

Inhaltsverzeichnis

Unbewehrtes Mauerwerk	3 - 24
Normalkraftbeanspruchung	4 - 5
Diagramme und Formeln	4
Begriffe und Abkürzungen	5
Rechenmodelle	6 - 7
Vorgegebene Wandexzentrizitäten	6
Aufgezwungene Wandverdrehungen	7
Rechenbeispiele	8 - 12
Zweischalenmauerwerk	8
Zwischenwand	10
Wärmedämmendes Einsteinmauerwerk	11
Diagramme Tragsicherheit	13 - 15
Mauerwerk MB	13
Mauerwerk MBD	14
Mauerwerk MBLD	15
Diagramme Gebrauchstauglichkeit	16 - 18
Mauerwerk MB	16
Mauerwerk MBD	17
Mauerwerk MBLD	18
Schubbeanspruchung	19 - 21
Begriffe und Abkürzungen	20
Rechenmodell	20
Mauerwerkswand MBD	21
Diagramme Schubtragsicherheit	22 - 24
Mauerwerk MB	22
Mauerwerk MBD	23
Mauerwerk MBLD	24

Inhaltsverzeichnis

Bewehrtes Mauerwerk	25 - 28
Einführung	26
Schema der Bemessung	26
In horizontaler Richtung bewehrtes Mauerwerk	27
In vertikaler Richtung bewehrtes Mauerwerk	28
Orthogonal bewehrtes Mauerwerk	29 - 31
murfor® RE - Technische Kennwerte	29
murfor® RE - Bemessungshilfen	30

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



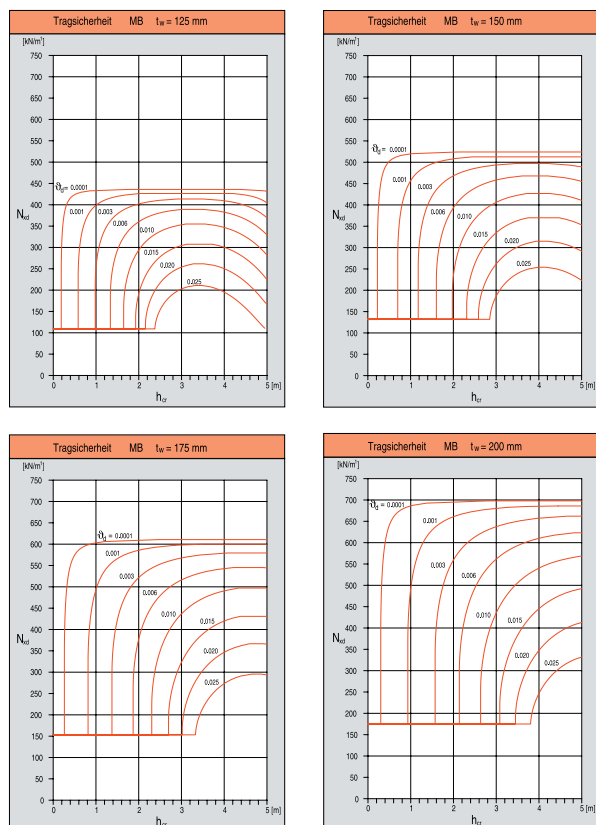
• Teilweise eingebundene Decken

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 Einbindlänge a der Decke muss bei der Bemessung berücksichtigt werden (Druckspannung im Auflagerbereich der Decke).

Nachweise mit Diagrammen in diesem Heft

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

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



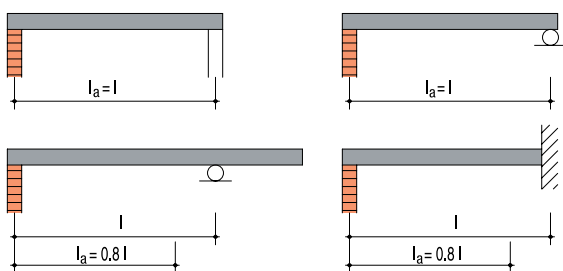
Normalkraftbeanspruchung

Begriffe und Abkürzungen

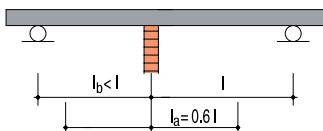
Soweit möglich werden die Begriffe und Abkürzungen der Norm SIA 266 verwendet:

- 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]

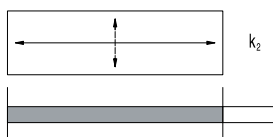
Aussenwände



Zwischenwände



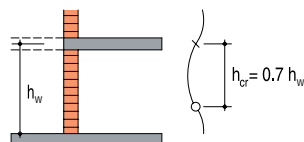
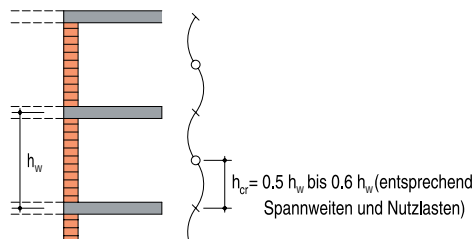
- l_w Wandlänge [m]
- g Eigenlasten der Decke [kN/m²] (einschliesslich Unterlagsboden, usw.)
- q Nutzlasten [kN/m²]
- γ_G Lastbeiwert für Eigenlasten, in der Regel 1.35 Tragsicherheit (1.0 Gebrauchstauglichkeit)
- γ_Q Lastbeiwert für Nutzlasten, in der Regel 1.5 Tragsicherheit (1.0 Gebrauchstauglichkeit)
- E'_c Elastizitätsmodul des Betons, Langzeitwert mit Kriechenfluss, 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)



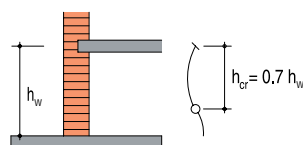
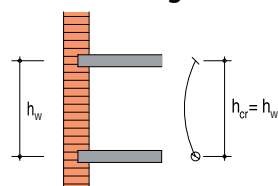
• Knicklängen

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_{xo} 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

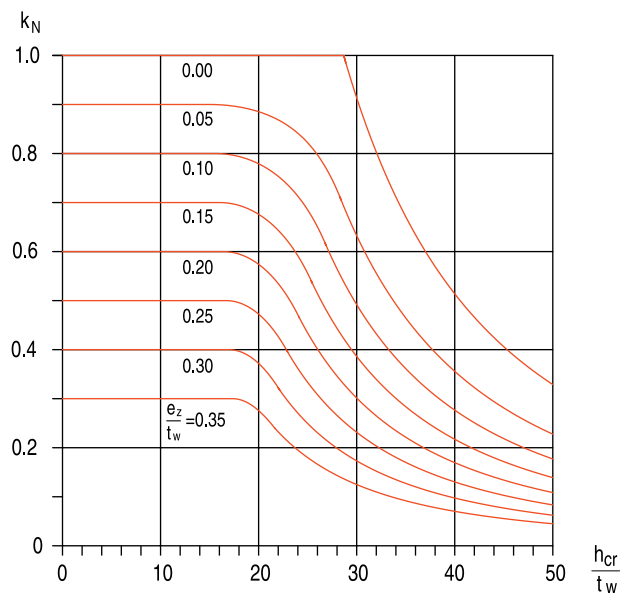
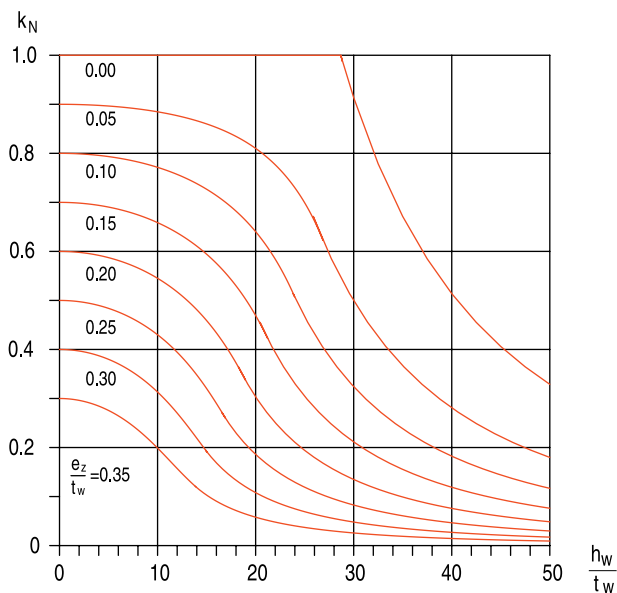
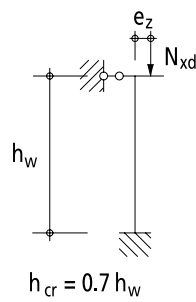
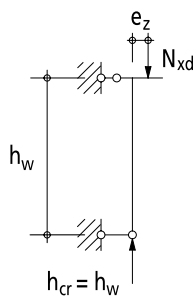
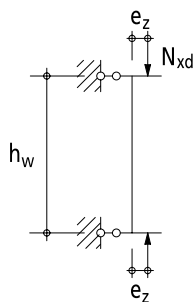
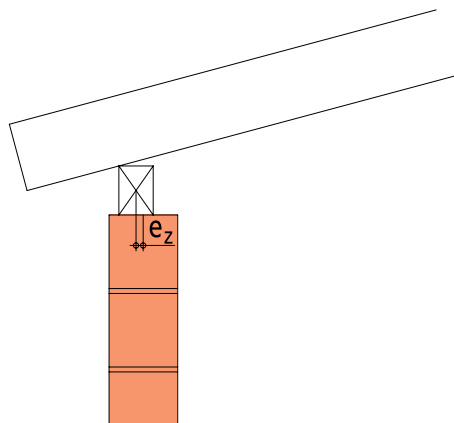
Der Nachweis erfolgt nach Theorie 2. Ordnung gemäss Artikel 4.3.1 der Norm SIA 266.

