

**Peter Schöps**

Institut für Massivbau

# Bemessung – Vereinfachtes Verfahren

## Teil 1

BIW 3-02 Mauerwerksbau

08.11.2024

# Gliederung der Vorlesungen

1. Einführung und Grundlagen (25.10.2024)
2. **Bemessung – Vereinfachtes Verfahren** **(08.11.2024)**
3. Bemessung – Genaues 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

## 2. Bemessung – Vereinfachtes Verfahren

1. Auswertung „Turmbau zu DD“
2. Allgemeines zum Nachweisverfahren
3. Anwendungsgrenzen des v.V.
4. Schnittkraftermittlung
5. Biegung und Knicken
6. Ausfachungsflächen
7. Kellerwände
8. Aussteifung

# 1. Auswertung „Turmbau zu DD“

# Auswertung „Turmbau zu DD“

## Druckfestigkeit - Drucknachweis

### „Turmbau zur Dresden“ (Beispiel 3.1)

Varianten:

- Ziegel Mz 28 + MG III
- KS 20 + DM
- PP8 + DM
- PP2 + DM
- Kalkstein

Vergleich mit

- C25/30 (Beton)
- S235 (Stahl)
- C24 (Holz)

Mit Bemessungswerten ( $\gamma_M$ )

# Auswertung „Turmbau zu DD“

Stein			Mz 28 MG III	KS-P 20 DM	PP 8 DM	PP 2 DM	Kalkstein 80 - 180 N/mm <sup>2</sup>	C25/30	S235	C24	C24
Mörtel			M10	M10	M10	M10					⊥
Steinfestigkeitsklasse	$f_b$ o. $f_{bk}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	28	20	8	2					
Steinfestigkeit (Mittelwert)	$f_{st}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	35	25	10	2,5	130				
Mörtelfestigkeit (Rechenwert)	$f_m$	N/mm <sup>2</sup>	10	10	10	10					
	K		0,95	0,8	0,9	0,9					
	$\alpha$		0,585	0,8	0,75	0,75					
	$\beta$		0,162								
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-1-1/NA	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8	8,3				
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-3/NA oder nach der jeweiligen Norm	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8		25	235	21	2,5
Teilsicherheitsbeiwert Widerstand	$\gamma_M$		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,3	1,3
	$k_{mod}$									0,8	0,8
Dauerstandsfaktor	$\zeta$		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,0		
Druckfestigkeit (Bemessungswert)	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	6,2	6,0	2,9	1,0	4,7	14,2	235,0	12,9	1,5
Wichte Mauerwerk	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18	20	9	6	28	25	78,5	4,2	4,2
Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung	$\gamma_E$		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Eigengewichtshöhe	h	m	257	220	238	126	124	420	2218	2279	271

# Auswertung „Turmbau zu DD“

## Druckfestigkeit - Standardverfahren

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta \quad (3.1)$$

Dabei ist

$f_{b, st}$  im NA

- $f_k$  die charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $K$  eine Konstante, die – sofern notwendig – nach 3.6.1.2(3) und/oder 3.6.1.2(6) zu modifizieren ist;
- $\alpha, \beta$  Konstanten;
- $f_b$  die normierte Mauersteindruckfestigkeit in Lastrichtung in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $f_m$  die Druckfestigkeit des Mauermörtels in  $\text{N/mm}^2$ .

# Auswertung „Turmbau zu DD“

## Druckfestigkeit - Faktoren

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$$

**Tabelle NA.6 — Parameter zur Ermittlung der Druckfestigkeit von Einsteinmauerwerk aus Vollziegeln sowie Kalksand-Vollsteinen und Kalksand-Blocksteinen mit Normalmauermörtel**

Steinart	Mörtelart	Parameter		
		$K$	$\alpha$	$\beta$
Vollziegel, KS-Vollsteine, KS-Blocksteine	NM II*, IIa*	0,95	0,585	0,162
	NM III**, IIIa**			
* Die Druckfestigkeit des Mauerwerks darf nicht größer angenommen werden als für die Steinfestigkeiten $f_{st} = 45 \text{ N/mm}^2$ .				
** Die Druckfestigkeit des Mauerwerks darf nicht größer angenommen werden als für Steinfestigkeiten $f_{st} = 60 \text{ N/mm}^2$ .				

**Tabelle NA.10 — Parameter zur Ermittlung der Druckfestigkeit von Einsteinmauerwerk aus Porenbeton mit Dünnbettmörtel**

Steinart	Mittlere Steindruckfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Mörtelart	Parameter		
			$K$	$\alpha$	$\beta$
Vollsteine aus Porenbeton	$2,5 \leq f_{st} < 5,0$	DM	0,90	0,76	-
	$5,0 \leq f_{st} \leq 10,0$		0,90	0,75	-

# Auswertung „Turmbau zu DD“

Stein			Mz 28 MG III	KS-P 20 DM	PP 8 DM	PP 2 DM	Kalkstein 80 - 180 N/mm <sup>2</sup>	C25/30	S235	C24	C24
Mörtel			M10	M10	M10	M10					⊥
Steinfestigkeitsklasse	$f_b$ o. $f_{bk}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	28	20	8	2					
Steinfestigkeit (Mittelwert)	$f_{st}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	35	25	10	2,5	130				
Mörtelfestigkeit (Rechenwert)	$f_m$	N/mm <sup>2</sup>	10	10	10	10					
	K		0,95	0,8	0,9	0,9					
	$\alpha$		0,585	0,8	0,75	0,75					
	$\beta$		0,162								
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-1-1/NA	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8	8,3				
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-3/NA oder nach der jeweiligen Norm	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8		25	235	21	2,5
Teilsicherheitsbeiwert Widerstand	$\gamma_M$		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,3	1,3
	$k_{mod}$									0,8	0,8
Dauerstandsfaktor	$\zeta$		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,0		
Druckfestigkeit (Bemessungswert)	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	6,2	6,0	2,9	1,0	4,7	14,2	235,0	12,9	1,5
Wichte Mauerwerk	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18	20	9	6	28	25	78,5	4,2	4,2
Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung	$\gamma_E$		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Eigengewichtshöhe	h	m	257	220	238	126	124	420	2218	2279	271

# Auswertung „Turmbau zu DD“

## Druckfestigkeit – EC 6-3/NA

Tabelle NA.D.3 — Charakteristische Druckfestigkeit  $f_k$  in N/mm<sup>2</sup> von Einsteinmauerwerk aus Vollziegeln sowie Kalksand-Vollsteinen und Kalksand-Blocksteinen mit Normalmauermörtel

Steindruckfestigkeitsklasse	$f_k$ N/mm <sup>2</sup>			
	NM II	NM IIa	NM III	NM IIIa
2	---	---	---	---
4	2,8	---	---	---
6	3,6	4,0	---	---
8	4,2	4,7	---	---
10	4,8	5,4	6,0	---
12	5,4	6,0	6,7	7,5
16	6,4	7,1	8,0	8,9
20	7,2	8,1	9,1	10,1
28	8,8	9,9	11,0	12,4
36	10,2	11,4	12,7	14,3
48	10,2	11,4	15,1	16,9
60	10,2	11,4	15,1	16,9

# Auswertung „Turmbau zu DD“

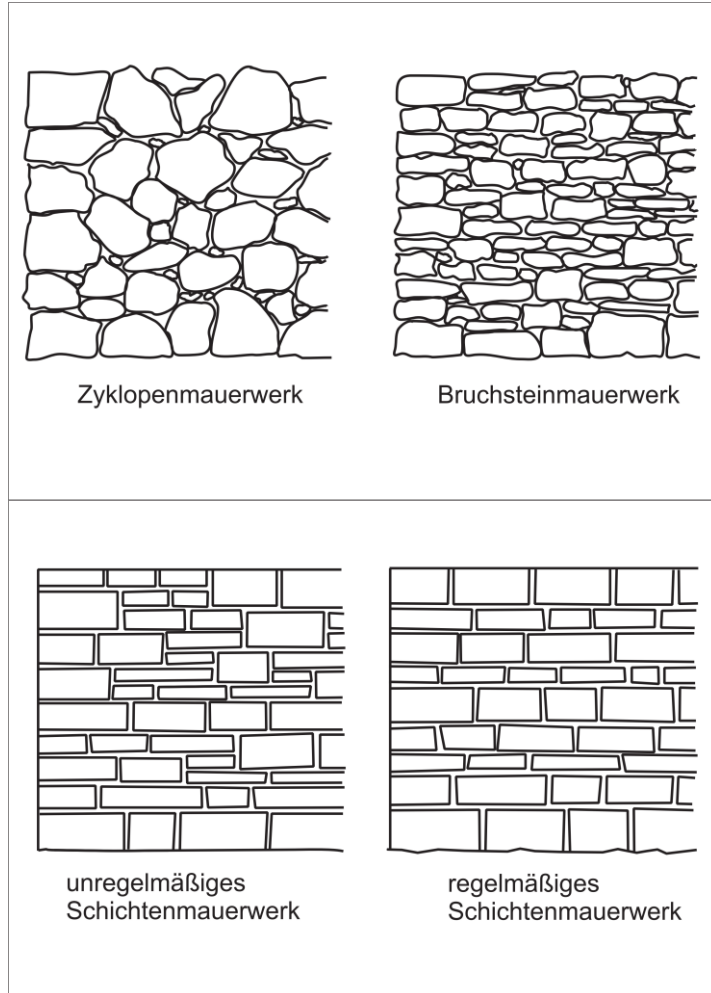


Tabelle NA.L.2 — Charakteristische Werte  $f_k$  der Druckfestigkeit von Natursteinmauerwerk mit Normalmauermörtel

Güteklasse	Steinfestigkeit <sup>b</sup> $f_{bk}$	Werte der Druckfestigkeit $f_k^a$ N/mm <sup>2</sup>			
		M 1	M 2,5	M 5	M 10
N1	≥ 20	0,6	1,4	2,2	3,3
	≥ 50	0,8	1,7	2,5	3,9
N2	≥ 20	1,1	2,5	3,9	5,0
	≥ 50	1,7	3,0	4,4	5,5
N3	≥ 20	1,4	4,2	5,5	6,9
	≥ 50	1,9	5,5	6,9	9,7
	≥ 100	2,8	6,9	8,3	11,1
N4	≥ 20	3,3	5,5	6,9	8,3
	≥ 50	5,5	9,7	11,1	13,9
	≥ 100	8,3	12,5	15,2	19,4

<sup>a</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

<sup>b</sup> Entspricht dem 5 %-Quantilwert der Druckfestigkeit bei 95 % Aussagewahrscheinlichkeit.

# Auswertung „Turmbau zu DD“

Stein			Mz 28 MG III	KS-P 20 DM	PP 8 DM	PP 2 DM	Kalkstein	C25/30	S235	C24	C24
Mörtel			M10	M10	M10	M10	80 - 180 N/mm <sup>2</sup>				⊥
Steinfestigkeitsklasse	$f_b$ o. $f_{bk}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	28	20	8	2					
Steinfestigkeit (Mittelwert)	$f_{st}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	35	25	10	2,5	130				
Mörtelfestigkeit (Rechenwert)	$f_m$	N/mm <sup>2</sup>	10	10	10	10					
	K		0,95	0,8	0,9	0,9					
	$\alpha$		0,585	0,8	0,75	0,75					
	$\beta$		0,162								
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-1-1/NA	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8	8,3				
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-3/NA oder nach der jeweiligen Norm	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8		25	235	21	2,5
Teilsicherheitsbeiwert Widerstand	$\gamma_M$		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,3	1,3
	$k_{mod}$									0,8	0,8
Dauerstandsfaktor	$\zeta$		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,0		
Druckfestigkeit (Bemessungswert)	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	6,2	6,0	2,9	1,0	4,7	14,2	235,0	12,9	1,5
Wichte Mauerwerk	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18	20	9	6	28	25	78,5	4,2	4,2
Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung	$\gamma_E$		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Eigengewichtshöhe	h	m	257	220	238	126	124	420	2218	2279	271

# Auswertung „Turmbau zu DD“

## Druckfestigkeit - Allgemein

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \zeta$$

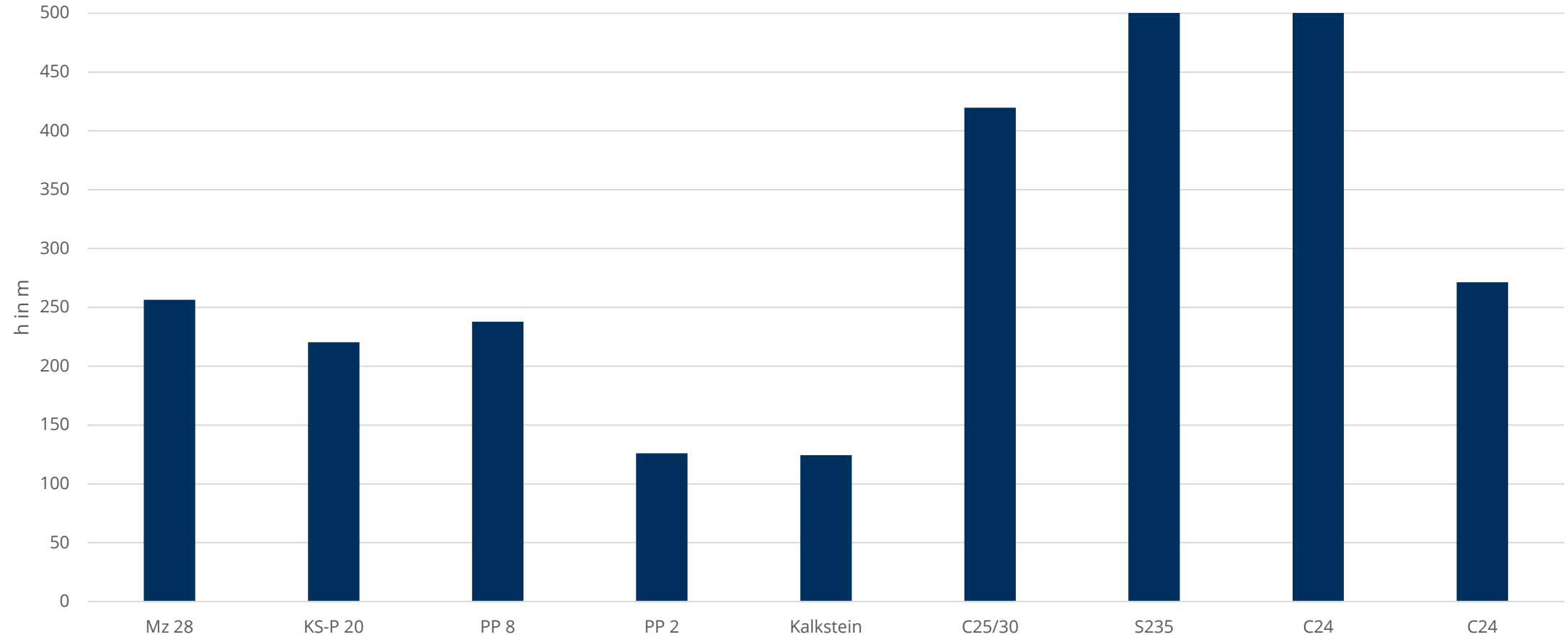
$\gamma_q = 1.5$	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Lasten
$\gamma_g = 1.35$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Lasten
$\gamma_M$	Teilsicherheitsbeiwert auf der Materialseite bei unbewehrtem Mauerwerk
$\gamma_M = 1.5$	bei ständiger und vorübergehender Bemessungssituation
$\gamma_M = 1.35$	bei außergewöhnlicher Bemessungssituation
$\zeta = 0,85$	Dauerstandfaktor
$F = 0,80$	Faktor für Verbandsmauerwerk

nach DIN EN 1996-1-1 [Tabelle NA.1]

