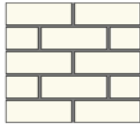


**Mauerwerksbemessung**

nach DIN EN 1996-1-1 (EC 6, 2.13), NA: Deutschland

Mauerwerk -  
Detailnachweise



**Abmessungen:**

dreiseitig gehaltene Wand  
Länge  $l_w = 1.750$  m  
Höhe  $h_w = 2.750$  m  
Dicke  $d_w = 24.0$  cm

**Nachweisbezogene Daten:**

Steinabmessungen:  
Länge  $l_{st} = 1$  mm  
Höhe  $h_{st} = 1$  mm  
Überbindemaß  $ü_{st} = 1$  mm  
schiefe Biegung berücksichtigen  
flächig aufgelagerte Massivdecke  
Wandscheibe unter Windbelastung

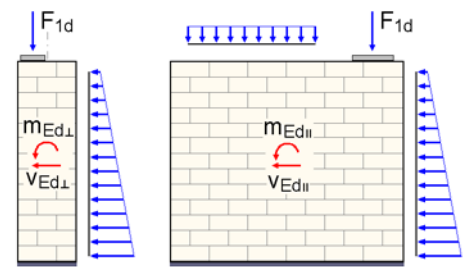
**Materialdaten:**

KS-R P (Vollstein) SFK 20 Gruppe 1  
KS-R-Plansteine  
Dünnbettmörtel (Stoßfugen unvermörtelt)

Sicherheitsbeiwert  $\gamma_{M0}$  für normale Einwirkungen  
Abminderungsbeiwert  $\eta$  für normale Einwirkungen

**Bemessungsgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit**

	$N_{Ed}$ kN	$M_{Edp}$ kNm	$V_{Edp}$ kN	$M_{Eds}$ kNm	$V_{Eds}$ kN	Nachw- punkt
1	-136.50	33.90	0.00	2.27	0.00	oben
2	-87.60	24.50	0.00	0.99	0.00	oben
3	-152.40	65.30	0.00	1.28	0.00	mittig
4	-99.40	55.80	0.00	0.99	0.00	mittig
5	-168.30	96.60	0.00	---	---	unten
6	-111.10	87.20	22.80	---	---	unten



p: Biegung in Wandebene (Scheibenwirkung), s: Biegung senkrecht zur Wand (Plattenwirkung)

**Ermittlung des Knicklängenbeiwerts**

$\rho_2 = 1.0$

dreiseitig gehaltene Wand:  $\beta_k = \rho_2 / (1 + (\alpha_3 \cdot \rho_2 \cdot h_w / (3 \cdot l_w))^2) = 0.785$  mit  $\alpha_3 = 1.00$

**Voraussetzungen**

SFK	MG	$f_k$ MN/m <sup>2</sup>	$\eta$	$\gamma_M$	$f_d$ MN/m <sup>2</sup>	$E_M$ MN/m <sup>2</sup>	$f_{bk}$ MN/m <sup>2</sup>	$f_{vk0}$ MN/m <sup>2</sup>	$f_{bt}$ MN/m <sup>2</sup>
20	DM	10.51	0.85	1.500	5.95	9980.8	25.00	0.22	0.80

SFK: Steifigkeitsklasse, MG: Mörtelgruppe

charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Mörtel  $f_k$ , Abminderungsbeiwert  $\eta$

Material sicherheit  $\gamma_M = k_0 \cdot \gamma_{M0}$ , Bemessungsdruckfestigkeit  $f_d = \eta \cdot f_k / \gamma_M$ , Elastizitätsmodul  $E_M$

normierte Mauersteindruckfestigkeit  $f_{bk}$ , charakteristische Haftscherfestigkeit  $f_{vk0}$ , rechnerische Steinzugfestigkeit  $f_{bt}$

Berechnung der charakteristischen Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Mörtel:

$f_k = K \cdot f_{bk}^\alpha = 10.51$  MN/m<sup>2</sup>,  $K = 0.80$ ,  $\alpha = 0.800$ ,  $f_{bk} = 25.00$  MN/m<sup>2</sup>

