



BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

BERECHNUNG VON BACKSTEINMAUERWERK

Bemessungstabellen

Diagramme

Berechnungsgrundlagen

Als Grundlage zur Dimensionierung von Mauerwerk dient die Norm SIA 266. Sowohl für Standardmauerwerk als auch für deklariertes Mauerwerk stellen wir Ihnen zusätzlich Berechnungsgrundlagen zur Verfügung.



INHALTSVERZEICHNIS

UNBEWEHRTES MAUERWERK	4 – 23
Normalkraftbeanspruchung	4
Rechenmodelle	6
Rechenbeispiele	8
Diagramme Tragsicherheit	13
Diagramme Gebrauchstauglichkeit	16
Schubbeanspruchung	19
Diagramme Schubtragsicherheit	21
BEWEHRTES MAUERWERK	24 – 33
Einführung	24
Schema der Bemessung	24
In horizontaler Richtung bewehrtes Mauerwerk	25
In vertikaler Richtung bewehrtes Mauerwerk	26
Armo®	27
murfor® RE – Technische Kennwerte	31
murfor® RE – Bemessungshilfen	32

UNBEWEHRTES MAUERWERK

NORMALKRAFTBEANSPRUCHUNG

Diagramme und Formeln

Massgebend für die Dimensionierung von Mauerwerk und insbesondere von Wand/Decken-Systemen ist die Norm SIA 266 *Mauerwerk* (2003) basierend auf den Normen SIA 260 und 261 (2003). Um die Beurteilung der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit in den häufig vorkommenden statischen Fällen mit Normalkraftbeanspruchung zu erleichtern, stehen die nachstehenden Diagramme und Formeln zur Verfügung. Der Nachweis entspricht exakt dem Vorgehen nach Norm SIA 266.

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.

Grundlage: Normen SIA 266 und SIA 266/1



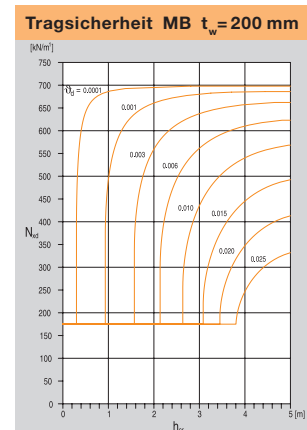
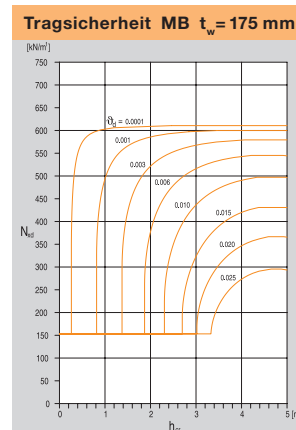
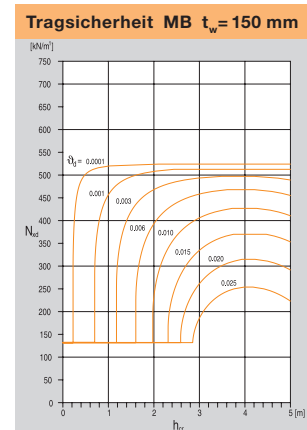
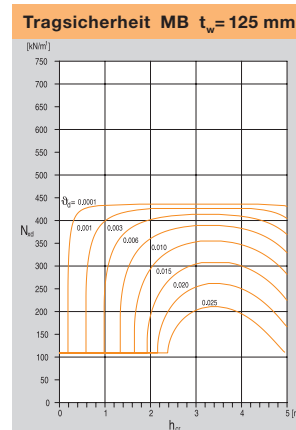
■ Teilweise eingebundene Decken

Bei Aussenwand-Systemen 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 Einbundlänge a der Decke muss bei der Bemessung berücksichtigt werden (Druckspannung im Auflagerbereich der Decke).

Nachweise mit Diagrammen in diesem Heft

Mauerwerk MB, Standardmauerwerk, $f_{sk} = 7 \text{ N/mm}^2$

$f_{td} = 3.5 \text{ N/mm}^2$
 $E_{td} = 3.5 \text{ kN/mm}^2$

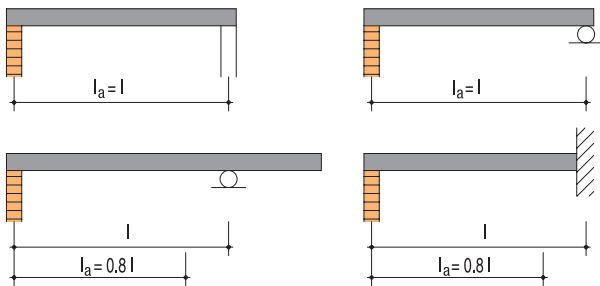


Begriffe und Abkürzungen

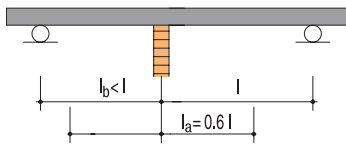
Soweit möglich werden die Begriffe und Abkürzungen der Norm SIA 266 verwendet:

- 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 [m]
- h_o Schichthöhe
- t_D Dicke der Decke [m]
- l_a Bezogene Spannweite der Decke [m]

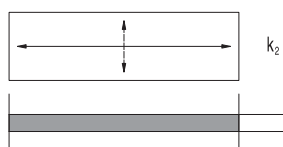
Aussenwände



Zwischenwände



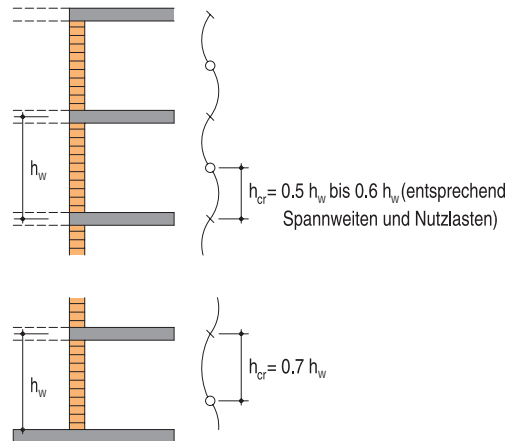
- l_w Wandlänge [m]
- g Eigenlasten der Decke [kN/m²] (einschliesslich Unterlagsboden, usw.)
- q Nutzlasten [kN/m²]
- γ_G Lastbeiwert für Eigenlasten, in der Regel 1.35 Tragsicherheit (1.0 Gebrauchstauglichkeit)
- γ_Q Lastbeiwert für Nutzlasten, in der Regel 1.5 Tragsicherheit (1.0 Gebrauchstauglichkeit)
- E'_c Elastizitätsmodul des Betons, Langzeitwert mit Kriecheinfluss, in der Regel $12 \cdot 10^6$ kN/m²
- E'_{cd} Bemessungswert des Elastizitätsmoduls des Betons, 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)



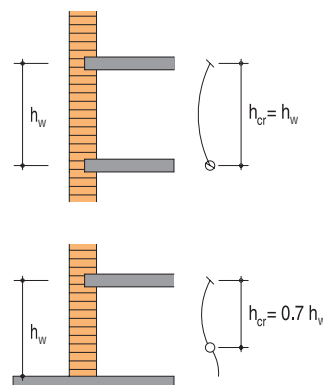
Knicklängen

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/m¹] (Druck = positiv)
- N_{x0} Bezugsgrösse [kN/m¹]
- N_{xd} Bemessungswert der Normalkraft [kN/m¹]
- 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]

RECHENMODELLE

Vorgegebene Wandexzentrizitäten

■ Bemessung und Nachweis mit Diagrammen

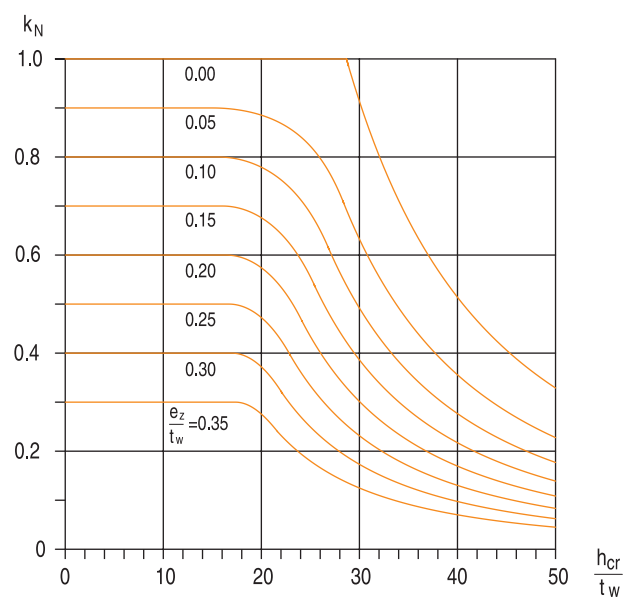
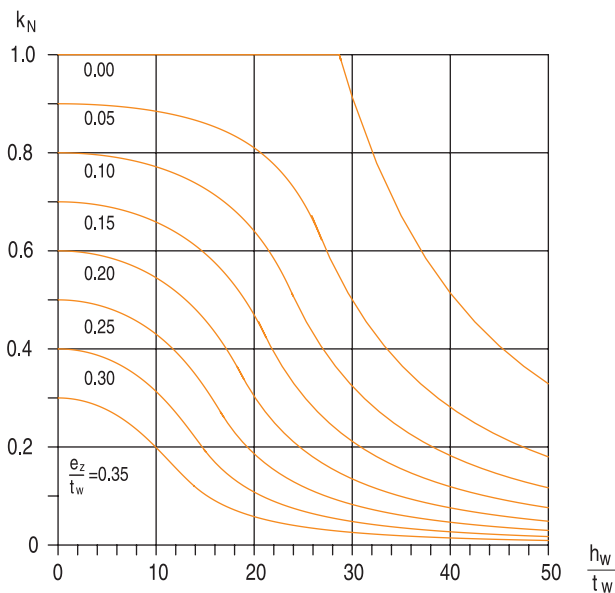
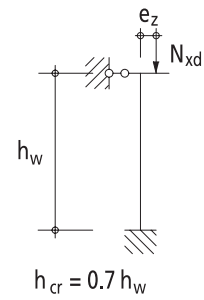
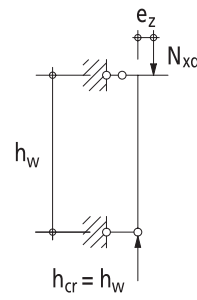
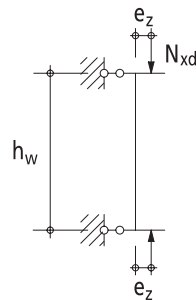
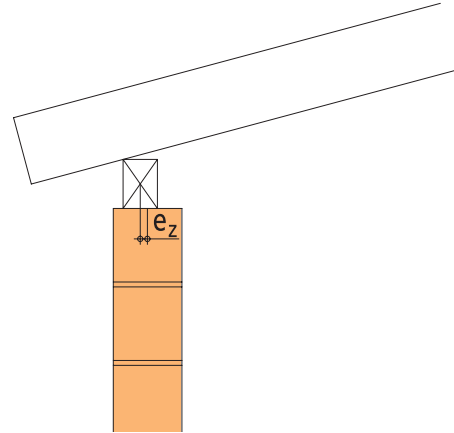
Der Nachweis erfolgt nach Theorie 2. Ordnung gemäss Artikel 4.3.1 der Norm SIA 266.

■ Tragsicherheit

Die Tragsicherheit ist nachgewiesen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

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

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:

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

Aufgezungene Wandverdrehungen

■ Bemessung und Nachweis mit Diagrammen

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

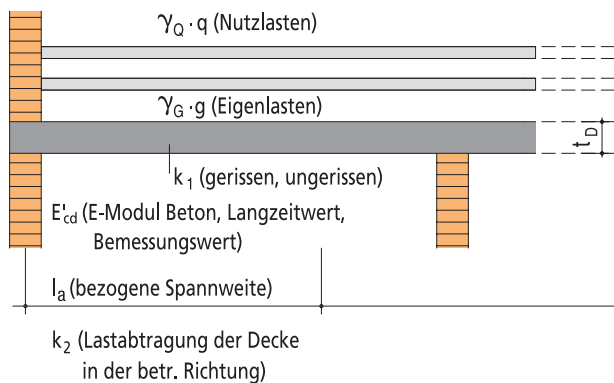
■ Tragsicherheit

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

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

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

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



■ Gebrauchstauglichkeit

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

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

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

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

Allgemein gilt: $r = \frac{h_o}{200} \cdot r_{200}$

h_o : Schichthöhe = Höhe eines Steines plus einer Fuge (durch Einsetzen eines Wertes $h_o \neq 200$ mm wird die Rissweite beeinflusst)

N_{xo} : Bezugsgrösse gemäss Diagramm = 100 kN/m' (ohne physikalische Bedeutung, zur Optimierung der Anwendungsbereiche der Diagramme)

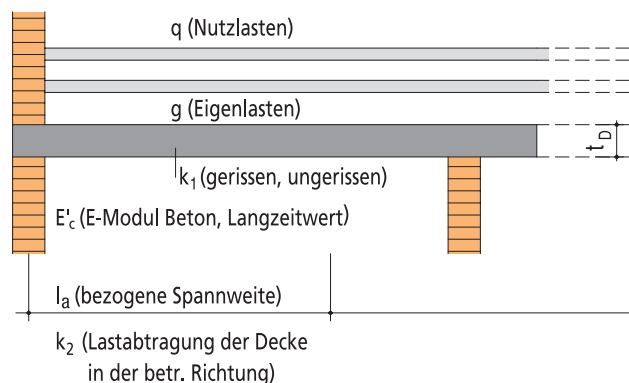
– Abszisse $h_{cr} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{xo}}}$

– Kurvenparameter $\vartheta \cdot \sqrt{\frac{N_{xo}}{N_x}}$

Anforderungen gemäss Norm SIA 266, Artikel 4.2.2.2:

- Normale Anforderungen $r \leq 0.20$ mm
- Hohe Anforderungen $r \leq 0.05$ mm

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



RECHENBEISPIELE

Zweischalenmauerwerk

Innere Schale einer Aussenwand in Zweischalenmauerwerk eines mehrgeschossigen Gebäudes

- Angenommene Knicklängen h_{cr}

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 + Unterlagsboden $g = 7.5 \text{ kN/m}^2$
 Nutzlasten $q = 4.0 \text{ kN/m}^2$

Für den Tragsicherheitsnachweis

- Normalkraft pro Geschoss

mit $\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$

$$\begin{aligned} \text{von Decke: } & 7.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{4.5}{2} \cdot 0.7 & = & 15.9 \text{ kN/m}^1 \\ & 4.0 \cdot 1.50 \cdot \frac{4.5}{2} \cdot 0.7 & = & 9.5 \text{ kN/m}^1 \\ \text{von Wand: } & 2.1 \cdot 1.35 \cdot 2.7 & = & 7.7 \text{ kN/m}^1 \\ \hline N_{xd} & = & 33.1 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

(Reduktion für obere Geschosse unberücksichtigt)

