweite der Decke [m]

Aussenwände:



Zwischenwände:



l_w Wandlänge [m]

g Eigenlasten der Decke [kN/m²] (einschliesslich Unterlagsboden usw.)

q Nutzlasten [kN/m²]

γ_G Partialfaktor für Eigenlasten, in der Regel 1,35 Tragsicherheit [1,0 Gebrauchstauglichkeit]

γ_Q Partialfaktor für Nutzlasten, in der Regel 1,5 Tragsicherheit [1,0 Gebrauchstauglichkeit]

E'_c Elastizitätsmodul des Betons, Langzeitwert mit Kriecheinfluss, in der Regel $12 \cdot 10^6$ kN/m²

E'_{cd} Bemessungswert des Elastizitätsmoduls, in der Regel $10 \cdot 10^6$ kN/m²

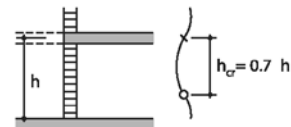
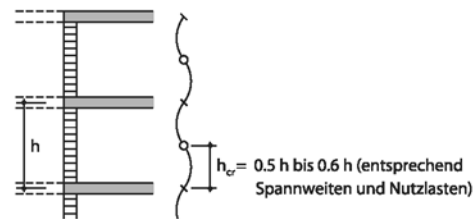
k_1 Faktor zur Berücksichtigung des Reissens der Decke: ungerissen $k_1 = 1$, gerissen $k_1 = 2$

k_2 Anteil der Lastabtragung der Decke in der betreffenden Richtung (Gesamtlast = 1,0)

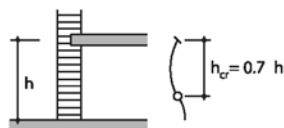
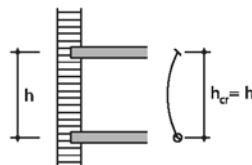


h_{cr} für ausgewählte Fälle:

bei voll eingebundenen Decken:



bei teilweise eingebundenen Decken:



k_N Beiwert zur Ermittlung des Tragwiderstandes

r rechnerische Rissbreite [mm]

N_x Normalkraft pro Laufmeter Wand [kN/m²] (Druck = positiv)

N_{x0} Bezugsgrösse [kN/m²]

N_{xd} Bemessungswert der Normalkraft [kN/m²]

f_{xd} Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit

f_{xk} charakteristischer Wert der Mauerwerksdruckfestigkeit

E_{xd} Bemessungswert des Elastizitätsmoduls des Mauerwerks

ϑ Auflagerdrehwinkel der Decke [rad]

ϑ_d Bemessungswert des Auflagerdrehwinkels [rad]

Statik der Wände

Vorgegebene Wandexzentrizitäten

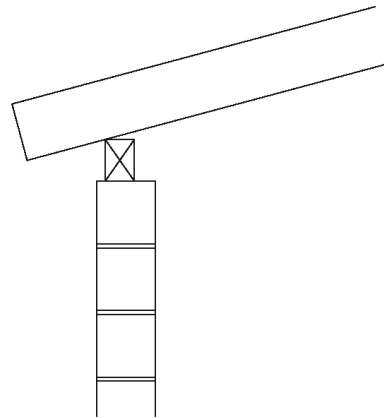
Bemessung und Nachweis mit Diagrammen

Der Nachweis erfolgt nach Theorie 2. Ordnung gemäss Artikel 4.3.1 der Norm SIA 266.

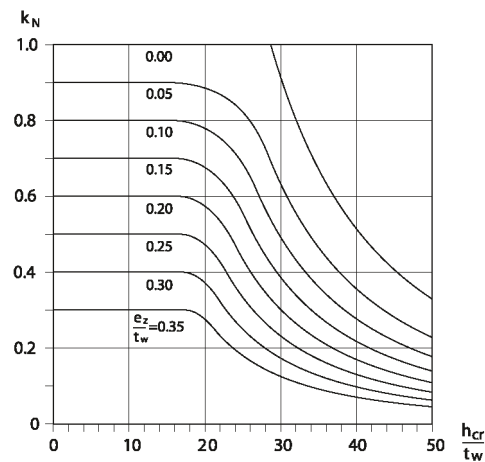
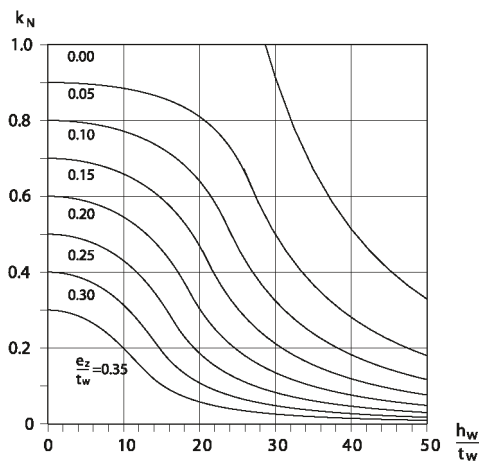
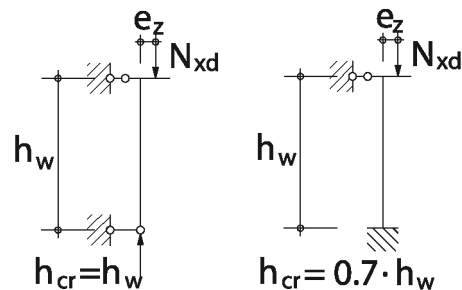
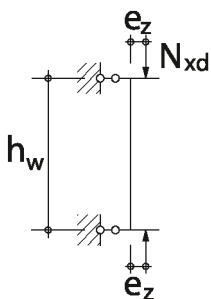
Tragsicherheit

Die Tragsicherheit ist nachgewiesen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$N_{xd} \leq k_N \cdot I_w \cdot t_w \cdot f_{xd}$$



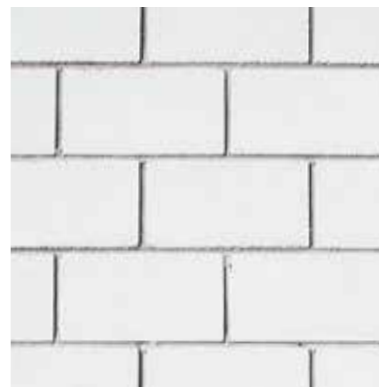
Der Faktor k_N kann mit den folgenden Diagrammen ermittelt werden:



Gebrauchstauglichkeit

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Gebrauchstauglichkeit gewährleistet ist, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{e_z}{t_w} \leq \frac{1}{6}$$



Statik der Wände

Aufgezwungene Wandverdrehungen

Bemessung und Nachweis mit Diagrammen

Der Nachweis erfolgt nach Theorie 2. Ordnung gemäss Artikel 4.3.1 der Norm SIA 266.

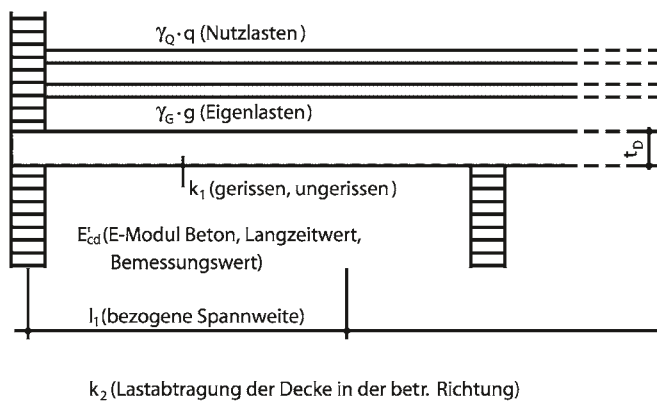
Tragsicherheit

Die Beurteilung erfolgt mit dem Bemessungswert ϑ_d [Auflagerdrehwinkel der einfach gelagerten Decke] nach der folgenden Formel:

$$\vartheta_d = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot [\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q] \cdot l_1^3}{2 \cdot E'_{cd} \cdot t_D^3} \text{ [rad]}$$

Die Traglast N_{xd} ergibt sich aus dem Diagramm in Abhängigkeit der Knicklänge h_{cr} der Wand. Zwischen den einzelnen Kurven darf interpoliert werden.

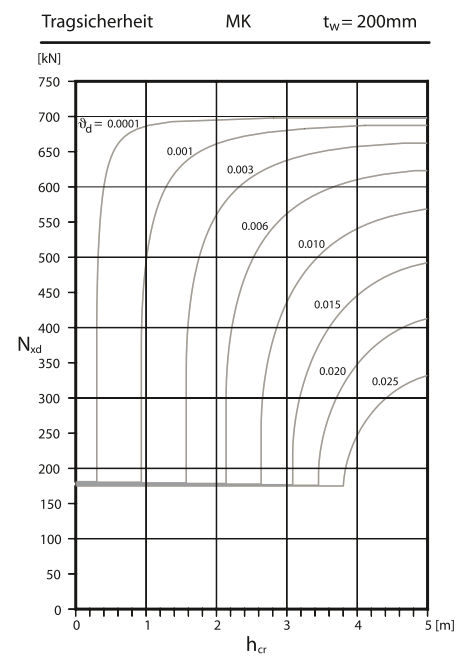
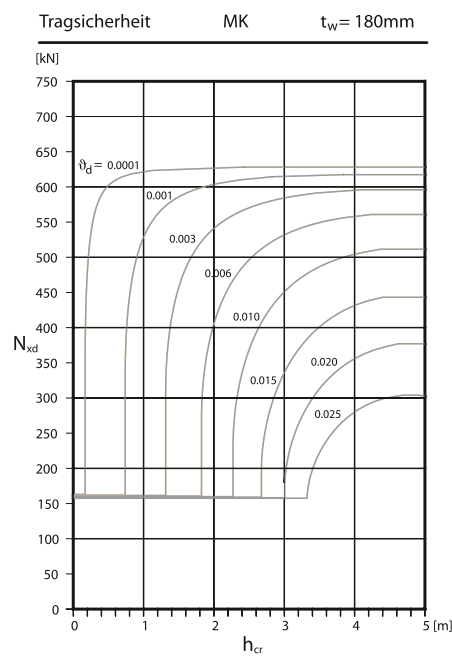
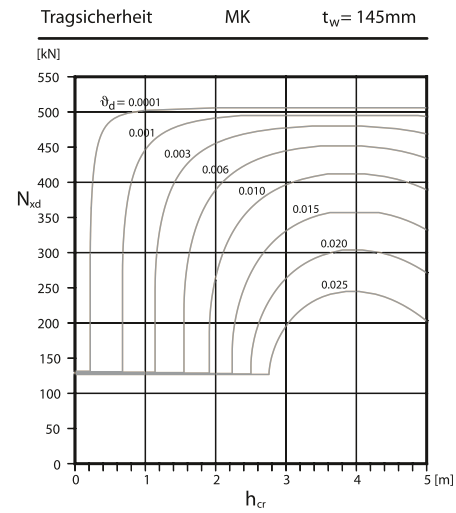
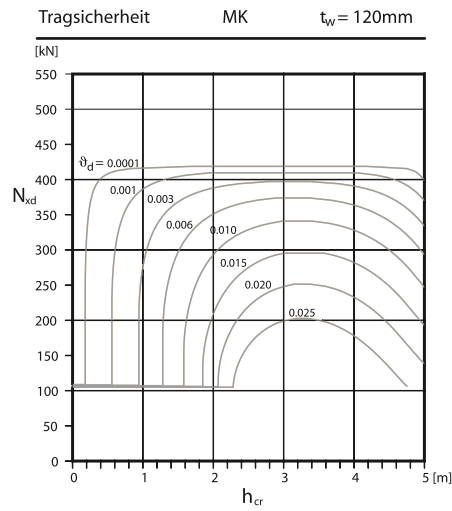
Der Kennwert für die Bestimmung von ϑ_d ist der statischen Berechnung der zugehörigen Geschosdecke wie folgt zu entnehmen:



Statik der Wände

Tragsicherheit. Einstein-Standardmauerwerk MK

$f_{xd} = 3,5 \text{ N/mm}^2$
 $E_{xd} = 3,5 \text{ kN/mm}^2$



Statik der Wände

Gebrauchstauglichkeit

Die Beurteilung erfolgt mit dem Auflagerdrehwinkel der einfach gelagerten Decke ϑ nach der folgenden Formel:

$$\vartheta = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot (g+q) \cdot l_1^3}{2 \cdot E'_c \cdot t_D^3} \text{ [rad]}$$

Die rechnerische Rissweite ergibt sich aus dem Diagramm in Abhängigkeit der Knicklänge h_{cr} der Wand.

Für die Verwendung der Diagramme müssen diese Werte umgerechnet werden:

Ordinate: $r_{200} \cdot \frac{N_{x0}}{N_x}$ mit:

N_{x0} : Bezugsgrösse gemäss Diagramm (Bezugsgrösse ohne physikalische Bedeutung zur Optimierung der Anwendungsbereiche der Diagramme)

r_{200} : Rissweite bei einer Schichthöhe von 200 mm

allgemein gilt: $r = \frac{h_0}{200} r_{200}$

r_0 : Höhe eines Steines plus einer Fuge
= Schichthöhe [durch Einsetzen eines Wertes $h_0 = 200$ mm wird die Rissweite beeinflusst]

Abszisse:

$$h_{cr} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{x0}}}$$

Kurvenparameter:

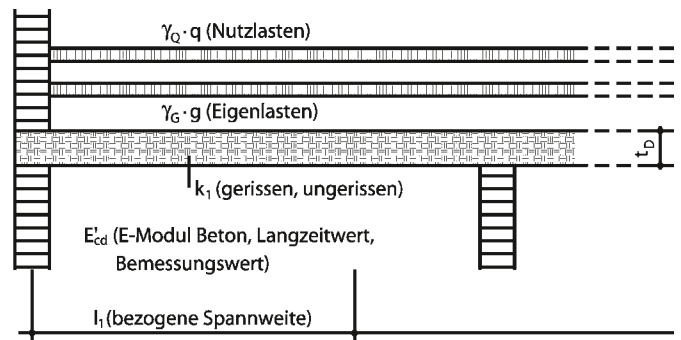
$$\vartheta \cdot \sqrt{\frac{N_{x0}}{N_x}}$$

Anforderung gemäss SIA 266

Normale Anforderungen: $r \leq 0,20$ mm

Hohe Anforderungen: $r \leq 0,05$ mm

Die Kennwerte für die Bestimmung von ϑ sind der statischen Berechnung der zugehörigen Geschossdecke wie folgt zu entnehmen:



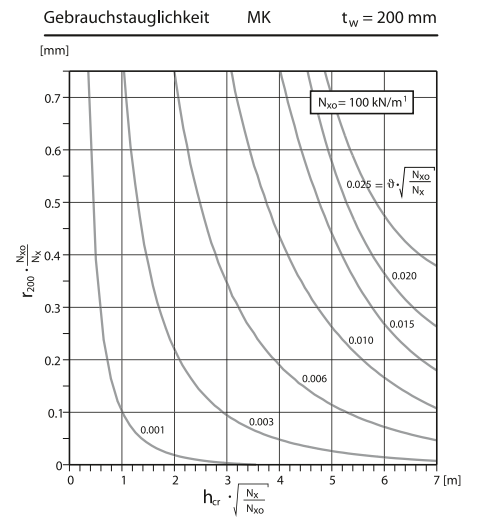
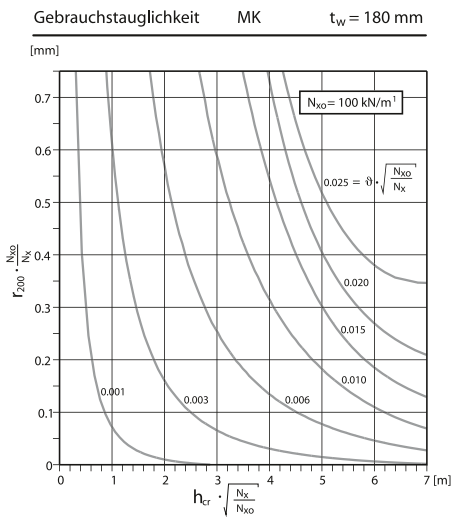
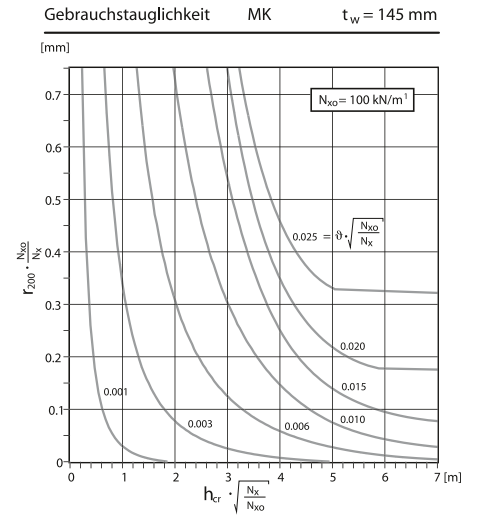
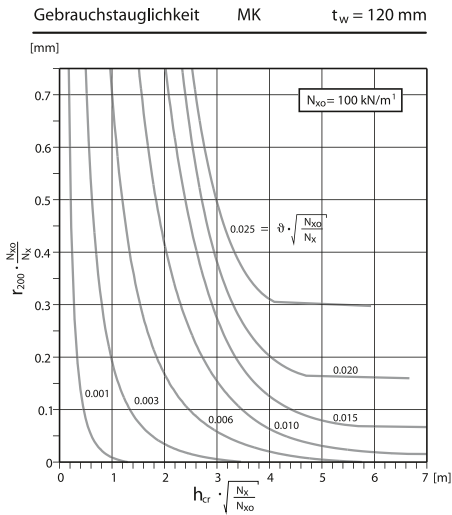
k_2 (Lastabtragung der Decke in der betr. Richtung)



Statik der Wände

Gebrauchstauglichkeit. Einstein-Standardmauerwerk MK

$f_{xk} = 7,0 \text{ N/mm}^2$
 $E_{xk} = 7,0 \text{ kN/mm}^2$



Statik der Wände

Beispiel 1

Innere Schale einer Aussenwand in Zweischalenmauerwerk eines mehrgeschossigen Gebäudes

■ Bezogene Höhe der Wand h_{cr} , Annahmen:

in den Zwischengeschossen $h_{cr} = 0,5 \cdot 2,9 = 1,45 \text{ m}$
 im untersten Geschoss $h_{cr} = 0,7 \cdot 2,9 = 2,03 \text{ m}$

■ Lastabtragung der Decke:

in der massgebenden Richtung, festgelegt
 beispielsweise anhand von Lasteinzugsflächen
 Annahme: $k_2 = 0,70$

■ Lasten:

Stahlbetondecke und Unterlagsboden: $g = 7,5 \text{ kN/m}^2$
 Nutzlasten: $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$

Für den Tragsicherheitsnachweis

■ Normalkraft pro Geschoss [mit $\gamma_G = 1,35, \gamma_Q = 1,5$]:

$$\text{von Decke: } 7,5 \cdot 1,35 \cdot \frac{4,5}{2} \cdot 0,7 = 15,9$$

$$4,0 \cdot 1,50 \cdot \frac{4,5}{2} \cdot 0,7 = 9,5$$

$$\text{von Wand: } \frac{2,1 \cdot 1,35 \cdot 2,7}{N_{xd} = 33,1 \text{ kN/m}^1} = 7,7$$

[Reduktion für obere Geschosse hier unberücksichtigt]

Nachweis Tragsicherheit

bei 4 Geschossen (plus Dachraum) im untersten Geschoss, Wand 1:

$$N_{xd} = 4 \cdot 33,1 = 132,4 \text{ kN/m}^1$$

$$h_{cr} = 2,03 \text{ m}$$

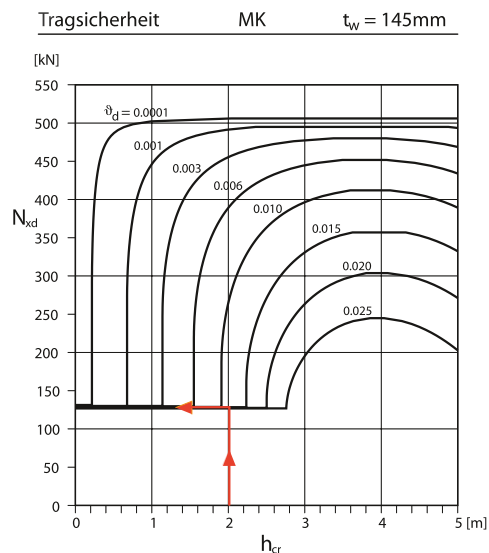
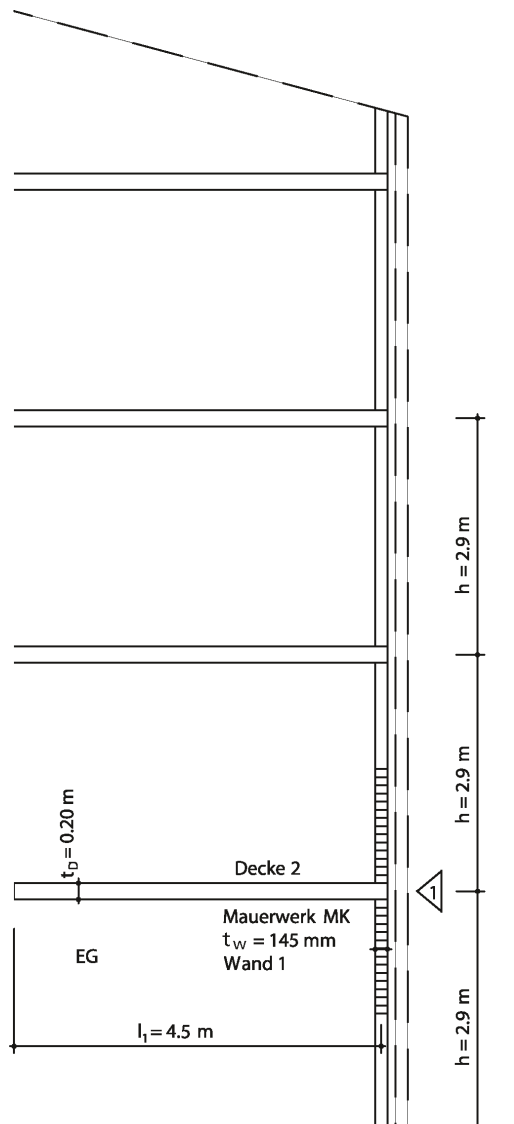
$$\vartheta_{d1} = \frac{2 \cdot 0,7 \cdot [1,35 \cdot 7,5 + 1,5 \cdot 4,0] \cdot 4,5^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 0,2^3} = 0,013 \text{ rad}$$

Nachweis bei 4 Geschossen:

Diagramm MK $t_w = 145 \text{ mm}$:

$$N_{xd} \cong 135 \text{ kN/m}^1 > 132,4 \text{ kN/m}^1 = N_{xd \text{ vorh}}$$

Tragsicherheit nachgewiesen!