• Tragsicherheit

Die Tragsicherheit ist nachgewiesen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

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

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:

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

Rechenmodelle

Aufgezwungene Wandverdrehungen

• Bemessung und Nachweis mit Diagrammen

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

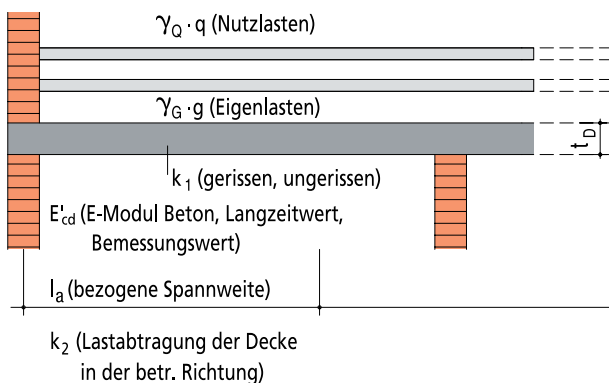
• Tragsicherheit

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

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

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_0 von 200 mm

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

h_0 : Schichthöhe = Höhe eines Steines plus einer Fuge (durch Einsetzen eines Wertes $h_0 \neq 200$ mm wird die Rissweite beeinflusst)

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

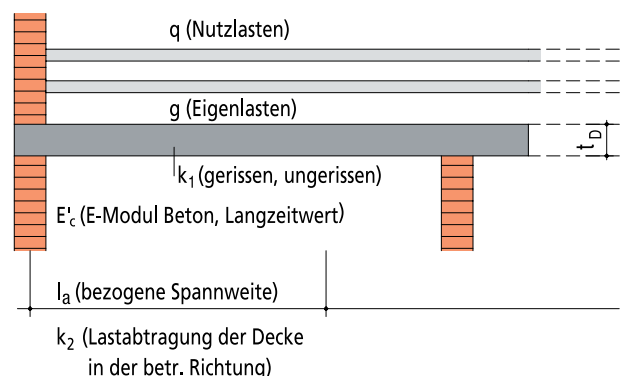
- Abszisse $h_{cr} \cdot \sqrt{\frac{N_x}{N_{xo}}}$

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

von Decke: $7.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{4.5}{2} \cdot 0.7 = 15.9 \text{ kN/m}^1$

$4.0 \cdot 1.50 \cdot \frac{4.5}{2} \cdot 0.7 = 9.5 \text{ kN/m}^1$

von Wand: $2.1 \cdot 1.35 \cdot 2.7 = 7.7 \text{ kN/m}^1$

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

(Reduktion für obere Geschosse unberücksichtigt)

• Nachweis Tragfähigkeit

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

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

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

$k_1 = 2$

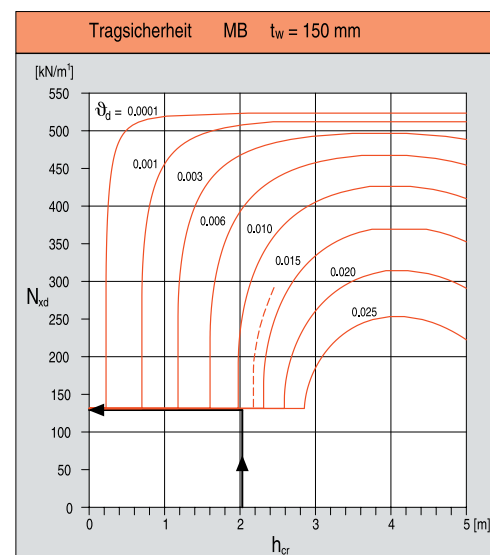
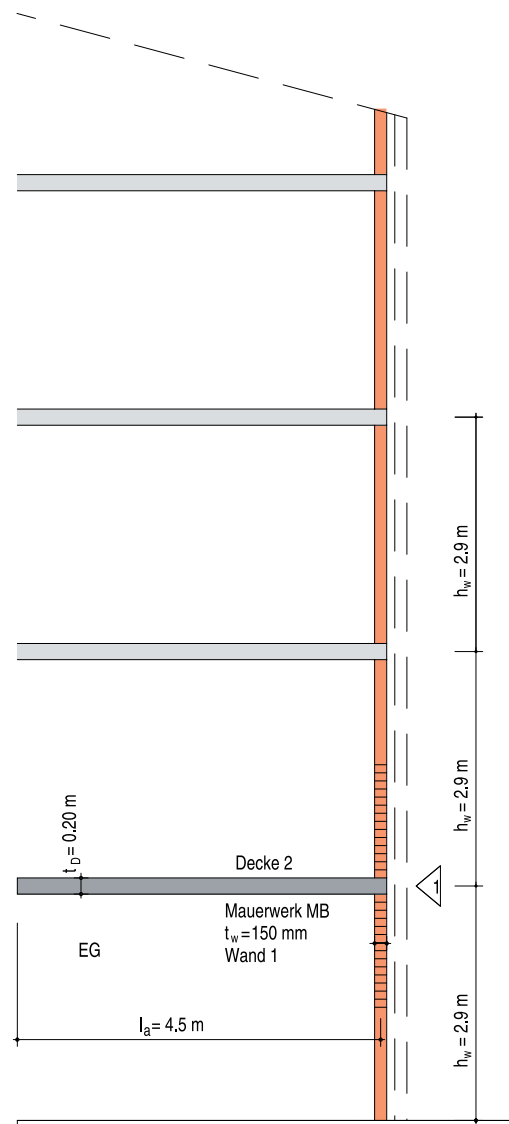
$\vartheta_d = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 4.0) \cdot 4.5^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.013 \text{ rad}$

Diagramm MB, $t_w = 150 \text{ mm}$ (S.13)

Nachweis:

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

Tragsicherheit nachgewiesen!



Rechenbeispiele

• 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:

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

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

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

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

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

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

Nachweis im untersten Geschoss, Wand 1:

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

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

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

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

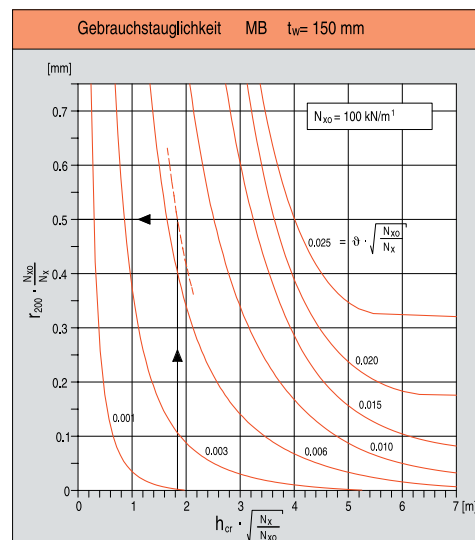
Rissweite:

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

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

Beurteilung:

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



Rechenbeispiele

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

$$\begin{aligned} \text{Wand von Obergeschoss: } N'_{xd} &= 300 \text{ kN/m}^1 \\ \text{Stahlbetondecke: } g &= 7.5 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Nutzlasten: } q &= 4.0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Normalkraft auf Wand

$$\text{mit } \gamma_G = 1.35, \gamma_Q = 1.50$$

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

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

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

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

• Nachweis Tragsicherheit

$$k_1 = \frac{2}{2 \cdot 0.8 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 4.0) \cdot 3.0^3}$$

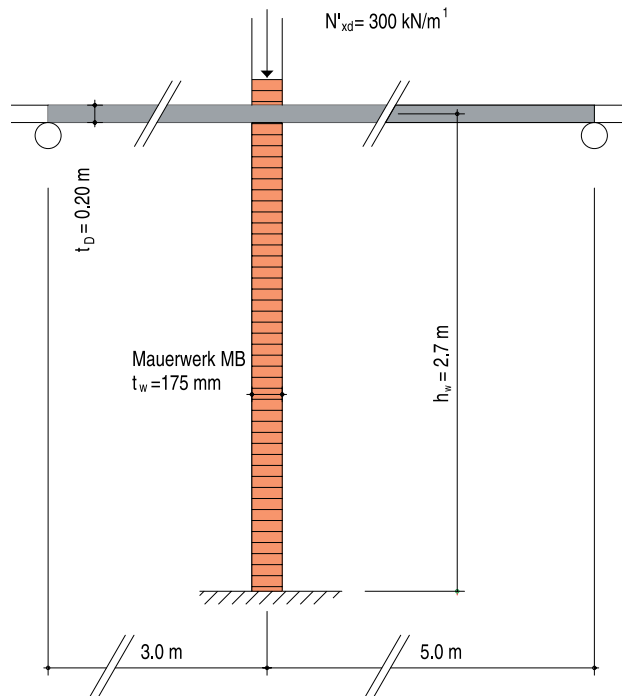
$$\vartheta_d = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 0.2^3} = 0.0044 \text{ rad}$$

Diagramm MB $t_w = 175 \text{ mm}$ (S.13)

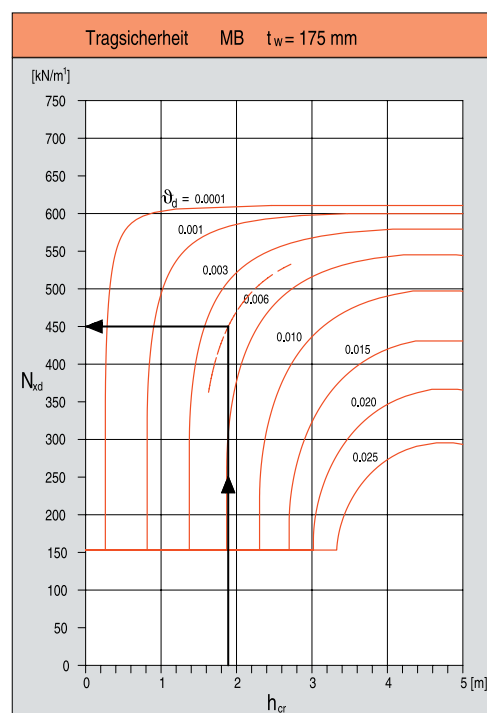
Nachweis

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

Tragsicherheit nachgewiesen!



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



Rechenbeispiele

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

$$\text{von Decke: } 7.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{3.8}{2} \cdot 0.8 = 15.4 \text{ kN/m}^1$$

$$2.0 \cdot 1.50 \cdot \frac{3.8}{2} \cdot 0.8 = 4.6 \text{ kN/m}^1$$

$$\text{von Wand: } 3.0 \cdot 1.35 \cdot 2.6 = 10.5 \text{ kN/m}^1$$

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

• Nachweis Tragsicherheit

4 Geschosse (+ Dachgeschoss)

im untersten Geschoss:

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

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

$$k_1 = 2$$

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

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

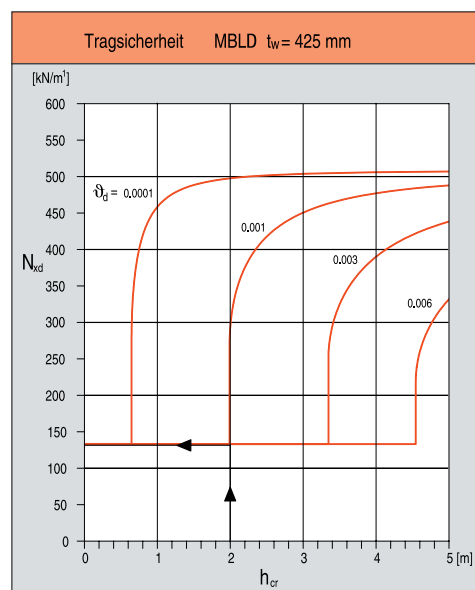
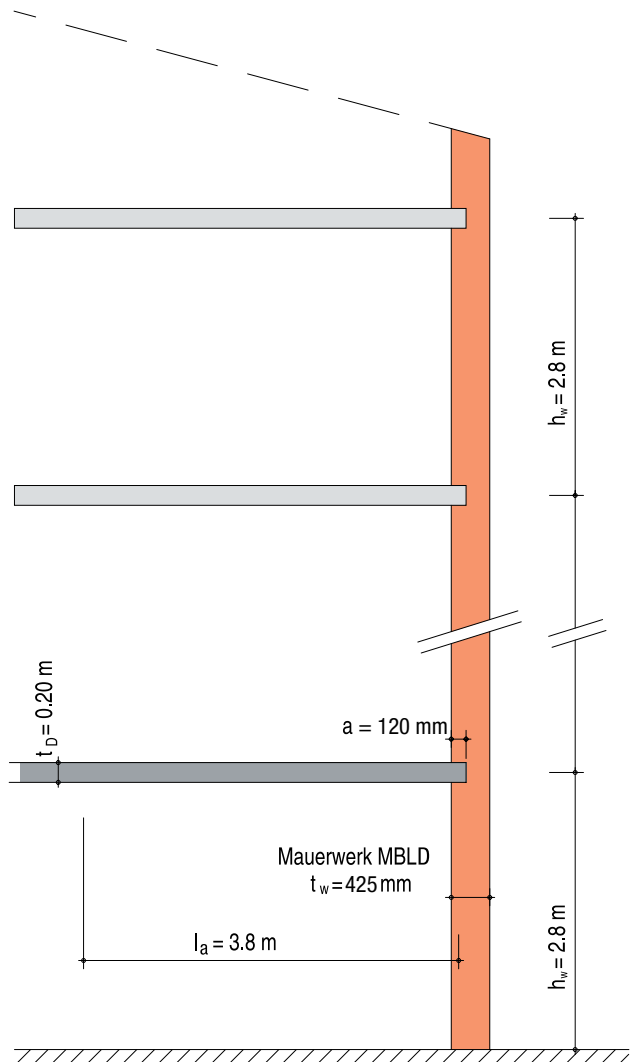
Nachweis:

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

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!



