

Bemessung einer Mauerwerkswand

4H-MWK01 Version: 9/2013-3c

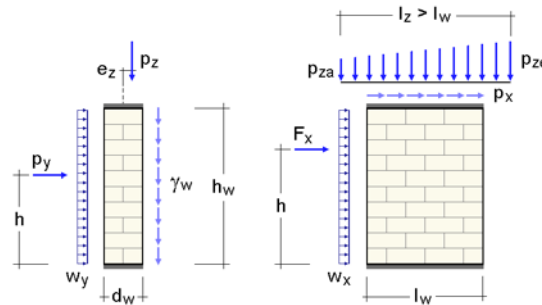
nach DIN EN 1996-1-1 (EC 6, 2.13), NA: Deutschland

Abmessungen:

zweiseitig gehaltene Außenwand im Dachgeschoss
 Wandlänge $l_w = 1.400$ m
 Wandhöhe $h_w = 2.965$ m (lichte Geschosshöhe)
 Wanddicke $d_w = 30.0$ cm

Materialdaten:

HLz (Hochlochstein) SFK 4 Gruppe 1
 Hochlochziegel
 Normalmauermörtel II (Stoßfugen vermörtelt)

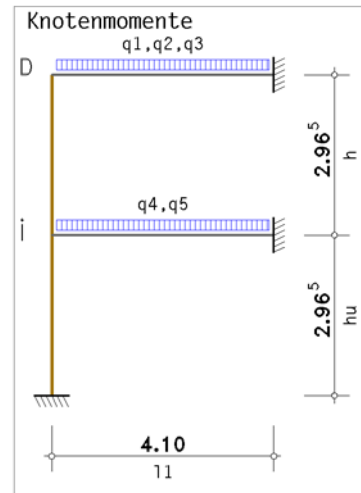
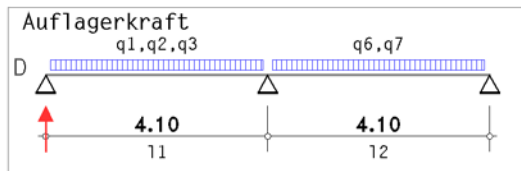


statisches Ersatzsystem (für Momente aus Deckenlast):

Einfeldrahmen $l_1 = 4.100$ m
 Geschosshöhen: $h = 3.215$ m, $h_u = 3.215$ m
 lichte Höhen: $h = 2.965$ m, $h_u = 2.965$ m
 Wanddicke $d_{wu} = 30.0$ cm

statisches Ersatzsystem (für die Auflagerkraft):

Zweifeldträger $l_1 = 4.100$ m, $l_2 = 4.100$ m
 Dicke der Massivdecken $d_{po} = 25.0$ cm $d_{pu} = 25.0$ cm
 E-Modul der Decken $E_c = 29962$ MN/m² (Beton C20/25)



Steinabmessungen:

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

Knicknachweis:

Knicklänge $h_k = 1.000 \cdot h_w$

Berechnungssteuerung:

Genauere Berechnung der Knotenmomente

Wand-Decken-Knoten: ständige Last stets belastend ($\gamma_{G,inf} = \gamma_{G,sup}$)

Lasten auf den angrenzenden Deckenfeldern:

1: Dach	Feld 1	$q = 7.25$ kN/m ²	ständige Einwirkung
2: Dach	Feld 1	$q = 1.50$ kN/m ²	veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)
3: Dach	Feld 1	$q = 0.70$ kN/m ²	ständige Einwirkung
4: Decke j	Feld 1	$q = 7.05$ kN/m ²	ständige Einwirkung
5: Decke j	Feld 1	$q = 1.50$ kN/m ²	veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)
6: Dach	Feld 2	$q = 7.95$ kN/m ²	ständige Einwirkung
7: Dach	Feld 2	$q = 1.50$ kN/m ²	veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)

Eigengewicht: der Wand: Wichte $\gamma_w = 15.00$ kN/m³ ständige Einwirkung

Extremale Bemessungsgrößen im GZT

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt

aus Deckeneinspannung:

in Wandquerrichtung:

min. / max. Normalkräfte		min $N_{o,m,u} = 15.92$ kN/m / max $N_{o,m,u} = 20.54$ kN/m
min. / max. Momente	oben	min $M_o = -1.44$ kNm/m / max $M_o = -1.19$ kNm/m
min. / max. Momente	mittig	min $M_m = -0.28$ kNm/m / max $M_m = -0.24$ kNm/m
min. / max. Momente	unten	min $M_u = 0.71$ kNm/m / max $M_u = 0.87$ kNm/m

aus Wandeigengewicht:

min. / max. Normalkräfte	mittig	min $N_m = 9.01$ kN/m / max $N_m = 9.01$ kN/m
min. / max. Normalkräfte	unten	min $N_u = 18.01$ kN/m / max $N_u = 18.01$ kN/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: $\Psi_0 = 0.70$ $\Psi_1 = 0.50$ $\Psi_2 = 0.30$