Statik der Wände

Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Nachweis der rechnerischen Rissweite, obwohl bei der Innenschale von Zweischalenmauerwerk in der Regel nicht problematisch.

Beispiel unterste Decke bei 4 Geschossen:

■ Gebrauchslasten pro Geschoss:

$$\text{von Decke: } 7,5 \cdot \frac{4,5}{2} \cdot 0,7 = 11,8$$

$$\text{mit } q_{\text{ser, lang}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$2,0 \cdot \frac{4,5}{2} \cdot 0,7 = 3,2$$

$$\text{von Wand: } 2,0 \cdot 2,7 = 5,7$$

$$N_x = 20,7 \text{ kN/m}^1$$

$$\vartheta_d = \frac{2 \cdot 0,7 \cdot [7,5 + 2,0] \cdot 4,5^3}{2 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,2^3} = 0,0063 \text{ rad}$$

■ Nachweis im untersten Geschoss, Wand 1

$$h_{\text{cr}} = 4 \cdot 20,7 = 82,8 \text{ kN/m}^1$$

Diagramm MK, $t_w = 145 \text{ mm}$

$$h_{\text{cr}} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{x0}}} = 2,03 \cdot \sqrt{\frac{82,8}{100}} = 1,84 \text{ m}$$

$$\vartheta \cdot \sqrt{\frac{N_{x0}}{N_x}} = 0,0063 \cdot \sqrt{\frac{100}{82,8}} = 0,0069 \text{ rad}$$

Rissweite:

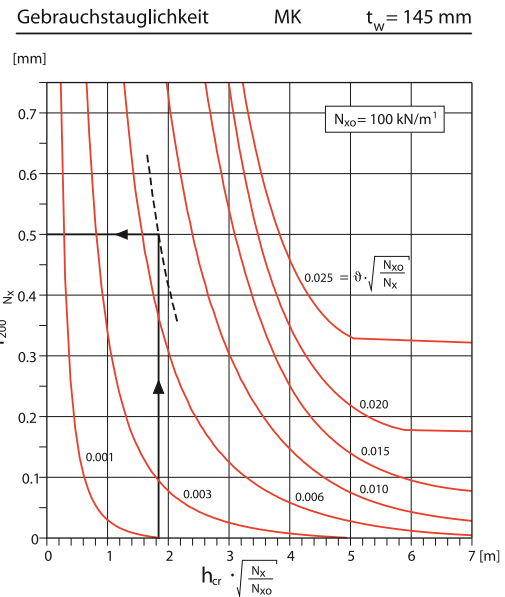
$$r_{200} \cdot \frac{N_{x0}}{N_x} \cong 0,5 \text{ mm} \quad r_{200} \cong 0,5 \cdot \frac{82,8}{100} = 0,4 \text{ mm}$$

bei Schichthöhe 150 mm:

$$r_{\text{eff}} = \frac{150}{200} \cdot r_{200} = 0,3 \text{ mm}$$

Beurteilung:

Beim Zweischalenmauerwerk ist der Riss an der Wandaussen- seite der tragenden Schale unbedenklich. Bei nicht allzu hohen Normalkräften erscheint der innere Riss am Übergang Decke zu Wand im Bereich des Unterlagsbodens.



Statik der Wände

Beispiel 2

Hoch belastete Zwischenwand im untersten Geschoss mit unterschiedlichen Deckenspanweiten

■ **Bezogene Höhe der Wand h_{cr} :**

$$h_{cr} = 0,7 \cdot 2,7 = 1,89 \text{ m}$$

■ **Massgebende bezogene Spannweite der Decke:**

$$l_1 = 0,6 \cdot 5,0 = 3,00 \text{ m}$$

■ **Annahme Lastabtragung der Decke:**

$$k_2 = 0,80$$

■ **Lasten:**

Wand von Obergeschossen: $N'_{xd} = 300 \text{ kN/m}^1$

Stahlbetondecke: $g = 7,5 \text{ kN/m}^2$

Nutzlasten: $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$

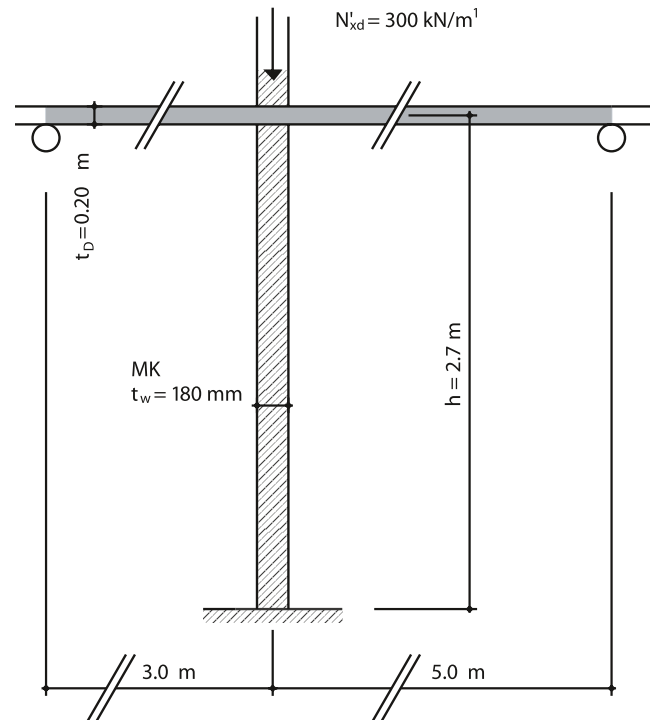
■ **Normalkraft auf Wand [mit $\gamma_6 = 1,35$, $\gamma_q = 1,5$]:**

von Obergeschossen: $300,0 \text{ kN/m}^1$

$$\text{von Decke: } 7,5 \cdot 1,35 \cdot \frac{5,0 + 3,0}{2} \cdot 0,8 = 32,4 \text{ kN/m}^1$$

$$4,0 \cdot 1,5 \cdot \frac{5,0 + 3,0}{2} \cdot 0,8 = 19,2 \text{ kN/m}^1$$

$$N_{xd} = 351,6 \text{ kN/m}^1$$



Eine Mauerwerkswand gilt dann als eingespannt, wenn das Tragelement, auf dem sie aufliegt, sich nicht verdrehen lässt.

Nachweis Tragsicherheit

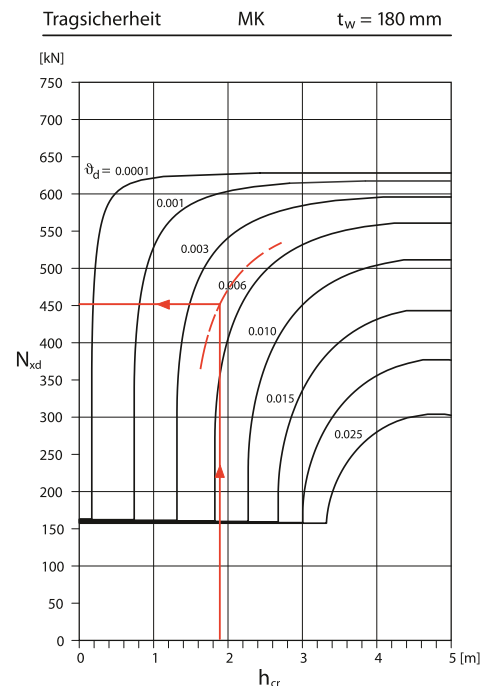
$$\vartheta_d = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot [1,35 \cdot 7,5 + 1,5 \cdot 4,0] \cdot 3,0^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0,2^3} = 0,0044 \text{ rad}$$

Nachweis:

Mit Diagramm MK $t_w = 180 \text{ mm}$:

$$N_{xd} = 450 \text{ kN/m}^1 > 351,6 \text{ kN/m}^1 = N_{xd \text{ vorh}}$$

Tragsicherheit nachgewiesen!



Statik der Wände

Bewehrtes Mauerwerk

Statische Berechnung

Die Berechnung erfolgt aufgrund der Norm SIA 260, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, der Norm SIA 261, Lasteinwirkungen, und der Norm SIA 266, Mauerwerk, in Anlehnung an die Norm SIA 262, Betonbauten.

Bemessung auf Biegung

Für die Berechnung des Biege widerstandes von Mauerwerk sind die folgenden Kennwerte massgebend:

- Bemessungswert der Mauerwerkdruckfestigkeit f_{xd} senkrecht zu den Lagerfugen
- Bemessungswert der Mauerwerkdruckfestigkeit f_{yd} parallel zu den Lagerfugen
- Bemessungswert der Fließgrenze des Stahls

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

Widerstandsbeiwerte:

$$\begin{aligned} \text{Mauerwerk } \gamma_M &= 2,0 \\ \text{Stahl } \gamma_S &= 1,15 \end{aligned}$$

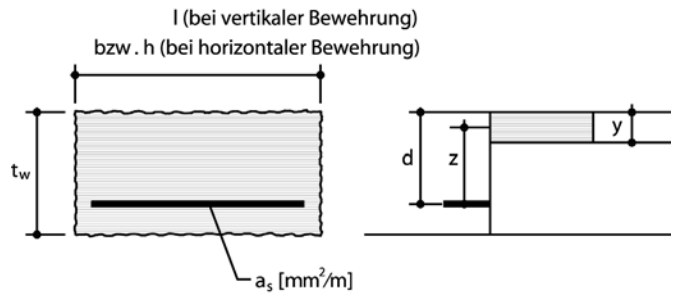
Im Weiteren sind die folgenden Einschränkungen zu beachten:

- Statische Höhe des bewehrten Mauerwerkquerschnittes. Der theoretische Wert bei mittiger Einmörtelung der Bewehrung in die Bewehrungslöcher wird zur Berücksichtigung der Bautoleranz um 10 mm reduziert.
- Die Druckzone des Mauerwerkquerschnittes wird zur Berücksichtigung der Verformungsfähigkeit des Materials begrenzt auf $\frac{1}{4}$ der Dicke des Mauerwerks [durchgezogene Linie in den Diagrammen].

Schema der Bemessung

gemäss Norm SIA 262 [2003]

Tragsicherheit



Bezeichnungen:

- t_w Wanddicke Mauerwerk [mm]
- d statische Höhe des Querschnittes [mm]
- d_d reduzierte statische Höhe [$d_d = d - 10$ mm]
- z Hebelarm der inneren Kräfte [mm]
- y Druckzone des Mauerwerks [mm]

Richtung der Bewehrung	vertikal	horizontal
Druckzonenkraft	$D = y \cdot l \cdot f_{xd}$	$D = y \cdot h \cdot f_{yd}$
Bewehrungskraft	$Z = l \cdot a_s \cdot f_{sd}$	$Z = h \cdot a_s \cdot f_{sd}$
Z = D	$y = \frac{Z}{l \cdot f_{xd}}$	$y = \frac{Z}{h \cdot f_{yd}}$
	$z = d_d - \frac{y}{2}$	
	$M_d = z \cdot D = z \cdot Z$	

Diagramme mit den Biege widerständen von Mauerwerk

In den Diagrammen sind die Bemessungswiderstände von Mauerwerk in Funktion der Bewehrung angegeben. Gemäss Art. 4.3.4.3 der Norm SIA 266 sind zur Aktivierung von f_{yd} die Stossfugen vollfugig zu vermörteln.

Bemessung auf Biegung mit Normalkraft: Die Bemessung erfolgt analog zu bewehrten Betonbauteilen nach den Normen SIA 262 und SIA 266.

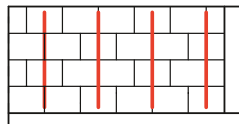
Statik der Wände

In vertikaler Richtung bewehrtes Mauerwerk

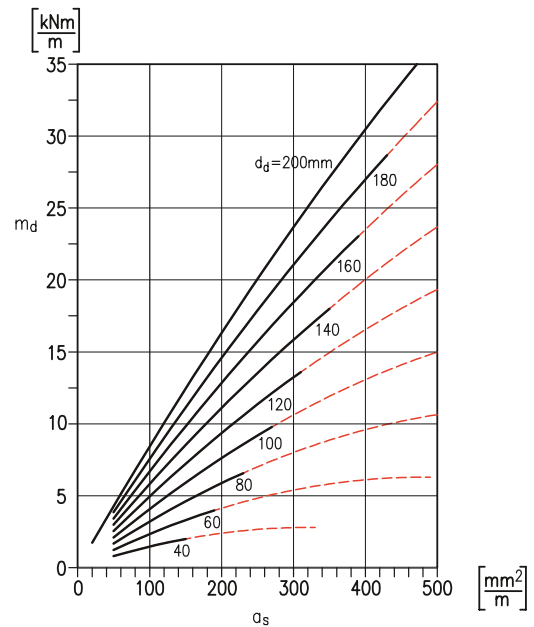
Bewehrtes Standard-Einsteinmauerwerk MK

$$f_{xd} = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$$



Tragsicherheit MK vertikal

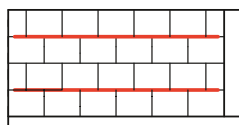


In horizontaler Richtung bewehrtes Mauerwerk

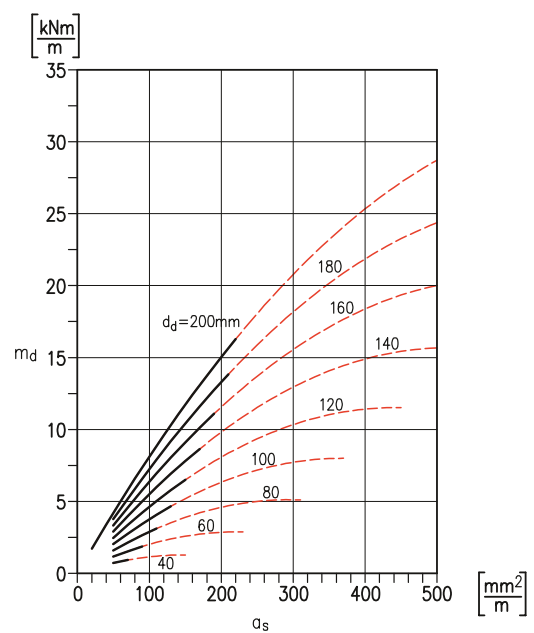
Bewehrtes Standard-Einsteinmauerwerk MK

$$f_{yd} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{sd} = 435 \text{ kN/mm}^2$$



Tragsicherheit MK horizontal



— $d_d < d_d/4$ (Überdeckung 2 cm)

- - - Duktilitätsmaßnahmen erforderlich



Konstruktion der Wände

Planungs- und Konstruktionsdetails



Konstruktion der Wände

Nichttragende Innenwände

Nichttragende Innenwände werden in der Regel nach dem eigentlichen Rohbau erstellt. Massive Kalksandsteinwände bieten einen sehr guten Brand- und Schallschutz, und das hohe Wärmespeichervermögen gewährleistet ein ausgeglichenes Raumklima. Die Standsicherheit solcher Wände muss durch Aussteifungsriegel und Verankerungen sichergestellt werden. Die Anschlüsse müssen auf mögliche Verformungen angrenzender Bauteile abgestimmt sein. Ausfachwände werden als zwei-, drei- und vierseitig gehaltene Wände bezeichnet. Sie werden nach dem eigentlichen Rohbau hochgeführt und an das Tragsystem befestigt.

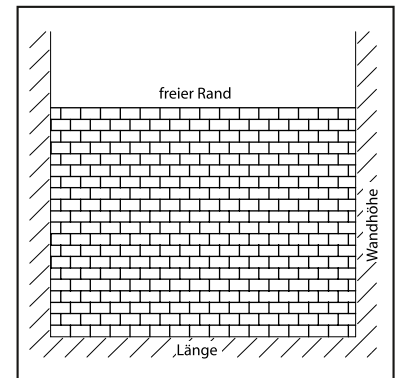
Wandlängen [m]

dreiseitig gehalten ohne Auflast

Wanddicke d [mm]	Wandhöhe in m					
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0-6,0
100	4	5	6	6	-	-
120	6	7	8	8	8	-
145	7	8	8	10	10	-
180	8	8	10	10	12	12
200	8	8	10	10	12	12
250 ¹⁾	8	10	12	12	12	12

Aus konstruktiven Gründen wird eine Begrenzung von 12 m empfohlen

¹⁾ Verbandsmauerwerk



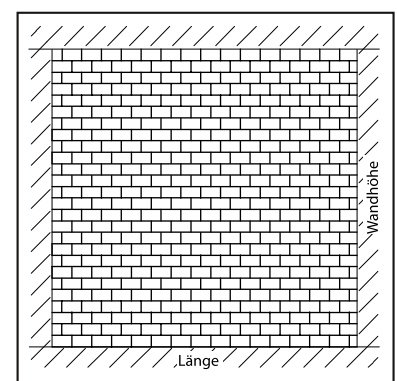
Wandlängen [m]

vierseitig gehalten ohne Auflast

Wanddicke d [mm]	Wandhöhe in m					
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0-6,0
100	4	5	5	6	-	-
120	6	6	7	8	8	-
145	6	6	8	10	10	-
180	8	8	12	12	12	12
200	12	12	12	12	12	12
250 ¹⁾	12	12	12	12	12	12

Aus konstruktiven Gründen wird eine Begrenzung von 12 m empfohlen

¹⁾ Verbandsmauerwerk



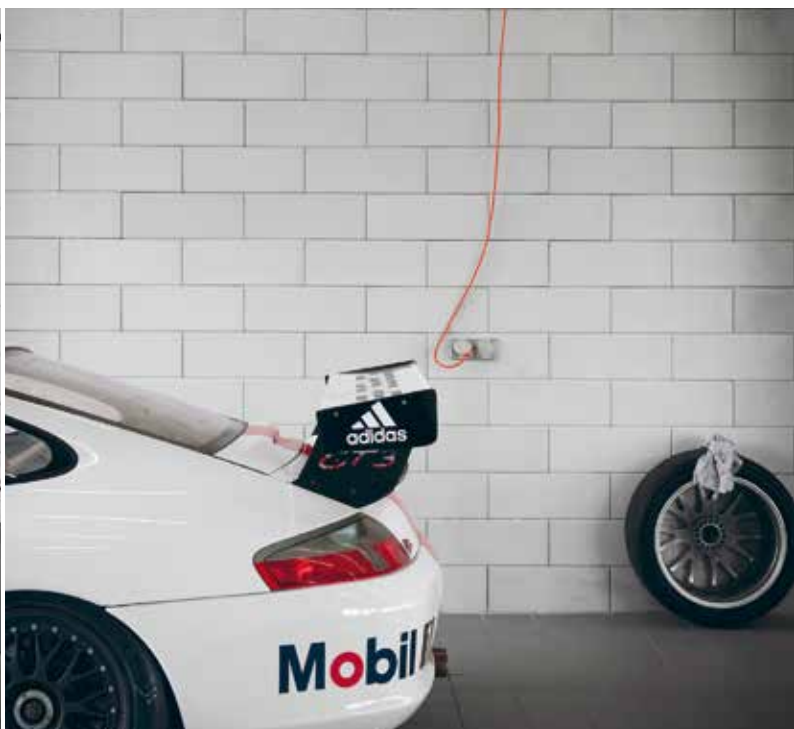
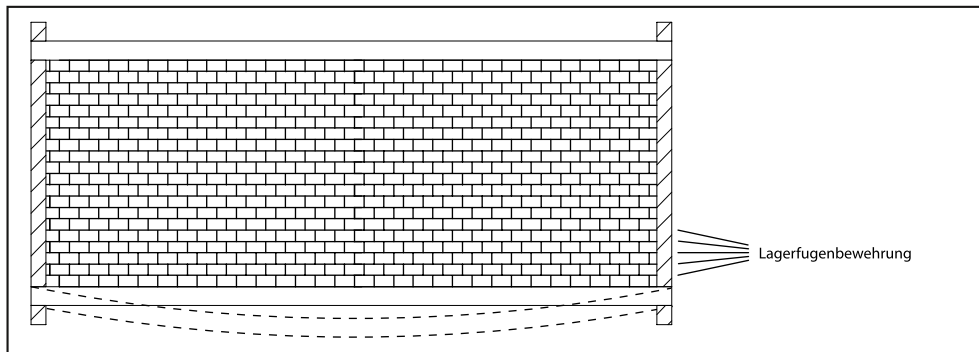
Konstruktion der Wände

Nichttragende Innenwände

Nichttragende Innenwände auf Decken gestellt unterliegen infolge Deckendurchbiegungen einer Rissgefahr.

