

Peter Schöps

Institut für Massivbau

Bemessung – Genaueres Verfahren

BIW 3-02 Mauerwerksbau

22.11.2024

Termine für Exkursion

- 1.Dienstag, 15.04.25 9:00-12:00**
- 2.Dienstag, 22.04.25 9:00-12:00**
- 3.Dienstag, 29.04.25 9:00-12:00**

Adresse:

ZIEGELWERK FREITAL EDER GMBH
Wilsdruffer Str. 25
01705 Freital

Gliederung der Vorlesungen

1. Einführung und Grundlagen (25.10.2024)
2. Bemessung – Vereinfachtes Verfahren (08.11.2024)
3. **Bemessung – Genaueres Verfahren (22.11.2024)**
4. Bemessung – Horizontale Lasten und Aussteifung (06.12.2024)
5. Bemessung und Ausführung (20.12.2024)
6. Gebrauchstauglichkeit und Sanierung (17.01.2025)
7. Ingenieurbauwerke & spezielle Bauten (31.01.2025)
8. Übung

Heutige Vorlesung

3. Bemessung – Genaueres Verfahren

1. Abgrenzung vereinfachtes und genaueres Verfahren
2. Vorwiegend vertikale Belastung (Biegung und Knicken)
3. Horizontaler Lastabtrag (Ausfachung)
4. Kellerwände
5. Bewehrtes Mauerwerk

1. Abgrenzung vereinfachtes & genaueres Verfahren

Abgrenzung vereinfachtes und genaueres Verfahren

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

- 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

Abgrenzung vereinfachtes und genaueres Verfahren

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
 - Knicklängen bzw. Schlankheiten nach DIN EN 1996-1-1 [Abschnitt 5.5.1.2]
 - Der Nachweis der Knicksicherheit erfolgt über eine Abminderung des Bauteilwiderstands mit Berücksichtigung Schlankheit und Exzentrizität nach DIN EN 1996-1-1 [Abschnitt 6.1.2.2]

Abgrenzung vereinfachtes und genaueres Verfahren

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

Teil 

Lfd. Nr.	Anforderungen an Planung, Bemessung und Ausführung gem. § 85a Abs. 2 MBO ¹	Technische Regeln/Ausgabe	Weitere Maßgaben gem. § 85a Abs. 2 MBO ¹
1	2	3	4
A 1.2.6 Bauliche Anlagen im Mauerwerksbau			
A 1.2.6.1 Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten			
	Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk	DIN EN 1996-1-1:2013-02 DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12	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 DIN EN 1996-2/NA/A1:2021-06	
	Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten	DIN EN 1996-3:2010-12 DIN EN 1996-3/NA:2019-12	
A 1.2.6.2	Fertigbauteile	DIN 1053-4:2018-05	Anlage A 1.2.6/3
A 1.2.6.3	Verankerungen in Mauerwerk mit nachträglich gesetzten Befestigungsmitteln	Anforderungen an Planung, Bemessung und Ausführung von Verankerungen in Mauerwerk mit nachträglich gesetzten Befestigungsmitteln:2020-05 (s. Anhang 3)	

2. Vorwiegend vertikale Belastung

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

6.1.2 Nachweis unbewehrter Mauerwerkswände unter vorwiegend vertikaler Belastung

6.1.2.1 Allgemeines

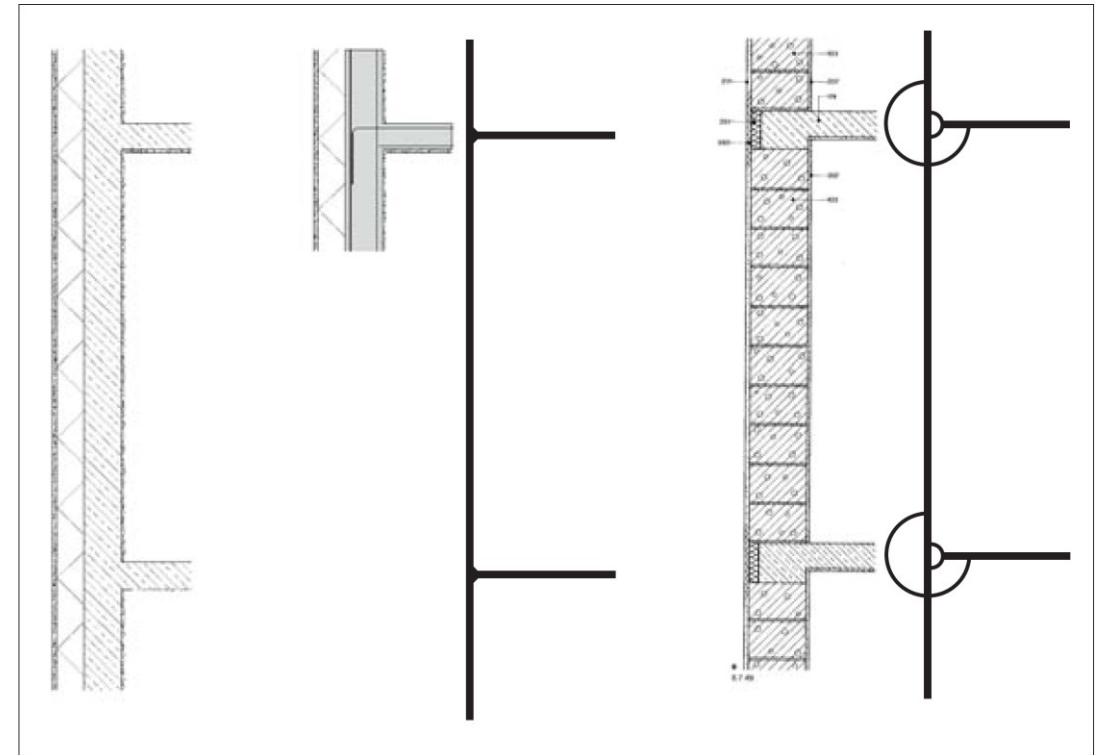
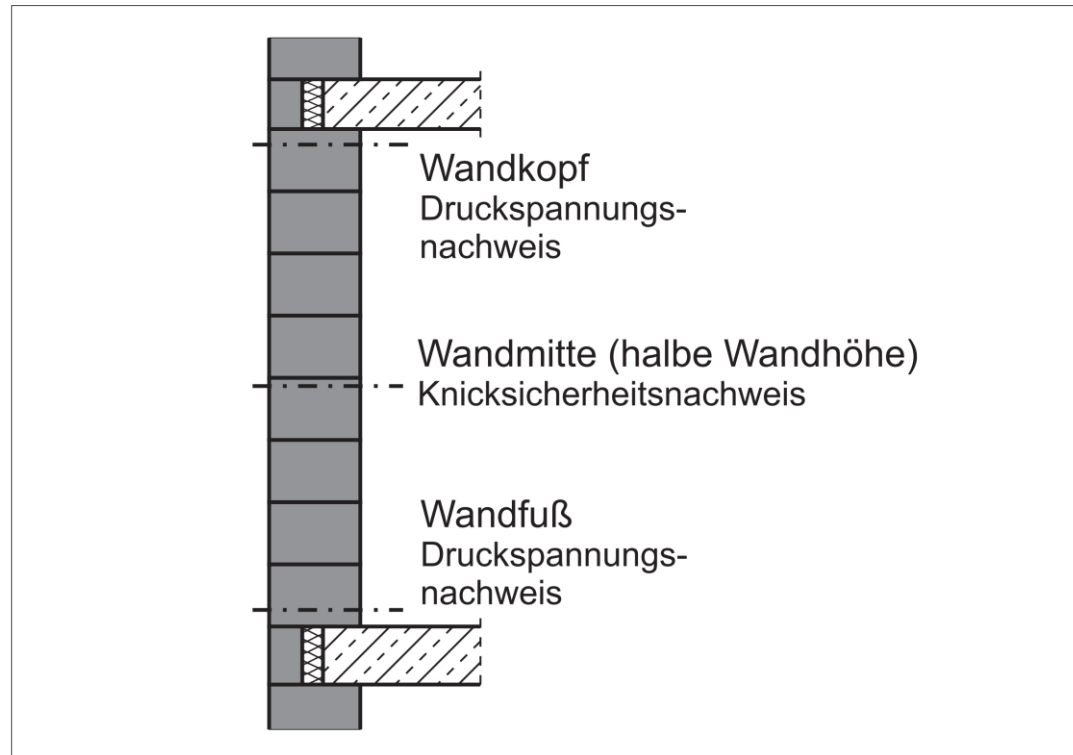
(1) P Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert der angreifenden Last N_{Ed} einer vertikal belasteten Wand kleiner oder gleich dem Bemessungswert des Tragwiderstandes N_{Rd} sein, d. h.:

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

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

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

Genauerer Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung



Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Wandkopf/Wandfuß

Vereinfachtes Verfahren

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

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

Genaueres Verfahren

Am Wandkopf und -fuß (Φ_i)

$$\Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t}$$

Dabei ist

e_i die Lastexzentrizität am Kopf bzw. Fuß der Wand

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

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

e_{init} die ungewollte Ausmitte mit einem Vorzeichen, mit dem der absolute Wert für e_i erhöht wird

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung Wandmitte

Vereinfachtes Verfahren

$$\phi_2 = 0,85 \cdot \left(\frac{a}{t}\right) - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2$$

Genaueres Verfahren

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 1996-1-1:2013-02, 6.1.2.2, enthaltenen Grundsätzen unabhängig vom Elastizitätsmodul E und der charakteristischen Druckfestigkeit f_k von unbewehrtem Mauerwerk, wie folgt berechnet werden:

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

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung Wandmitte

Vereinfachtes Verfahren

$$\phi_2 = 0,85 \cdot \left(\frac{a}{t}\right) - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2$$

Genaueres Verfahren

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

Dabei ist

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

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05 t \tag{6.6}$$

e_k die Ausmitte infolge Kriechens nach (6.8):

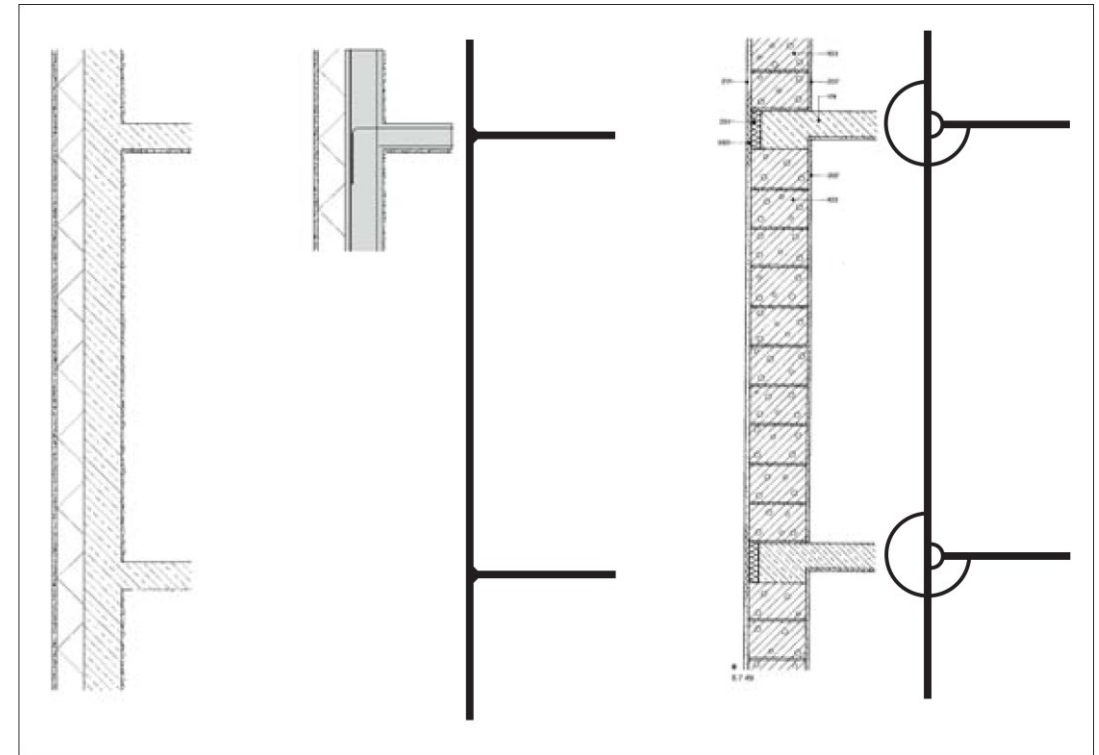
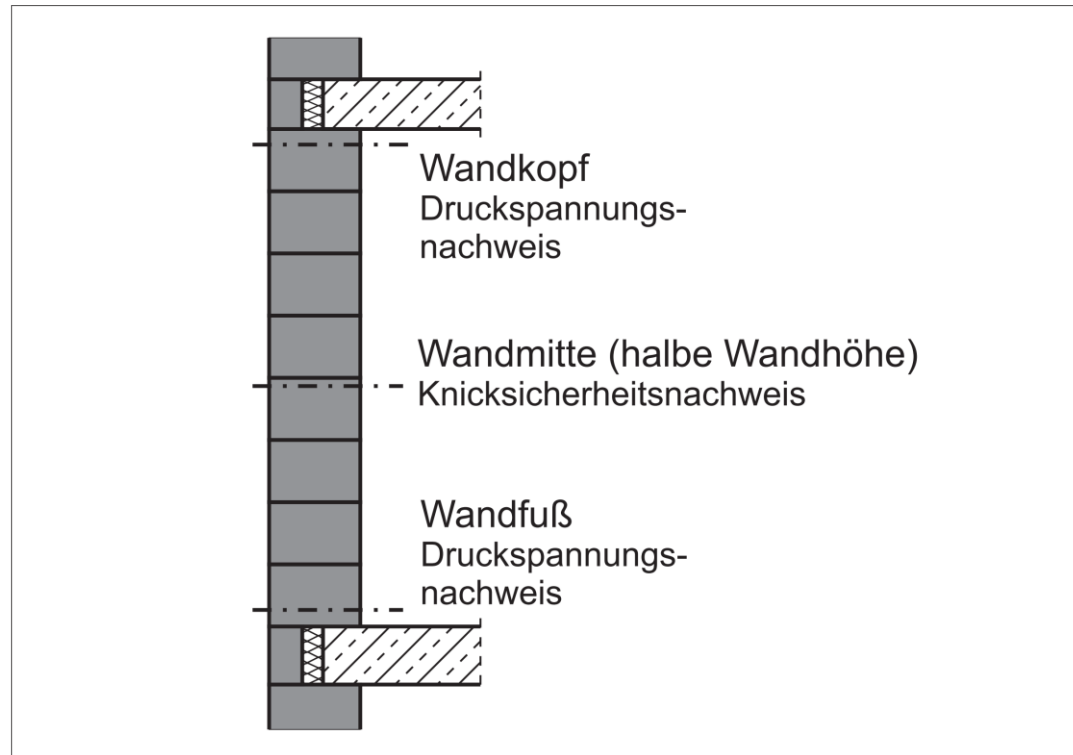
$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} \quad e_k = 0,002 \phi_\infty \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t e_m}$$

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

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

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung



Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale 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 [Abschnitt 6.1.2.2, sowie NA.C]

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale 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,
 - 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.

