

# Eurocode 6 - unbewehrtes Mauerwerk

## DIN V ENV 1996-1-1

### Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
<b>1 Vorbemerkungen</b> .....	7.1	3.2 Bemessungswert der Tragfähigkeit .	7.4
<b>2 Berechnungsgrundlagen</b> .....	7.1	3.2.1 Wandkopf und Wandfuß .....	7.4
2.1 Allgemeines .....	7.1	3.2.2 Mittlere Fünftelstellen der	
2.2 Nachweis der Tragfähigkeit .....	7.1	Wandhöhe .....	7.5
2.3 Teilsicherheitsbeiwerte .....	7.2	3.3 Abminderung der Tragfähigkeit	
2.3.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Ein-		bei kleinen Querschnitten .....	7.6
wirkungen bei Hochbauten .....	7.2	<b>4 Näherungsverfahren zur Berech-</b>	
2.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_M$		<b>nung der Wandmomente</b>	
für Baustoffe .....	7.2	<b>(nach EC 6, Anhang C)</b> .....	7.6
2.4 Baustoffeigenschaften .....	7.2	4.1 Dachgeschoß .....	7.6
2.5 Knicklänge .....	7.3	4.2 Normalgeschoß .....	7.6
2.6 Knickaussteifende Wände .....	7.3	4.3 Abminderung der Wandmomente ..	7.6
2.7 Schlankheit von Wänden .....	7.3	4.4 Rechenansatz bei großen Ausmitten	
<b>3 Berechnung vertikal beanspruchter</b>		bzw. kleinen Bemessungs-	
<b>Mauerwerkskonstruktionen</b> .....	7.4	spannungen .....	7.7
3.1 Allgemeines .....	7.4	<b>5 Zahlenbeispiel</b> .....	7.7

# 1 Vorbemerkungen

Im EC 6 werden die Konstruktion und die Berechnung von den folgenden Mauerwerksarten geregelt:

- unbewehrtes Mauerwerk
- bewehrtes Mauerwerk
- vorgespanntes Mauerwerk.

Eine Berechnung von Mauerwerk nach EC 6 ist allerdings nur unter Berücksichtigung der „Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1996-1-1“ (NAD) möglich.

Die folgenden Abschnitte enthalten Berechnungshinweise für unbewehrtes Mauerwerk nach EC 6 unter Berücksichtigung des NAD.

Der Abschnitt 4.7 (Bewehrtes Mauerwerk) im EC 6 ist gemäß NAD durch DIN 1053-3 zu ersetzen.

Der Abschnitt 4.8 (Vorgespanntes Mauerwerk) ist gemäß NAD ersatzlos zu streichen.

Eine integrierte Darstellung (EC 6, NAD und die Teile von DIN 1053-1, die bestimmte Bereiche des EC 6 ersetzen) befindet sich in [7.1].

## 2 Berechnungsgrundlagen

### 2.1 Allgemeines

Die Grundlagen des neuen Sicherheitskonzeptes mit Teilsicherheitsbeiwerten sind in EC 1 geregelt und in den einzelnen Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus ebenfalls dargestellt.

In den folgenden Abschnitten 2.2 und 2.3.1 werden „zum Einstieg“ einige wichtige Grundlagen zusammengestellt.

Detailliertere Angaben siehe EC 6 oder Kapitel V, Abschnitt 2.

### 2.2 Nachweis der Tragfähigkeit

Es muß sein:

$$S_d \leq R_d$$

#### $S_d$ Bemessungswert der Einwirkungen

*Einwirkungen:*

Auf ein Tragwerk einwirkende Kräfte, Lasten usw. als direkte Einwirkung, eingeprägte Verformungen (Temperatur, Setzung) als indirekte Einwirkung, Einteilung in

- ständige Einwirkung ( $G$ ): z.B. Eigenlast der Konstruktion
- veränderliche Einwirkung ( $Q$ ): z.B. Nutzlast, Wind, Schnee, Temperatur
- außergewöhnliche Einwirkungen ( $A$ ): z.B. Explosion, Anprall von Fahrzeugen

*Beispiele für  $S_d$*

$$G_d = \gamma_G G_k \quad \gamma_G, \gamma_Q \quad \text{Teilsicherheitsbeiwerte}$$

$$Q_d = \gamma_Q Q_k \quad G_k, Q_k \quad \text{charakteristische Werte der Einwirkungen (aus DIN 1055)}$$

## **R<sub>d</sub> Bemessungswert des Widerstandes**

Widerstand:

Durch Materialeigenschaften (Beton, Betonstahl, Spannstahl) und geometrische Größen sich ergebende aufnehmbare Beanspruchungen.