■ Nachweis Tragsicherheit

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

$$N_{xd} = 4 \cdot 33.1 = 132.4 \text{ kN/m}^1$$

$$h_{cr} = 2.03 \text{ m}$$

$$k_1 = 2$$

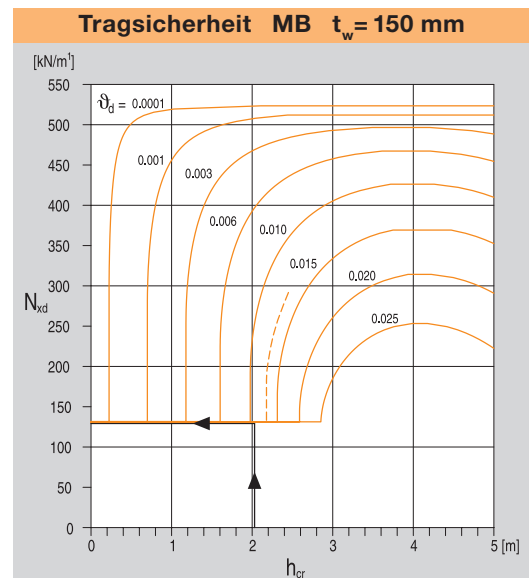
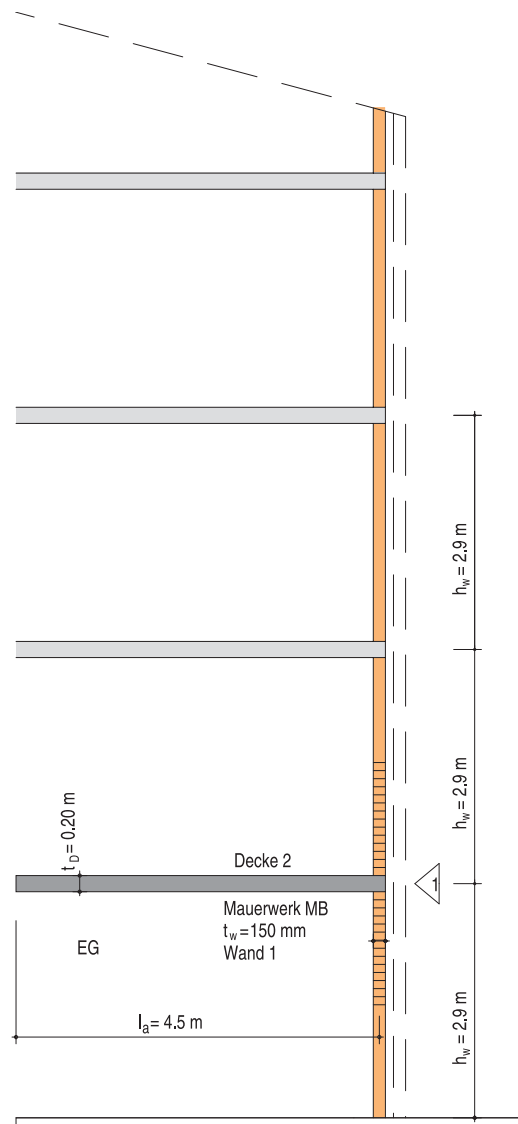
$$\vartheta_d = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 4.0) \cdot 4.5^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.013 \text{ rad}$$

Diagramm MB, $t_w = 150 \text{ mm}$ (Seite 14)

Nachweis:

$$N_{xd} = 133 \text{ kN/m}^1 > 132.4 \text{ kN/m}^1 = N_{xd \text{ vorh}}$$

Tragsicherheit nachgewiesen!



■ Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Nachweis der rechnerischen Rissweite, obwohl bei der Innenschale des Zweischalenmauerwerks in der Regel nicht problematisch:

Beispiel unterste Decke bei 4 Geschossen:

Gebrauchslasten pro Geschoss:

von Decke: $7.5 \cdot \frac{4.5}{2} \cdot 0.7 = 11.8 \text{ kN/m}^1$

mit $q_{\text{ser lang}} = 2.0 \text{ kN/m}^2$

$2.0 \cdot \frac{4.5}{2} \cdot 0.7 = 3.2 \text{ kN/m}^1$

von Wand: $2.1 \cdot 2.7 = \underline{5.7 \text{ kN/m}^1}$

$N_x = \underline{20.7 \text{ kN/m}^1}$

$\vartheta = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot (7.5 + 2.0) \cdot 4.5^3}{2 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.0063 \text{ rad}$

Nachweis im untersten Geschoss, Wand 1:

$N_x = 4 \cdot 20.7 = 82.8 \text{ kN/m}^1$

Diagramm MB, $t_w = 150 \text{ mm}$ (Seite 16)

$h_{cr} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{x0}}} = 2.03 \cdot \sqrt{\frac{82.8}{100}} = 1.84 \text{ m}$

$\vartheta \cdot \sqrt{\frac{N_{x0}}{N_x}} = 0.0063 \cdot \sqrt{\frac{100}{82.8}} = 0.0069 \text{ rad}$

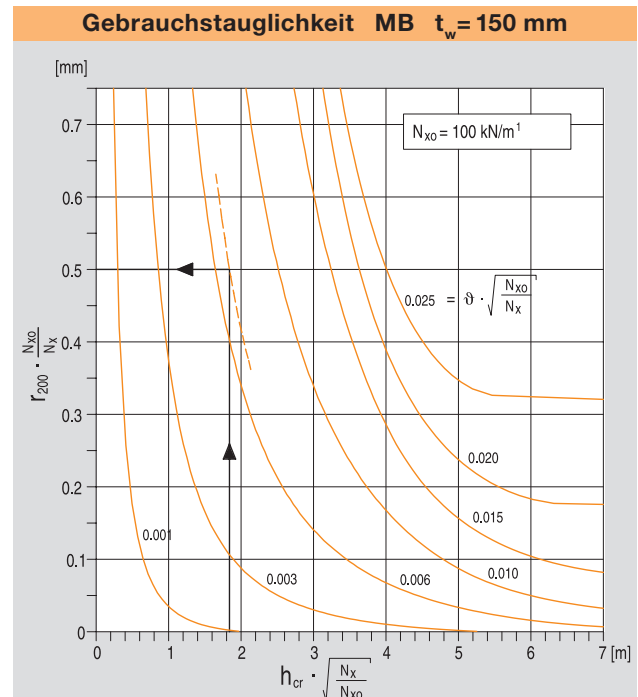
Rissweite:

$r_{200} \cdot \frac{N_{x0}}{N_x} \approx 0.5 \text{ mm}$

$r = r_{200} \approx 0.5 \cdot \frac{82.8}{100} = 0.4 \text{ mm}$

Beurteilung:

Beim Zweischalenmauerwerk ist der Riss an der Wand-aussenseite der tragenden Schale unbedenklich. Bei nicht allzu hohen Normalkräften erscheint der innere Riss am Übergang Decke – Wand im Bereich des Unterlagbodens.



UNBEWEHRTES MAUERWERK

Zwischenwand

Hoch belastete Zwischenwand im untersten Geschoss mit unterschiedlichen Deckenspannweiten.

- Angenommene Knicklänge h_{cr}

$$h_{cr} = 0.7 \cdot 2.7 = 1.89 \text{ m}$$

- Massgebende bezogene Spannweite der Decke

$$l_a = 0.6 \cdot 5.0 = 3.00 \text{ m}$$

- Annahme Lastabtragung der Decke

$$k_2 = 0.80$$

- Lasten

Wand von Obergeschossen:	$N'_{xd} =$	300 kN/m ¹
Stahlbetondecke:	$g =$	7.5 kN/m ²
Nutzlasten:	$q =$	4.0 kN/m ²

- Normalkraft auf Wand

mit $\gamma_G = 1.35, \gamma_Q = 1.50$

von Obergeschossen: 300 kN/m¹

$$\text{von Decke: } 7.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{5.0 + 3.0}{2} \cdot 0.8 = 32.4 \text{ kN/m}^1$$

$$4.0 \cdot 1.50 \cdot \frac{5.0 + 3.0}{2} \cdot 0.8 = 19.2 \text{ kN/m}^1$$

$$N_{xd} = 351.6 \text{ kN/m}^1$$

■ Nachweis Tragsicherheit

$$k_1 = 2$$

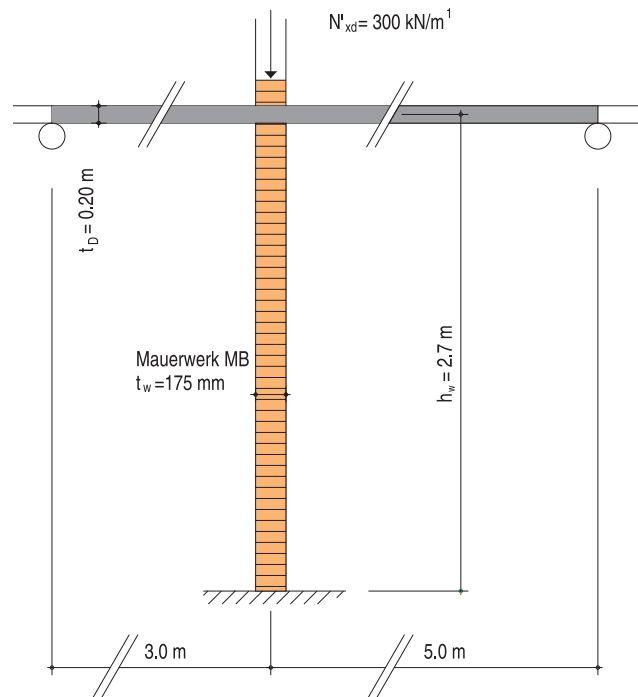
$$\vartheta_d = \frac{2 \cdot 0.8 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 4.0) \cdot 3.0^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.0044 \text{ rad}$$

Diagramm MB, $t_w = 175 \text{ mm}$ (Seite 13)

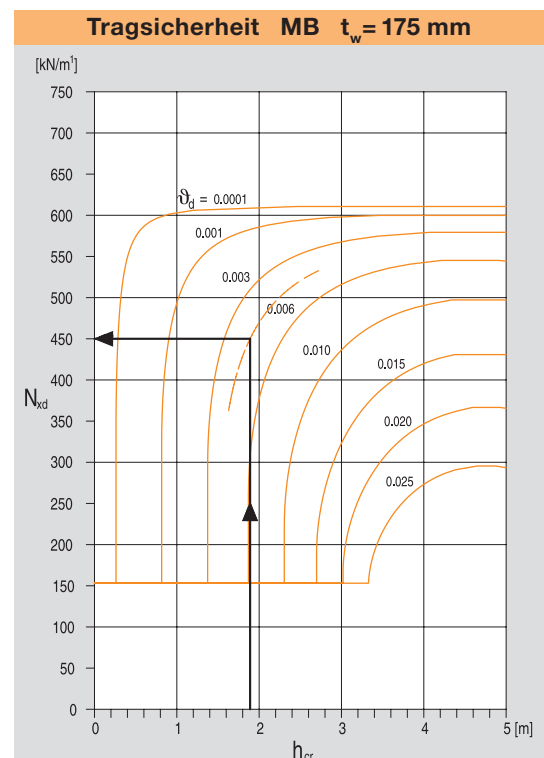
Nachweis

$$N_{xd} = 450 \text{ kN/m}^1 > 351.6 \text{ kN/m}^1 = N_{xd \text{ vorh}}$$

Tragsicherheit nachgewiesen!



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



Wärmedämmendes Einsteinmauerwerk

Aussenwand in Leichtmauerwerk MBLD 42.5 cm

$f_{xk} = 2,4 \text{ N/mm}^2$ bei einem mehrgeschossigen Wohnhaus.

- Angenommene Knicklängen h_{cr}

im Zwischengeschoss $h_{cr} = h_w = 2.80 \text{ m}$
 im untersten Geschoss $h_{cr} = 0.7 \cdot 2.8 = 2.00 \text{ m}$

- Lastabtragung der Decke

in der massgebenden Richtung, festgelegt
 beispielsweise anhand von Lastezugsflächen
 Annahme: $k_2 = 0.80$

- Lasten

Stahlbetondecke
 und Unterlagsboden: $g = 7.5 \text{ kN/m}^2$
 Nutzlasten: $q = 2.0 \text{ kN/m}^2$

- Normalkraft pro Geschoss

mit $\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$:

$$\begin{aligned} \text{von Decke: } & 7.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{3.8}{2} \cdot 0.8 = 15.4 \text{ kN/m}^1 \\ & 2.0 \cdot 1.50 \cdot \frac{3.8}{2} \cdot 0.8 = 4.6 \text{ kN/m}^1 \\ \text{von Wand: } & 3.0 \cdot 1.35 \cdot 2.6 = 10.5 \text{ kN/m}^1 \\ \hline N_{xd} & = 30.5 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

■ Nachweis Tragsicherheit

4 Geschosse (+ Dachgeschoss)

im untersten Geschoss:

$$N_{xd} = 4 \cdot 30.5 = 122.0 \text{ kN/m}^1$$

$$h_{cr} = 2.00 \text{ m}$$

$$k_1 = 2$$

$$\vartheta_d = \frac{2 \cdot 0.8 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 2.0) \cdot 3.8^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.007 \text{ rad}$$

Diagramm MBLD, $t_w = 425 \text{ mm}$ (Seite 15)

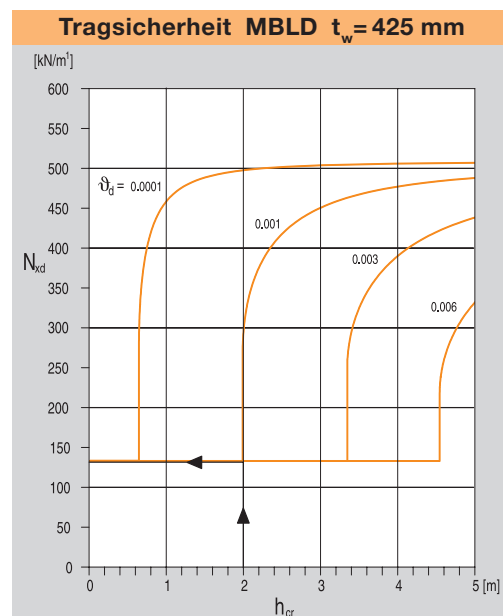
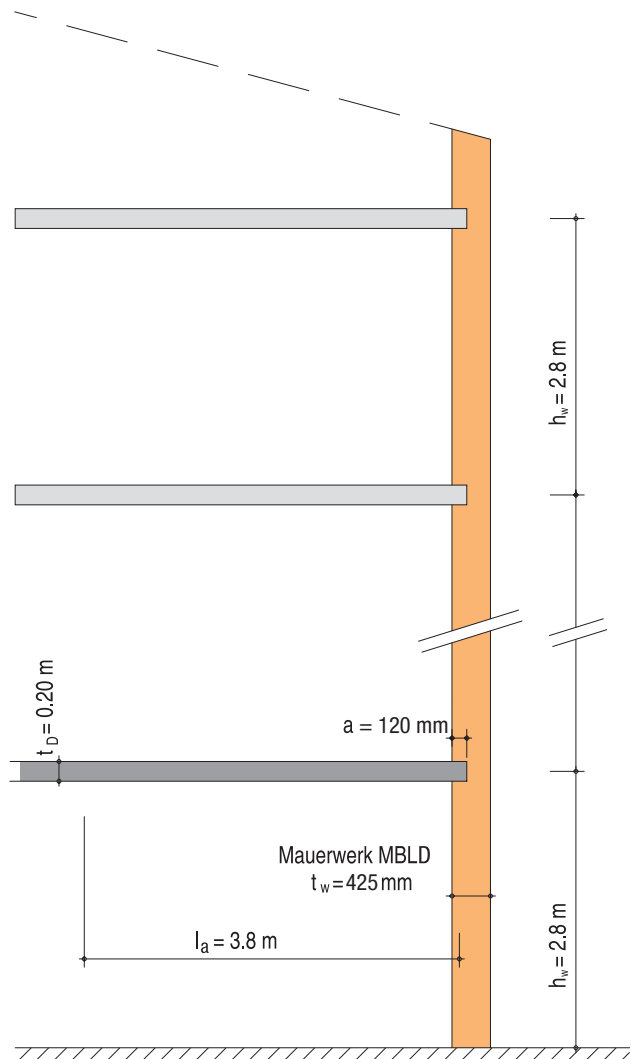
Nachweis:

$$N_{xd} = 127.5 \text{ kN/m}^1 > 122.0 \text{ kN/m}^1 = N_{xd \text{ vorh}}$$

Minimale Auflagertiefe:

$$a_{min} = \frac{N_{xd \text{ vorh}}}{f_{xd}} = \frac{122 \cdot 10^3}{1.2 \cdot 10^3} = 102 \text{ mm} < a = 120 \text{ mm}$$

Tragsicherheit nachgewiesen!