Voraussetzungen für die Bemessung**Materialparameter für die normale Bemessungssituation**

Hochlochziegel

SFK	MG	f_k MN/m ²	η	γ_M	f_d MN/m ²	E_M MN/m ²	f_{bk} MN/m ²	f_{vk0} MN/m ²	f_{bt} MN/m ²
4	II	2.14	0.85	1.500	1.21	2355.0	5.00	0.08	0.13

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}

Die Druckfestigkeit von Mauerwerk kann nach EC 6 nicht bestimmt werden, da

Es werden ähnliche Festigkeiten verwendet.

Berechnung der charakteristischen Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Mörtel:

$f_k = K \cdot f_{bk}^\alpha \cdot f_m^\beta = 2.14 \text{ MN/m}^2$, $K = 0.68$, $\alpha = 0.605$, $f_{bk} = 5.00 \text{ MN/m}^2$, $\beta = 0.189$, $f_m = 2.50 \text{ MN/m}^2$

Gesamtfläche des Querschnitts $A = 0.420 \text{ m}^2 = 4200 \text{ cm}^2$

Nachweis der Knicksicherheit:

Knicklänge $h_k = h_w = 2.965 \text{ m}$

Schlankheit $\lambda_s = h_k / d_w = 9.88 \leq 27$, ok

Endkriechzahl (s. Tabelle NA.13) $\varphi_\infty = 1.0$

Grenzschlankheit (s. Tabelle NA.17) $\lambda_c = 15$

Die Bemessungsergebnisse beziehen sich auf eine Wandlänge von 1.400 m.

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

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

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

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt ('o' = oben, 'u' = unten, 'm' = mittig)

senkrecht zur Wandebene

LF	N_{Ed} kN	M_{Ed} kNm	e cm	Φ_s	N_{Rd} kN	U	Bemerkung
o 1	23.10	-1.66	7.20	0.52	264.85	0.087	ok
u 2	47.51	1.22	2.57	0.83	422.07	0.113	ok
m 3	35.71	-0.34	1.50	0.90	458.58	0.078	ok
o 4	22.29	-2.01	9.03	0.40	202.84	0.110	ok
u 5	48.32	0.99	2.05	0.86	439.98	0.110	ok
m 6	34.90	-0.39	1.50	0.90	458.58	0.076	ok
o 7	28.75	-1.66	5.79	0.61	312.94	0.092	ok
u 8	53.97	0.99	1.83	0.88	447.26	0.121	ok
m 9	41.36	-0.34	1.50	0.90	458.58	0.090	ok
o10	22.29	-2.01	9.03	0.40	202.84	0.110	ok
u11	47.51	1.22	2.57	0.83	422.07	0.113	ok
m12	34.90	-0.39	1.50	0.90	458.58	0.076	ok
o13	23.10	-1.66	7.20	0.52	264.85	0.087	ok
u14	47.51	1.22	2.57	0.83	422.07	0.113	ok
m15	35.71	-0.34	1.50	0.90	458.58	0.078	ok
o16	23.10	0.00	1.50	0.90	458.58	0.050	ok
u17	47.51	0.00	1.50	0.90	458.58	0.104	ok
m18	35.71	0.00	1.50	0.90	458.58	0.078	ok
o19	22.29	0.00	1.50	0.90	458.58	0.049	ok
u20	48.32	0.00	1.50	0.90	458.58	0.105	ok
m21	34.90	0.00	1.50	0.90	458.58	0.076	ok
o22	23.10	0.00	1.50	0.90	458.58	0.050	ok
u23	47.51	0.00	1.50	0.90	458.58	0.104	ok
m24	35.71	0.00	1.50	0.90	458.58	0.078	ok
o25	22.29	-2.01	9.03	0.40	202.84	0.110	ok
u26	48.32	0.99	2.05	0.86	439.98	0.110	ok
m27	34.90	-0.39	1.50	0.90	458.58	0.076	ok
o28	22.29	0.00	1.50	0.90	458.58	0.049	ok
u29	48.32	0.00	1.50	0.90	458.58	0.105	ok
m30	34.90	0.00	1.50	0.90	458.58	0.076	ok