Charakteristische Werte der Baustoffe ( $X_k$ ) werden in Baustoff- und Bemessungsnormen als Quantile einer statistischen Verteilung festgelegt, ggf. mit oberen und unteren Werten.

Bemessungswert einer Baustoffeigenschaft ergibt sich aus  $X_d = X_k / \gamma_M$  mit  $\gamma_M$  als Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaften.

## **2.3 Teilsicherheitsbeiwerte**

### **2.3.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen bei Hochbauten**

Bei Hochbauten gilt vereinfachend:

- wenn nur die ungünstigste veränderliche Einwirkung berücksichtigt wird:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + 1,5 Q_{k,1} \quad (1)$$

- wenn sämtliche ungünstigen veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt werden:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + 1,35 \sum_{i>1} Q_{k,i} \quad (2)$$

mit:

$G_{k,j}$  charakteristische Werte der ständigen Einwirkungen

$Q_{k,1}$  charakteristischer Wert einer der veränderlichen Einwirkungen

$Q_{k,i}$  charakteristische Werte weiterer veränderlicher Einwirkungen

Die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_G$  sind wie folgt anzusetzen:

$\gamma_G = 1,35$  bei ständigen Einwirkungen mit ungünstiger Auswirkung

$\gamma_G = 1,0$  bei ständigen Einwirkungen mit günstiger Auswirkung

### **2.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_M$ für Baustoffe**

	$\gamma_M$	
	Normale Einwirkungen	Außergewöhnliche Einwirkungen
Mauerwerk	1,7	1,2
Verbund-, Zug- und Druckwiderstand von Wandankern und Bändern	2,5	2,5

## **2.4 Baustoffeigenschaften**

Es gilt DIN 1053-1 (vgl. Kap. 7, S. 7.5).

Die charakteristische Druckfestigkeit von unbewehrtem Mauerwerk ist

$f_k = \sigma_0 / 0,35$  mit  $\sigma_0$  nach DIN 1053-1 (vgl. Kap. 7, Tafel 7.15).

Für die charakteristische Schubfestigkeit und Biegezugfestigkeit gilt DIN 1053-1 (vgl. Kap. 7, S. 7.28).

Für Verformungskennwerte gilt DIN 1053-1 (vgl. Kap. 7, Tafel S. 7.29).

## 2.5 Knicklänge

Allgemein gilt:

$$h_{\text{ef}} = \varrho_n h$$

Es bedeuten:

$h_{\text{ef}}$  die Knicklänge  
 $h$  die lichte Geschoßhöhe  
 $\varrho_n$  ein Abminderungsfaktor mit  $n = 2, 3$  oder  $4$  je nach Halterung der aussteifenden Wand

### ● Zweiseitig gehaltene Wände

$\varrho_2 = 0,75$  bei Wänden, die oben und unten durch von beiden Seiten auf gleicher Höhe aufgelagerte Stahlbetondecken oder durch eine einseitig auf eine Auflagertiefe von mindestens  $2/3$  der Wanddicke – aber mindestens  $115 \text{ mm}$  – aufgelagerte Stahlbetondecke gehalten sind

$\varrho_2 = 1,0$  sofern die Lastausmitte am Wandkopf nicht größer als  $1/4$  der Wanddicke ist, und bei Wänden, die oben und unten durch Holzbalkendecken oder Dächer gehalten sind

### ● Dreiseitig gehaltene Wände

$$h \leq 3,5 L: \quad \varrho_3 = \frac{1}{1 + \left[ \frac{\varrho_2 h}{3L} \right]^2} \varrho_2 > 0,3$$

$$h > 3,5 L: \quad \varrho_3 = \frac{1,5 L}{h}$$

$L$  ist der Abstand des freien Randes von der Achse der aussteifenden Wand.

### ● Vierseitig gehaltene Wände

$$h \leq L: \quad \varrho_4 = \frac{1}{1 + \left[ \frac{\varrho_2 h}{L} \right]^2} \varrho_2 \quad h > L: \quad \varrho_4 = \frac{0,5 L}{h}$$

$L$  ist der Abstand zwischen den Achsen der aussteifenden Wände.