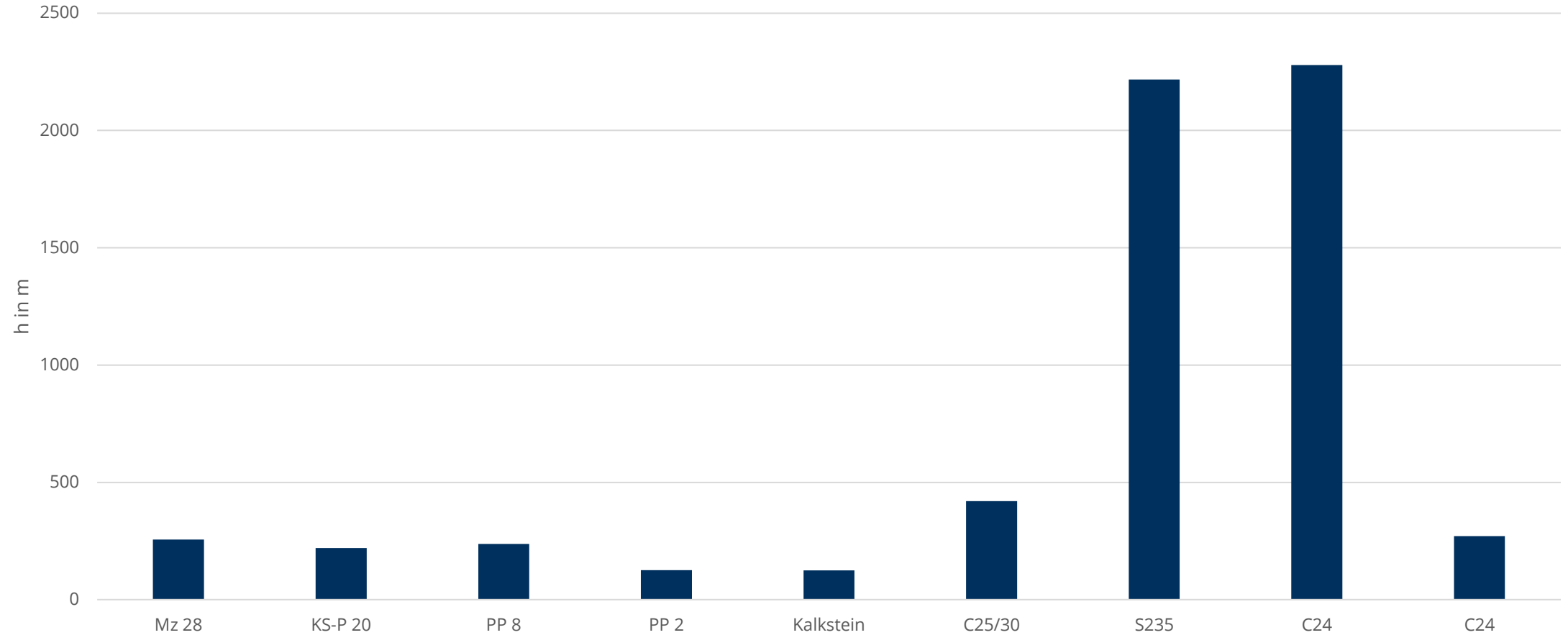
# Auswertung „Turmbau zu DD“

Stein			Mz 28 MG III	KS-P 20 DM	PP 8 DM	PP 2 DM	Kalkstein	C25/30	S235	C24	C24
Mörtel			M10	M10	M10	M10	80 - 180 N/mm <sup>2</sup>				⊥
Steinfestigkeitsklasse	$f_b$ o. $f_{bk}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	28	20	8	2					
Steinfestigkeit (Mittelwert)	$f_{st}$ (NA)	N/mm <sup>2</sup>	35	25	10	2,5	130				
Mörtelfestigkeit (Rechenwert)	$f_m$	N/mm <sup>2</sup>	10	10	10	10					
	K		0,95	0,8	0,9	0,9					
	$\alpha$		0,585	0,8	0,75	0,75					
	$\beta$		0,162								
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-1-1/NA	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8	8,3				
Mauerwerksfestigkeit nach EC6-3/NA oder nach der jeweiligen Norm	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	11,0	10,5	5,1	1,8		25	235	21	2,5
Teilsicherheitsbeiwert Widerstand	$\gamma_M$		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,3	1,3
	$k_{mod}$									0,8	0,8
Dauerstandsfaktor	$\zeta$		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,0		
Druckfestigkeit (Bemessungswert)	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	6,2	6,0	2,9	1,0	4,7	14,2	235,0	12,9	1,5
Wichte Mauerwerk	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18	20	9	6	28	25	78,5	4,2	4,2
Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung	$\gamma_E$		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Eigengewichtshöhe	h	m	257	220	238	126	124	420	2218	2279	271

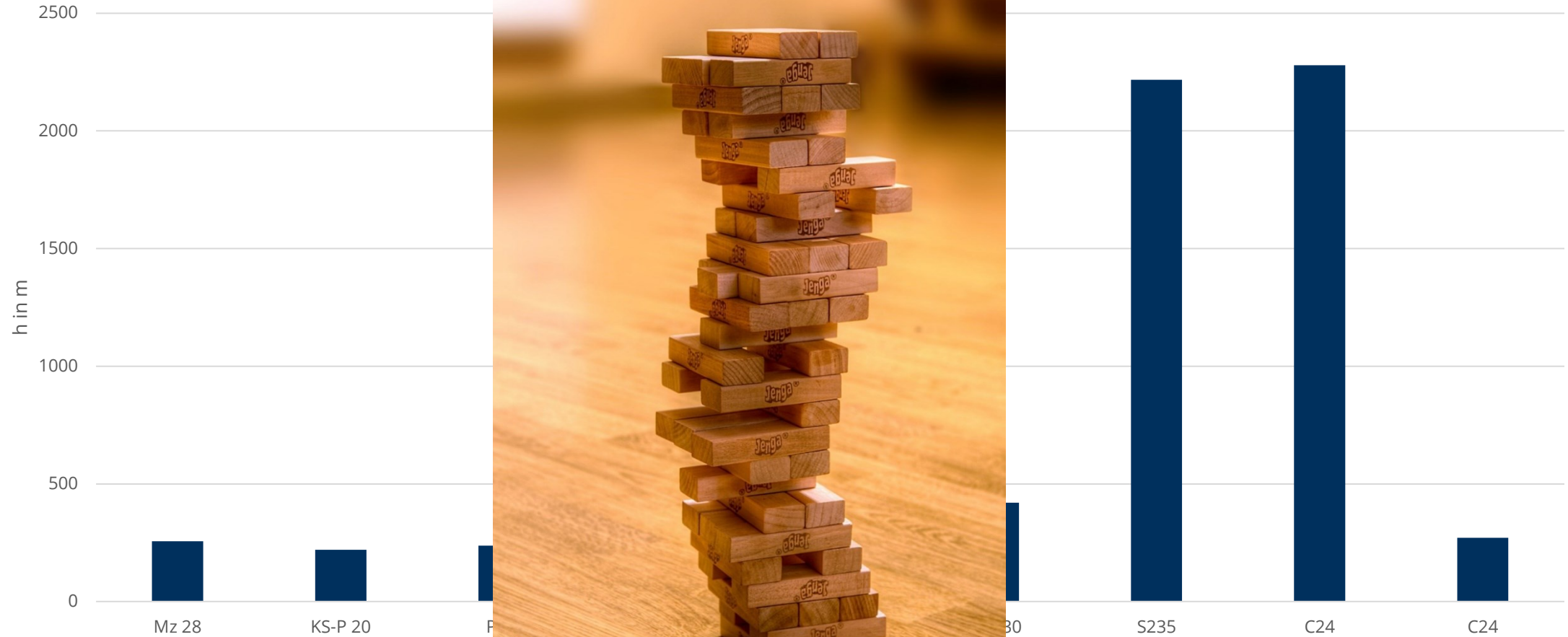
# Auswertung „Turmbau zu DD“



# Auswertung „Turmbau zu DD“



# Auswertung „Turmbau zu DD“



# 2. Allgemeines zum Nachweisverfahren

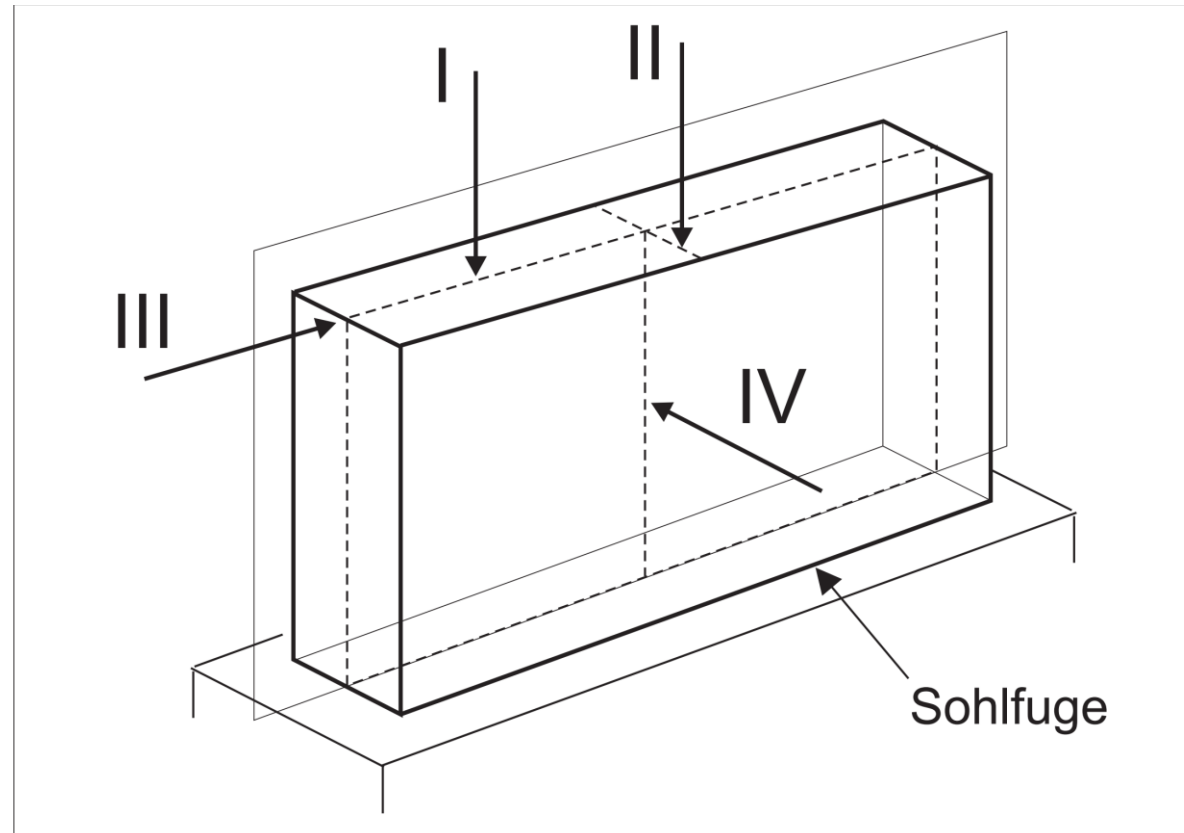
# Allgemeines zum Nachweisverfahren

- DIN EN 1990
- DIN EN 1990/NA

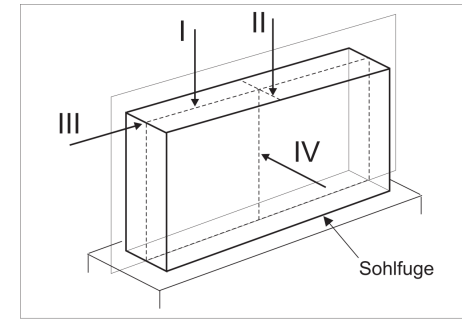
$$E_d \leq R_d$$

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

## Beanspruchungsmöglichkeiten (Kapitel 5)



# Allgemeines zum Nachweisverfahren

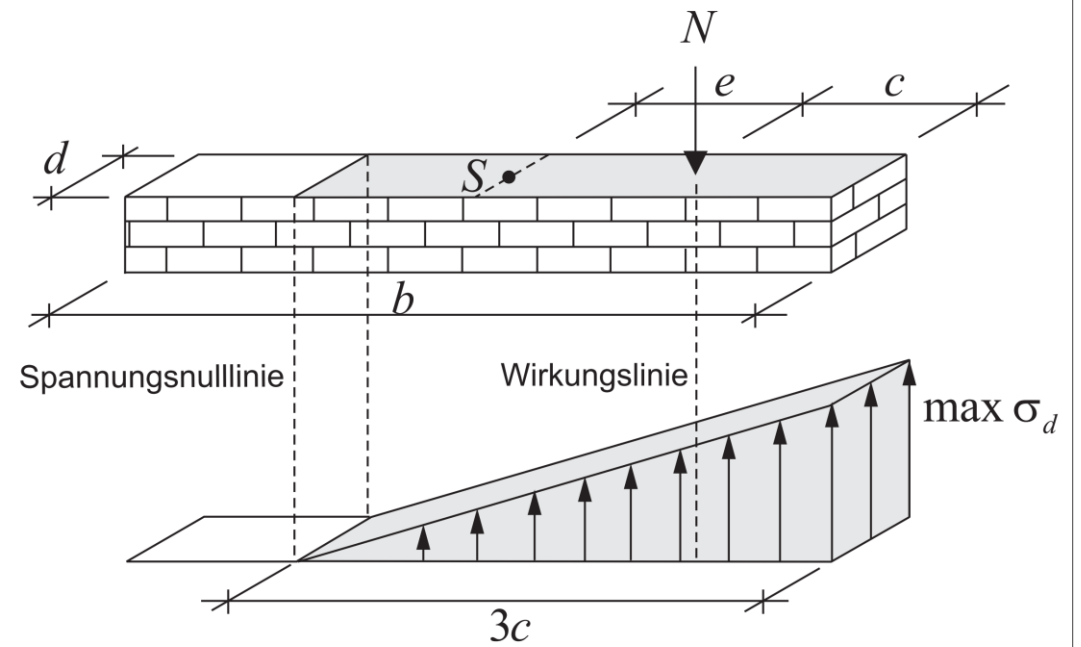


Randspannungen bei rechteckigen Querschnitten  
(Zugspannungen können nicht aufgenommen werden)