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung

Berechnung der Knotenmomente

- 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 [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.

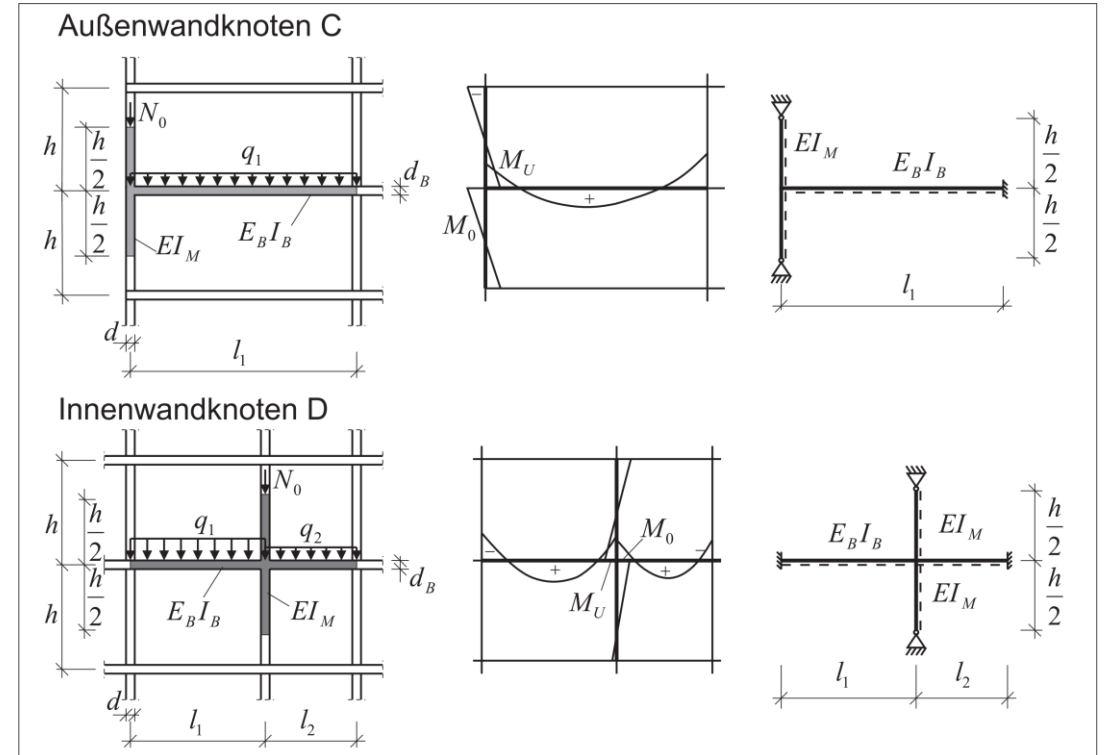
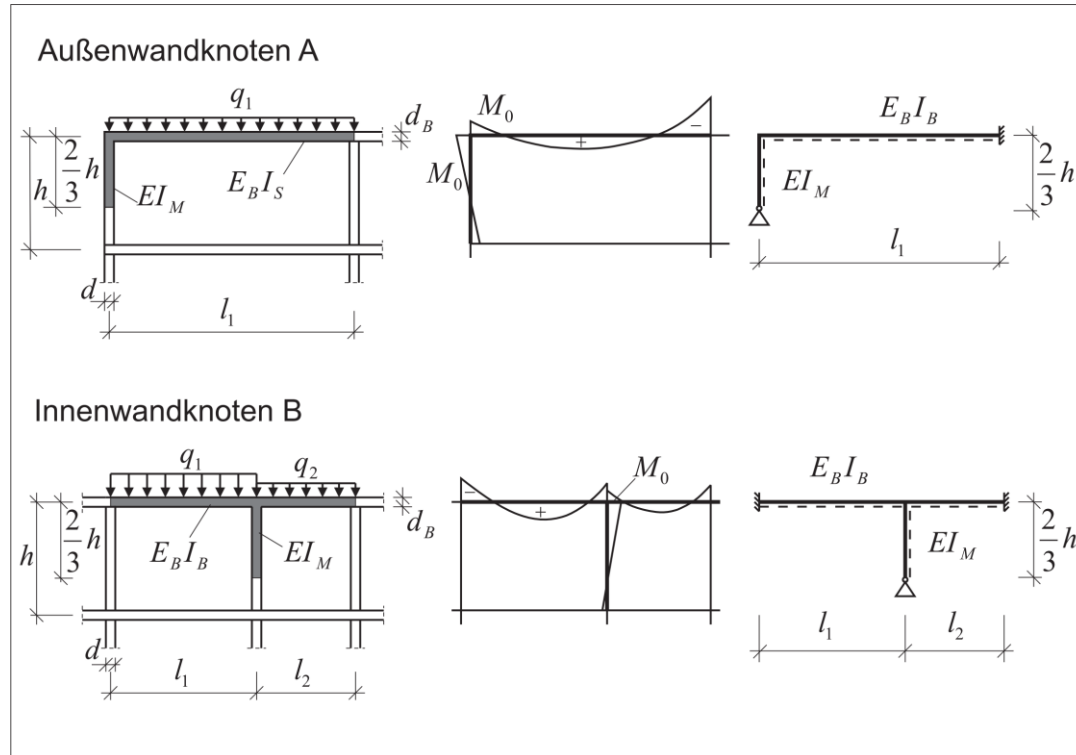
Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

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)

Genauerer Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung



Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung - Vereinfachtes Modell nach DIN 1053-1

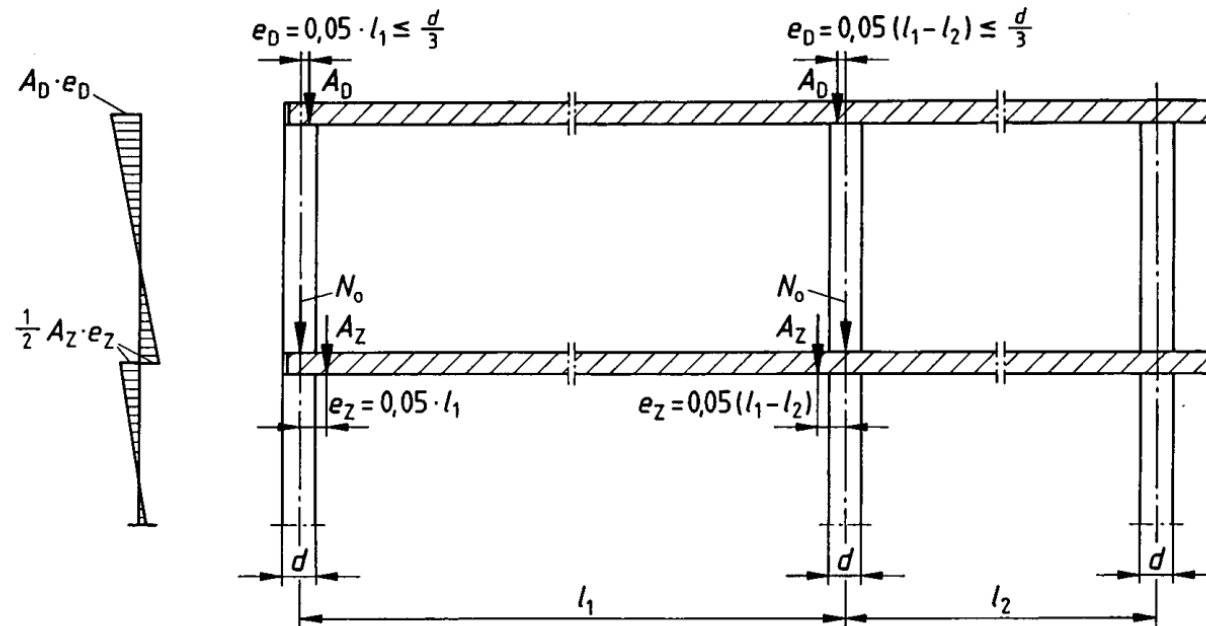
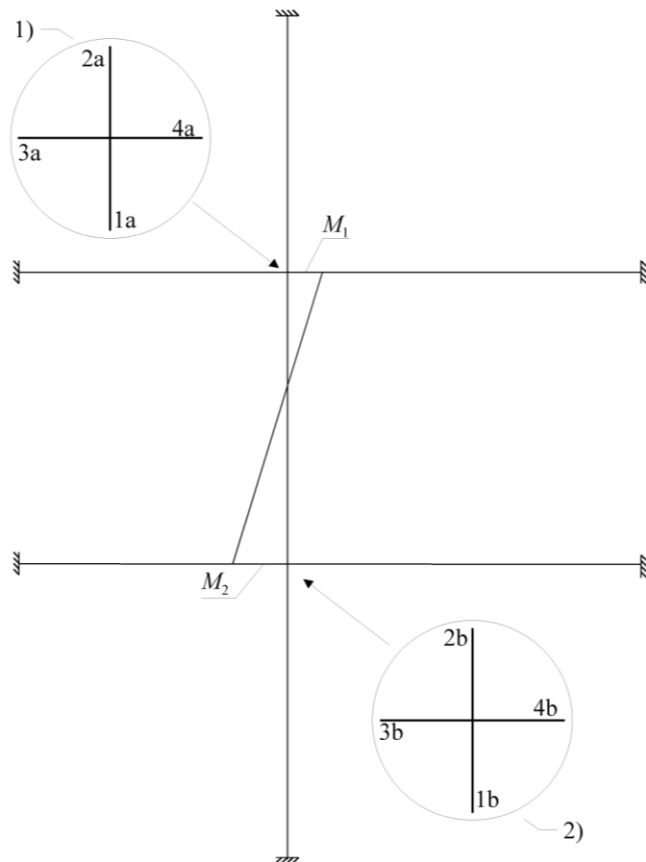


Bild 4: Vereinfachende Annahmen zur Berechnung von Knoten- und Wandmomenten

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung - 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.

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

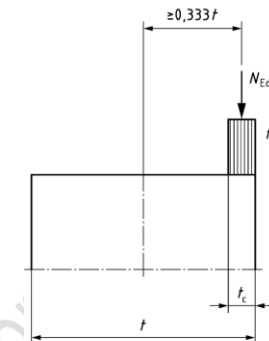
(3) Die Ergebnisse der Berechnung liegen im allgemeinen auf der sicheren Seite, da die wirkliche Einspannung des Decken/Wandknotens, d. h. das Verhältnis des tatsächlich durch den Knoten übertragenen Momentes zu dem, welches bei voller Einspannung übertragen werden würde, nicht erreicht werden kann. 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 Last gegenüber liegenden Seite der Wand infolge der dabei entstehenden Deckenverdrrehung auftreten.



Genauerer Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung - DAfStb Heft 240

Näherungsweise Ermittlung der Momente in rahmenartigen Tragwerken

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

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

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

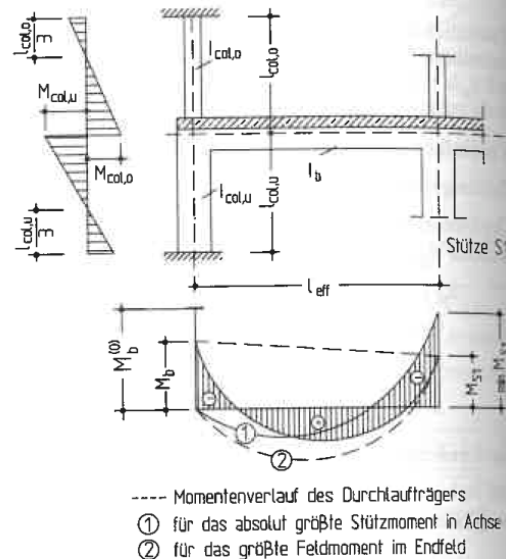
$$c_o = \frac{I_{col,o}}{I_b} \cdot \frac{l_{eff}}{l_{col,o}}$$

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

Es sind:

- $M_b^{(0)}$ Stützmoment des Endfeldes für eine beidseitige Volleinspannung unter Vollast ($\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k$)
- 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

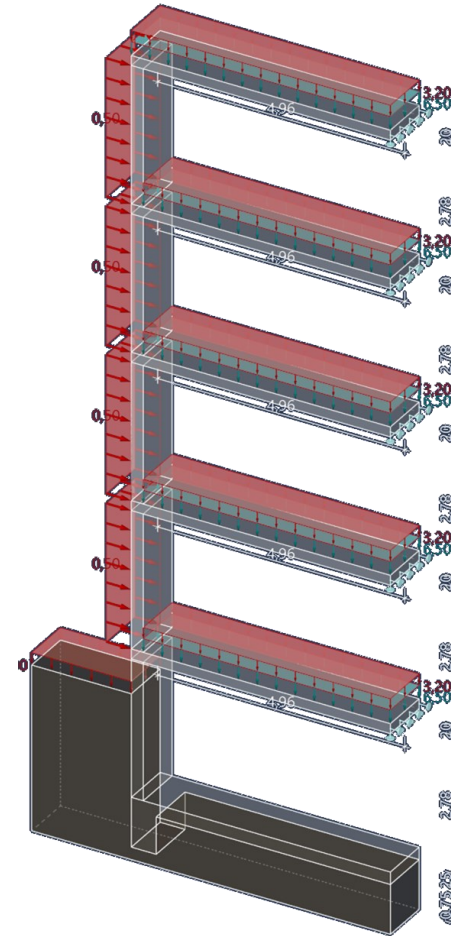
¹⁾ Bei Rahmenriegeln als Plattenbalken ist das Flächenmoment unter Berücksichtigung der mitwirkenden Plattenbreite zu bestimmen.



siehe Excel-Bsp.