Ist bei an zwei vertikalen Rändern gehaltenen Wänden  $L \geq 30 t$  oder ist bei nur an einem vertikalen Rand gehaltenen Wänden  $L \geq 15 t$ , so sollten diese Wände wie nur am Wandkopf und Wandfuß gehaltene Wände behandelt werden.

## 2.6 Knickaussteifende Wände

Knickaussteifende Wände sollten eine Länge von mindestens  $1/5$  der Geschoßhöhe und eine Dicke von mindestens  $0,3$ -mal der effektiven Dicke der aussteifenden Wand, aber nicht weniger als  $115 \text{ mm}$  haben.

Wenn die aussteifende Wand durch Öffnungen unterbrochen ist, muß die Länge der Wand zwischen den Öffnungen mindestens so groß wie nach Kap. 7, Abb. 7.15 sein.

## 2.7 Schlankheit von Wänden

Die Schlankheit einer Wand  $h_{\text{ef}}/t_{\text{ef}}$  darf nicht größer als  $25$  sein.

Als effektive Wanddicke  $t_{\text{ef}}$  ist stets die Dicke der tragenden Wand anzusetzen.

# 3 Berechnung vertikal beanspruchter Mauerwerkskonstruktionen

## 3.1 Allgemeines

Es gilt:

$$N_{Rd} \geq N_{Sd}$$

das heißt, der Bemessungswert der Tragfähigkeit (Widerstand) muß größer oder gleich dem Bemessungswert der Belastung (Einwirkung) sein.

Eine Wandkonstruktion muß am Wandkopf, am Wandfuß und in den mittleren Fünftelpunkten nachgewiesen werden. In der Regel ist erkennbar, in welchem der beiden Fünftelpunkte die ungünstigste Beanspruchung auftritt.

## 3.2 Bemessungswert der Tragfähigkeit

### 3.2.1 Wandkopf und Wandfuß

Je m Längeneinheit gilt:

$$N_{Rd} = \frac{\Phi_i t f_k}{\gamma_M}$$

$f_k$  charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit nach Abschn. 2.4

$\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert für den Baustoff nach Abschn. 2.3.2

$t$  Wanddicke unter Berücksichtigung von Fugenrücksprünge mit einer Tiefe von mehr als 5 mm

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

Dabei sind

$e_i$  die Ausmitte am Wandkopf oder Wandfuß; sie kann aus folgender Gleichung berechnet werden:

$$e_i = \frac{M_i}{N_i} + e_{hi} + e_a \geq 0,05 t$$

$M_i$  Bemessungsmoment am Wandkopf oder Wandfuß, berechnet aus der Ausmitte der Deckenlast am Auflager, siehe Abb. 7.6

$N_i$  vertikale Bemessungslast am Wandkopf oder am Wandfuß

$e_{hi}$  Ausmitte am Wandkopf oder am Wandfuß – soweit vorhanden –, berechnet aus Horizontallasten (z. B. Wind)

$e_a$  =  $h_{ef}/450$  ungewollte Ausmitte

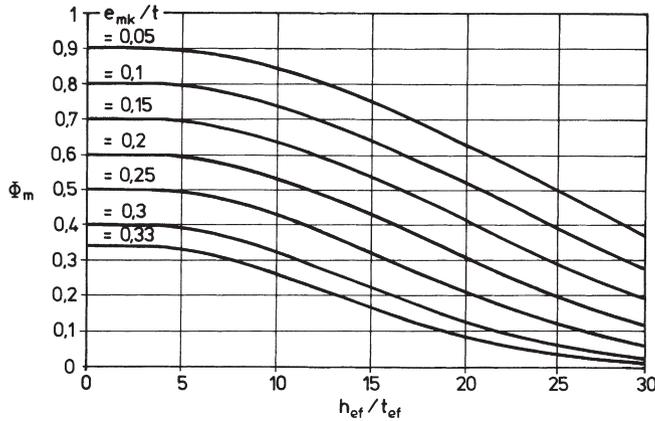
### 3.2.2 Mittlere Fünftelstellen der Wandhöhe

Je m Längeneinheit gilt:

$$N_{Rd} = \frac{\Phi_m t f_k}{\gamma_M}$$

$\Phi_m$  ist Tafel 7.5 zu entnehmen.