Kantenpressung bei einachsiger Ausmittigkeit

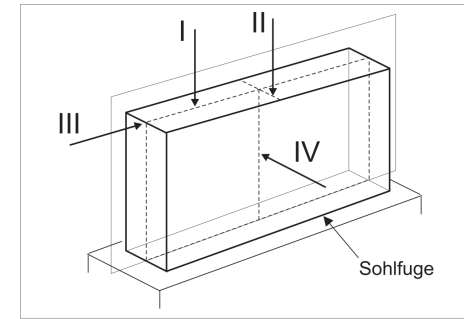
$e = \frac{M}{R}$

Belastungs- und Spannungsschema	Lage der resultierenden Kraft	Randspannungen
<p>Querschnitt</p>	$e = 0$ (R in der Mitte)	$\sigma = \frac{R}{b \cdot d}$
	$e < \frac{d}{6}$ (R innerhalb des Kerns)	$\sigma_1 = \frac{R}{b \cdot d} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{d}\right)$ $\sigma_2 = \frac{R}{b \cdot d} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{d}\right)$
	$e = \frac{d}{6}$ (R auf dem Kernrand)	$\sigma_1 = 0$ $\sigma_2 = \frac{2 \cdot R}{b \cdot d}$
	$\frac{d}{6} < e < \frac{d}{3}$ (R außerhalb des Kerns)	$\sigma = \frac{2 \cdot R}{3 \cdot c \cdot b}$ $c = d/2 - e$
	$e = \frac{d}{3}$	$\sigma = \frac{4 \cdot R}{b \cdot d}$



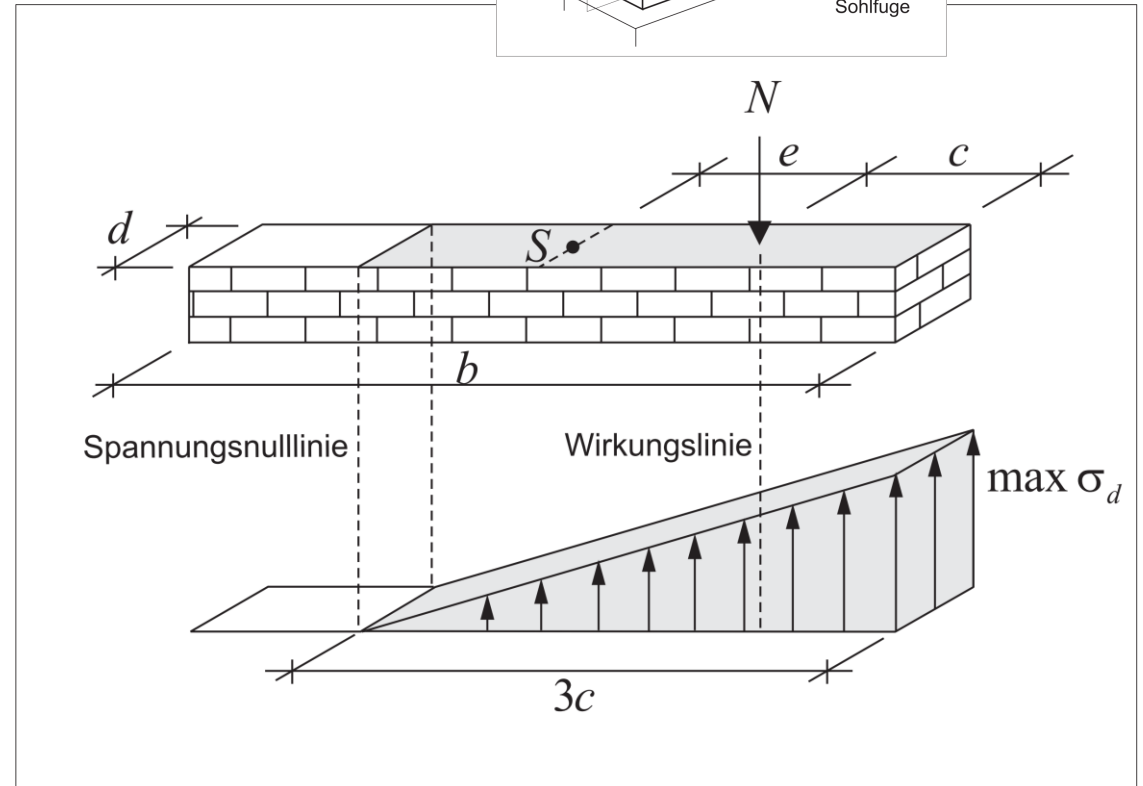
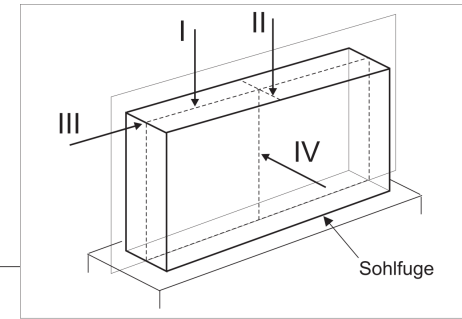
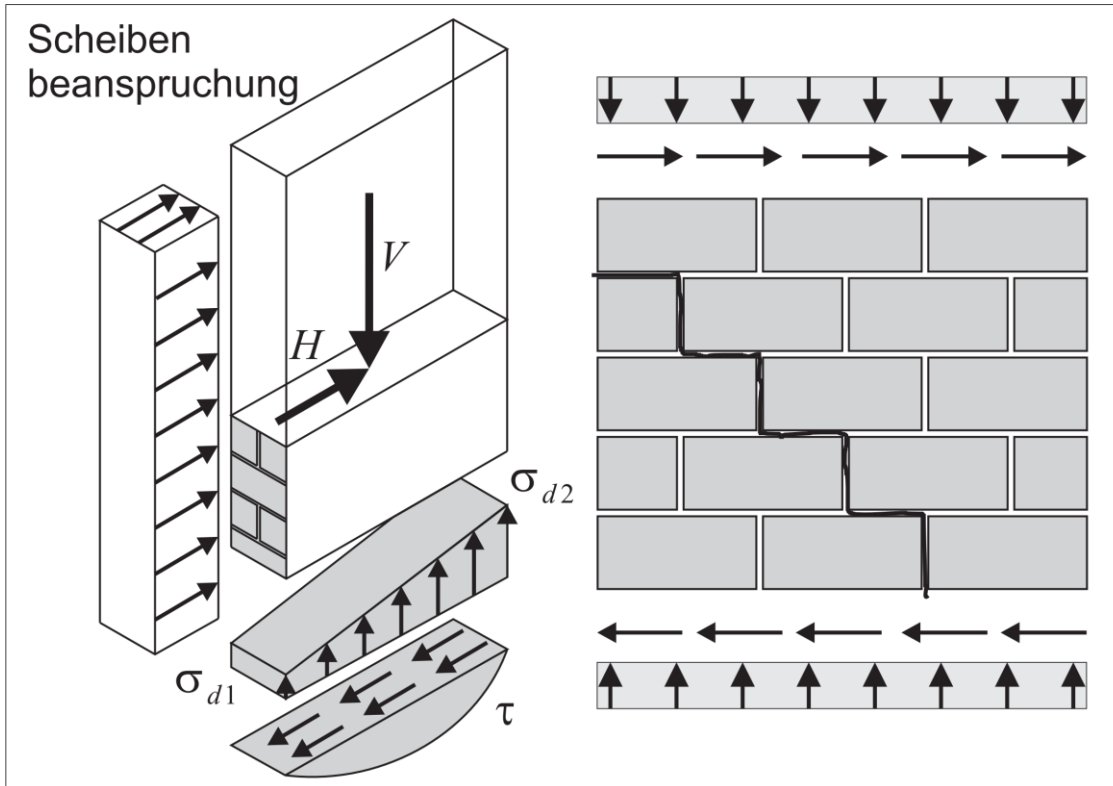
## Scheibenbiegung

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

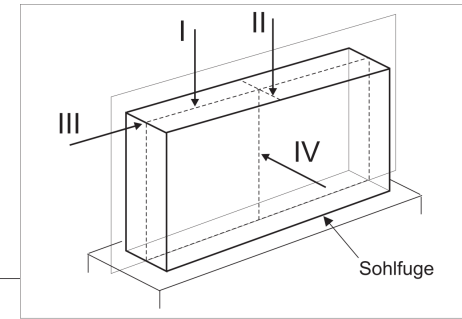
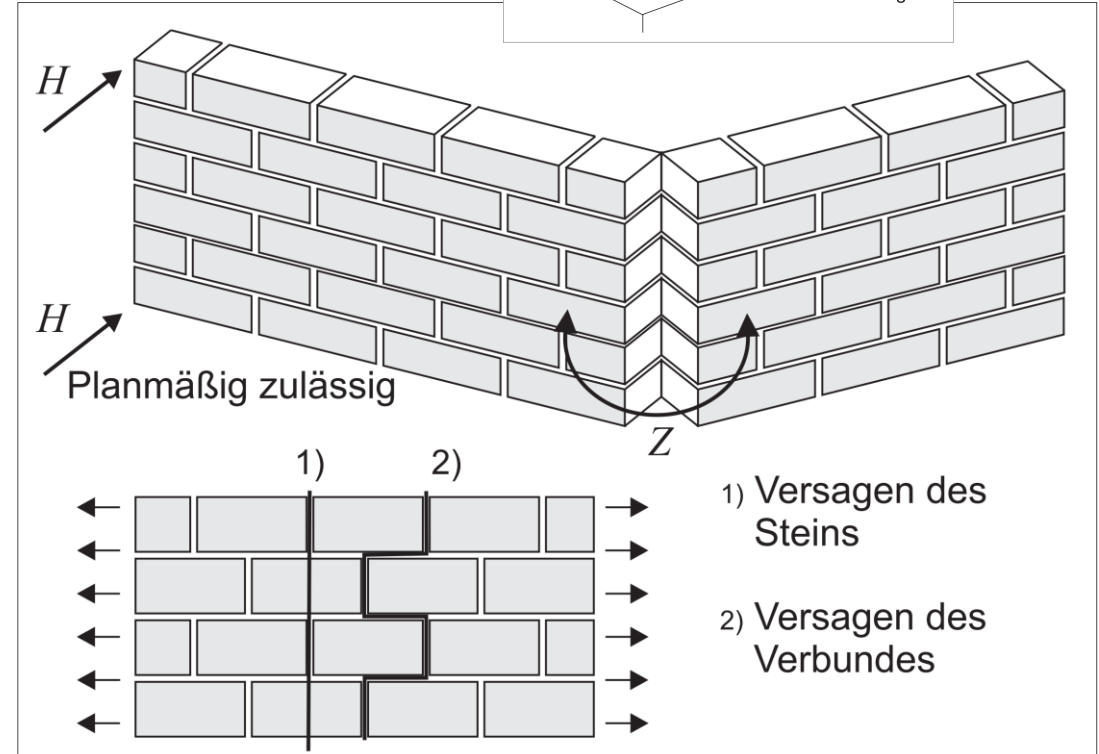
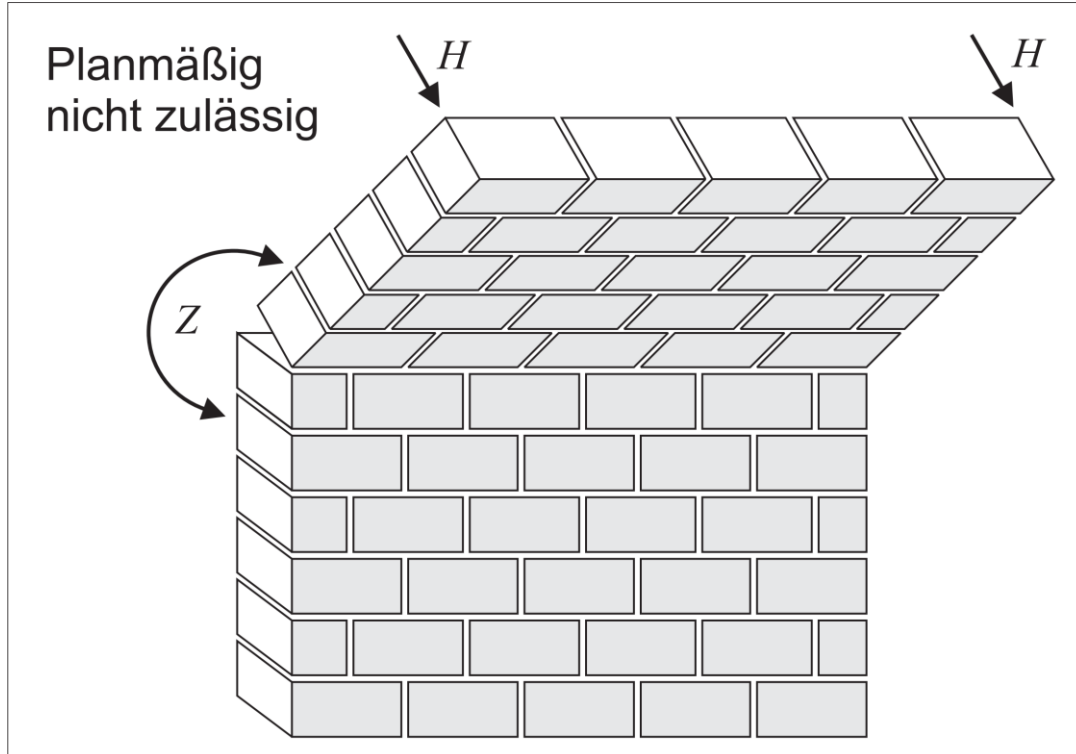


$$e = \frac{M}{N}$$

# Allgemeines zum Nachweisverfahren




# Allgemeines zum Nachweisverfahren



## Plattenbiegung

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

## Bauordnung - SächsBO - VwV TB/MTB - Anlage 1- Abschnitt A - A 1.2.6

Teil 

Lfd. Nr.	Anforderungen an Planung, Bemessung und Ausführung gem. § 85a Abs. 2 MBO <sup>1</sup>	Technische Regeln/Ausgabe	Weitere Maßgaben gem. § 85a Abs. 2 MBO <sup>1</sup>
1	2	3	4
<b>A 1.2.6 Bauliche Anlagen im Mauerwerksbau</b>			
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)	

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

- Lasten und Baustoffeigenschaften (→ Festigkeit) unterliegen mehr oder weniger großen Streuungen.
- Die Berechnungsverfahren sind nicht immer genau, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen.
- Die Planung wird mit mehr oder weniger großen Abweichungen in die Realität umgesetzt.
- → Sicherheitsabstände erforderlich!