parallel zur Wandebene

LF	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	e m	Φ _p	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
o 1	23.10	0.00	0.070	0.90	458.58	0.050	ok
u 2	47.51	0.00	0.070	0.90	458.58	0.104	ok
m 3	35.71	0.00	0.070	0.90	458.58	0.078	ok
o 4	22.29	0.00	0.070	0.90	458.58	0.049	ok
u 5	48.32	0.00	0.070	0.90	458.58	0.105	ok
m 6	34.90	0.00	0.070	0.90	458.58	0.076	ok
o 7	28.75	0.00	0.070	0.90	458.58	0.063	ok
u 8	53.97	0.00	0.070	0.90	458.58	0.118	ok
m 9	41.36	0.00	0.070	0.90	458.58	0.090	ok
o10	22.29	0.00	0.070	0.90	458.58	0.049	ok
u11	47.51	0.00	0.070	0.90	458.58	0.104	ok
m12	34.90	0.00	0.070	0.90	458.58	0.076	ok
o13	23.10	0.00	0.070	0.90	458.58	0.050	ok
u14	47.51	0.00	0.070	0.90	458.58	0.104	ok
m15	35.71	0.00	0.070	0.90	458.58	0.078	ok
o16	23.10	0.00	0.070	0.90	458.58	0.050	ok
u17	47.51	0.00	0.070	0.90	458.58	0.104	ok
m18	35.71	0.00	0.070	0.90	458.58	0.078	ok
o19	22.29	0.00	0.070	0.90	458.58	0.049	ok
u20	48.32	0.00	0.070	0.90	458.58	0.105	ok
m21	34.90	0.00	0.070	0.90	458.58	0.076	ok
o22	23.10	0.00	0.070	0.90	458.58	0.050	ok
u23	47.51	0.00	0.070	0.90	458.58	0.104	ok
m24	35.71	0.00	0.070	0.90	458.58	0.078	ok
o25	22.29	0.00	0.070	0.90	458.58	0.049	ok
u26	48.32	0.00	0.070	0.90	458.58	0.105	ok
m27	34.90	0.00	0.070	0.90	458.58	0.076	ok
o28	22.29	0.00	0.070	0.90	458.58	0.049	ok
u29	48.32	0.00	0.070	0.90	458.58	0.105	ok
m30	34.90	0.00	0.070	0.90	458.58	0.076	ok

Doppelbiegung

LF	N _{Ed} kN	Φ	N _{Rd} kN	U	Bemerkung	LF	N _{Ed} kN	Φ	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
o 1	23.10	0.47	238.37	0.097	ok	o16	23.10	0.81	412.72	0.056	ok
u 2	47.51	0.75	379.87	0.125	ok	u17	47.51	0.81	412.72	0.115	ok
m 3	35.71	0.81	412.72	0.087	ok	m18	35.71	0.81	412.72	0.087	ok
o 4	22.29	0.36	182.56	0.122	ok	o19	22.29	0.81	412.72	0.054	ok
u 5	48.32	0.78	395.98	0.122	ok	u20	48.32	0.81	412.72	0.117	ok
m 6	34.90	0.81	412.72	0.085	ok	m21	34.90	0.81	412.72	0.085	ok
o 7	28.75	0.55	281.64	0.102	ok	o22	23.10	0.81	412.72	0.056	ok
u 8	53.97	0.79	402.53	0.134	ok	u23	47.51	0.81	412.72	0.115	ok
m 9	41.36	0.81	412.72	0.100	ok	m24	35.71	0.81	412.72	0.087	ok
o10	22.29	0.36	182.56	0.122	ok	o25	22.29	0.36	182.56	0.122	ok
u11	47.51	0.75	379.87	0.125	ok	u26	48.32	0.78	395.98	0.122	ok
m12	34.90	0.81	412.72	0.085	ok	m27	34.90	0.81	412.72	0.085	ok
o13	23.10	0.47	238.37	0.097	ok	o28	22.29	0.81	412.72	0.054	ok
u14	47.51	0.75	379.87	0.125	ok	u29	48.32	0.81	412.72	0.117	ok
m15	35.71	0.81	412.72	0.087	ok	m30	34.90	0.81	412.72	0.085	ok