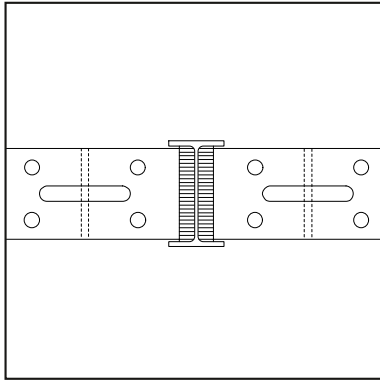
Zur Verhinderung horizontaler Risse im unteren Wandbereich ist Folgendes zu beachten:

- Die Einlage einer Gleitfolie zwischen Decke und Mauerwerk
- Die Verwendung eines Zementmörtels zur Verbesserung der Haftzugfestigkeit
- Das Einlegen einer Lagerfugenbewehrung im unteren Wandbereich

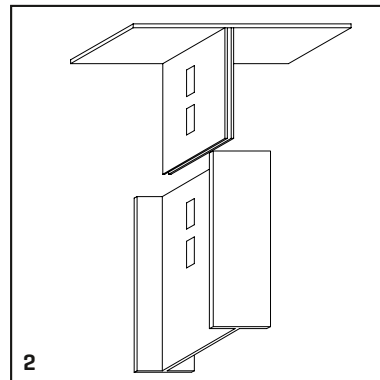
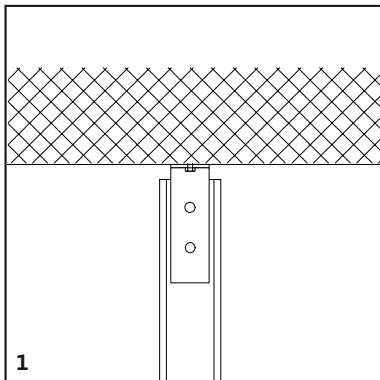


Konstruktion der Wände

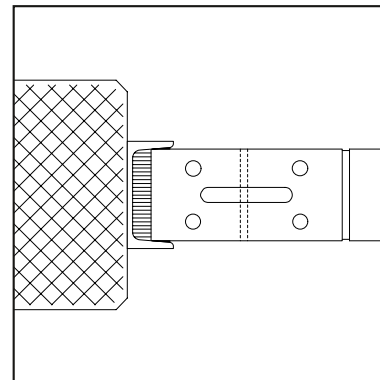
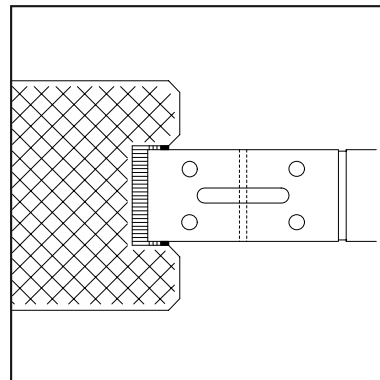
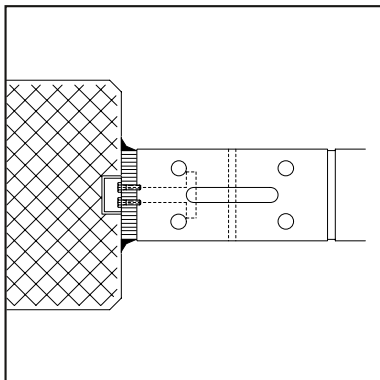
Beispiele von Verankerungen am Tragsystem



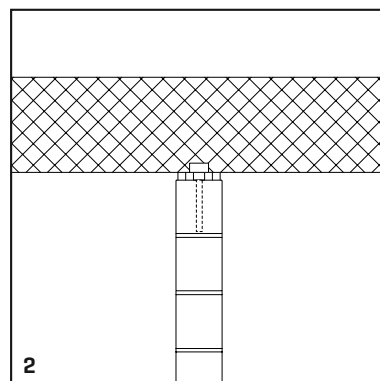
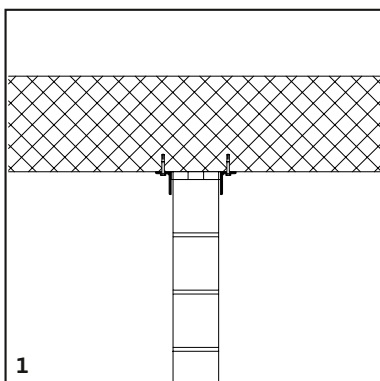
Aussteifung durch
Stahlstützen



1 Befestigung der Stahlstütze
an der Decke
2 Gleitend durch Schlitzlöcher



Verankerung
an Betonstützen



Obere Verankerung
von Ausfachwänden
1 Mit Stahlwinkelprofilen
2 Mit Ankerschienen
und Anschlussankern

Konstruktion der Wände

Die Beschichtung von Kalksandstein

Beschichtungsstoffe erfüllen primär ästhetische Funktionen und geben dem Architekten einen grossen Freiraum in der Gestaltung. Verglichen mit der Anwendung an den Fassaden sind im Innenbereich die Anforderungen, welche an das Beschichtungsmaterial

und die Applikation gestellt werden, problemloser. Kalksandsteine haben eine ebene, saubere Oberfläche und sind als Baustoff ein idealer Untergrund für eine kostengünstige Beschichtung.



Grundsätzlich bieten sich bei Kalksandsteininnenwänden drei Beschichtungsmöglichkeiten



Farbanstrich

Das Mauerwerk muss vollfugig gemauert werden und die Fugen müssen bündig abgezogen werden. Der Untergrund muss sauber und trocken sein. Anstriche (z.B. Dispersions- oder Mineralfarben) sollen wischbeständig und gut deckend, aber doch atmungsfähig sein. Wandfarben können gestrichen, gerollt oder gespritzt werden.



Geschlämmt

Die vollfugig gemauerten Wände werden mit Feinmörtel abgeschlämmt. Die Struktur der Steine und Fugen muss sichtbar bleiben. Es gibt heute vorwiegend fertig gemischte Produkte, welche sich sehr einfach verarbeiten lassen. Eine geschlämmte Wandoberfläche wirkt äusserst dekorativ und erzeugt bei Innenräumen einen wohnlichen Effekt.



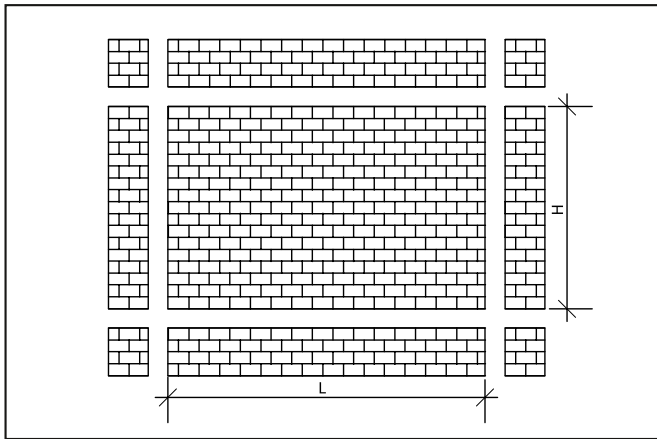
Verputz

Kalksandstein ist ein idealer Untergrund für Verputz. Bei Innenwänden müssen grundsätzlich keine Haftbrücken appliziert werden. Die Funktion des Innenwandputzes ist die Herstellung ebener und fluchtgerechter Flächen zur Aufnahme individueller Deckputze wie z.B. Anstriche, Abriebe oder Weissputze. Darüber hinaus verbessert der Putz den Schall- und Brandschutz.

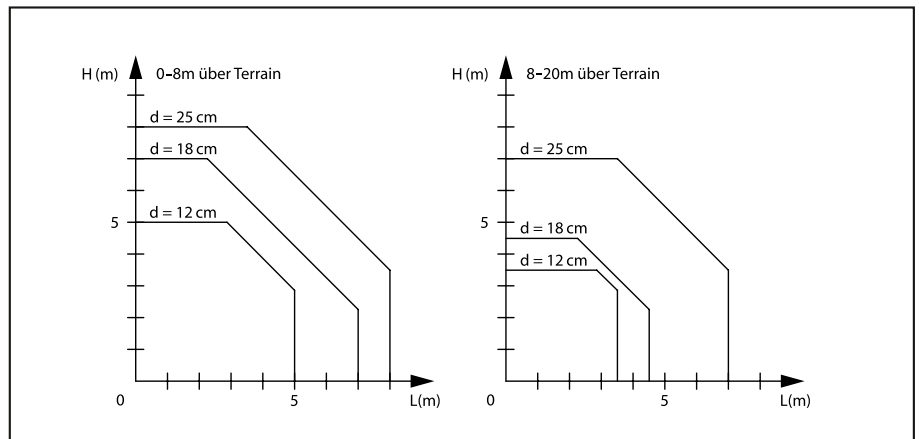
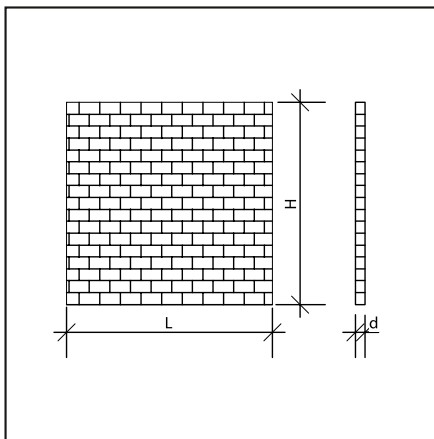
Konstruktion der Wände

Ausfachwände

Aussenliegende Ausfachwände sind durch ihr Eigengewicht und die auf ihre Fläche wirkenden Windlasten beansprucht. Diese Kräfte müssen auf die angrenzenden, tragenden Bauteile abgetragen werden.



Die maximalen Abmessungen der Ausfachungswände aus Kalksandsteinmauerwerk bzw. die maximalen Abstände der horizontalen unverschiebbaren Halterungen zu den tragenden Bauteilen können ohne statischen Nachweis aus dem Diagramm entnommen werden.



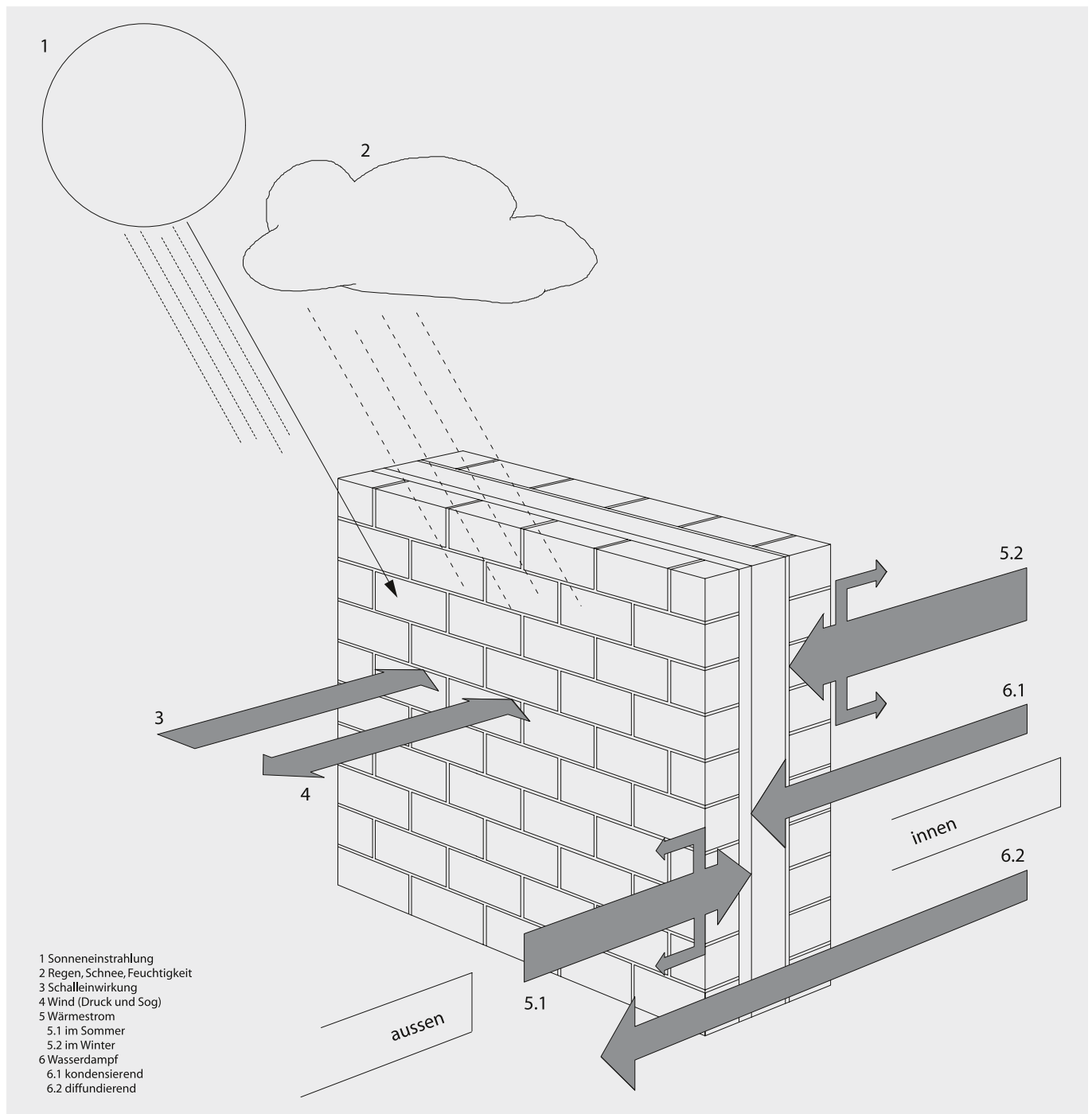
Maximale Abmessungen von Ausfachwänden bzw. Abstände der horizontalen unverschiebblichen Halterungen.

Die Werte gelten für Ausfachungswände, die 0 bis 8 m bzw. 8 bis 20 m über Terrain liegen. Es wird dabei vorausgesetzt, dass diese Wände mit Zementmörtel erstellt werden und die Lasten in zwei Richtungen, d.h. parallel und senkrecht zu den Lagerfugen, abgetragen werden. Bei Fenster- und Türöffnungen, welche die Lastabtragung der Ausfachwand beeinträchtigen, sind zusätzliche Aussteifungen vorzusehen.

Konstruktion der Wände

Von allen Gebäudeteilen am meisten beansprucht sind neben dem Dach die Aussenwände. Aussenwände tragen, schützen, isolieren und präsentieren. Sie sind in hohem Masse mitentscheidend für die Lebensdauer und das Funktionieren eines Gebäudes. Die Temperaturträgheit der massiven Aussenwände mit einem hohen Speichervermögen bewirkt ein ausgeglichenes, behagliches Wohnklima.

Funktionen der Aussenwände:



Konstruktion der Wände

Zweischalenmauerwerk

Innenschale

Die innere Schale übernimmt in erster Linie die Tragfunktion und wird deshalb den statischen Erfordernissen entsprechend dimensioniert. Die Hauptbelastungen ergeben sich durch die aufliegenden Decken und das Eigengewicht der Wand selbst. Die Standsicherheit der Innenschale wird im Normalfall durch die eingespannten Betondecken erreicht. Brüstungen und Giebelwände ohne aussteifende Querwände sind durch spezielle Massnahmen stand-sicher zu erstellen.

Entsprechend den Spannweiten und der Anzahl Stockwerke werden die Innenwände dimensioniert. Mindestdicke für tragende Wände ist 12 cm. Um günstigere Werte in Bezug auf Wärmespeicher und Schallisolation zu erreichen, empfiehlt sich jedoch, eine Wand-dicke von mindestens 15 cm zu wählen.

Die Innenseiten der Kalksandsteinwände können sichtbar belassen, gestrichen, geschlämmt oder verputzt werden.

Wärmedämmung

Die Wärmedämmschicht sollte reichlich dimensioniert werden. Die Mehrkosten von dickeren Platten sind gering und können durch entsprechende Heizkosteneinsparungen in kurzer Zeit amortisiert werden. Entsprechend den gestiegenen Anforderungen an die Wärmedämmung wählt man heute Plattenstärken von mindestens 10 bis 16 cm. Als Dämmstoffe werden standfeste Platten verwendet. Mineralfaserplatten (Glas- oder Steinwolle), aber auch Hartschaumplatten (Polystyrol) haben sich bewährt. Die Wärmedämmschicht muss lückenlos durchgehend zwischen den Mauerschalen befestigt werden. Beim Kalksandstein-Zwei-schalenmauerwerk kann im Normalfall auf eine Dampfbremse warmseitig verzichtet werden.

Das nachträgliche Aufmauern der äusseren Schale ermöglicht eine lückenlose, kontrollierbare Dämmung des Gebäudes. Die Dämmplatten werden in der Regel mechanisch befestigt, können aber auch mit Klebstoff aufgezogen werden. Planebenes Mauerwerk aus Kalksandstein ist dazu der ideale Untergrund.



Konstruktion der Wände

Luftschicht

Beim zweischaligen Kalksandstein-Sichtmauerwerk hat die Luftschicht folgende Funktion: Sie bietet primär einen Schutz gegen allfällig eindringendes Schlagregenwasser, das wegen möglicher Ausführungsfehler hinter die äussere Mauerschale gelangen kann. Damit wird ein Benetzen der Wärmedämmung verhindert und ein sicheres Abfliessen der Feuchtigkeit gewährleistet.

Durch die Entwässerungsöffnungen am Wandfuss und die luftundichten Abschlüsse im Mauerkronen- und Fensterbereich ergibt sich eine Kommunikation zwischen Aussenluft und Luftschicht. Die von innen kommende Feuchtigkeit kann im Luftraum verdunsten und durch den vorhandenen Luftaustausch die Wand verlassen. Für eine vollständige Hinterlüftung sind Entlüftungsöffnungen vorzusehen, was aber beim Kalksandsteinmauerwerk nicht üblich ist. Bei verputzter Aussenschale wird auf diese Luftschicht verzichtet, weil ein guter Verputz die Schlagregendichtigkeit gewährleisten kann. Ein Toleranzraum von 1 bis 2 cm ist auch bei dieser Ausführung notwendig.

Aussenschale

Die äussere Schale dient in erster Linie als Verkleidung und Schutzschicht gegen Witterungseinflüsse. Sie muss insbesondere witterungsbeständig und dauerhaft sein. Im Weiteren leistet die äussere Schale ihren Beitrag zur Wärmeträgheit, was vor allem für den sommerlichen Wärmeschutz von grosser Bedeutung ist.

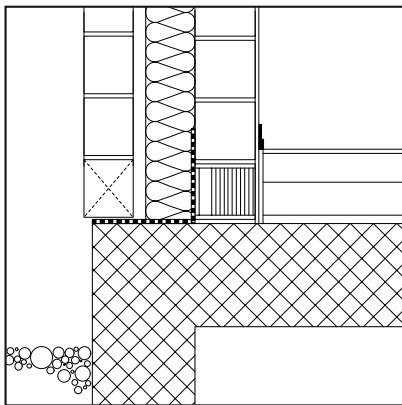
In vertikaler Richtung ist die Aussenschale in der Regel nur durch ihr Eigengewicht belastet. Trotzdem muss die äussere Schale des Zweischalenmauerwerks mit grosser Sorgfalt und unter Beachtung von einigen wichtigen bautechnischen Grundsätzen konstruiert werden. Die Ursache liegt bei der grossen Beanspruchung durch Witterungseinflüsse, Temperaturdifferenzen, Winddruck und Windsog. Bei der Aussenschale ist eine Mindestdicke von 12 cm einzuhalten. Zur Gewährleistung der Standsicherheit und der Stabilität wird die äussere Schale mit Hilfe von speziellen Anker mit der inneren tragenden Wand verbunden.



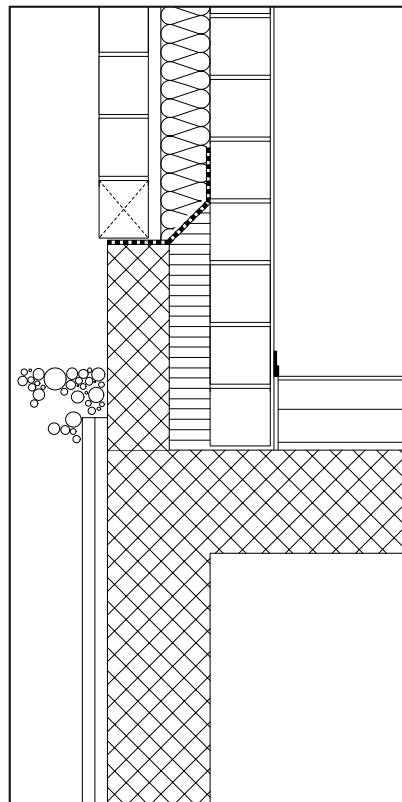
Konstruktion der Wände

Sockelabschlüsse

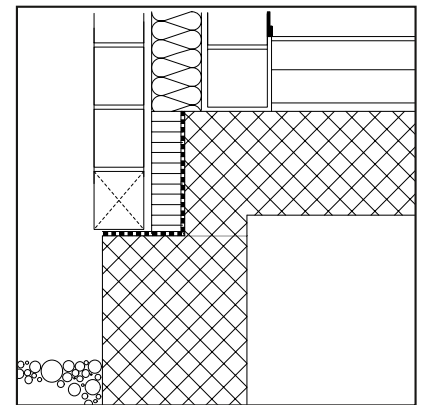
Der Übergang zwischen dem Kellergeschoss und dem aufgehenden Mauerwerk über dem Terrain stellt eine besondere Herausforderung dar. Bei der konstruktiven Gestaltung des Mauerfusses sind sowohl statische als auch wärme- und feuchttechnische Anforderungen zu erfüllen. Bei der Ausbildung dieser Sockelabschlüsse sind verschiedene Systeme, auch auf die Terrainhöhen bezogen, anwendbar.



1 Terrain in mittlerer Höhenlage. Dieses Beispiel weist eine nicht unerhebliche Wärmebrücke im Bereich des Untergeschosses auf. Durch die Anordnung eines wärmegeprägten Tragelements am Fusse der Innenschale kann diese Wärmebrücke gemildert werden. Zum Schutz der Innenschale und der Bodenunterkonstruktion ist gegen eindringende Feuchtigkeit eine verklebte Dichtungsbahn als Feuchtigkeitssperre vorzusehen. Für die Entwässerung der Zwischenschicht sind bei Sichtmauerwerken immer Abflussöffnungen einzuplanen.



2 Sockelanschluss bei hoher Lage des anschliessenden Terrains. Der aufgehende Sockel kann an Ort betoniert oder mit einem vorgefertigten Element ausgeführt werden. Im Bereich des Betonsockels ist als Wärmedämmung eine Polystyrol- oder Schaumglasplatte zu verwenden.



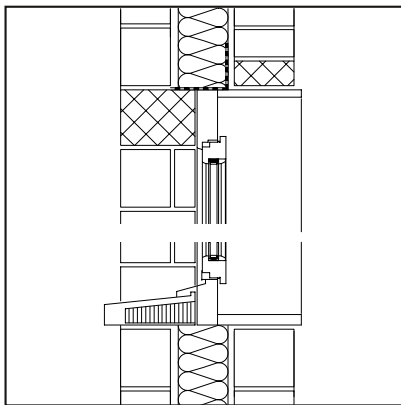
3 Bei Anschluss des Terrains auf tiefem Niveau ergibt sich eine Reduktion der Wärmebrücke. Je nach Nutzungszweck kann im Untergeschoss auch eine Isolation angebracht werden.

Konstruktion der Wände

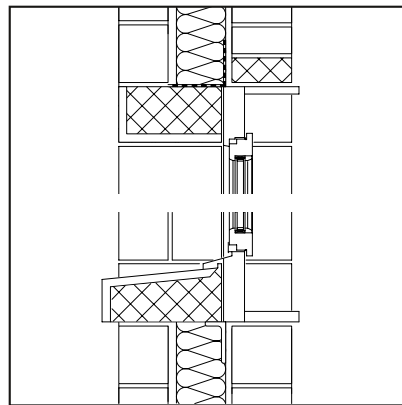
Fensterstürze/Fensterbänke

Für die Ausführung von Fensterstürzen und Fensterbänke werden heute mehrheitlich vorfabrizierte Elemente verwendet. Die Vorfabrikation ermöglicht es, auch konstruktiv aufwendige Elemente technisch sowie bauphysikalisch zu lösen. Beim Zweischalenmauerwerk werden die Fenster in der Regel an der äusseren Schale be-

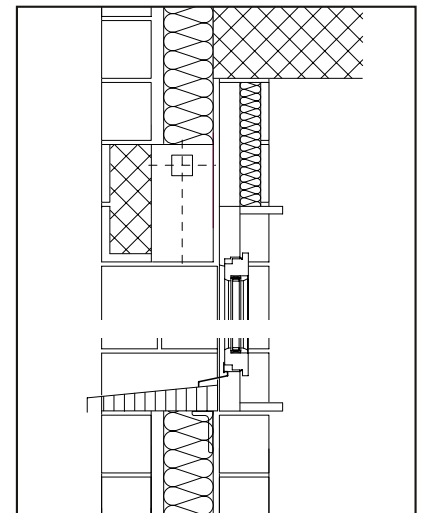
festigt. Dabei ist zu beachten, dass die Bewegungen der Aussenschale sich über die Leibungen auf Sturz und Fensterbank übertragen. Die Wahl der entsprechenden Mauerwerkelemente sollte frühzeitig geplant und mit dem Aussenwandssystem koordiniert werden.