Bild NA.L.4 — Beispiel für Bruchstein-Schichtenmauerwerk

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

## Lasten bzw. Einwirkungen

- Ständige Einwirkungen mit charakteristischem Wert  $G_k$
- Veränderliche Einwirkungen mit charakteristischem Wert  $Q_k$ , diese können auch in verschiedener Form und unabhängig voneinander auftreten ( $\rightarrow Q_1, Q_2 \dots$ ).
- Teilsicherheitsbeiwerte auf der Einwirkungsseite  $\gamma_G, \gamma_Q$ 
  - Unterscheidung möglich, verschiedenen Einwirkungen mit unterschiedlicher Streuung
  - Außerdem können Einwirkungen mit günstigen oder ungünstigen Auswirkungen differenziert werden. Dafür werden für  $\gamma_G, \gamma_Q$  größte oder kleinste Werte angenommen

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

## Bemessungswert Auswirkungen

- Einwirkungen A führen auf Auswirkungen E, hier Beanspruchungen bzw. Schnittkräfte.
- Durch statische Berechnungen ergeben sich (etwas vereinfacht) Rechenwerte  $E_d$  der Schnittkräfte

$$E_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,2} \cdot \psi_2 \cdot Q_{k,2} + \dots$$

mit einem zusätzlichen Kombinationsbeiwert  $\psi$ .

Grundkombination (GZT):

$$E_d = E \left[ \left( \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{kj} \right) + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \left( \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right) \right]$$

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

## Überlagerungs- bzw. Kombinationsregeln

- Die Größe  $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,2} \cdot \psi_2 \cdot Q_{k,2} + \dots$  kann in vielfältiger Weise variiert werden.
  - Dies resultiert im Wesentlichen daraus, dass für jeden Anteil der größte oder kleinste Wert von  $\gamma_G$  bzw.  $\gamma_Q$  möglich sind.
  - So ergeben sich z.B. für drei Einwirkungsanteile zunächst  $2^3 = 8$  Möglichkeiten, die alle hinsichtlich ihrer Auswirkungen zu untersuchen wären.
- Um den Aufwand zu verringern, bestehen für viele Anwendungsbereiche vereinfachte Überlagerungsregeln.

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk}$$

$$N_{Ed} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$$

$$\min N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}$$

- Für weitere Informationen siehe DIN EN 199

# Allgemeines zum Nachweisverfahren

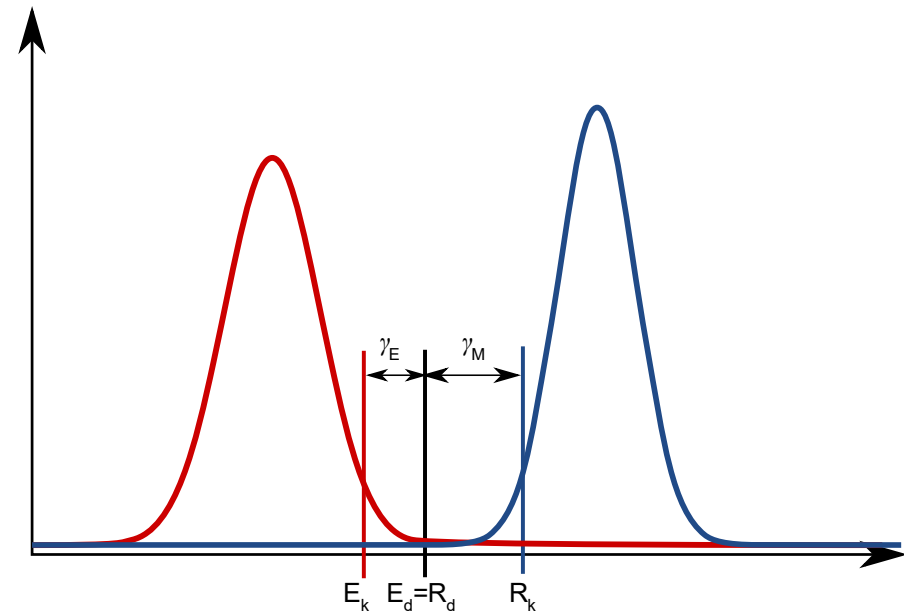
## Bemessungswert Widerstände

- Charakteristischer Wert Widerstände  $R_k$
- Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite  $\gamma_R$
- Bemessungswert Widerstände

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Nachweisformat:

$$E_d \leq R_d$$



# 3. Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens

# Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens

- z.B. Kapitel 7, Abschnitt 6 in Schneider Bautabellen
- DIN EN 1996-3/NA
- Grundidee
  - Vernachlässigung spezieller Effekte – z.B.:
    - Biegemomente aus Deckeneinspannung,
    - ungewollte Exzentrizitäten beim Knicknachweis,
    - Wind auf Außenwände
- Damit ergibt sich eine vereinfachte Berechnung.
- Als Kompensation wird der Sicherheitsabstand vergrößert.

# Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens

- Voraussetzungen, siehe DIN EN 1996-3 [7, Abschnitt 4.2.1]
  - Ringanker
  - Deckenauflagertiefe  $a > 0,5 t > 100 \text{ mm}$
  - Gebäudehöhe über Gelände nicht mehr als 20 m.
  - Überbindemaß  $l_{ol} \geq 0,4 h_u \geq 45 \text{ mm}$
  - Keine freistehenden Wänden
  - Stützweite der aufliegenden Decken  $l \leq 6.0 \text{ m}$ , sofern nicht die Biegemomente durch konstruktive Maßnahmen, z. B. Zentrierleisten begrenzt werden. Bei zweiachsig gespannten Decken ist die kürzere Stützweite maßgebend.
  - Es sind Mindestwanddicken erforderlich, siehe DIN EN 1996-3 [7, Tabelle NA.2].
  - Verkehrslasten sind begrenzt, siehe DIN EN 1996-3 [7, Abschnitt 4.2.1.1]: maximaler charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkungen  $5.0 \text{ kN/m}^2$ .
- Falls diese Bedingungen nicht eingehalten sind, ist das sog. genauere Verfahren zu verwenden, siehe DIN EN 1996-1-1 [4], hier Abschnitt 9.3.2.

# Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens

Tabelle NA.2 — Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens

Bauteil	Wanddicke $t$ in mm	Max. zulässige lichte Wandhöhe $h$ in m					
		allgemein	bei Berücksichtigung von Fußnote <sup>d</sup>				
			Mauerwerk aus Porenbetonsteinen	Mauerwerk aus Ziegeln, Kalksandsteinen, Leichtbeton- und Betonsteinen mit Normal- und Dünnbettmörtel			
				Mauerwerkwerksdruckfestigkeit $f_k$ in N/mm <sup>2</sup>			
		≥ 1,8	≥ 3,0	≥ 3,5	≥ 5,0	≥ 10,0	
Tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	≥ 115 <sup>a,b</sup>	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
	≥ 150 <sup>c</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	3,0 <sup>e,f</sup>	3,3 <sup>h</sup>
	≥ 175	2,75	2,75	3,3	3,0 <sup>e</sup>	3,3 <sup>g</sup>	3,6 <sup>h</sup>
	≥ 200	2,75	3,3	3,6	3,6	3,6	3,6 <sup>h</sup>
	≥ 240	12 $t$	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6 <sup>h</sup>
	≥ 300	12 $t$	12 $t$	12 $t$	12 $t$	12 $t$	12 $t$
Tragende Innenwände	≥ 115	2,75	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	≥ 240	k. E.	k. E.		keine Einschränkung (k. E.)		

<sup>a</sup> Als einschalige Außenwand nur bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum dauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehen sind. Als Tragschale zweischaliger Außenwände und bei zweischaligen Haustrennwänden bis maximal zwei Vollgeschosse zuzüglich ausgebauten Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand  $b \leq 4,50$  m bzw. Randabstand von einer Öffnung  $b' \leq 2,0$  m (siehe Bild NA.2).

<sup>b</sup> Charakteristische Nutzlast einschließlich Zuschlag für nicht tragende innere Trennwände  $q_k \leq 3,0$  kN/m<sup>2</sup>.

<sup>c</sup> Bei charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten  $f_k < 1,8$  N/mm<sup>2</sup> gilt zusätzlich Fußnote a.

<sup>d</sup> Anwendungsvoraussetzungen:

- bei Außenwänden mit charakteristischer Windlast  $w_k \leq 1,25$  kN/m<sup>2</sup>;
- über die Wanddicke  $t$  vollaufliegende Stahlbetondecke und Betonfestigkeitsklassen  $\geq C20/25$ ;
- Mindestdeckendicke infolge Begrenzung der Deckenschlankheit nach DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, 7.4.2, und Deckendicke  $\geq 180$  mm;
- betrachtetes Geschoss entspricht in Grund- und Aufriss weitgehend den darüber- und darunterliegenden Geschossen;
- Interpolation zwischen Festigkeitsklassen nicht zulässig.

<sup>e</sup> Bei Mauerwerk aus Leichtbetonsteinen nur bei einer charakteristischen Windbeanspruchung von  $w_k < 1,1$  kN/m<sup>2</sup> zulässig.

<sup>f</sup> Gilt bei Kalksandsteinmauerwerk nur für  $f_k \geq 5,5$  N/mm<sup>2</sup>.

<sup>g</sup> Gilt bei Ziegelmauerwerk auch für  $f_k \geq 4,7$  N/mm<sup>2</sup>.

<sup>h</sup> Bei Außenwänden mit charakteristischer Windlast von  $1,25$  kN/m<sup>2</sup>  $< w_k \leq 2,2$  kN/m<sup>2</sup> sind lichte Wandhöhen bis  $h = 3,0$  m zulässig.

# 4. Schnittkraftermittlung

# Nachweisverfahren für vertikale Beanspruchung

## 4.2.2.2 Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands

(1) Der Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands  $N_{Rd}$  darf ermittelt werden aus:

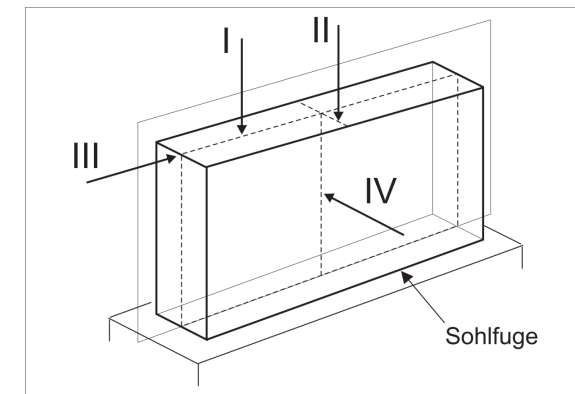
$$N_{Rd} = \Phi_s f_d A \quad (4.4)$$

Dabei ist

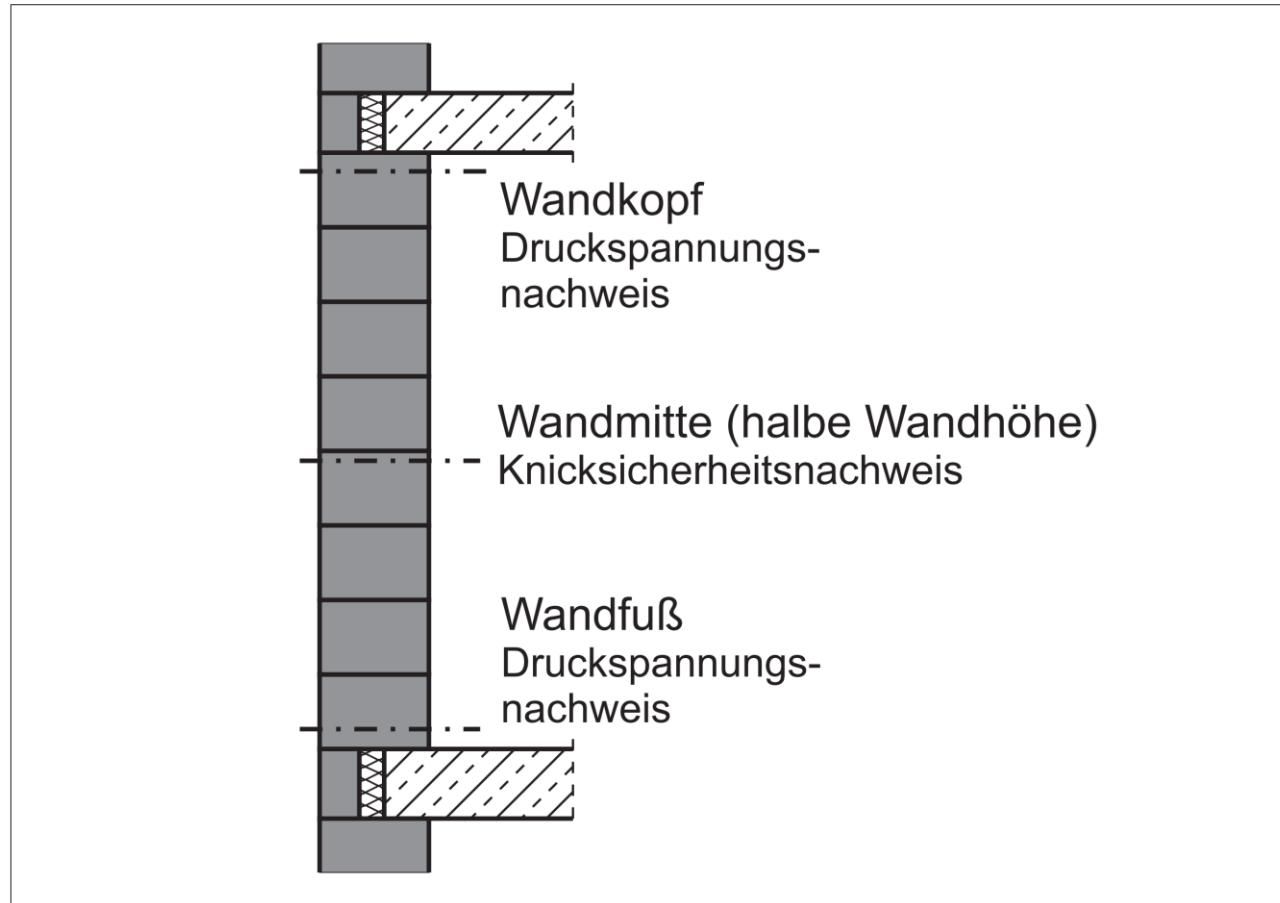
$\Phi_s$  der Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Schlankheit und der Lastausmitte nach 4.2.2.3;

$f_d$  der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks;