Tafel 7.5 Abhängigkeit der Werte  $\Phi_m$  von der Schlankheit bei verschiedenen Ausmitten



**Anmerkung:** Die der Tafel 7.5 zugrunde liegenden Gleichungen sind im Anhang A des EC 6 angegeben.  $E$  ist zu  $1000 f_k$  gesetzt.

Es bedeuten:

$e_{mk}$  die Ausmitte im mittleren Fünftel der Wandhöhe

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

$$e_m = \frac{M_m}{N_m} + e_{hm} \pm e_a$$

$e_m$  die Ausmitte infolge Lasten

$M_m$  das größte Moment innerhalb des mittleren Fünftels der Wandhöhe, berechnet aus den Momenten an Wandkopf und Wandfuß (siehe Abb. 7.6)

$N_m$  die vertikale Bemessungslast innerhalb des mittleren Fünftels der Wandhöhe

$e_{hm}$  die Ausmitte in halber Wandhöhe infolge von Horizontallasten (z.B. Wind)

$h_{ef}$  die Knicklänge für die entsprechende Halterung

$t_{ef}$  die effektive Wanddicke = Dicke der tragenden Wand

$e_k$  die Ausmitte infolge Kriechens

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

$\varphi_\infty$  der Endkriechwert aus Kap. 7, Tabelle S. 7.29

Die Ausmitte infolge Kriechens  $e_k$  darf bei allen Wänden aus Mauerziegeln und Natursteinen stets, bei Wänden aus anderen Mauersteinarten bis zu einer Schlankheit von 15 gleich null gesetzt werden.

Die Werte von  $e_{hi}$  und  $e_{hm}$  sollten nicht zur Abminderung von  $e_i$  und  $e_m$  angesetzt werden.

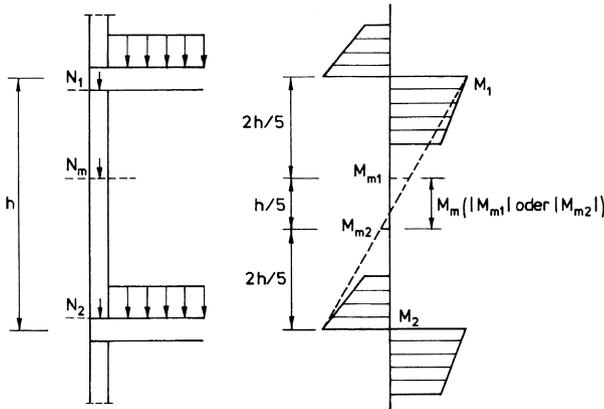


Abb. 7.6 Momente infolge Ausmitten

### 3.3 Abminderung der Tragfähigkeit bei kleinen Querschnitten

Wenn der Wandquerschnitt kleiner als  $0,1 \text{ m}^2$  ist, sollte die charakteristische Mauerwerksfestigkeit  $f_k$  mit nachstehendem Faktor multipliziert werden:  $(0,7 + 3A)$

Dabei ist  $A$  die belastete Bruttoquerschnittsfläche des Bauteils in  $\text{m}^2$ .

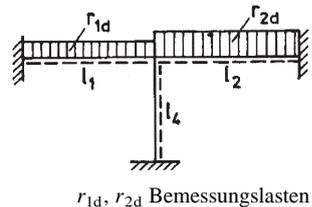
## 4 Näherungsverfahren zur Berechnung der Wandmomente (nach EC 6, Anhang C)

### 4.1 Dachgeschoß

Wandmoment oben:

$$M_{4d}^o = \mu_4 (r_{1d} l_1^2 - r_{2d} l_2^2) / 12$$

$$\mu_4 = \frac{S_4}{S_1 + S_2}; \quad S_i = \frac{E_i \cdot I_i}{l_i}; \quad E = 1000 f_k$$



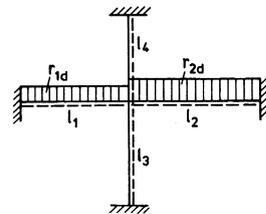
### 4.2 Normalgeschoß

Wandmomente:

$$M_{4d}^u = \mu_4 (r_{1d} l_1^2 - r_{2d} l_2^2) / 12$$

$$M_{3d}^o = -\mu_3 (r_{1d} l_1^2 - r_{2d} l_2^2) / 12$$

$$\mu_3 = \frac{S_3}{\sum S_i}; \quad \mu_4 = \frac{S_4}{\sum S_i}; \quad S_i = \frac{E_i \cdot I_i}{l_i}$$