UNBEWEHRTES MAUERWERK

■ Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Rechnerische Rissweite unter der drittobersten Decke:

Gebrauchslasten

von Decken: $3 \cdot 7.5 \cdot \frac{3.8}{2} \cdot 0.8 = 34.2 \text{ kN/m}^1$

mit $q_{\text{ser lang}} = 0.5 \text{ kN/m}^2$

$3 \cdot 0.5 \cdot \frac{3.8}{2} \cdot 0.8 = 2.3 \text{ kN/m}^1$

von Wand: $2 \cdot 3 \cdot 2.6 = 15.6 \text{ kN/m}^1$
 vom Dachrand (Annahme): 7.2 kN/m^1

$N_x = 59.3 \text{ kN/m}^1$

$\vartheta = \frac{2 \cdot 0.8 \cdot (7.5 + 0.5) \cdot 3.8^3}{2 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.0037 \text{ rad}$

Diagramm MBLD, $t_w = 425 \text{ mm}$ (Seite 18)

$h_{cr} = h_w \Rightarrow h_{cr} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{x0}}} = 2.8 \cdot \sqrt{\frac{59.3}{100}} = 2.16 \text{ m}$

$\vartheta \cdot \sqrt{\frac{N_{x0}}{N_x}} = 0.0037 \cdot \sqrt{\frac{100}{59.3}} = 0.0048 \text{ rad}$

Rissweite

$r_{200} \cdot \frac{N_{x0}}{N_x} > 0.75 \text{ mm}$

$r_{200} > 0.75 \cdot \frac{59.3}{100} = 0.44 \text{ mm}$

Die Rissweite gilt für eine über die ganze Wanddicke eingebundene Decke und eine Schichthöhe von 200 mm. Es kann angenommen werden, dass die effektive Rissweite proportional zur Einbundlänge reduziert werden kann.

Schichthöhe $h_0 = 250 \text{ mm}$

$r = r_{200} \cdot \frac{250}{200} > 0.55 \text{ mm}$

Einbundlänge $a = 120 \text{ mm}$

$r_{\text{eff}} \approx r \cdot \frac{120}{425} \approx \frac{r}{3.5} > 0.16 \text{ mm}$

➤ Es empfiehlt sich, konstruktive Massnahmen zu ergreifen, z.B. Polystyrolstreifen oberhalb Decke.

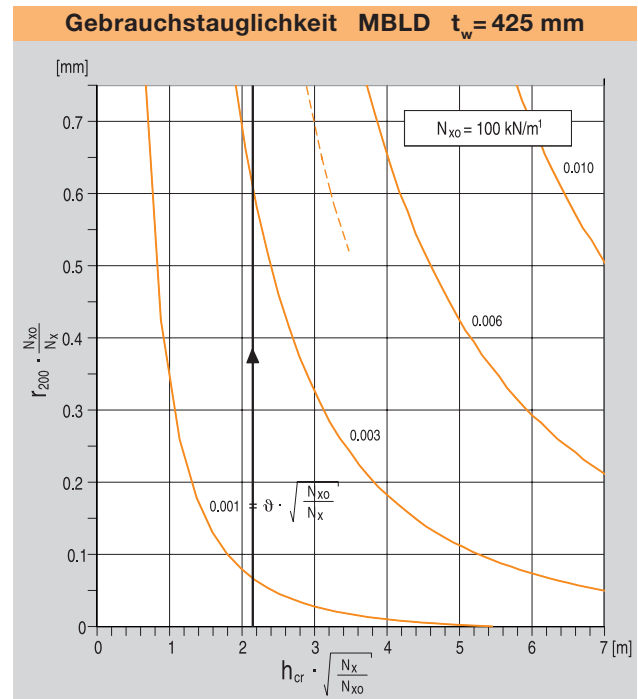


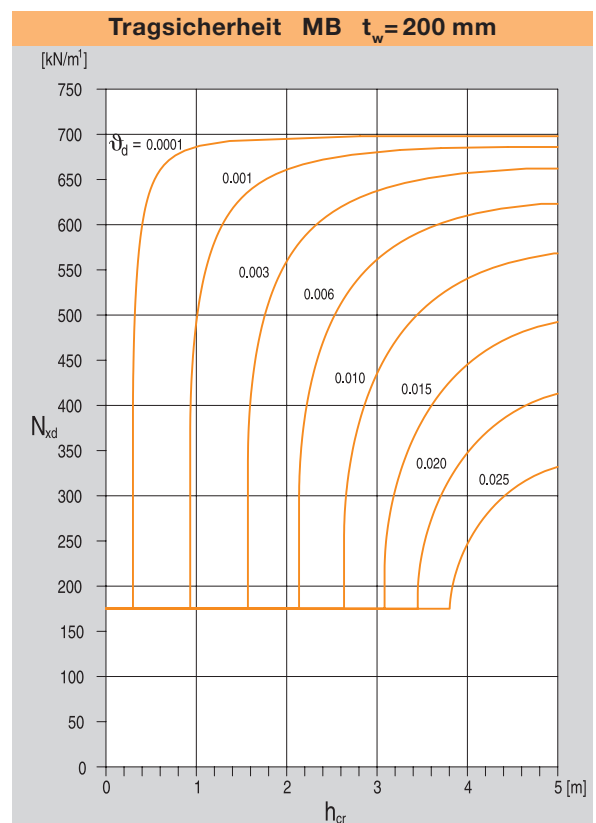
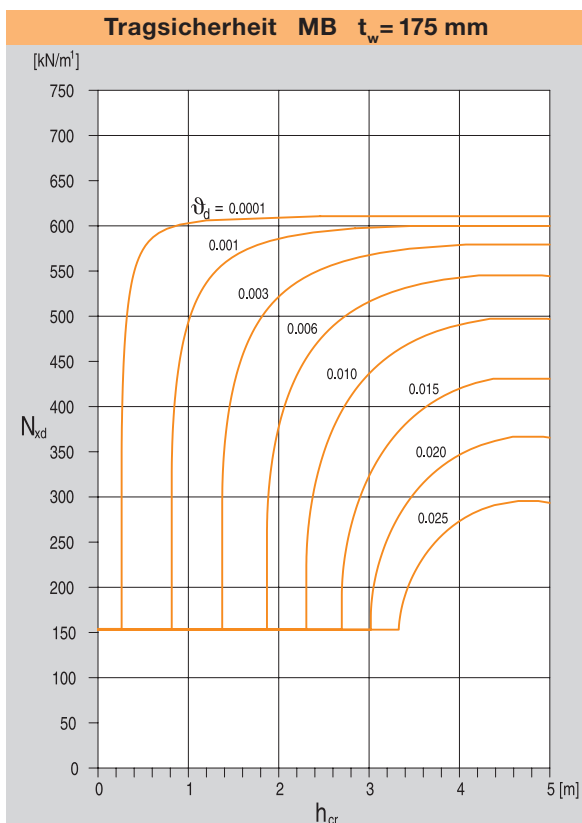
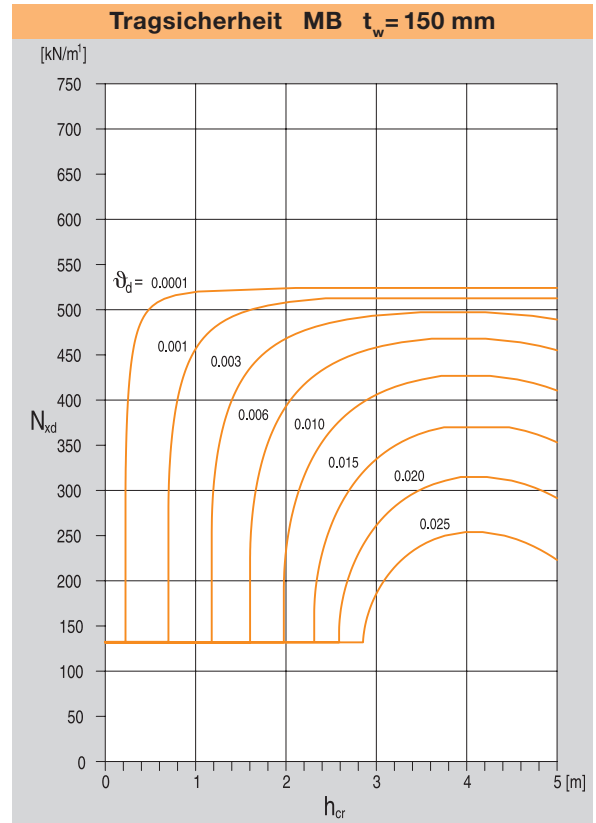
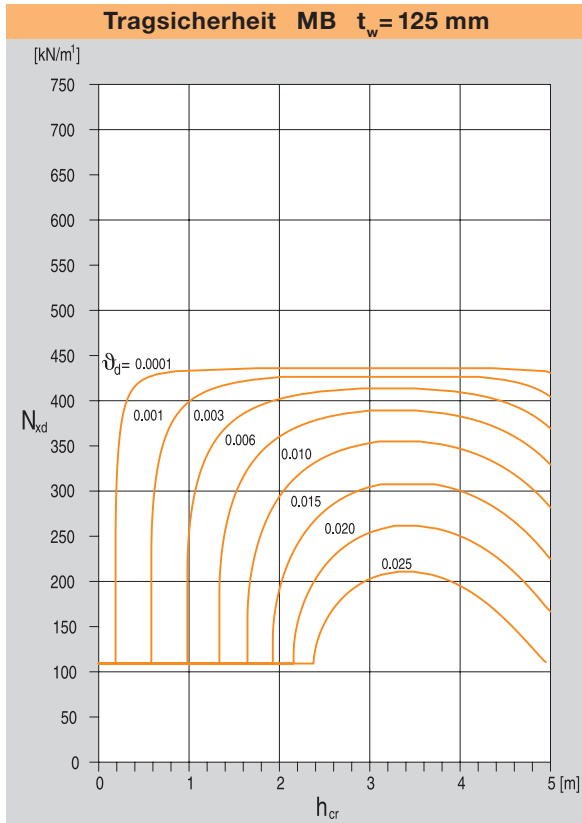
DIAGRAMME TRAGSICHERHEIT

■ Mauerwerk MB

Standardmauerwerk, $f_{xk} = 7 \text{ N/mm}^2$

$f_{xd} = 3.5 \text{ N/mm}^2$

$E_{xd} = 3.5 \text{ kN/mm}^2$

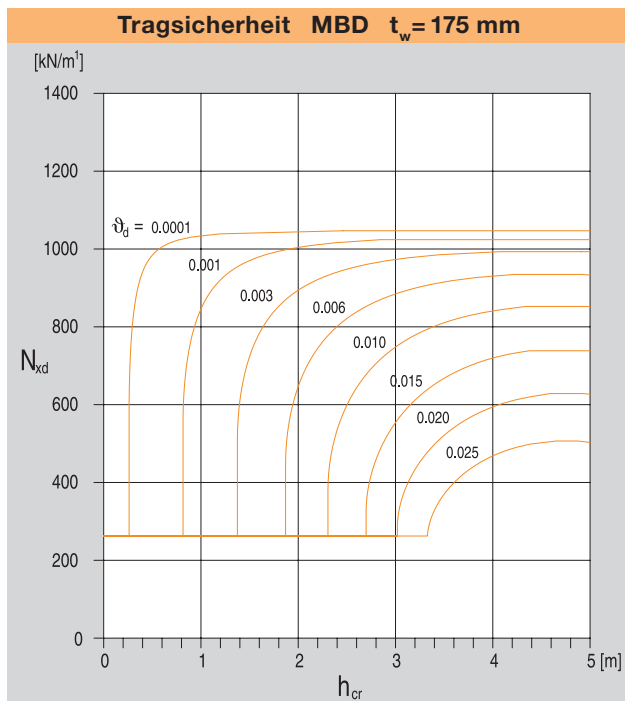
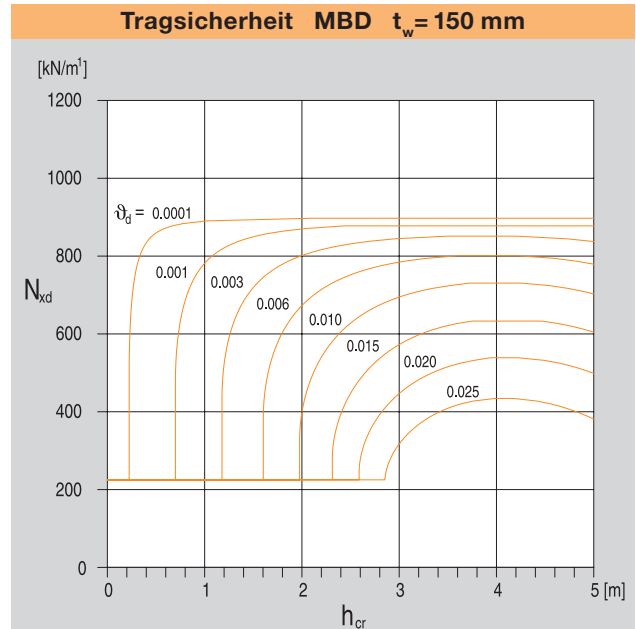
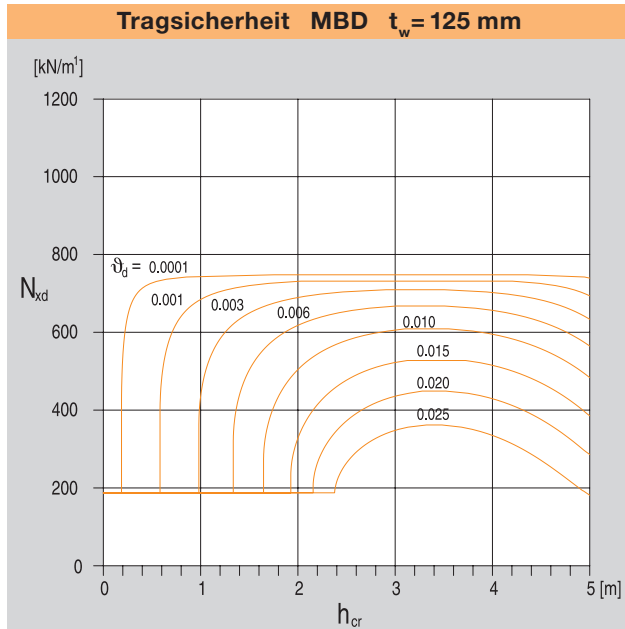


