

BIW 3-02 Mauerwerksbau

Bemessung – Genaues Verfahren Teil 3

Peter Schöps

Dresden, 10.11.2023

Gliederung der Vorlesungen

1. Einführung und Grundlagen (14.10.2023)
2. Bemessung – Vereinfachtes Verfahren (27.10.2023)
3. Bemessung – Genaues Verfahren (11.11.2023)
4. Bemessung – Horizontale Lasten und Aussteifung (25.11.2023)
5. Bemessung und Ausführung (09.12.2023)
6. Gebrauchstauglichkeit (06.01.2022)
7. Ingenieurbauwerke & spezielle Bauten (20.01.2022)

Einführung

3. Bemessung – Genaueres Verfahren
 1. Abgrenzung vereinfachtes gegen genaues Verfahren
 2. Vorwiegend vertikale Belastung (Biegung und Knicken)
 3. Horizontaler Lastabtrag (Ausfachung)
 4. Kellerwände
 5. Bewehrtes Mauerwerk

Genaueres Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA

9.3.2 Genaueres Berechnungsverfahren

- Grundidee
 - Der Sicherheitsabstand ist geringer, dafür ist „genauer“ zu berechnen.
- Voraussetzungen
 - Das genauere Verfahren darf immer angewendet werden, auch für einzelne Bauteile innerhalb eines Gebäudes, das überwiegend nach dem vereinfachten Bemessungsverfahren behandelt wird.
- Einwirkungen
 - Mit Teilsicherheitsbeiwerten, somit Differenzierung hinsichtlich ständiger und veränderlicher Einwirkungen.

Genauerer Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA

- Bemessungswerte Auswirkungen bzw. Schnittkräfte
 - Berücksichtigung der Durchlaufwirkung bei Stützkräften wie beim vereinfachten Verfahren.
 - Endmomente von Mauerwerkswänden (z.B. aus Rahmenwirkungen oder exzentrischen Lasteinleitungen) sind zu berücksichtigen, siehe hier auch Abschnitt 9.3.3.
 - Knicklängen bzw. Schlankheiten nach DIN EN 1996-1-1 [10, Abschnitt 5.5.1.2]. Hier auch Abschnitt 6.1.
 - Der Nachweis der Knicksicherheit erfolgt über eine Abminderung des Bauteilwiderstands mit Berücksichtigung Schlankheit und Exzentrizität nach DIN EN 1996-1-1 [10, Abschnitt 6.1.2.2]

Bauordnung

- SächsBO – VwV TB – Anlage 1
- Abschnitt A – A 1.2.6

 Teil 

Lfd. Nr.	Anforderungen an Planung, Bemessung und Ausführung gemäß § 88a Absatz 2 SächsBO	Technische Regeln/Ausgabe	Weitere Maßgaben gemäß § 88a Absatz 2 SächsBO
1	2	3	4
A 1.2.6 Bauliche Anlagen im Mauerwerksbau			
A 1.2.6.1	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten	DIN EN 1996	
	Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk	DIN EN 1996-1-1:2013-02 DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 DIN EN 1996-1-1/NA/A1:2014-03 DIN EN 1996-1-1/NA/A2:2015-01	Anlage A 1.2.6/1
	Tragwerksbemessung für den Brandfall	DIN EN 1996-1-2:2011-04 DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06	Anlage A 1.2.6/2
	Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk	DIN EN 1996-2:2010-12 DIN EN 1996-2/NA:2012-01	
	Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten	DIN EN 1996-3:2010-12 DIN EN 1996-3/NA:2012-01 DIN EN 1996-3/NA/A1:2014-03 DIN EN 1996-3/NA/A2:2015-01	
A 1.2.6.2	Fertigbauteile	DIN 1053-4:2013-04	Anlage A 1.2.6/3
A 1.2.6.3	Verankerungen in Mauerwerk mit nachträglich gesetzten Befestigungsmitteln	Verankerungen in Mauerwerk mit nachträglich gesetzten Befestigungsmitteln – Anforderung an Planung, Bemessung und Ausführung: 2016-06 (Anhang 3)	

Bauordnung

- SächsBO – VwV TB – Anlage 1
- Abschnitt A – A 1.2.6

Mauerwerkstypen		
Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk	DIN EN 1996-1-1:2013-02 DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 DIN EN 1996-1-1/NA/A1:2014-03 DIN EN 1996-1-1/NA/A2:2015-01	Anlage A 1.2.6/1

g. Berechnungsv. - vorwiegend vertikaler Belastung

6.1.2 Nachweis unbewehrter Mauerwerkswände unter vorwiegend vertikaler Belastung

6.1.2.1 Allgemeines

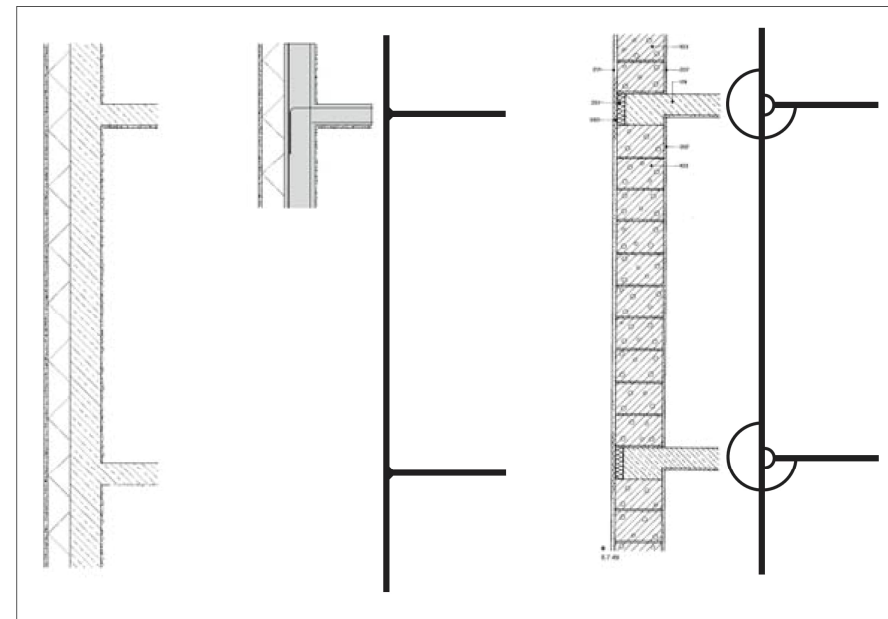
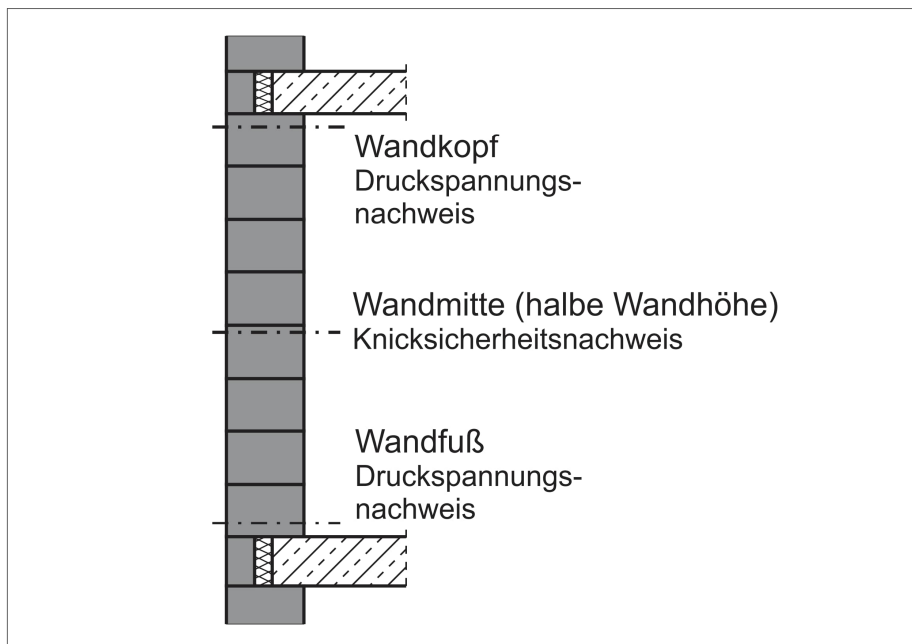
(1)P Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert der angreifenden Last N_{Ed} einer vertikal belasteten Wand kleiner oder gleich dem Bemessungswert des Tragwiderstandes N_{Rd} sein, d. h.:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad (6.1)$$

(2) Der Bemessungswert des Tragwiderstandes N_{Rd} einer vertikal belasteten einschaligen Wand beträgt je Längeneinheit:

$$N_{Rd} = \Phi t f_d \quad (6.2)$$

g. Berechnungsv. - vorwiegend vertikaler Belastung



g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Wandkopf/-fuss

- Vereinfachtes Verfahren
- Genaueres Verfahren

für $f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2$: $\phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{6} \leq 0,9 \cdot a/t$

für $f_k < 1,8 \text{ N/mm}^2$: $\phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{5} \leq 0,9 \cdot a/t$

(i) Am Wandkopf und -fuß (ϕ_1)

$$\phi_1 = 1 - 2 \frac{e_i}{t}$$

Dabei ist

e_i die Lastexzentrizität am Kopf bzw. Fuß der Wand nach Gleichung (6.5):

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05 t$$

e_{he} die Ausmitte am Kopf oder Fuß der Wand infolge horizontalen Lasten (z. B. Wind), sofern vorhanden;

e_{init} $\langle AC \rangle$ die ungewollte Ausmitte mit einem Vorzeichen, mit dem der absolute Wert für e_i erhöht wird (siehe 5.5.1.1) $\langle AC \rangle$;

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Wandmitte

- Vereinfachtes Verfahren
- Genaueres Verfahren

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \left(\frac{a}{t}\right) - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2$$

NCI zu Anhang G „Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Schlankheit und Ausmitte“

Anhang G ist durch den normativen Anhang NA.G zu ersetzen.

(1) Der Abminderungsfaktor Φ_m in Wandmitte zur Berücksichtigung der Schlankheit einer Wand und der Ausmitte der Last darf vereinfachend zu den in DIN EN 1996-1-1:2010-12, 6.1.2.2, enthaltenen Grundsätzen unabhängig vom Elastizitätsmodul E und der charakteristischen Druckfestigkeit f_k von unbewehrtem Mauerwerk, wie folgt berechnet werden:

$$\Phi_m = 1,14 \cdot (1 - 2 \cdot e_{mk} / t_{ef}) - 0,024 \cdot h_{ef} / t_{ef} \leq 1 - 2 \cdot e_{mk} / t_{ef} \quad (\text{NA.G.1})$$

Dabei ist e_{mk} , h_{ef} , t , t_{ef} nach DIN EN 1996-1-1:2010-12, 6.1.2.2.

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Wandmitte

- Vereinfachtes Verfahren
- Genaueres Verfahren

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \left(\frac{a}{t} \right) - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t} \right)^2$$

$$\Phi_m = 1,14 \cdot (1 - 2 \cdot e_{mk} / t_{ef}) - 0,024 \cdot h_{ef} / t_{ef} \leq 1 - 2 \cdot e_{mk} / t_{ef}$$

Dabei ist

e_{mk} die Ausmitte der Last in halber Wandhöhe, berechnet nach den Gleichungen (6.6) und (6.7):

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05 t$$

e_k die Ausmitte infolge Kriechens nach (6.8):

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init}$$

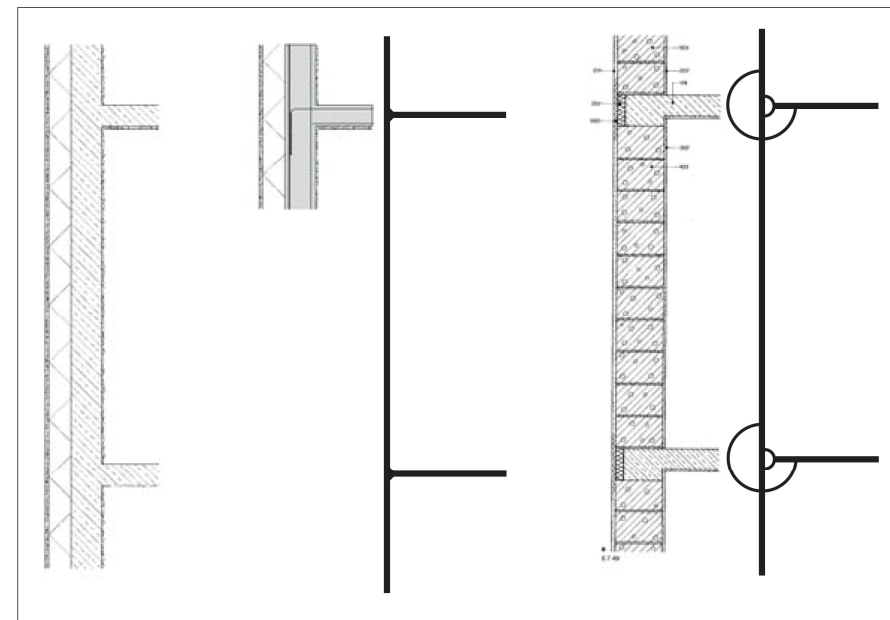
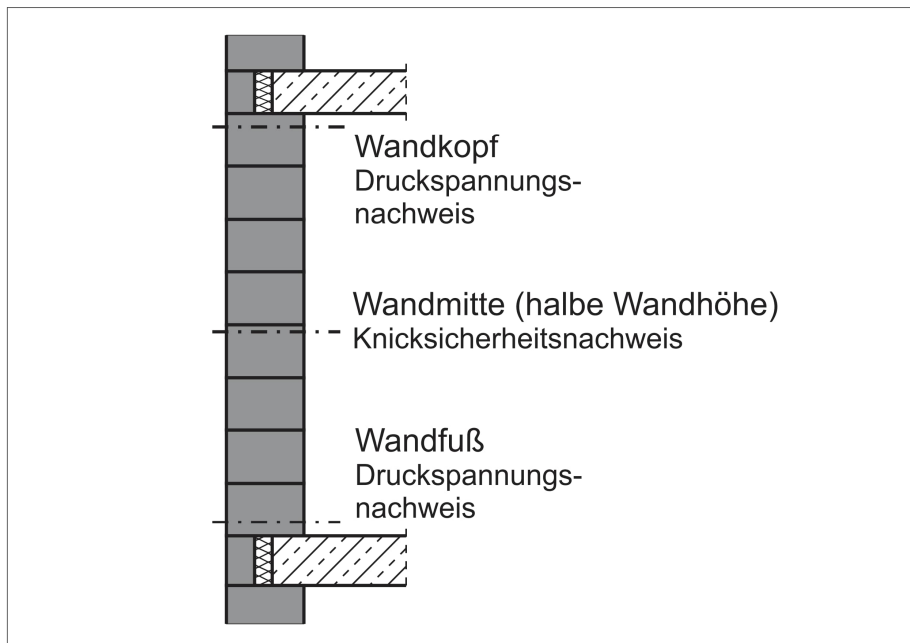
$$e_k = 0,002 \phi_{\infty} \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t e_m}$$

e_{hm} die Ausmitte in halber Wandhöhe infolge horizontaler Lasten (z. B. Wind);

e_{init} AC die ungewollte Ausmitte mit einem Vorzeichen, mit dem der absolute Wert für e_m erhöht wird (siehe 5.5.1.1) AC;