### 4.3 Abminderung der Wandmomente

Abminderungsfaktor:  $(1 - k/4)$

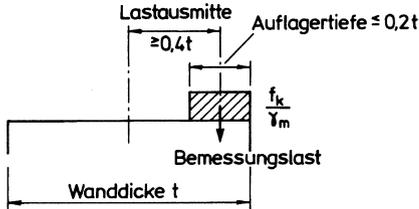
$$\text{mit } k = \frac{\frac{E_3 I_3}{l_3} + \frac{E_4 I_4}{l_4}}{\frac{E_1 I_1}{l_1} + \frac{E_2 I_2}{l_2}} \leq 2$$

Die Abminderung darf nur vorgenommen werden, wenn die Bemessungsspannung am betreffenden Knoten  $> 0,25 \text{ N/mm}^2$  ist.

## 4.4 Rechenansatz bei großen Ausmitten bzw. kleinen Bemessungsspannungen

Wenn die errechnete Ausmitte größer als das 0,4-fache der Wanddicke ist oder wenn die vertikale Bemessungsspannung  $\leq 0,25 \text{ N/mm}^2$  ist, darf die Bemessung wie folgt vorgenommen werden.

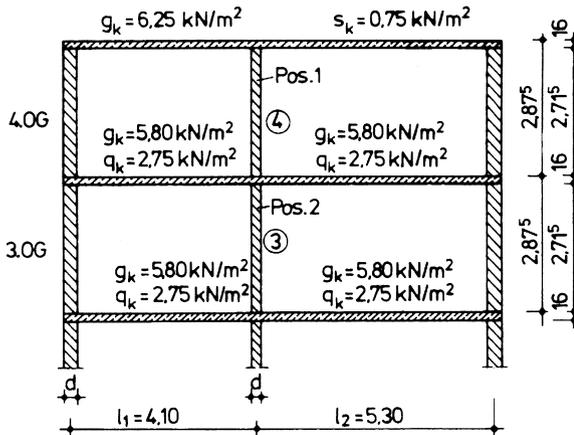
Zur Ermittlung der für die Bemessung zugrunde zu legenden Ausmitte der Last darf von der Bemessungslast, die bei der kleinsten erforderlichen Auflagertiefe aufgenommen werden kann, ausgegangen werden. Die Auflagertiefe darf aber nicht größer sein als das 0,2-fache der Wanddicke am Auflagerend bei der entsprechenden Bemessungsfestigkeit des Baustoffs (siehe Abb. 7.7).



**Anmerkung:** Es sollte beachtet werden, daß bei Berechnung der Ausmitte nach vorstehendem Absatz eine genügend große Verdrehung der Decke oder des Balkens entstehen kann, die einen Riß an der Last gegenüber liegenden Wandseite verursachen kann.

Abb. 7.7 Ausmittlung der Bemessungslast bei Aufnahme durch den Spannungsblock

## 5 Zahlenbeispiel



Pos. 1: 11,5 cm dicke Innenwand im 4. Obergeschoss (Dachgeschoss)

$$h = 2,88 \text{ m}; h_s = 2,72 \text{ m}$$

Porenbeton 8/DM

Steinrohddichte  $0,8 \text{ kg/dm}^3$

$$\sigma_0 = 2,0 \text{ MN/m}^2$$

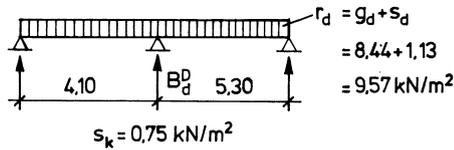
$$f_k = \sigma_0 / 0,35 = 2,86 \quad \sigma_0 = 2,86 \cdot 2,0 = 5,72 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{mw} = 1000 f_k = 5720 \text{ MN/m}^2$$

$$B 25, d_b = 16 \text{ cm}, E_b = 30000 \text{ MN/m}^2$$

Auflagerkraft  $B_d^D$  der Dachdecke:

Stat. Ersatzsystem:



$$g_k = 6,25 \text{ kN/m}^2 \quad s_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = 1,35 \cdot 6,25 = 8,44 \text{ kN/m}^2$$