Rechenbeispiele

• 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, $t_w = 425 \text{ mm}$ (S.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.

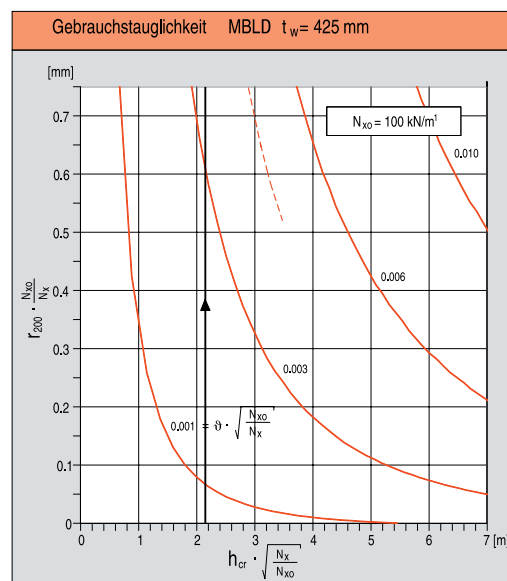


Diagramme Tragsicherheit

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

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

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

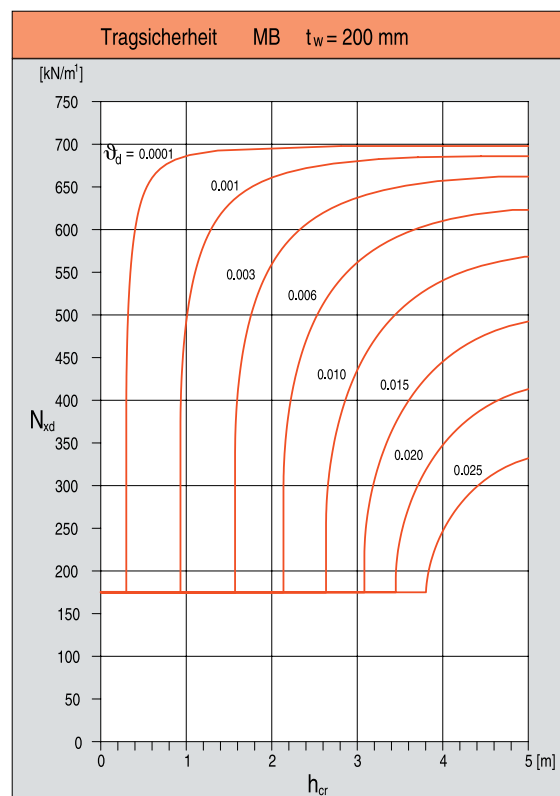
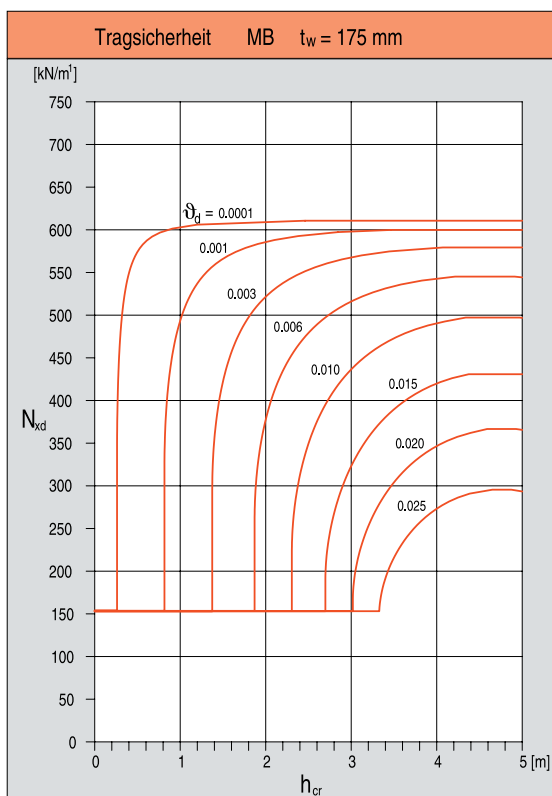
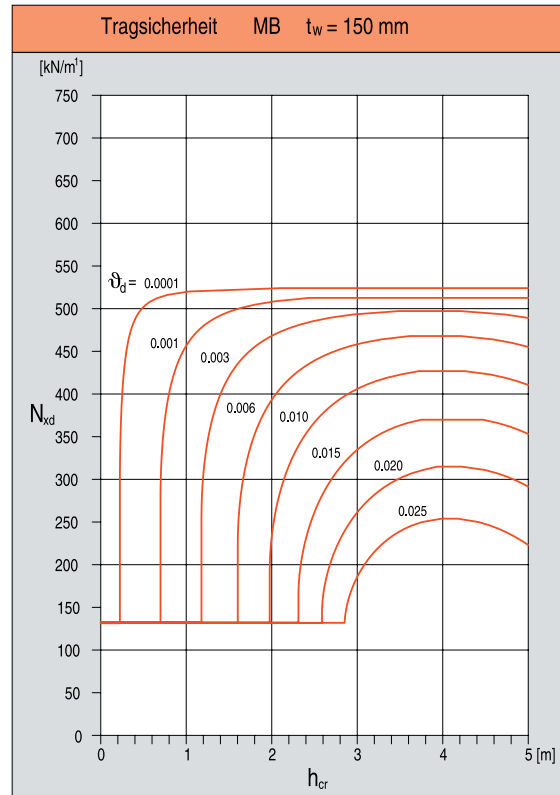
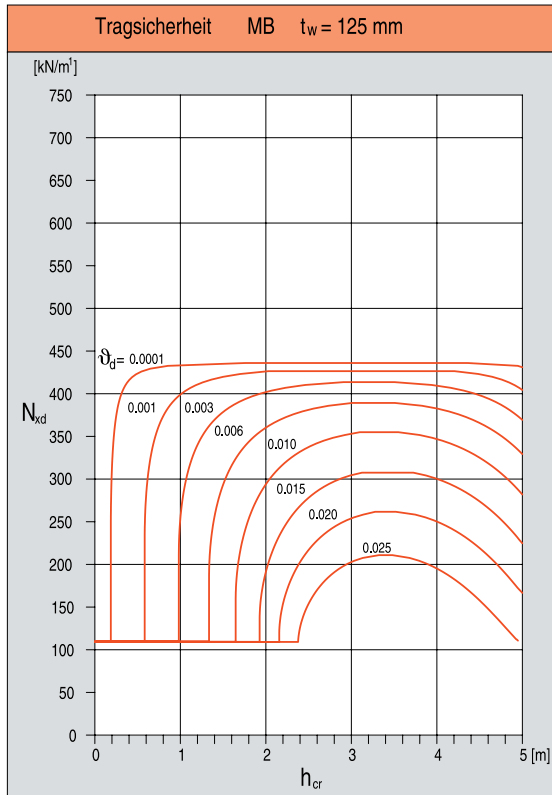


Diagramme Tragsicherheit

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

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

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

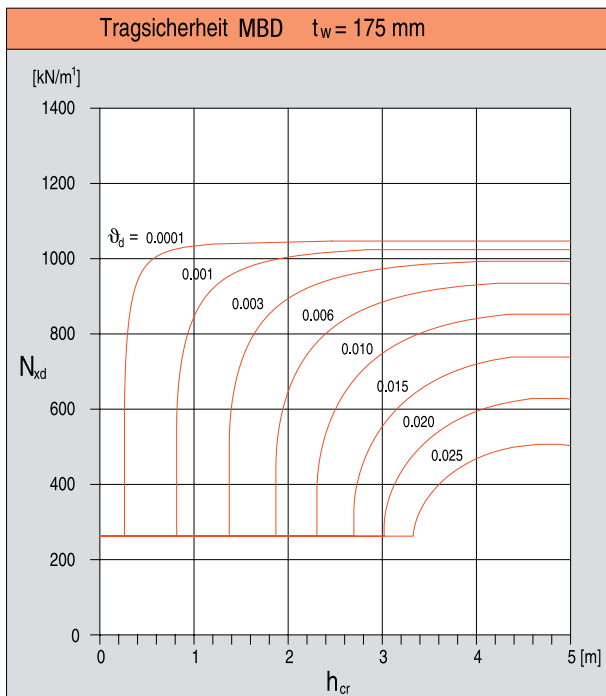
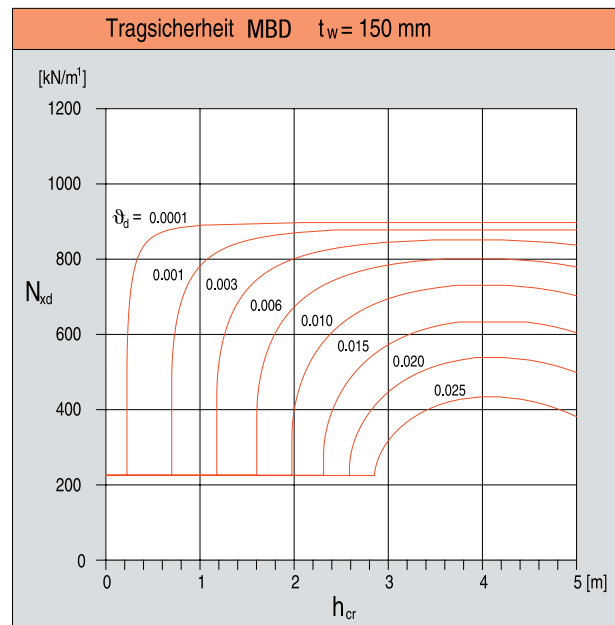
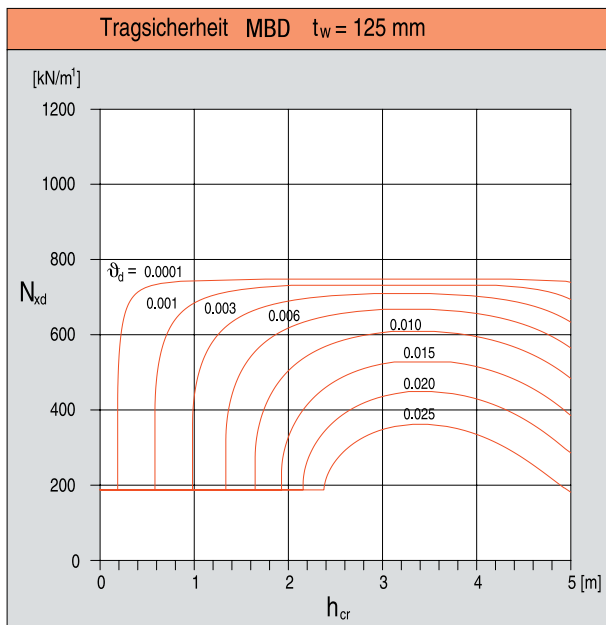