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Schnittkraftermittlung

9.3.3 Ermittlung der Schnittgrößen beim genaueren Verfahren



g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Schnittkraftermittlung

- Zugrunde liegt die Betrachtung des Systems von Mauerwerkswänden und aufliegenden massiven Deckenplatten als Rahmentragwerk.
 - Darin werden die Mauerwerkswände als Stiele und die Decken als Riegel betrachtet, die in Knoten miteinander verbunden sind.
 - Die Knotenmomente aus der Rahmenwirkung führen zu Momenten entlang der Mauerwerkshöhe, die bei den Tragfähigkeitsnachweisen mit zu berücksichtigen sind.
- Regelungen in DIN EN 1996-1-1 [10, Abschnitt 6.1.2.2, sowie NA.C]

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Schnittkraftermittlung

- Berechnung der Knotenmomente
 - Annahmen: ungerissene Querschnitte und elastisches Materialverhalten
 - * Da dies bei Mauerwerk i.d.R. nicht zutrifft, dürfen die Berechnungsergebnisse für die Nachweise mit 2/3 erniedrigt werden.
 - Ersatzsysteme mit Berücksichtigung der ungefähren Lage der Momentennullpunkte, siehe auch [23, Abschnitt 6.2]
 - * Dachdecke: Außenwandknoten A
 - * Dachdecke: Innenwandknoten B
 - * Zwischendecke: Außenwandknoten C
 - * Zwischendecke: Innenwandknoten D

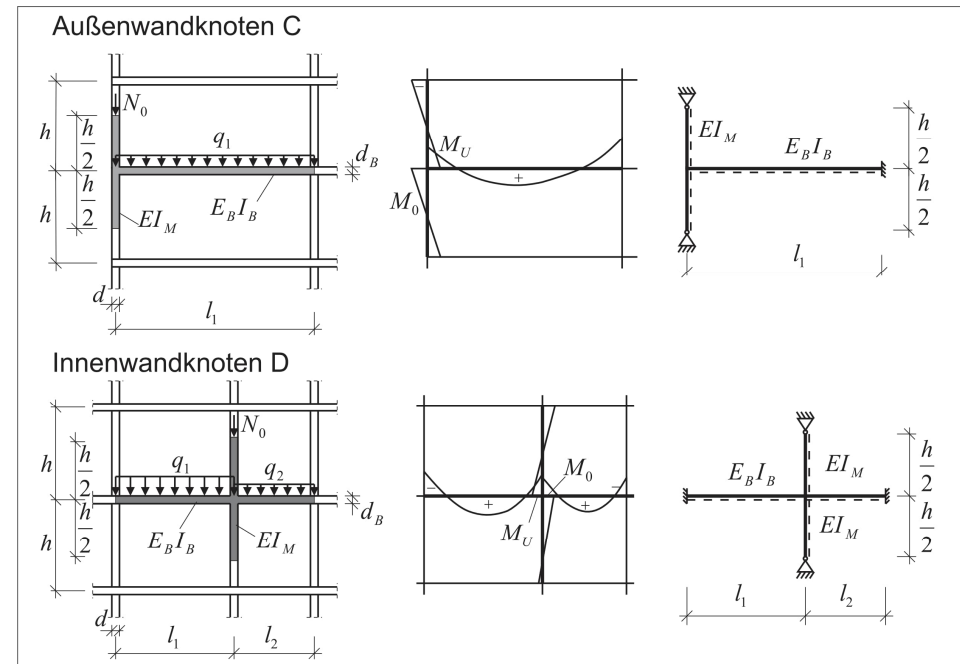
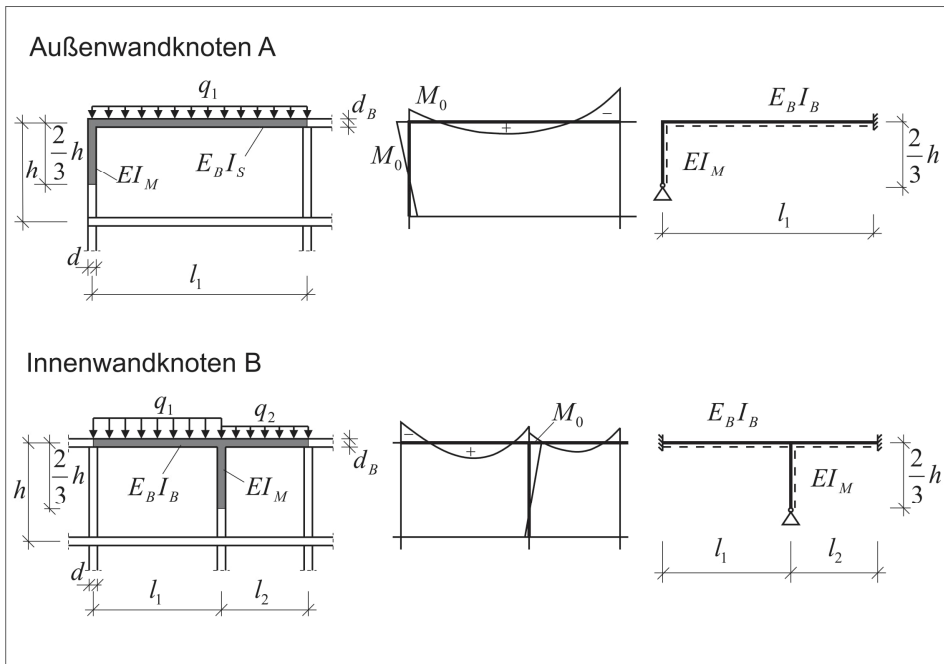
In besonderen Fällen, z.B. bei geringer Wandlast kann es sinnvoll sein, an den Seitenknoten der Ersatzsysteme Gelenke vorzusehen.

- Die Aufgabe besteht dann in der Ermittlung der Wandkopfmomente M_o bzw. der Wandfußmomente M_u .
 - * Die halbe Verkehrslast kann als ständige Last dem Eigengewicht zugeschlagen werden. Die andere Hälfte ist (feldweise) an ungünstigster Stelle anzuordnen.
 - * Elastizitätsmodul Mauerwerk $E \approx K_E \cdot f_k$. Nach DIN EN 1996-1-1 [10, Tabelle NA.12] für Mauerziegel $K_E = 1100$; für KS: $K_E = 950$.
 - * Die Berechnung erfolgt i.d.R. auf der Grundlage der Volleinspannmomente der Decken, die dann anhand der Steifigkeitsverhältnisse modifiziert und über Kopf- und Fußmomente abgeleitet werden, siehe [23, Abschnitt 6.2.1.4].

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Schnittkraftermittlung

1. Vereinfacht nach DIN 1053-1
 2. Rahmen nach DIN EN 1996-1-1/NA Anhang NA.C
 3. Rahmen nach DAfStb Heft 240 (siehe Schneider Bautabellen 25. Auflager S. 5.50)
 4. beliebige Stabwerksmodelle (Programme)
- => Anpassen an MW (Abminderungsfaktoren)

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Schnittkraftermittlung



g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Vereinfachtes Modell nach DIN 1053-1

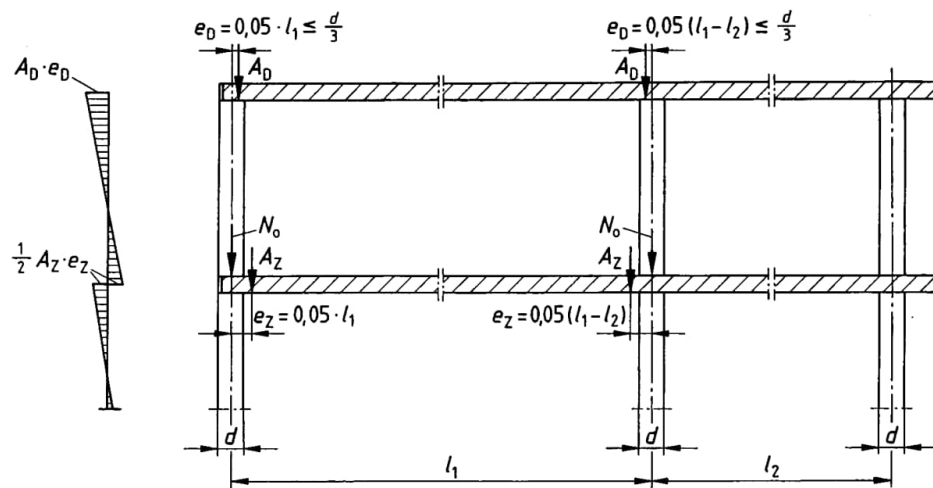
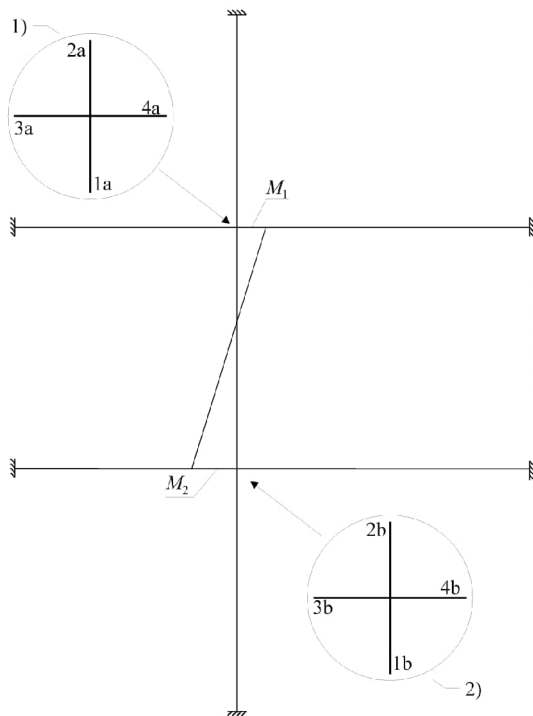


Bild 4: Vereinfachende Annahmen zur Berechnung von Knoten- und Wandmomenten

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – DIN EN 1996-1-1/NA Anhang



NCI zu Anhang C „Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Lastausmitte bei Wänden“

Anhang C ist durch den folgenden Anhang NA.C zu ersetzen.

$$M_1 = \frac{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1}}{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1} + \frac{n_2 E_2 I_2}{h_2} + \frac{n_3 E_3 I_3}{l_3} + \frac{n_4 E_4 I_4}{l_4}} \left[\frac{q_3 l_3^2}{4(n_3 - 1)} - \frac{q_4 l_4^2}{4(n_4 - 1)} \right]$$

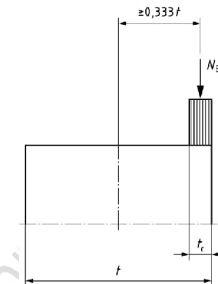
(3) Die Ergebnisse der Berechnung liegen im allgemeinen auf der sicheren Seite, da die wirkliche Einspannung des Decken/Wandknotens, d. h. das Verhältnis des tatsächlich durch den Knoten übertragenen Momentes zu dem, welches bei voller Einspannung übertragen werden würde, nicht erreicht werden kann. Bei der Bemessung ist es zulässig, die nach Absatz (1) errechnete Ausmitte mit dem Faktor η zu reduzieren. Der Wert η kann mit $(1 - k_m / 4)$ angenommen werden.

Dabei ist

$$k_m = \frac{n_3 \frac{E_3 I_3}{l_3} + n_4 \frac{E_4 I_4}{l_4}}{n_1 \frac{E_1 I_1}{h_1} + n_2 \frac{E_2 I_2}{h_2}} \leq 2$$

(4) Ist die rechnerische Ausmitte der resultierenden Last aus Decken und darüber befindlichen Geschossen infolge der Knotenmomente am Kopf bzw. Fuß der Wand größer als die 0,333-fache Wanddicke t , so darf die resultierende Last über einen am Rand des Querschnittes angeordneten Spannungsblock mit der Ordinate f_d abgetragen werden (siehe Bild NA.C.2).

ANMERKUNG 3 Bei der Berechnung der Ausmitte nach vorstehendem Absatz können Rissbildungen an der der Last gegenüber liegenden Seite der Wand infolge der dabei entstehenden Deckenverdrehung auftreten.



g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – DAfStb Heft 240

Näherungsweise Ermittlung der Momente in rahmenartigen Tragwerken

$$M_b = \frac{c_o + c_u}{3 \cdot (c_o + c_u) + 2,5} \cdot \left(3 + \frac{\gamma_Q \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} \right) \cdot M_b^{(0)}$$

$$M_{col,o} = \frac{-c_o}{3 \cdot (c_o + c_u) + 2,5} \cdot \left(3 + \frac{\gamma_Q \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} \right) \cdot M_b^{(0)}$$

$$M_{col,u} = \frac{c_u}{3 \cdot (c_o + c_u) + 2,5} \cdot \left(3 + \frac{\gamma_Q \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} \right) \cdot M_b^{(0)}$$

$$c_o = \frac{I_{col,o} \cdot l_{eff}}{I_b}$$

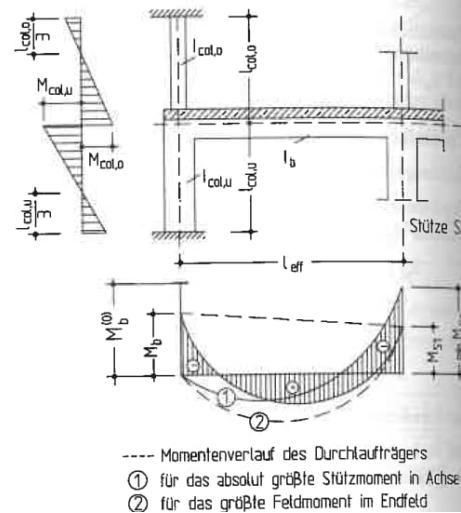
$$c_u = \frac{I_{col,u} \cdot l_{eff}}{I_b}$$

siehe Excel-Bsp.