Gesamtfläche des Querschnitts  $A = 0.420$  m<sup>2</sup> = 4200 cm<sup>2</sup>  $\Rightarrow k_0 = 1$

Sicherheitsbeiwert  $\gamma_M = k_0 \cdot \gamma_{M0} = 1.500$ ,  $\gamma_{M0} = 1.50$

**Nachweis der Knicksicherheit:**

Knicklänge  $h_k = \beta_k \cdot h_w = 2.158$  m mit  $\beta_k = 0.785$  (Stahlbetondecke)

Schlankheit  $\lambda_s = h_k / d_w = 8.99 \leq 27 \Rightarrow$  ok

Endkriechzahl (s. Tabelle NA.13)  $\phi_\infty = 1.5$

Grenzschlankheit (s. Tabelle NA.17)  $\lambda_c = 12$

**Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung**

im Grenzzustand der Tragfähigkeit

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 1 (oben):  $N_{Ed} = 136.50$  kN  $M_{Ed} = 2.27$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed} / N_{Ed} = 1.66$  cm  $> 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $< d_w / 6 = 4.00$  cm

$\Phi = 1 - 2 \cdot e / d_w = 0.86$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 2153.93$  kN  $> N_{Ed} = 136.50$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed} / N_{Rd} = 0.063 \leq 1 \Rightarrow$  ok

**in Wandebene:**

LF 1 (oben):  $N_{Ed} = 136.50$  kN  $M_{Ed} = 33.90$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed} / N_{Ed} = 0.248$  m  $> 0.05 \cdot l_w = 0.088$  m  $< l_w / 6 = 0.292$  m

$\Phi = 1 - 2 \cdot e / l_w = 0.72$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 1790.75$  kN  $> N_{Ed} = 136.50$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_p = N_{Ed} / N_{Rd} = 0.076 \leq 1 \Rightarrow$  ok

**in zwei Richtungen:**

LF 1 (oben):  $N_{Ed} = 136.50$  kN

Abminderungsfaktor  $\Phi = \Phi_{0,us} \cdot \Phi_{0,up} = 0.62$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 1542.58$  kN  $> N_{Ed} = 136.50$  kN



Querschnittsausnutzung  $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.088 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 2 (oben):  $N_{Ed} = 87.60$  kN  $M_{Ed} = 0.99$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 1.13$  cm  $< 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $< d_w/6 = 4.00$  cm

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 2250.41$  kN  $> N_{Ed} = 87.60$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.039 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in Wandebene:**

LF 2 (oben):  $N_{Ed} = 87.60$  kN  $M_{Ed} = 24.50$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.280$  m  $> 0.05 \cdot l_w = 0.088$  m  $< l_w/6 = 0.292$  m

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/l_w = 0.68$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 1701.22$  kN  $> N_{Ed} = 87.60$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.051 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in zwei Richtungen:**

LF 2 (oben):  $N_{Ed} = 87.60$  kN

Abminderungsfaktor  $\Phi = \Phi_{o,us} \cdot \Phi_{o,up} = 0.61$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 1531.10$  kN  $> N_{Ed} = 87.60$  kN

Querschnittsausnutzung  $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.057 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 3 (mittig):  $N_{Ed} = 152.40$  kN  $M_{Ed} = 1.28$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.84$  cm  $< 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $\Rightarrow e = 1.20$  cm  $< d_w/6 = 4.00$  cm

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 2250.41$  kN  $> N_{Ed} = 152.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.068 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in Wandebene:**

LF 3 (mittig):  $N_{Ed} = 152.40$  kN  $M_{Ed} = 65.30$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.428$  m  $> 0.05 \cdot l_w = 0.088$  m  $\leq l_w/3 = 0.583$  m

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/l_w = 0.51$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 1276.01$  kN  $> N_{Ed} = 152.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.119 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in zwei Richtungen:**