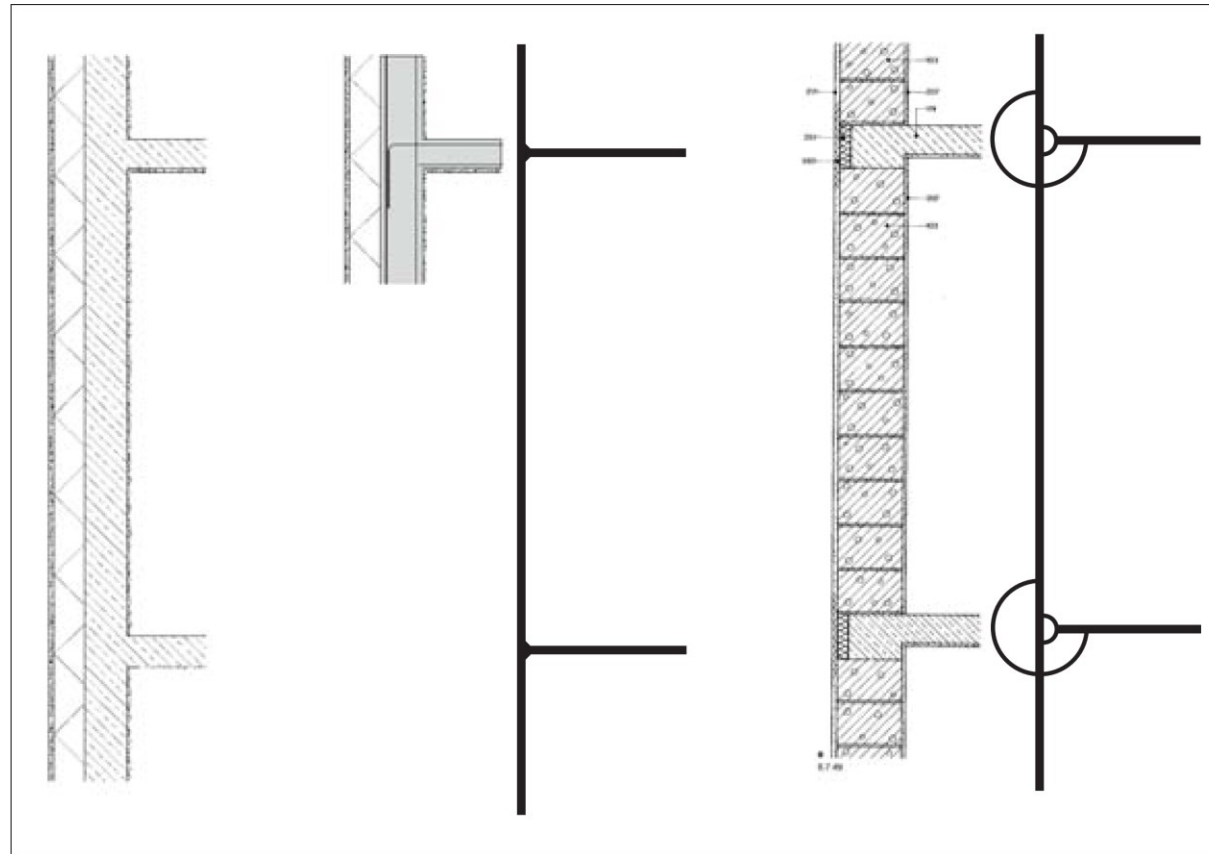
$A$  die belastete Bruttoquerschnittsfläche der Wand.



# Wandaufbau

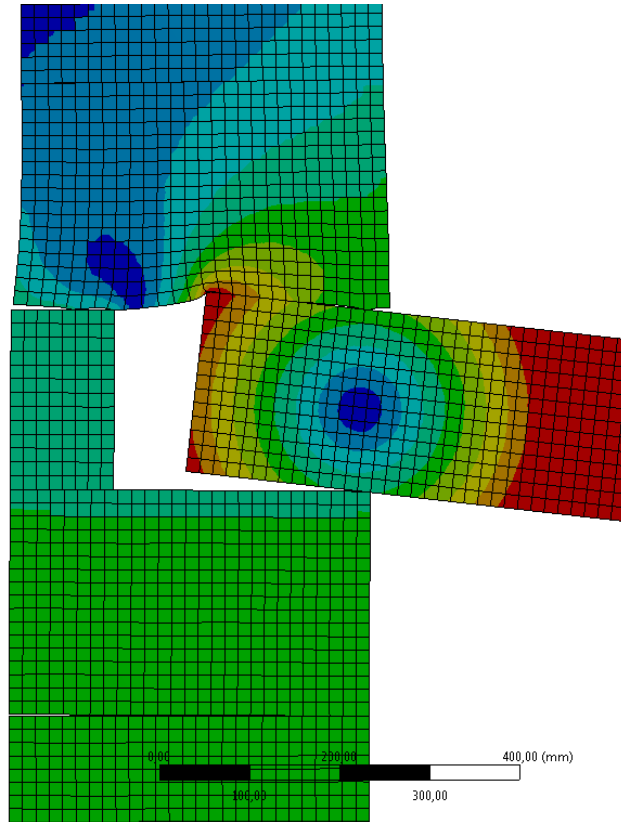
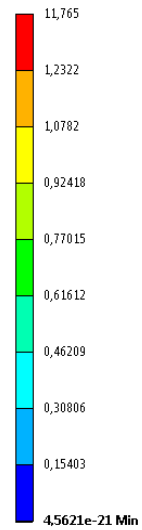


# Idealisierung



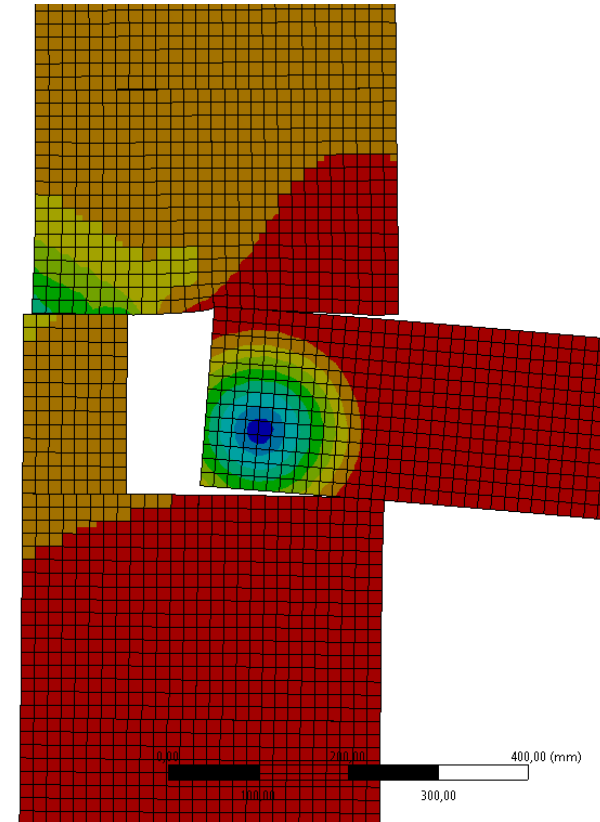
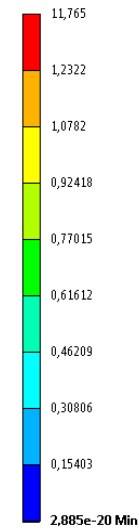
# Idealisierung

A: Stein linear-elastisch  
Gesamtverformung  
Typ: Gesamtverformung  
Einheit: mm  
Zeit: 1  
Benutzerdefiniert obsolet  
04.12.17 17:02



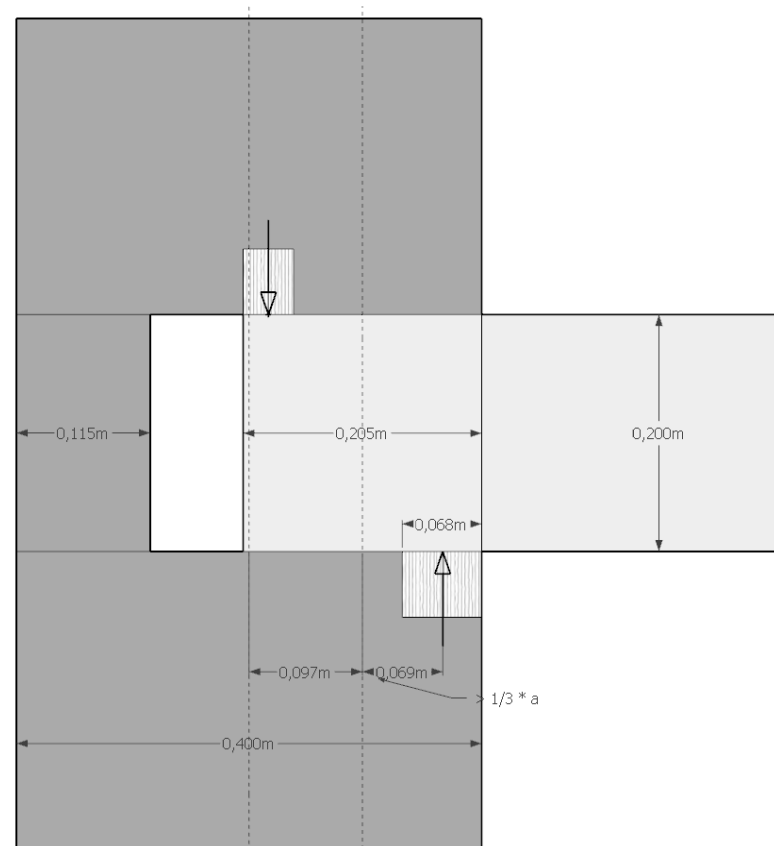
Lastschritt 1 (Eigengewicht)

A: Stein linear-elastisch  
Gesamtverformung  
Typ: Gesamtverformung  
Einheit: mm  
Zeit: 3  
Benutzerdefiniert obsolet  
04.12.17 17:03



Lastschritt 3 (vert. Last 200 kN)

# Idealisierung





# 5. Biegung und Knicken

# Biegung

## Endauflage bei Außen- und Innenwänden (NA)

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

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

Dabei ist

$f_k$  der charakteristische Wert der Druckfestigkeit von Mauerwerk;

$l_f$  die Stützweite der angrenzenden Geschossdecke in m, bei zweiachsig gespannten Decken mit  $0,5 \leq l_1/l_2 \leq 2,0$  darf für  $l_f$  das 0,85-fache der kürzeren Stützweite eingesetzt werden;

$a$  die Deckenauflagertiefe;

$t$  die Dicke der Wand.

(NA.3) Bei Decken über dem obersten Geschoss, insbesondere bei Dachdecken, gilt aufgrund geringer Auflasten:

$$\phi_1 = 0,333 \cdot \frac{a}{t} \quad (\text{NA.3})$$

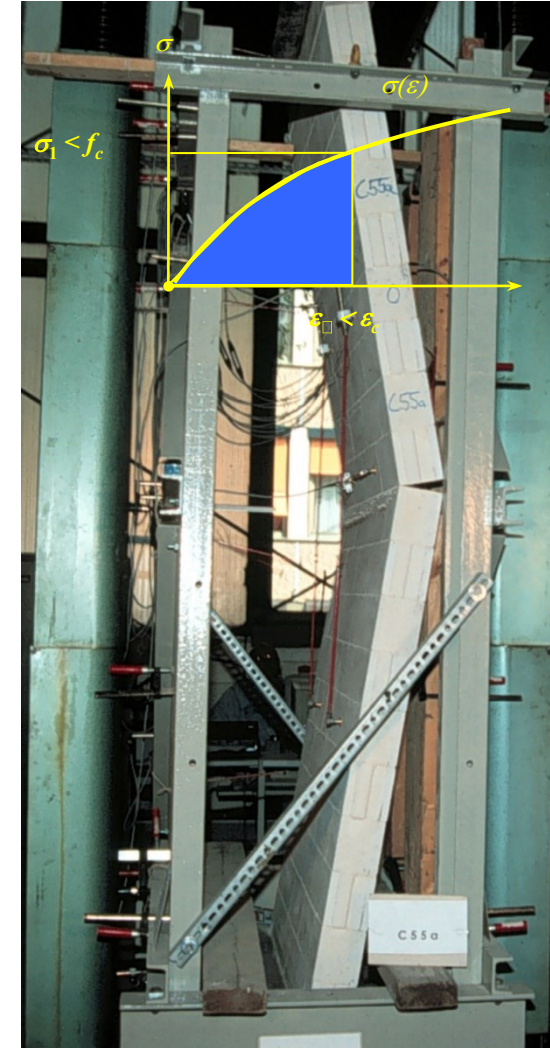
# Knicken

(NA.5) Zur Berücksichtigung der Traglastminderung bei Knickgefahr gilt:

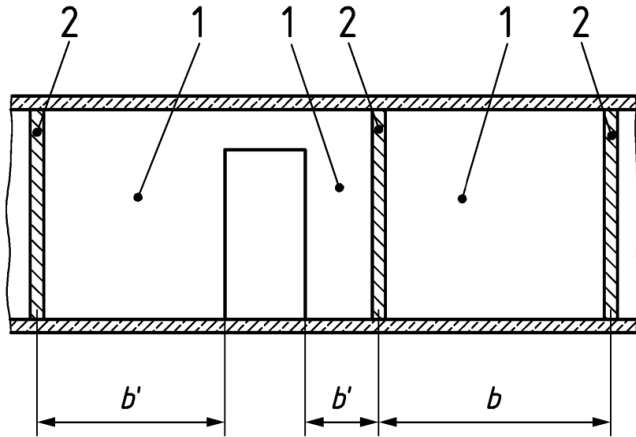
$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \left( \frac{a}{t} \right) - 0,0011 \cdot \left( \frac{h_{\text{ef}}}{t} \right)^2$$

Dabei ist

- $h_{\text{ef}}$  die Knicklänge nach 4.2.2.4;
- $a$  die Deckenauflagertiefe;
- $t$  die Dicke der Wand.



# Knickenlänge



## Legende

- 1 gehaltene Wand
- 2 aussteifende Wände

$$h_{\text{ef}} = \rho_2 \cdot h$$

(NA.5)

Dabei ist

- $h_{\text{ef}}$  die Knicklänge;
- $\rho_2$  der Abminderungsfaktor der Knicklänge nach (NA.8) und (NA.9);
- $h$  die lichte Geschosshöhe.