UNBEWEHRTES MAUERWERK

■ Mauerwerk MBD

deklariertes Mauerwerk, $f_{xk} = 12 \text{ N/mm}^2$

$f_{xd} = 6.0 \text{ N/mm}^2$
 $E_{xd} = 6.0 \text{ kN/mm}^2$



■ Mauerwerk MBLD

Leichtmauerwerk deklariert, $f_{xk} = 2.4 \text{ N/mm}^2$

$f_{xd} = 1.2 \text{ N/mm}^2$
 $E_{xd} = 1.2 \text{ kN/mm}^2$

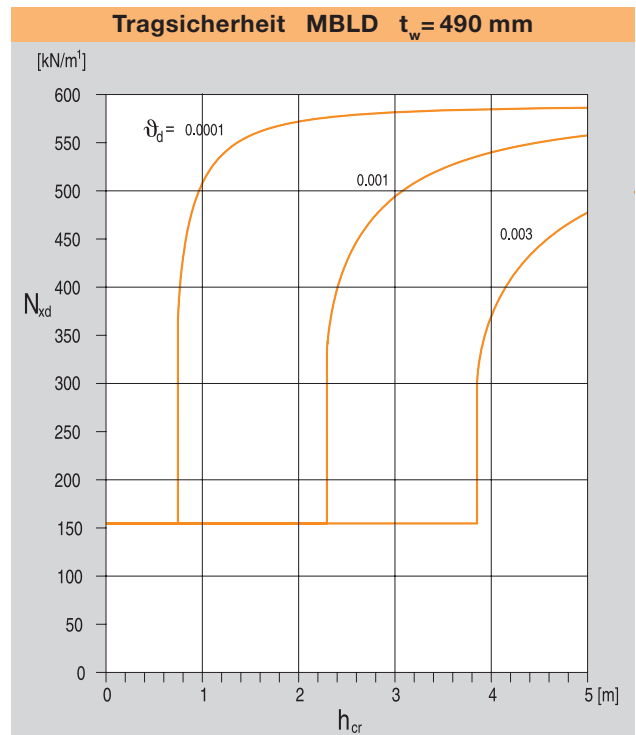
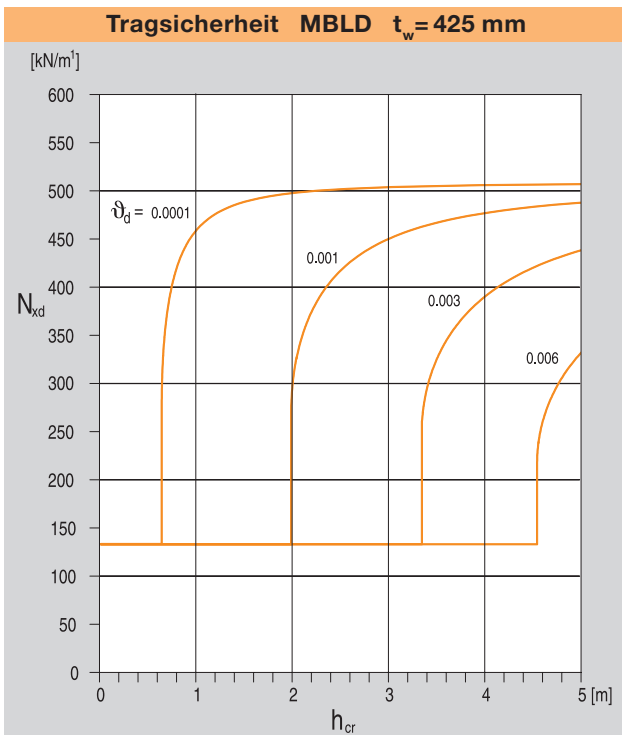
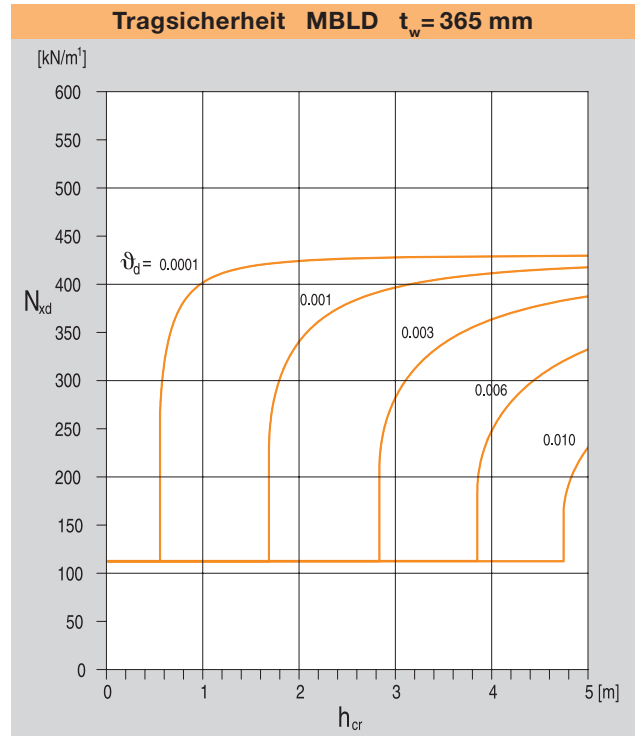
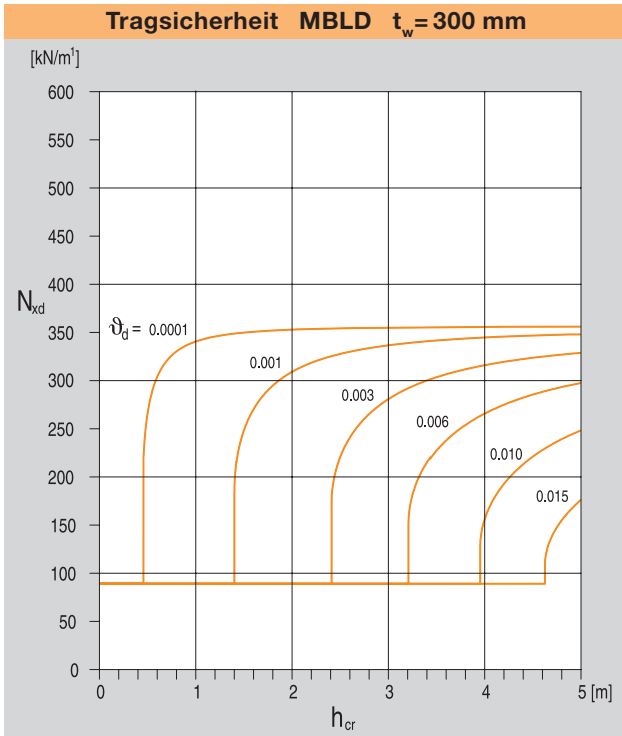


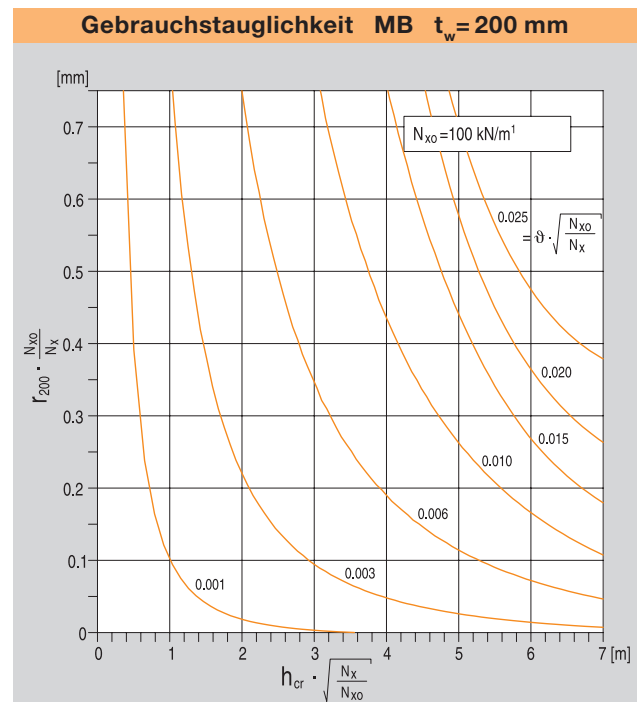
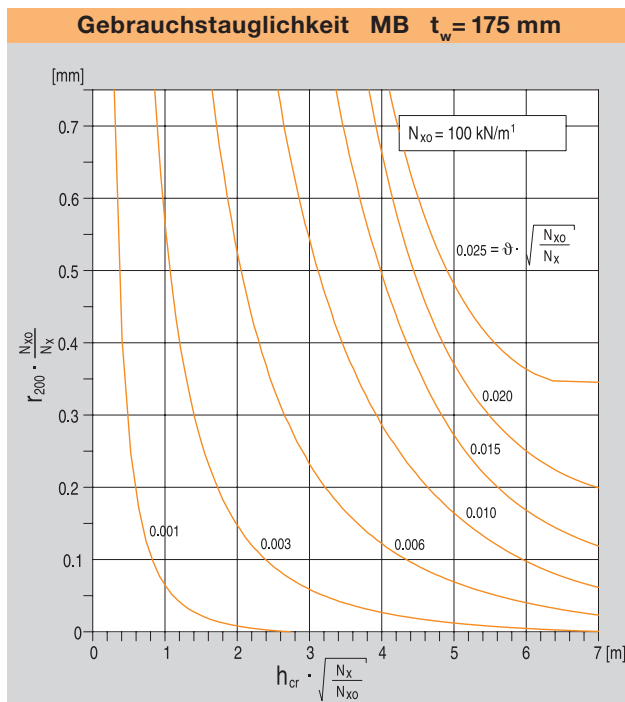
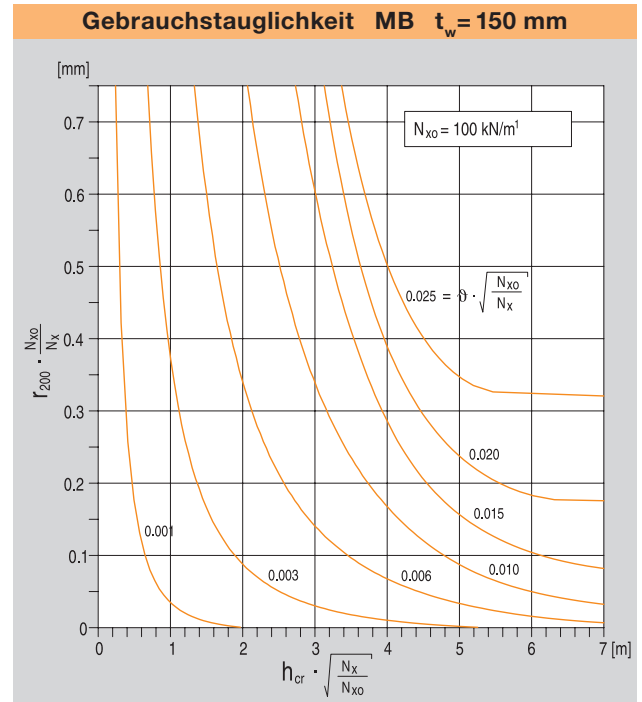
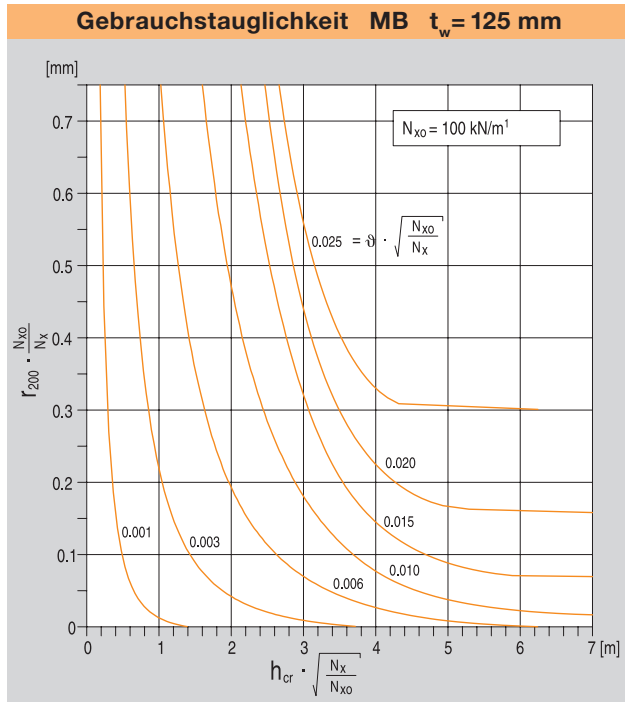
DIAGRAMME GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT

■ Mauerwerk MB

Standardmauerwerk, $f_{xk} = 7 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk} = 7.0 \text{ N/mm}^2$

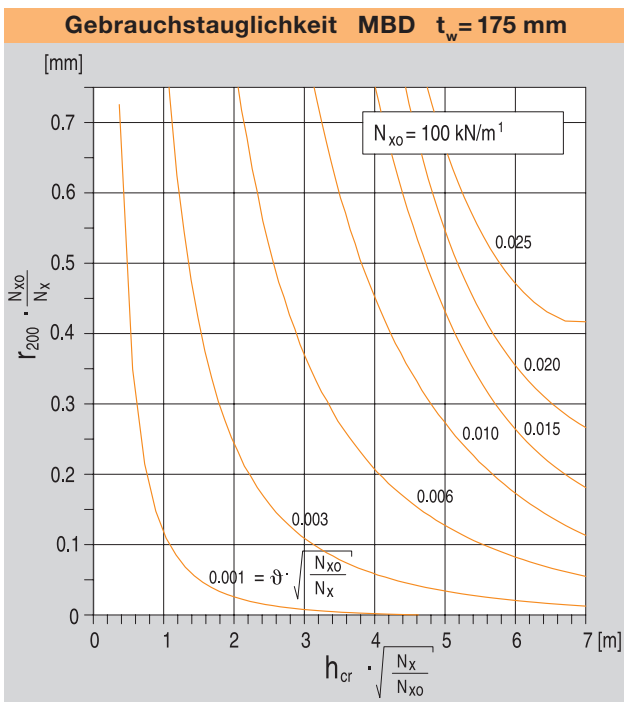
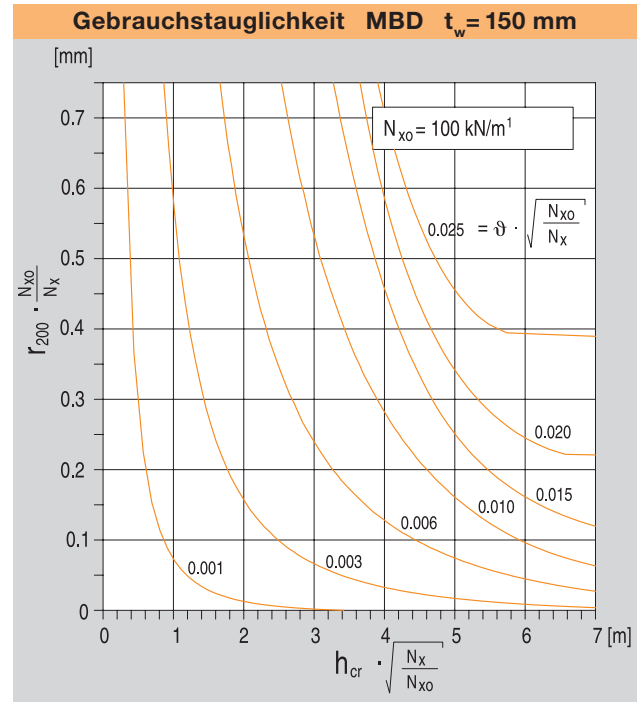
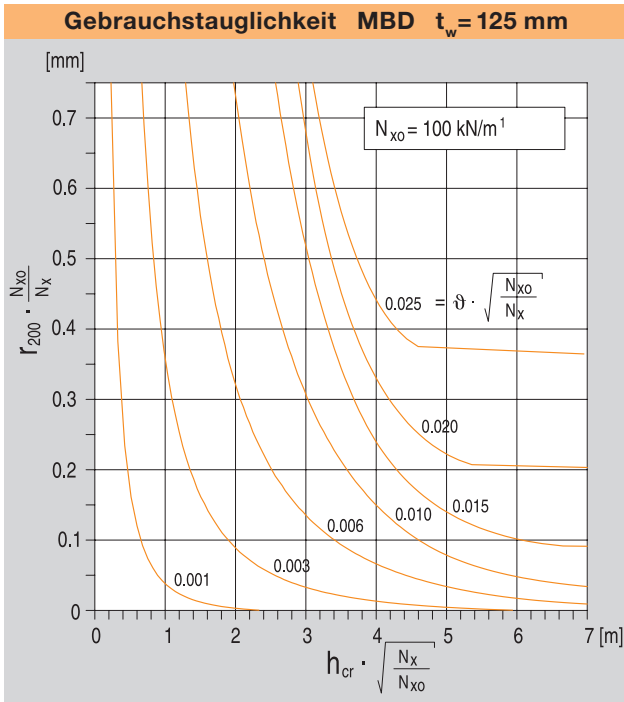
$E_{xk} = 7.0 \text{ kN/mm}^2$



