

Bemessung einer Mauerwerkswand

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

Abmessungen:

zweiseitig gehaltene Außenwand
 Wandlänge $l_w = 1.965 \text{ m}$
 Wandhöhe $h_w = 2.600 \text{ m}$ (lichte Geschosshöhe)
 Wanddicke $d_w = 30.0 \text{ cm}$

Materialdaten:

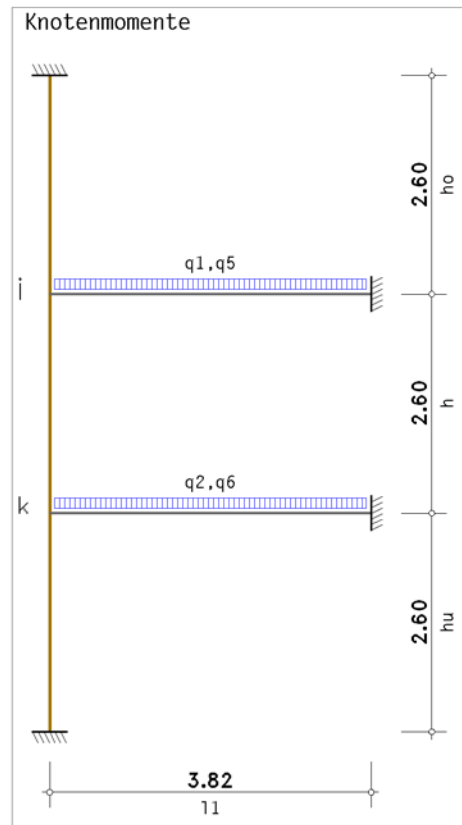
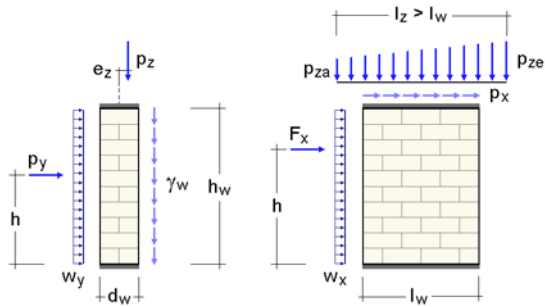
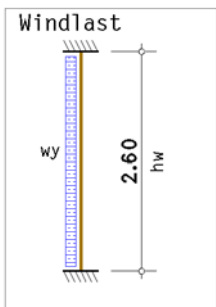
T16 (Hochlochstein) SFK 8 Gruppe 1
 Poroton-T16-Planhochlochziegel
 Mauerwerk nach allg. bauaufsichtlicher Zulassung:
 Mauerwerksdruckfestigkeit $f_k = 3.70 \text{ MN/m}^2$
 Elastizitätsmodul $E_M = 4070.00 \text{ MN/m}^2$
 Steindruckfestigkeit $f_{bk} = 10.00 \text{ MN/m}^2$
 Steinzugfestigkeit $f_{bz} = 0.33 \text{ MN/m}^2$
 Haftscherfestigkeit $f_{vk0} = 0.22 \text{ MN/m}^2$
 Stoßfugen vermörtelt

statisches Ersatzsystem (für Momente aus Deckenlast):

Einfeldrahmen $l_1 = 3.820 \text{ m}$
 Geschosshöhen: $h = 2.800 \text{ m}$, $h_o = 2.800 \text{ m}$, $h_u = 2.800 \text{ m}$
 lichte Höhen: $h = 2.600 \text{ m}$, $h_o = 2.600 \text{ m}$, $h_u = 2.600 \text{ m}$
 Wanddicken $d_{wo} = 30.0 \text{ cm}$, $d_{wu} = 30.0 \text{ cm}$
 Dicke der Massivdecken $d_{po} = 20.0 \text{ cm}$ $d_{pu} = 20.0 \text{ cm}$
 E-Modul der Decken $E_c = 31000 \text{ MN/m}^2$

statisches Ersatzsystem (für Momente aus Windlast):

w_y : teilweise eingespannter Einfeldträger der Länge h_w



Steinabmessungen:

Länge $l_{st} = 498 \text{ mm}$
 Höhe $h_{st} = 248 \text{ mm}$
 Überbindemaß $ü_{st} = 99 \text{ mm}$

Berechnungssteuerung:

Genauere Berechnung der Knotenmomente
 Wand-Decken-Knoten: halbe Nutzlast wie ständige Last
 Wand-Decken-Knoten: ständige Last stets belastend ($\gamma_{G,inf} = \gamma_{G,sup}$)
 Wand-Decken-Knoten: kein vertikaler Abtrag der Deckenlasten
 Windlastumlagerung w_y : Einspannung oben 67%, unten 67%

Lasten auf den angrenzenden Deckenfeldern:

Deckenbreite 3.100 m

1: ständig	Decke j	Feld 1	$q = 6.50 \text{ kN/m}^2$	ständige Einwirkung
2: ständig	Decke k	Feld 1	$q = 6.50 \text{ kN/m}^2$	ständige Einwirkung
5: Nutzlast	Decke j	Feld 1	$q = 2.30 \text{ kN/m}^2$	veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)
6: Nutzlast	Decke k	Feld 1	$q = 2.30 \text{ kN/m}^2$	veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)

Eigengewicht: der Wand: Wichte $\gamma_w = 10.13 \text{ kN/m}^3$ ständige Einwirkung

Wandkopflasten:

- 1: ständig $p_z = 201.50 \text{ kN/m}$ ständige Einwirkung
 2: Nutzlast $p_z = 49.90 \text{ kN/m}$ veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)
 3: Horizontallast $p_x = 4.27 \text{ kN/m}$ veränderliche Einwirkung (Kat. W)
 4: Stabilisierung $p_{za} = -89.66 \text{ kN/m}$ $p_{ze} = 89.66 \text{ kN/m}$ veränderliche Einwirkung (Kat. W)
 aus $p_{za}, p_{ze} \Rightarrow p_z = 0.00 \text{ kN/m}$ $m_x = 29.36 \text{ kNm/m}$

Windlasten:

senkrecht zur Wand Winddruck $w_y = 0.41 \text{ kN/m}^2$ veränderliche Einwirkung (Kat. W)

Extremale Bemessungsgrößen im GZT

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt

aus Deckeneinspannung:

in Wandquerrichtung:

min. / max. Momente oben $\min M_o = -3.35 \text{ kNm/m}$ / $\max M_o = -2.98 \text{ kNm/m}$
 min. / max. Momente mittig $\min M_m = 0.00 \text{ kNm/m}$ / $\max M_m = 0.00 \text{ kNm/m}$
 min. / max. Momente unten $\min M_u = 2.98 \text{ kNm/m}$ / $\max M_u = 3.35 \text{ kNm/m}$

aus Wandkopflasten:

min. / max. Normalkräfte $\min N_{o,m,u} = 201.50 \text{ kN/m}$ / $\max N_{o,m,u} = 324.42 \text{ kN/m}$

in Wandlängsrichtung:

min. / max. Querkräfte $\min V_{o,u} = 0.00 \text{ kN/m}$ / $\max V_{o,u} = 6.40 \text{ kN/m}$
 min. / max. Momente oben $\min M_o = -44.05 \text{ kNm/m}$ / $\max M_o = 0.00 \text{ kNm/m}$
 min. / max. Momente mittig $\min M_m = -52.37 \text{ kNm/m}$ / $\max M_m = 0.00 \text{ kNm/m}$
 min. / max. Momente unten $\min M_u = -60.70 \text{ kNm/m}$ / $\max M_u = 0.00 \text{ kNm/m}$

aus Wandeigengewicht:

min. / max. Normalkräfte mittig $\min N_m = 5.33 \text{ kN/m}$ / $\max N_m = 5.33 \text{ kN/m}$
 min. / max. Normalkräfte unten $\min N_u = 10.67 \text{ kN/m}$ / $\max N_u = 10.67 \text{ kN/m}$

aus Wind:

in Wandquerrichtung:

min. / max. Querkräfte oben $\min V_o = -0.80 \text{ kN/m}$ / $\max V_o = 0.00 \text{ kN/m}$
 min. / max. Querkräfte unten $\min V_u = 0.00 \text{ kN/m}$ / $\max V_u = 0.80 \text{ kN/m}$
 min. / max. Momente oben $\min M_o = -0.26 \text{ kNm/m}$ / $\max M_o = 0.00 \text{ kNm/m}$
 min. / max. Momente mittig $\min M_m = 0.00 \text{ kNm/m}$ / $\max M_m = 0.26 \text{ kNm/m}$
 min. / max. Momente unten $\min M_u = -0.26 \text{ kNm/m}$ / $\max M_u = 0.00 \text{ kNm/m}$

Teilsicherheitsbeiwerte:

für ständige Einwirkungen $\gamma_{G,mx} = 1.35$ $\gamma_{G,mn} = 1.00$
 am Wand-Decken-Knoten $\gamma_{G,mx} = \gamma_{G,mn} = 1.35$
 für veränderliche Einwirkungen $\gamma_{Q,mx} = 1.50$ $\gamma_{Q,mn} = 0.00$

Kombinationsbeiwerte:

für Kategorie A/B: $\Psi_0 = 0.70$ $\Psi_1 = 0.50$ $\Psi_2 = 0.30$
 W: $\Psi_0 = 0.60$ $\Psi_1 = 0.50$ $\Psi_2 = 0.00$

Leiteinwirkung: Wind (Kat. W)

Voraussetzungen für die Bemessung

Materialparameter für die normale Bemessungssituation

Poroton-T16-Planhochlochziegel (Einzelzulassung)

SFK	MG	f_k	η	γ_M	f_d	E_M	f_{bk}	f_{vk0}	f_{bt}
		MN/m^2			MN/m^2	MN/m^2	MN/m^2	MN/m^2	MN/m^2
---	---	3.70	0.85	1.500	2.10	4070.0	10.00	0.22	0.33

SFK: Steifigkeitsklasse, MG: Mörtelgruppe

charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Mörtel f_k , Abminderungsbeiwert η

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

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

Gesamtfläche des Querschnitts $A = 0.590 \text{ m}^2 = 5895 \text{ cm}^2$

Die Bemessungsergebnisse beziehen sich auf eine Wandlänge von 1.965 m.