1 Tragender Sichtbetonsturz in seinen Abmessungen auf das Sichtmauerwerk abgestimmt. Seitliche Auflager mindestens 12 cm. Sichtbetonfensterbank mit seitlichen Aufbordungen, vorteilhaft in die aufgehenden Mauerwerksleibungen eingelassen.



2 Sichtmauerwerksturz mit Sichtsteinverblendung aus Kalksandstein. Die Sichtmauerwerkstürze werden in der Regel vorfabriziert. Das Ausfugen erfolgt nachträglich auf der Baustelle. Fensterbank mit Kalksandsteinen verblendet.



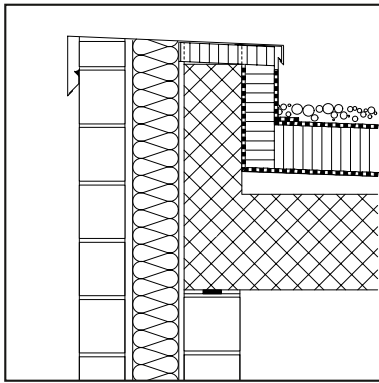
3 Sichtmauerwerksturz mit Kalksandsteinen im Läuferverband verblendet. Die Aussparung ermöglicht die Montage eines Rafflamellenstorens. Fensterbank aus Stahlblech oder Leichtmetall, seitlich mit Anschlussborden und Kittfugen.



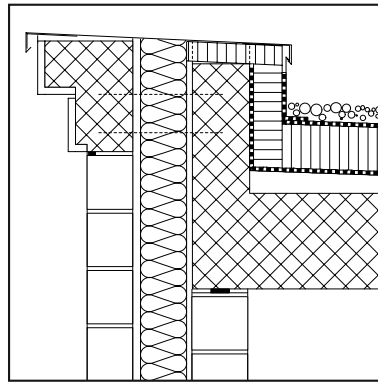
Konstruktion der Wände

Flachdachabschluss

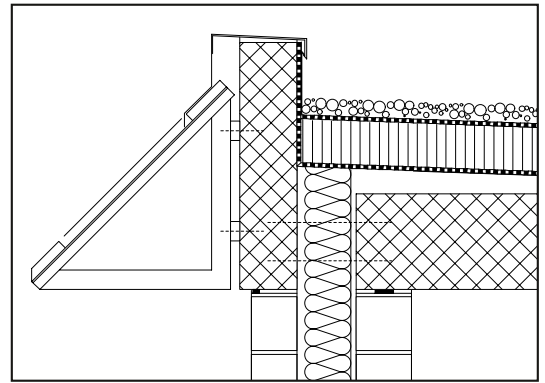
Dachrandabschlüsse bei Flachdächern sind Witterungsbeanspruchungen weitaus am stärksten ausgesetzt. Da das Flachdach als oberste Decke meist grossen Temperaturschwankungen unterworfen ist, müssen bei Deckenauflagern Gleitlager eingebaut werden. Zur Verhinderung von äusseren Feuchtigkeitsinfiltrationen im Dachrandbereich sind funktionstüchtige Dachrand- und Mauerkronenabdeckungen zwingend erforderlich.



1 Mauerkrone mit der äusseren Mauerwerkschale ausgebildet. Die Mauerkrone ist mit einem Blechabschluss zu versehen. Die Blechabdeckung ist genügend breit herunterzuführen, damit mit einem Putzstreifen eine zuverlässige Dichtung erreicht werden kann. Zusätzliche Sicherheit ist gewährleistet, wenn die Hohlräume der obersten Steinlage mit Mörtel ausgefüllt werden.



2 Mauerkrone mit vorfabriziertem Mauerwerkelement. Bereits ein kleiner Dachvorsprung schützt das Fassadenmauerwerk wirkungsvoll. Zwischen Element und Aussenschale ist eine dauerelastische Dichtung notwendig.



3 Mauerkrone mit Glasvordach. Vorfabrizierte Dachrandelemente können auf der Aussenschale abgestellt und mit beweglichen Ankern gehalten oder mit starren Konsolen in der Decke verankert werden. Zwischen Element und Aussenschale ist eine dauerelastische Dichtung notwendig.



Konstruktion der Wände

Freistehende Kalksandsteinmauern

Freistehende Mauern sind solche, die weder seitlich noch oben an einer Tragkonstruktion befestigt sind. Kalksandsteinmauern wirken ästhetisch und eignen sich zur Abgrenzung von Garten- und Freizeiplätzen, auch schützen sie wirksam gegen Strassenlärm.

Standfestigkeit

Die Belastung freistehender Mauern besteht hauptsächlich aus Windkräften (Druck und Sog). Je nach Anwendung sind auch mögliche Anprallkräfte zu berücksichtigen. In der Tabelle ist die zulässige Mauerhöhe in Abhängigkeit zur Mauerdicke angegeben.

Wanddicke d [cm]	Zulässige Höhe H [m]
12	0,80
15	1,10
18	1,40
25	1,90
38	3,10

Werden freistehende Mauerwerkswände höher ausgeführt, so kann eine genügende Standfestigkeit mit Querschoten, Pfeilern, biegesteifen Riegeln oder vertikaler Armierung erzielt werden (Skizze 2).

Fundamente

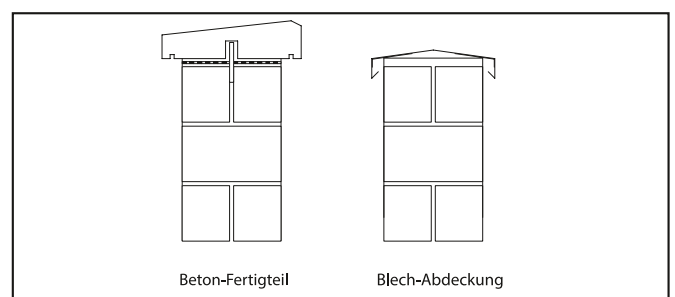
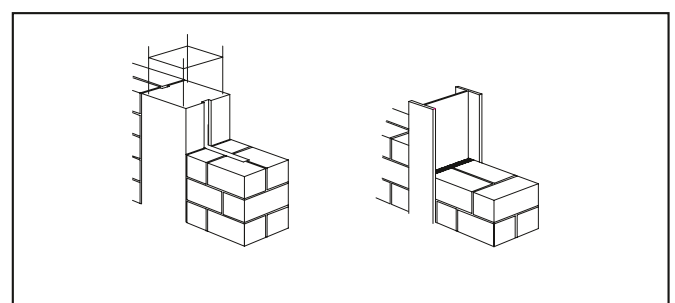
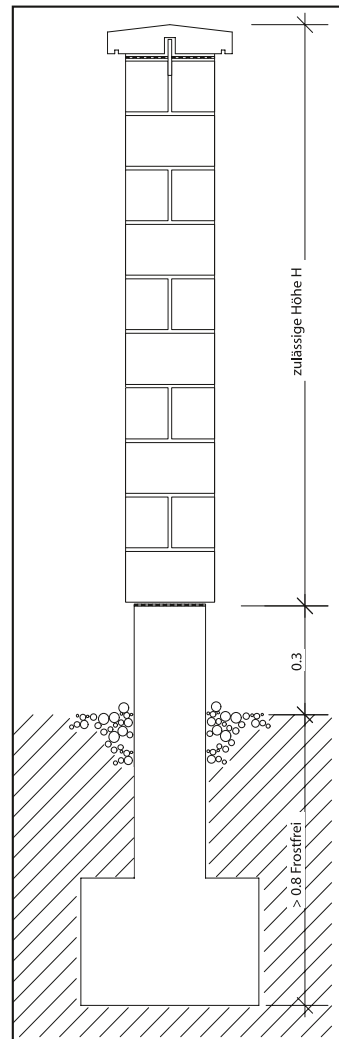
Das Kalksandsteinmauerwerk sollte immer auf ein Betonfundament gestellt werden. Das Betonfundament muss das Terrain mindestens 30 cm überragen und bis auf die gegebene Frosttiefe hinabreichen (0,80–1,00 m).

Bewegungsfugen

Um Verformungen infolge Temperaturveränderungen oder Terrainsetzungen zwängungsfrei aufnehmen zu können, sind im Abstand von 8 bis 10 m durchgehende Bewegungsfugen anzuordnen. Längere Mauerscheiben müssen horizontal mit einer Mauerwerkbewehrung ausgeführt werden.

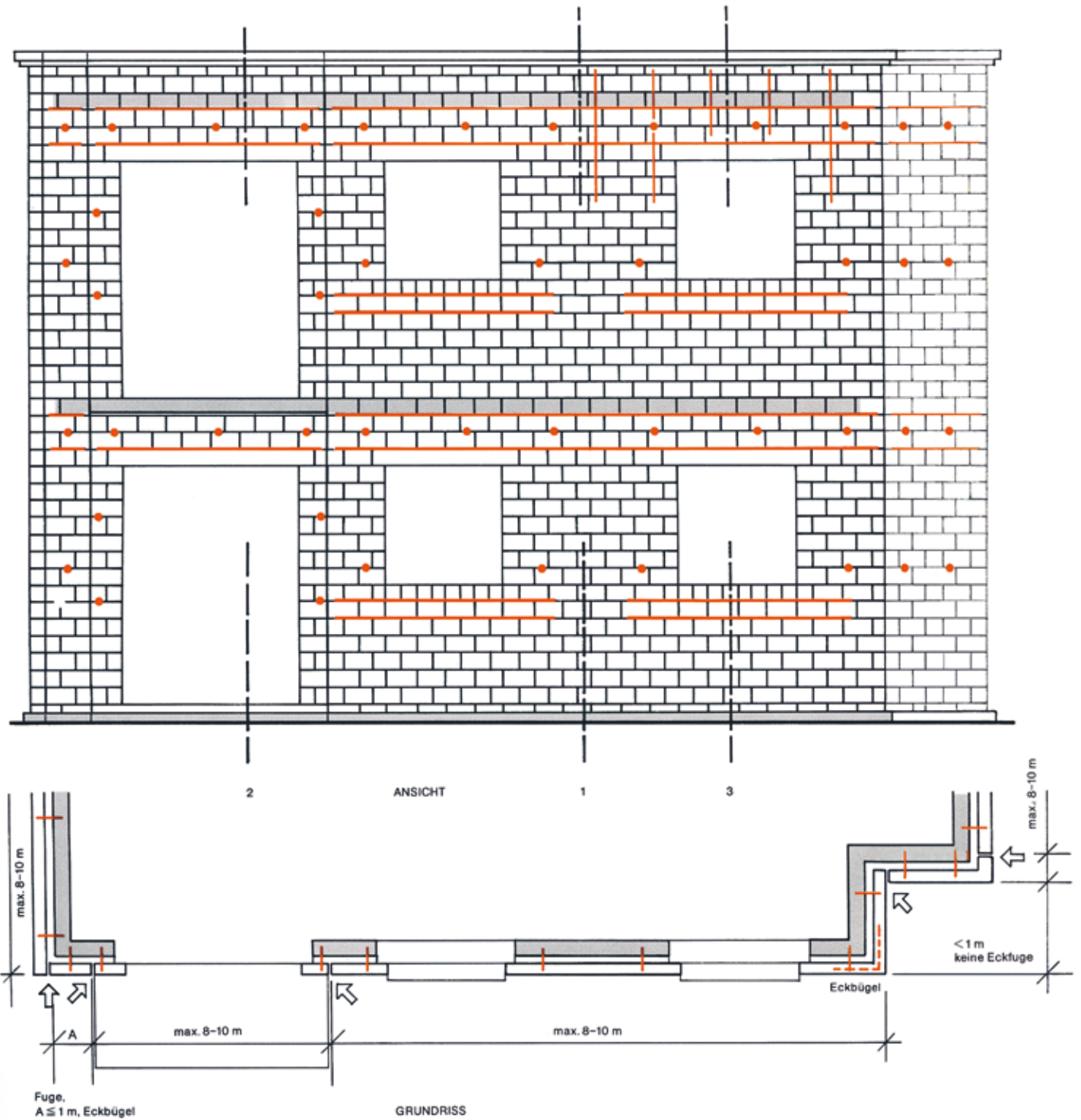
Mauerabdeckung

Die Mauerkrone muss mit einer geeigneten Abdeckung vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Einen dauerhaften Schutz bieten auskragende Natursteinplatten, Betonelemente oder Blechabdeckungen. Eine Rollschicht gemauerte Abdeckung ist hinsichtlich der Dauerhaftigkeit kritisch. Solche Mauerabdeckungen sind nur mit vorfabrizierten Elementen, verblendet mit Kalksandsteinen, zu empfehlen.

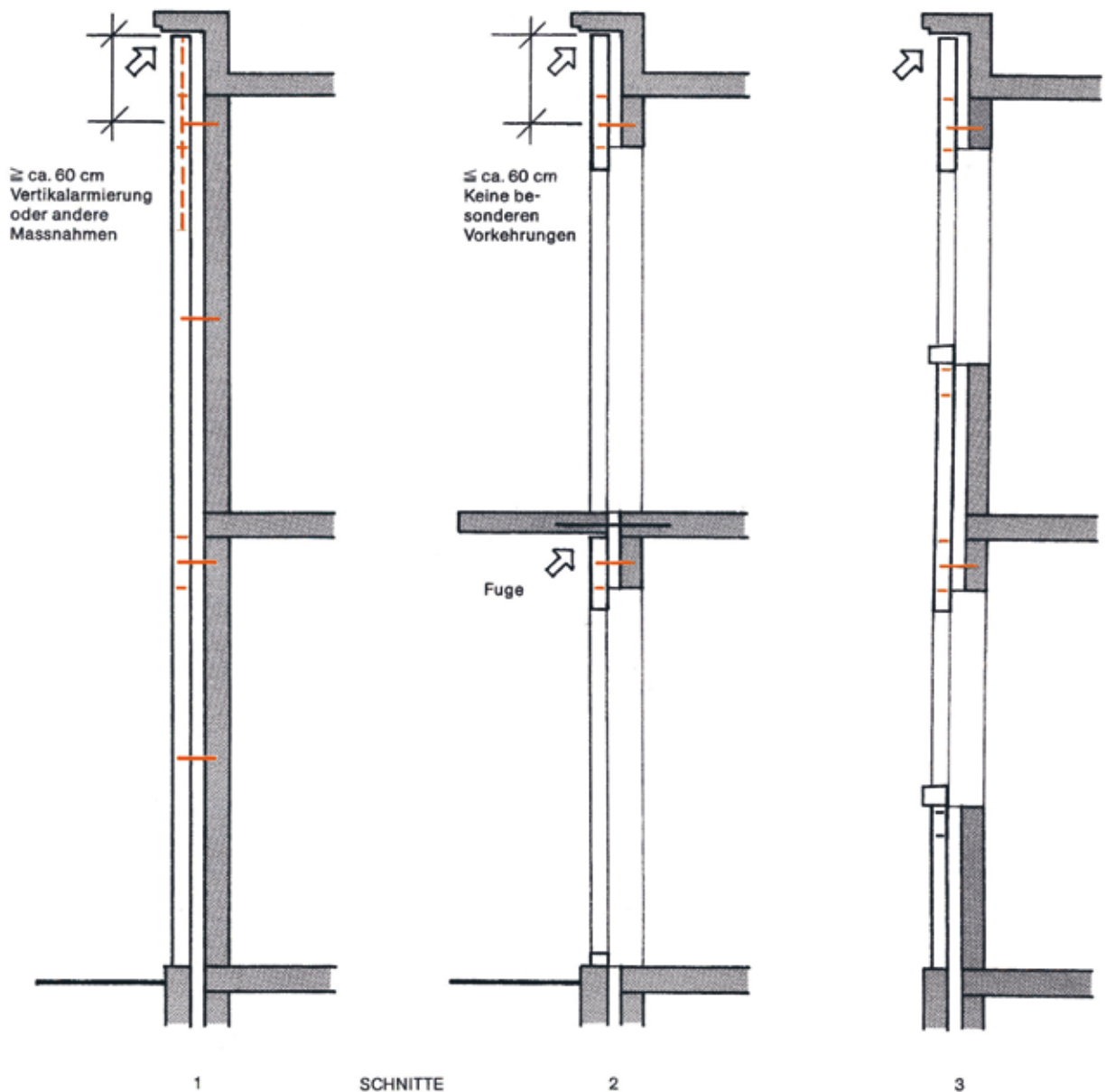


Konstruktion der Wände

Schematisches Beispiel von Verankerung und Lagerfugenbewehrung



Konstruktion der Wände



Verankerung ●

- Eine respektive zwei Ankerreihen pro Geschoss
- Anker über Fensterstürzen [ansonsten seitliche Anordnung]
- Zusätzliche Anker bei schlanken Pfeilern

Lagerfugenarmierung —

- Gurtstreifen bei Ankerreihen
- Fensterbrüstungen
- Ecken [Eckbügel]

Dehnungs- und Bewegungsfugen ↗

- Alle 8-10 m
- Gebäude-Ecken
- Balkonplatte [auskragend]

Die technischen Werte der Produkte für Verankerung, Armierung und Fugen sind den Unterlagen der Herstellerfirmen zu entnehmen. Die Bemessung ist grundsätzlich durch den Ingenieur vorzunehmen.

Konstruktion der Wände

Verankerungen/Mauerwerksbewehrung

Die äussere Mauerwerkschale muss zur Gewährleistung der Standsicherheit mit der Tragkonstruktion des Gebäudes verbunden werden. Die Verankerung muss so erfolgen, dass sich die äussere Wandscheibe frei bewegen kann. So wird verhindert, dass bei Längenveränderung infolge Temperaturschwankungen Zwängspannungen entstehen. Normalerweise werden die Anker in horizontalen Reihen in der ersten oder zweiten Lagerfuge unterhalb der Decke angeordnet [siehe schematisches Beispiel Seite 38]. Die Dimensionierung der Ankerabstände wird durch die Windbelastung und die Tragfähigkeit des gewählten Ankertyps bestimmt. Die Verankerung ist durch den Bauingenieur zu bestimmen und in den Fassadenplan einzuzeichnen.

Ankertypen

Es sind verschiedene Anker gebräuchlich. Bei der Anwendung beachte man die Empfehlungen der Hersteller.

Spiralanker und Gelenkanker



Mauerwerksbewehrung

Bewehrungseinlagen zur Vergrösserung der Tragfähigkeit und/oder zur Aufnahme von Zwängspannungen können sowohl für die Innenschale als auch für die Aussenschale zweckmässig sein. Besonders bei den Aussenschalen, welche durch Temperatur- und Windbeanspruchung belastet werden, kann die Rissfreiheit durch die Einlage einer Lagerfugenbewehrung sichergestellt werden.

Nach oben auskragende Mauerscheiben können nur bis zu einer Höhe von 60 cm ohne Bewehrung ausgeführt werden. Höher auskragende Mauerscheiben müssen mit einer vertikalen Bewehrung versehen werden.

Lagerfugenbewehrung



Vertikalbewehrung



Sichtmauerwerk

Kalksandstein-Sichtmauerwerk

Eine breite Palette von Formaten und Farbnuancen bietet dem Architekten eine Fülle von gestalterischen Möglichkeiten. Die farbneutralen Kalksandsteine lassen sich auch mit anderen Baustoffen wie Holz, Stahl oder Beton harmonisch kombinieren. Die witterungsbeständige Kalksandsteinfassade garantiert eine frostbeständige, unterhaltsfreie Gebäudehülle.



Sichtmauerwerk

Ausführungsstandard

Die Sichtqualität eines Kalksandstein-Sichtmauerwerks kann zu Diskussionen Anlass geben, da die Anforderungen an das fertige Mauerwerk sehr unterschiedlich sind.

Grundsätzlich ist bereits im Ausschreibungstext der Standard festzulegen. Es sind also Aufwendungen für Sortieren, Ausfugen oder auch Schützen klar zu definieren. Für die Ausführung sind Fassadenpläne mit Schichteneinteilungen, Sturz- und Fensterbankdetails unerlässlich.


Gemäss Anforderungen ist das Sichtmauerwerk mit massgenauen, unbeschädigten und sauberen Steinen zu erstellen. Die Dicke der Lager- und Stossfugen hat ca. 10 mm zu betragen. Teilsteine sind zu fräsen. Die Fugenausbildung hat fachgerecht zu erfolgen [vollfugig, verdichtet und ausgebügelt].

Die Massgenauigkeit ist in der Norm SIA 266/1:2003 festgelegt.

Schwieriger ist der Begriff «unbeschädigte Steine». Man kann einen Kalksandstein als unbeschädigt bezeichnen, wenn er keine grösseren Kanten- oder Eckschäden, keine gut sichtbaren Risse und keine porösen Stellen in der Sichtfläche aufweist. Zweifellos setzt die Norm dabei nicht voraus, dass jeder Kalksandstein im Sichtmauerwerk ohne jede geringste Beschädigung an Kanten und Ecken sein muss.

Es wäre unangebracht, einen unverhältnismässigen Perfektionismus zu betreiben, wird doch das Sichtmauerwerk als ganzes Gefüge betrachtet und nicht die Beschaffenheit einzelner Steine.

Wichtig für die Beurteilung eines Sichtmauerwerks ist die Betrachtungsdistanz. Während das Sichtmauerwerk aus einer Distanz von 10 m den optischen Qualitätsansprüchen gerecht wird, können bei einer Betrachtungsdistanz von nur 1 m einzelne Kanten- und Eckbeschädigungen festgestellt werden. Nicht der einzelne Stein entscheidet, sondern der ästhetische Gesamteindruck der Fläche.

Steinqualität	Mauerwerkqualität [Bezeichnung]	Anspruch an Finish	Beispiele Anwendungen
Industriell hergestellter Mauerstein, entsprechend den Anforderungen der Norm SIA 266 	Sichtmauerwerk	Regelmässiges Fugenbild, Stoss- und Lagerfugen 10 mm, Sichtmauerwerk- planung. Steine: vereinzelte Eck- und Kantenbeschädi- gungen möglich. Halbsteine, Teilsteine gefräst, Fugen für Fassadenmauerwerk gebügelt.	Repräsentative Sichtmauer- werkbauten, öffentlicher Bau, Wohnungsbau usw. Besondere Ansprüche an Sichtmauerwerkfinish.
	Industriesicht	Grundsätzlich wie Sicht- mauerwerk. Natürlich und roh wirkendes Mauer- werk mit weniger hohen Ansprüchen. Fugen bei Fassadensichtmauerwerk gebügelt.	«Normal»-Sichtmauerwerk, auch für Industrie- und Gewerbebauten. Geschlämmtes und gestrichenes Mauerwerk.
	Naturgraue oder eingefärbte Steine	Normalmauerwerk	Keine besonderen Ansprüche. Ausführung gemäss Norm SIA 266.