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung – Stabwerk (Programm)



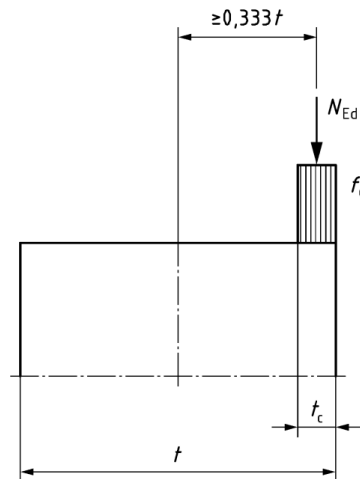
Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung - Abminderungsfaktor

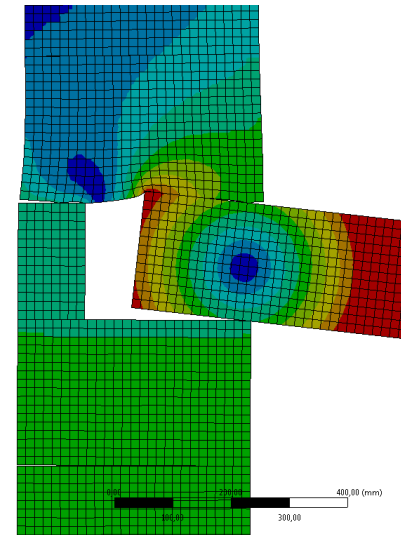
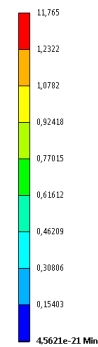
Wert η kann mit $(1 - k_m/4)$ angenommen werden

Dabei ist

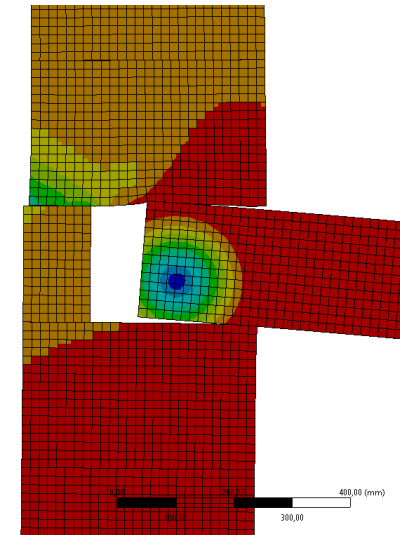
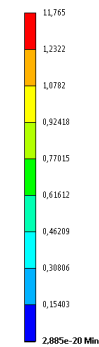
$$k_m = \frac{n_3 \frac{E_3 I_3}{l_3} + n_4 \frac{E_4 I_4}{l_4}}{n_1 \frac{E_1 I_1}{l_1} + n_2 \frac{E_2 I_2}{l_2}} \leq 2$$



A: Stein linear-elastisch
Gesamtbildformung
Typ: Gesamtbildformung
Einheit: mm
Ziel: 1
Benutzerdefiniert obsolet
04.12.17 17:02



A: Stein linear-elastisch
Gesamtbildformung
Typ: Gesamtbildformung
Einheit: mm
Ziel: 2
Benutzerdefiniert obsolet
04.12.17 17:03



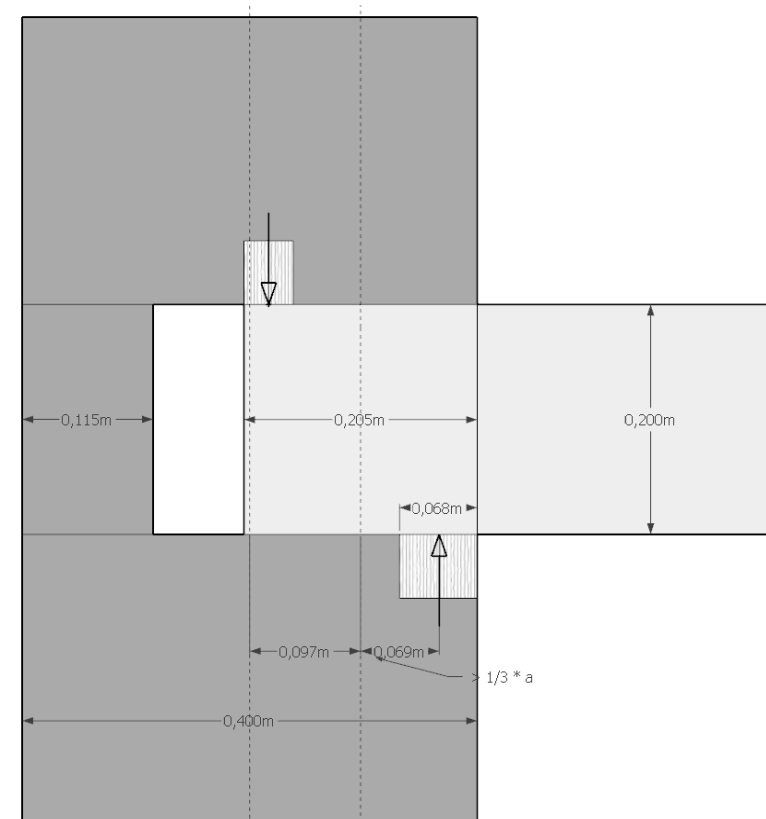
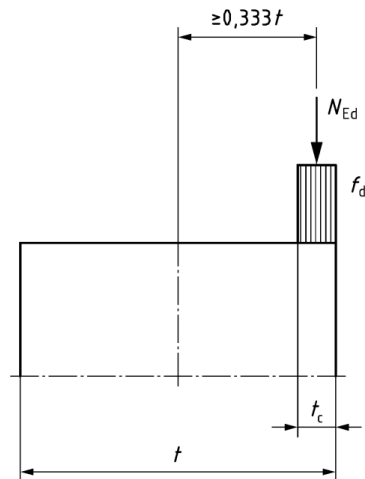
Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung - Abminderungsfaktor

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

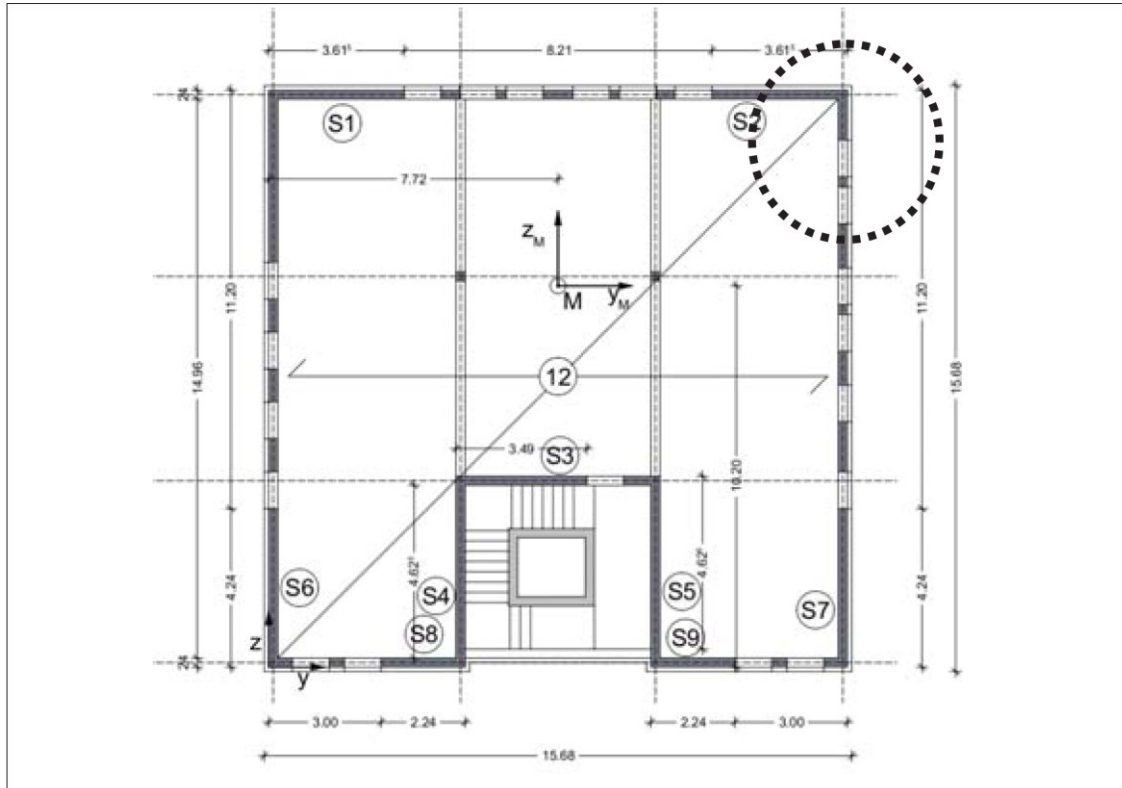
Dabei ist

$$k_m = \frac{n_3 \frac{E_3 I_3}{l_3} + n_4 \frac{E_4 I_4}{l_4}}{n_1 \frac{E_1 I_1}{l_1} + n_2 \frac{E_2 I_2}{l_2}} \leq 2$$



Genauerer Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung – 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
Deckenspannweite		m	4,96	4,96	4,96	4,96	vorher. Blatt
Faktor anteilige Deckenspannweite			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	

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung - 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.

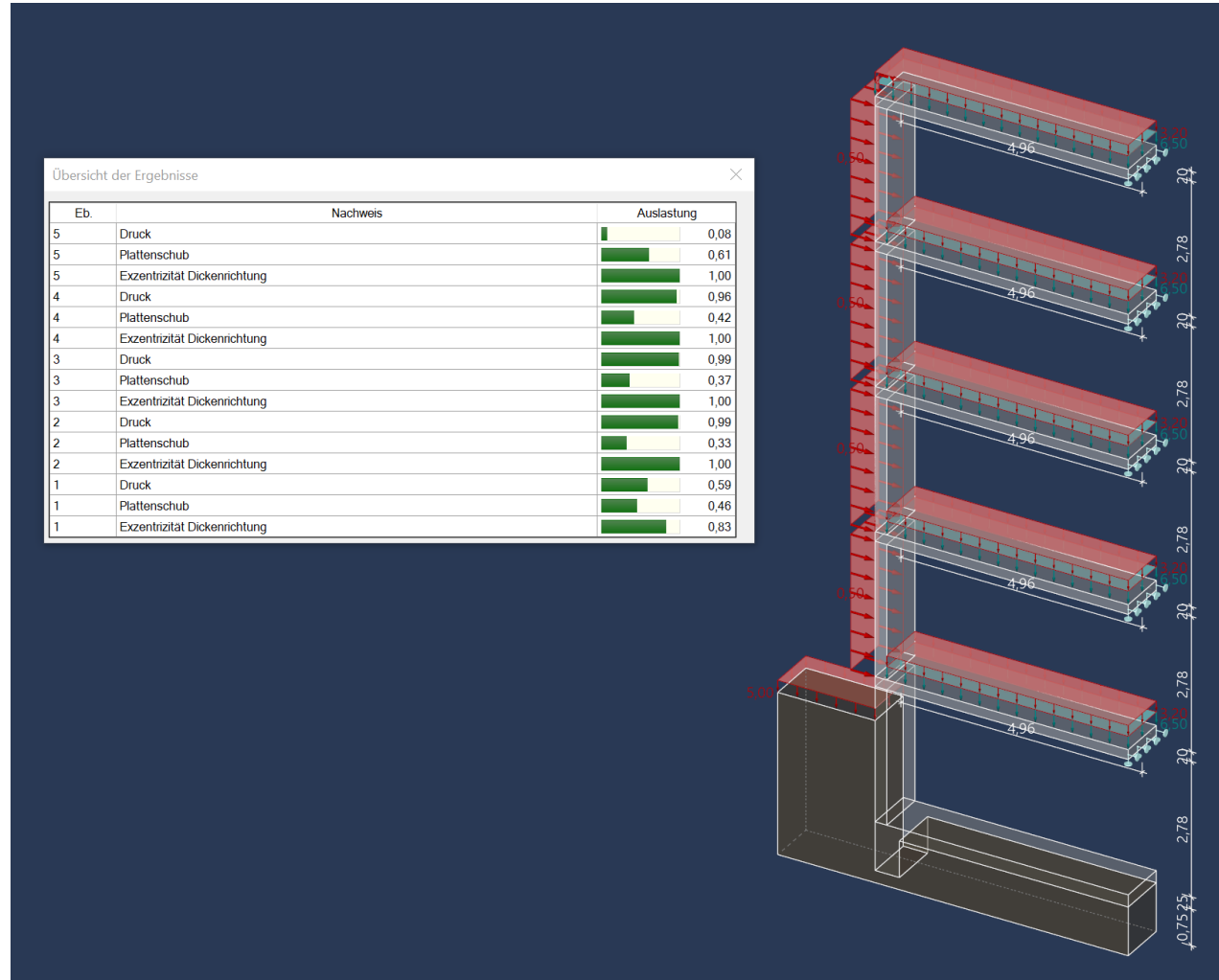
^d Für Leichtbeton mit überwiegend Blähton als Zuschlag.