LF 3 (mittig):  $N_{Ed} = 152.40$  kN

Abminderungsfaktor  $\Phi = \Phi_{o,us} \cdot \Phi_{o,up} = 0.46$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 1148.41$  kN  $> N_{Ed} = 152.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.133 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 4 (mittig):  $N_{Ed} = 99.40$  kN  $M_{Ed} = 0.99$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 1.00$  cm  $< 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $\Rightarrow e = 1.20$  cm  $< d_w/6 = 4.00$  cm

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 2250.41$  kN  $> N_{Ed} = 99.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.044 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in Wandebene:**

LF 4 (mittig):  $N_{Ed} = 99.40$  kN  $M_{Ed} = 55.80$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.561$  m  $> 0.05 \cdot l_w = 0.088$  m  $\leq l_w/3 = 0.583$  m

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/l_w = 0.36$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 896.25$  kN  $> N_{Ed} = 99.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.111 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in zwei Richtungen:**

LF 4 (mittig):  $N_{Ed} = 99.40$  kN

Abminderungsfaktor  $\Phi = \Phi_{o,us} \cdot \Phi_{o,up} = 0.32$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 806.63$  kN  $> N_{Ed} = 99.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.123 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 5 (unten):  $N_{Ed} = 168.30$  kN  $M_{Ed} = 0.00$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.00$  cm  $< 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $\Rightarrow e = 1.20$  cm  $< d_w/6 = 4.00$  cm

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 2250.41$  kN  $> N_{Ed} = 168.30$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.075 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in Wandebene:**

LF 5 (unten):  $N_{Ed} = 168.30$  kN  $M_{Ed} = 96.60$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.574$  m  $> 0.05 \cdot l_w = 0.088$  m  $\leq l_w/3 = 0.583$  m

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/l_w = 0.34$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 860.23$  kN  $> N_{Ed} = 168.30$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.196 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**in zwei Richtungen:**

LF 5 (unten):  $N_{Ed} = 168.30$  kN

Abminderungsfaktor  $\Phi = \Phi_{o,us} \cdot \Phi_{o,up} = 0.31$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 774.20$  kN  $> N_{Ed} = 168.30$  kN

Querschnittsausnutzung  $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.217 \leq 1 \Rightarrow$  **ok**

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 6 (unten):  $N_{Ed} = 111.10$  kN  $M_{Ed} = 0.00$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.00$  cm  $< 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $\Rightarrow e = 1.20$  cm  $< d_w/6 = 4.00$  cm

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 2250.41$  kN  $> N_{Ed} = 111.10$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.049 \leq 1 \Rightarrow$  ok

**in Wandebene:**

LF 6 (unten):  $N_{Ed} = 111.10$  kN  $M_{Ed} = 87.20$  kNm

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.785$  m  $> 0.05 \cdot l_w = 0.088$  m  $> l_w/3 = 0.583$  m !

$\Phi = 1 - 2 \cdot e/l_w = 0.10$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 257.54$  kN  $> N_{Ed} = 111.10$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.431 \leq 1 \Rightarrow$  ok

**in zwei Richtungen:**

LF 6 (unten):  $N_{Ed} = 111.10$  kN

Abminderungsfaktor  $\Phi = \Phi_{0,us} \cdot \Phi_{0,up} = 0.09$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d = 231.78$  kN  $> N_{Ed} = 111.10$  kN

Querschnittsausnutzung  $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.479 \leq 1 \Rightarrow$  ok

## Nachweis der Knicksicherheit

im Grenzzustand der Tragfähigkeit

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 3 (mittig):  $N_{Ed} = 152.40$  kN  $M_{Ed} = 1.28$  kNm

Lastausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.84$  cm

Kriechausmitte  $e_{mk} = 0$ , da  $\lambda = 8.99 \leq \lambda_c = 12$

Gesamtausmitte  $e_m = e + e_{mk} + e_{init} = 1.32$  cm  $> 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $< d_w/6 = 4.00$  cm