Diagramme Tragsicherheit

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

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

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

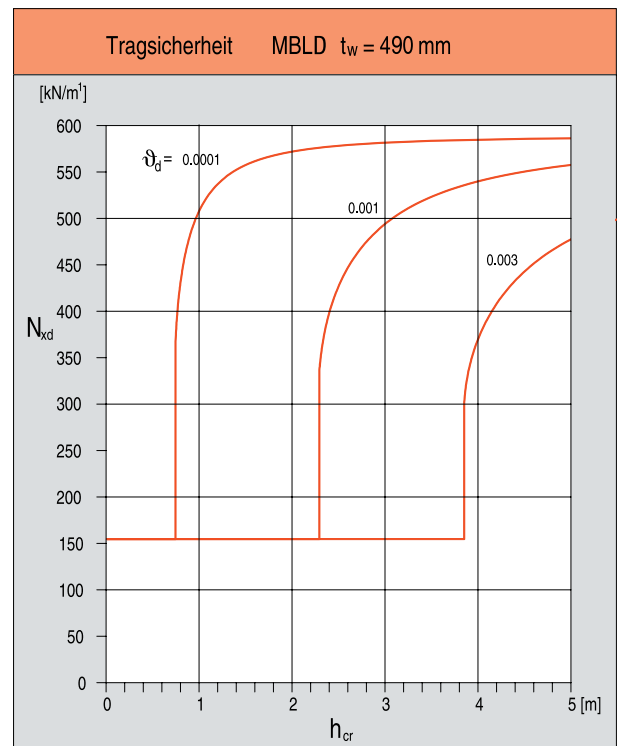
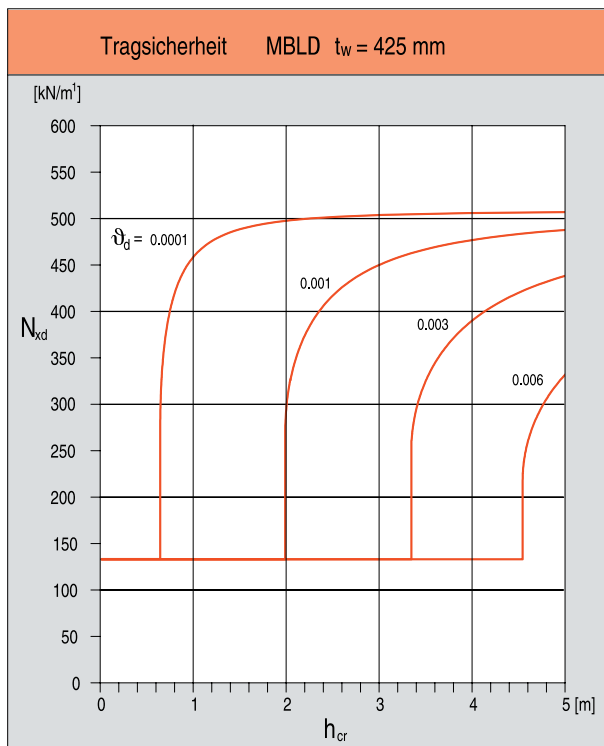
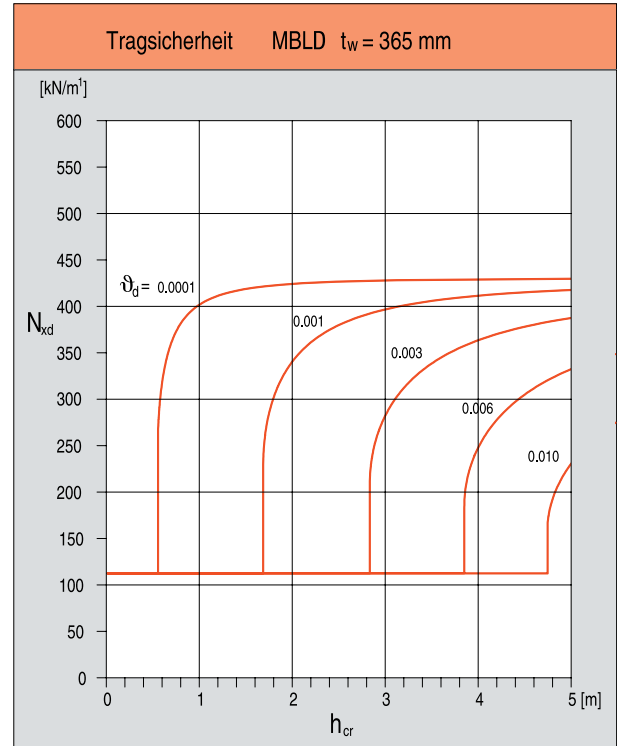
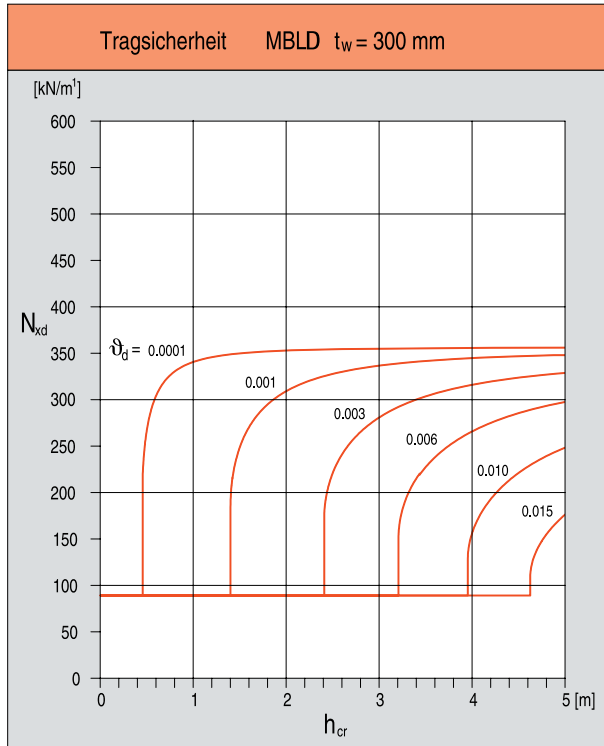


Diagramme Gebrauchstauglichkeit

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

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

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

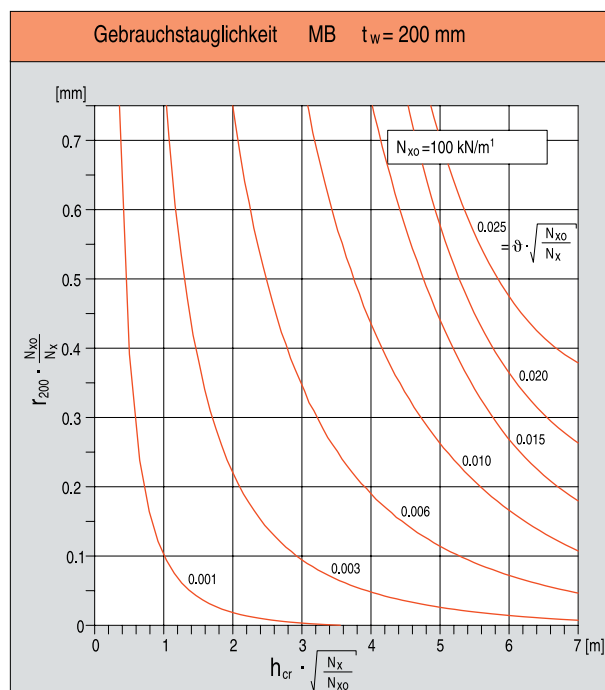
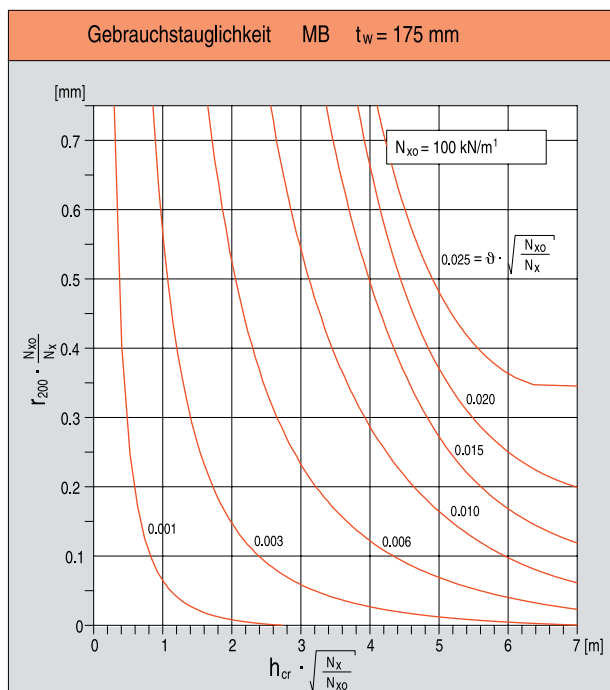
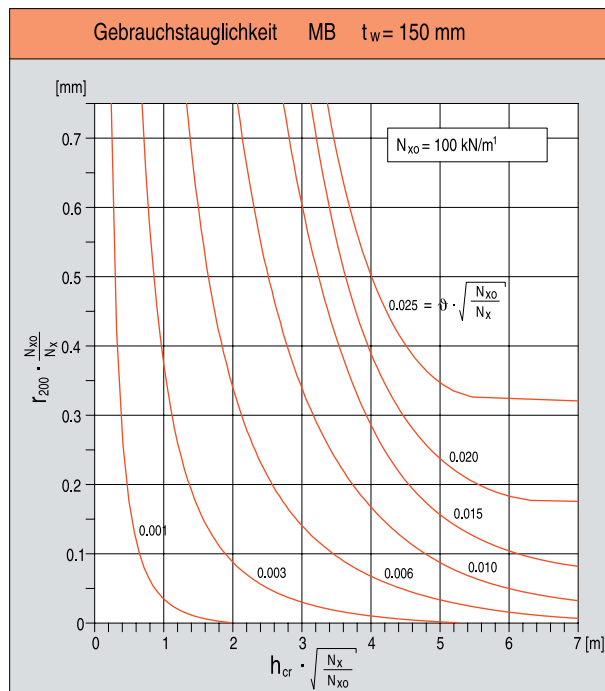
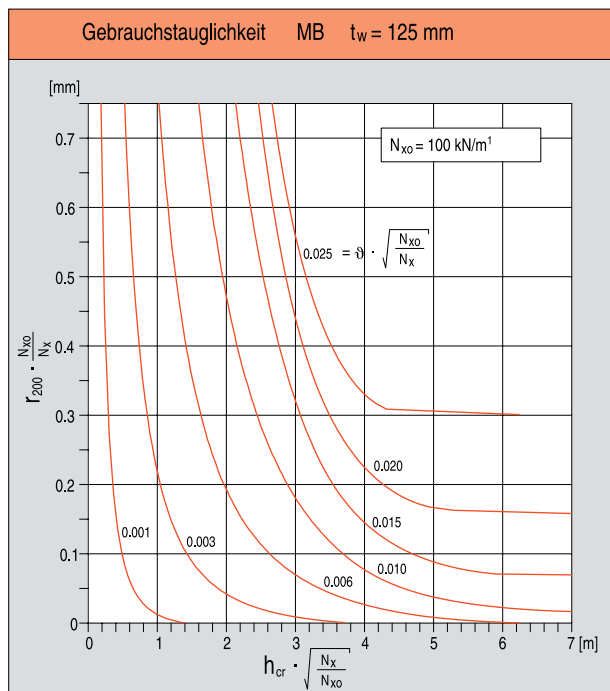