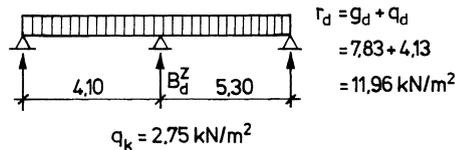
$$s_d = 1,5 \cdot 0,75 = 1,13 \text{ kN/m}^2$$

$$B_d^D = (0,674 + 0,784) \cdot 9,57 \cdot 4,10$$

$$= 57,2 \text{ kN/m}$$

Auflagerkraft  $B_d^Z$  der Zwischendecke:

Stat. Ersatzsystem:

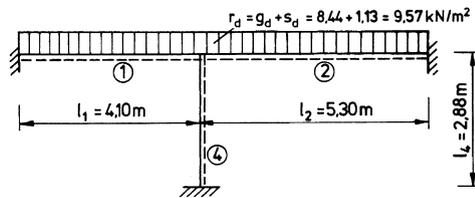


$$g_d = 1,35 \cdot 5,8 = 7,83 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 1,5 \cdot 2,75 = 4,13 \text{ kN/m}^2$$

$$B_d^Z = 57,2 \cdot 11,96 / 9,57 = 71,5 \text{ kN/m}$$

Ermittlung der Momente aus Rahmenwirkung (Vereinfachtes Verfahren nach EC 6, Anhang C)



Steifigkeiten:

$$s_1 = \frac{E_1 I_1'}{l_1} = \frac{30000 \cdot 0,16^3}{4,10} = 30,0$$

$$s_2 = \frac{E_2 I_2'}{l_2} = \frac{30000 \cdot 0,16^3}{5,3} = 23,2$$

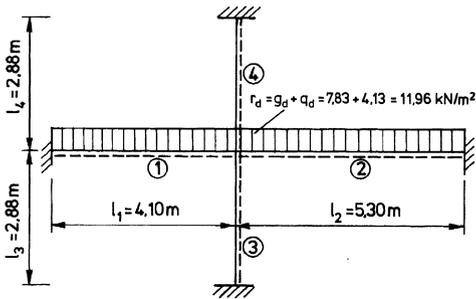
$$s_4 = \frac{E_4 I_4'}{l_4} = \frac{5720 \cdot 0,115^3}{2,88} = 3,02$$

Verteilungszahl:

$$\mu_4 = \frac{s_4}{\sum s_i} = \frac{3,02}{30,0 + 23,2 + 3,02} = 0,054$$

Wandmoment:

$$M_{4d}^0 = \mu_4 (r_d l_1^2 - r_d l_2^2) / 12 = 0,054 (9,57 \cdot 4,10^2 - 9,57 \cdot 5,3^2) / 12 = -0,49 \text{ kNm/m}$$



$$s_1 = 30,0 \quad s_2 = 23,2$$

$$s_3 = 3,02 \quad s_4 = 3,02$$

Verteilungszahl:

$$\mu_4 = 3,02 / (30,0 + 23,2 + 2 \cdot 3,02) = 0,051$$

Wandmoment:

$$M_{4d}^u = -0,051 (11,96 \cdot 4,10^2 - 11,96 \cdot 5,3^2) / 12 = +0,57 \text{ kNm/m}$$

Abminderung der Momente mit  $(1 - k/4)$ :

$$k = \frac{\frac{E_3 I_3'}{l_3} + \frac{E_4 I_4'}{l_4}}{\frac{E_1 I_1'}{l_1} + \frac{E_2 I_2'}{l_2}} \leq 2$$

wenn die mittlere Bemessungsspannung  $> 0,25 \text{ MN/m}^2$  ist.