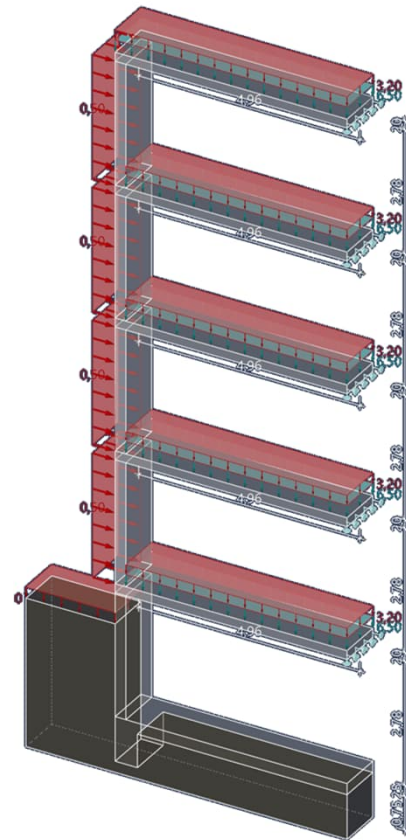
Es sind:

- $M_b^{(0)}$ Stützmoment des Endfeldes für eine beidseitige Volleinspannung unter Volllast ($\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k$)
- M_b Stützmoment des Riegels am Endauflager
- $M_{col,o/u}$ Einspannmoment des oberen (o) / unteren (u) Rahmenstiels am Riegelanschnitt
- I_b Flächenmoment 2. Grades des Rahmenriegels ¹⁾
- $c_{o/u}$ Steifigkeitsbeiwert der oberen (o) / unteren (u) Stütze
- $I_{col,o/u}$ Flächenmoment 2. Grades der oberen (o) / unteren (u) Randstütze

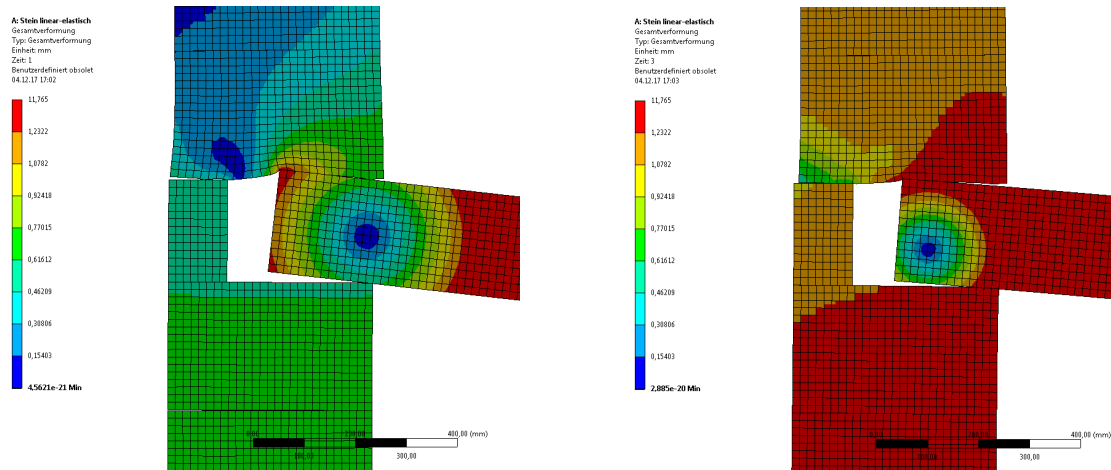
¹⁾ Bei Rahmenriegeln als Plattenbalken ist das Flächenmoment unter Berücksichtigung der mitwirkenden Plattenbreite zu bestimmen.



g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Stabwerk (Programm)



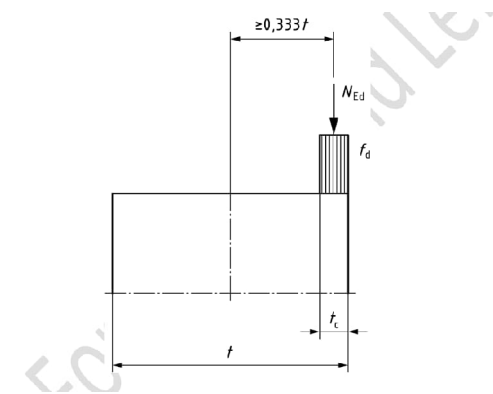
g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Abminderungsfaktor



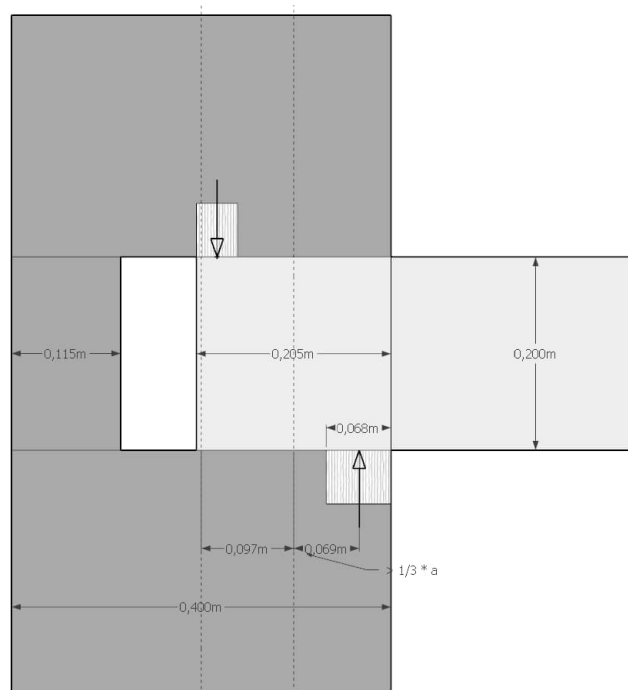
Wert η kann mit $(1 - k_m / 4)$ angenommen werden.

Dabei ist

$$k_m = \frac{n_3 \frac{E_3 I_3}{l_3} + n_4 \frac{E_4 I_4}{l_4}}{n_1 \frac{E_1 I_1}{h_1} + n_2 \frac{E_2 I_2}{h_2}} \leq 2$$



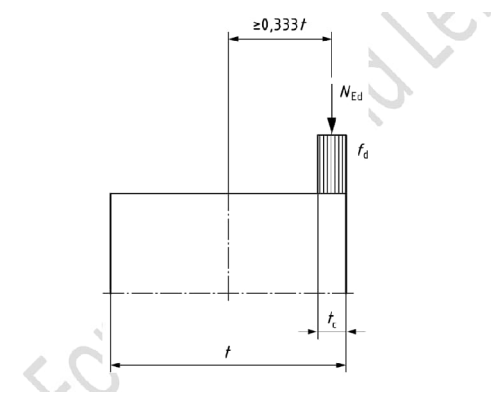
g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Abminderungsfaktor



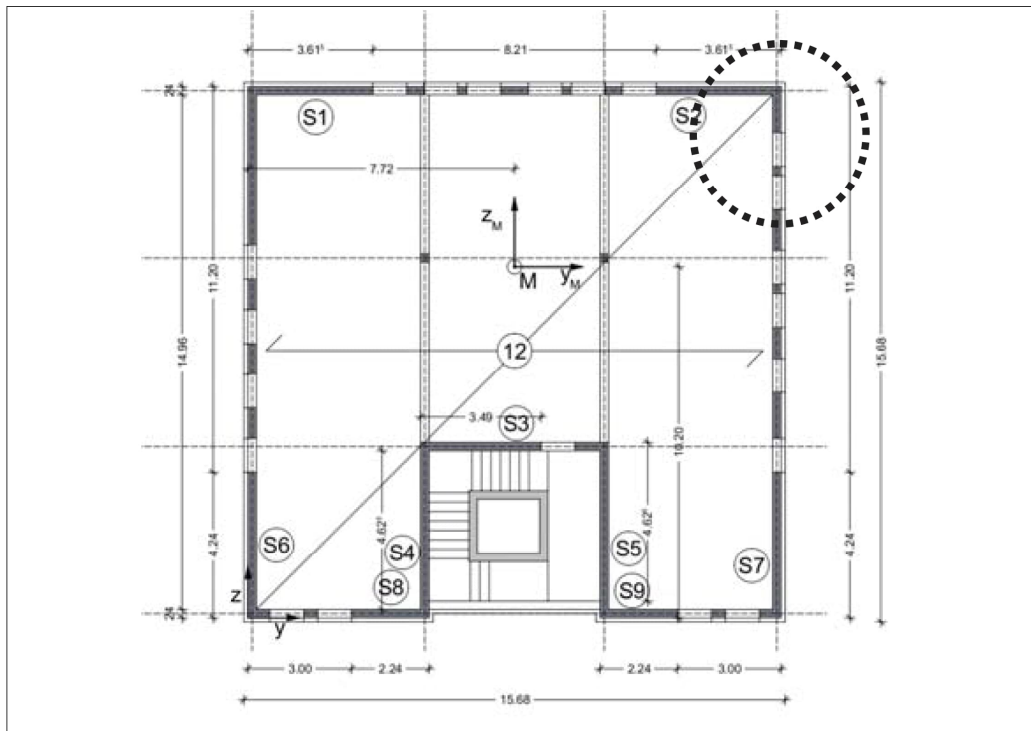
Wert η kann mit $(1 - k_m / 4)$ angenommen werden.

Dabei ist

$$k_m = \frac{n_3 \frac{E_3 I_3}{l_3} + n_4 \frac{E_4 I_4}{l_4}}{n_1 \frac{E_1 I_1}{h_1} + n_2 \frac{E_2 I_2}{h_2}} \leq 2$$



g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Beispiel S6



Position S6							
zugrundeliegende Lastnorm DIN EN 1991-1 + NA							
zugrundeliegende Mauerwerksnorm DIN EN 1996-1-1 + NA (EC6), 1996-3 + NA (EC6-3)							
		DG	OG2	OG1	EG		
Nachweis mit Lastexzentrizitäten - Standardverfahren							
Dicke	t	m	0,24	0,24	0,24	0,24	vorher. Blatt
Deckenspanweite		m	4,96	4,96	4,96	4,96	vorher. Blatt
Faktor anteilige Deckenspanweite			0,5	0,5	0,5	0,5	vorher. Blatt
Ständige Deckenlasten							
Flächenlast		kN/m ²	4,60	6,50	6,50	6,50	vorher. Blatt
		kN/m	11,41	16,12	16,12	16,12	
Ständige Wandlasten							
Wandhöhe	h	m	2,62	2,68	2,68	2,68	vorher. Blatt
MW+Putz		kN/m	13,89	14,18	14,18	14,18	vorher. Blatt
Ständige Lasten: Akkumulierte Summen Wand							
oben		kN/m	11,41	41,41	71,71	102,01	
Mitte		kN/m	18,35	48,50	78,80	109,10	
unten		kN/m	25,29	55,59	85,89	116,19	
Teilsicherheitsbeiwert			1,35	1,35	1,35	1,35	vorher. Blatt
Veränderliche Deckenlasten							
Flächenlast		kN/m ²	0,00	3,20	3,20	3,20	vorher. Blatt
Akkumulierte Summe Wand		kN/m	0,00	7,94	15,87	23,81	vorher. Blatt
Teilsicherheitsbeiwert			1,50	1,50	1,50	1,50	vorher. Blatt
Bemessungswerte Einwirkungen							
oben	N _o	kN/m	15	68	121	173	
Mitte		kN/m	25	77	130	183	
unten	N _u	kN/m	34	87	140	193	

g. B. - vorwiegend vertikaler Belastung – Beiwerte

**Tabelle NA.13 — Kennwerte für Kriechen, Quellen oder Schwinden und Wärmedehnung
(Rechenwerte und Wertebereiche)**

Mauersteinart	Mauermörtelart	Endkriechzahl ^a ϕ_{∞}		Endwert der Feuchtedehnung ^b mm/m		Wärmeausdehnungskoeffizient α $10^{-6} / K$	
		Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich
Mauerziegel	Normalmauermörtel	1,0	0,5 bis 1,5	0	-0,1 ^c bis +0,3	6	5 bis 7
	Leichtmauermörtel	2,0	1,0 bis 3,0				
Kalksandstein	Normalmauermörtel / Dünnbettmörtel	1,5	1,0 bis 2,0	-0,2	-0,3 bis -0,1	8	7 bis 9
Betonsteine	Normalmauermörtel	1,0	-	-0,2	-0,3 bis -0,1	10	8 bis 12
Leichtbetonsteine	Normalmauermörtel	2,0	1,5 bis 2,5	-0,4	-0,6 bis -0,2	10; 8 ^d	
	Leichtmauermörtel			-0,5	-0,6 bis -0,3		
Porenbetonsteine	Dünnbettmörtel	0,5	0,2 bis 0,7	-0,1	-0,2 bis +0,1	8	7 bis 9

^a Endkriechzahl $\phi_{\infty} = \epsilon_{\infty} / \epsilon_{el}$, mit ϵ_{∞} als Endkriechmaß und $\epsilon_{el} = \sigma / E$.
^b Endwert der Feuchtedehnung ist bei Stauchung negativ und bei Dehnung positiv angegeben.
^c Für Mauersteine < 2 DF gilt der Grenzwert – 0,2 mm/m.
^d Für Leichtbeton mit überwiegend Blähton als Zuschlag.