$\Phi_0 = 1 - 2 \cdot e_{mk}/d_w = 0.89$

$\Phi_m = 1.14 \cdot \Phi_0 - 0.024 \cdot \lambda = 0.80 < \Phi_0 = 0.89$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 1997.52$  kN  $> N_{Ed} = 152.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.076 \leq 1 \Rightarrow$  ok

**senkrecht zur Wandebene:**

LF 4 (mittig):  $N_{Ed} = 99.40$  kN  $M_{Ed} = 0.99$  kNm

Lastausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 1.00$  cm

Kriechausmitte  $e_{mk} = 0$ , da  $\lambda = 8.99 \leq \lambda_c = 12$

Gesamtausmitte  $e_m = e + e_{mk} + e_{init} = 1.48$  cm  $> 0.05 \cdot d_w = 1.20$  cm  $< d_w/6 = 4.00$  cm

$\Phi_0 = 1 - 2 \cdot e_{mk}/d_w = 0.88$

$\Phi_m = 1.14 \cdot \Phi_0 - 0.024 \cdot \lambda = 0.78 < \Phi_0 = 0.88$

aufnehmbare Normalkraft  $N_{Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 1960.44$  kN  $> N_{Ed} = 99.40$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.051 \leq 1 \Rightarrow$  ok

## Nachweis bei Schubbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit

**in Wandebene (Scheibenschub):**

LF 6 (unten):  $N_{Ed} = 111.10$  kN  $M_{Ed} = 87.20$  kNm  $V_{Ed} = 22.80$  kN

Ausmitte  $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.785$  m  $> l_w/3 = 0.583$  m !

Länge des überdrückten Querschnitts  $l_c = 1.5 \cdot (l_w - 2 \cdot e) \leq l_w \Rightarrow l_c = 0.270$  m

rechnerische Wandlänge (Windscheibe)  $\alpha_s = \min(1.125 \cdot l_w, 1.333 \cdot l_c) = 0.360$  m

Fläche des überdrückten Querschnitts  $A_c = l_c \cdot d_w = 0.065$  m<sup>2</sup>

Bemessungswert der Druckspannung  $\sigma_{Dd} = N_{Ed}/A_c = 1.71$  N/mm<sup>2</sup>

Haftscherfestigkeit  $f_{vk0} = 0.11$  N/mm<sup>2</sup> (Stoßfugen unvermörtelt)

charakteristische Schubfestigkeit  $f_{vk1} = f_{vk0} + \mu \cdot \sigma_{Dd} = 0.79$  N/mm<sup>2</sup> mit  $\mu = 0.4$

$f_{vk2} = 0.45 \cdot f_{bt} \cdot \sqrt{1 + \sigma_{Dd}/f_{bt}} = 0.64$  N/mm<sup>2</sup>

Bemessungswert der Schubfestigkeit  $f_{vd} = \min(f_{vk1}, f_{vk2})/\gamma_M = 0.43$  N/mm<sup>2</sup>

Faktor für die Schubspannungsverteilung (für  $h_w/l_w \leq 1.0$ )  $1.0 \leq c \leq 1.5$  (für  $h_w/l_w \geq 2.0$ )

$\Rightarrow c = 1.29$  für  $h_w/l_w = 1.57$

aufnehmbare Querkraft  $V_{Rd} = \alpha_s \cdot f_{vd} \cdot d_w/c = 28.61$  kN  $> V_{Ed} = 22.80$  kN

Querschnittsausnutzung  $U_p = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.797 \leq 1 \Rightarrow$  ok

## Fazit

**Alle Nachweise konnten erfolgreich durchgeführt werden.**

maximale Ausnutzung  $U_{max} = 0.797$

**Beachte:**

Stahlbetondecke: Auflagertiefe der Decke auf die Wand  $a \geq 16.0$  cm

Schubnachweis: Bei Ansatz der Anfangsscherfestigkeit ist der Randdehnungsnachweis zu führen

## Vorschriften

DIN EN 1996-1-1, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten -

Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk;

Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005 + A1:2012, Ausgabe Februar 2013

DIN EN 1996-1-1/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1996-1-1, Ausgabe Dezember 2019