(NA.8) Sind die Voraussetzungen zur Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens nach 4.2.1.1 eingehalten, gilt statt Absatz (2) vereinfacht:

$\rho_2 = 0,75$  für Wanddicken  $t \leq 175$  mm;

$\rho_2 = 0,90$  für Wanddicken  $175 \text{ mm} < t \leq 250$  mm;

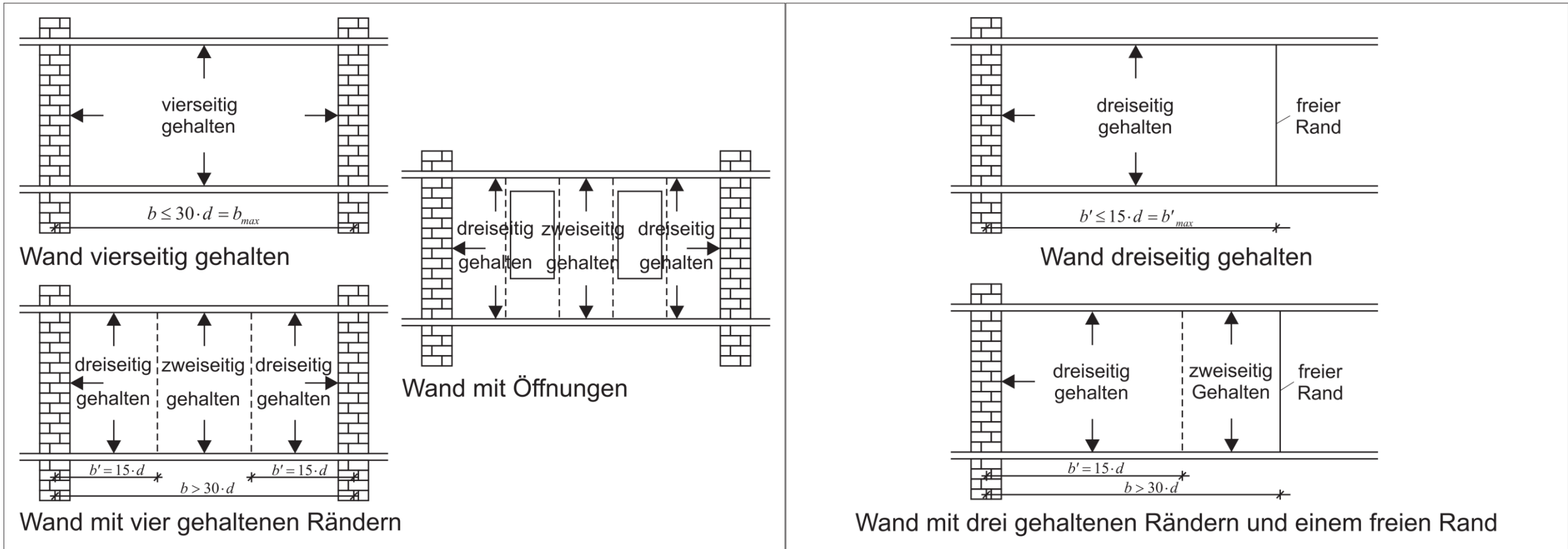
$\rho_2 = 1,00$  für Wanddicken  $t > 250$  mm.

(NA.9) Eine Abminderung der Knicklänge mit  $\rho_2 < 1,0$  ist jedoch nur zulässig, wenn folgende erforderliche Auflagertiefen  $a$  gegeben sind:

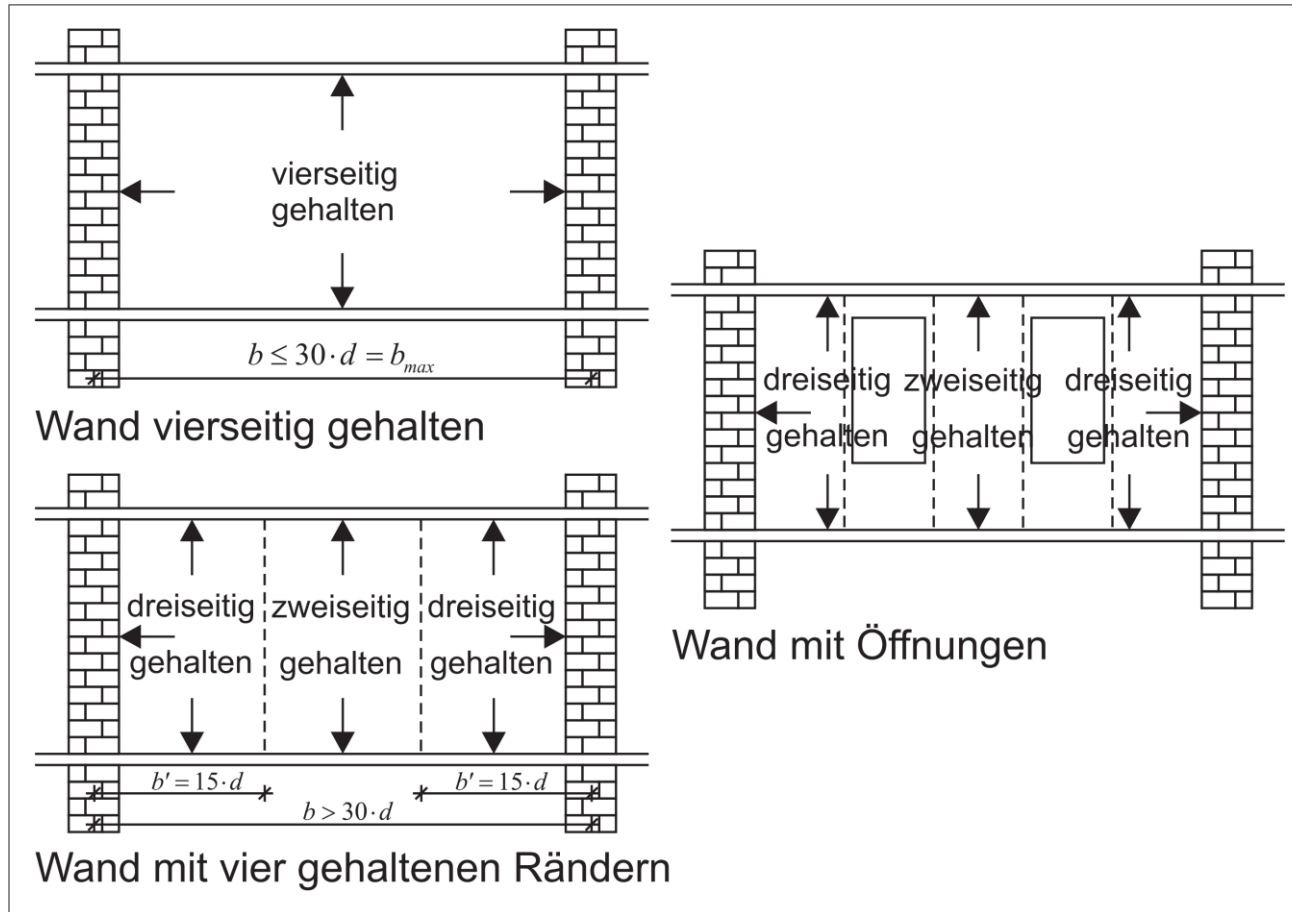
$t \geq 240$  mm      $a \geq 175$  mm;

$t < 240$  mm      $a = t$ .

# Knickenlänge



# Knickenlänge



Für 3-seitig gehaltene Wände:

$$h_{ef} = \frac{1}{1 + \left(\alpha_3 \frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot b'}\right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \geq 0,3 \cdot h$$

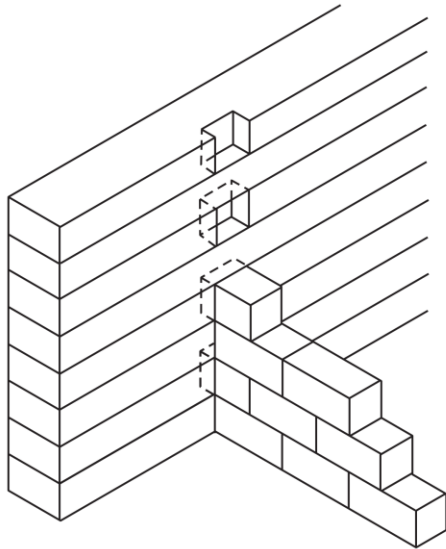
Für 4-seitig gehaltene Wände:

$$h_{ef} = \frac{1}{1 + \left(\alpha_4 \frac{\rho_2 \cdot h}{b}\right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \quad \text{für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} \leq 1$$

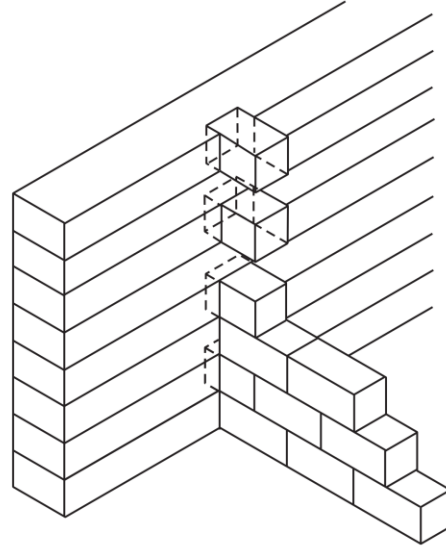
$$h_{ef} = \alpha_4 \cdot \frac{b}{2} \quad \text{für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} > 1$$

# Knickenlänge

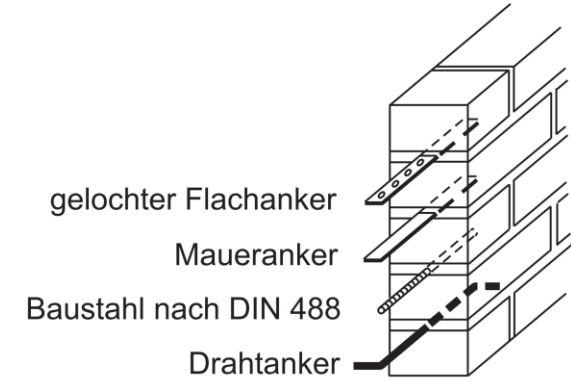
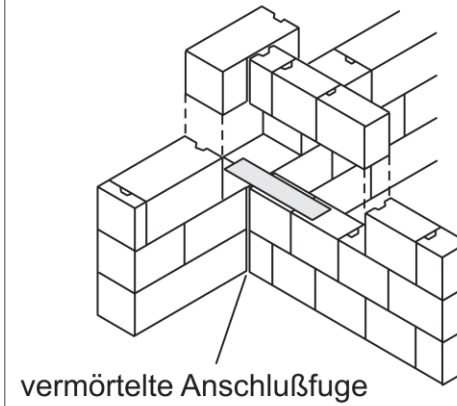
Lochzahnung



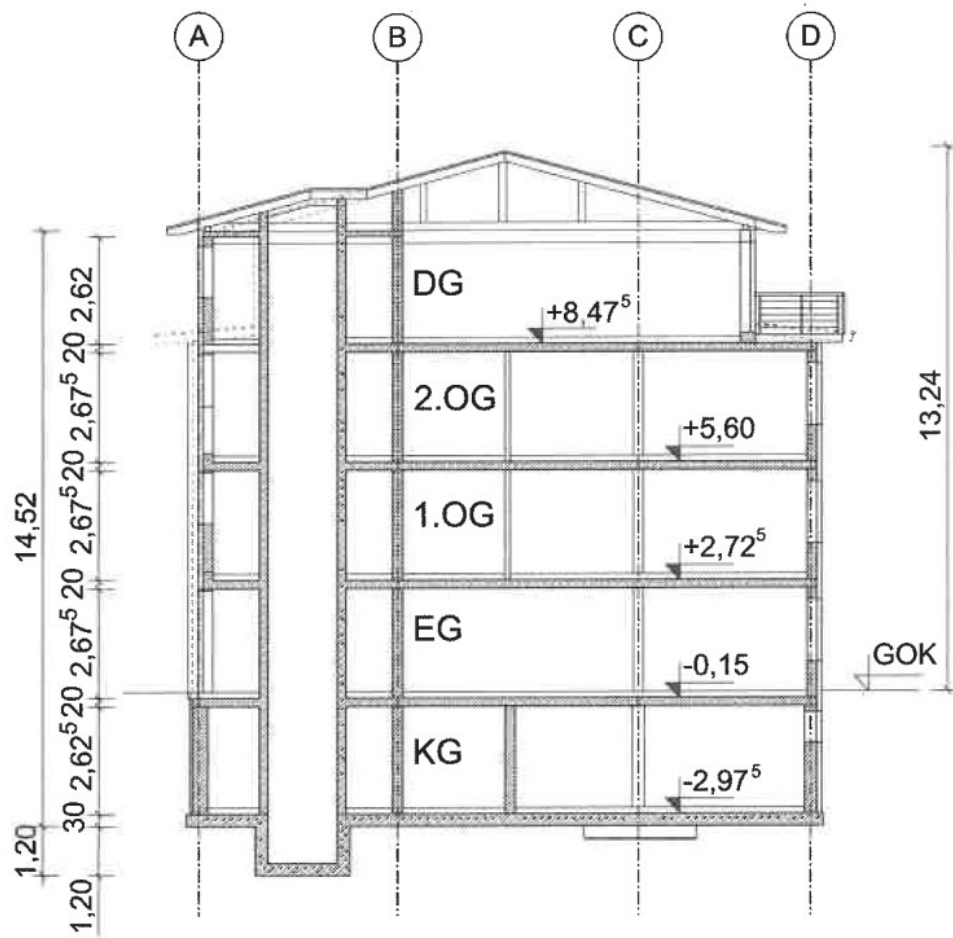
Stockzahnung



Stumpfstoß

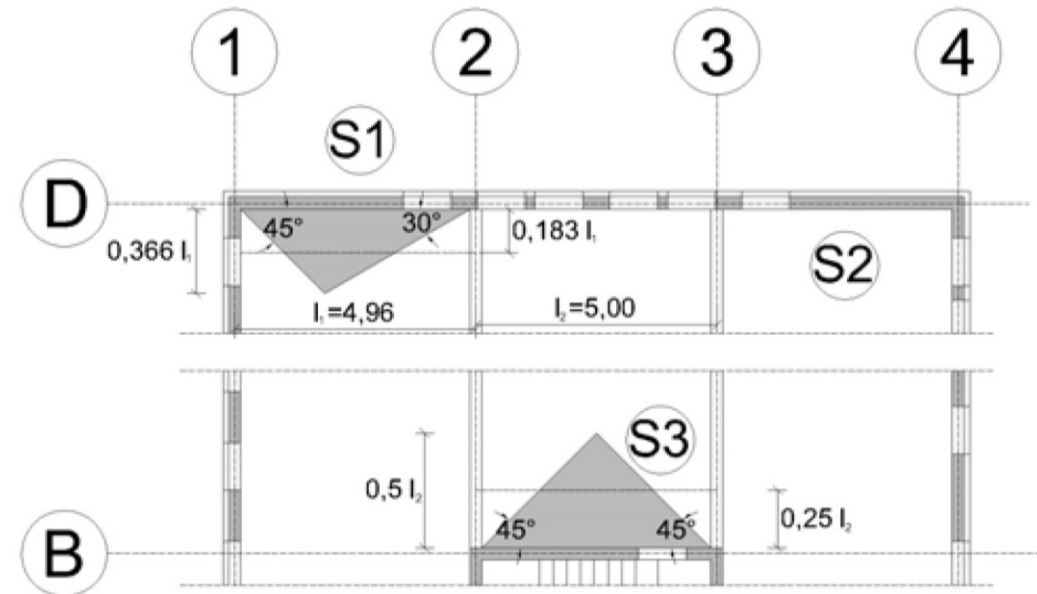
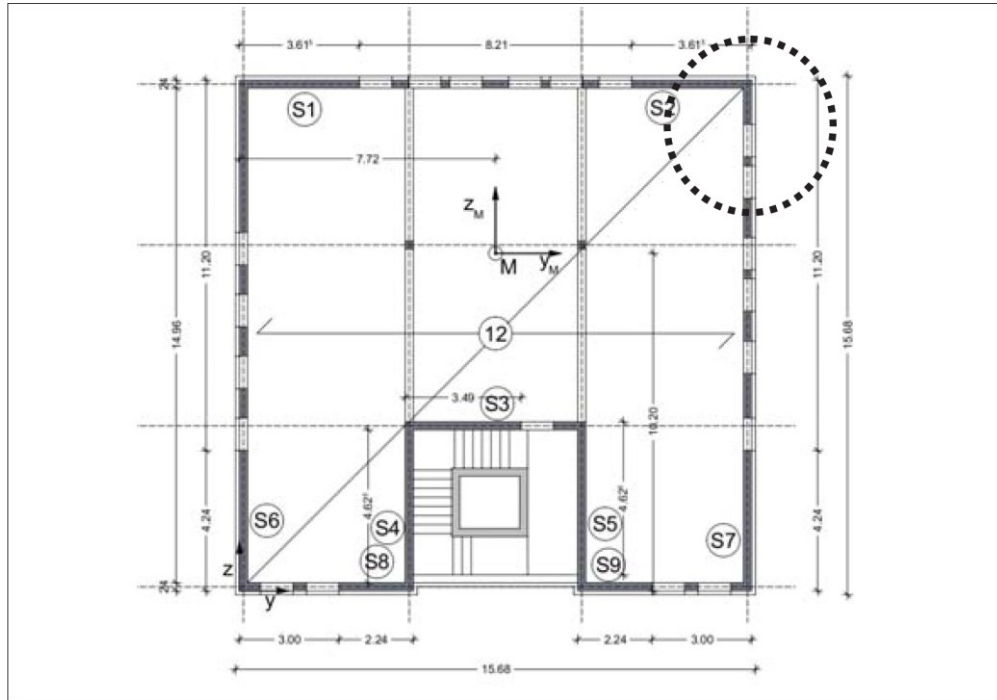