■ Mauerwerk MBD

deklariertes Mauerwerk, $f_{xk} = 12 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk} = 12.0 \text{ N/mm}^2$
 $E_{xk} = 12.0 \text{ kN/mm}^2$



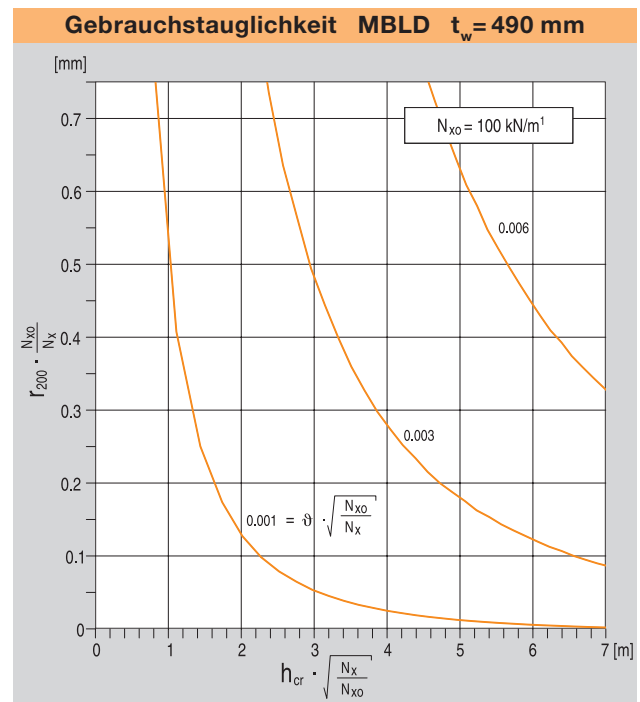
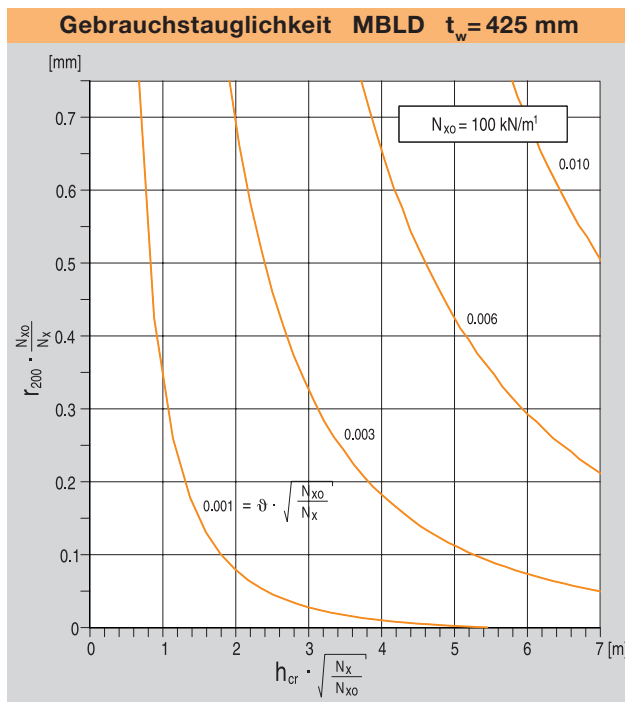
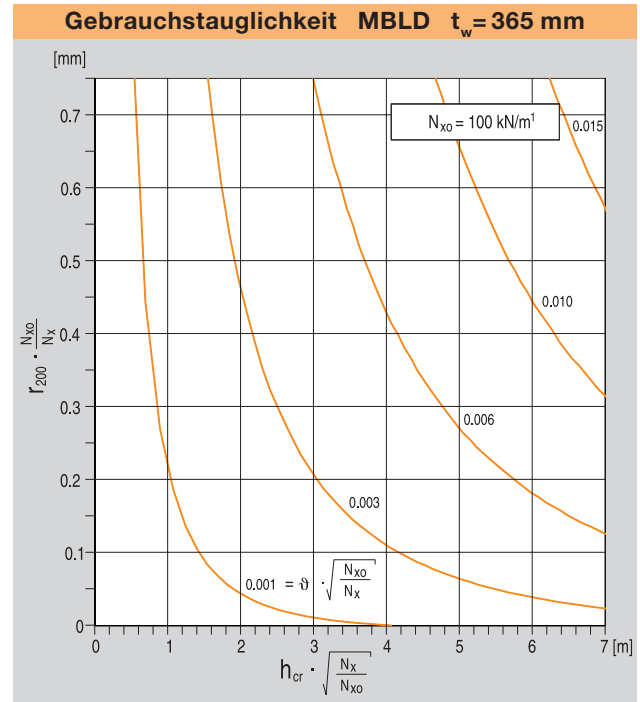
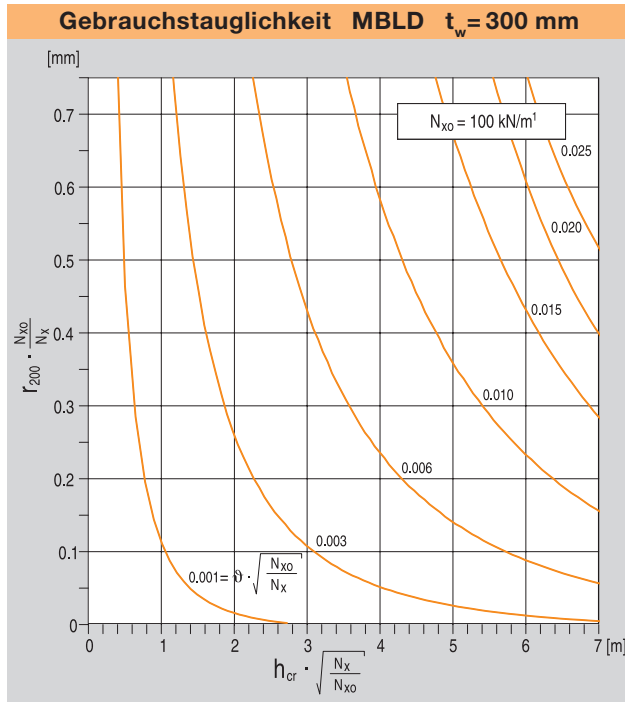
UNBEWEHRTES MAUERWERK

■ Mauerwerk MBLD

Leichtmauerwerk deklariert, $f_{xk} = 2.4 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk} = 2.4 \text{ N/mm}^2$

$E_{xk} = 2.4 \text{ kN/mm}^2$



SCHUBBEANSPRUCHUNG

Begriffe und Abkürzungen

- V von einer Schubwand übertragene, senkrecht zu den Stossfugen wirkende Kraft
- V_d Bemessungswert von V
- M_{z1} am oberen Wandende aufgebracht, senkrecht zur Wandebene wirkendes Biegemoment
- M_{z2} am unteren Wandende aufgebracht, senkrecht zur Wandebene wirkendes Biegemoment
- M_{z1d} Bemessungswert von M_{z1}
- M_{z2d} Bemessungswert von M_{z2}
- f_{yd} Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit senkrecht zu den Stossfugen
- f_{yk} charakteristischer Wert der Mauerwerksdruckfestigkeit senkrecht zu den Stossfugen
- l_1 Länge des Druckspannungsfeldes am oberen Wandrand
- l_2 Länge des Druckspannungsfeldes am unteren Wandrand
- t_{nom} Dicke des Druckspannungsfeldes am unteren Wandrand
- η Verhältniszahl zur Berücksichtigung einer Exzentrizität der Normalkraft in Wandquerrichtung

Rechenmodell

■ Bemessung und Nachweis mit Diagrammen

Der Nachweis erfolgt gemäss Artikel 4.3.2 der Norm SIA 266.

■ Tragsicherheit

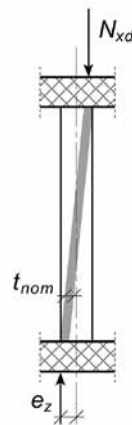
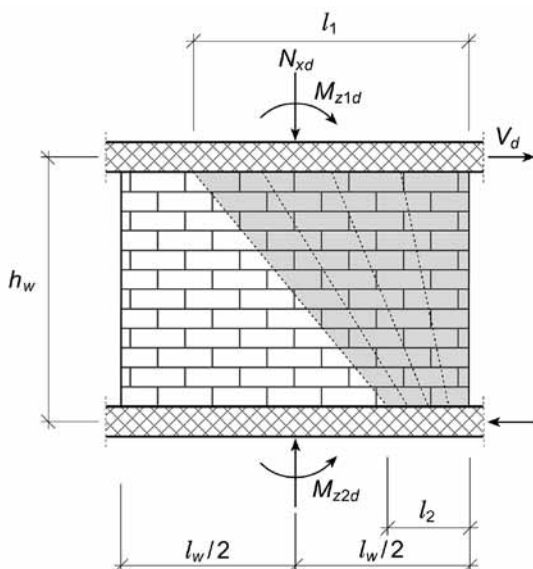
Die Ermittlung erfolgt mit der Länge l_1 und dem Faktor η . Die Länge l_1 ist im folgenden Bild definiert und beträgt

$$l_1 = l_w - 2 M_{z1d} / N_{xd}$$

Im Fall einer in Wandquerrichtung zentrisch angreifenden Normalkraft ist $\eta = 1.0$. Andernfalls ist η wie folgt definiert:

$$\eta = t_{nom} / t_w = 1 - 2 e_z / t_w$$

Die Traglast V_d ergibt sich aus dem Diagramm in Abhängigkeit der Normalkraft N_d . Zwischen den einzelnen Kurven darf interpoliert werden.



Mauerwerkswand MBD

Untersucht wird ein Backstein-Wandsystem unter Schubbeanspruchung, mit exzentrischer Normalkraftbeanspruchung.

Geometrische Grössen

$$h_w = 2.5 \text{ m}$$

$$l_w = 7.0 \text{ m}$$

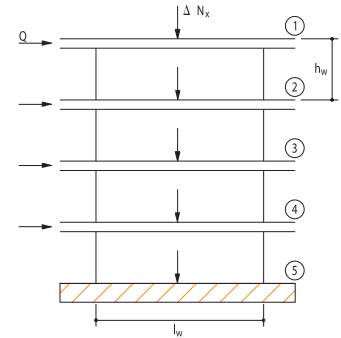
$$t_w = 150 \text{ mm}$$

Baustoffkennwerte

$$f_{xd} = 6.0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 0.45 \cdot f_{xd} = 2.7 \text{ N/mm}^2$$

(vollfugig vermörtelte Stossfugen)



Nachweis der Schubtragsicherheit im untersten Geschoss

Bemessungssituation Erdbeben, Lastfall Eigenlasten und Nutzlasten, gemäss Normen SIA 260 und 261 wurden ermittelt:

Einwirkungen			Auswirkungen						
Wandbereich	ΔN_{xd} [kN]	Q_d [kN]	V_d [kN]	N_{xd} [kN]	M_{zd} [kNm]	M_{zd} [m]	N_{xd} [m]	I_1 [m]	I_2 [m]
1	228	90			0	0	7		
1-2	62		90	290					
2	228	72			225	0.39	0.78	6.22	5.55
2-3	62		162	580					
3	228	53			629	0.72	1.08	5.56	4.84
3-4	62		215	870					
4	228	36			1168	1.01	1.34	4.98	4.32
4-5	62		251	1160					
5	228	18			1797		1.55		3.90

Der Wert η (Einfluss der Exzentrizität der Normalkraft in Wandquerrichtung) wurde im Rahmen der Normalkraftbemessung ermittelt zu $\eta = 0.48$ ($e_z = 39 \text{ mm}$).

Wichtig: Der Normalkraftnachweis ist mit der reduzierten Wandlänge I_2 zu führen.

$$\frac{N_{xd}}{\eta \cdot I_1} = \frac{1160}{0.48 \cdot 4.98} = 485 \text{ kN/m}$$

$$\frac{I_1}{h_w} = \frac{4.98}{2.5} = 2.00$$

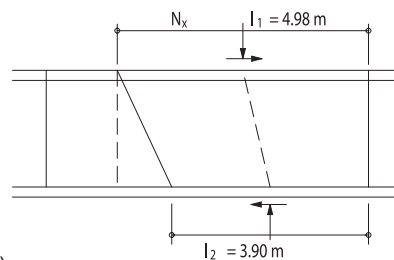


Diagramm MBD, $t_w = 150 \text{ mm}$ (Seite 22)

Schubnachweis:

$$\frac{V_d}{\eta \cdot I_1} = 138 \text{ kN/m} \rightarrow V_d = 138 \cdot 0.48 \cdot 4.98 = 330 \text{ kN/m}$$

$$V_d = 330 \text{ kN} > V_{d,vorb} = 251 \text{ kN}$$

Nachweis erfüllt!