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

Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung – Programm (Frilo)



Genaueres Berechnungsverfahren - Vorwiegend vertikale Belastung

Schnittkraftermittlung – Programm (Frilo)

Nachweis bei (ex-)zentr. Druckbeanspruchung

Nachweis nach DIN EN 1996:2015, Abs. 6.1.2

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

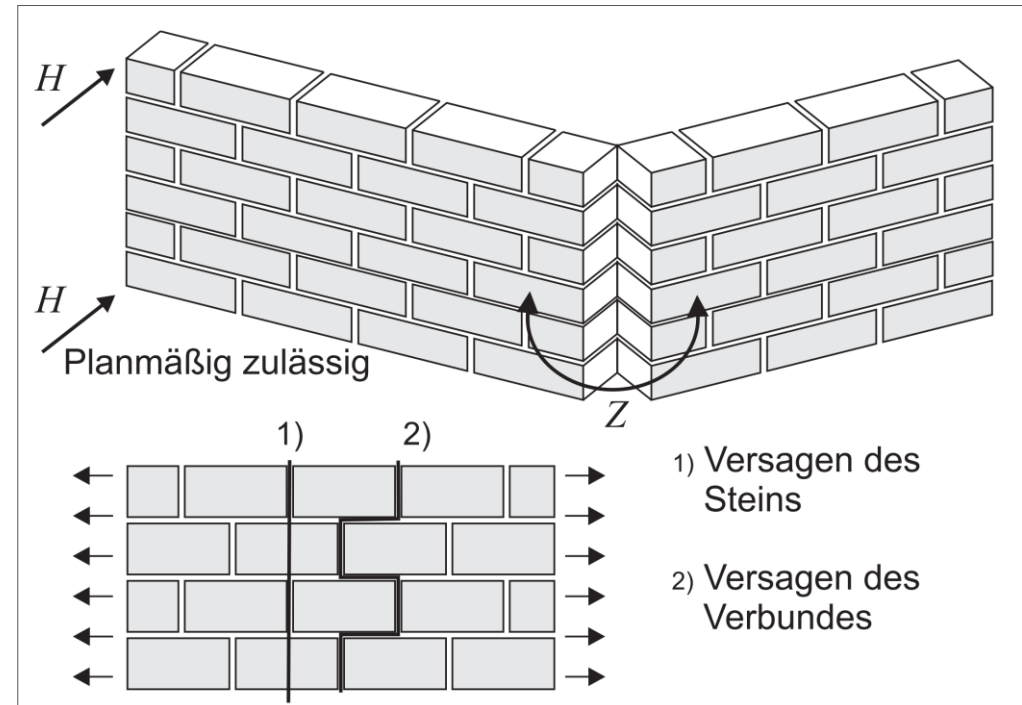
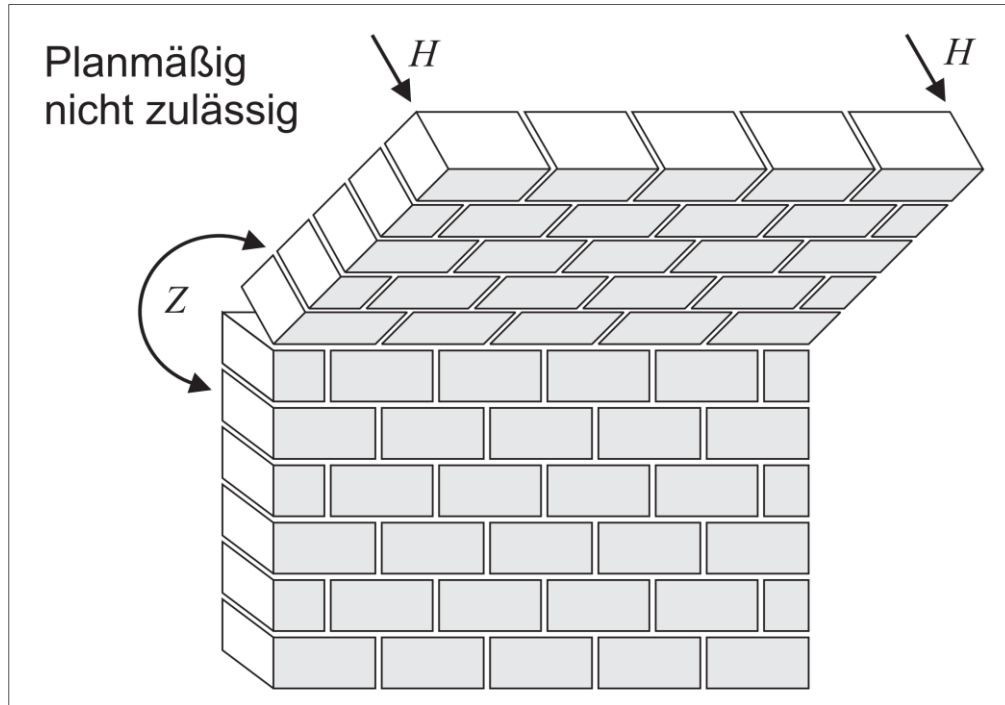
Eb.	z [m]	y [m]	h_{ef} [m]	t_{cal} [cm]	N_{Ed} [kN/m]	e_d [cm]	e_{init} [cm]	$\Phi_{i/m}$	N_{Rd} [kN/m]	η
5	2.78	0.50	2.78	24.0	16.51	11.8	0.0	0.02	16.51	1.00 ⁽¹⁾
	1.39	0.50		24.0	23.88	-6.6	0.6	0.18	176.70	0.14
	0.00	0.50		24.0	31.24	-11.6	0.0	0.03	31.24	1.00 ⁽¹⁾
4	2.78	0.50	2.78	24.0	47.75	11.4	0.0	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!)

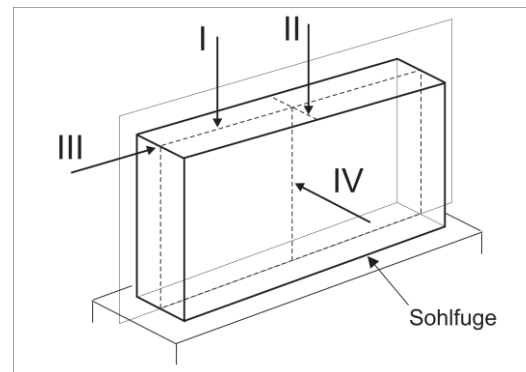
z	: Nachweisstelle, gemessen vom Fußpunkt
y	: Vertikalschnitt, gemessen vom Wandanfang ($y=0$)
h_{ef}	: Knicklänge
t_{cal}	: rechnerische Wanddicke
N_{Ed}	: Bemessungswert der einwirkenden Drucknormalkraft
e_d	: planmäßige Ausmitte in Wanddickenrichtung infolge Lasten (inkl. e_{i1})
e_{init}	: ungewollte 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

3. Horizontaler Lastabtrag (Ausfachung)

Genauerer Berechnungsverfahren - Horizontaler Lastabtrag



Plattenbiegung



Genauerer Berechnungsverfahren - Horizontaler Lastabtrag

Ausfachungsfläche

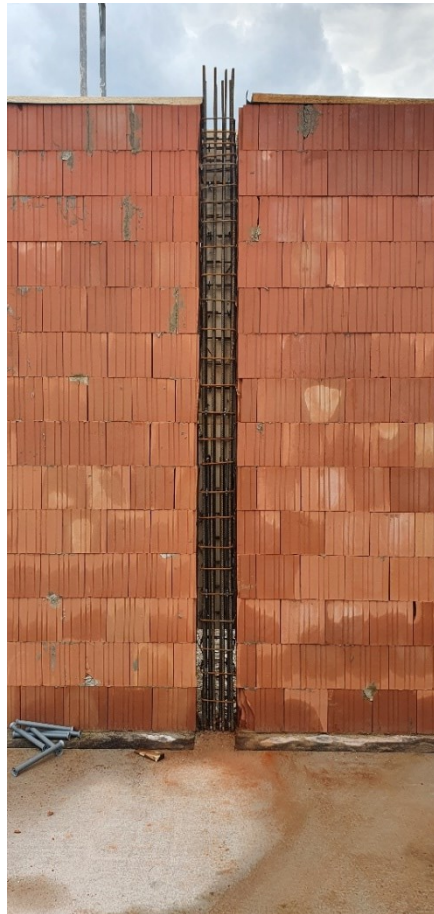


Tabelle NA.C.1 — Größte zulässige Werte der Ausfachungsfläche von nichttragenden Außenwänden ohne rechnerischen Nachweis

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	
	$h/l_i = 1,0$	$h/l_i \geq 2,0$ oder $h/l_i \leq 0,5$	$h/l_i = 1,0$	$h/l_i \geq 2,0$ oder $h/l_i \leq 0,5$
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 $0,5 < h/l_i < 1,0$ und $1,0 < h/l_i < 2,0$ 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.

Genaueres Berechnungsverfahren - 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:

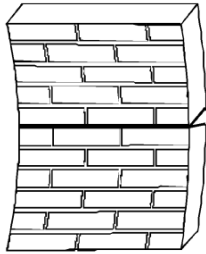
$$M_{Rd} = f_{xd} Z \quad (6.16)$$

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.

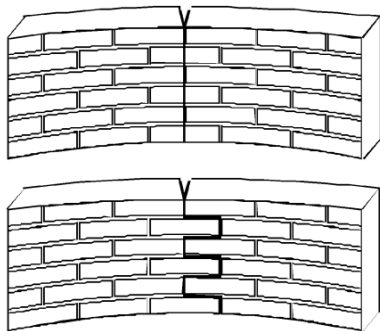
Genauerer Berechnungsverfahren - Horizontaler Lastabtrag



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}

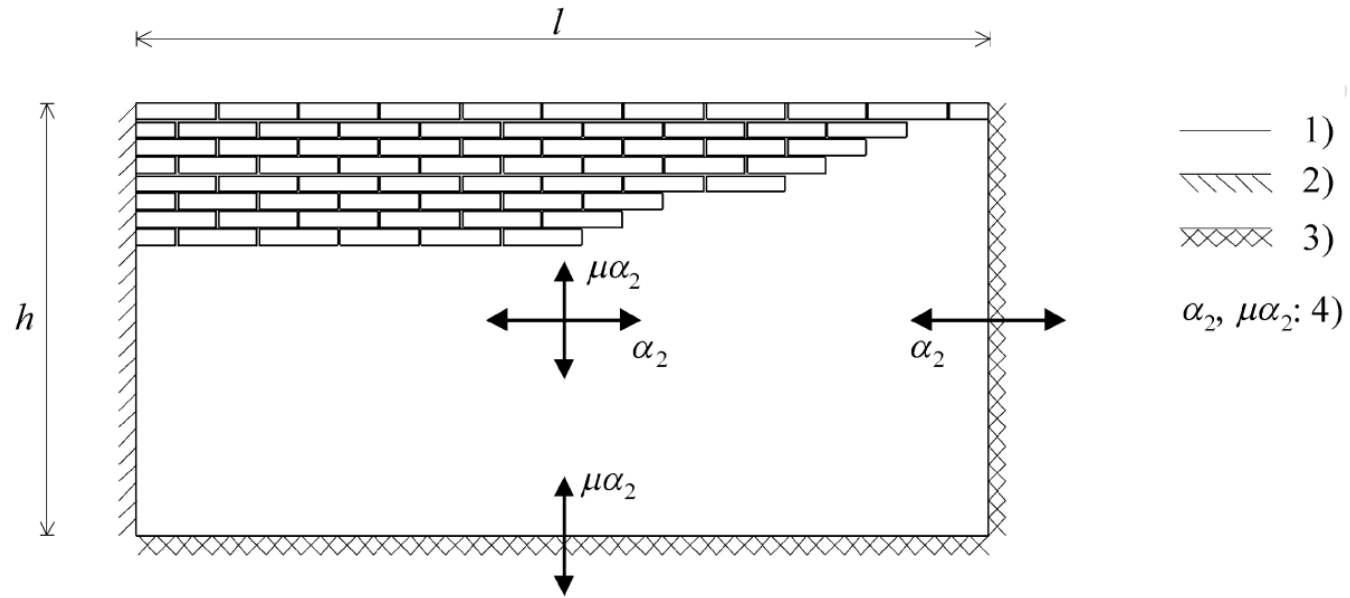
$$f_{xk2} = (f_{vk0} + 0,6 \cdot \sigma_d) \cdot \frac{l_{ol}}{h_u} \quad (\text{NA.8})$$

$$f_{xk2} = 0,5 \cdot f_{bt,cal} \leq 0,7 \text{ in N/mm}^2 \quad (\text{NA.9})$$

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).

Genaueres Berechnungsverfahren - 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

Genaueres Berechnungsverfahren - 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.

Genauerer Berechnungsverfahren - 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 Seitenverhältnis der Wand; sie können nach einer geeigneten Theorie ermittelt werden;

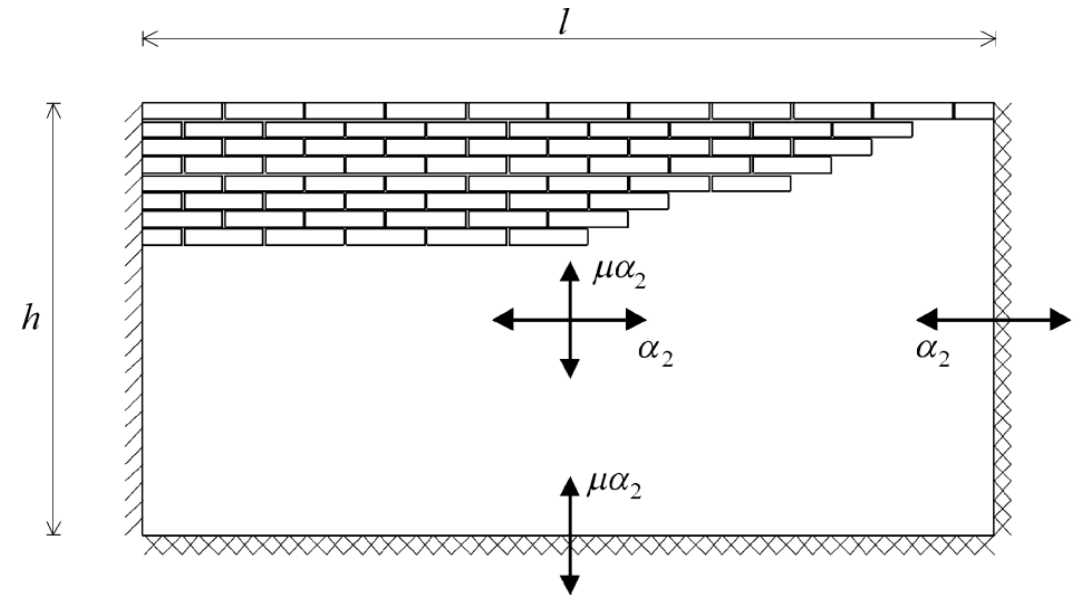
l die Länge der Wand;

W_{Ed} der Bemessungswert der Querlast je Flächeneinheit.

$$\alpha_1 = \mu \alpha_2$$

Dabei ist

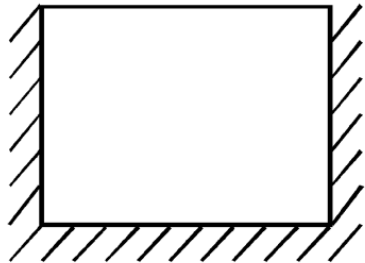
μ das Verhältnis der Biegefestigkeiten des Mauerwerks senkrecht zueinander,
 f_{xd1}/f_{xd2} , siehe 3.6.4 oder $f_{xd1,app}/f_{xd2}$, siehe 6.3.1 (4) oder $f_{xd1}/f_{xd2,app}$, siehe 6.6.2 (9).