# Musterhaus



Quelle: Gunkler/Budelmann Mauerwerksbau

# Musterhaus



# Allgemeines zum Nachweisverfahren

$$e = \frac{M}{N}$$

## 2. Nachweis für minimale Auflast !!!

# 6. Ausfachungsflächen

# Ausfachungsflächen

## NCI Anhang NA.C (normativ)

### Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal nicht beanspruchte Wände mit gleichmäßig verteilter horizontaler Bemessungslast

- (1) Bei vorwiegend windbelasteten, nichttragenden Ausfachungswänden ist kein gesonderter Nachweis erforderlich, wenn
- a) die Wände vierseitig gehalten sind (z.B. durch Verzahnung, Versatz oder Anker) und
  - b) die Größe der Ausfachungsflächen  $h_i \cdot l_i$  nach Tabelle NA.C.1 eingehalten ist, wobei  $h_i$  die Höhe und  $l_i$  die Länge der Ausfachungsfläche ist.

# Ausfachungsflächen

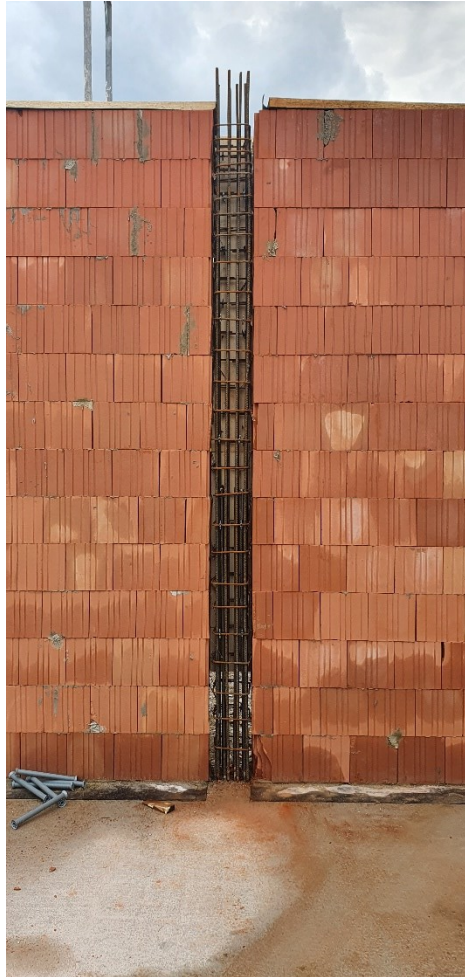


Tabelle NA.C.1 — GröÙte zulässige Werte der Ausfachungsfläche von nichttragenden Außenwänden ohne rechnerischen Nachweis

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

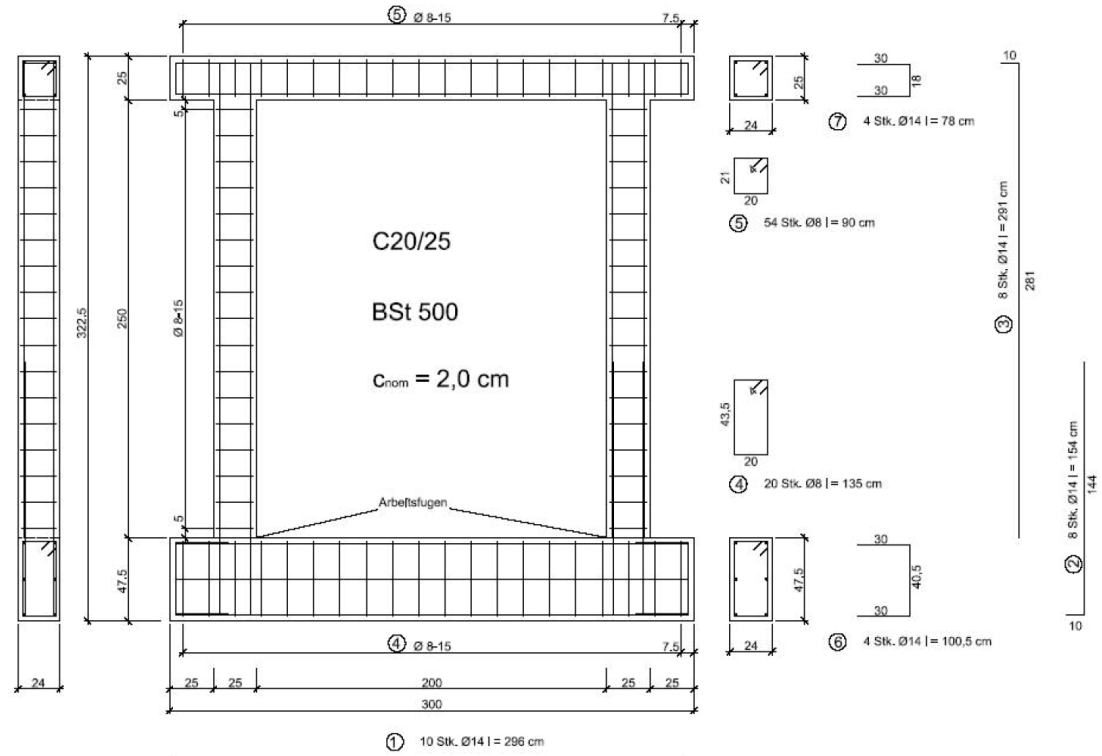
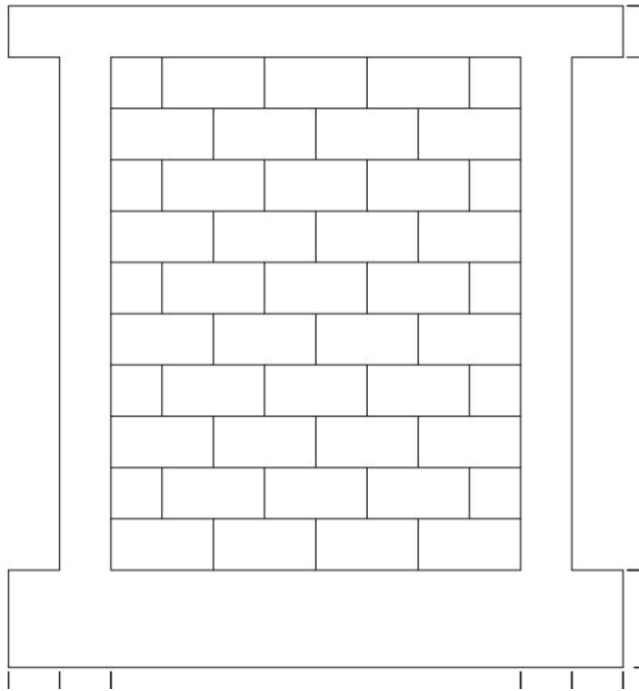
<sup>a</sup> Bei Seitenverhältnissen  $0,5 < h_i/l_i < 1,0$  und  $1,0 < h_i/l_i < 2,0$  dürfen die größten zulässigen Werte der Ausfachungsflächen geradlinig interpoliert werden.

<sup>b</sup> Die angegebenen Werte gelten für Mauerwerk mindestens der Steindruckfestigkeitsklasse 4 mit Normalmauermörtel mindestens der Gruppe NM IIa und Dünnbettmörtel

<sup>c</sup> In Windlastzone 4 nur im Binnenland zulässig.

<sup>d</sup> Bei Verwendung von Steinen der Festigkeitsklassen  $\geq 12$  dürfen die Werte dieser Zeile um 1/3 vergrößert werden.

# Ausfachungsflächen Bsp.



# Ausfachungsflächen Bsp.

Nachweis mit Lastexzentrizitäten - vereinfachtes Verfahren			
Höhe ü.G.	m		10,0
Dicke	m		0,175
Länge	m		3,5
Höhe	m		2,75
Fläche	m <sup>2</sup>		9,6
h/l	-		0,78571
zul A bei h/l = 1,0	m <sup>2</sup>		13
zul A bei h/l ≤ 0,5	m <sup>2</sup>		9
zul A interpoliert	m <sup>2</sup>		11,29
Nachweis Fuss	η		85%

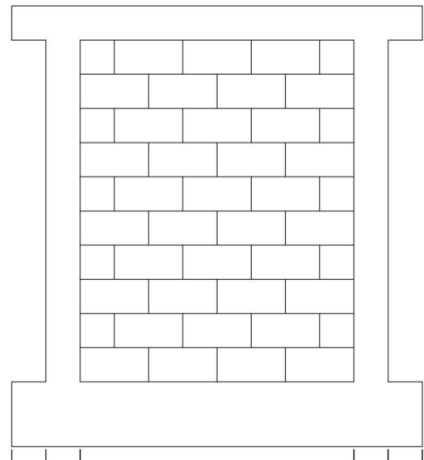


Tabelle NA.C.1 — GröÙte zulässige Werte der Ausfachungsfläche von nichttragenden Außenwänden ohne rechnerischen Nachweis

Wanddicke <i>t</i> mm	GröÙte zulässige Werte <sup>a,b</sup> der Ausfachungsfläche in m <sup>2</sup> bei einer Höhe über Gelände von			
	0 m bis 8 m		8 m bis 20 m <sup>c</sup>	
	$h/l_i = 1,0$	$h/l_i \geq 2,0$ 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 <sup>c,d</sup>	12	8	-	-
150 <sup>d</sup>	12	8	8	5
175	20	14	13	9
240	36	25	23	16
≥ 300	50	33	35	23

<sup>a</sup> 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.

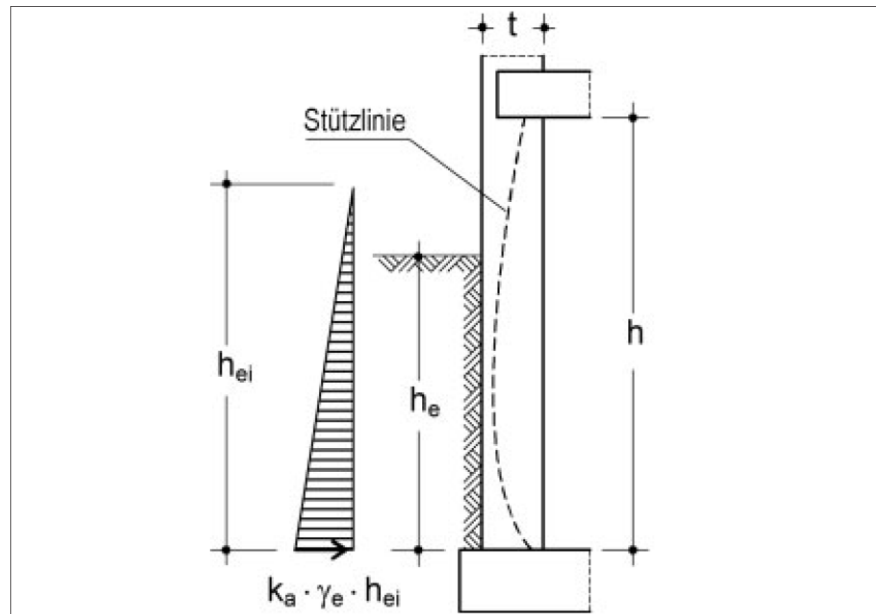
<sup>b</sup> Die angegebenen Werte gelten für Mauerwerk mindestens der Steindruckfestigkeitsklasse 4 mit Normalmauermörtel mindestens der Gruppe NM IIa und Dünnbettmörtel

<sup>c</sup> In Windlastzone 4 nur im Binnenland zulässig.

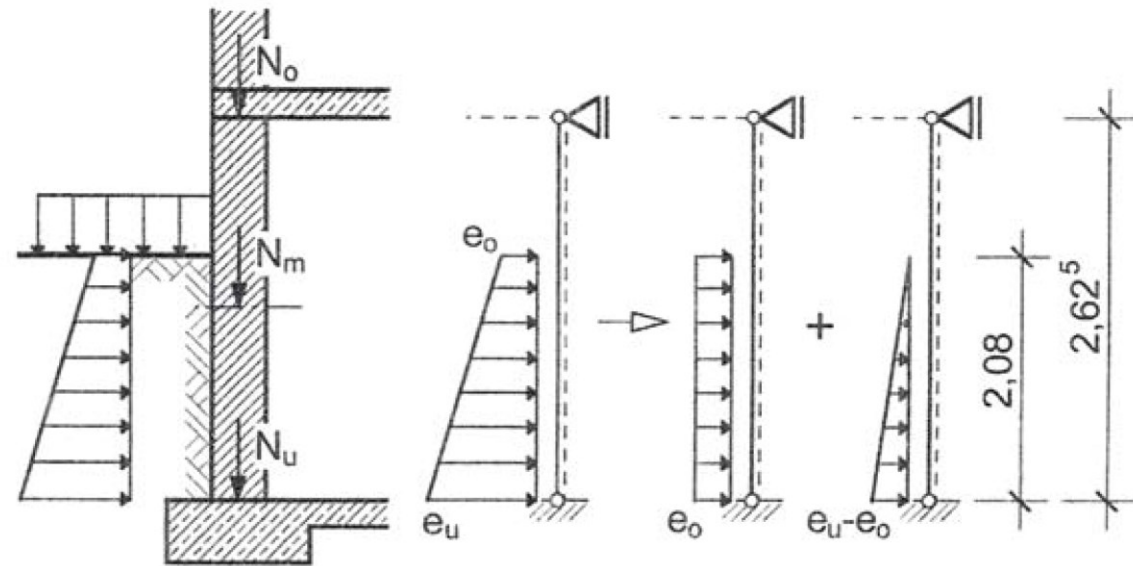
<sup>d</sup> Bei Verwendung von Steinen der Festigkeitsklassen  $\geq 12$  dürfen die Werte dieser Zeile um 1/3 vergrößert werden.