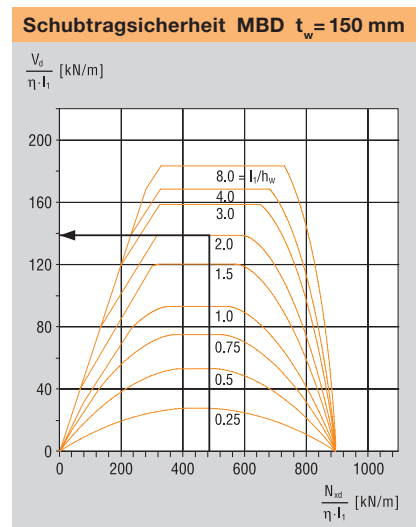


DIAGRAMME SCHUBTRAGSICHERHEIT

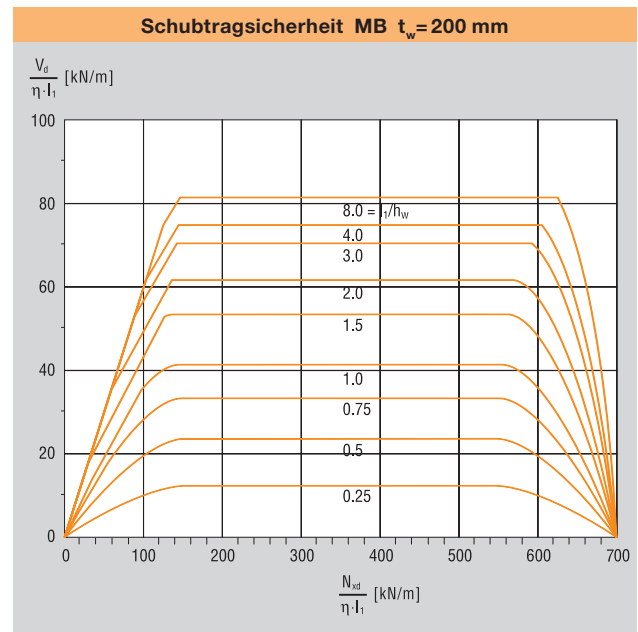
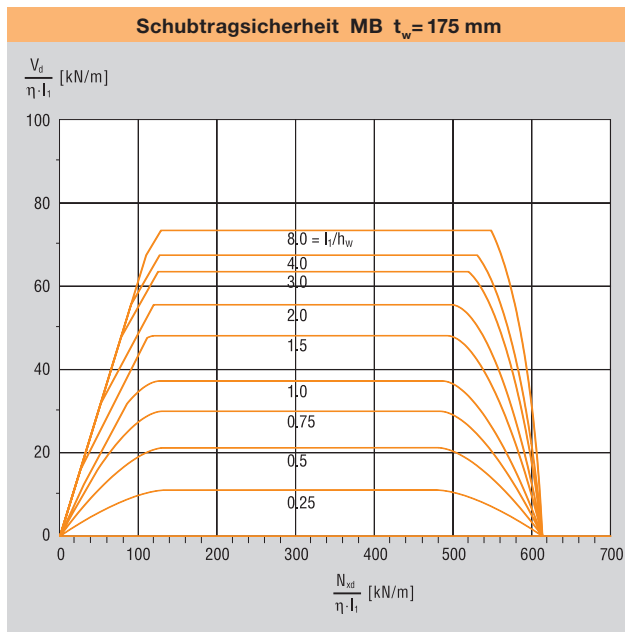
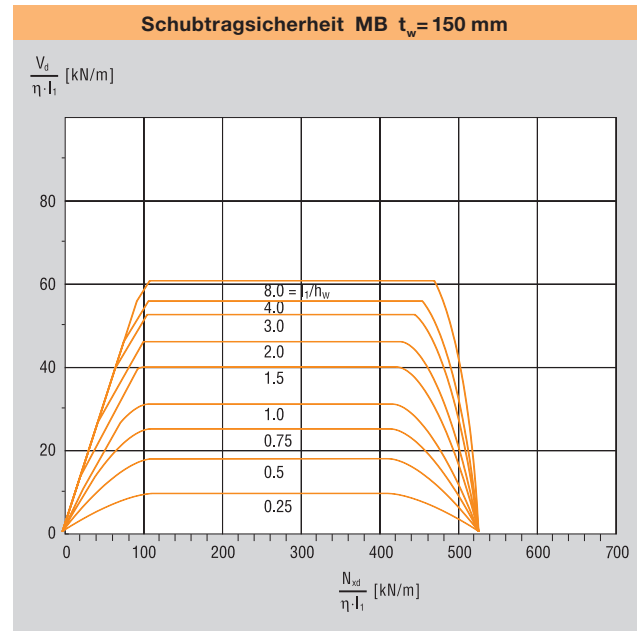
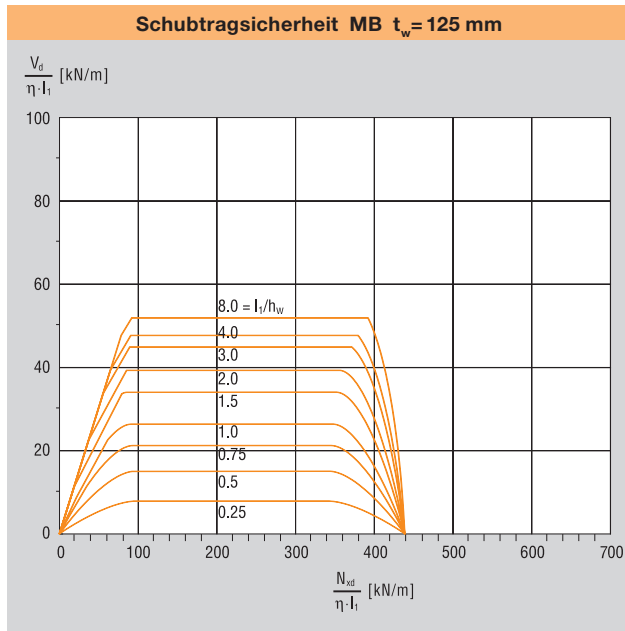
Schubbeanspruchung mit Normalkraft

■ Mauerwerk MB

Standardmauerwerk, $f_{xk} = 7 \text{ N/mm}^2$

$f_{xd} = 3.5 \text{ N/mm}^2$

$f_{yd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$



UNBEWEHRTES MAUERWERK

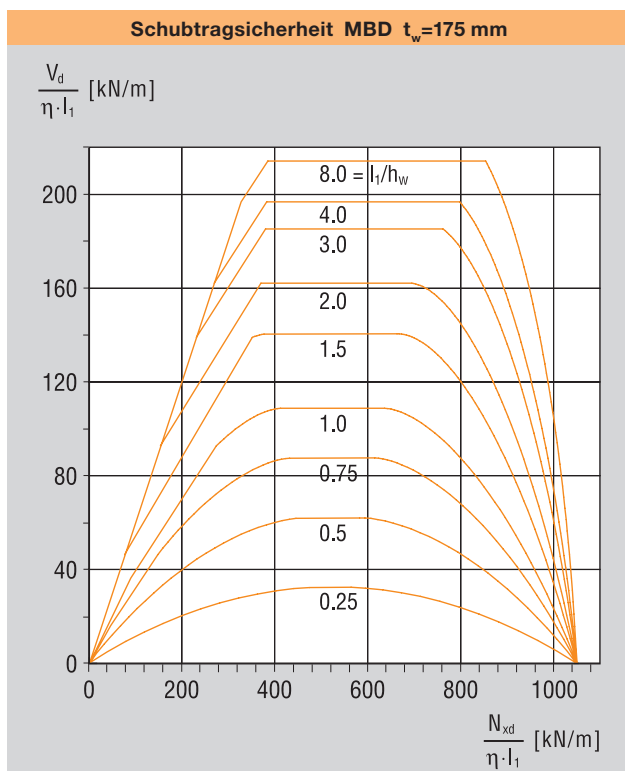
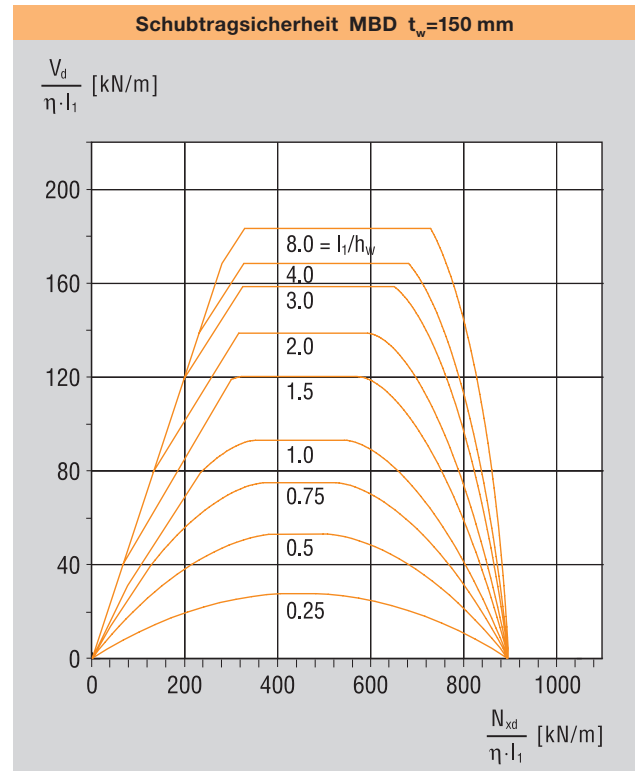
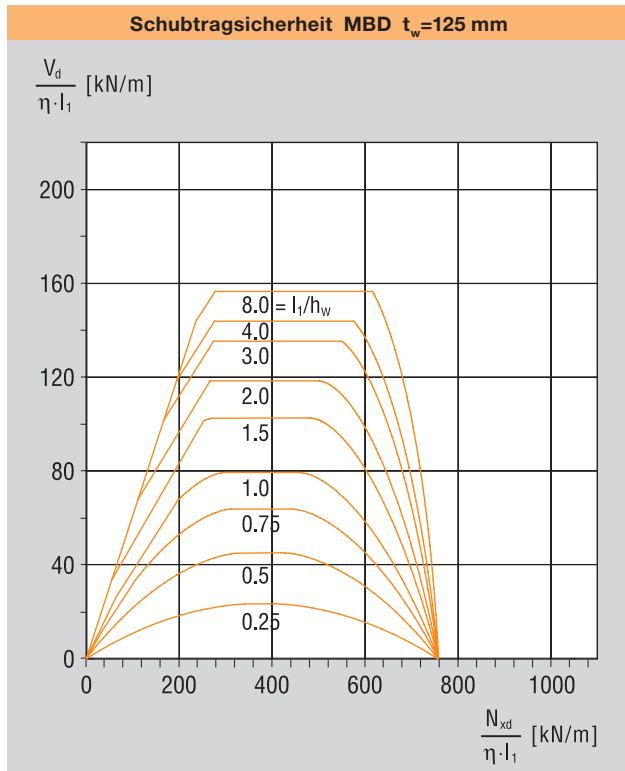
Schubbeanspruchung mit Normalkraft

■ Mauerwerk MBD

deklariertes Mauerwerk, $f_{xk} = 12 \text{ N/mm}^2$

$f_{xd} = 6.0 \text{ N/mm}^2$

$f_{yd} = 2.7 \text{ N/mm}^2$



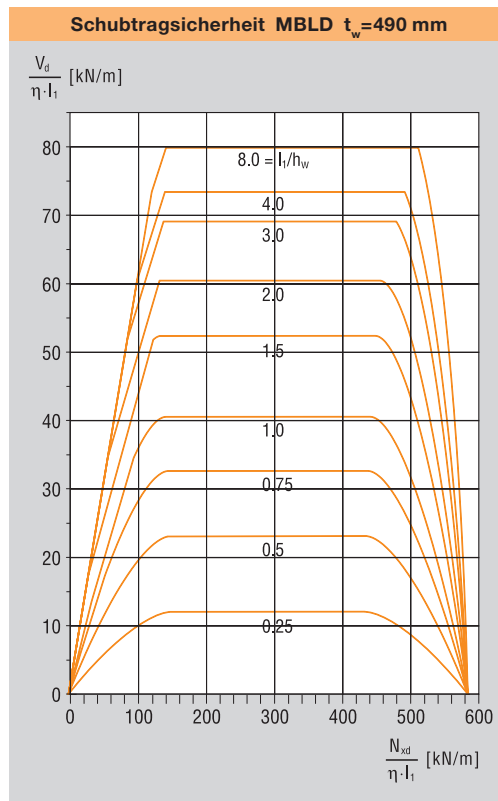
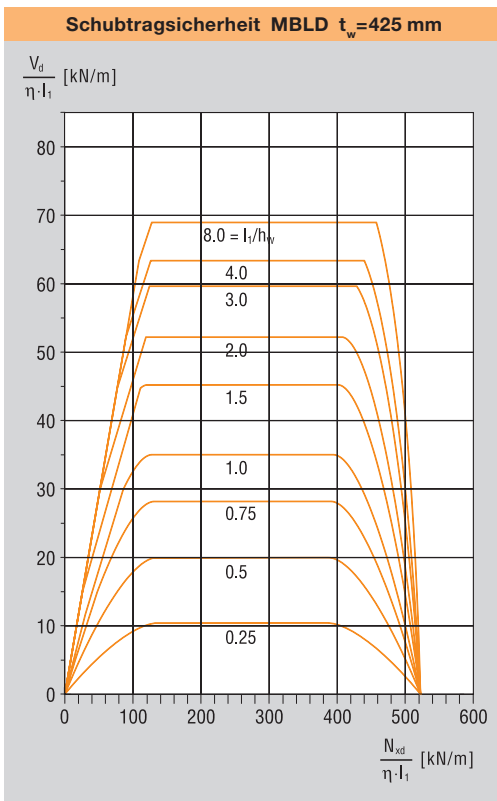
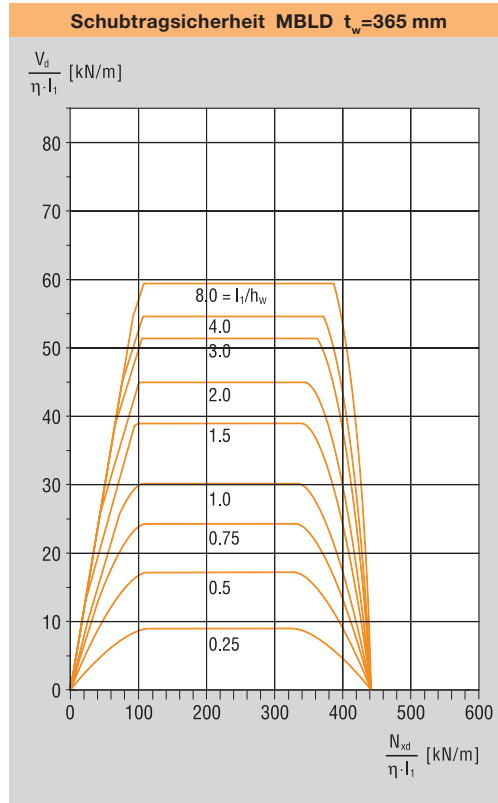
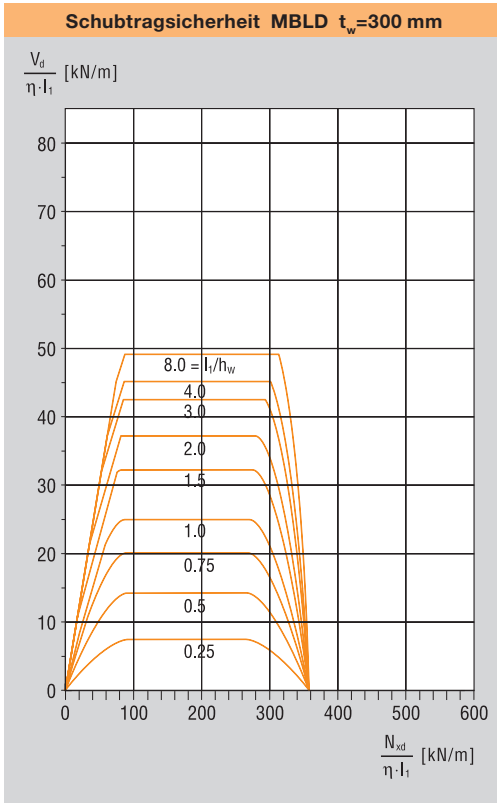
Schubbeanspruchung mit Normalkraft

■ **Mauerwerk MBLD**

ohne vermörtelte Stossfugen, «knirsch»

$$f_{xd} = 1.2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 0.4 \text{ N/mm}^2$$



BEWEHRTES MAUERWERK

EINFÜHRUNG

Statische Berechnung

Die Berechnung erfolgt aufgrund der Norm SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, Norm SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke, und der Norm SIA 266 Mauerwerk, in Anlehnung an die Norm SIA 262 Betonbau.

Bemessung auf Biegung

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

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

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

Widerstandsbeiwerte:

Mauerwerk $\gamma_M = 2.0$

Stahl $\gamma_s = 1.15$

Im Weiteren sind die folgenden Einschränkungen zu beachten:

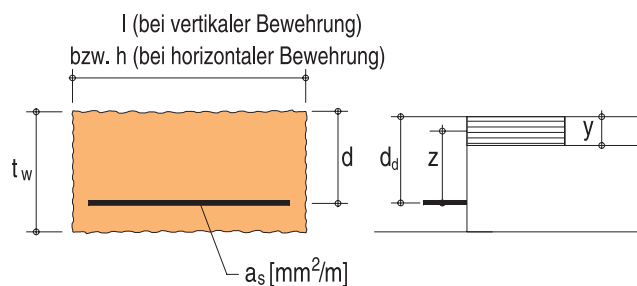
- Statische Höhe des bewehrten Mauerwerksquerschnittes: Der theoretische Wert bei mittiger Einmörtelung der Bewehrung wird zur Berücksichtigung der Bautoleranz um 10 mm reduziert.
- Die Druckzone des Querschnittes wird zur Berücksichtigung der Verformungsfähigkeit des Mauerwerks begrenzt auf $\frac{1}{4}$ der Wanddicke:

$$d_d \leq \frac{t_w}{4}$$

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 für Bemessung
[$dd = d - 10$ 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

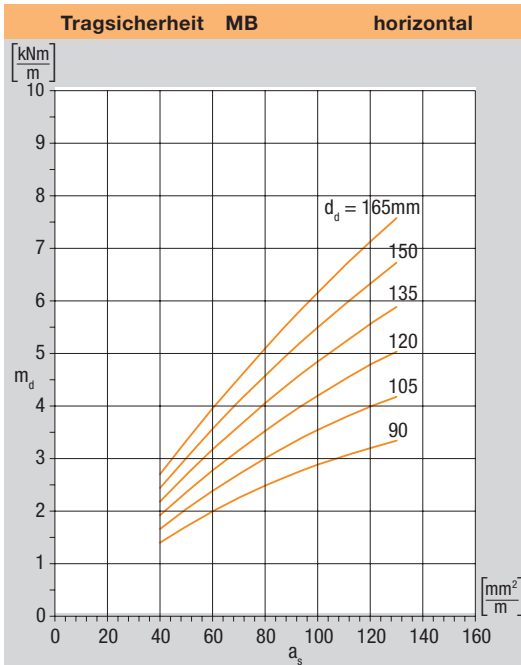
In den Diagrammen sind die Bemessungswiderstände von Mauerwerk in Funktion der Bewehrung angegeben. Gemäss Art. 4.3.4.3 der Norm SIA 266 sind zur maximalen Aktivierung von f_{yd} die Stossfugen vollfugig zu vermörteln.