Diagramme Gebrauchstauglichkeit

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

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

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

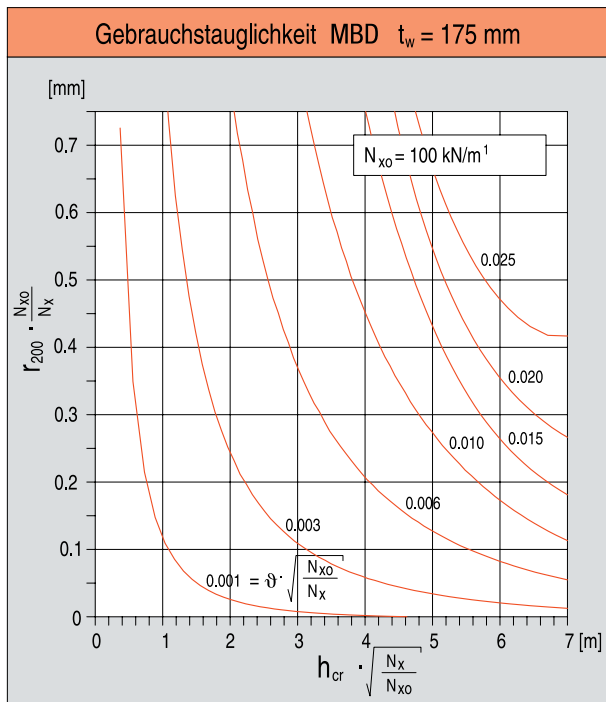
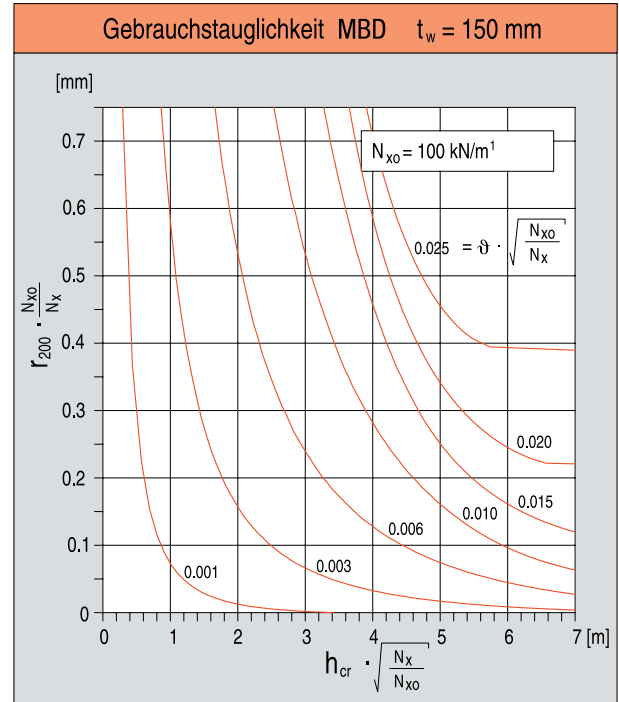
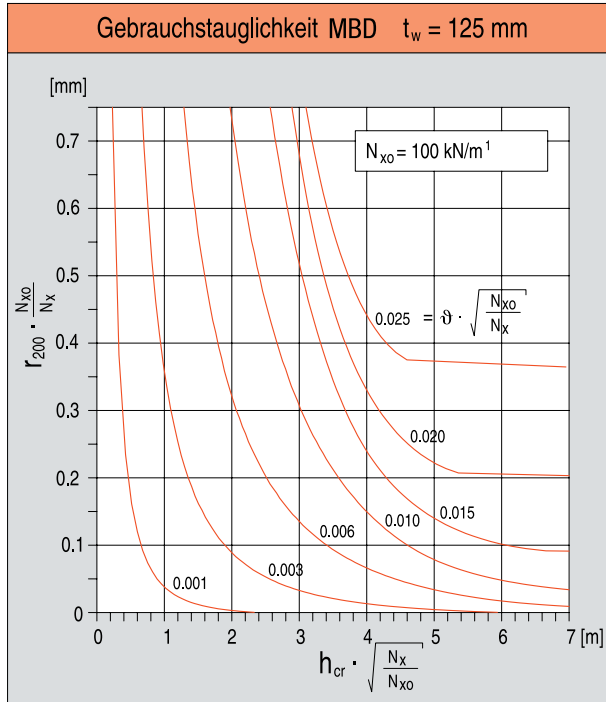
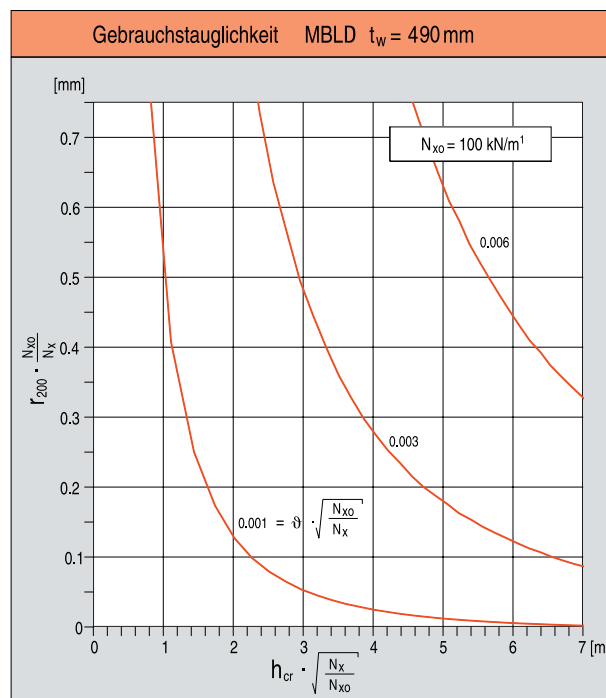
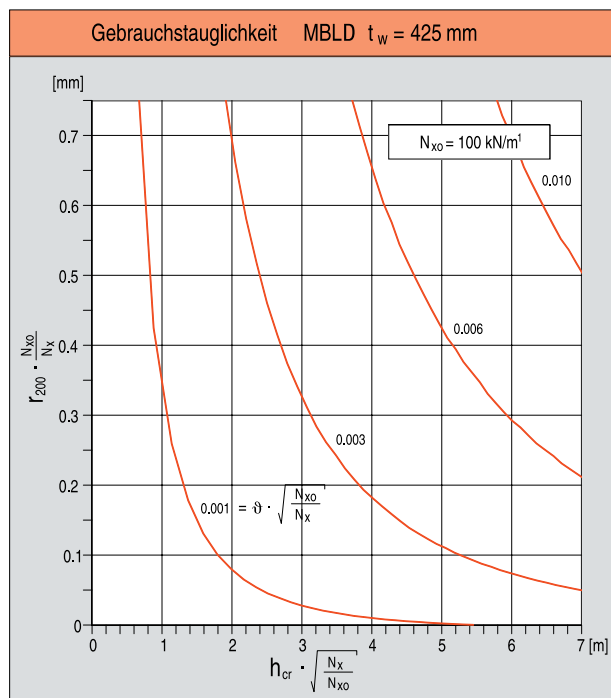
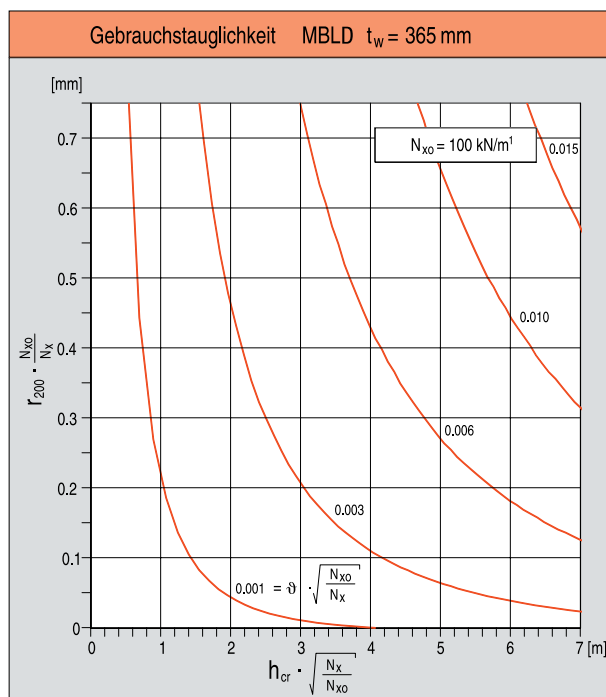
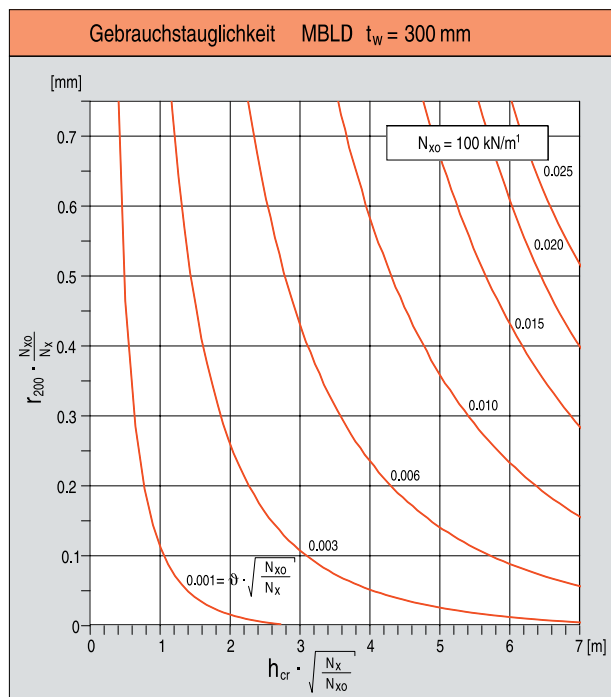