Es werden jeweils die längs der Wand am meisten beanspruchten Punkte an Kopf, Fuß und in Mitte der Wand nachgewiesen.

Nachweise am Wandkopf

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 637.49 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -5.86 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_o = 1.50 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_o = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1112.39 \text{ kN} > N_{Ed} = 637.49 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed} / N_{Rd} = 0.573$, ok



parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 637.49 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -86.55 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_o = 0.136 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_o = 0.862$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1065.19 \text{ kN} > N_{Ed} = 637.49 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.598$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_o = \Phi_{os} \cdot \Phi_{op} = 0.776$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 958.67 \text{ kN} > N_{Ed} = 637.49 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.665$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.665$

Nachweis für Schubbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene (Plattenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination $V_{Ed} = 1.85 \text{ kN}$ ($N_{Ed} = 395.95 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -7.09 \text{ kNm}$)

Lastausmitte $e = 1.79 \text{ cm}$

rechnerische Wanddicke $\alpha_s = d_{w,ca1} = 30.00 \text{ cm}$

Bemessungswert der Druckspannung $\sigma_{Dd} = 0.672 \text{ MN/m}^2$

Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{vd} = 0.415 \text{ MN/m}^2$

aufnehmbare Kraft $V_{Rd} = 163.23 \text{ kN} > V_{Ed} = 1.85 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.011$, ok

parallel zur Wandebene (Scheibenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination $V_{Ed} = 12.59 \text{ kN}$ ($N_{Ed} = 637.49 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -86.55 \text{ kNm}$)

Lastausmitte $e = 0.136 \text{ m}$

rechnerische Wandlänge $\alpha_s = l_{w,ca1} = 2.211 \text{ m}$

Bemessungswert der Druckspannung $\sigma_{Dd} = 1.081 \text{ MN/mm}^2$

Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{vd} = 0.205 \text{ MN/m}^2$

aufnehmbare Kraft $V_{Rd} = 116.89 \text{ kN} > V_{Ed} = 12.59 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.108$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.108$

Nachweise am Wandfuß

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 658.45 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 6.58 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_u = 1.50 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_u = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1112.39 \text{ kN} > N_{Ed} = 658.45 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.592$, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 658.45 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -119.27 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_u = 0.181 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_u = 0.816$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1008.11 \text{ kN} > N_{Ed} = 658.45 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.653$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_u = \Phi_{us} \cdot \Phi_{up} = 0.734$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 907.30 \text{ kN} > N_{Ed} = 658.45 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.726$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.726$

Nachweis für Schubbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene (Plattenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination $V_{Ed} = 1.57 \text{ kN}$ ($N_{Ed} = 416.91 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 6.06 \text{ kNm}$)

Lastausmitte $e = 1.45 \text{ cm}$

rechnerische Wanddicke $\alpha_s = d_{w,ca1} = 30.00 \text{ cm}$

Bemessungswert der Druckspannung $\sigma_{Dd} = 0.707 \text{ MN/m}^2$

Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{vd} = 0.430 \text{ MN/m}^2$

aufnehmbare Kraft $V_{Rd} = 168.82 \text{ kN} > V_{Ed} = 1.57 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.009$, ok

parallel zur Wandebene (Scheibenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination $V_{Ed} = 12.59 \text{ kN}$ ($N_{Ed} = 416.91 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -119.27 \text{ kNm}$)

Lastausmitte $e = 0.286 \text{ m}$

rechnerische Wandlänge $\alpha_s = l_{w,ca1} = 2.211 \text{ m}$

Bemessungswert der Druckspannung $\sigma_{Dd} = 0.707 \text{ MN/mm}^2$

Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{vd} = 0.176 \text{ MN/m}^2$

aufnehmbare Kraft $V_{Rd} = 100.21 \text{ kN} > V_{Ed} = 12.59 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.126$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.126$

Nachweise in Wandmitte

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 647.97 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.51 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_m = 1.50 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1112.39 \text{ kN} > N_{Ed} = 647.97 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.583$, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 647.97 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -102.91 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_m = 0.159 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.838$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1036.19 \text{ kN} > N_{Ed} = 647.97 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.625$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_m = \Phi_{ms} \cdot \Phi_{mp} = 0.755$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 932.57 \text{ kN} > N_{Ed} = 647.97 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.695$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.695$

Fazit

Maximale Ausnutzung $U_{max} = 0.726$

Beachte:

Stahlbetondecke: Mindestauflagertiefe $a = 14.0 \text{ cm}$!