Tabelle NA.12 — Kennzahlen zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Mauerwerk

Mauersteinart	Kennzahl K_E	
	Rechenwert	Wertebereich
Mauerziegel	1 100	950 bis 1 250
Kalksandsteine	950	800 bis 1 250
Leichtbetonsteine	950	800 bis 1 100
Betonsteine	2 400	2 050 bis 2 700
Porenbetonsteine	550	500 bis 650

Nachweis bei (ex-)zentr. Druckbeanspruchung

Nachweis nach DIN EN 1996:2015, Abs. 6.1.2

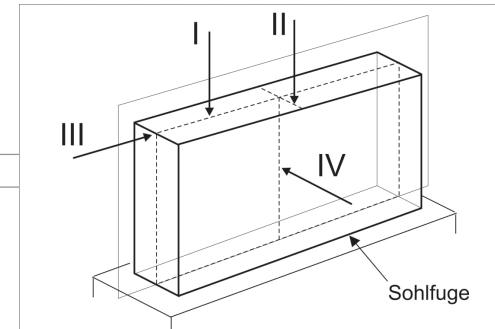
 Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit $f_d = 4.08 \text{ N/mm}^2$

Eb.	z [m]	y [m]	h_{ef} [m]	t_{cal} [cm]	N_{Ed} [kN/m]	e_d [cm]	e_{init} [cm]	$\Phi_{i/m}$	N_{Rd} [kN/m]	η
5	2.78	0.50	2.78	24.0	16.51	11.8	0.0	0.02	16.51	1.00 ⁽¹⁾
	1.39	0.50		24.0	23.88	-6.6	0.6	0.18	176.70	0.14
	0.00	0.50		24.0	31.24	-11.6	0.0	0.03	31.24	1.00 ⁽¹⁾
4	2.78	0.50	2.78	24.0	47.75	11.4	0.0	0.05	50.57	0.94
	1.39	0.50		24.0	55.12	0.1	0.6	0.75	732.44	0.08
	0.00	0.50		24.0	62.49	-8.5	0.0	0.29	285.37	0.22
3	2.78	0.50	2.78	24.0	96.07	10.8	0.0	0.10	98.37	0.98
	1.39	0.50		24.0	103.43	-0.6	0.6	0.74	728.07	0.14
	0.00	0.50		24.0	110.80	-9.2	0.0	0.23	226.35	0.49
2	2.78	0.50	2.78	24.0	122.43	10.1	0.0	0.16	157.83	0.78
	1.39	0.50		24.0	129.80	-0.2	0.6	0.75	732.44	0.18
	0.00	0.50		24.0	137.17	-9.3	0.0	0.22	219.85	0.62
1	2.78	0.50	2.09	24.0	141.49	3.6	0.0	0.70	684.75	0.21
	1.39	0.50		24.0	148.85	-5.6	0.5	0.35	344.01	0.43
	0.93	0.50		24.0	151.31	-6.6	0.5	0.41	403.88	0.37
	0.00	0.50		24.0	156.22	-1.6	0.0	0.86	845.57	0.18

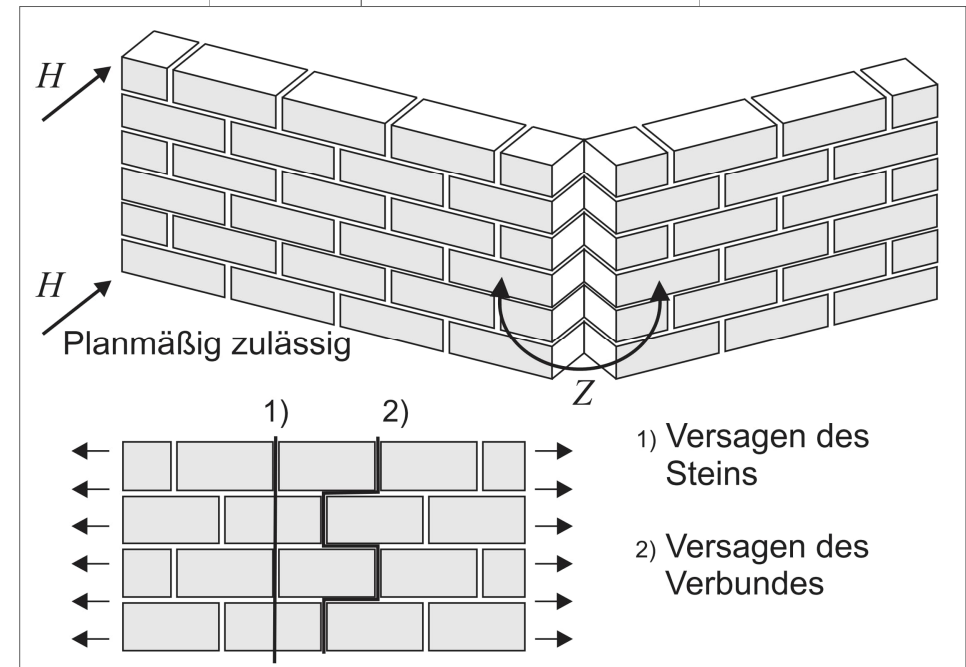
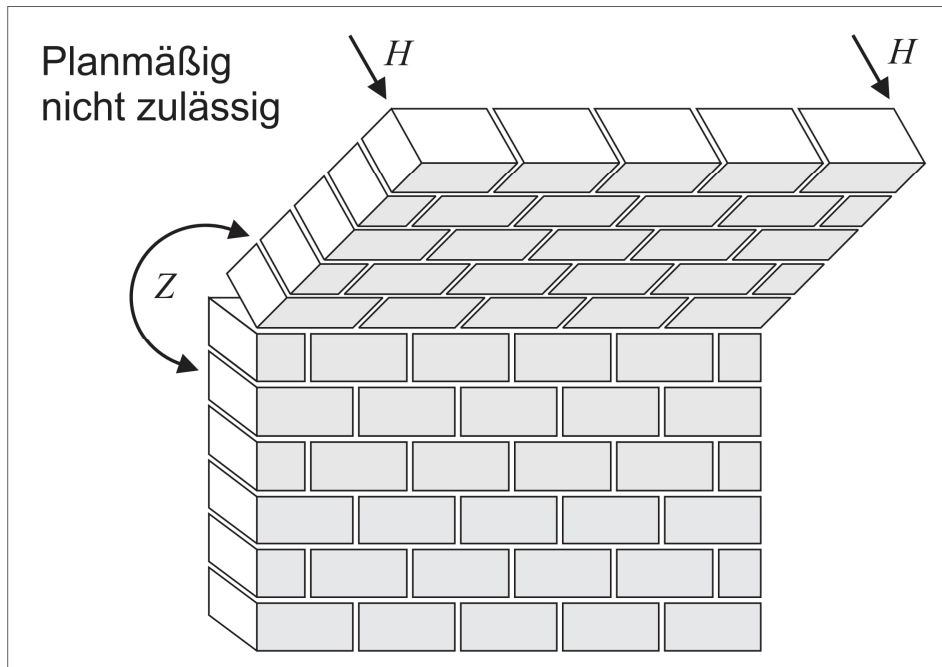
⁽¹⁾ $\eta = 1.0$ verfahrensbedingt

(Rücksatzregel, DIN EN 1996-1-1, Anh. C(5), zeigt nicht die Grenztraglast des Wandsystems an!)

z	: Nachweisstelle, gemessen vom Fußpunkt
y	: Vertikalschnitt, gemessen vom Wandanfang ($y=0$)
h_{ef}	: Knicklänge
t_{cal}	: rechnerische Wanddicke
N_{Ed}	: Bemessungswert der einwirkenden Drucknormalkraft
e_d	: planmäßige Ausmitte in Wanddickenrichtung infolge Lasten (inkl. e_h)
e_{init}	: ungewollte Ausmitte in Wanddickenrichtung
$\Phi_{i/m}$: Abminderungsfaktor infolge Lastausmitte und Schlankheit (Φ_i für Wandkopf/-Fuß, Φ_m für Wandmitte)
N_{Rd}	: Bemessungswert der aufnehmbaren Drucknormalkraft
η	: Auslastung



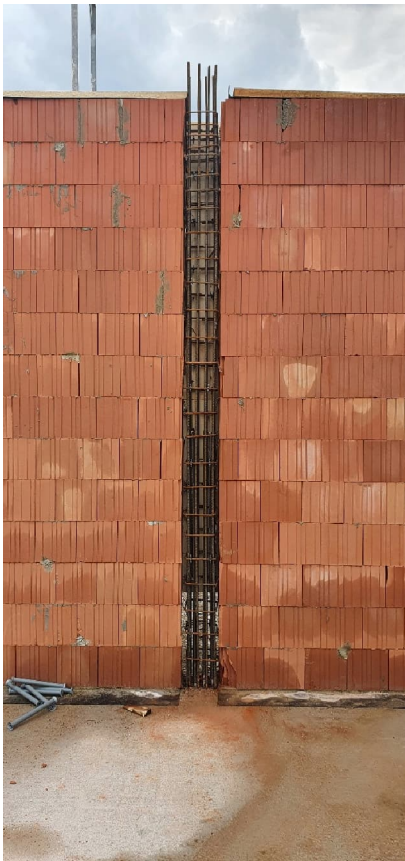
Horizontaler Lastabtrag



Plattenbiegung

Tabelle NA.C.1 — Größte zulässige Werte der Ausfachungsfläche von nichttragenden Außenwänden ohne rechnerischen Nachweis

Ausfachungsfläch



1	2	3	4	5
Wanddicke t mm	Größte zulässige Werte ^{a,b} der Ausfachungsfläche in m ² bei einer Höhe über Gelände von			
	0 m bis 8 m		8 m bis 20 m ^c	
	$h_i/l_i = 1,0$	$h_i/l_i \geq 2,0$ oder $h_i/l_i \leq 0,5$	$h_i/l_i = 1,0$	$h_i/l_i \geq 2,0$ oder $h_i/l_i \leq 0,5$
115 ^{c,d}	12	8	-	-
150 ^d	12	8	8	5
175	20	14	13	9
240	36	25	23	16
≥ 300	50	33	35	23

^a Bei Seitenverhältnissen $0,5 < h_i/l_i < 1,0$ und $1,0 < h_i/l_i < 2,0$ dürfen die größten zulässigen Werte der Ausfachungsflächen geradlinig interpoliert werden.

^b Die angegebenen Werte gelten für Mauerwerk mindestens der Steindruckfestigkeitsklasse 4 mit Normalmauermörtel mindestens der Gruppe NM IIa und Dünnbettmörtel

^c In Windlastzone 4 nur im Binnenland zulässig.

^d Bei Verwendung von Steinen der Festigkeitsklassen ≥ 12 dürfen die Werte dieser Zeile um 1/3 vergrößert werden.

Horizontaler Lastabtrag

6.3 Unbewehrte, durch Horizontallasten auf Plattenbiegung beanspruchte Mauerwerkswände

6.3.1 Allgemeines

(1)P Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert des auf die Wand wirkenden Biegemomentes, M_{Ed} (siehe 5.5.5), kleiner oder gleich dem Bemessungswert des Tragwiderstandes, M_{Rd} , sein:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad (6.15)$$

(2) Der Orthotropiekoeffizient μ von Mauerwerk sollte bei der Bemessung berücksichtigt werden.

(3) Der Bemessungswert des aufnehmbaren Momentes M_{Rd} einer Wand je Höhen- oder Längeneinheit ist:

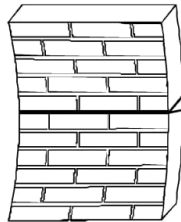
$$M_{Rd} = f_{xd} Z \quad (6.16)$$

Dabei ist

f_{xd} der Bemessungswert der Biegefestigkeit der entsprechenden Biegerichtung nach 3.6.4, 6.3.1 (4) oder 6.6.2 (9);

Z das elastische Widerstandsmoment je Höhen- oder Längeneinheit der Wand.

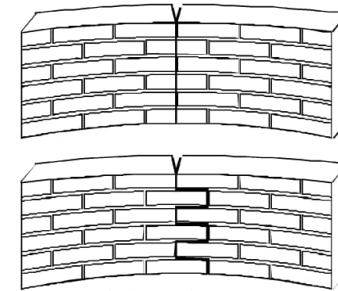
Horizontaler Lastabtrag



a) Bruchebene parallel zu den Lagerfugen, f_{xk1}

a) Die charakteristische Biegezugfestigkeit f_{xk1} mit einer Bruchebene parallel zu den Lagerfugen (Plattenbiegung) darf in tragenden Wänden nicht in Rechnung gestellt werden. Eine Ausnahme gilt nur, wenn Wände aus Planelementen bestehen und lediglich durch zeitweise einwirkende Lasten rechtwinklig zur Oberfläche beansprucht werden (z. B. Wind auf Ausfachungsmauerwerk). In diesem Fall darf der Bemessung eine charakteristische Biegezugfestigkeit in Höhe von $f_{xk1} = 0,2 \text{ N/mm}^2$ zugrunde gelegt werden. Beim Versagen der Wand darf es nicht zu einem größeren Einsturz oder zum Stabilitätsverlust des ganzen Tragwerkes kommen.

$$f_{xd1,app} = f_{xd1} + \sigma_d$$



b) Bruchebene senkrecht zu den Lagerfugen, f_{xk2}

$$f_{xk2} = (f_{vk0} + 0,6 \cdot \sigma_d) \cdot \frac{l_{ol}}{h_u} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$f_{xk2} = 0,5 \cdot f_{bt,cal} \leq 0,7 \text{ in N/mm}^2 \quad (\text{N/mm}^2)$$

Dabei ist

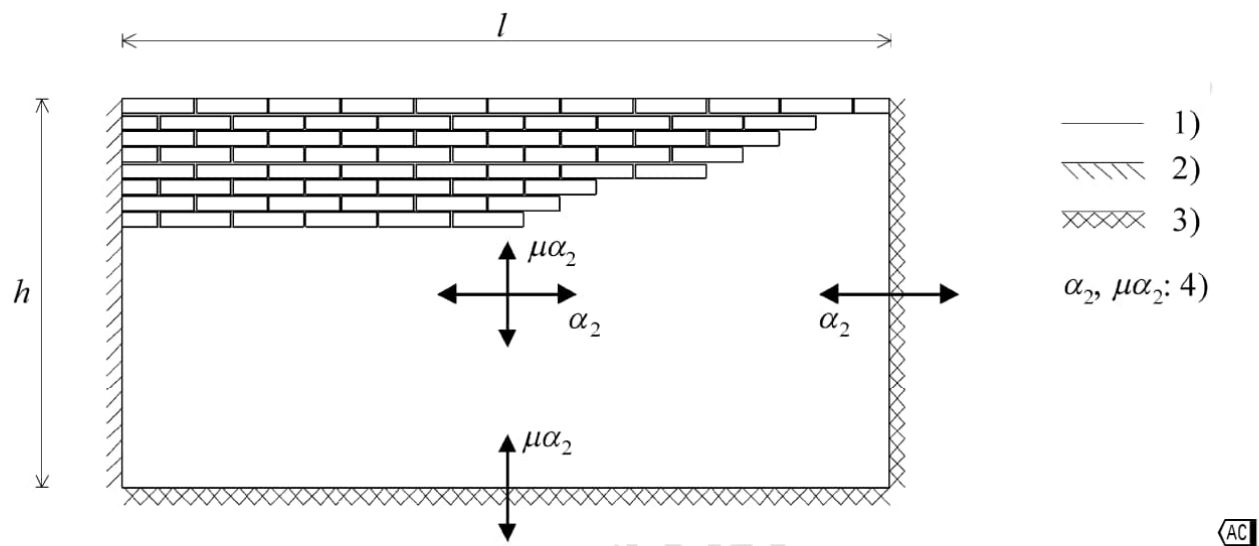
f_{vk0} die Haftscherfestigkeit nach Tabelle NA.11;

σ_d der Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung rechtwinklig zur Lagerfuge im untersuchten Lastfall. Er ist im Regelfall mit dem geringsten zugehörigen Wert einzusetzen;

l_{ol}/h_u das Verhältnis von Überbindemaß zur Steinhöhe;

$f_{bt,cal}$ die rechnerische Steinzugfestigkeit. Nach NDP zu 3.6.2 (3), b).