Genaueres Berechnungsverfahren - Horizontaler Lastabtrag Ausfachung

Auflagerbedingungen
für die Wandränder

A



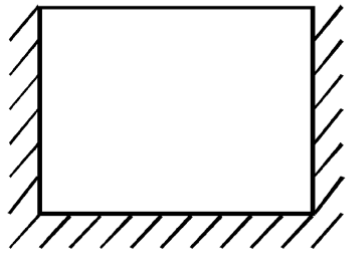
μ	h/l							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,031	0,045	0,059	0,071	0,079	0,085	0,090	0,094
0,90	0,032	0,047	0,061	0,073	0,081	0,087	0,092	0,095
0,80	0,034	0,049	0,064	0,075	0,083	0,089	0,093	0,097
0,70	0,035	0,051	0,066	0,077	0,085	0,091	0,095	0,098
0,60	0,038	0,053	0,069	0,080	0,088	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

$$\alpha_1 = \mu \alpha_2$$

Genaueres Berechnungsverfahren - Horizontaler Lastabtrag Ausfachung

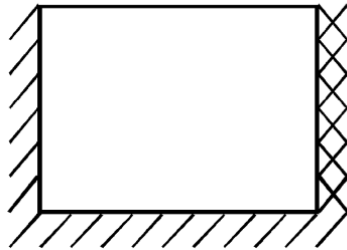
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

A



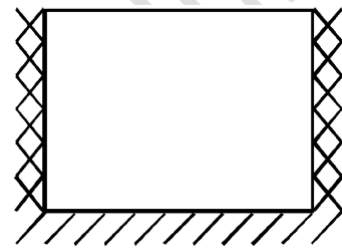
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

B



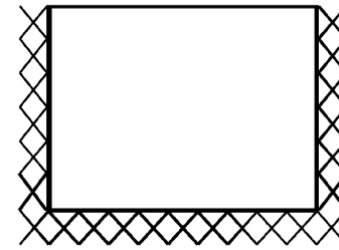
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

C



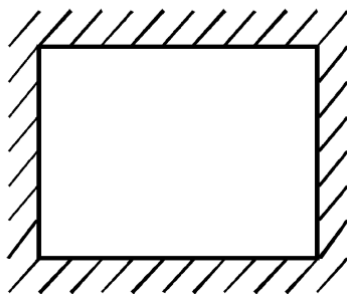
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

D



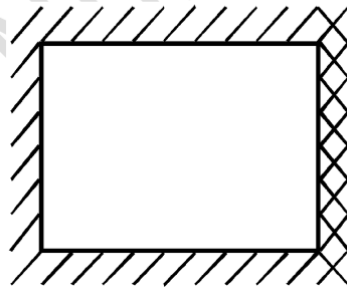
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

E



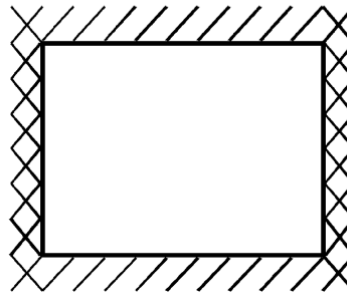
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

F



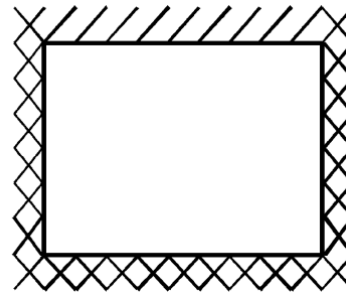
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

G



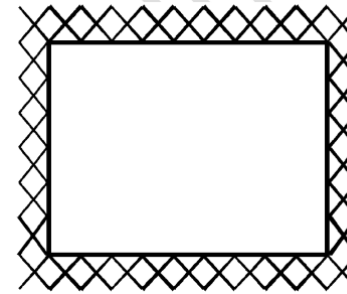
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

H



Auflagerbedingungen
für die Wandränder

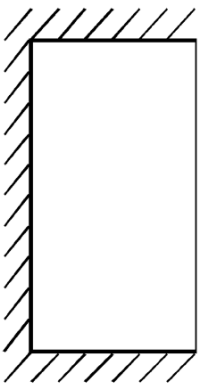
I



Genaueres Berechnungsverfahren - Horizontaler Lastabtrag Ausfachung

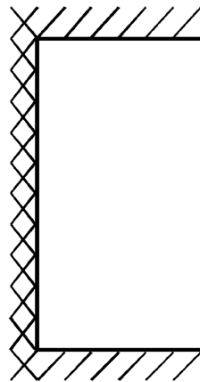
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

J



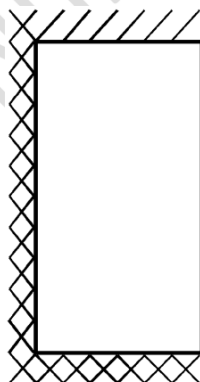
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

K



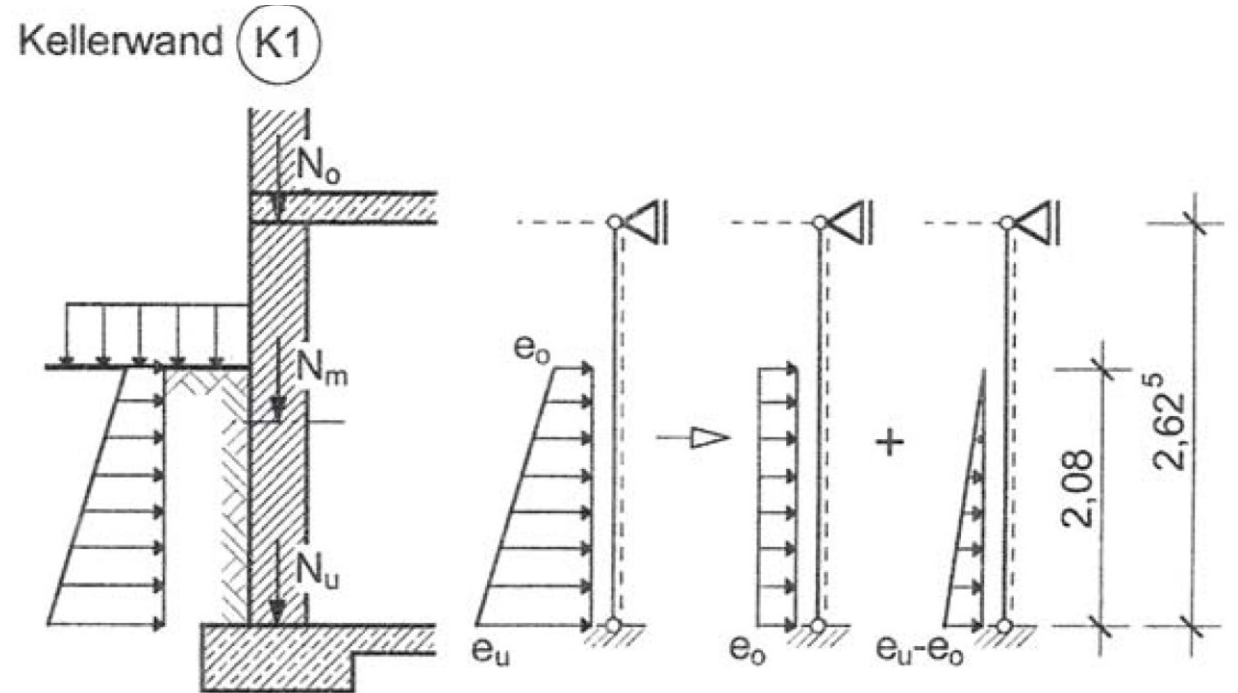
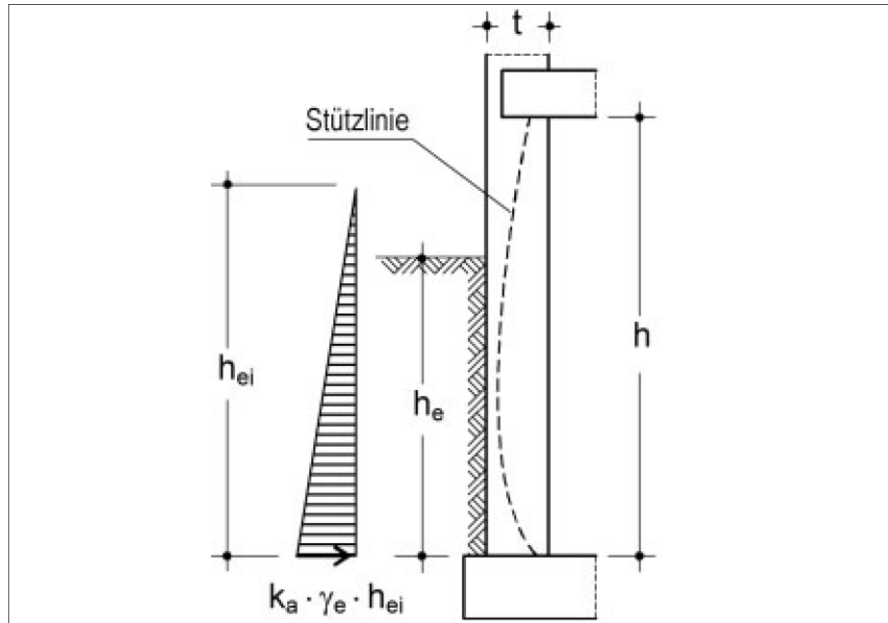
Auflagerbedingungen
für die Wandränder

L



4. Kellerwände

Genaueres Berechnungsverfahren - Horizontaler Lastabtrag

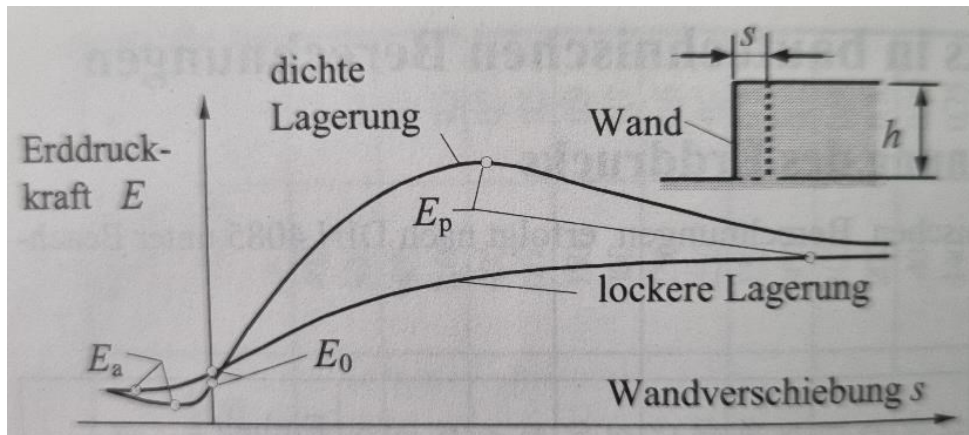


Genaueres Berechnungsverfahren - Kellerwände

Vereinfachtes Verfahren

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

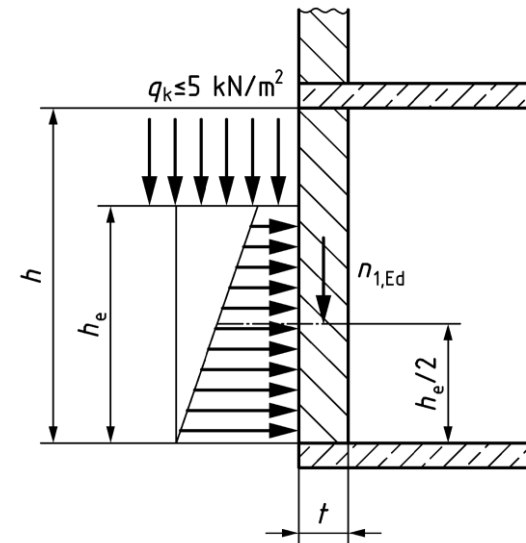
$$N_{Ed,min} \geq \frac{\rho_e b h h_e^2}{\beta t}$$



Genaueres Verfahren

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

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



Genaueres Berechnungsverfahren - Kellerwände

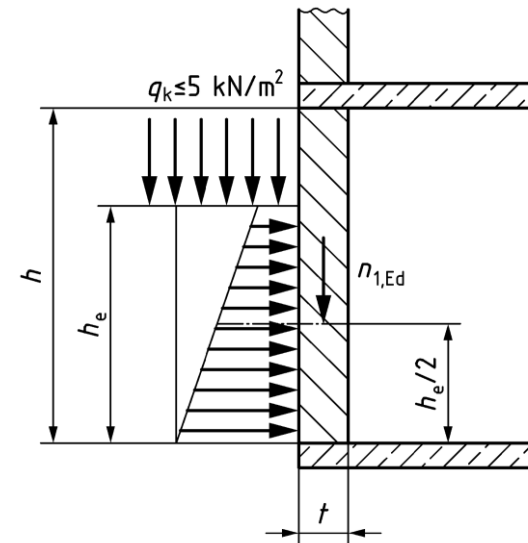
Gleichung (NA.26) gilt unter folgenden Bedingungen:

- 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 $1,15 h$.