Diagramme Gebrauchstauglichkeit

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



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

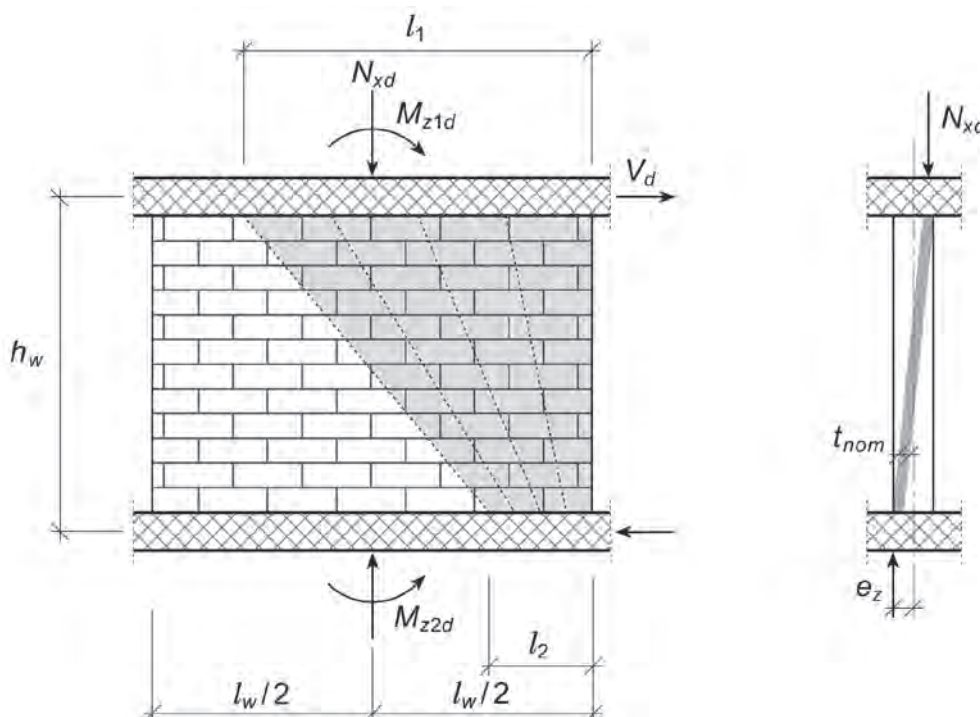
Die Ermittlung erfolgt mit der Länge l_1 und dem Faktor η . Die Länge l_1 ist im folgenden Bild definiert und beträgt

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

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

$$\eta_1 = t_{nom} / t_w = 1 - 2 e_z / t_w$$

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

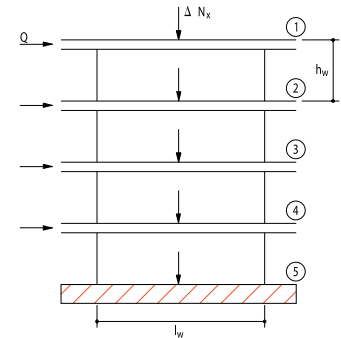


Schubbeanspruchung

Mauerwerkswand MBD

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

Geometrische Grössen	Baustoffkennwerte
$h_w = 2.5 \text{ m}$	$f_{xd} = 6.0 \text{ N/mm}^2$
$l_w = 7.0 \text{ m}$	$f_{yd} = 0.45 \cdot f_{xd} = 2.7 \text{ N/mm}^2$
$t_w = 150 \text{ mm}$	(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						
Wand- bereich	ΔN_{xd} [kN]	Q_d [kN]	V_d [kN]	N_{xd} [kN]	M_{zd} [kNm]	M_{zd} / N_{xd} [m]		l_1 [m]	l_2 [m]
1	228	90			0	0		7.00	
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 l_2 zu führen.

$$\frac{N_{xd}}{\eta \cdot l_1} = \frac{1160}{0.48 \cdot 4.98} = 485 \text{ kN/m}$$

$$\frac{l_1}{h_w} = \frac{4.98}{2.5} = 2.00$$

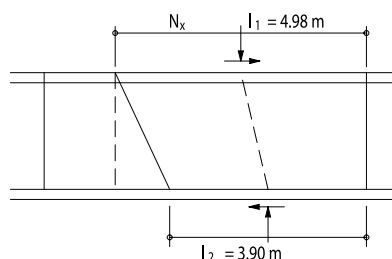


Diagramm MBD, $t_w = 150 \text{ mm}$ (S.23)

Schubnachweis:

$$\frac{V_d}{\eta \cdot l_1} = 138 \text{ kN/m} \rightarrow V_d = 138 \cdot 0.48 \cdot 4.98 = 330 \text{ kN/m}$$

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

Nachweis erfüllt!

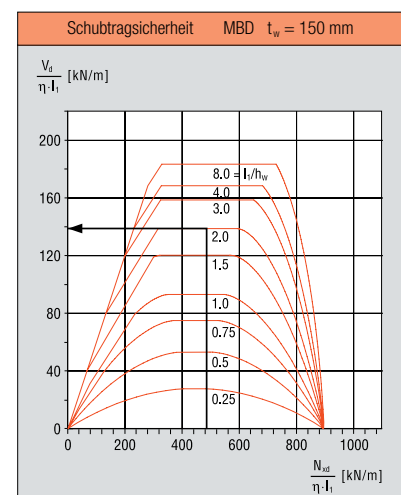


Diagramme Schubtragsicherheit

Schubbeanspruchung mit Normalkraft

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

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

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

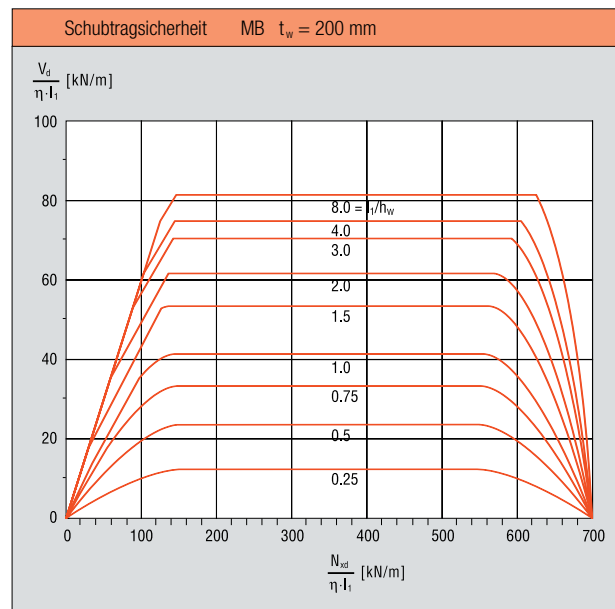
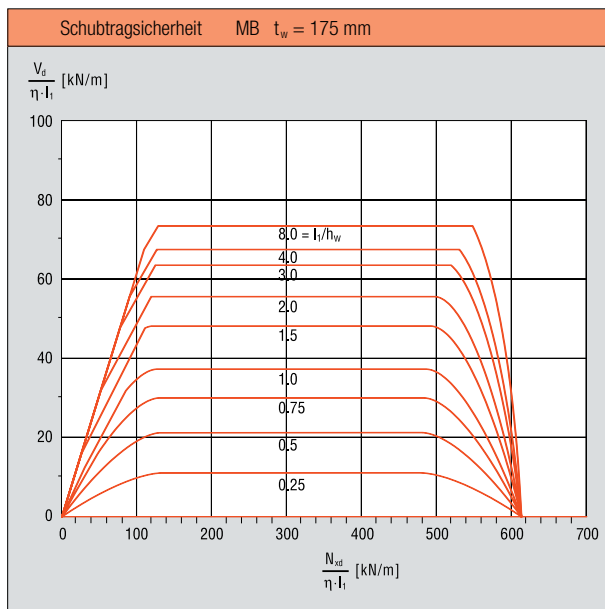
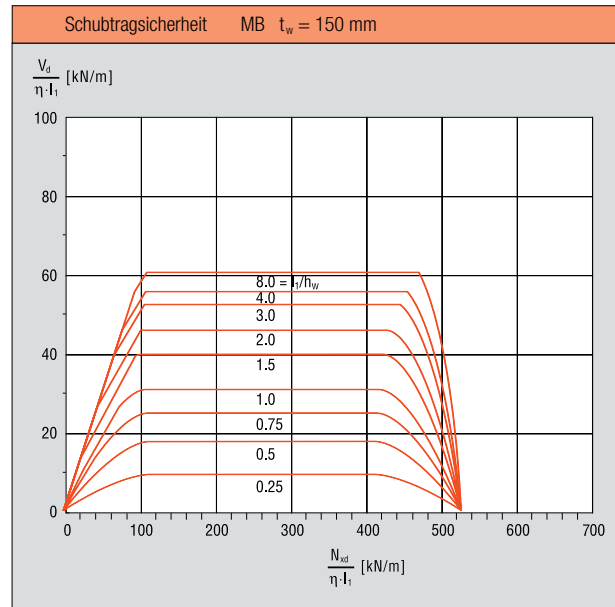
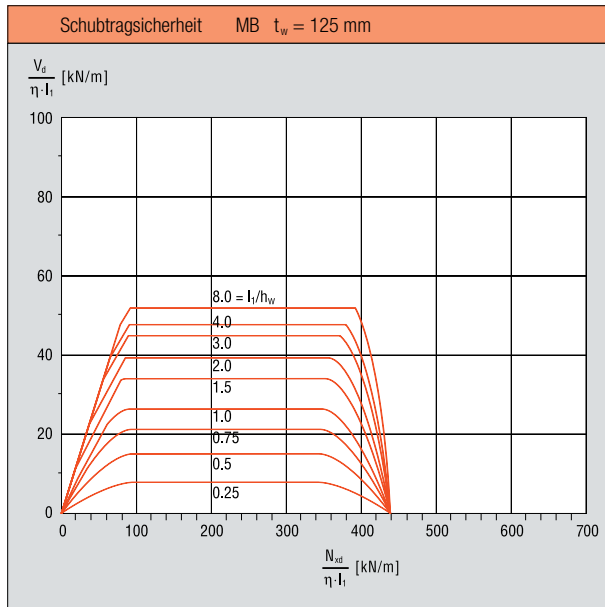