Ermittlung der mittleren Bemessungsspannung

$$\text{Stiel (Wand) oben: } B_d^D = 57,2 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 57,2 \cdot 10^{-3} / 0,115 = 0,50 \text{ MN/m}^2 > 0,25 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Stiel (Wand) unten: } \sigma > 0,25 \text{ MN/m}^2$$

$$k = \frac{3,02}{30 + 23,2} = 0,057 \quad \text{Abminderung } (1 - 0,057/4) = 0,986$$

Ermittlung der Exzentrizitäten

a) Wandkopf

$$B_d^D = 57,2 \text{ kN/m}$$

$$e_0 = -\frac{M_d^o}{B_d^D} = \frac{0,48}{57,2} = 0,0084 \text{ m} = 0,84 \text{ cm}$$

$$M_d^o = -0,49 \cdot 0,986 = -0,48 \text{ kNm/m}$$

b) Wandfuß

Längskraft am Wandfuß:

$$\text{aus Dachdecke} \quad 57,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{aus Wand} \quad 2,72 \cdot 1,7 \cdot 1,35 = 6,2 \text{ kN/m}$$

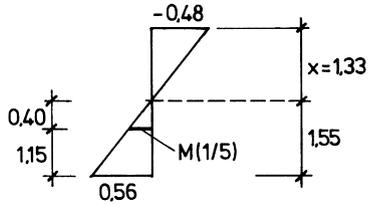
$$= 63,4 \text{ kN/m}$$

$$M_d^u = 0,57 \cdot 0,986 = 0,56 \text{ kNm/m}$$

$$e^u = -\frac{M_d^u}{R_d^u} = -\frac{0,56}{63,4} = -0,0089 \text{ m} = -0,89 \text{ cm}$$

### c) Wandmitte

Moment im mittleren Fünftel der Wandhöhe:



$$\frac{0,48}{x} = \frac{0,56}{2,88 - x}$$

$$0,48(2,88 - x) = 0,56x$$

$$x = 1,33 \text{ m}$$

$$M_{(1/5)d} = 0,56 \cdot 0,40 / 1,55 = 0,14 \text{ kNm/m}$$

Belastung im mittleren Fünftel der Wandhöhe:

aus Dachdecke  $B_d^D = 57,2 \text{ kN/m}$

aus Mauerwerk  $(2,88 - 1,15) \cdot 1,7 \cdot 1,35 = 4,0 \text{ kN/m}$

$$R_d^m = 61,2 \text{ kN/m}$$

$$\bar{e}^m = -\frac{M_d^m}{R_d^m} = -\frac{0,14}{61,2} = -0,0023 \text{ m} = -0,23 \text{ cm}$$

### Tragfähigkeitsnachweise

#### a) Wandkopf

$$e_i = e^o + e_h^o + e_a$$

$$e_i = 0,84 + 0,45 = 1,29 \text{ cm}$$

$$\Phi_i = 1 - \frac{2l_i}{t} = 1 - \frac{2 \cdot 1,29}{11,5} = 0,78$$

$$N_{Rd} = \frac{\Phi_i \cdot t \cdot f_k}{\gamma_M} = \frac{0,78 \cdot 0,115 \cdot 5,72}{1,7} = 0,30 \text{ MN/m}$$

$$N_{Sd} = B_d^D = 57,2 \text{ kN/m} = 0,057 \text{ MN/m}$$

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}$$

$$0,06 < 0,30$$

$$e_o = 0,84 \text{ cm}$$

$$e_h^o = 0$$

$$e_a = h_{ef} / 450 = 0,75 \cdot 272 / 450 = 0,45 \text{ cm}$$

#### b) Wandfuß

Im Vergleich mit a):  $N_{Sd} < N_{Rd}$

#### c) Wandmitte

$$e^m = \bar{e}^m + e_h^m + e_a = 0,23 + 0 + 0,45 = 0,68 \text{ cm}$$

Kriechen:

$$e_k = 0,002 \varphi_\infty \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{e^m \cdot t} = 0,002 \cdot 1,5 \cdot \frac{0,75 \cdot 272}{11,5} \sqrt{0,68 \cdot 11,5} = 0,15 \text{ cm}$$

$$e_{mk} = e^m + e_k = 0,68 + 0,15 = 0,83 \text{ cm} \geq 0,05 \cdot 11,5 \text{ cm} = 0,58 \text{ cm}$$

$$e_{mk} / t = 0,83 / 11,5 = 0,072 \quad h_{ef} / t = 0,75 \cdot 272 / 11,5 = 17,7 \quad \text{Aus Tafel 7.5: } \Phi_m = 0,60$$

$$N_{Rd} = 0,30 \cdot 0,6 / 0,78 = 0,23 \text{ MN/m}$$

$$N_{Sd} = R_d^m = 61,2 \text{ kN/m} = 0,061 \text{ MN/m}$$

$$N_{Sd} \leq N_{Rd} \quad 0,06 < 0,23$$