Bemessung auf Biegung mit Normalkraft

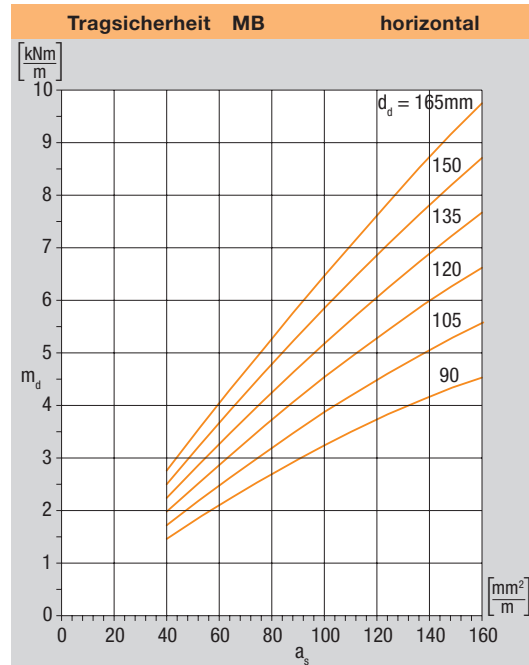
Die Bemessung erfolgt analog zu bewehrten Betonbauteilen nach Norm SIA 262 und Norm SIA 266.

IN HORIZONTALER RICHTUNG BEWEHRTES MAUERWERK

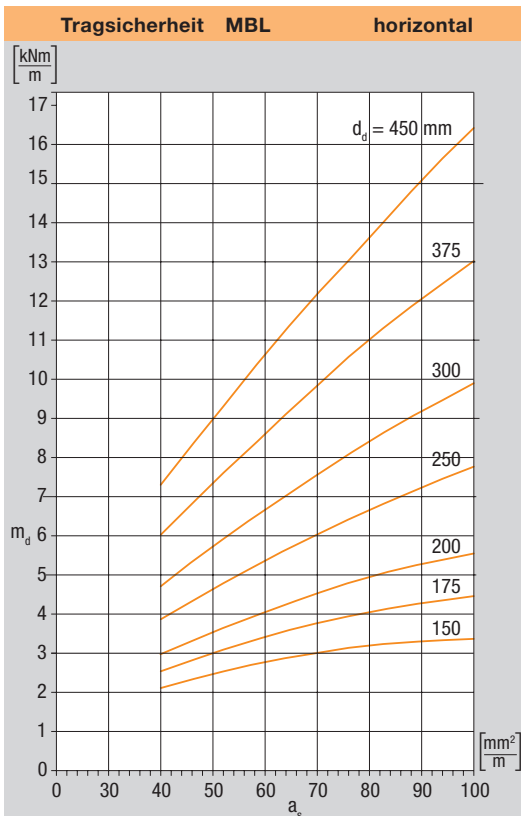
■ Mauerwerk MB bewehrt, knirsch vermauert $f_{yd} = 0.9 \text{ N/mm}^2$
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$



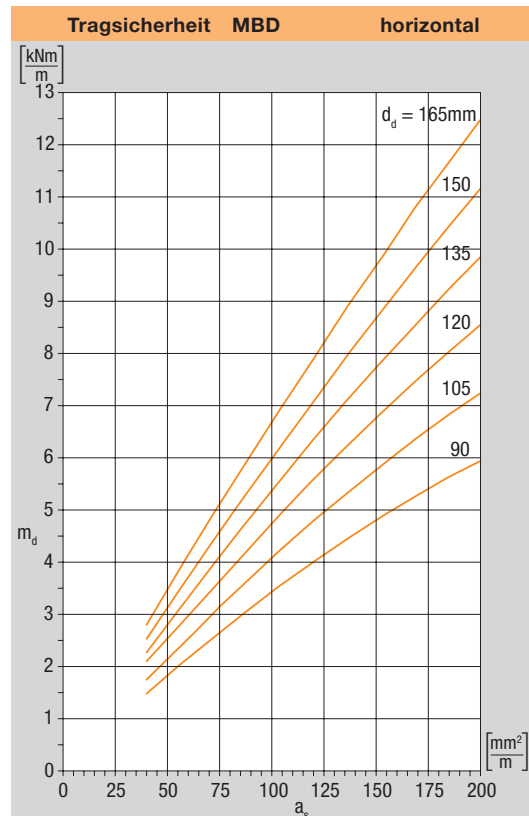
■ Mauerwerk MB bewehrt, vollfugig vermauert $f_{yd} = 1.4 \text{ N/mm}^2$
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$



■ Mauerwerk MBL bewehrt, wärmedämmend $f_{yd} = 0.3 \text{ N/mm}^2$
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$

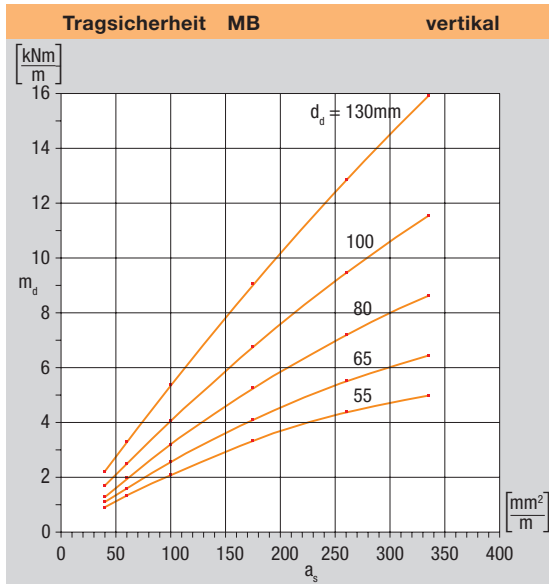


■ Mauerwerk MBD bewehrt Calmo / Seismo $f_{yd} = 2.0 \text{ N/mm}^2$
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$



IN VERTIKALER RICHTUNG BEWEHRTES MAUERWERK

■ Mauerwerk MB, $f_{xd} = 3.5 \text{ N/mm}^2$
 bewehrt $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$



ARMO®

Konstruktions-Prinzip

Mit den Backsteinen ARMO® kann im Läuferverband aufgemauertes Mauerwerk bewehrt werden. Der blanke oder korrosionsgeschützte Bewehrungsstahl wird in durchgehende Aussparungen (Backstein-Lochung) eingemörtelt, so dass eine Wand in vertikaler Richtung oder zusammen mit horizontaler Lagerfugenbewehrung kreuzweise bewehrt werden kann.

Anwendungsbereich

Mit den Backsteinen ARMO® kann der Biege- und Torsionswiderstand von Mauerwerken senkrecht zu den Lagerfugen durch Einmörteln von vertikal angeordnetem Bewehrungsstahl wesentlich vergrößert werden, zusammen mit Lagerfugenbewehrung in beiden Richtungen. Die Anwendung von ARMO® erlaubt es dementsprechend, hohe (geschoss- oder höher) nicht ausgesteifte oder nicht horizontal gehaltene Aussen- und Innenwände gegen Winddruck, Erdbebenbelastung, Schneedruck oder Erddruck zu dimensionieren. Bei hohen Ansprüchen an die Erdbebensicherheit erlaubt die Anordnung kreuzweiser Bewehrung in den Wänden des Tragsystems eines Gebäudes ausserdem die Dimensionierung aufgrund der Norm SIA 266, Art. 4.7.2.

Backsteine ARMO®

Bei den Backsteinen ARMO® handelt es sich um normale Backsteine im Format SwissModul mit zwei exzentrisch angeordneten Bewehrungslöchern Ø 50 mm für das Einmörteln der Bewehrung.

In der Praxis kommt das Bewehrungs-System ARMO® für die folgenden konstruktiven Gegebenheiten zur Anwendung:

- Giebelwände, die nicht durch Decken, Zwischenwände oder Dachscheiben ausreichend ausgesteift oder gehalten sind.
- Auskragende Wände, insbesondere Aussenschalen von Zweischalenmauerwerk, sowie Brüstungen.
- Freistehende Zwischenwände oder Bürotrennwände, sowie hohe schlanke Wände.
- Normgerechte Ausbildung und Dimensionierung der Tragkonstruktion von Gebäuden aufgrund von Erdbebenlasten.
- Dimensionierung von Aussenwänden gegen Erddruck.

	Format L/B/H mm	Gewicht ca. kg
Normale Qualität		
B 12.5/19 ARMO®	290/125/190	7.1
B 15/19 ARMO®	290/150/190	8.5
B 17.5/19 ARMO®	290/175/190	9.6

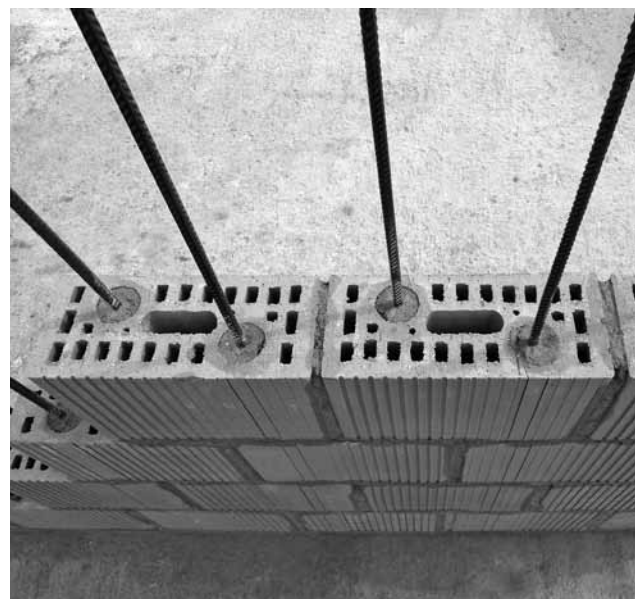
Mauermörtel

Für das Einmörteln der Bewehrung eignen sich die normalen Zementmauermörtel, welche für das Aufmauern von Mauerwerk verwendet werden. Bei nachträglicher Vermörtelung ist gute Fließfähigkeit erforderlich.

Bewehrungsstahl

Für die vertikalen Einlagen eignet sich normaler Bewehrungsstahl Ø 8 bis 12 mm. Für die zugehörige Lagerfugenbewehrung können die handelsüblichen Produkte Murinox oder murfor® verwendet werden.

Bei Aussenschalen und klimatisch exponierten Bauteilen dürfen nur korrosionsgeschützte Materialien Verwendung finden. In der Regel sind dies entweder feuerverzinkte, werksbeschichtete oder korrosionsbeständige Bewehrungsstähle. Bei gestossener Bewehrung muss die Übergreifungslänge mindestens 60 cm betragen, damit die Stahlfestigkeit voll ausgenutzt werden kann.



Aufmauern der Wand mit Schroten der vorbereiteten Schlitzte

Die ARMO-Steine haben an der Läuferseite im Bereich der Lochungen zum Schroten vorgeschlitzte Stellen, die leicht herausgebrochen werden können.

Dadurch können die Steine auch seitlich zu den Bewehrungsstäben eingefahren werden. Bei dieser Vermauerungsart ist darauf zu achten, dass die Öffnungen vollständig mit Zementmörtel gefüllt werden und die Oberfläche steinbündig sauber abgezogen wird.

Anordnung und Dimensionierung der Bewehrungsstäbe

Die Anordnung und Dimensionierung der Bewehrung des ARMO-Mauerwerks muss durch den Ingenieur bestimmt werden.

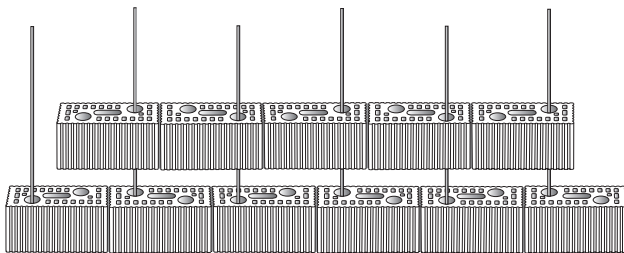
Orthogonal bewehrt mit Lagerfugenbewehrung

Die Ergänzung des Systems durch die Einlage von horizontalen Lagerfugenbewehrungen ist in vielen Fällen sinnvoll oder notwendig.

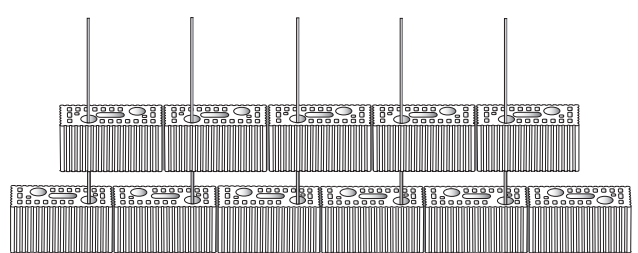
Dazu eignen sich die handelsüblichen Materialien wie Murinox oder Murfor-Lagerfugenbewehrungen. Bei der Anordnung der Lagerfugenbewehrung muss auf den Abstand der vertikalen Stäbe Rücksicht genommen werden.

Damit wird das System Armo® orthogonal bewehrt.

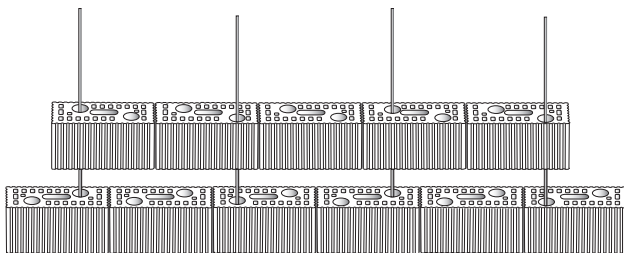
Stababstand 30 cm



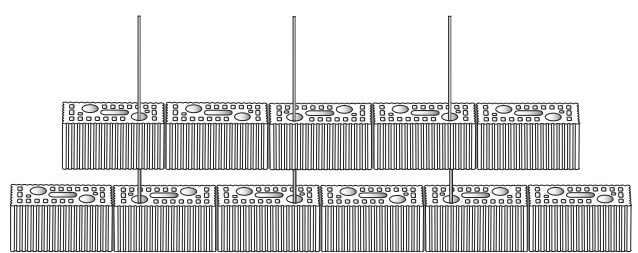
Stababstand 30 cm



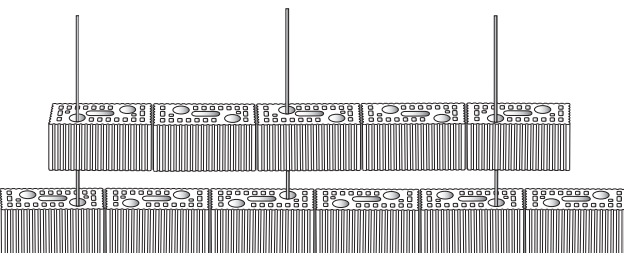
Stababstand 45 cm



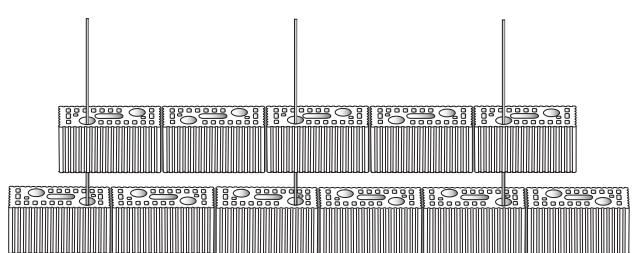
Stababstand 45 cm



Stababstand 60 cm



Stababstand 60 cm



Statistische Berechnung

Die Berechnung erfolgt aufgrund der Norm SIA 261, Einwirkungen auf Tragwerke und der Norm SIA 266, Mauerwerk sowie in Anlehnung an die Norm SIA 262, Betonbau (2003).