Genaueres Verfahren

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

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

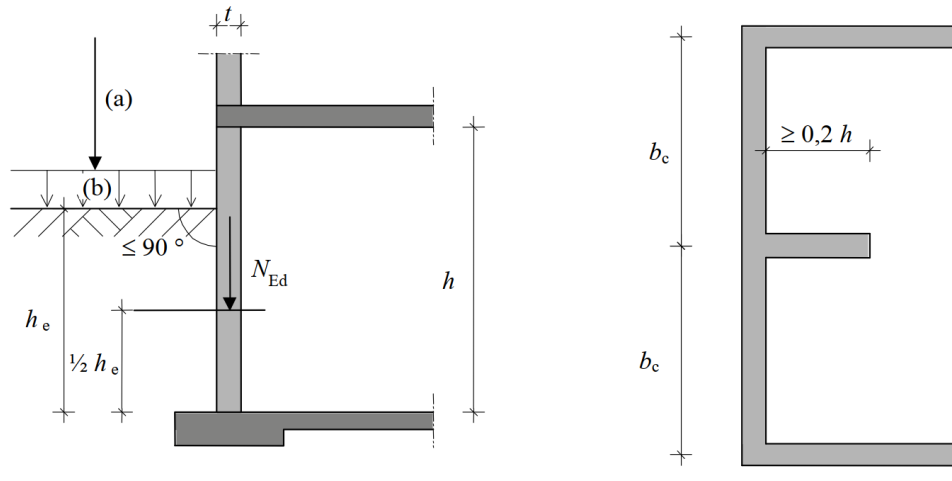


Genauerer Berechnungsverfahren - Kellerwände

$$\beta = 20 \quad \text{für } b_c \geq 2h$$

$$= 60 - 20 b_c / h \quad \text{für } h < b_c < 2h$$

$$= 40 \quad \text{für } b_c \leq h$$



Legende

- (a) Keine Einzellast ≥ 15 kN näher als 1,5 m an der Wand, gemessen in horizontaler Richtung
- (b) Charakteristische Verkehrslast auf der Geländeoberfläche ≤ 5 kN/m²

Bild 4.8 — Variablen für Kellerwände in Schnitt und Grundriss

Genauerer Verfahren

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

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

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

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

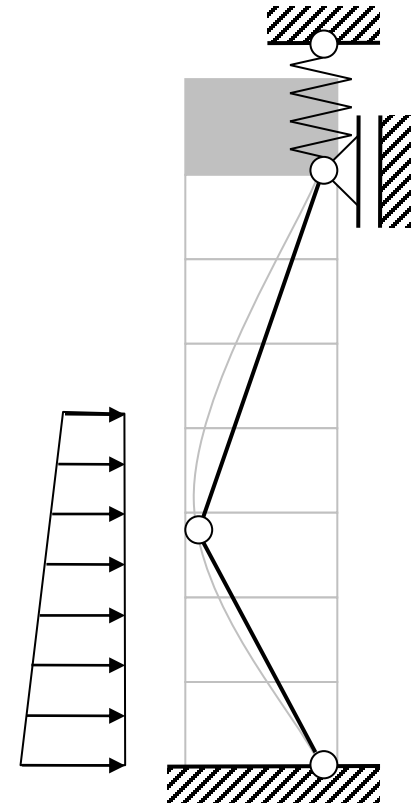
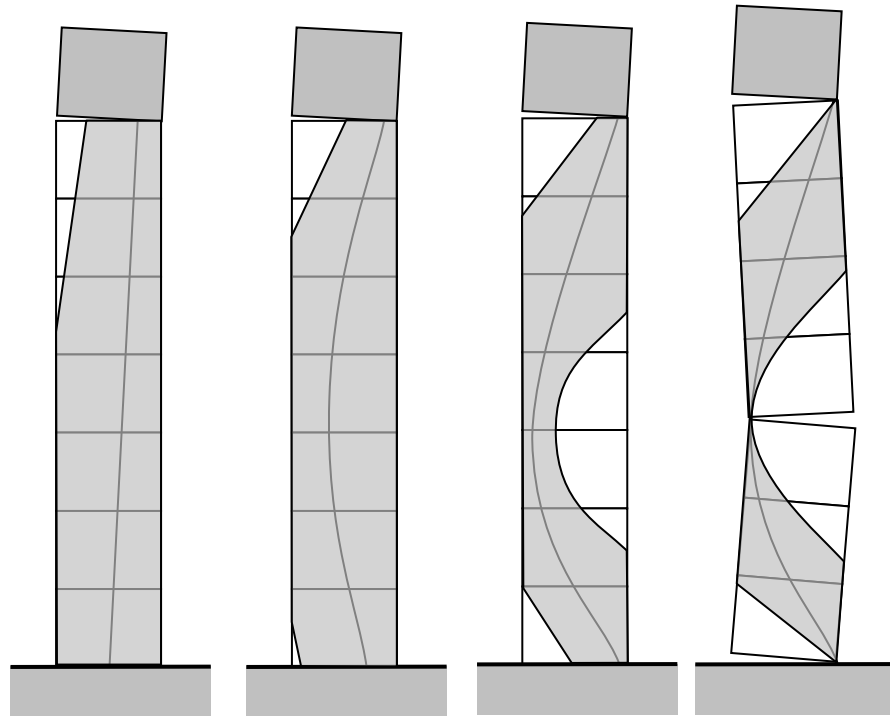
Genaueres Berechnungsverfahren – Kellerwände

Beispiel

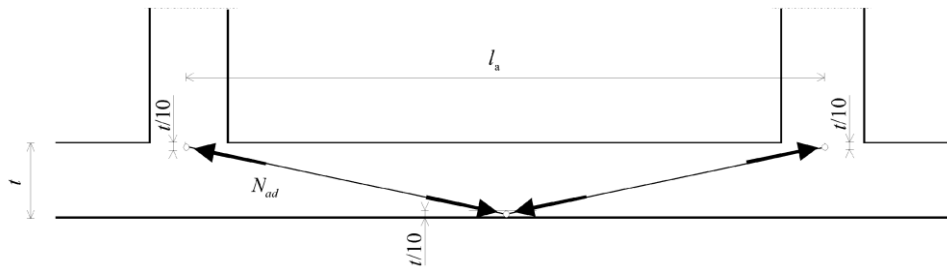
Position K1							
zugrundeliegende Lastnorm DIN EN 1991-1 + NA							
zugrundeliegende Mauerwerksnorm DIN EN 1996-1-1 + NA (EC6), 1996-3 + NA (EC6-3)							
			DG	OG2	OG1	EG	KG
Nachweis Kellerwand über genaues Verfahren							
Wanddicke	d	m	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
lichte Wandhöhe	h	m	2,62	2,68	2,68	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	
Erddruck								
Anschütthöhe	h_e	m					2,08	
Auflast	q_k	kN/m ²					5,00	
Sicherheitsbeiwert Auflast	γ_E	-					1,50	
Bodengewicht	g_k	kN/m ³					18,0	
Sicherheitsbeiwert Bodengew.	γ_E	-					1,35	
Beiwert aktiver Erddruck	k_e	-					0,30	
Erddruck aktiv oben	q_Ed	kN/m ²					2,25	
Erddruck aktiv Zuwachs	g_Ed	kN/m ²					15,16	
Beiwert Erdruhedruck	k_0	-					0,46	
Erdruhedruck oben	q_Ed	kN/m ²					3,45	
Erdruhedruck Zuwachs	g_Ed	kN/m ²					23,25	
Bem.wert Erddruck oben	p_c	kN/m ²					2,85	50% E _a + 50% E ₀
Bem.wert Erddruck Zuwachs	p_a	kN/m ²					19,21	50% E _a + 50% E ₀

Genaueres Berechnungsverfahren - Kellerwände



Genaueres Berechnungsverfahren - Kellerwände

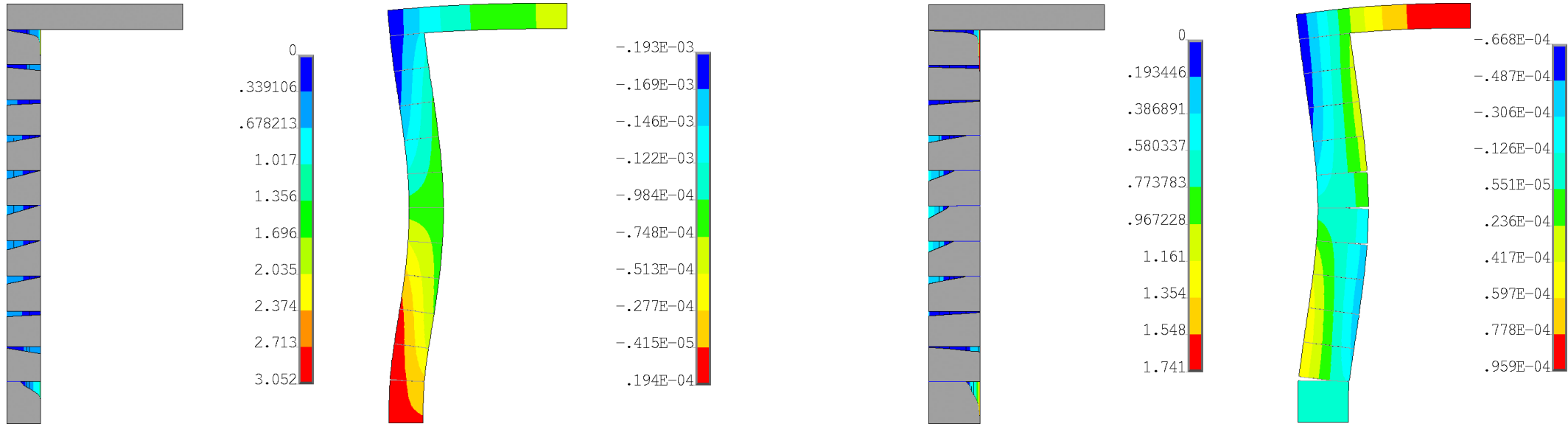


$$r = 0,9 \cdot t - d_a$$

Dabei ist

- t die Dicke der Wand, wobei eine Reduzierung der Wanddicke infolge geschlitzter Fugen in Rechnung zu stellen ist;
- d_a die Durchbiegung des Bogens unter der horizontalen Bemessungslast, die bei Wänden mit einem Längen-Dicken-Verhältnis ≤ 25 zu null gesetzt werden darf.

Genaueres Berechnungsverfahren - Kellerwände



Genauerer Berechnungsverfahren - Kellerwände

Position K1			
zugrundeliegende Lastnorm DIN EN 1991-1 + NA			
zugrundeliegende Mauerwerksnorm DIN EN 1996-1-1 + NA (EC6), 1996-3 + NA (EC6-3)			
Begriffe: "horizontal"--> Bruchebene parallel zu Lagerfugen			
"vertikal"--> Bruchebene senkrecht zu Lagerfugen, vgl. EC6 3.6.3			
			KG
Nachweis Kellerwand 'Bauzustand' über Biegung			
Wanddicke	d	m	0,24
lichte Wandhöhe	h	m	2,625
Länge	l	m	4,96
Ständige Wandlasten			
Mauerwerk		kN/m ³	20,00
MW Flächenlast		kN/m ²	4,80
MW Streckenlast		kN/m	12,60
Ständige Deckenlasten			
Flächenlast		kN/m ²	6,50
Gesamtlast		kN	5,27
Streckenlast auf MW		kN/m	1,06
Ständige Lasten: Akkumulierte Summen			
oben		kN/m	1,06
Mitte		kN/m	7,36
unten		kN/m	13,66
Teilsicherheitsbeiwert ständig günstig wirkend			1,00

Erddruck			
Anschütthöhe	h_e	m	2,08
Auflast	q_k	kN/m ²	0,00 !!!
Sicherheitsbeiwert Auflast	γ_E	-	1,50
Bodengewicht	g_k	kN/m ³	18,0
Sicherheitsbeiwert Bodengew.	γ_E	-	1,35
Beiwert aktiver Erddruck	k_e	-	0,30
Erddruck aktiv oben	q_Ed	kN/m ²	0,00
Erddruck aktiv Zuwachs	g_Ed	kN/m ²	15,16
Beiwert Erdrhedruck	k_0	-	0,46
Erdrhedruck oben	q_Ed	kN/m ²	0,00
Erdrhedruck Zuwachs	g_Ed	kN/m ²	23,25
Bem.wert Erddruck oben	p_c	kN/m ²	0,00
Bem.wert Erddruck Zuwachs	p_a	kN/m ²	19,21
Prüfen ob zweiachsialer Lastabtrag möglich ist			
Verhältnis h/l	-	0,53	=> keine Lastabtrag gleichzeitig vertikal und horizontal
Nachweis genaueres Verfahren			
Bem.wert Festigkeit	f_d	kN/m ²	4,08
Normalkraft halbe Anschütthöhe	n_1dinf	kN/m	7,4
unterer Grenzwert Bogenwirkung	n_1limd	kN/m	41
oberer Grenzwert Materialfest.	n_1Rd	kN/m	323
Nachweis	η _{min}		5,6369 > 1,0 !
	η _{max}		0,02278

5. Bewehrtes Mauerwerk

Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

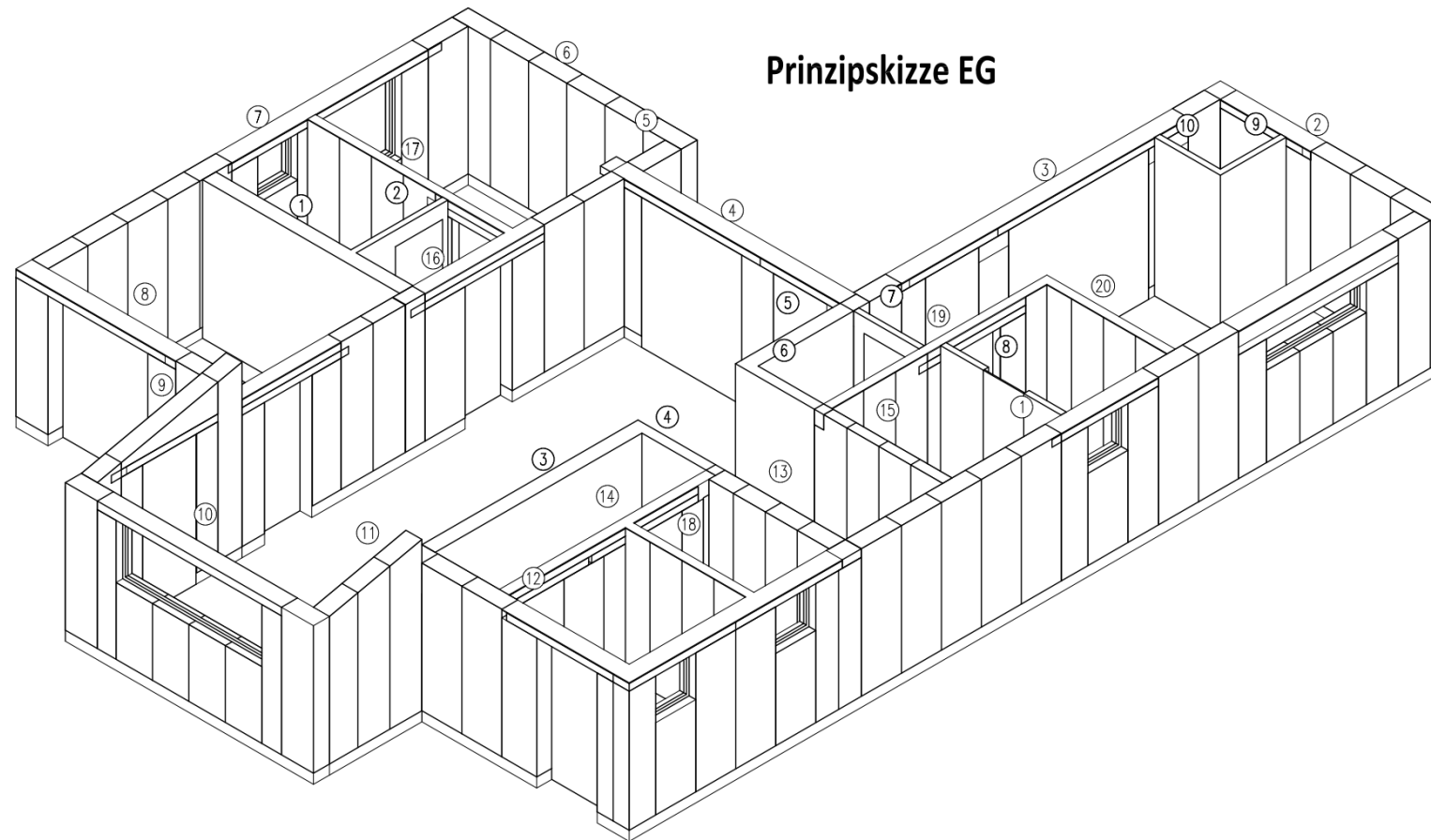
Tabelle NA.1 — Teilsicherheitsbeiwerte für das Material im Grenzzustand der Tragfähigkeit