Horizontaler Lastabtrag - Ausfachung



Legende

- 1 freie Kante
- 2 gelenkig gelagerte Kante
- 3 durchgehend voll eingespannte Kante
- 4 AC gestrichener Text AC Biegemomentkoeffizienten in den angegebenen Richtungen

Horizontaler Lastabtrag - Ausfachung

Anhang E (informativ)

Biegemomentkoeffizienten α_2 für einschalige horizontal belastete Wandscheiben mit Wanddicken ≤ 250 mm

NCI zu Anhang E „Biegemomentkoeffizient α_2 für einschalige horizontal belastete Wandscheiben mit Wanddicken ≤ 250 mm“

Anhang E ist durch den folgenden normativen Anhang NA.E zu ersetzen.

NCI Anhang NA.E (normativ)

Biegemomentkoeffizient α_2 für einschalige horizontal belastete Wandscheiben mit Wanddicken ≤ 250 mm

Vereinfachend kann der Nachweis vertikal nicht beanspruchter Wände mit gleichmäßig verteilter horizontaler Bemessungslast nach DIN EN 1996-3/NA:2012-01, Anhang NA.C, geführt werden.

Horizontaler Lastabtrag - Ausfachung

(7) Ist eine Wand an 3 oder 4 Seiten gelagert, ist das Moment M_{Edi} wie folgt zu berechnen:

— wenn die Bruchebene der Wand parallel zu den Lagerfugen, d. h. in Richtung von f_{xk1} ist:

$$M_{Ed1} = \alpha_1 W_{Ed} l^2 \text{ je Längeneinheit der Wand}$$

oder,

— wenn die Bruchebene senkrecht zu den Lagerfugen, d. h. in Richtung von f_{xk2} ist:

$$M_{Ed2} = \alpha_2 W_{Ed} l^2 \text{ je Längeneinheit der Wand}$$

Dabei ist

α_1, α_2 die Momentenbeiwerte unter Berücksichtigung des Einspanngrades an den Rändern und der Seitenverhältnis der Wand; sie können nach einer geeigneten Theorie ermittelt werden;

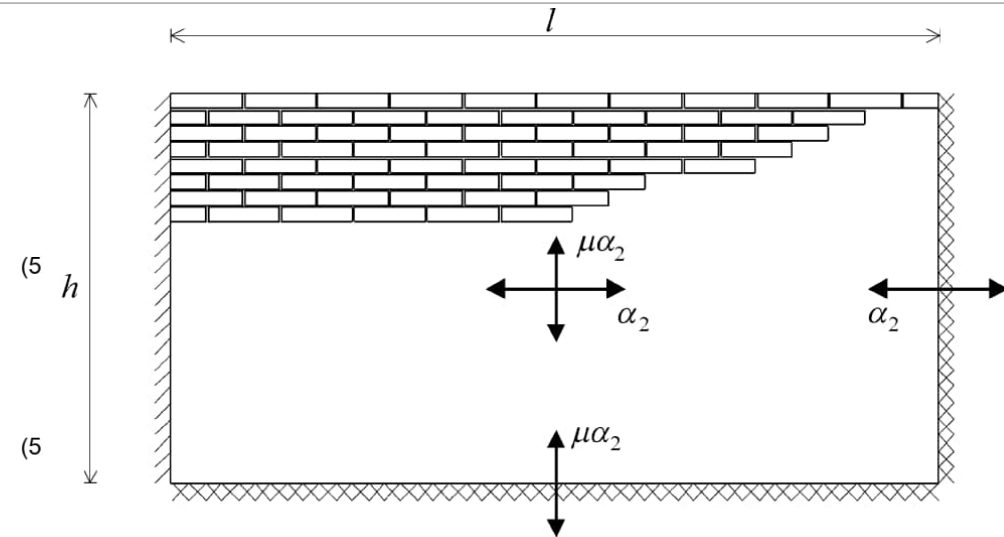
l die Länge der Wand;

W_{Ed} der Bemessungswert der Querlast je Flächeneinheit.

$$\alpha_1 = \mu \alpha_2$$

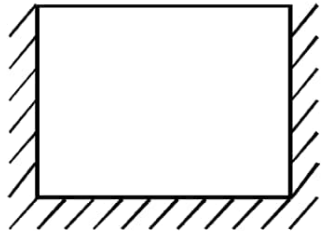
Dabei ist

μ das Verhältnis der Biegefestigkeiten des Mauerwerks senkrecht zueinander, f_{xk1}/f_{xk2} , siehe 3.6.4 oder $f_{xk1,app}/f_{xk2}$, siehe 6.3.1 (4) oder $f_{xk1}/f_{xk2,app}$, siehe 6.6.2 (9).



Horizontaler Lastabtrag - Ausfachung

Auflagerbedingungen
für die Wandränder
A



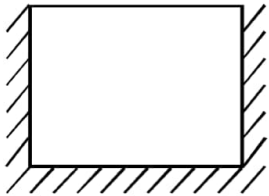
μ	h/l							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,031	0,045	0,059	0,071	0,079	0,085	0,090	0,094
0,90	0,032	0,047	0,061	0,073	0,081	0,087	0,092	0,095
0,80	0,034	0,049	0,064	0,075	0,083	0,089	0,093	0,097
0,70	0,035	0,051	0,066	0,077	0,085	0,091	0,095	0,098
0,60	0,038	0,053	0,069	0,080	0,088	0,093	0,097	0,100
0,50	0,040	0,056	0,073	0,083	0,090	0,095	0,099	0,102
0,40	0,043	0,061	0,077	0,087	0,093	0,098	0,101	0,104
0,35	0,045	0,064	0,080	0,089	0,095	0,100	0,103	0,105
0,30	0,048	0,067	0,082	0,091	0,097	0,101	0,104	0,107
0,25	0,050	0,071	0,085	0,094	0,099	0,103	0,106	0,109
0,20	0,054	0,075	0,089	0,097	0,102	0,105	0,108	0,111
0,15	0,060	0,080	0,093	0,100	0,104	0,108	0,110	0,113
0,10	0,069	0,087	0,098	0,104	0,108	0,111	0,113	0,115
0,05	0,082	0,097	0,105	0,110	0,113	0,115	0,116	0,117

$$\alpha_1 = \mu \alpha_2$$

Horizontaler Lastabtrag - Ausfachung

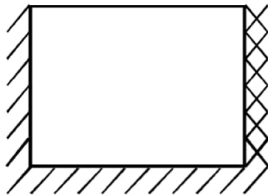
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

A



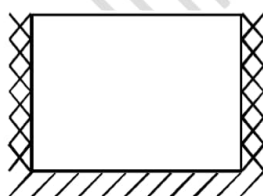
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

B



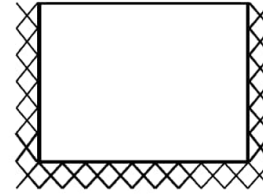
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

C



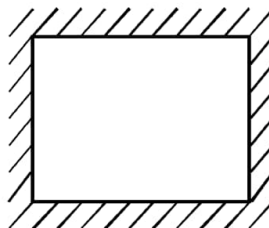
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

D



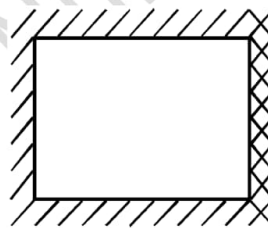
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

E



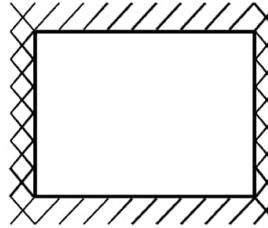
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

F



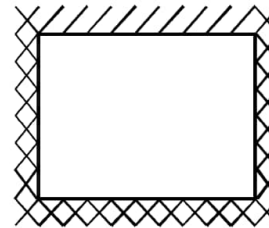
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

G



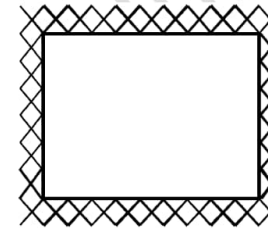
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

H



Auflagerbedingungen
für die Wandränder

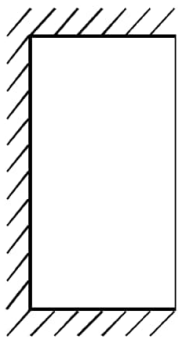
I



Horizontaler Lastabtrag - Ausfachung

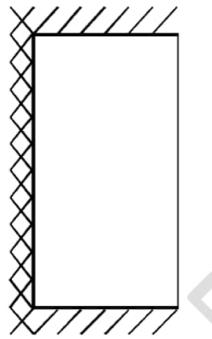
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

J



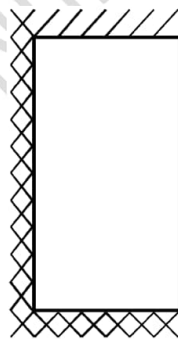
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

K

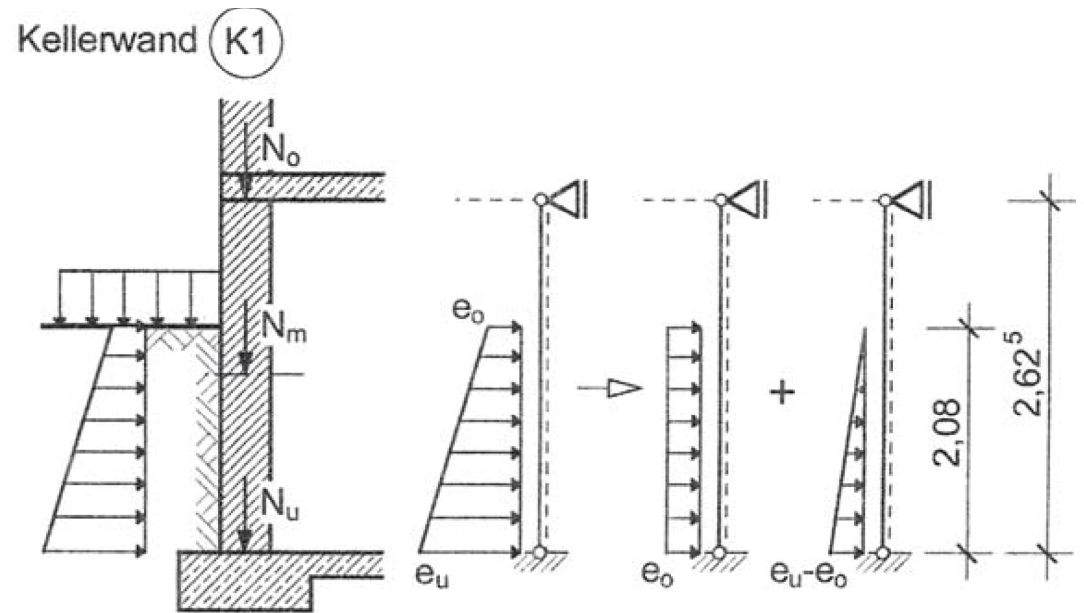
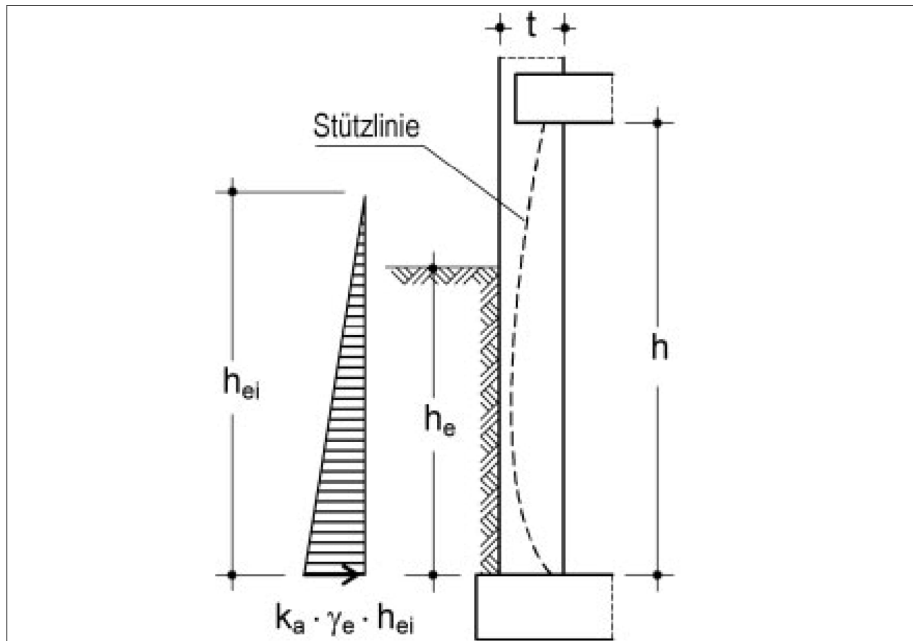