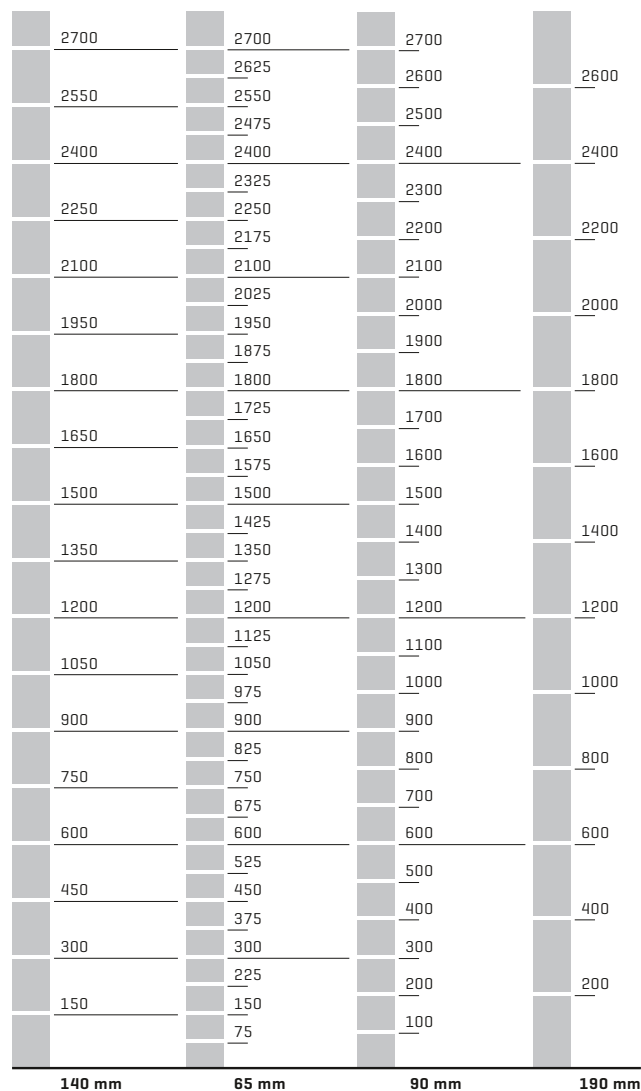
Sichtmauerwerk

Wandhöhen

Mit den zur Verfügung stehenden Steinhöhen sind bei entsprechender Kombination praktisch alle Höhenmasse ausführbar. Es ist sinnvoll, ein Höhenmass zu wählen, das keine oder höchstens eine Ausgleichsschicht benötigt.

Wandhöhen [mm]

Steinhöhe H = 140, 65, 90, 190
Schichthöhe S = 150, 75, 100, 200



Wandlängen

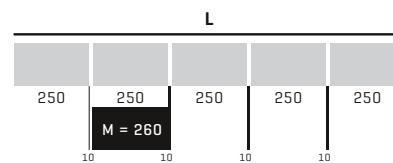
Grundsätzlich ist die Mauerlänge L auf das Vielfache des Teilungsmasses M = 260 mm [1 Stein und 1 Mörtelfuge] abzustimmen respektive der untenstehenden Tabelle [ganze Steine/halbe Steine] zu entnehmen.

Mauerlängen [mm]

Mauerlänge L = n x M - 10 mm

n = Anzahl Steine

M = 260 mm [Steinlänge 250 mm + 10 mm Fuge]



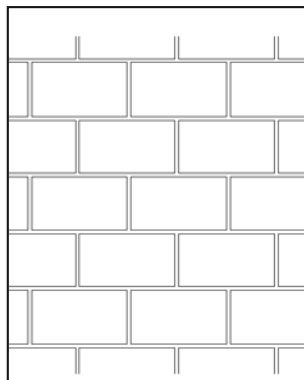
Mauerlänge L

0-2 m		2-4 m		4-6 m		6-8 m		8-10 m	
L [mm]	n	L [mm]	n	L [mm]	n	L [mm]	n	L [mm]	n
250	1	2070	8	4020	15,5	6100	23,5	8050	31
380	1,5	2200	8,5	4150	16	6230	24	8180	31,5
510	2	2330	9	4280	16,5	6360	24,5	8310	32
640	2,5	2460	9,5	4410	17	6490	25	8440	32,5
770	3	2590	10	4540	17,5	6620	25,5	8570	33
900	3,5	2720	10,5	4670	18	6750	26	8700	33,5
1030	4	2850	11	4800	18,5	6880	26,5	8830	34
1160	4,5	2980	11,5	4930	19	7010	27	8960	34,5
1290	5	3110	12	5060	19,5	7140	27,5	9090	35
1420	5,5	3240	12,5	5190	20	7270	28	9220	35,5
1550	6	3370	13	5320	20,5	7400	28,5	9350	36
1680	6,5	3500	13,5	5450	21	7530	29	9480	36,5
1810	7	3630	14	5580	21,5	7660	29,5	9610	37
1940	7,5	3760	14,5	5710	22	7790	30	9740	37,5
		3890	15	5840	22,5	7920	30,5	9870	38
				5970	23			10 000	38,5

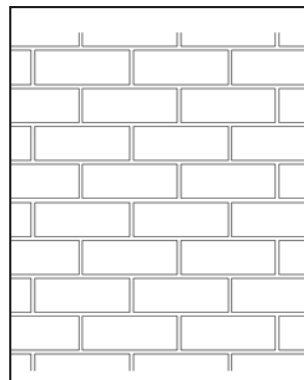
Sichtmauerwerk

Verbandarten

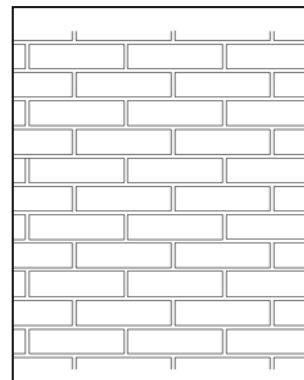
Für Sichtmauerwerke werden in der Regel traditionelle Läuferverbände mit Steinhöhen von 14 cm, 9 cm und 6,5 cm erstellt.



Läuferverband
Steinhöhe 14 cm



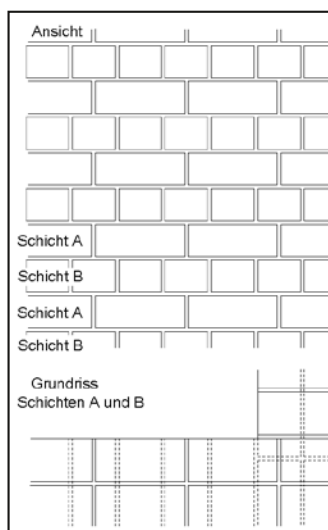
Läuferverband
Steinhöhe 9 cm



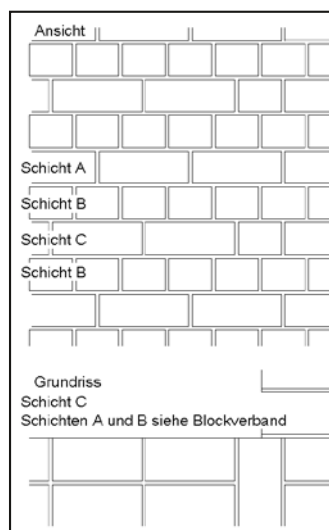
Läuferverband
Steinhöhe 6,5 cm



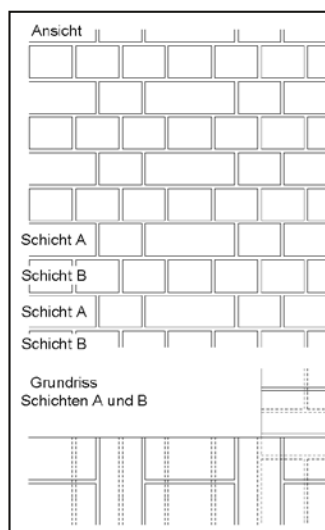
Beispiele von Zierverbänden



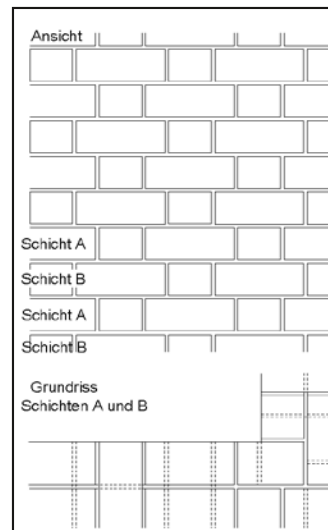
Blockverband



Kreuzverband



Holländerverband



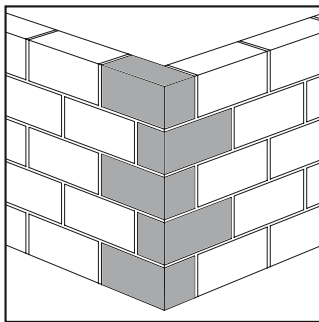
Gotischer Verband

Sichtmauerwerk

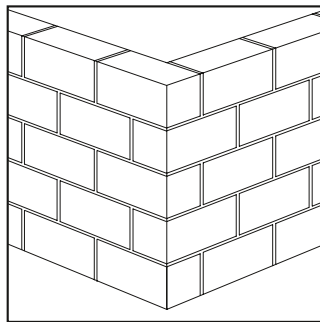
Eckverbände

Rechtwinklige Eckverbände

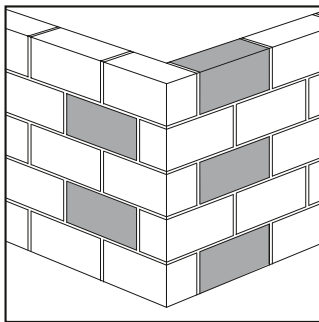
Bei Eckverbänden ist das Einbundmass $u/H < 0,3$ einzuhalten [Lastenausbreitung]. Sofern im Läuferverband ein regelmässiges Fugenbild [Stossfugen steinmässig] erzielt werden soll, sind die Kalksandsteine im Eckbereich [schraffiert] abzulängen.



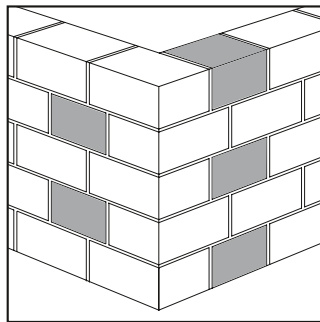
Läuferverband
Mauerdicke 10 cm



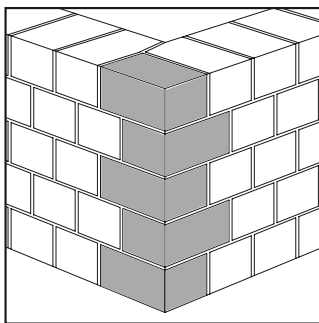
Läuferverband
Mauerdicke 12 cm



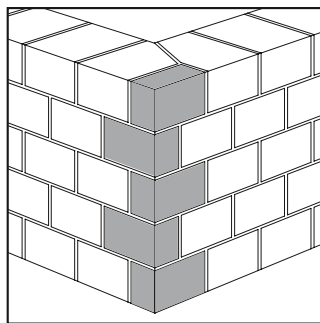
Läuferverband
Mauerdicke 15 cm [14,5]



Läuferverband
Mauerdicke 18 cm



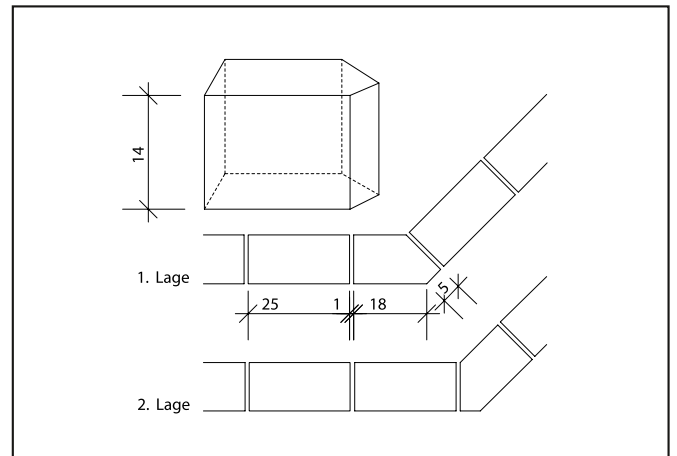
Binderverband
Mauerdicke 25 cm
Steine K 15



Binderverband
Mauerdicke 25 cm
Steine K 18

Stumpfwinkliger Eckverband

Eckverband mit Winkel 135° wird mit Aussenecksteinen ausgeführt.

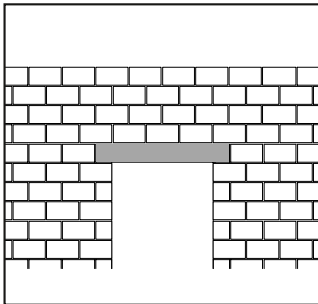


Sichtmauerwerk

Mauerwerksturz

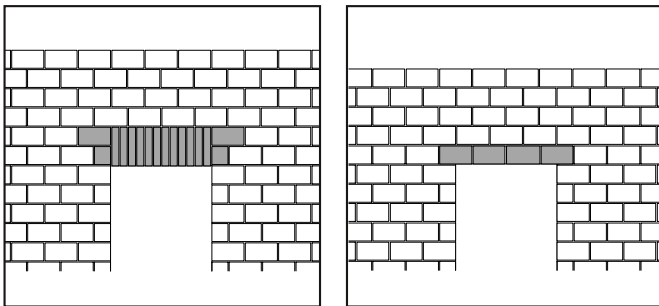
Sichtbetonsturz

Der vorgespannte oder schlaffarmierte Sichtbetonsturz stellt eine einfache, zweckmässige Lösung dar. Die Querschnittabmessungen (Breite, Höhe) dieser Sichtbetonstürze entsprechen den Abmessungen der Kalksandsteine. Diese Stürze werden in der Regel mit einer Mörtelfuge auf das Mauerwerk verlegt.



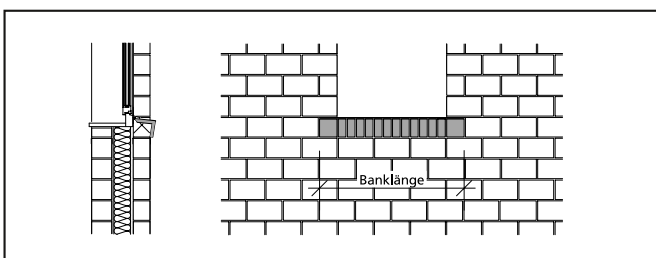
Rollschichtsturz/Läuferschichtsturz

Der konstruktive Aufbau dieser Stürze besteht aus dem lasttragenden Stahlbetonkern und den Verblendplatten aus Kalksandstein. Die Sturzhöhe richtet sich einerseits nach den statischen Anforderungen und andererseits nach dem Fugenbild des Sichtmauerwerks. Diese Stürze werden mit einer Mörtelfuge auf das Mauerwerk verlegt. Diese vorgefertigten Sturzelemente müssen auftragspezifisch bestellt werden.



Fensterbank

Die Fensterbänke entsprechen im konstruktiven Aufbau den verblendeten Sturzelementen. Die der Witterung ausgesetzten Fensterbänke sind mit einem Gefälle von mindestens 10% auszubilden und seitlich in das aufgehende Mauerwerk einzulassen.



Sichtmauerwerk

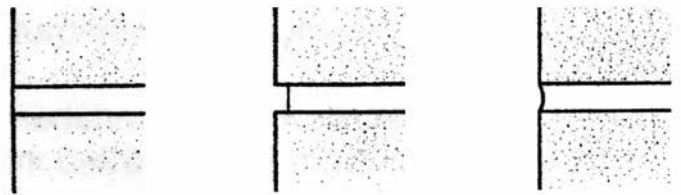
Mauerwerk­mörtel

Bei wetterexponiertem Sichtmauerwerk ist der Auswahl des Mörtels besondere Beachtung zu schenken. Als Sichtmörtel sollte ein reiner Zementmörtel verwendet werden. Damit wird eine hohe Haftzugfestigkeit zwischen Stein und Mörtel bzw. Biegezugfestigkeit des Mauerwerks erreicht. Eine gute Plastizität und ein hohes Wasserrückhaltevermögen erleichtern das Verarbeiten und Ausfügen.

Die Massgenauigkeit und Ebenheit des Kalksandsteins ermöglicht geringe und gleichmässige Fugenabmessungen. Die Fugendicke der Stoss- und Lagerfugen beträgt 10 mm (Toleranzmass: 8–12 mm).

Der Witterung ausgesetzte Fugen müssen schlagregendicht ausgeführt werden. Die Fugenaussenflächen sind nach dem Abziehen des Mörtels mit einem Fugeneisen auszubügeln, so dass eine gute Verdichtung der Oberfläche erreicht wird.

Für inneres, wettergeschütztes Mauerwerk kann die Form der Mörtelfuge frei gewählt werden. Bündig abgezogen, vertieft oder ausgebügelt.



Sichtmauerwerk

Dehnungsfugen

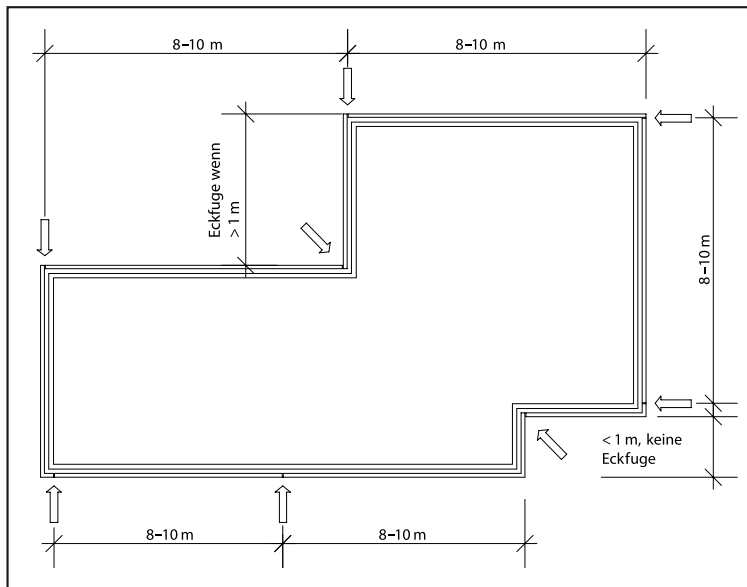
Einer der wichtigsten Einflussfaktoren bei der Konstruktion von Aussenschalen sind die Temperaturdifferenzen respektive die dadurch entstehenden Längenänderungen, welche zu berücksichtigen sind. Kann die Wand diesen Bewegungen nicht weitgehend standhalten, entstehen durch die auftretenden Zwängspannungen Risse.

Ausgehend vom Grundprinzip, überall Dehnungsfugen anzuordnen, wo das Mauerwerk reißen würde, können folgende Regeln angewandt werden:

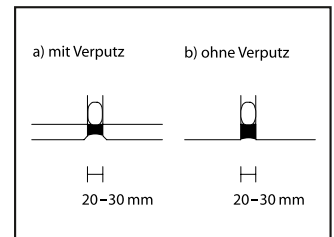
- in den Gebäudeecken.
- bei Wandstücken von mehr als 8 bis 10 m.
- seitlich bei auskragenden Balkonplatten.
- bei starker Belastung auf der äusseren Schale wie zum Beispiel beim Auflagern von Balkonplatten.

Dehnungsfugen funktionieren auf die Dauer nur einwandfrei, wenn die Ausbildung mit einem bewährten System und durch sorgfältige Ausführung erfolgt. Die Fugenbreite muss Längenänderungen infolge Temperaturdifferenzen aufnehmen können.

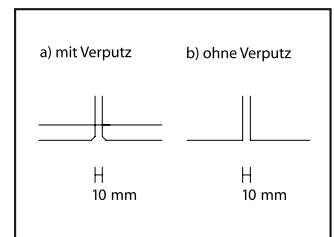
Die Wärmedehnung von Kalksandstein-Mauerwerk beträgt 0,008 mm/mK. Bei einer angenommenen Temperaturdifferenz von ± 25 K dehnt sich eine 10 m lange Wand um ± 2 mm. Je nach Fugensystem hat sich eine Fugenbreite von 10 bis 30 mm bewährt.



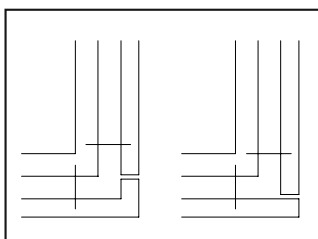
Geschlossenes Fugensystem



Offenes Fugensystem



Ausbildung einer Mauerecke



Graue Energie/Umweltbelastungspunkte [UBP]

Nachhaltig bauen mit Kalksandstein



Graue Energie/Umweltbelastungspunkte [UBP]

Nachhaltiges Bauen

Das Bauen und Bewirtschaften einer Immobilie wird immer anspruchsvoller. Nebst den üblichen planerischen Herausforderungen werden auch grosse Anstrengungen unternommen, die Betriebsenergie zu senken. Mit Empfehlungen durch den Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein SIA und weitere private und behördliche Institutionen wurde der Wärmeverbrauch von Gebäuden kontinuierlich gesenkt. Moderne Niedrigenergiehäuser

verbrauchen heute kaum mehr als 40 MJ/m² Energiebezugsfläche pro Jahr.

Die Empfehlung SIA 112/1 «Nachhaltiges Bauen-Hochbau» definiert in einem umfassenden Kriterienkatalog die Themen des nachhaltigen Bauens. Diese sind unterteilt in die Bereiche Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft [s. Auflistung unten].