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	

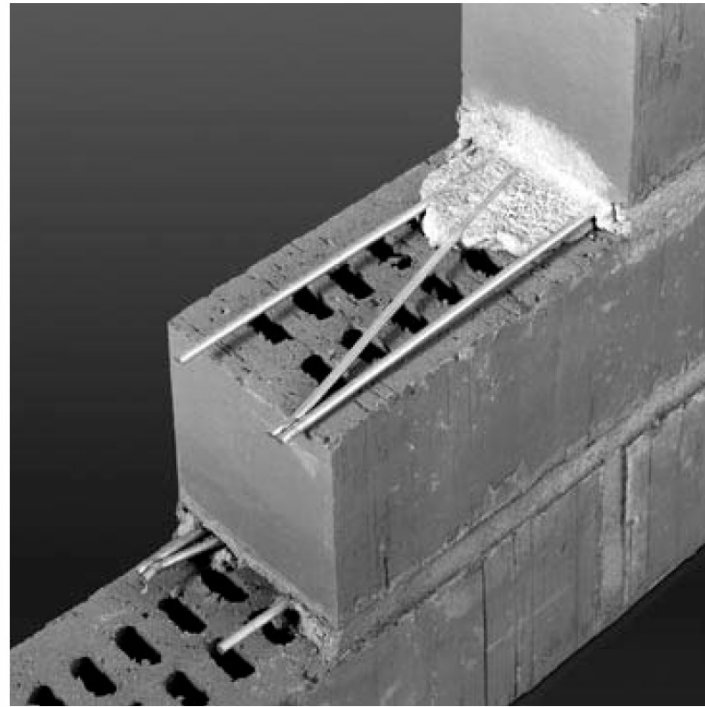
^a für die Bemessung im Brandfall siehe DIN EN 1996-1-2.
^b siehe NCI zu 3.2.2
^c Randstreifenvermörtelung ist für tragendes MW nicht anwendbar.
^d In Einzelfällen können in Abstimmung mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde abweichende Werte vereinbart werden.
^e Gilt nur für Baustellenmörtel nach DIN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

Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Wandelemente



Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk 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

Genaueres Berechnungsverfahren - 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.

Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Bemessungsmöglichkeit

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

Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Bemessung - Näherungslösung nach DIN EN 1996-1-1

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

Dabei darf aufgrund der im Bild 6.4 dargestellten Vereinfachung der Hebelarm der inneren Kräfte z unter der Annahme, das 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 des Mauerwerks in Lastrichtung nach 2.4.1 und 3.6.1 und der Bemessungsdruckfestigkeit des Füllbetons nach 2.4.1 und 3.3;
- f_{yd} die Bemessungszugfestigkeit des Bewehrungsstahles.

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

und

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

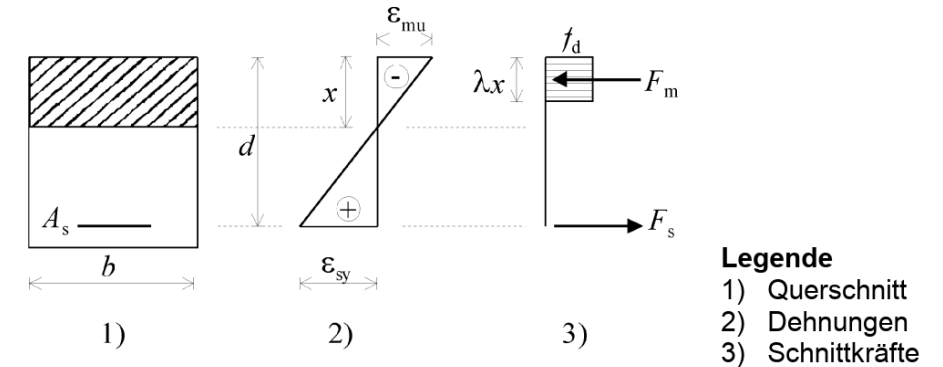


Bild 6.4 — Spannungs- und Dehnungsverteilung

Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Bemessung - k_h -Verfahren

$$k_h = \frac{d[cm]}{\sqrt{\frac{M[kNm]}{b[m]}}}$$

Tabelle für das k_h -Verfahren

einheitengebunden für linear-elastisches Materialverhalten

Grenzdehnung Stahl

5,00 ‰

Streckgrenze

500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_s

1,15

Grenzdehnung Mauerwerk ϵ_f

2,00 ‰

Verhalten des Mauerwerks

linear

Grenzdehnung Mauerwerk ϵ_u

2,00

Teilsicherheitsbeiwert γ_{mw}

1,50

Dauerstandsfaktor

1,00

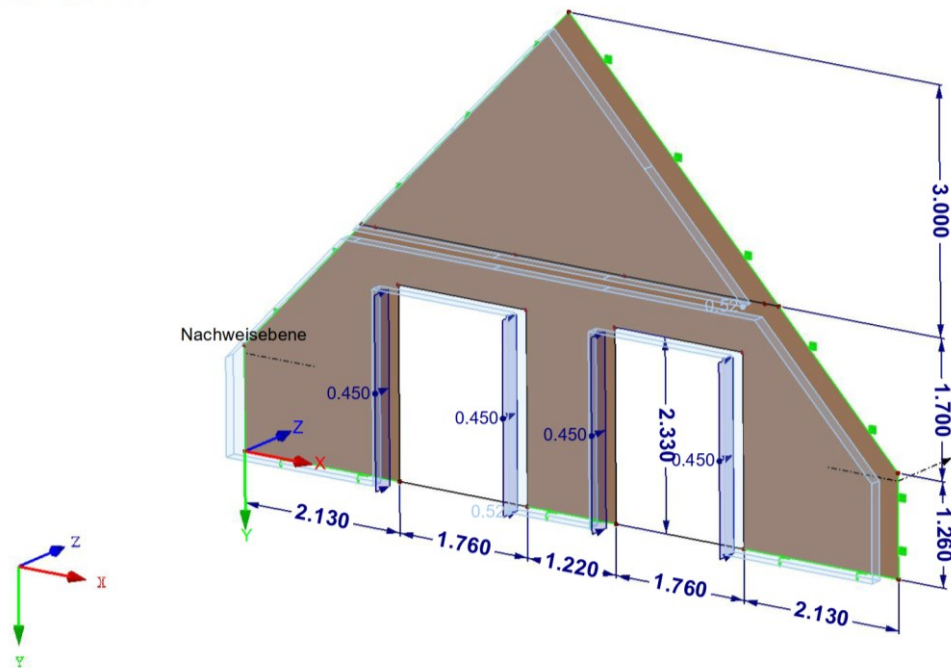
$$A_s[cm^2] = k_s \cdot \frac{M_s[kNm]}{d[cm]} + \frac{N[kN]}{\sigma_s[\frac{N}{mm^2}]}$$

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

Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

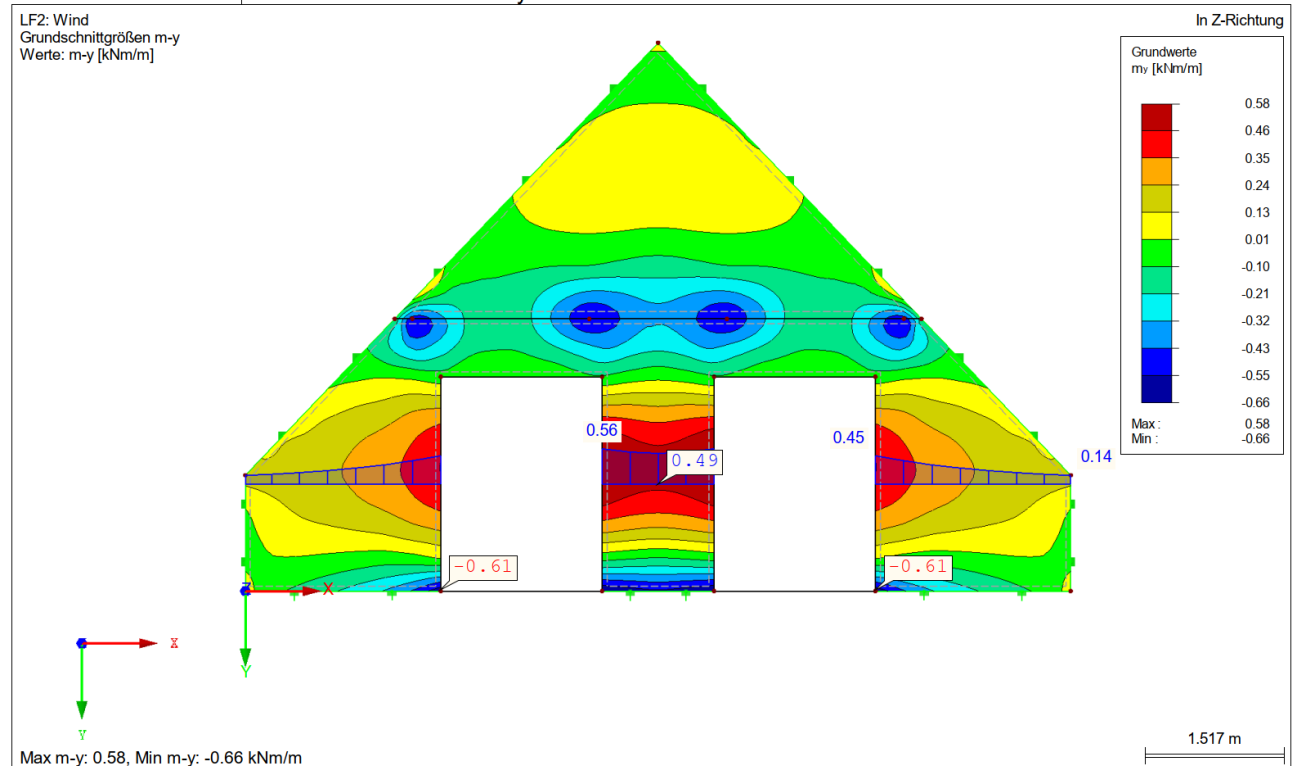
Beispiel

LF2: Wind
Belastung [kN/m], [kN/m²]



GRUNDWERTE m_y

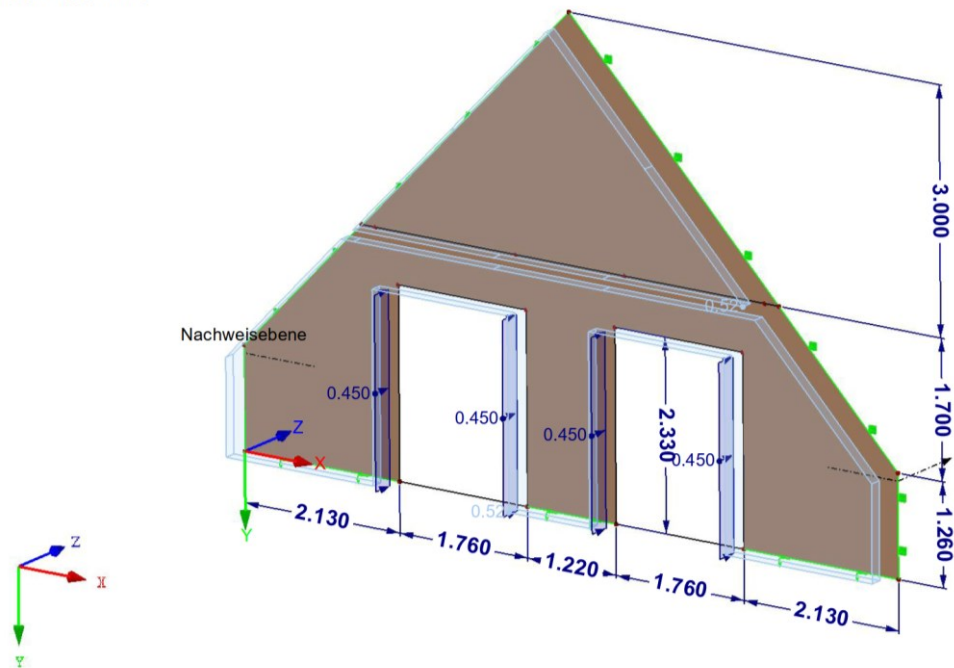
LF2: Wind
Grundschnittgrößen $m-y$
Werte: $m-y$ [kNm/m]



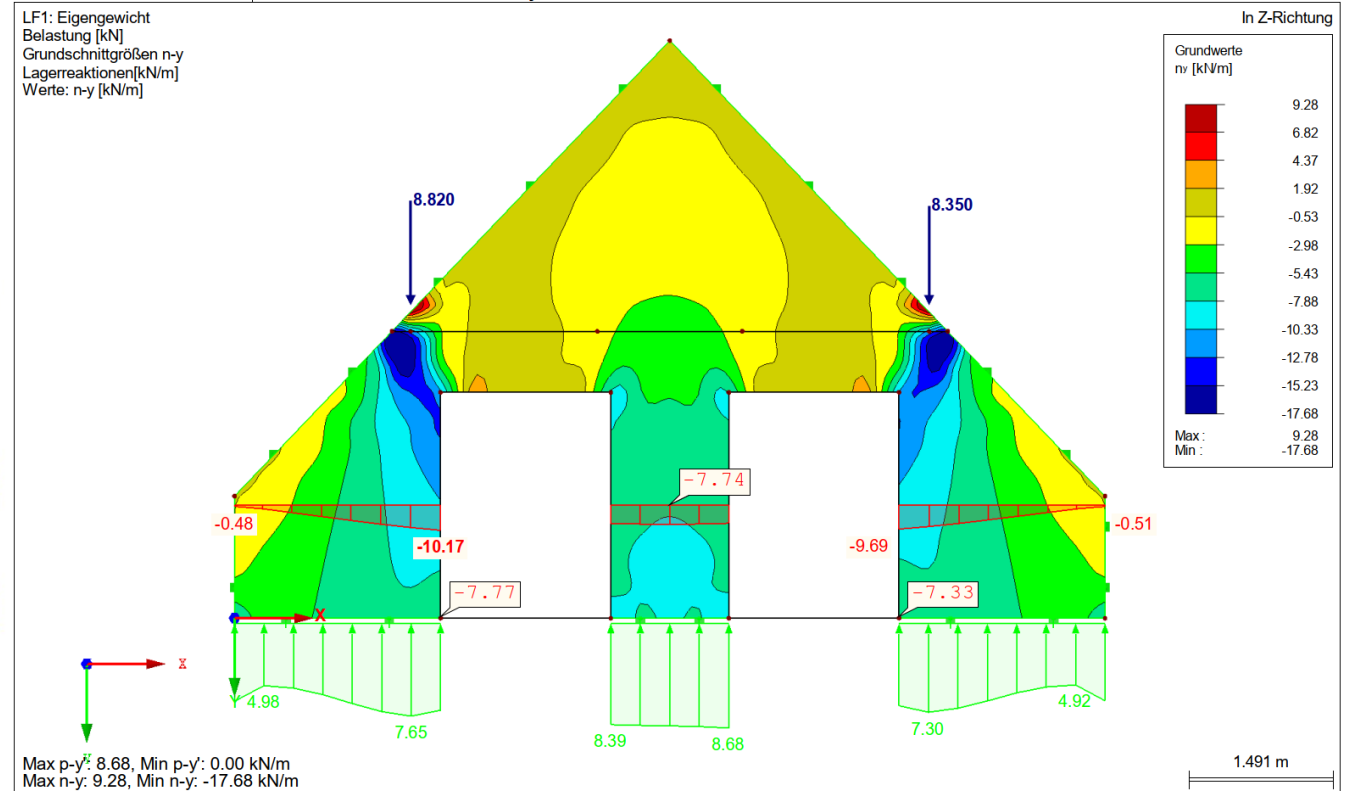
Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Beispiel