Auflagerbedingungen
für die Wandränder

L



Kellerwände

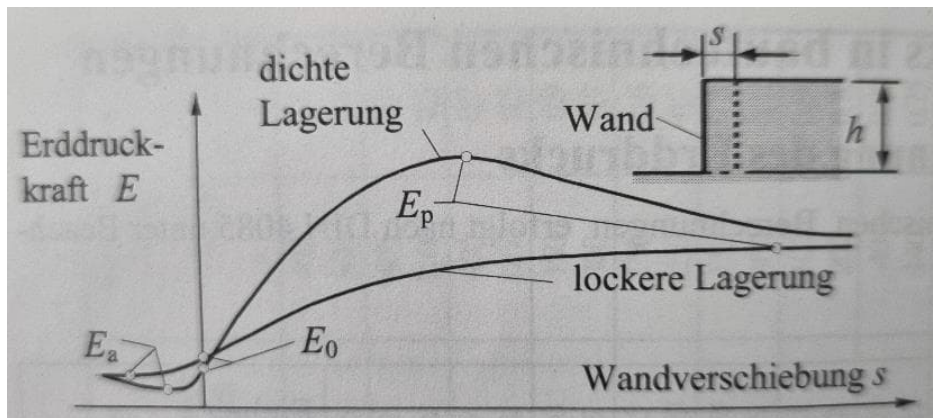


g. B. - Kellerwände

- Vereinfachtes Verfahren

$$N_{Ed,max} \leq \frac{t b f_d}{3}$$

$$N_{Ed,min} \geq \frac{\rho_e b h h_e^2}{\beta t}$$



TU Dresden, 10.11.2023

- Genaueres Verfahren

$$n_{1,Ed,sup} \leq n_{1,Rd} = 0,33 \cdot f_d \cdot t$$

$$b \leq h : \quad n_{1,Ed,inf} \geq \frac{1}{2} n_{1,lim,d}$$

$$b \geq 2h : \quad n_{1,Ed,inf} \geq n_{1,lim,d}$$

Dabei ist

h die lichte Höhe der Kellerwand

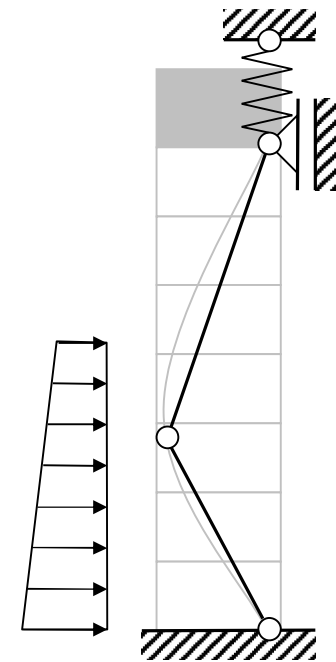
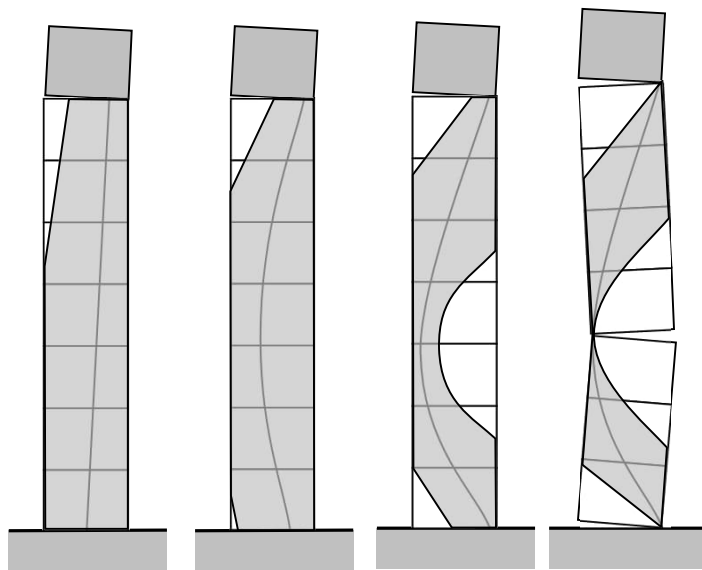
$$n_{1,d,inf} \geq n_{1,lim,d} = \frac{k_i \cdot \gamma_e \cdot h \cdot h_e^2}{7,8 \cdot t}$$

Gleichung (NA.26) gilt unter folgenden Bedingungen:

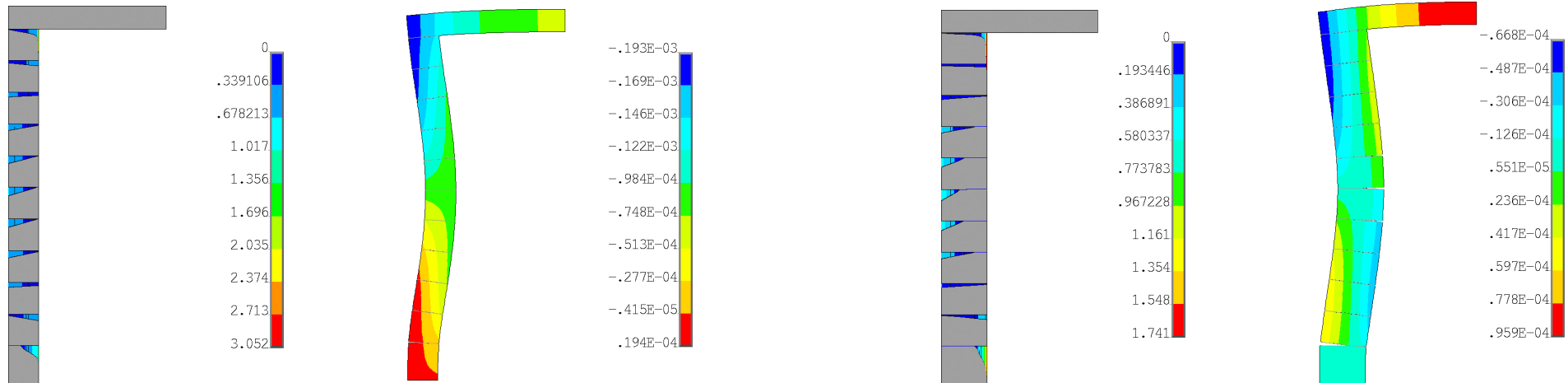
- lichte Höhe der Kellerwand $h \leq 2,6$ m, Wanddicke $t \geq 240$ mm.
- die Kellerdecke wirkt als Scheibe und kann die aus dem Erddruck entstehenden Kräfte aufnehmen.
- im Einflussbereich des Erddrucks auf die Kellerwände beträgt die Verkehrslast auf der Geländeoberfläche nicht mehr als $q_k = 5$ kN/m², die Geländeoberfläche steigt nicht an, und die Anschütthöhe h_e ist nicht größer als $1,15 \cdot h$.

MW-Vorlesung – Genaueres Verfahren -

Kellerwände



Kellerwände



Kellerwände

Position K1							
zugrundeliegende Lastnorm DIN EN 1991-1 + NA							
zugrundeliegende Mauerwerksnorm DIN EN 1996-1-1 + NA (EC6), 1996-3 + NA (EC6-3)							
			DG	OG2	OG1	EG	KG
Nachweis Kellerwand über lotrechten Bogen							
Wanddicke	d	m	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
lichte Wandhöhe	h	m	2,62	2,68	2,68	2,68	2,625
Länge		m	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96
Einflussfaktor			18%	18%	18%	18%	18%
Lasteinflussflaeche		m ²	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
vgl. einfacher Nachweis							
Ständige Deckenlasten							
Flächenlast		kN/m ²	4,60	6,50	6,50	6,50	6,50
Gesamtlast		kN	20,71	29,26	29,26	29,26	29,26
Streckenlast auf MW		kN/m	4,18	5,90	5,90	5,90	5,90
Ständige Wandlasten							
Mauerwerk		kN/m ³	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
MW Flächenlast		kN/m ²	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
MW Streckenlast		kN/m	12,58	12,84	12,84	12,84	12,60
Putz, innen und außen		kN/m ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00
Putz Streckenlast		kN/m	1,31	1,34	1,34	1,34	0,00
MW+Putz Streckenlast		kN/m	13,89	14,18	14,18	14,18	12,60
Ständige Lasten: Akkumulierte Summen							
oben		kN/m	4	24	44	64	84
Mitte		kN/m	11	31	51	71	90
unten		kN/m	18	38	58	78	97
Teilsicherheitsbeiwert ständig						1,35	1,35
Veränderliche Deckenlasten							
Flächenlast		kN/m ²	0,00	3,20	3,20	3,20	3,20
Gesamtlast		kN	0,00	14,41	14,41	14,41	14,41
Streckenlast auf MW		kN/m	0,00	2,90	2,90	2,90	2,90
Akkumulierte Summe oben		kN/m	0,00	2,90	5,81	8,71	11,62
Teilsicherheitsbeiwert veränd.						1,50	1,50
Einwirkungen Bemessungswerte Normalkraft							
oben	N_Edo	kN/m				100	131
Mitte	N_Edm	kN/m				109	140
unten	N_Edu	kN/m				119	148

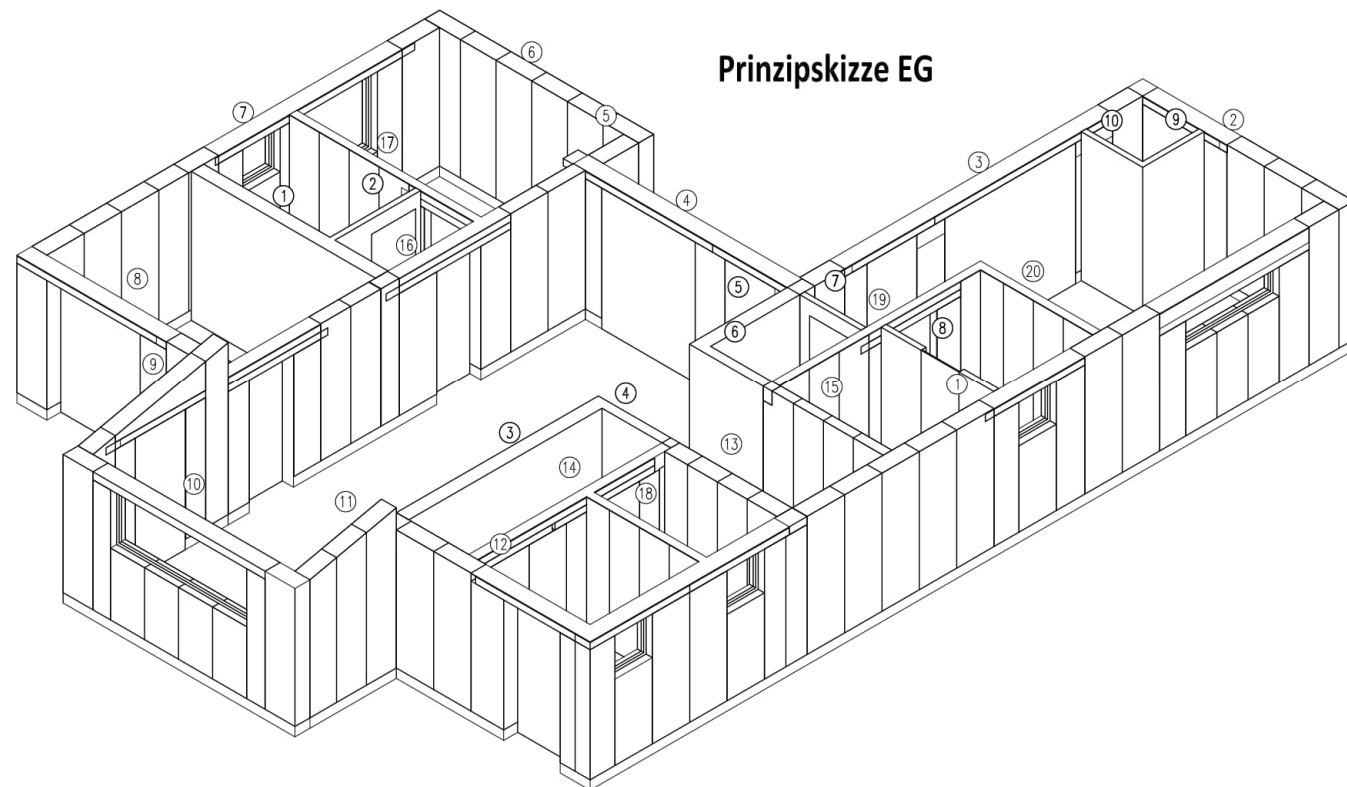
Bewehrtes Mauerwerk

Tabelle NA.1 — Teilsicherheitsbeiwerte für das Material im Grenzzustand der Tragfähigkeit

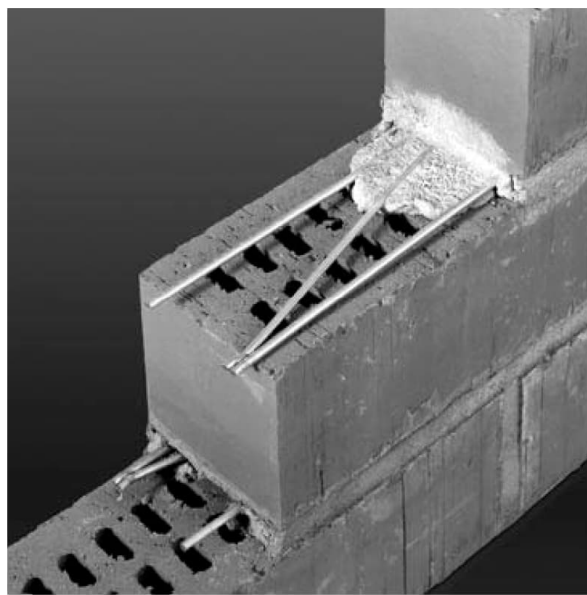
	Material	γ_t	
		Bemessungssituation	
		ständig und vorübergehend	außer-gewöhnlich ^a
A	unbewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung ^{b, c}	1,5	1,3
	bewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung ^b	10,0 ^d	10,0 ^d
B	unbewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel ^{c, e}	1,5	1,3
	bewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel ^b	10,0 ^d	10,0 ^d
C	Mauerwerk aus Steinen der Kategorie II	Für tragendes Mauerwerk nicht anwendbar.	
D	Verankerung von Bewehrungsstahl	10,0 ^d	
E	Bewehrungsstahl und Spannstahl	10,0 ^d	
F	Ergänzungsbauteile nach DIN EN 845-1	nach Zulassung	
G	Stürze nach DIN EN 845-2	nach Zulassung	

^a für die Bemessung im Brandfall siehe DIN EN 1996-1-2.
^b siehe NCI zu 3.2.2
^c Randstreifenvermörtelung ist für tragendes MW nicht anwendbar.
^d In Einzelfällen können in Abstimmung mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde abweichende Werte vereinbart werden.
^e Gilt nur für Baustellenmörtel nach DIN V 18580.