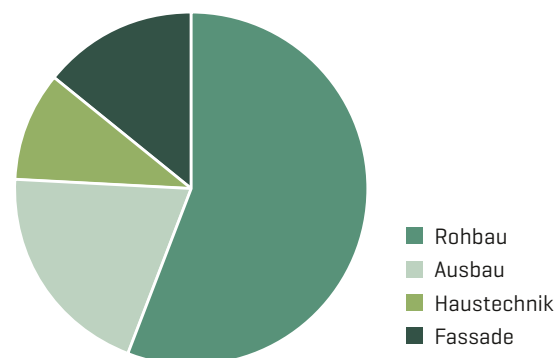
Gesellschaft	Umwelt	Wirtschaft
Wohlbefinden, Gesundheit <ul style="list-style-type: none"> ■ Innenluft ■ Licht ■ Lärm 	Graue Energie, Baustoffe <ul style="list-style-type: none"> ■ Rohstoffe, Verfügbarkeit ■ Stoffflüsse ■ Umweltbelastung ■ Rückbau 	Gebäudesubstanz <ul style="list-style-type: none"> ■ Flexibilität
Komfort <ul style="list-style-type: none"> ■ Thermische Behaglichkeit ■ Sommerlicher Wärmeschutz ■ Systematische Lüfterneuerung 	Betriebsenergie <ul style="list-style-type: none"> ■ Raumklima, Gebäudehülle ■ Warmwasser ■ Haushaltgeräte ■ Beleuchtung ■ Betriebseinrichtungen 	Betriebs- und Unterhaltskosten <ul style="list-style-type: none"> ■ Zugänglichkeit ■ Systemtrennung
	Infrastruktur (Mobilität) <ul style="list-style-type: none"> ■ Standortwahl ■ Anreizsysteme ■ Technische Ausrüstung 	

SIA Empfehlung 112/1 «Nachhaltiges Bauen – Hochbau»

Der Energieaufwand «Graue Energie» ist ein wesentlicher Faktor, da dieser um einiges höher liegt als nur der eigentliche Energieverbrauch des Gebäudes. Unter der Grauen Energie versteht man den kumulierten Aufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie zur Herstellung und Entsorgung eines Baustoffs.

Der Gesamtverbrauch an Grauer Energie kann für ganze Gebäude, Gebäudeteile oder einzelne Bauteile berechnet werden.

Grössenordnung der Anteile an der Grauen Energie



Graue Energie/Umweltbelastungspunkte [UBP]

Berechnung der Grauen Energie

Berechnung der Grauen Energie von MINERGIE-A, MINERGIE-ECO, MINERGIE-P-ECO und MINERGIE-A-ECO richtet sich nach dem SIA Merkblatt «2032 Graue Energie von Gebäuden». Darin wird die Graue Energie definiert als die gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse vom Rohstoffabbau über Herstellungsprozesse bis zur Entsorgung inkl. der Transporte benötigt wird. Die dafür notwendigen Daten wurden durch die KBOB [Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren] aufbereitet. Sie bilden die Datengrundlage für alle Berechnungen. Die Graue Energie und die grauen Treibhausgasemissionen werden berechnet, indem die Masse der Bauteile mit den entsprechenden Werten der Grauen Energie bzw. der grauen Treibhausgasemissionen pro Flächen multipliziert wird. Angegeben werden die Werte für die Herstellung und die Entsorgung sowie ein Totalwert pro Jahr.

Bei der Berechnung der Grauen Energie pro Jahr wird eine bestimmte Amortisationszeit abgeschrieben. Da nicht alle Bauteile die gleiche Nutzungsdauer aufweisen, werden die verschiedenen Amortisationszeiten in einer Tabelle aufgeführt. Konstruktive Bauteile wie Bodenplatten, Stützen, Aussen- und Innenwände sowie Decken werden mit 60 Jahren berechnet, Innenauskleidungen und die Gebäudetechnik mit 30 Jahren.

Der Bauteilkatalog beschreibt die Elemente, die zur Berechnung der grauen Energie berücksichtigt werden müssen.

Bauteilkatalog [BTK]

Neubau

- Gebäudehülle beheizt
- Gebäudehülle unbeheizt
- Innenbauteile: Innenwände und Decken
- Haustechnik: Erdsonde, Photovoltaik, Sonnenkollektoren, Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektroanlagen
- Aushub

Der Umweltbelastungsindikator berücksichtigt neben der Grauen Energie auch die gesamte Primärenergie und die Treibhausgasemissionen. Zusammengefasst werden diese Umweltbelastungsindikatoren in Umweltbelastungspunkten [UBP] ausgedrückt. Je tiefer der Wert desto geringer die Umweltbelastung.

Grenzwerte der Grauen Energie

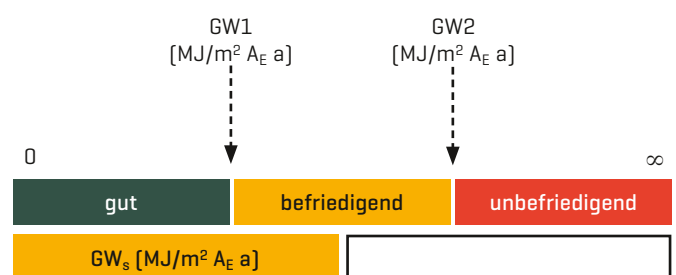
Der Grenzwert der grauen Energie bei MINERGIE-A ist statisch. Das heisst, für Neubauten gilt ein fixer Grenzwert von 50 kWh/m²a [Kilowattstunden pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr]. Die Anforderungen für den Grenzwert für die Graue Energie bei MINERGIE-A ist relativ milde: Wird der Grenzwert nicht erreicht, kann dieser nach Ablauf der Einführungsphase korrigiert werden.

Bei MINERGIE-ECO, MINERGIE-P-ECO und MINERGIE-A-ECO ist der Grenzwert dynamisch. Das heisst, es gelten für Neubauten und Modernisierungen ein oberer und ein unterer Grenzwert, der objektspezifisch festgelegt wird. Er ist wesentlich strenger als bei MINERGIE-A und bedarf einer optimalen Gebäudekonzeption.

Um Neubauten mit weitgehender Nutzung erneuerbarer Energien [Bsp. Photovoltaik] nicht zu bestrafen und Modernisierungen mit Teilsanierungen [Bsp. nur Fensterersatz] nicht grundsätzlich zu belohnen, wurde entschieden, objektspezifische Grenzwerte [GW1 und GW2] festzulegen.

Um diese zu berechnen, werden Informationen über das Gebäude und seine technische Ausrüstung benötigt. **Die Grenzwerte haben die Einheit MJ pro m² Energiebezugsfläche und Jahr.**

Grenzwerte der Grauen Energie



Zwei Grenzwerte bezeichnen den Übergang zwischen gut [grün] und befriedigend [orange] GW1. Sowie zwischen befriedigend [orange] und unbefriedigend [rot] GW2.

Graue Energie/Umweltbelastungspunkte [UBP]

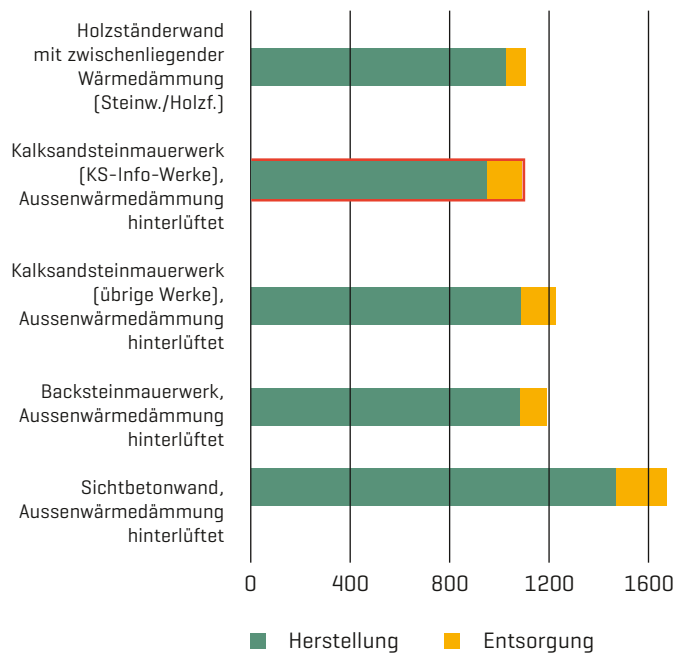
Nachhaltig bauen mit Kalksandstein

Der Kalksandstein besteht aus natürlichen Rohstoffen und sorgt mit seinen hervorragenden bauphysikalischen Eigenschaften für hohen Schall- und Feuerschutz. Dank seiner Speichermasse schafft er zudem ein behagliches Raumklima während des ganzen Jahres.

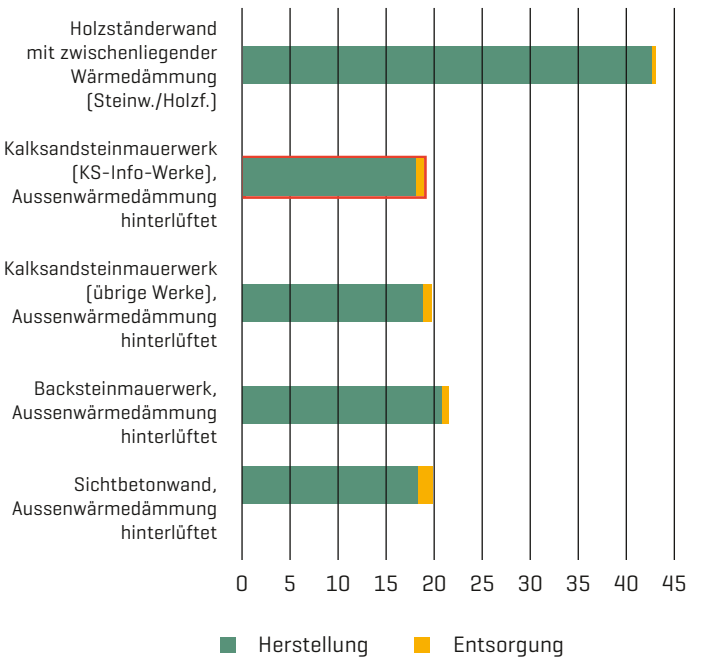
Auch seine Ökobilanz bezüglich Grauer Energie ist im Vergleich mit anderen Bauteilen sehr interessant.

Ein Vergleich mit verschiedenen Fassadenkonstruktionen (gemäss Tabelle S. 56):

Vergleich Wandaufbauten UBP 2013 [UBP/m²/a]



Vergleich Wandaufbauten Primärenergie gesamt [MJ/m²/a]



Graue Energie/Umweltbelastungspunkte [UBP]

Ein Vergleich mit verschiedenen hinterlüfteten Tragkonstruktionen

System					
Wandaufbau von aussen nach innen ^{1), 2)}	Beton - Fassadenbekleidung 20 mm - Hinterlüftung 40 mm - Wärmedämmung 0,032 W/mK 200 mm - Betonwand 180 mm - Innenputz	Backstein - Fassadenbekleidung 20 mm - Hinterlüftung 40 mm - Wärmedämmung 0,032 W/mK 200 mm - Backsteinwand 180 mm - Innenputz	Kalksandstein KS-Info-Werke - Fassadenbekleidung 20 mm - Hinterlüftung 40 mm - Wärmedämmung 0,032 W/mK 200 mm - Kalksandsteinwand 180 mm - Innenputz	Kalksandstein übrige Werke - Fassadenbekleidung 20 mm - Hinterlüftung 40 mm - Wärmedämmung 0,032 W/mK 200 mm - Kalksandsteinwand 180 mm - Innenputz	Holz - Fassadenbekleidung 20 mm - Hinterlüftung 40 mm - Wärmedämmung 0,038 W/mK 200 mm - Holzständerwand - Dampfbremse - Installationshohlraum 25 mm - Fermacellplatte 15 mm
Wanddicke ohne Verputz [mm]	440	440	440	440	300
U-Wert Wärmedurchgangskoeffizient [W/m²K]	0,18	0,17	0,18	0,18	0,19
Flächenbezogene Wärmekapazität [kJ/m²K] ³⁾	83,9	54,4	70,2	70,2	22,1
Schalldämmwert R'w ⁴⁾	60	52	57	57	46
UBP 13 [UBP/m²a] Total	1677	1194	1098	1229	1109
Primärenergie gesamt MJ/m² a Total	19,7	21,4	19,0	19,8	42,7
Primärenergie nicht erneuerbar MJ/m² a Total	12,5	13,8	11,6	12,4	14,7
Treibhausgas-Emissionen Kg/CO₂-eq/m² a Total	1,039	1,034	0,831	0,981	0,784

¹⁾ Wärmebrückenzuschlag Kreuzlattung = 0.03 W/m²K

²⁾ Hinterlüftung RSI = RSE = 0.13 m² K/W

³⁾ Wärmespeichervermögen gem. SIA 180 werden max. 10 cm Wandstärke für eine Periodendauer von 24h betrachtet

⁴⁾ Je nach Befestigung der Kreuzlattung und vorgehängter Fassade können die Schallwerte stark variieren

Bauphysikalische Eigenschaften

Schallschutz

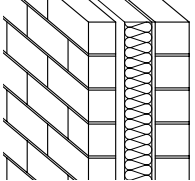
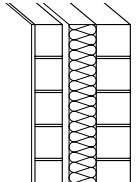
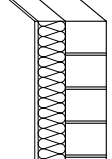
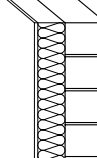
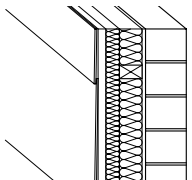
Brandschutz

Schallabsorption

Wärmeschutz



Bauphysikalische Eigenschaften

Konstruktion	Wandaufbau			Wärmedämmung		
	von aussen nach innen	Wandkon- struktion	Dicke [ohne Verputz]	Dämmstärke	U-Wert Wärmedurch- gangskoeffizient	Oberflächen- temperatur innen ⁵⁾
			mm	mm	W/m ² K	°C
Sichtmauerwerk zweischalig mit Mineral- wolle Kerndämmung		1				
	KS-Sichtmauerw. 120 mm	1.1	420	140	0,23	19,0
	Luftschicht 40 mm ³⁾	1.2	440	160	0,20	19,1
	Wärmedämmung 0.035W/mK	1.3	460	180	0,18	19,2
	KS-Mauerwerk 120 mm	1.4	480	200	0,16	19,3
	Innenputz	1.5	500	220	0,15	19,3
Zweischalenmauerwerk verputzt mit Mineralwolle Kerndämmung		2				
	Aussenputz	2.1	415	140	0,22	19,0
	KS-Sichtmauerw.120 mm	2.2	435	160	0,20	19,1
	Toleranzraum 10 mm ³⁾	2.3	455	180	0,18	19,2
	Wärmedämmung 0.034W/mK	2.4	475	200	0,16	19,3
	KS-Mauerwerk 145 mm	2.5	495	220	0,15	19,3
	Innenputz					
Mauerwerk mit Aussen- wärmedämmung EPS 0.038 W/mK		3				
	Aussenputz	3.1	340	160	0,22	19,0
	Wärmedämmung 0.038W/mK	3.2	360	180	0,20	19,1
	KS-Mauerwerk 180 mm	3.3	380	200	0,18	19,2
	Innenputz	3.4	400	220	0,16	19,3
		3.5	420	240	0,15	19,3
Mauerwerk mit Aussen- wärmedämmung Mineralfaser 0.034 W/mK		4				
	Aussenputz	4.1	340	160	0,20	19,1
	Wärmedämmung 0.034W/mK	4.2	360	180	0,18	19,2
	KS-Mauerwerk 180 mm	4.3	380	200	0,16	19,3
	Innenputz	4.4	400	220	0,15	19,3
Hinterlüftete Vorhang- fassade mit Kreuzrost^{1) 2)}		5				
	Fassadenbekleidung 20 mm	5.1	400	160	0,21	19,2
	Hinterlüftung 40 mm	5.2	420	180	0,20	19,2
	Wärmedämmung 0.032W/mK	5.3	440	200	0,18	19,3
	KS-Mauerwerk 180 mm	5.4	460	220	0,17	19,4
	Innenputz	5.5	480	240	0,15	19,4

Annahme Kalksandstein; Dichte = 1800 kg/m³, λ = 1.0 W/mK
Berechnungen gem. SIA 180 Ausgabe 2014

¹⁾ Wärmebrückenzuschlag Kreuzlattung = 0.03W/m²K

²⁾ Hinterlüftung [Wandkonstruktion Nr.6] Rsi = Rse = 0.13 m²K/W

³⁾ Luftschicht [Wandkonstruktion Nr.1+2] μ = 1.0

⁴⁾ Klimastation Zürich SMA, Raumluftfeuchte unkontrolliert

⁵⁾ Oberflächentemperatur; ti = 20 °C; te = -15.9 °C; Rse = 0.13 m²K/W

⁶⁾ Wärmespeichervermögen; gem. SIA 180 werden max. 10cm
Wandstärke für eine Periodendauer von 24h betrachtet

⁷⁾ Amplitudendämpfung/Phasenverschiebung; Berechnung nach
Heindl Fall II

Bauphysikalische Eigenschaften

Dynamisch thermische Daten			Dampfdiffusion ⁴⁾		Schalldämmung		
Temperaturamplitudendämpfung ⁷⁾	Phasenverschiebung ⁷⁾	Flächenbezogene Wärmekapazität ⁶⁾	Maximum Kernkondensat	Restkondensat [inkl. Verputz]	Flächenmasse	Schalldämmwert R' ^w ⁸⁾	C _{tr}
-	H	kJ/m ² K	g/m ²	g/m ²	kg/m ²	dB	dB
73	10,4	76,4	265	0	450	ca.62	-6
84	10,6	76,4	265	0	450	ca.62	-6
94	10,8	76,3	265	0	450	ca.62	-6
105	11,0	76,3	265	0	450	ca.62	-6
135	11,7	76,3	265	0	450	ca.62	-6
103	11,6	72,5	212	0	520	ca.67	-8
118	11,8	72,4	212	0	520	ca.67	-8
133	12,0	72,4	213	0	520	ca.67	-8
148	12,2	72,4	213	0	520	ca.67	-8
164	12,4	72,3	213	0	520	ca.67	-8
85	8,5	72,2	0	0	360	ca.51	-5
95	8,7	72,2	0	0	360	ca.51	-5
106	8,9	72,2	0	0	360	ca.51	-5
118	9,1	72,2	0	0	360	ca.51	-5
130	9,4	72,2	0	0	360	ca.51	-5
106	10,6	72,2	53	0	360	ca.55	-6
126	11,3	72,1	55	0	360	ca.55	-6
150	12,0	72	56	0	360	ca.55	-6
179	12,7	71,9	56	0	360	ca.55	-6
99	9,2	72,4	56	0	380	ca.57	-4
113	9,5	72,3	57	0	380	ca.57	-4
129	10	72,2	57	0	380	ca.57	-4
145,7	10,4	72,2	57	0	380	ca.57	-4
164,8	10,9	72,1	57	0	380	ca.57	-4

⁸⁾ Schalldämmung

Je nach Befestigung der beiden Wandschalen so wie Verklebung und Verdübelung der Kompaktfassade können die Schalldämmwerte stark variieren. Objektspezifische Abklärungen sind bei hohen Aussenlärmsituationen erforderlich.

Bauphysikalische Eigenschaften

Schallschutzanforderungen

Mindestanforderungen

Die Mindestanforderungen gewährleisten einen Schallschutz, der lediglich erhebliche Störungen zu verhindern vermag.

Erhöhte Anforderungen

Die erhöhten Anforderungen bieten einen Schallschutz, bei dem sich ein Grossteil der Menschen im Gebäude behaglich fühlt. Bei Doppel- und Reiheneinfamilienhäusern sowie bei neu gebautem Stockwerkeigentum gelten die erhöhten Anforderungen.

Der zwischen zwei Nutzungseinheiten (Räume oder zusammenhängende Raumgruppen, welche in Bezug auf die Nutzung eine selbständige Einheit bilden) vorhandene Schallschutz ist von folgenden Grössen abhängig:

- Luftschalldämmung R'_{w} [dB] des Trennbauteils
- Grösse S [m²] der gemeinsamen Trennfläche
- Volumen V [m³] des Empfangsraumes

Werden nur Anforderungen an das Schalldämmmass des Trennbauteils gestellt, kann dies je nach Situation zu einem unterschiedlichen Ergebnis führen.



Es ist offensichtlich, dass, wenn für beide Situationen die gleiche Wandkonstruktion verwendet wird, im **Fall 2** aufgrund der kleineren Trennfläche ein deutlich besserer Schallschutz erzielt wird als im **Fall 1**.

Anforderungen Aussenlärm

Die Schallschutzanforderungen an die Gebäudehülle sind zum einen vom Grad der Störung durch Aussenlärm (Lärmbelastungen durch Strasse, Eisenbahn, Flugverkehr usw.) und zum anderen von der Art und Weise der Raumnutzung und der damit verbundenen Lärmempfindlichkeit des Nutzers abhängig (Büro, Schlafzimmer, Werkstatt usw.).

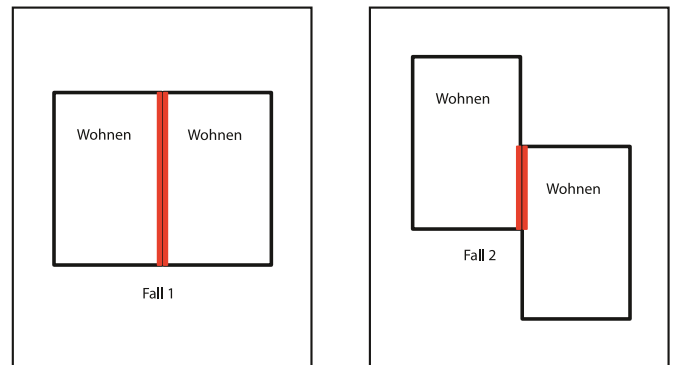


Tabelle 1 Einstufungen der Lärmempfindlichkeit nach der immissionsseitigen Raumart und Nutzung

Lärmempfindlichkeit	Beschreibung der immissionsseitigen Raumart und Raumnutzung [Empfangsraum]
gering	Räume für vorwiegend manuelle Tätigkeit; Räume, welche von vielen Personen oder nur kurzzeitig benützt werden. Beispiele: Werkstatt, Handarbeits-, Empfangs- und Warteraum, Grossraumbüro (bei Ausschluss späterer Unterteilung in mehrere Nutzungseinheiten oder Einzelbüros), Kantine, Restaurant, Küche ohne planmässige Wohnnutzung, Bad, WC, Verkaufsraum, Labor, Korridor.
mittel	Räume für Wohnen, Schlafen und für geistige Arbeiten. Beispiele: Wohn-, Schlafzimmer, Studio, Schulzimmer, Musikübungsraum, Wohnküche, Büroraum, Hotelzimmer, Spitalzimmer ohne spezielle Ruheraumfunktion.
hoch	Räume für Benützer mit besonders hohem Ruhebedürfnis. Beispiele: spezielle Ruheräume in Spitälern und Sanatorien, spezielle Therapieräume mit hohem Ruhebedarf, Lese-, Studierzimmer.

Bauphysikalische Eigenschaften

Mindestanforderungen an den Schutz gegen Aussenlärm

[Luftschall: $D_{e,tot}$ in dB]. Die Einstufung der Lärmempfindlichkeit erfolgt gemäss Tabelle 1. Der Grad der Störung durch Aussenlärm kann gemessen, mit anerkannten Methoden berechnet oder mit Hilfe der Tabelle 2 eingestuft werden.