Bemessungsgrößen N_{Ed}, M_{Ed}; Exzentrizität $e = M_{Ed}/N_{Ed} \geq 0,05 d_w$ bzw. l_w ;

Abminderungsfaktor Φ_s, Φ_p; aufnehmbare Normalkraft N_{Rd}; Ausnutzung U = N_{Ed}/N_{Rd}

Bei Doppelbiegung: Abminderungsfaktor Φ = Φ_sΦ_p, wenn Φ_s ≥ Φ_p

LF 1,2,3: max M_s + N (oben, unten, mittig), LF 4,5,6: min M_s + N (oben, unten, mittig), LF 7,8,9: max N + M (oben, unten, mittig)

LF 10,11,12: min N + M (oben, unten, mittig), LF 13,14,15: aus max V_s (oben, unten, mittig), LF 25,26,27: aus min V_s (oben, unten, mittig)

LF 16,17,18: max M_p + N (oben, unten, mittig), LF 19,20,21: min M_p + N (oben, unten, mittig), LF 22,23,24: aus max V_p (oben, unten, mittig)

LF 28,29,30: aus min V_p (oben, unten, mittig),

Nachweis der Knicksicherheit

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation (γ_M = 1.50)

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt ('u' = unten, 'm' = mittig)

senkrecht zur Wandebene

LF	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	e _m cm	Φ _m	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
m 1	35.71	-0.34	1.60	0.78	397.91	0.090	ok
m 2	34.90	-0.39	1.79	0.77	390.69	0.089	ok
m 3	41.36	-0.34	1.50	0.79	401.92	0.103	ok
m 4	34.90	-0.39	1.79	0.77	390.69	0.089	ok
m 5	35.71	0.00	1.50	0.79	401.92	0.089	ok
m 6	34.90	0.00	1.50	0.79	401.92	0.087	ok



Bemessungsgrößen N_{Ed} , M_{Ed} ; Exzentrizität $e_m = M_{Ed}/N_{Ed} + e_a + e_{mk}$;
ungewollte Ausmitte e_a ; Knicklänge h_k ; Kriechausmitte e_{mk} ;
Abminderungsfaktor Φ_m ; aufnehmbare Normalkraft N_{Rd} ; Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd}$
alles mittig: LF 1: $\max M_s + N$, LF 2: $\min M_s + N$, LF 3: $\max N + M_s$, LF 4: $\min N + M_s$, LF 5: $\max M_p + N$, LF 6: $\min M_p + N$

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 $N_{Ed} = 22.29 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -2.01 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_o = 9.03 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_o = 0.398$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 202.84 \text{ kN} > N_{Ed} = 22.29 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.110$, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 28.75 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.00 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_o = 0.070 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_o = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 458.58 \text{ kN} > N_{Ed} = 28.75 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.063$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_o = \Phi_{oS} \cdot \Phi_{Op} = 0.358$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 182.56 \text{ kN} > N_{Ed} = 22.29 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.122$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.122$

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 $N_{Ed} = 53.97 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.99 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_u = 1.83 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_u = 0.878$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 447.26 \text{ kN} > N_{Ed} = 53.97 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.121$, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 53.97 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.00 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_u = 0.070 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_u = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 458.58 \text{ kN} > N_{Ed} = 53.97 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.118$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_u = \Phi_{uS} \cdot \Phi_{Up} = 0.790$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 402.53 \text{ kN} > N_{Ed} = 53.97 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.134$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.134$

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 $N_{Ed} = 41.36 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -0.34 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_m = 1.50 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 458.58 \text{ kN} > N_{Ed} = 41.36 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.090$, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 41.36 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.00 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_m = 0.070 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 458.58 \text{ kN} > N_{Ed} = 41.36 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.090$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_m = \Phi_{mS} \cdot \Phi_{mp} = 0.810$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 412.72 \text{ kN} > N_{Ed} = 41.36 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.100$, ok

Nachweisergebnis



Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.100$

Knicksicherheitsnachweis

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

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 41.36 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -0.34 \text{ kNm}$

Schlankheit $\lambda = 9.88 \leq 10 \Rightarrow$ ohne Kriechen

Gesamtausmitte $e_m = 1.50 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.789$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 401.92 \text{ kN} > N_{Ed} = 41.36 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.103$, ok

Fazit

Maximale Ausnutzung $U_{max} = 0.134$

Beachte:

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

Vorschriften

DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1991, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke;

Deutsche Fassung EN 1991:2010, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1991/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1991, Ausgabe Dezember 2010

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