Bewehrtes Mauerwerk Wandelemente



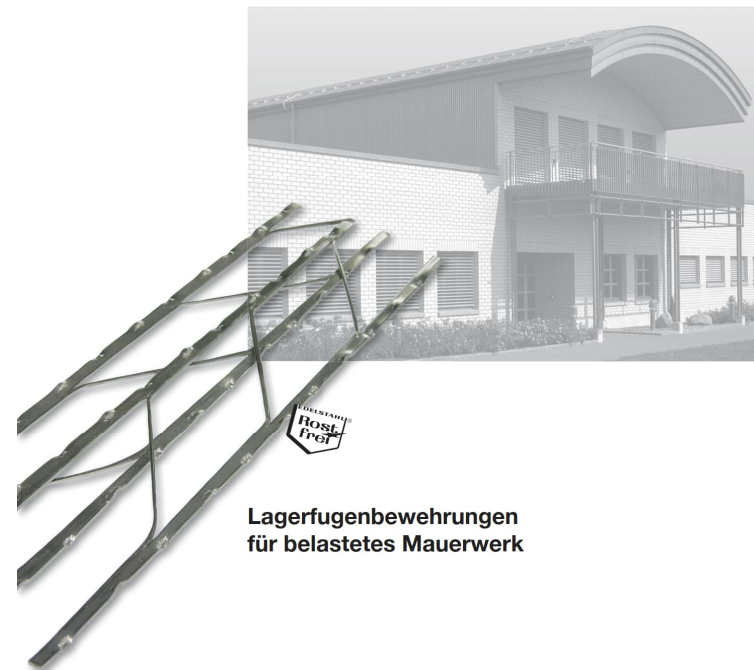
Bewehrtes MW - Produkte



Murfor®

Murfor® ist ein vorgefertigtes Bewehrungselement. Es besteht aus zwei in Längsrichtung parallel verlaufenden Drähten, die an einen diagonal verlaufenden dünneren Draht punktgeschweißt sind. Es eignet sich zur konstruktiven Bewehrung - hier empfiehlt man Murfor® RND (glatte Oberfläche) wie auch für bemessenes Mauerwerk lt. DIN 1053/Teil 3 wo man Murfor® GER (gerippte Oberfläche) einsetzt.

MURINOX® - Lagerfugenbewehrungen



Lagerfugenbewehrungen für belastetes Mauerwerk

Bewehrtes Mauerwerk – Wandelemente - DIN EN 12602

DIN EN 12602:2016-12
EN 12602:2016 (D)

Tabelle D.4 – Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwert γ_M		Bemessung auf rechnerischem Wege		Bemessung anhand von Prüfungen γ_{comp}	
		γ_s	γ_c	Direkte Anwendung ^a	Erweiterte Anwendung ^a
Bauteile mit statisch anrechenbarer ^b Bewehrung	Betonstahl γ_S	1,15 (1,0 · 1,0 · 1,15)	—	—	—
Bauteile mit statisch anrechenbarer ^b Bewehrung	Zähes Biegeversagen ^c γ_c/γ_{comp}	—	1,44 (1,0 · 1,1 · 1,31)	1,15 (1,0 · 1,0 · 1,15)	1,30 (1,0 · 1,0 · 1,30)
Bauteile mit statisch anrechenbarer ^b Bewehrung	Sprödes Versagen γ_c/γ_{comp}	—	1,73 (1,2 · 1,1 · 1,31)	1,38 (1,2 · 1,0 · 1,15)	1,56 (1,2 · 1,0 · 1,30)
Bauteile mit statisch nicht anrechenbarer ^b Bewehrung	Sprödes Versagen γ_c/γ_{comp}	—	1,73 (1,2 · 1,1 · 1,31)	1,44 (1,2 · 1,0 · 1,2)	1,57 (1,2 · 1,0 · 1,31)

^a Direkte und erweiterte Anwendung ist im Anhang B, B.1 definiert.
^b Bauteil mit statisch anrechenbarer und mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung, siehe 3.1.3.
^c Porenbeton verhält sich im Zusammenwirken mit statisch anrechenbarer Bewehrung zäh, wie z. B. beim Biegeversagen.

Bewehrtes Mauerwerk – Bemessungsmöglichkeiten

1. Näherungslösung nach DIN EN 1996-1-1
2. k_h -Verfahren
3. ω -Verfahren
4. Überschlägliche/Einfache (Vor-)Bemessung

Bemessung

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} z \quad (6.23)$$

Dabei darf aufgrund der im Bild 6.4 dargestellten Vereinfachung der Hebelarm der inneren Kräfte z unter der Annahme, dass gleichzeitig die maximale Druck- als auch Zugkraft im Querschnitt erreicht wird, wie folgt angenommen werden:

$$z = d \left(1 - 0,5 \frac{A_s f_{yd}}{b d f_d} \right) \leq 0,95 d \quad (6.24)$$

Dabei ist

- b die Querschnittsbreite;
- d die Nutzhöhe des Querschnitts;
- A_s die Querschnittsfläche der Zugbewehrung;
- f_d der kleinere Wert aus der Bemessungsdruckfestigkeit und 3.6.1 und der Bemessungsdruckfestigkeit des Füll
- f_{yd} die Bemessungszugfestigkeit des Bewehrungsstahles.

$$\boxed{AC} M_{Rd} \leq 0,4 f_d b d^2 \boxed{AC} \text{ für Steine der Gruppe 1 außer Leichtbetonsteinen} \quad (6.25a)$$

und

$$\boxed{AC} M_{Rd} \leq 0,3 f_d b d^2 \boxed{AC} \text{ für Steine der Gruppen 2,3 und 4 und Leichtbetonsteine der Gruppe 1.} \quad (6.25b)$$

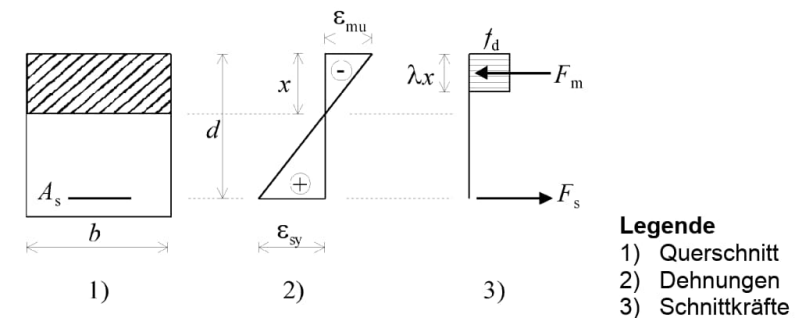


Bild 6.4 — Spannungs- und Dehnungsverteilung

Bewehrtes MW – k_h -Verfahren

Tabelle für das k_h -Verfahren

einheitengebunden für linear-elastisches Materialverhalten

Grenzdehnung Stahl	Grenzdehnung Mauerwerk ε_f	Teilsicherheitsbeiwert γ_{mw}
5,00 ‰	2,00 ‰	1,50
Streckgrenze	Verhalten des Mauerwerks	Dauerstandsfaktor
500 N/mm ²	linear	1,00
Teilsicherheitsbeiwert γ_s	Grenzdehnung Mauerwerk ε_u	
1,15	2,00	

$$k_h = \frac{d(\text{cm})}{\sqrt{\frac{M(\text{kNm})}{b(\text{m})}}}$$

$$A_s(\text{cm}^2) = k_s \cdot \frac{M_s(\text{kNm})}{d(\text{cm})} + \frac{N(\text{kN})}{\sigma_s(\text{N/mm}^2)}$$

k_h cm/(kN) ^{1/2}												BST 500 k_s cm ² /(100kN) o. mm ² /kN	σ_s N/mm ²	k_x	k_z	ε_m ‰	ε_s ‰
f_k		N/mm ²															
0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,8	3,4	4,4	5,6	6,9	8,5	11						
185,00	160,21	143,30	130,81	118,32	104,88	95,18	83,67	74,16	66,81	60,20	52,92	2,32	434,78	0,02	0,993	0,10	5,00
63,26	54,78	49,00	44,73	40,46	35,86	32,55	28,61	25,36	22,85	20,58	18,09	2,34	434,78	0,06	0,981	0,30	5,00
38,89	33,68	30,12	27,50	24,87	22,05	20,01	17,59	15,59	14,05	12,65	11,12	2,37	434,78	0,09	0,970	0,50	5,00
28,44	24,63	22,03	20,11	18,19	16,12	14,63	12,86	11,40	10,27	9,25	8,13	2,40	434,78	0,12	0,959	0,70	5,00
22,62	19,59	17,52	15,99	14,47	12,82	11,64	10,23	9,07	8,17	7,36	6,47	2,42	434,78	0,15	0,949	0,90	5,00
18,91	16,38	14,65	13,37	12,09	10,72	9,73	8,55	7,58	6,83	6,15	5,41	2,45	434,78	0,18	0,940	1,10	5,00
16,34	14,15	12,65	11,55	10,45	9,26	8,40	7,39	6,55	5,90	5,32	4,67	2,47	434,78	0,21	0,931	1,30	5,00
14,44	12,51	11,19	10,21	9,24	8,19	7,43	6,53	5,79	5,22	4,70	4,13	2,49	434,78	0,23	0,923	1,50	5,00
12,99	11,25	10,06	9,19	8,31	7,37	6,69	5,88	5,21	4,69	4,23	3,72	2,51	434,78	0,25	0,915	1,70	5,00
11,84	10,26	9,18	8,38	7,58	6,72	6,09	5,36	4,75	4,28	3,85	3,39	2,53	434,78	0,28	0,908	1,90	5,00
11,36	9,83	8,80	8,03	7,26	6,44	5,84	5,14	4,55	4,10	3,70	3,25	2,54	434,78	0,29	0,905	2,00	5,00
11,17	9,68	8,65	7,90	7,15	6,33	5,75	5,05	4,48	4,04	3,64	3,20	2,55	434,78	0,30	0,901	2,00	4,75
10,80	9,35	8,36	7,64	6,91	6,12	5,56	4,88	4,33	3,90	3,51	3,09	2,57	434,78	0,32	0,893	2,00	4,25
10,41	9,02	8,06	7,36	6,66	5,90	5,36	4,71	4,17	3,76	3,39	2,98	2,60	434,78	0,35	0,884	2,00	3,75
10,01	8,67	7,75	7,08	6,40	5,68	5,15	4,53	4,01	3,62	3,26	2,86	2,63	434,78	0,38	0,873	2,00	3,25
9,60	8,31	7,43	6,79	6,14	5,44	4,94	4,34	3,85	3,47	3,12	2,74	2,68	434,78	0,42	0,860	2,00	2,75
9,17	7,94	7,10	6,48	5,86	5,20	4,72	4,15	3,67	3,31	2,98	2,62	2,73	434,78	0,47	0,843	2,00	2,25
8,72	7,55	6,75	6,16	5,58	4,94	4,49	3,94	3,50	3,15	2,84	2,49	3,47	350,00	0,53	0,822	2,00	1,75
8,26	7,15	6,39	5,84	5,28	4,68	4,25	3,73	3,31	2,98	2,69	2,36	5,03	250,00	0,62	0,795	2,00	1,25
7,78	6,74	6,02	5,50	4,97	4,41	4,00	3,52	3,12	2,81	2,53	2,22	8,80	150,00	0,73	0,758	2,00	0,75

Bewehrtes MW – ω -Verfahren

Grenzdehnung Stahl

7,43 ‰

Streckgrenze

500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_s

1,15

Grenzdehnung Mauerwerk ε_f

2,00 ‰

Verhalten des Mauerwerks

quadratisch-rechteck

Grenzdehnung Mauerwerk ε_u

2,00

Teilsicherheitsbeiwert γ_m

1,50

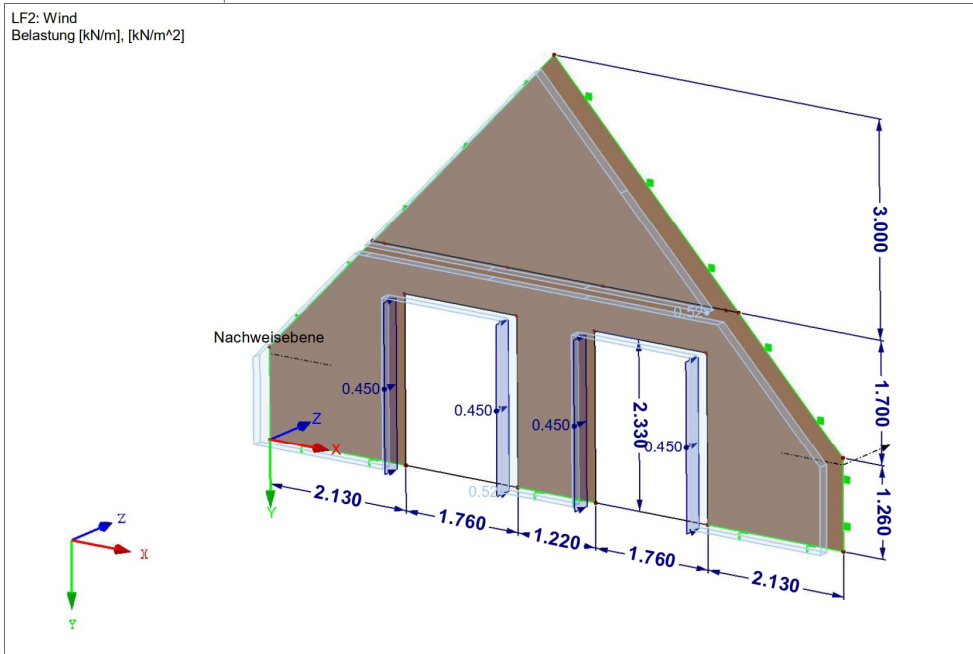
Dauerstandsfaktor

0,85

- $$\mu = \frac{M_s}{b \cdot d^2 \cdot f_d}$$
- $$A_s = \frac{\omega \cdot f_d}{\sigma_s} \cdot b \cdot d + \frac{N}{\sigma_s}$$