Diagramme Schubtragsicherheit

Schubbeanspruchung mit Normalkraft

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

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

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

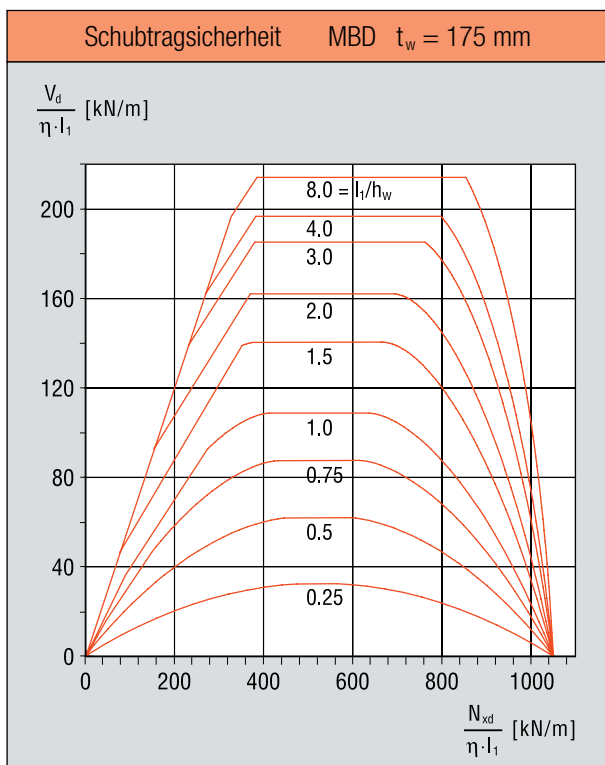
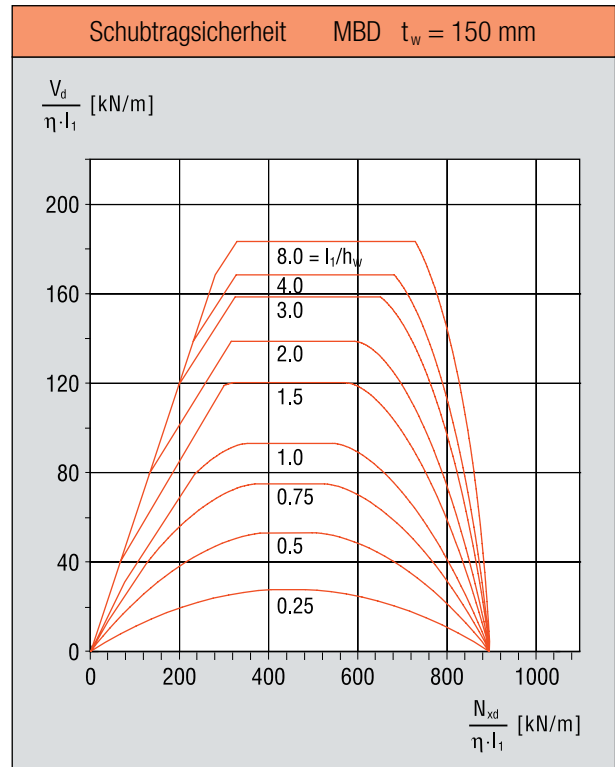
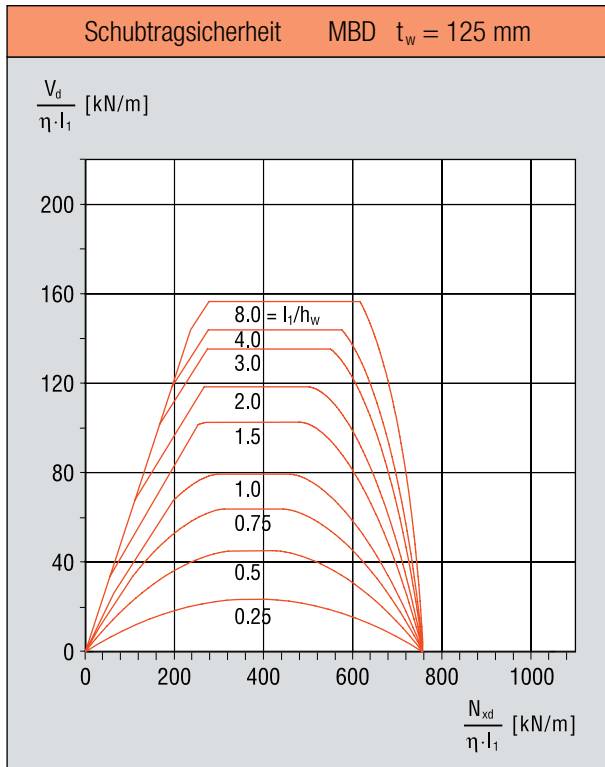


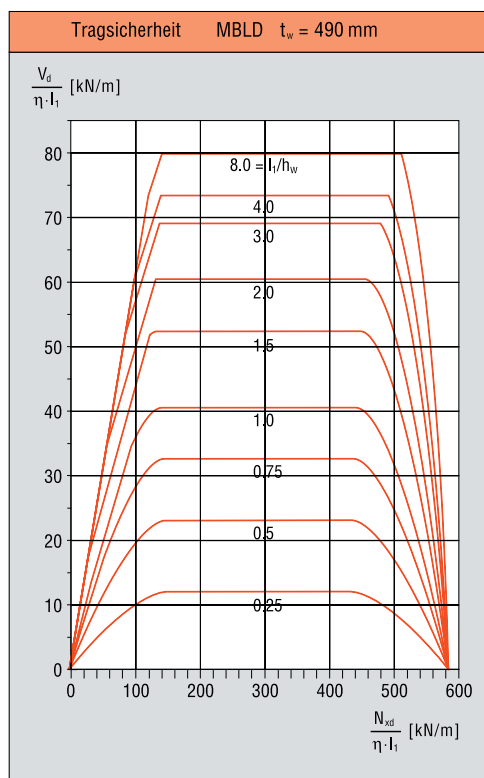
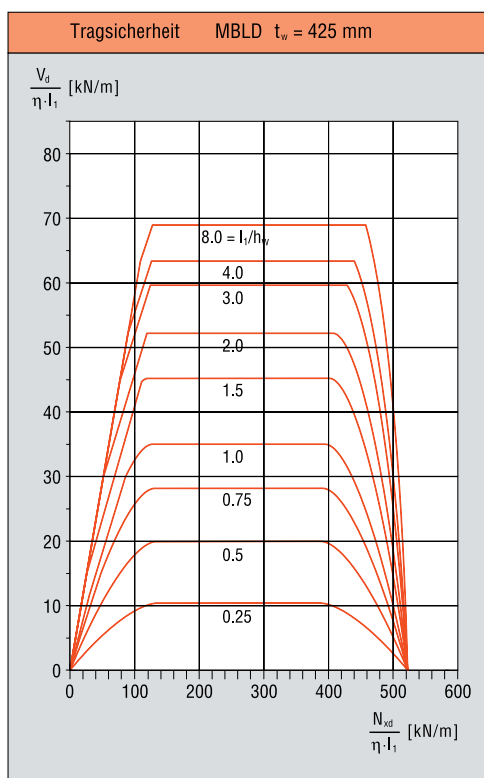
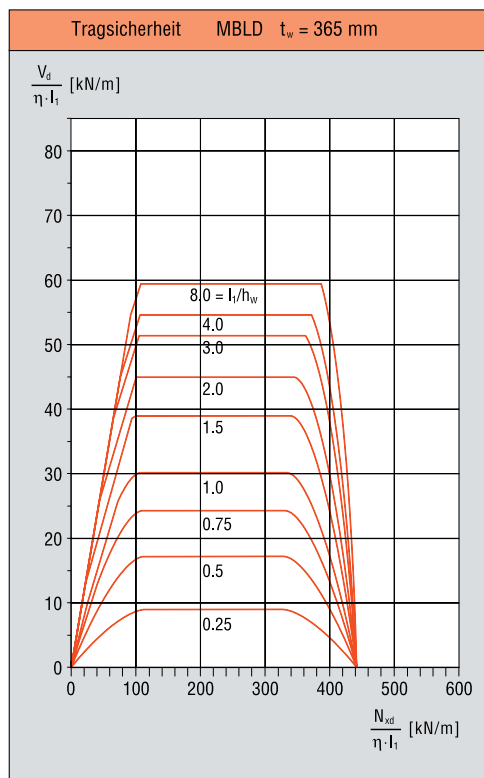
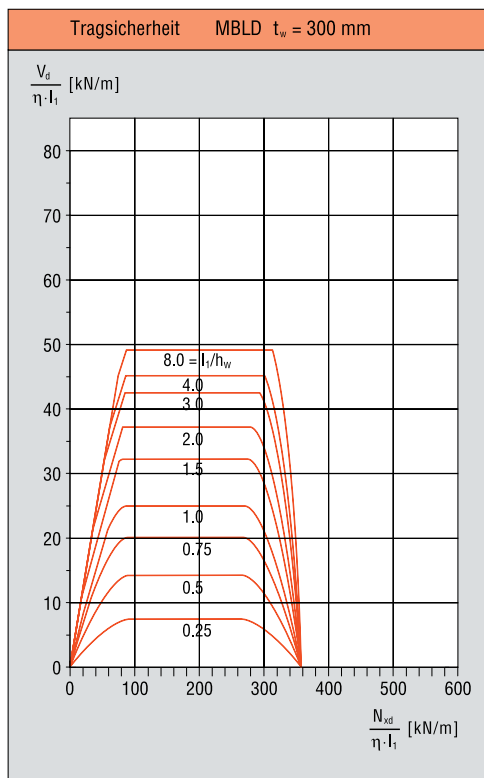
Diagramme Schubtragsicherheit

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



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 Biegewiderstandes 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:

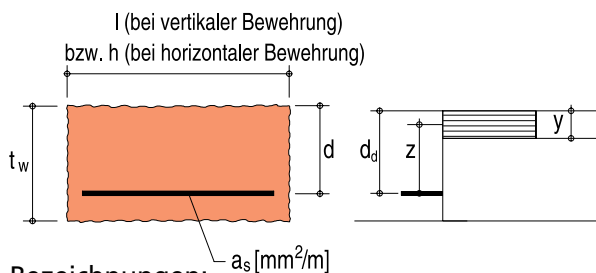
- Statische Höhe des bewehrten Mauerwerksquerschnittes: Der theoretische Wert bei mittiger Einmörtelung der Bewehrung wird zur Berücksichtigung der Bautoleranz um 10 mm reduziert.
- Die Druckzone des Querschnittes wird zur Berücksichtigung der Verformungsfähigkeit des Mauerwerks begrenzt auf $1/4$ der 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 [$d_d = d - 10$ 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 Biegewiderständen 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.

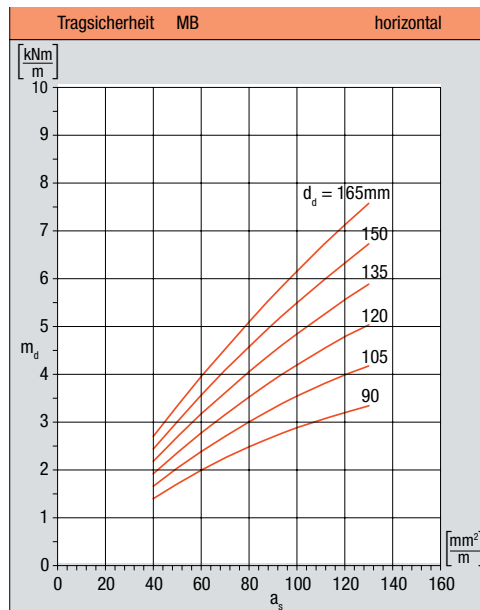
Bemessung auf Biegung mit Normalkraft

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

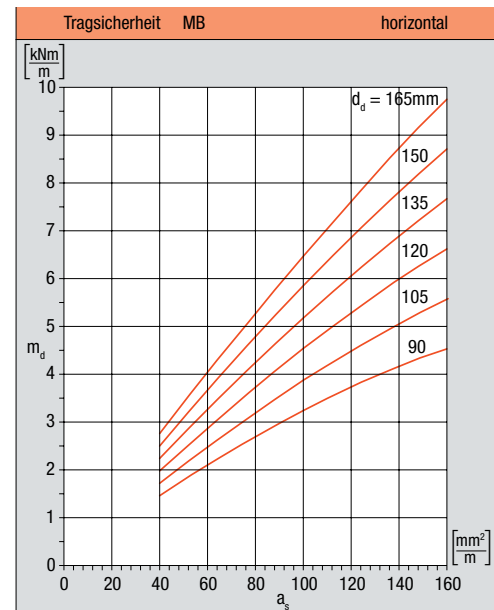
Bewehrtes Mauerwerk

In horizontaler Richtung bewehrtes Mauerwerk

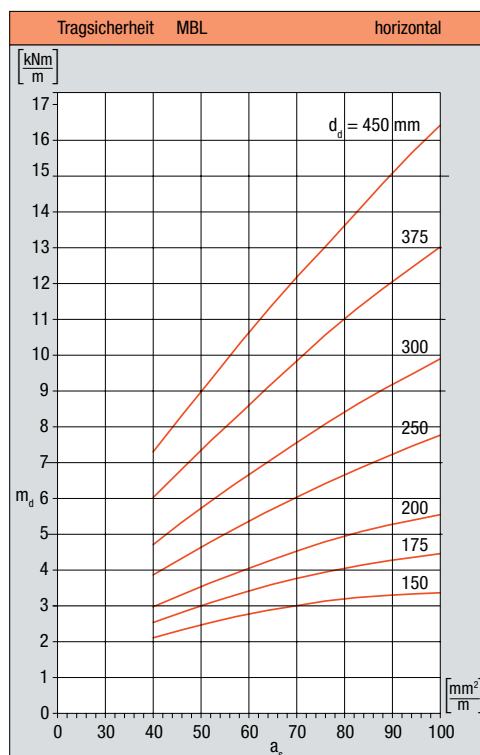
Mauerwerk MB bewehrt, knirsch vermauert $f_{yd} = 0.9 \text{ N/mm}^2$
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$