Tabelle 2 Mindestanforderungen an den Schutz gegen Luftschall von aussen

Lärmbelastung	Grad der Störung durch Aussenlärm			
	klein		mässig bis sehr stark	
Lage des Empfangsortes	abseits von Verkehrsträgern, keine störenden Betriebe		im Nahbereich von Verkehrsträgern oder störenden Betrieben	
Beurteilungsperiode	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Beurteilungspegel dB [A]	$L_r < 64$	$L_r < 56$	$L_r > 64$	$L_r > 56$
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte D_e			
gering	26 dB	26 dB	$L_r - 38$ dB	$L_r - 30$ dB
mittel	31 dB	31 dB	$L_r - 33$ dB	$L_r - 25$ dB
hoch	36 dB	36 dB	$L_r - 28$ dB	$L_r - 20$ dB

Für erhöhte Anforderungen an den Schutz gegen Luftschall von aussen gelten die um 3 dB erhöhten Werte gegenüber den Werten nach Tabelle 2.

Beispiel: Wohnhaus an Hauptstrasse. Anforderungen:

a) Strassenseite Tag

Grad der Störung: stark, Lärmempfindlichkeit: mittel

Anforderung $D_e = 33$ dB

b) Hofseite Tag

Grad der Störung: klein, Lärmempfindlichkeit: mittel

Anforderung $D_e = 31$ dB

c) Stirnseite Tag

Grad der Störung: mässig, Lärmempfindlichkeit: mittel

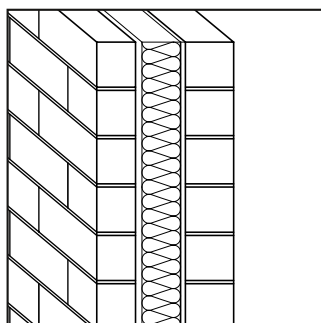
Anforderung $D_e = 33$ dB



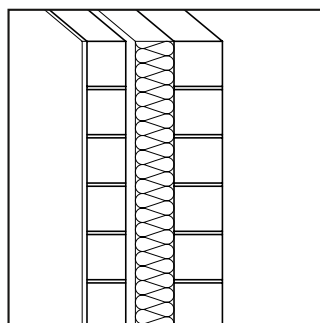
Luftschalldämmwerte von Kalksandstein-Aussenwänden

Bei den Aussenwänden, ausgeführt in Kalksandstein, ist man in der komfortablen Lage, dass diese infolge der meist noch 10 bis 16 cm dicken Wärmedämmschichten immer eine höhere Luft-

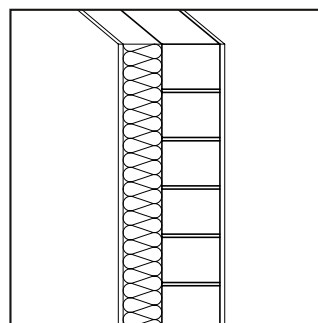
schalldämmung aufweisen, als nach SIA 181 gefordert wird. Einzig bei Wänden mit aussenliegender Wärmedämmung auf der Basis von Kunststoffschäumen ist bei sehr hohen Anforderungen Vorsicht geboten.



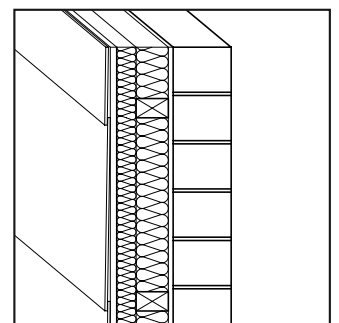
Zweischalen-Sichtmauerwerk
 $R'_w = 62 - 65$ dB



Zweischalenmauerwerk mit Aussenputz
 $R'_w = 63 - 69$ dB



Mauerwerk mit Aussenwärmedämmung
 $R'_w = 50 - 55$ dB



Mauerwerk mit hinterlüfteter Vorhangfassade
 $R'_w = 55 - 58$ dB

Bauphysikalische Eigenschaften

Schutz gegen Innenlärm

Bei der Festlegung der Anforderungen für den Schutz gegen Innenlärm wurde berücksichtigt, dass Räume lärmintensiv genutzt werden können. Mindestanforderungen an den Schutz gegen Innenlärm [Luftschall] zwischen benachbarten Nutzungseinheiten (D_i in dB): Tabelle 3.

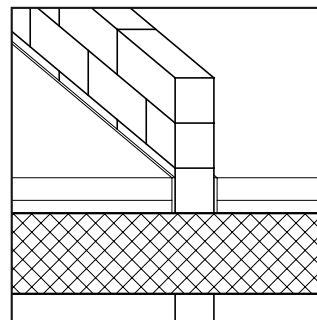
Zu beachten ist, dass sich je nach Übertragungsrichtung zwischen zwei Nutzungseinheiten unterschiedliche Anforderungen ergeben können. Der Schallschutz ist so auszulegen, dass die höheren Anforderungen erfüllt werden.

Tabelle 3 Mindestanforderungen an den Luftschall von innen

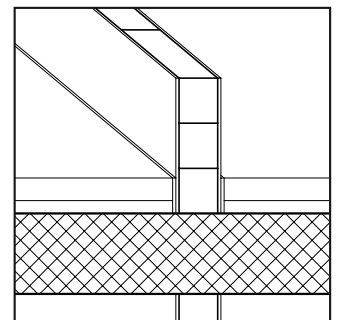
Lärmbelastung	klein	mässig	stark	sehr stark
Beispiele für emissionsseitige Raumart und Nutzung [Senderraum]	Geräuscharme Nutzung: Lese-, Warteraum, Patienten-, Sanitätszimmer, Archiv	Nutzung normal: Wohn-, Schlafräum, Küche, Bad, WC, Korridor, Aufzugschacht, Treppenhaus, Büroraum, Konferenzraum, Labor, Verkaufsraum ohne Beschallung	Lärmige Nutzung: Hobbyraum, Versammlungsraum, Schulzimmer, Kinderkrippe, Kindergarten, Heizung, Einstellgarage, Maschinenraum, Restaurant ohne Beschallung, Verkaufsraum mit Beschallung und dazugehörige Erschliessungsräume	Lärmintensive Nutzung: Gewerbebetrieb, Werkstatt, Musikübungsraum, Turnhalle, Restaurant mit Beschallung und dazugehörige Erschliessungsräume
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte D_i			
gering	42 dB	47 dB	52 dB	57 dB
mittel	47 dB	52 dB	57 dB	62 dB
hoch	52 dB	57 dB	62 dB	67 dB

Für erhöhte Anforderungen an den Schutz gegen Luftschall von innen gelten die um 3 dB erhöhten Werte gegenüber den Werten nach Tabelle 3.

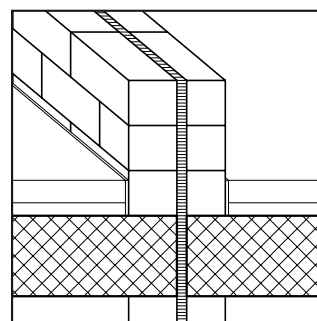
Luftschall – Dämmwerte von Kalksandstein-Innenwänden



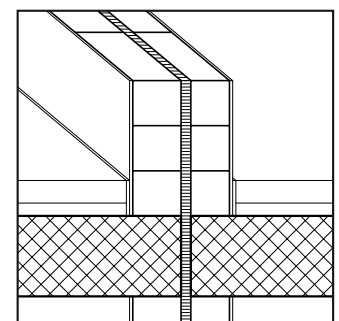
Sichtmauerwerk
Wanddicke 100–200 mm
Dämmwerte $R'w$ dB 46–52



Verputzte Wand
Wanddicke 130–230 mm
Dämmwerte $R'w$ dB 47–54



Sichtmauerwerk
Wanddicke 270–330 mm
Dämmwerte $R'w$ dB 58–60

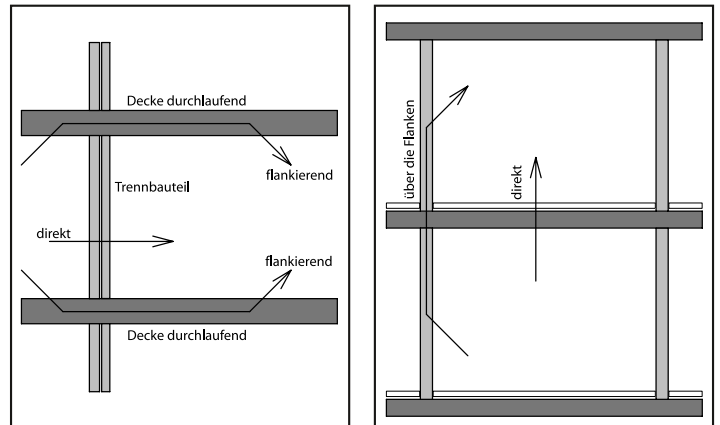


Verputzte Wand
Wanddicke 300–360 mm
Dämmwerte $R'w$ dB 60–63

Bauphysikalische Eigenschaften

Nebenwegübertragung über Flankenbauteile

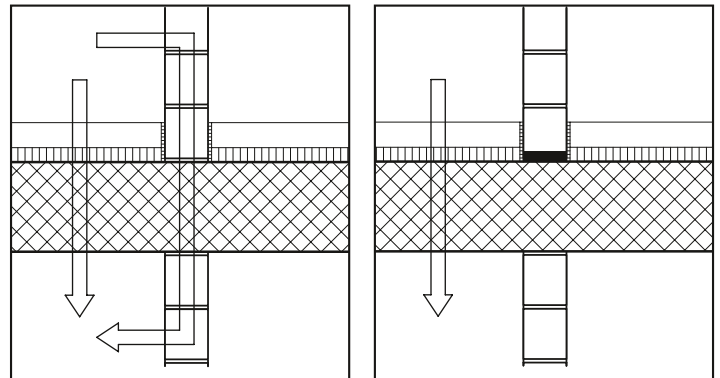
Nebenwegübertragungen über Flankenbauteile, wie im Bild schematisch dargestellt. Die Schallübertragung erfolgt von Raum zu Raum nicht nur über das Trennbauteil, sondern auch über die Flankenbauteile. Oft ist die Luftschallübertragung über die Flankenbauteile stärker als jene über das Trennbauteil selbst. Folglich müssen die Flankenbauteile ins Schallschutzkonzept einbezogen werden.



Zimmertrennwände

Flankierende Übertragungen von Zimmertrennwänden in horizontaler und vertikaler Richtung.

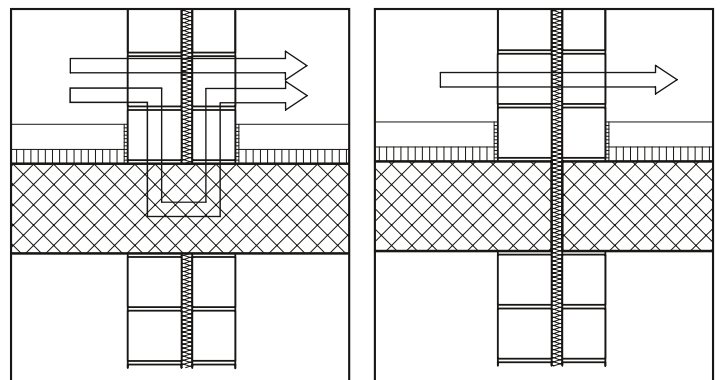
Verbesserung durch elastische Wandlager.



Wohnungstrennwände

Durchlaufende Decken begrenzen die Schalldämmung von zweischaligen Wänden.

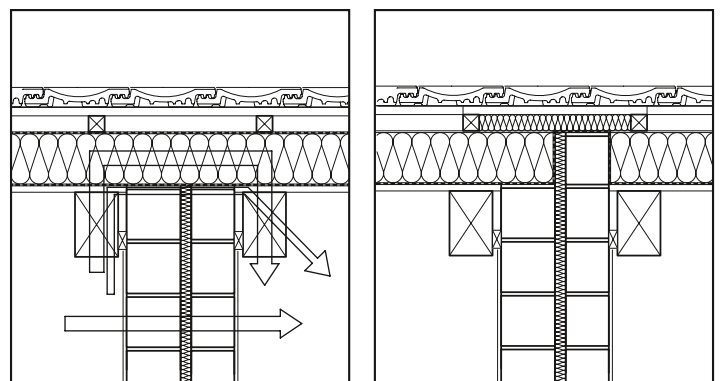
Verbesserung durch Trennung der Decke.



Dachkonstruktionen

Durchgehende Dachkonstruktionen reduzieren die Schalldämmung erheblich.

Verbesserung durch Abstufung des Mauerwerks.



Bauphysikalische Eigenschaften

Brandschutz

Die Notwendigkeit einer guten Planung zeigt sich beim Brandschutz besonders deutlich. Der Brandschutz dient der Sicherheit genauso wie der Standfestigkeit eines Gebäudes. Brandschutz ist deshalb gleichrangig mit der Betrachtung der Statik. Einsparungen dürfen nie mit einem Verlust an Sicherheit erkaufte werden. Ungünstiges Verhalten von Baustoffen und Bauteilen kann im Brandfall verheerende Folgen haben. Bauwerke sind bereits im Projektierungsstadium derart zu konzipieren, dass sie im Rahmen wirksamer und wirtschaftlich tragbarer Brandschutz-

konzepte Personen und Sachwerten im Brandfall optimale Sicherheit gewährleisten. Kalksandstein-Mauerwerk hat eine sehr hohe Brandwiderstandsdauer. Umfangreiche Untersuchungen haben die Erfahrungen aus der Praxis bestätigt, dass massive Kalksandsteinbauten Bränden mit erheblicher Intensität widerstehen.

Die feuerpolizeilichen Vorschriften von Bund und Kantonen enthalten Angaben über die einzusetzenden Baustoffe und Gebäudekonstruktionen.

Die SIA-Norm 266: 2003 bildet die Grundlage

Zu unterscheiden sind:

Tragende, nicht raumabschliessende Wände und Pfeiler (nbb) [mindestens Wanddicke in mm]

		R 30	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
MK	ohne Verputz	115	125	150	175	225	275
MK	mit Verputz	115	115	125	150	200	250

Tragende, raumabschliessende Wände (nbb) [mindestens Wanddicke in mm]

		REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180	REI 240
MK	ohne Verputz	115	115	125	150	200	250
MK	mit Verputz	115	115	115	125	175	225

Nichttragende, raumabschliessende Wände (nbb) [mindestens Wanddicke in mm]

		EI 30	EI 60	EI 90	EI 120	EI 180	EI 240
MK	ohne Verputz	75	100	125	150	175	200
MK	mit Verputz	50	75	100	125	150	175

Der Verputz ist beidseitig mindestens 1 cm dick
[nbb] = nicht brennbar



Bauphysikalische Eigenschaften

Schallabsorption

In öffentlichen Gebäuden wie z. B. in Unterrichtsräumen oder Sporthallen ist ein Mindestmass an Sprachverständlichkeit bzw. Hörbarkeit anzustreben. Das heisst, zur raumakustischen Konditionierung müssen die Nachhallzeiten in diesen Räumen festgelegt werden.

In Anlehnung an DIN 18041 werden die Nachhallzeiten T_{soll} für Unterrichtsräume und Sporthallen [ohne Publikum, normale Nutzung durch eine Klasse oder Gruppe] festgelegt.

Sollwert der Nachhallzeit (Nachhallzeit T in Sekunden s)

Für Unterrichtsräume

Beispiele: 60 m³ $T_{soll} = 0,4$ s
500 m³ $T_{soll} = 0,7$ s

Für Sporthallen

Beispiele: 2000 m³ $T_{soll} = 1,7$ s
5000 m³ $T_{soll} = 2,2$ s

Schallabsorbierende Kalksandsteinwände

Eine Vorsatzschale aus Kalksandsteinen mit durchgehender Lochung erhöht die schallabsorbierende Wirkung wesentlich. Die Wirkung kann noch verstärkt werden, wenn hinter die Vorsatzschale eine Mineralfaserplatte angebracht wird. In Abhängigkeit des Wandaufbaus und der Bauteilfläche ist eine Verringerung der Nachhallzeit um 40 bis 50% möglich.



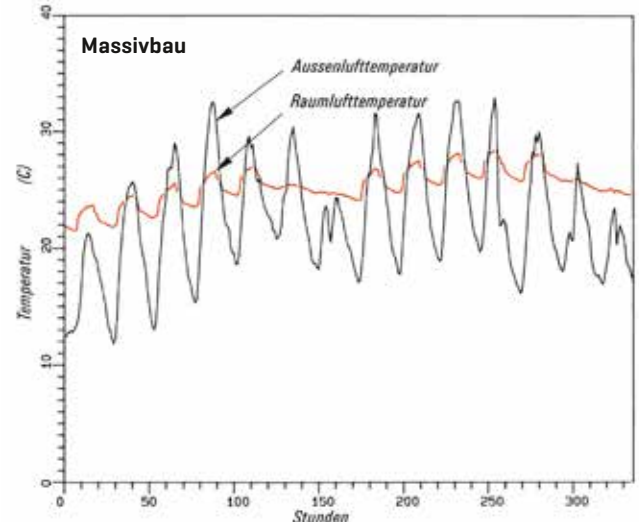
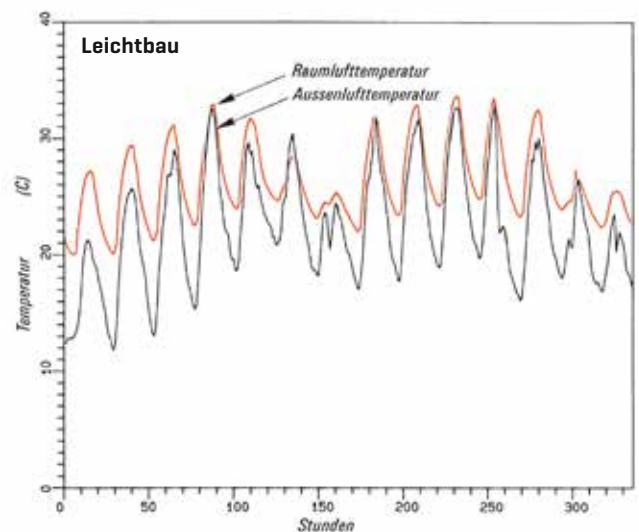
Wärmeschutz

Bei Temperaturschwankungen infolge kühler Nächte und extremer Sonneneinstrahlung tagsüber hat die Speichermasse innenliegender Bauteile eine schwankungsausgleichende Wirkung.

Wichtig für ein gutes Raumklima ist eine möglichst konstante Temperatur der Raumluft, auch bei kurzzeitigen Schwankungen der Aussenlufttemperatur.

Mit einer massiven Kalksandsteinwand können die Raumlufttemperaturschwankungen wesentlich verringert werden.

In den nachfolgenden Diagrammen ist das Schwingungsverhalten eines Raumes über eine typische Sommerperiode von 14 Tagen je für einen Leichtbau und einen Massivbau dargestellt.



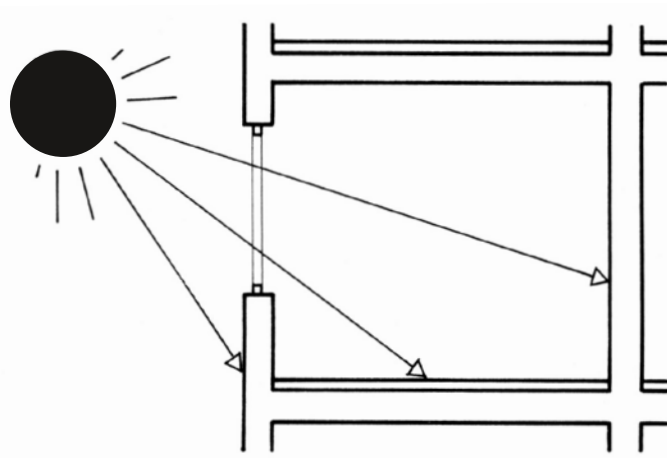
Bauphysikalische Eigenschaften

Energieeinsparung

Massive Bauarten erlauben bezüglich passiver Sonnenenergienutzung in Übergangszeiten und im Winter Energieeinsparungen.

Die in den Raum einfallende Sonnenstrahlung darf nicht zu einer unerwünschten Überwärmung des Raums führen, sondern soll abgespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt zur Deckung des Heizwärmebedarfs beigezogen werden.

Wärmespeicherverhalten infolge Sonnenbestrahlung



Als Wärmespeicher sind Bauteile mit hohen Rohdichten, zum Beispiel Betondecken und Kalksandsteinwände, zu verwenden.

Wärmespeicherverhalten von Baustoffen

Durch die Wahl der Steinrohddichten ist eine genaue Abstimmung der wirksamen Wärmespeichermassen möglich. Die Wärmespeicherfähigkeit ist abhängig von der Rohdichte und der Wanddicke.