# 7. Kellerwände

# Kellerwände



Kellerwand (K1)



# Kellerwände

## 4.5 Vereinfachte Berechnungsmethode für Kellerwände, die durch horizontalen Erddruck beansprucht werden

(1) Die folgende vereinfachte Methode darf für die Bemessung von Kellerwänden, die durch horizontalen Erddruck beansprucht sind, angewendet werden, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

- die lichte Höhe der Kellerwand ist  $h \leq 2,6$  m und die Wanddicke  $t \geq 200$  mm;
- die Kellerdecke wirkt als aussteifende Scheibe und kann die aus dem Erddruck resultierenden Kräfte aufnehmen;
- die charakteristische Verkehrslast auf der Geländeoberfläche im Einflussbereich des Erddrucks auf die Kellerwand ist nicht größer als  $5 \text{ kN/m}^2$  und es ist keine Einzellast von mehr als  $15 \text{ kN}$  im Abstand von weniger als  $1,5$  m zur Wand vorhanden, siehe Bild 4.8;
- die Geländeoberfläche steigt ausgehend von der Wand nicht an und die Anschütthöhe ist nicht größer als die Wandhöhe;
- es wirkt kein hydrostatischer Druck auf die Wand;
- es ist entweder keine Gleitfläche, z. B. infolge einer Feuchtigkeitssperrschicht, vorhanden oder es sollten Maßnahmen ergriffen werden, um die Schubkraft aufnehmen zu können.

ANMERKUNG Für den Nachweis der Schubkraft infolge Erddruck wird ein Reibungsbeiwert von  $0,6$  zu Grunde gelegt.

# Kellerwände

(2) Die Bemessung der Wand darf je nach Fall auf der Grundlage der folgenden Beziehungen erfolgen:

$$N_{\text{Ed,max}} \leq \frac{t b f_d}{3} \quad (4.11)$$

$$N_{\text{Ed,min}} \geq \frac{\rho_e b h h_e^2}{\beta t} \quad (4.12)$$

# Kellerwände

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

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

Dabei ist

$N_{Ed,max}$  der Bemessungswert der größten vertikalen Belastung der Wand in halber Höhe der Anschüttung;

$N_{Ed,min}$  der Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung der Wand in halber Höhe der Anschüttung;

$b$  die Breite der Wand;

$b_c$  der Abstand zwischen aussteifenden Querwänden oder anderen aussteifenden Elementen;

$h$  die lichte Höhe der Kellerwand;

$h_e$  die Höhe der Anschüttung;

$t$  die Wanddicke;

$\rho_e$  die Wichte der Anschüttung;

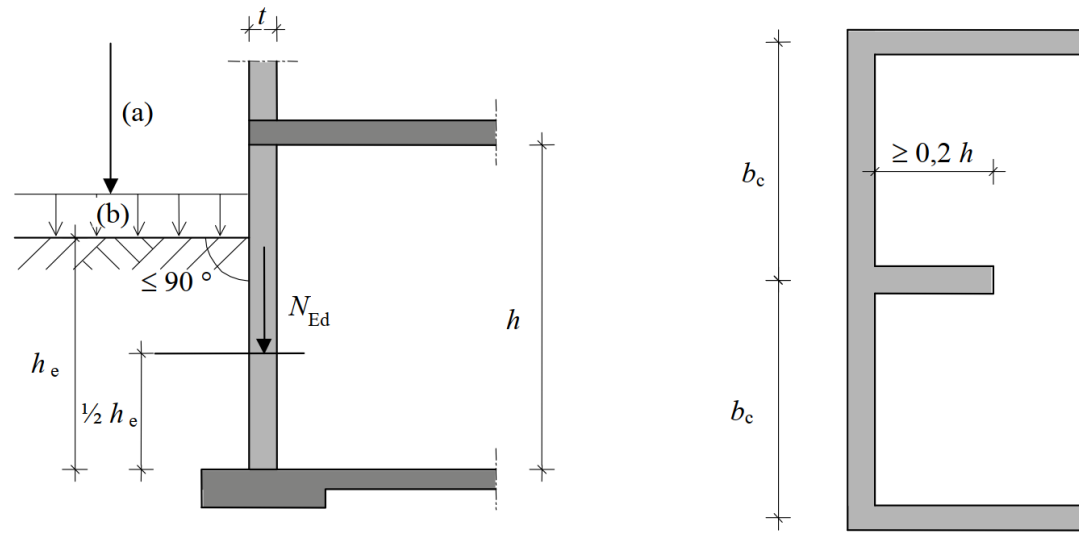
$f_d$  der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks;

# 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  $\geq 15 \text{ kN}$  näher als  $1,5 \text{ m}$  an der Wand, gemessen in horizontaler Richtung
- (b) Charakteristische Verkehrslast auf der Geländeoberfläche  $\leq 5 \text{ kN/m}^2$

Bild 4.8 — Variablen für Kellerwände in Schnitt und Grundriss

# Kellerwände

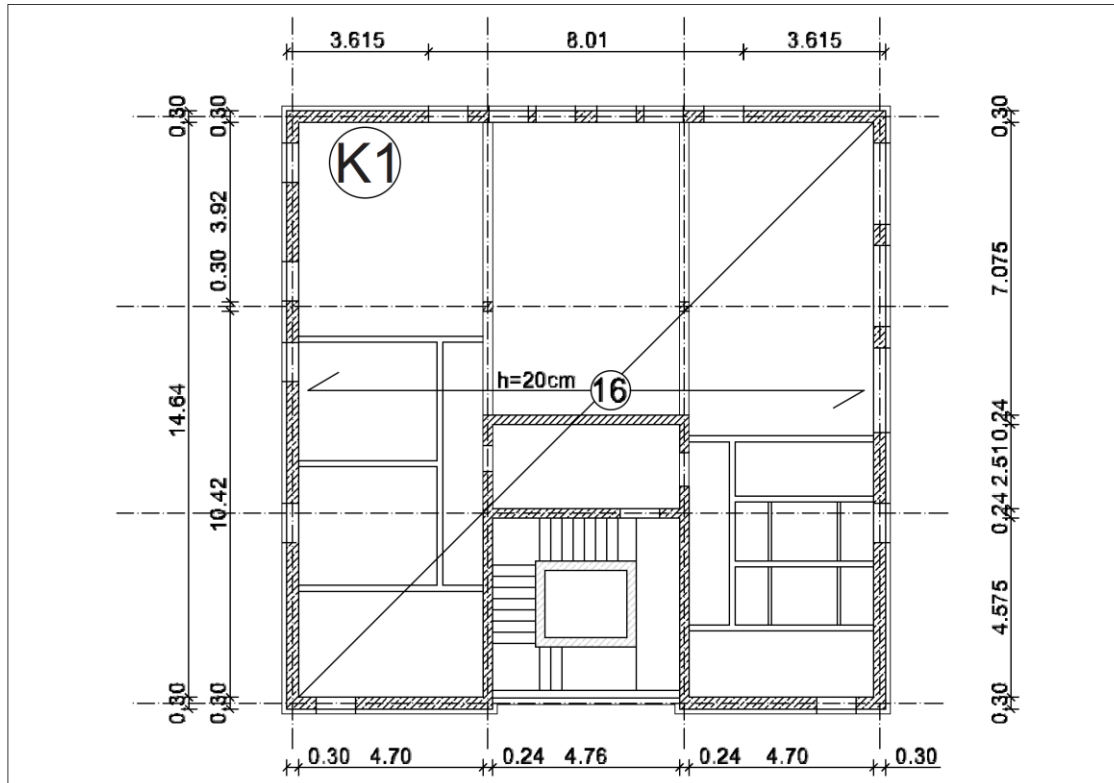
(NA.3) Den Gleichungen (4.11) und (4.12) liegt der Ansatz des aktiven Erddruckes zugrunde. Für die Verfüllung und Verdichtung des Arbeitsraumes sind die Vorgaben aus DIN EN 1996-2/NA:2012-01, Anhang NA.E (3)) einzuhalten. Wenn andere Verdichtungsarten oder Erdstoffe zum Einsatz kommen, wird auf DIN EN 1996-1-1 verwiesen.

(NA.4) Die Anschütthöhe  $h_e$  darf höchstens  $1,15 \cdot h$  betragen.

(NA.5) In Gleichung (4.12) ist bei Elementmauerwerk mit einem planmäßigen Überbindemaß  $0,2 h_u \leq l_{ol} < 0,4 h_u$  generell  $\beta = 20$  einzusetzen.

(NA.6) DIN EN 1996-2/NA:2012-01, Anhang NA.E, regelt die Ausführung von Kellerwänden.

# Kellerwände Bsp.



Veränderliche Deckenlasten						
Flächenlast		kN/m <sup>2</sup>	0,00	3,20	3,20	3,20
Gesamtlast		kN	0,00	14,41	14,41	14,41
Streckenlast auf MW		kN/m	0,00	2,90	2,90	2,90
Akkumulierte Summe oben		kN/m	0,00	2,90	5,81	8,71
Teilsicherheitsbeiwert veränd.					1,50	1,50
Einwirkungen Bemessungswerte Normalkraft min						
oben	N <sub>Edo</sub>	kN/m				84
Mitte	N <sub>Edm</sub>	kN/m				90
unten	N <sub>Edu</sub>	kN/m				97
Einwirkungen Bemessungswerte Normalkraft max						
oben	N <sub>Edo</sub>	kN/m				131
Mitte	N <sub>Edm</sub>	kN/m				140
unten	N <sub>Edu</sub>	kN/m				148
Ermittlung der Grenzwerte						
Anschütthöhe	$h_e$	m				2,08
Bodengewicht	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>				18,0
Beiwert	$\beta$					20,0
Bem.wert Festigkeit	$f_d$	kN/m <sup>2</sup>				4,08
untere Grenzlast	$\eta_{Ed,min}$	kN/m				42,6
obere Grenzlast	$\eta_{Ed,max}$	kN/m				326,4
Nachweis	$\eta_{min}$					0,4706
	$\eta_{max}$					0,4277

# 8. Aussteifung

# Aussteifung

## NDP zu 4.1(1)P „Allgemeines“

Auf einen rechnerischen Nachweis der Aussteifung darf verzichtet werden, wenn die Geschossdecken als steife Scheiben ausgebildet sind bzw. statisch nachgewiesene, ausreichend steife Ringbalken vorliegen und wenn in Längs- und Querrichtung des Gebäudes eine offensichtlich ausreichende Anzahl von genügend langen aussteifenden Wänden vorhanden ist, die ohne größere Schwächungen und ohne Versprünge bis auf die Fundamente geführt sind.

Ist bei einem Bauwerk nicht von vornherein erkennbar, dass seine Aussteifung gesichert ist, so ist ein rechnerischer Nachweis der Schubtragfähigkeit nach dem genaueren Verfahren nach DIN EN 1996-1-1:2010-12, 6.2, in Verbindung mit dem zugehörigen Nationalen Anhang zu führen.

# Aussteifung

## NDP zu 9.7.2(1) Regeln für „einfache Mauerwerksbauten“

Tabelle NA.12 — Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden<sup>c), d)</sup>

Anzahl der Vollgeschosse	$a_{gR} \cdot S \cdot \gamma_1 \leq 0,6 \cdot k^a \cdot k_r^e$			$a_{gR} \cdot S \cdot \gamma_1 \leq 0,9 \cdot k^a \cdot k_r^e$			$a_{gR} \cdot S \cdot \gamma_1 \leq 1,2 \cdot k^a \cdot k_r^e$		
	Steindruckfestigkeitsklasse nach DIN 1053-1 <sup>b</sup>								
	4	6	$\geq 12$	4	6	$\geq 12$	4	6	$\geq 12$
1	0,02	0,02	0,02	0,03	0,025	0,02	0,04	0,03	0,02
2	0,035	0,03	0,02	0,055	0,045	0,03	0,08	0,05	0,04
3	0,065	0,04	0,03	0,08	0,065	0,05	Kein vereinfachter Nachweis zulässig (KvNz)		
4	KvNz	0,05	0,04	KvNz					

<sup>a</sup> Für Gebäude, bei denen mindestens 70 % der betrachteten Schubwände in einer Richtung länger als 2 m sind, beträgt der Beiwert  $k = 1 + (l_a - 2)/4 \leq 2$ . Dabei ist  $l_a$  die mittlere Wandlänge der betrachteten Schubwände in m. In allen anderen Fällen beträgt  $k = 1$ . Der Wert  $\gamma_1$  wird nach Tabelle NA.6 bestimmt.

<sup>b</sup> Bei Verwendung unterschiedlicher Steifigkeitsklassen, z. B. für Innen- und Außenwände, sind die Anforderungswerte im Verhältnis der Steifigkeitsanteile der jeweiligen Steifigkeitsklasse zu wichten.

<sup>c</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

<sup>d</sup> Die Verwendung der Steifigkeitsklasse 2 für Außenwände ist zulässig, wenn in jeder Richtung wenigstens 50 % der erforderlichen Wandquerschnittsfläche der Schubwände aus Mauerwerk der Festigkeitsklasse 4 oder höher bestehen. Die Gesamtquerschnittsfläche der Schubwände muss dann die in Tabelle NA.12 für die Steifigkeitsklasse 4 geltenden Werte einhalten.

<sup>e</sup> Für Reihenhäuser mit Abmessungen von  $B \leq 7$  m und  $L \leq 12$  m und mindestens zwei parallelen Wänden in zwei orthogonalen Richtungen, wobei die Länge jeder dieser Wände mindestens 40 % der Bauwerkslänge in der betrachteten Richtung sein muss, kann  $k_r$  mit 1,25 angesetzt werden. In allen anderen Fällen beträgt  $k_r = 1,0$ .

# Übungsfragen

# Übungsfragen

1. Ergänzen Sie den Nachweis für S1.
2. 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 Deckenaufagers?
3. Was sind – qualitativ beschrieben, ohne Zahlenwerte – wesentliche Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens? Worin sollte grundsätzlich der Vorteil des genaueren bzw. Standardverfahrens bestehen?
4. Warum ist der Nachweis für eine unter vertikaler Belastung befindliche Wand am Wandkopf, in der Wandmitte und am Wandfuß zu führen?

# Übungsfragen

## 5. Kellerwand

Prüfen Sie die Anwendungsgrenzen für das vereinfachte Verfahren.  
Ermitteln die Mindestauflast für den Bauzustand.

## 6. Eine Innenwand mit

$M_z 8$ , NM II,  $h_{\text{eff}} = 2,5 \text{ m}$ ,

$t = 11,5 \text{ cm}$ ,  $N_{\text{Ed}} = 150 \text{ kN/m}$

ist nach dem v.V. nachzuweisen.