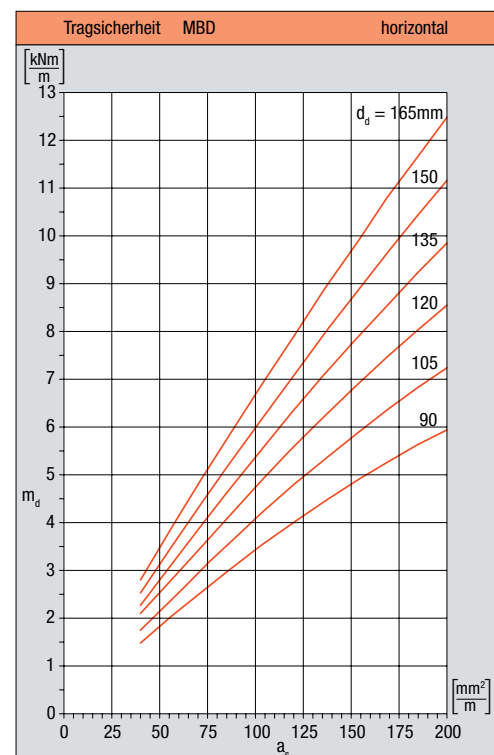
Mauerwerk MB bewehrt, vollfugig vermauert $f_{yd} = 1.4 \text{ N/mm}^2$
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$



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



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



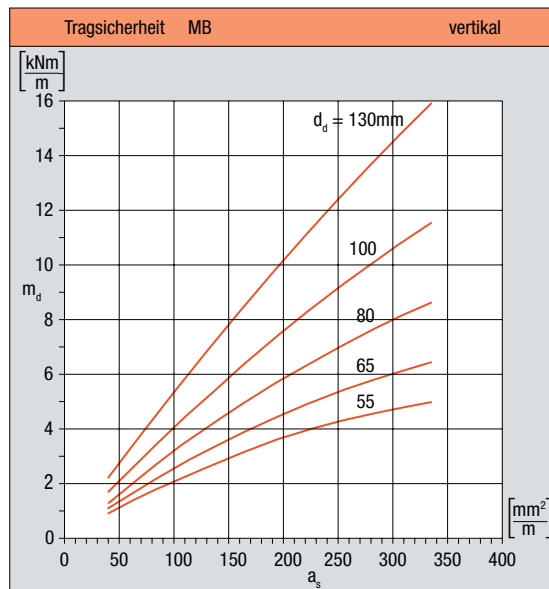
Bewehrtes Mauerwerk

In vertikaler Richtung bewehrtes Mauerwerk

**Mauerwerk MB,
bewehrt**

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

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



Orthogonal bewehrtes Mauerwerk

murfor® RE - Technische Kennwerte

Mauerwerksdruckfestigkeit		kg/m ² verputzt	Bew. Bauschalldämmmass R' _w [dB] (verputzt)
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}	RE 38/15 in kNm/m	RE 58/15 in kNm/m
B 12.5 RE	4	8
B 15 RE	4.5	9
B 17.5 RE	5	10

Mauerwerksbiegewiderstände Horizontal m _{Rx}	RE 38/15 in kNm/m	RE 58/15 in kNm/m
B 12.5 RE	6	6
B 15 RE	6	6
B 17.5 RE	6	6



Orthogonal bewehrtes Mauerwerk

murfor® RE - Bemessungshilfen

Annahmen: Lastfaktor $\gamma_Q = 1.4$

Widerstandsfaktoren

----- Bauzustand: $\gamma_R = 1.1$ (reduziert unter Berücksichtigung der Kurzfristigkeit)

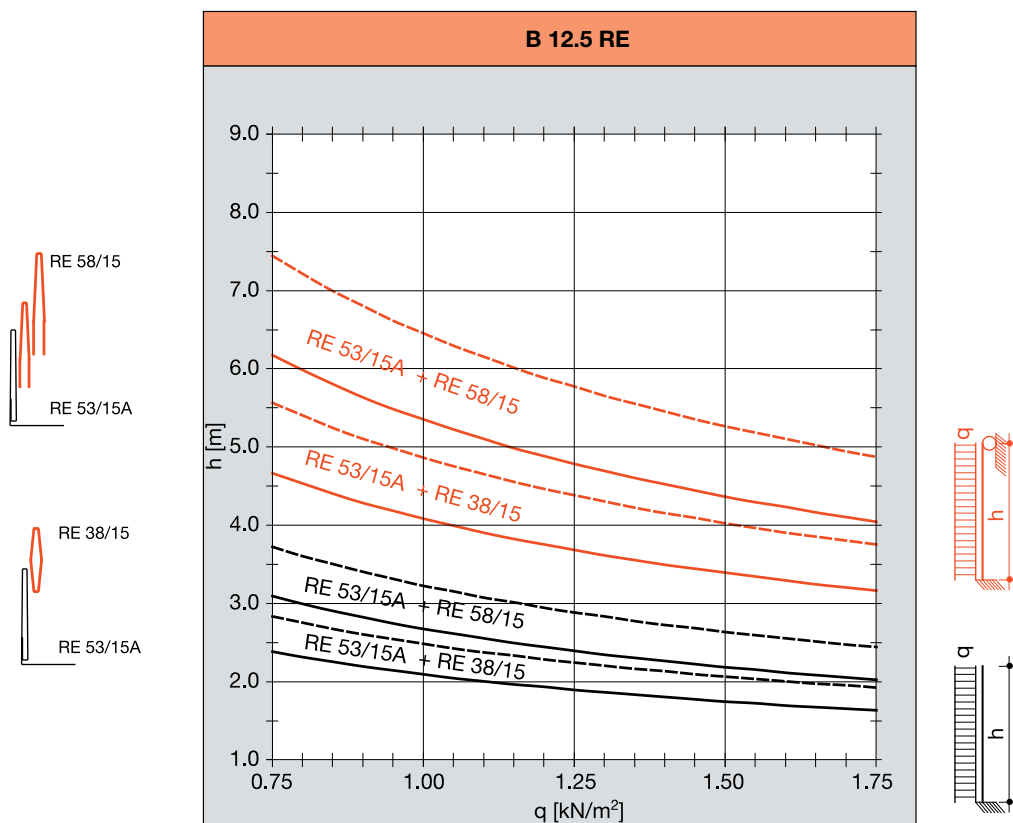
———— Endzustand: $\gamma_R = 1.6$ (Mittelwert zwischen unbewehrtem Mauerwerk und bewehrtem Beton)

Maximale vertikale Wandhöhe h in m

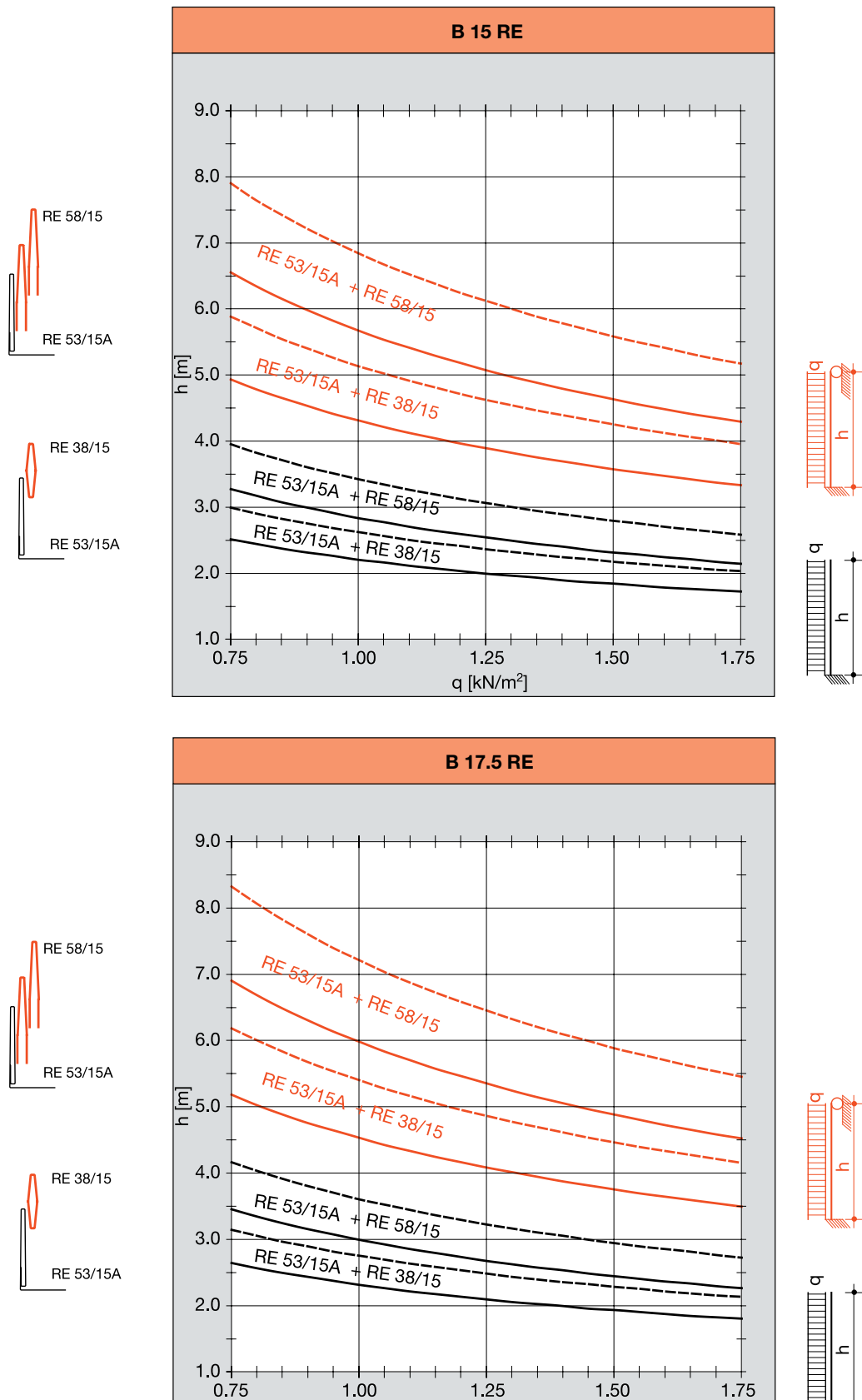
für eine globale Windkraft von 0.90 kN/m²

		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



Orthogonal bewehrtes Mauerwerk



Bemessungsgrundlagen

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.

© 2012 by Swissbrick AG