Für Kalksandsteinwände ohne Verputz von einer Rohdichte von ca. 1800 kg/m³ ergeben sich folgende Speicherwerte:

Wanddicke (roh) cm	Wärmespeichervermögen Q kJ/m ² K
10	163
12	197
15	234
18	290

Das Tagesspeichervermögen für verschiedene Baustoffe ist in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

Bauteil	Baustoff	Tagesspeichervermögen Q _s * kJ/m ² K
Innenwände		
Beton	Beton 15 cm	98
Backstein	B 15 cm	58
Gips	Gips 15 cm	45
Porenbeton	P 15 cm	31
Kalksandstein	K 12 cm	69
	K 15 cm	76
	K 18 cm	81
	K 20 cm	84

Tagesspeichervermögen von Innenbauteilen
(Richtwerte für einen sonnigen Tag)

* Speichervermögen pro K Raumlufttemperaturerhöhung



Mauerwerkzubehör

Sichtbetonstürze

Mauerfusselemente

Lagerfugenbewehrung

Maueranker



Mauerwerkzubehör

Sichtbetonstürze vorgespannt



Bezeichnung	Format [mm]		Lagerlängen [m]									
	B	H	0,77	1,03	1,29	1,55	1,81	2,07	2,33	2,59	2,85	3,11
10/6,5	100	65	*	*	*	*	*	*	*	*	o	o
12/6,5	120	65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14,5/6,5	145	65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
18/6,5	180	65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20/6,5	200	65	*	*	*	*	*	*	o	o	o	o

Sichtbetonstürze



Bezeichnung	Format [mm]		Lagerlängen [m]									
	B	H	0,77	1,03	1,29	1,55	1,81	2,07	2,33	2,59	2,85	3,11
10/14	100	140	*	*	*	*	*	o	o	o	o	o
12/14	120	140	*	*	*	*	*	o	o	o	o	o
14,5/14	145	140	*	*	*	*	*	o	o	o	o	o
18/14	180	140	*	*	*	*	*	o	o	o	o	o
20/14	200	140	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Sichtbetonstürze



Bezeichnung	Format [mm]		Lagerlängen [m]									
	B	H	0,77	1,03	1,29	1,55	1,81	2,07	2,33	2,59	2,85	3,11
10/19	100	190	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
12/19	120	190	o	o	*	*	*	o	o	o	o	o
14,5/19	145	190	o	o	*	*	*	o	o	o	o	o
18/19	180	190	o	o	*	*	*	o	o	o	o	o
20/19	200	190	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

* am Lager
o auf Bestellung

Mauerwerkzubehör

Mauerfusselemente

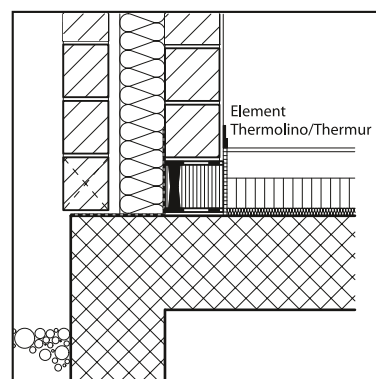
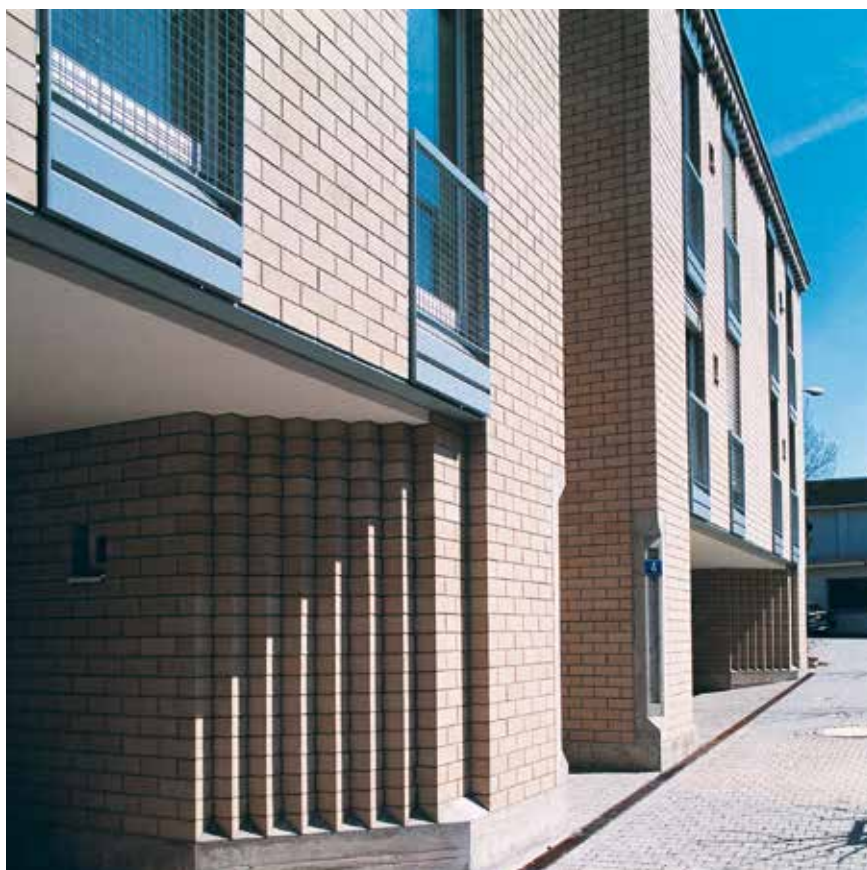
Thermur plus

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
12,5/9		600	125	90
15/9		600	150	90
17,5/9		600	175	90



Thermolino

Bezeichnung	Format [mm]	L	B	H
12,5/9		600	125	90
15/9		600	150	90
17,5/9		600	175	90



Mauerwerkzubehör

Lagerfugenbewehrung

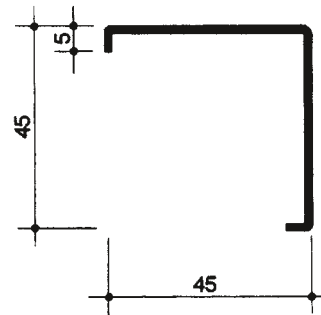
Bezeichnung	MV	MC	MX	Breite [mm]	Länge [mm]	Wanddicke [cm]
4/50	*	o	o	50	3000	7,5-10
4/80	*	o	o	80	3000	12-12,5
4/100	*	o	o	100	3000	14,5-15
5/50	*	o	o	50	3000	7,5-10
5/80	*	o	o	80	3000	12-12,5
5/100	*	o	o	100	3000	14,5-15
5/150	*	o	o	150	3000	20
5/180	*	o	o	180	3000	25
5/200	o	o	o	200	3000	25

* am Lager, o auf Bestellung, MV = feuerverzinkt, MC = Chrom, MX = Chrom, Nickel



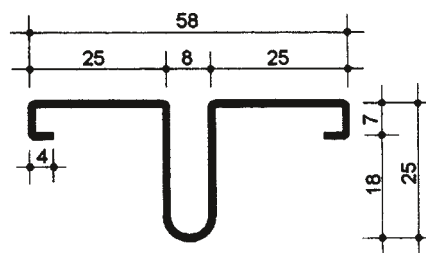
Eckbügel

Typ	Abmessung [mm]
EB	450/450/40



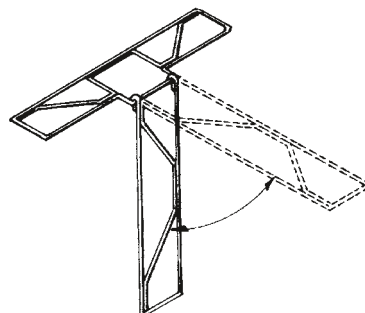
Anschlussbügel

Typ	Abmessung [mm]
AB	580/200/40



Anschlussbügel

Typ	Abmessung [mm]
Albenese	345/435/35



Mauerwerkzubehör

Spiralanker [Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl]

Typ	Länge [mm]	Für Schalenabstand [cm]	Anwendung
SL	190-330	5-23	Beidseitig in Lagerfugen eingemörtelt
SB	140-290	5-23	Mit Metaldübel [Schlaganker] für Beton
SI	200-350	5-23	Injektionsanker mit Siebhülse für Mauerwerk



Gelenkanker [Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl]

Typ	Länge [mm]	Für Schalenabstand [cm]	Anwendung
KE Serie 10	240-450	5-29	Beidseitig in Lagerfugen eingemörtelt
KE Serie 20	195-395	5-29	Mit Metaldübel [Schlaganker] für Beton
KE Serie 130	205-415	5-29	Injektionsanker mit Siebhülse für Mauerwerk



Hintermauerungsanker [Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl]

Typ	Länge [mm]	Für Schalenabstand [cm]	Anwendung
HM 8	80	0-6	Verankerung im Mauerwerk
HM 11	110	6-9	Verankerung im Mauerwerk
HB 8	80	0-6	Verankerung in Beton
HB 11	110	6-9	Verankerung in Beton



Anschlussanker [Chrom-Nickel-Stahl]

Typ	Länge [mm]	Anwendung
AM 8	80	Verankerung im Mauerwerk
AM 18	180	Ankerschiene mit Nypondübel
AB 8	80	Verankerung in Beton
AB 18	180	Ankerschiene mit Metaldübel
AS 8	80	Verankerung in Beton
AS 18	180	Ankerschiene mit Schlaudern



Abstimmung von Mauerstein und Mörtel

Durch die geschickte Wahl von Mauerstein und Mauermörtel können die Mauerwerkeigenschaften optimiert werden. Dies ist besonders bei Fassaden aus Sichtmauerwerk erforderlich, wo durch die falsche Mörtelwahl die Rissgefahr erheblich gesteigert wird. Damit sind die Folgeschäden wie Durchfeuchtungen, Verfärbungen, Wasserinfiltrationen und Frostschäden gegeben.

Neuzeitliche Mauermörtel

Man kann die neuzeitlichen Mauermörtel besser verstehen, wenn man von den klassischen Mörteln ausgeht, nämlich vom Zementmörtel C und dem verlängerten Mörtel V. Durch Zugabe von chemischen Zusatzmitteln wurden diese zwei Mörtelsorten weiterentwickelt und kommen heute in einem vielfältigen Angebot als Fertigmörtel auf den Markt.

Die Zusätze sind:

Luftporenbildner

Dieses Zusatzmittel verbessert vor allem die Verarbeitbarkeit des Frischmörtels. Mörtel mit Luftporenzusatz sind sehr geschmeidig und verlängern die Verarbeitbarkeit, ohne neu aufzumischen.

Verzögerer

Durch Zugabe eines Verzögerers kann das Abbinden des Mörtels bis zu 36 Stunden verzögert werden, so dass auch die Verarbeitung am nächsten Tag noch möglich ist. Für das Sichtmauerwerk empfiehlt es sich, einen Tagesmörtel zu verwenden.

Wasserrückhaltemittel

Dieses Zusatzmittel verhindert einen zu schnellen Wasserentzug bei stark saugenden Mauersteinen oder hohen Lufttemperaturen. Es ist sehr wichtig, dass während des Abbindeprozesses genügend Feuchtigkeit im Mörtel vorhanden ist.

Festigkeit von Kalksandstein-Mauerwerk

Die Druckfestigkeiten werden von den meisten Mörteltypen mühelos erreicht. Die Schwierigkeit ist eindeutig die Biegezugfestigkeit. Hier ist eine Abstimmung zwischen Mauermörtel und Mauerstein von grosser Bedeutung.

Im Rahmen von Vorversuchen für ein grösseres Bauvorhaben wurden Versuche an Kalksandsteinwänden durchgeführt. Die Probekörper wurden bauseits erstellt und der EMPA zur Prüfung überlassen. Die entsprechenden Versuchsergebnisse zeigen, dass auch bei Kalksandsteinwänden eine genügende Biegezugfestigkeit erreicht werden kann, wenn der Mauermörtel auf den Stein abgestimmt ist.

Die untersuchten Mauermörtel sind handelsübliche Produkte, die speziell auf den Kalksandstein abgestimmt sind.

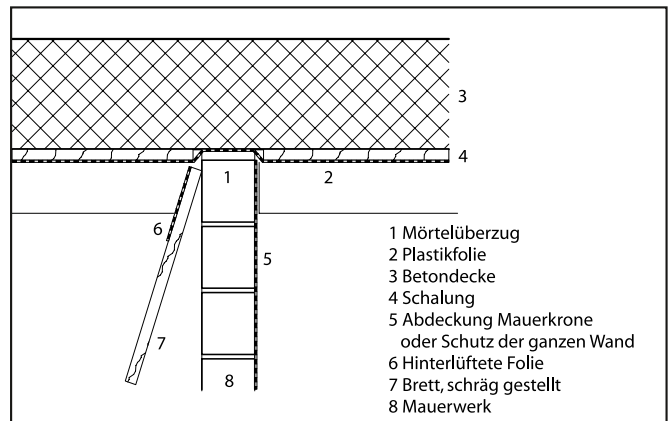


Das Schützen von Kalksandstein

Der Kalksandstein mit seiner Masshaltigkeit und Oberflächengüte ist für eine dauerhafte und unterhaltsarme Gebäudehülle geeignet. Treten nun aber nach Fertigstellung des Mauerwerks Flecken, Verfärbungen und Ausblühungen auf, ist dies vielfach ein Ärgernis, welches zu unliebsamen Diskussionen führen kann. Um dies zu vermeiden, sind bei der Verarbeitung von Kalksandsteinen im Sichtmauerwerk folgende Massnahmen zu treffen:

- **Angelieferte Steine sind auf flächenebenem sauberem Untergrund zu lagern und durch Abdecken vor Witterungseinflüssen zu schützen.**
- **Kalksandsteine sind für dasselbe Objekt nur von einem Werk zu beziehen. Dennoch können geringe Farbunterschiede nicht ganz ausgeschlossen werden.**
- **Bei Innenwänden ist unten eine Feuchtigkeitssperre einzulegen. Der direkte Kontakt mit dem Erdreich ist in jedem Fall zu vermeiden.**
- **Bei der Wahl des Mauermörtels ist den spezifischen Anforderungen (bewittert, tragend, schalldämmend usw.) Rechnung zu tragen.**
- **Bei tiefen Temperaturen (< 5 °C) oder Frostgefahr in der Nacht sind die Mauerwerksarbeiten einzustellen. Es dürfen keine Frostschutzmittel verwendet werden.**
- **Nach Erstellung sind das Mauerwerk und insbesondere auch eine allfällige Wärmedämmung vor Durchnässung zu schützen. Bei jedem Arbeitsunterbruch sind die Mauern zweckmässig abzudecken.**

Bei Zwischenwänden soll vor dem Betonieren von Decken und Stützen das Sichtmauerwerk mit einer Plastikfolie gut abgedeckt werden.



Es muss unbedingt verhindert werden, dass Beton oder Betonierwasser in das Mauerwerk gelangt (siehe Bild unten rechts).



Schlitzten von Kalksandstein

Mauerschlitz für Elektroleitungen in Kalksandsteinwänden sind heute kein Problem mehr. Neu entwickelte und bewährte Wandschlitzfräsen erlauben eine schnelle und saubere Art, Wandschlitz zu fräsen.

Die Maschine arbeitet mit zwei parallel geführten Diamanttrennscheiben und erlaubt auch auf harten Untergründen ein schlagfreies Trennen.

Mit den speziell abgestimmten Diamantscheiben kann Kalksandstein problemlos geschlitzt werden.

Der direkt angeschlossene Staubsauger sorgt für eine angenehm staubfreie Arbeitsbedingung.

Grundsätzlich sind Leitungen gruppenweise zusammenzufassen und an einer statisch und schalltechnisch günstigen Stelle zu platzieren.

Horizontale und diagonale Schlitz müssen vom verantwortlichen Ingenieur genehmigt werden. (Norm SIA 266)

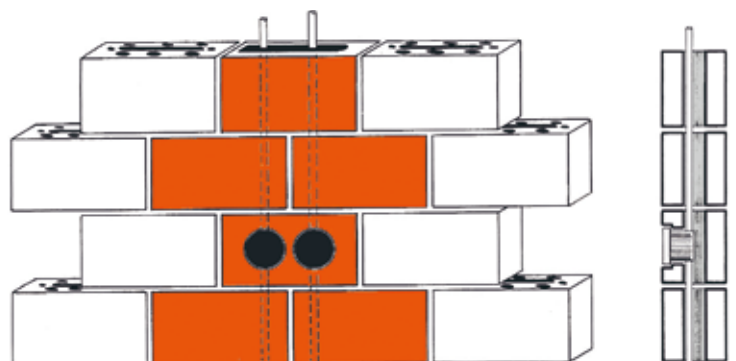
Leitungsführung im Sichtmauerwerk

Die Leitungsführungen im Sichtmauerwerk können in Kanälen sichtbar, hinter Vormauerungen oder in Hohlräumen der Türzargen verlegt werden.

Eine weitere Möglichkeit für die Installationen im Kalksandsteinmauerwerk bieten unsere Spezialsteine. Die Leitungsführung, direkt integriert im Mauerwerk, erspart das nachträgliche Schlitzen.

Installationssteine und speziell angefertigte Dosensteine ermöglichen eine einfache Führung der Elektroinstallationen.

Die Leitungsführungen sind im Detail in die Planung einzubeziehen. So können die Leerrohre bereits beim Aufmauern der Wände richtig platziert werden.



Reinigen von KS-Sichtmauerwerk

Vorbemerkung

Die Reinigung von verschmutzten und verunreinigten KS-Sichtmauerwerkfassaden ist nicht unproblematisch. Auch wenn wir an dieser Stelle einige Tipps geben können, ist während der Rohbauphase alles zu unternehmen, damit Mauerwerk und Steine nicht durchnässt werden. Primär geht es darum, Flecken und Verschmutzungen unbedingt zu verhindern. Trockenes Mauerwerk und trockene Steine bieten die beste Voraussetzung für eine saubere Arbeit und sind Garantie für ein über Jahre hinaus gut präsentierendes Sichtmauerwerk.

Je nach Verschmutzungsgrad bestehen für die Reinigung von KS-Sichtmauerwerk verschiedene Möglichkeiten:

Leichte Verschmutzungen und Ausblühungen

Wasserlösliche Ausblühungen entfernt man nach Trocknung des Mauerwerks mit einer harten Reis- oder Wurzelbürste. Hartnäckigere Ausblühungsbeläge, verhärtete Mörtelreste und Zementrückstände lassen sich mit einem Spachtel abstossen oder mit Glaspapier, eventuell auch Reinigungsstein, abreiben; die Oberfläche darf nicht beschädigt werden. Auf den Einsatz chemischer Reinigungsmittel sollte bei leichten Ausblühungen verzichtet werden.

In besonderen Fällen, zum Beispiel auch für die Entfernung von Farben, Spray usw., empfiehlt sich der Beizug eines Spezialisten des Produktelieferanten oder einer Steinreinigungsfirma.

Stärkere Verschmutzungen

Harte, dünne und wasserunlösliche Oberflächenbeläge können partiell durch kräftiges Abschaben mit einer Messerklinge entfernt werden.

Bei diesen und anderen hartnäckigen Verschmutzungen können die Nassreinigung und der Einsatz von chemischen Steinreinigungsmitteln zum Erfolg führen.

Da chemische Mittel, wie 6%ige Essigsäure oder spezielle KS-Steinreiniger, die empfindliche mineralische Oberfläche der Steine aufrauen können, ist mit diesen Mitteln vorsichtig umzugehen. Das gereinigte Mauerwerk muss gründlich mit viel Wasser nachgespült werden. Dabei gilt es, unbedingt die Herstellervorschriften zu beachten.



Impressum

Herausgeber

Kalksandstein Informationsstelle
Industriestrasse 3
8340 Hinwil

Redaktion

Danilo Cairoli
Kalksandstein Informationsstelle

Gestaltung

C-Factor AG
8004 Zürich

Quellen:

Statik

Ingenieurbüro Dr. Schwartz Consulting
6315 Oberägeri

Bauphysik

Wichser Akustik & Bauphysik AG
8052 Zürich

Norm SIA 266 Mauerwerk

Norm SIA 181 Schallschutz im Hochbau

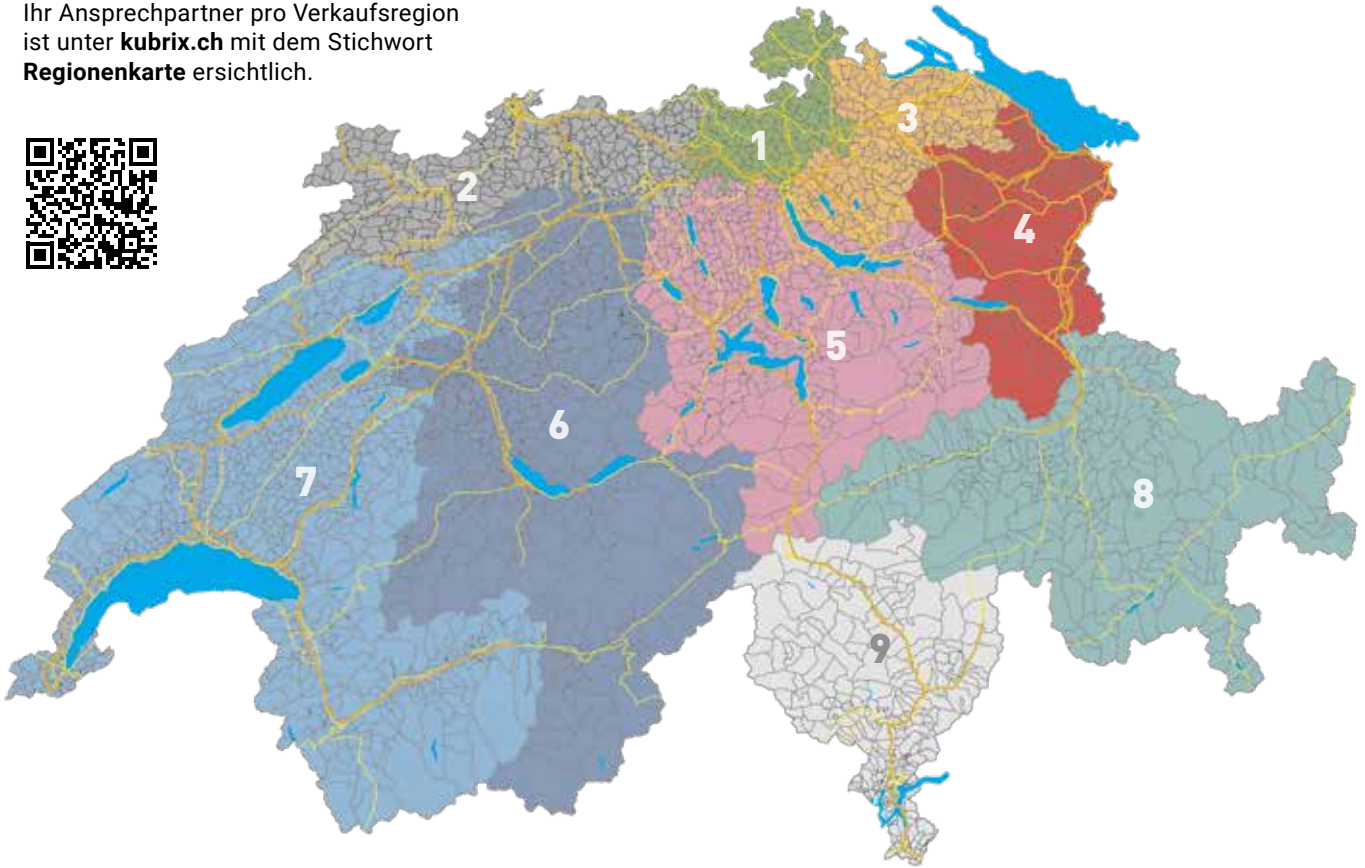
Norm SIA 180 Wärme und Feuchteschutz im Hochbau

Hinweise

Vorschläge und Beispiele der vorliegenden Dokumentation entsprechen unseren heutigen Erkenntnissen und Erfahrungen. Es ist Aufgabe der Planer und Ingenieure, alle Einflüsse angemessen zu berücksichtigen und unsere Angaben sinngemäss zu verwenden. Die Dokumentation vermittelt eine umfassende Information, kann jedoch weder für die Planung noch für die Ausführung haften.

Verkaufsregionen

Ihr Ansprechpartner pro Verkaufsregion ist unter **kubrix.ch** mit dem Stichwort **Regionenkarte** ersichtlich.



Kubrix 
Wir brennen für Sie

Kubrix AG
Ziegeleistrasse 7
CH-8422 Pfungen
T +41 58 750 03 00
info@kubrix.ch
kubrix.ch



Kalksandstein Informationsstelle
Industriestrasse 3 | 8340 Hinwil
Telefon 044 937 53 53
mail@kalksandstein-info.ch
www.kalksandstein-info.ch