LF2: Wind
Belastung [kN/m], [kN/m²]

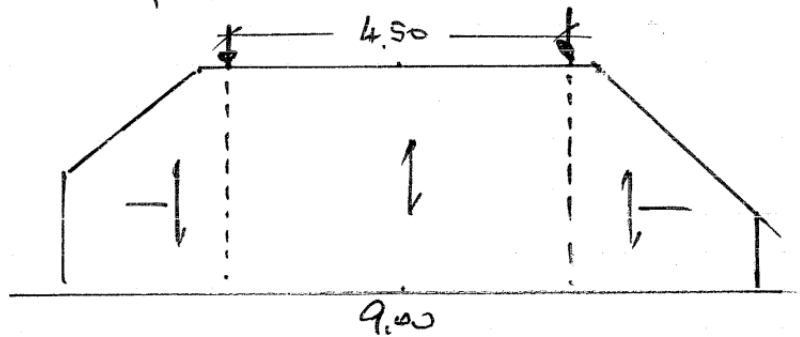
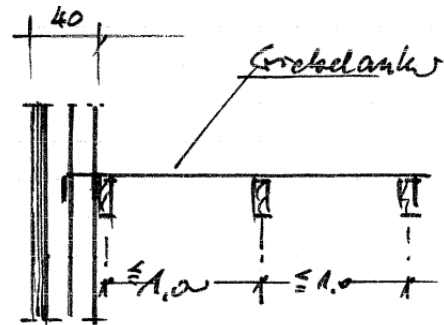
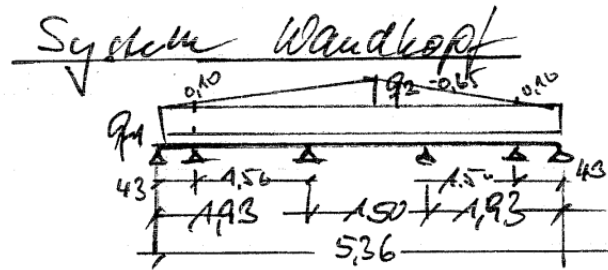


GRUNDWERTE n_y , LAGERREAKTIONEN

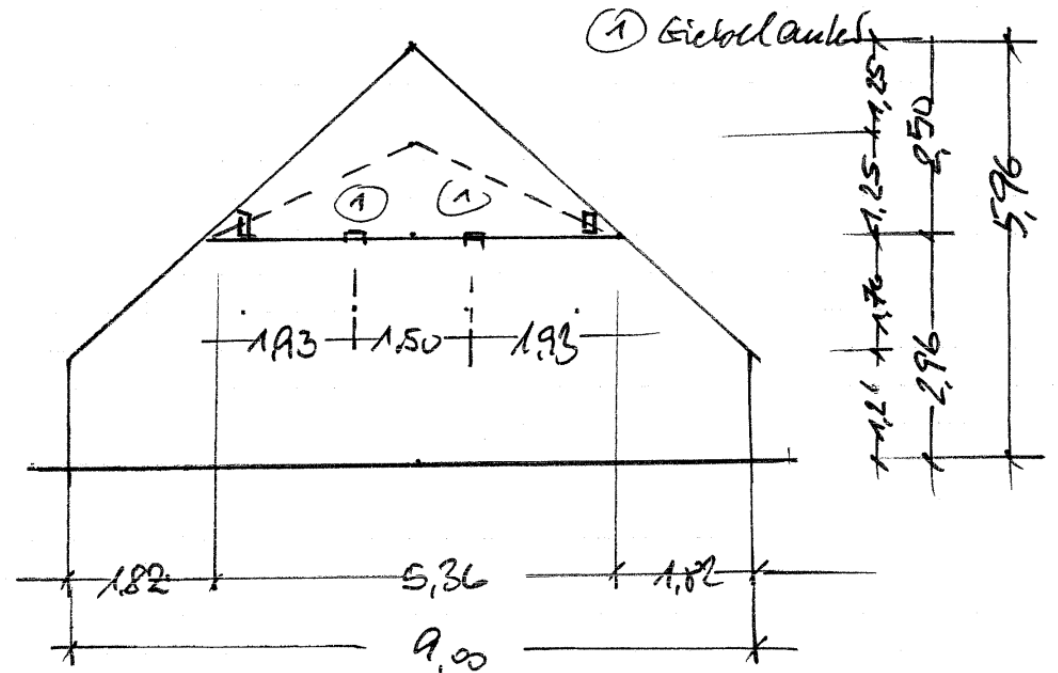


Genauerer Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Beispiel

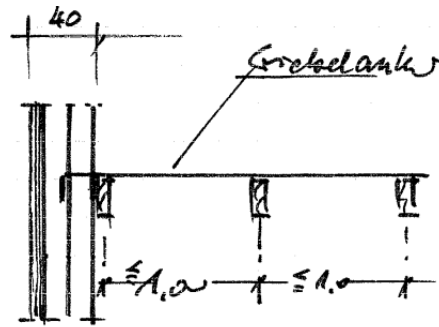
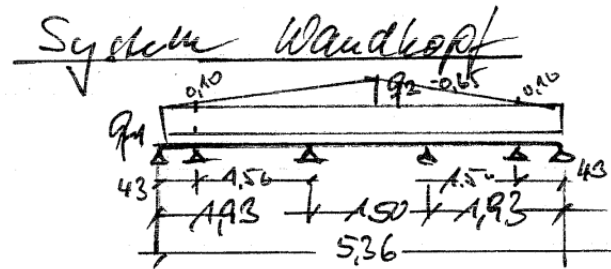


Windangriffsfläche

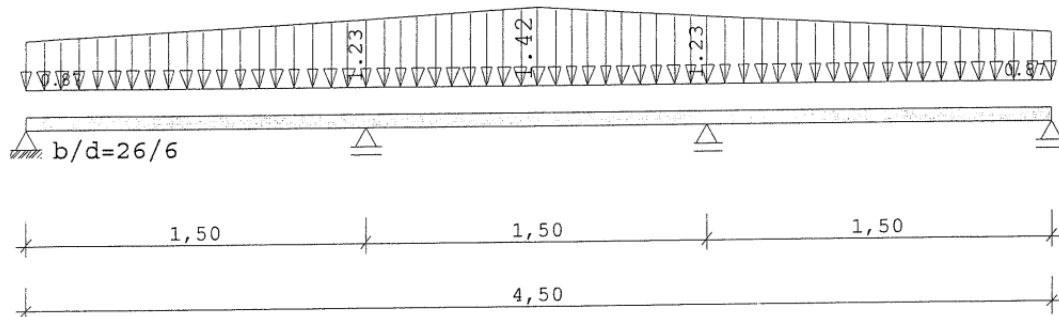


Genauerer Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Beispiel



Maßstab 1 : 33

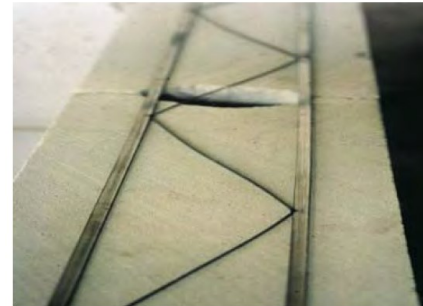


Stützmomente Maximum (kNm, kN)						
Stütze	M li	M re	Q li	+ Q re	= max V	min V
1	0.00	0.00	0.00	0.66	0.66	-0.10
2	-0.31	-0.31	-1.04	1.13	2.17	-0.16
3	-0.31	-0.31	-1.13	1.04	2.17	-0.16
4	0.00	0.00	-0.66	0.00	0.66	-0.10

Murfor® für Dünnbettmörtelfugen

EFS/Z Verzinkt

Länge 3,05 m, Diagonaldraht 1,50 mm
(auf Anfrage, auch in Edelstahl lieferbar)



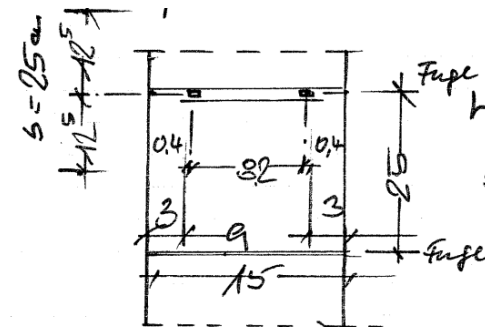
Längsdrähte (flach) mm	Elementbreite mm	Gewicht kg	Stück/Bund
8 x 1,5	40	0,875	25
8 x 1,5	90	0,897	25
8 x 1,5	140	0,931	25
8 x 1,5	190	0,975	25

$$k_h = \frac{h \text{ [cm]}}{\sqrt{\frac{M \text{ [kNm]}}{b \text{ [m]}}}} = \frac{11,6}{\sqrt{\frac{0,25}{0,50}}} = 16,4$$

$$k_{s, \text{M}} = 3,68$$

$$A_{s, \text{erf}} = 3,68 \cdot 0,25 / 11,6 = 0,08 \text{ cm}^2$$

$$\text{vorh } A_s = 0,8 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ cm}^2 > 0,08$$

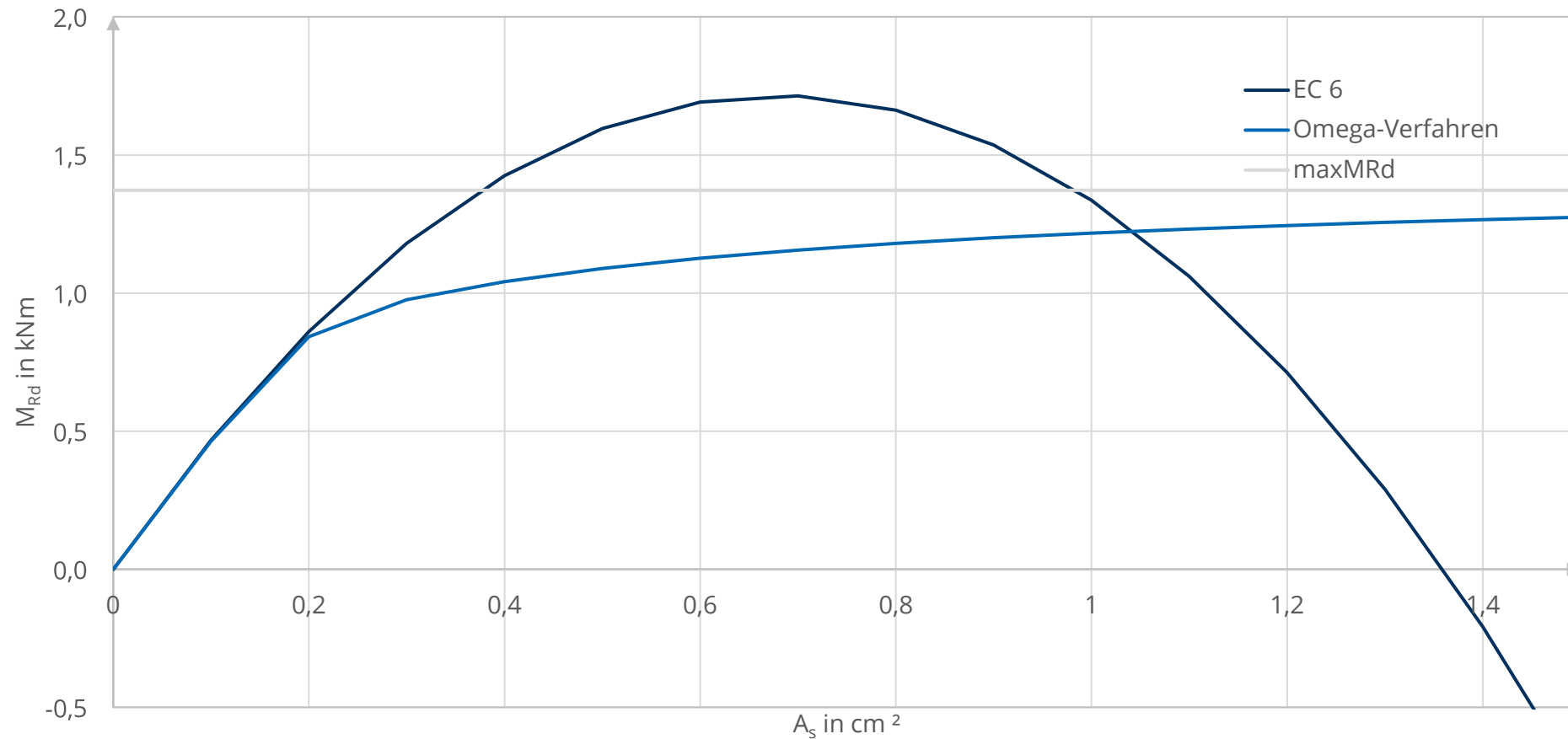


$$h = 82 + 4 + 30 = 116 \text{ mm}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

Genaueres Berechnungsverfahren - Bewehrtes Mauerwerk

Bemessung – Vergleich Näherungslösung nach EC6 und ω -Verfahren



Übungsfragen

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?

Übungsfragen

8. Kellerwand
Bestimmen Sie die minimale und maximale Bemessungslast.
9. 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.