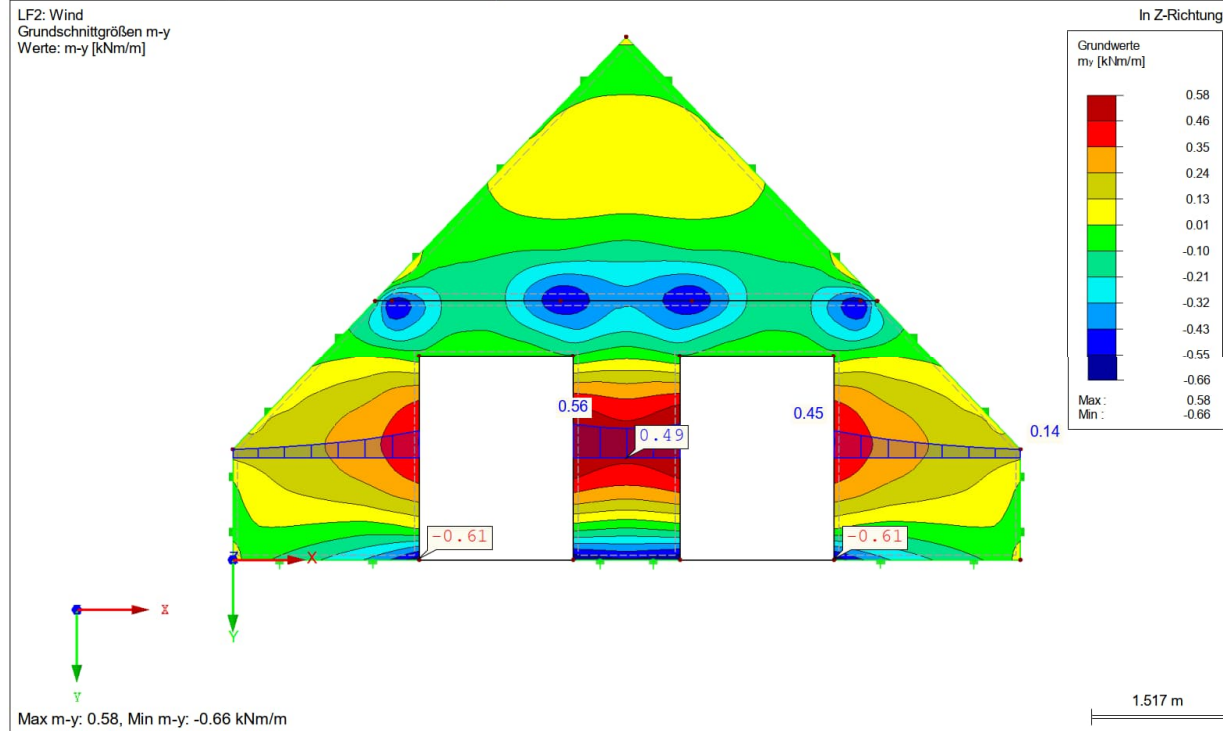
μ	ω	σ_s N/mm ²	k_x	k_z	ε_m ‰	ε_s ‰
0,001	0,001	434,78	0,013	0,996	0,10	7,43
0,005	0,006	434,78	0,039	0,987	0,30	7,43
0,014	0,014	434,78	0,063	0,979	0,50	7,43
0,026	0,027	434,78	0,086	0,970	0,70	7,43
0,040	0,041	434,78	0,108	0,962	0,90	7,43
0,055	0,058	434,78	0,129	0,955	1,10	7,43
0,072	0,076	434,78	0,149	0,947	1,30	7,43
0,089	0,094	434,78	0,168	0,939	1,50	7,43
0,106	0,113	434,78	0,186	0,932	1,70	7,43
0,122	0,132	434,78	0,204	0,924	1,90	7,43
0,130	0,141	434,78	0,212	0,920	2,00	7,43
0,135	0,147	434,78	0,221	0,917	2,00	7,06
0,146	0,160	434,78	0,241	0,910	2,00	6,32
0,159	0,176	434,78	0,264	0,901	2,00	5,57
0,174	0,195	434,78	0,293	0,890	2,00	4,83
0,192	0,219	434,78	0,329	0,877	2,00	4,09
0,215	0,250	434,78	0,374	0,860	2,00	3,34
0,243	0,290	434,78	0,435	0,837	2,00	2,60
0,278	0,405	371,50	0,518	0,806	2,00	1,86

Bewehrtes MW - Beispiel

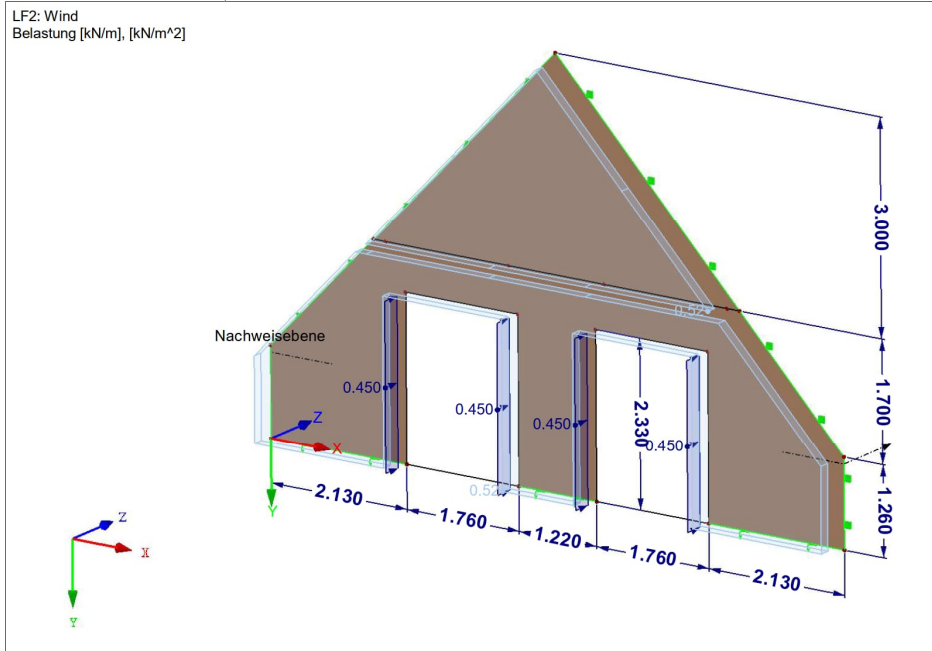


GRUNDWERTE m_y

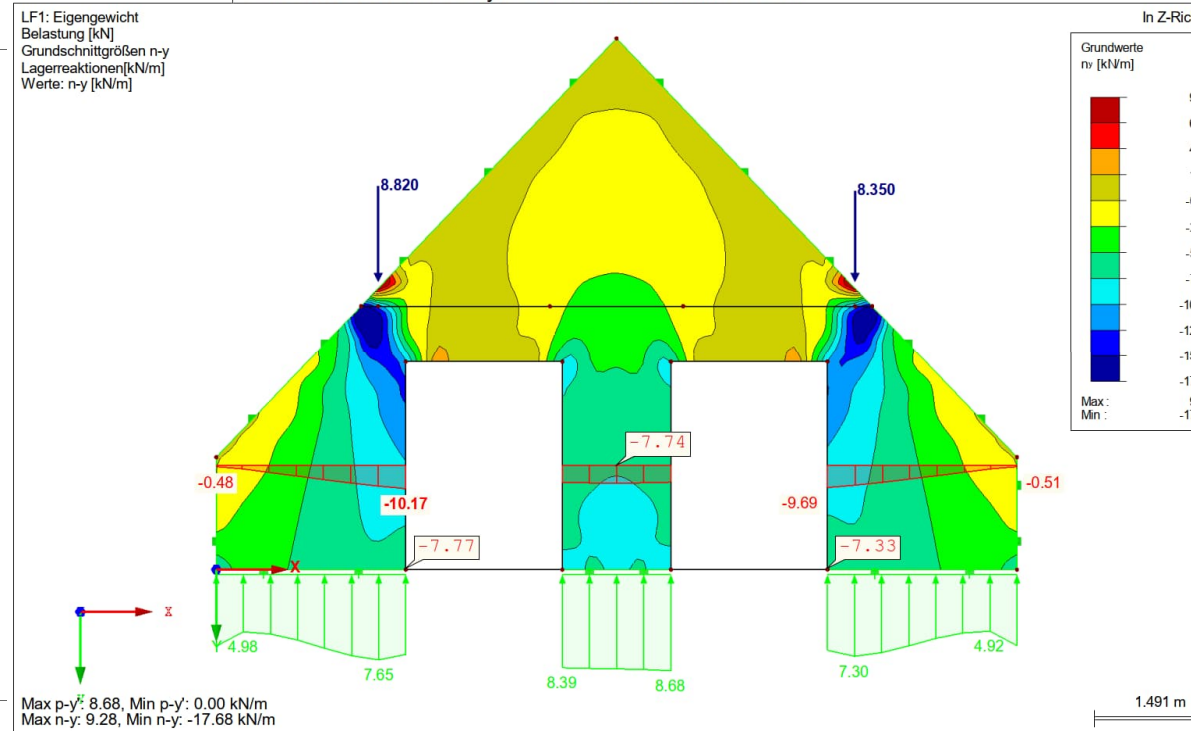
LF2: Wind
Grundschnittgrößen m-y
Werte: m-y [kNm/m]



Bewehrtes MW - Beispiel

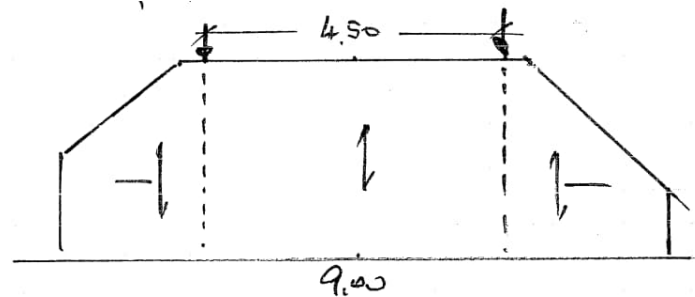
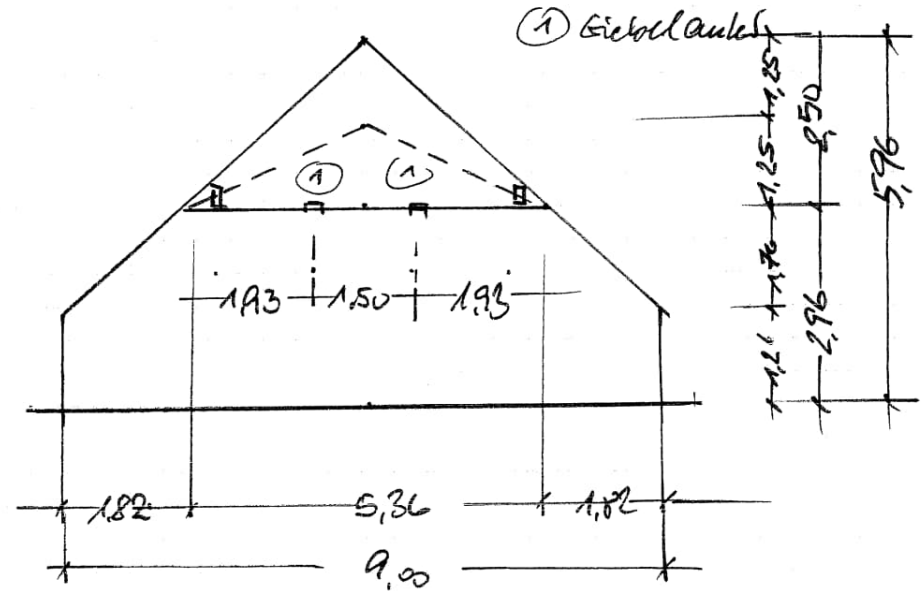
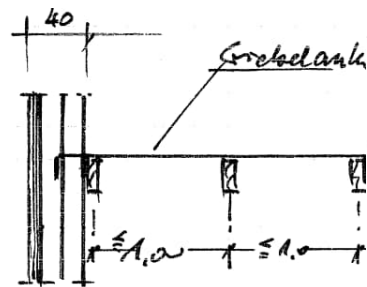
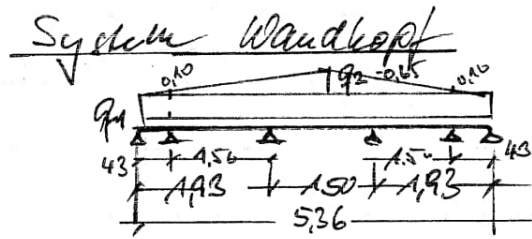


GRUNDWERTE n_y , LAGERREAKTIONEN



Bewehrtes MW - Beispiel

Windangriffsfläche



Übungsfragen

1. Beschreiben Sie schematisch den Momenten- und Normalkraftverlauf einer Außenwand eines mittleren Geschosses eines mehrgeschossigen Gebäudes (Skizze).
Wie ergeben sich daraus die Normalspannungsverläufe im Mauerwerk, z.B. unterhalb eines Deckenauflegers?
2. Was sind – qualitativ beschrieben, ohne Zahlenwerte – wesentliche Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens? Worin sollte grundsätzlich der Vorteil des genaueren Verfahrens bestehen?
3. Warum ist der Nachweis für eine unter vertikaler Belastung befindlichen Wand am Wandkopf, in der Wandmitte und am Wandfuß zu führen?
4. Es wird die Mauerwerksaußenwand eines Zwischengeschosses mit oberer und unterer Stahlbetondecke betrachtet. Wie unterscheiden sich das entsprechende ideale und reale Rahmensystem? Nach welchen Verfahren können die Endmomente der Wand bestimmt werden?
5. Wie kann ein Verdichtungserddruck bei der Bemessung einer Kellerwand berücksichtigt werden. Worauf ist in diesem Zusammenhang noch zu achten.
6. Wie können Sie bew. MW einfach Vorbemessen? Was ist das Besondere bei der Bewehrung gegenüber dem Stahlbetonbau?
7. Was ist eine Rücksetzregel?

Übungsaufgaben

5. Kellerwand
Bestimmen Sie die minimale und maximale Bemessungslast.

6. Eine Außenwand mit
KSP 12, DM, $h_{\text{eff}} = 2,8 \text{ m}$, $t = 17,5 \text{ cm}$, $a = t$,
 $w_d = 0,5 \text{ kN/m}^2$ und $N_{\text{Ed},0} = 20 \text{ kN/m}$,
 $l_{\text{eff}} = 5,5 \text{ m}$, $q_{\text{Ed}} = 11,7 \text{ kN/m}^2$, C25/30,
ist nachzuweisen.