Bemessung auf Biegung

Für die Berechnung des Biegegewiderstandes in vertikaler Richtung sind dementsprechend die folgenden Kennwerte massgebend:

- Bemessungswert der Druckfestigkeit, Mauerwerk MB
 $f_{xd} = 3.5 \text{ N/mm}^2$
- Bemessungswert der Stahlfestigkeit, Stahlsorte B 500 B
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$

Im weiteren sind die folgenden Einschränkungen zu beachten:

- Statische Höhe des bewehrten Querschnittes mit den Backsteinen ARMO®: Der theoretische Wert bei mittlerer Einmörtelung der Bewehrung in die Bewehrungs-löcher wird zur Berücksichtigung der Bautoleranz um 10 mm reduziert. Somit kann für die Bemessung mit den folgenden Werten der statischen Höhe gerechnet werden:
 B 12.5 ARMO®:
 $d_d = 88 - 10 = 78 \text{ mm}$
 B 15 ARMO®:
 $d_d = 113 - 10 = 103 \text{ mm}$
 B 17.5 ARMO®:
 $d_d = 138 - 10 = 128 \text{ mm}$
- Die Druckzone des Mauerwerks-Querschnittes wird unter Berücksichtigung der Verformungsfähigkeit des Materials begrenzt auf $\frac{1}{4}$ der Dicke des Mauerwerks. Dies bedeutet für die Ausnützung der Tragfähigkeit des Mauerwerks ARMO®/MB einen maximal anrechenbaren Bewehrungsgehalt von 0.46 %. Die Beschränkung der Rissweiten im Gebrauchszustand kann jedoch grössere Bewehrungsgehalte erforderlich machen.

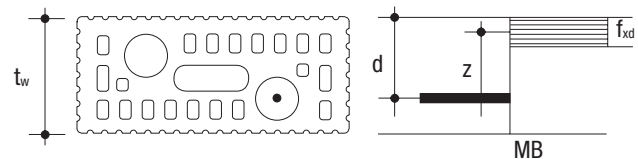
Schema der Bemessung

gemäss Norm SIA 262 (2003)

Tragsicherheit ARMO®

Bezeichnungen:

- t_w Wanddicke Mauerwerk
- d statische Höhe des Querschnittes
- d_d reduzierte statische Höhe für Bemessung
- z Hebelarm der inneren Kräfte
- y Druckzone des Mauerwerks



Druckzone	$D = y \cdot b \cdot f_{xd}$	(3.5 N/mm ²)
Bewehrung	$Z = A \cdot f_{sd}$	(435 N/mm ²)
$Z = D$	$y = \frac{A_s \cdot f_{sd}}{b \cdot f_{xd}}$	($y_{max} = \frac{t_w}{4}$)
	$z = d_d - \frac{y}{2}$	($d_d = d - 10 \text{ mm}$)
	$M_d = z \cdot D = z \cdot Z$	

BEWEHRTES MAUERWERK

Tabelle mit den Biege widerständen von Mauerwerk ARMO®

Aufnehmbare bezogene Biegemomente M_d für vertikal bewehrtes ARMO®-Mauerwerk, ohne Druckbewehrung bei Vertikalbiegung pro m^1 (1 m-Streifen).

Bewehrung Stab-Durchmesser	Stababstand	Bezogener Bewehrungs- querschnitt	Bemessungswert des Biege- moments	Gebrauchs- tauglichkeit
Ø [mm]	s [cm]	As [mm ² /m]	Md [kNm/m]	Mr [kNm/m]*
Mauerdicke (roh): 12.5 cm				
8	30	167.60	4.93	1.90
	45	125.70	3.84	1.44
	60	83.80	2.65	0.98
10	30	261.80	7.03	2.90
	45	196.30	5.62	2.21
	60	130.90	3.97	1.50
12	30	377.00	**6.82	4.09
	45	282.70	**6.82	3.12
	60	188.50	5.43	2.12
Mauerdicke (roh): 15.0 cm				
8	30	167.60	6.75	2.52
	45	125.70	5.21	1.91
	60	83.80	3.56	1.29
10	30	261.80	9.87	3.86
	45	196.30	7.75	2.93
	60	130.90	5.40	1.99
12	30	377.00	**11.06	5.45
	45	282.70	10.50	4.15
	60	188.50	7.48	2.82
Mauerdicke (roh): 17.5 cm				
8	30	167.60	8.57	3.15
	45	125.70	6.58	2.39
	60	83.80	4.48	1.61
10	30	261.80	12.72	4.83
	45	196.30	9.88	3.66
	60	130.90	6.82	2.48
12	30	377.00	**16.25	6.82
	45	282.70	13.57	5.19
	60	188.50	9.53	3.52

* Rissmoment bei einer rechnerischen Rissweite von $r = 0.15$ mm beim Bewehrungsstahl

** M_d begrenzt durch Bedingung $y_{max} = \frac{tw}{4}$

Mauerwerksqualität MB, Bewehrungsstahl B 500 B (nach Normen SIA 261, 262, 266).

Bemessung auf Biegung mit Normalkraft:

Die Bemessung erfolgt analog zu bewehrten Betonbauteilen nach Normen SIA 262 und SIA 266 (2003).

murfor® RE – TECHNISCHE KENNWERTE

		kg/m ² verputzt	Bew. Bauschalldämmmass R' _w [dB] (verputzt)
Mauerwerksdruckfestigkeit			
B 12.5 RE	f _{yk} = 8 N/mm ²	220	47
B 15 RE	f _{yk} = 12 N/mm ²	265	49
B 17.5 RE	f _{yk} = 12 N/mm ²	305	51

Mauerwerksbiegewiderstände Vertikal m_{Ry} in kNm/m

	RE 38/15	RE 58/15
B 12.5 RE	4	8
B 15 RE	4.5	9
B 17.5 RE	5	10

Mauerwerksbiegewiderstände Horizontal m_{Rx} in kNm/m

	RE 38/15	RE 58/15
B 12.5 RE	6	6
B 15 RE	6	6
B 17.5 RE	6	6



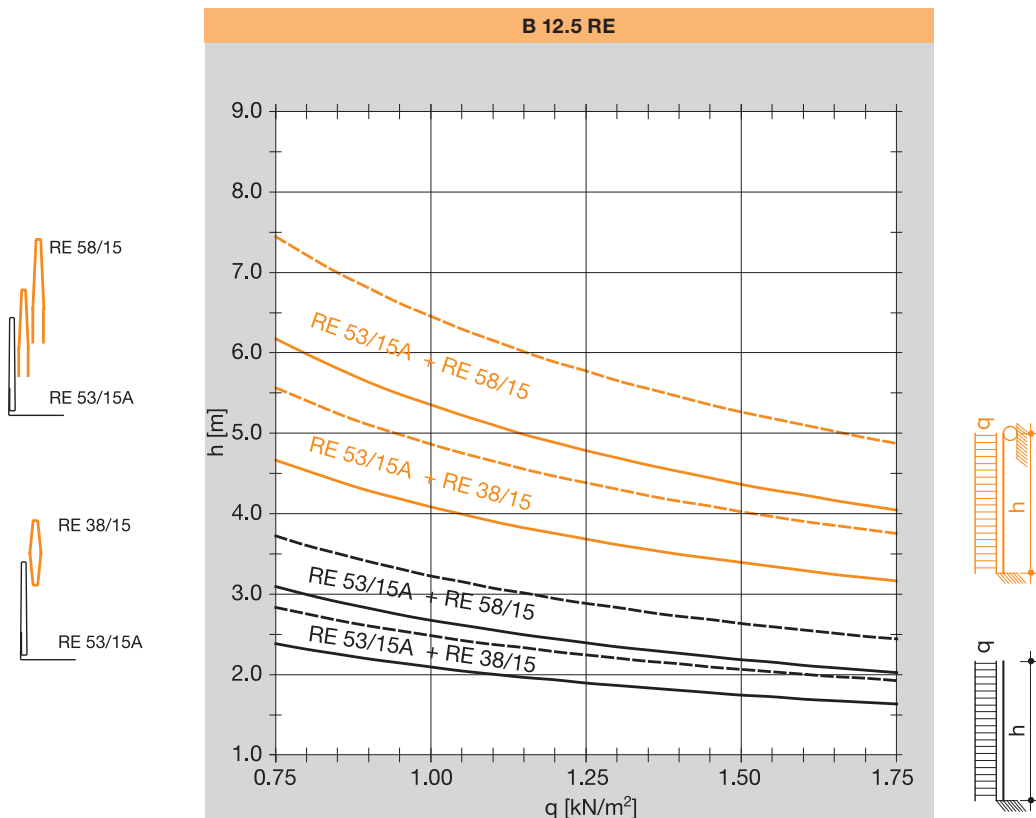
murfor® RE – BEMESSUNGSHILFEN

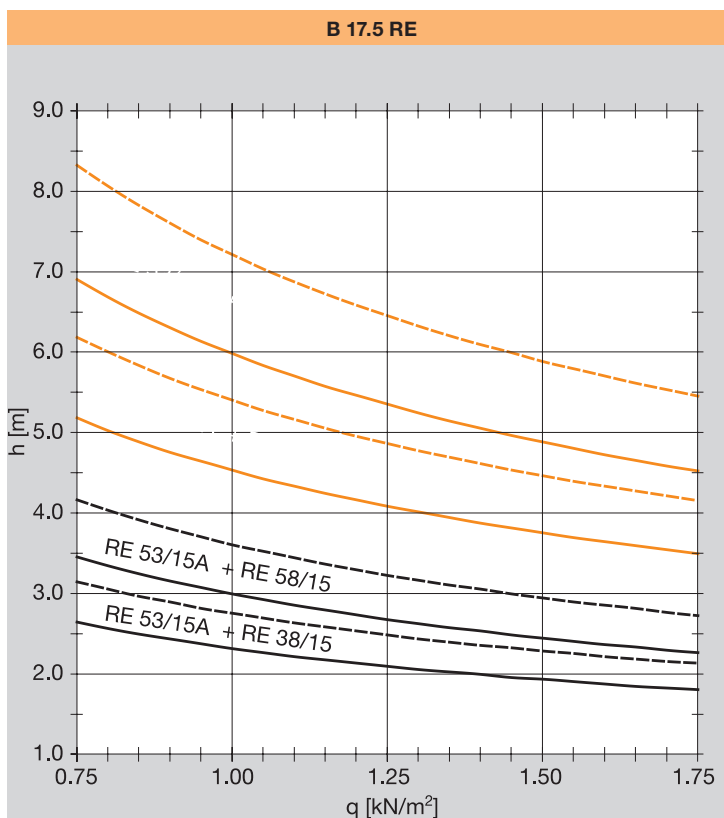
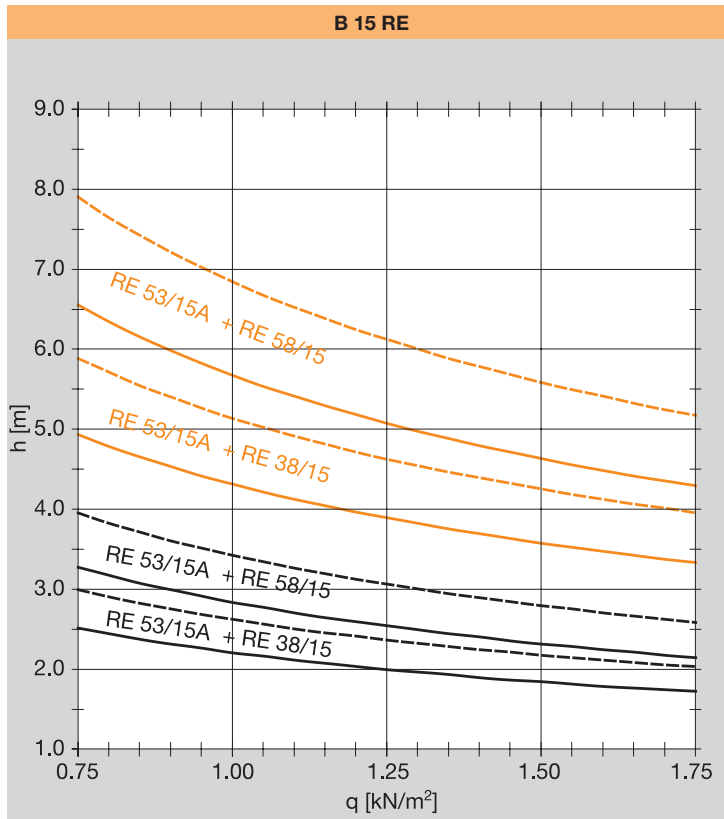
Annahmen: Lastfaktor $\gamma_Q = 1.4$
 Widerstandsfaktoren
 - - - - - Bauzustand: $\gamma_R = 1.1$ (reduziert unter Berücksichtigung der Kurzfristigkeit)
 ——— Endzustand: $\gamma_R = 1.6$ (Mittelwert zwischen unbewehrtem Mauerwerk und bewehrtem Beton)

Maximale vertikale Wandhöhe h in m
 für eine globale Windkraft von 0.90 kN/m²

		murfor® RE 58/15			murfor® RE 38/15		
		B 12.5 RE	B 15 RE	B 17.5 RE	B 12.5 RE	B 15 RE	B 17.5 RE
Kragarm							
	- - - - -	3.40	3.60	3.80	2.60	2.75	2.89
	—————	2.82	2.99	3.15	2.19	2.31	2.43
System «oben gehalten»							
	- - - - -	6.80	7.21	7.60	5.10	5.40	5.67
	—————	5.63	5.98	6.30	4.28	4.53	4.75

Bemessungsdiagramme für einseitige Tragwirkung







Unsere Hinweise, Vorschläge und Beispiele in dieser Publikation entsprechen unseren heutigen Erkenntnissen und beziehen sich auf normale Fälle, wie sie in der Praxis häufig vorkommen. Es ist Aufgabe der Planer, alle Einflüsse angemessen zu berücksichtigen und unsere Angaben sinngemäss anzuwenden. Eine Verantwortung für den konkreten Einzelfall können wir mit dieser Publikation nicht übernehmen.

Mit unseren Bemessungstabellen können Sie Backsteinmauerwerke hinsichtlich Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit nach der Theorie erster und zweiter Ordnung dimensionieren. Für Erläuterungen zu den Bemessungstabellen oder für Herleitungen zur Dimensionierung von Backsteinmauerwerk stehen Ihnen unsere Fachberater gerne zur Seite.

Wir stehen Ihnen mit unserem Fachwissen gerne zur Seite, kontaktieren Sie uns.

Tel. +41 41 972 77 77 oder info@agz.ch

Betriebsstandorte/Lager der AGZ Ziegeleien AG

Ziegelei, 6142 Gettnau

Sternenried 14, 6048 Horw

Ziegeleiweg 10, 4914 Roggwil / BE

Ziegeleihof 20, 6280 Hochdorf

Hägliweg 2, 3186 Düringen

Zone Industrie de Bois Genoud, 1023 Crissier

FEUER UND FLAMME FÜR TONPRODUKTE

