Anwendung des EC 6 in der Tragwerksplanung

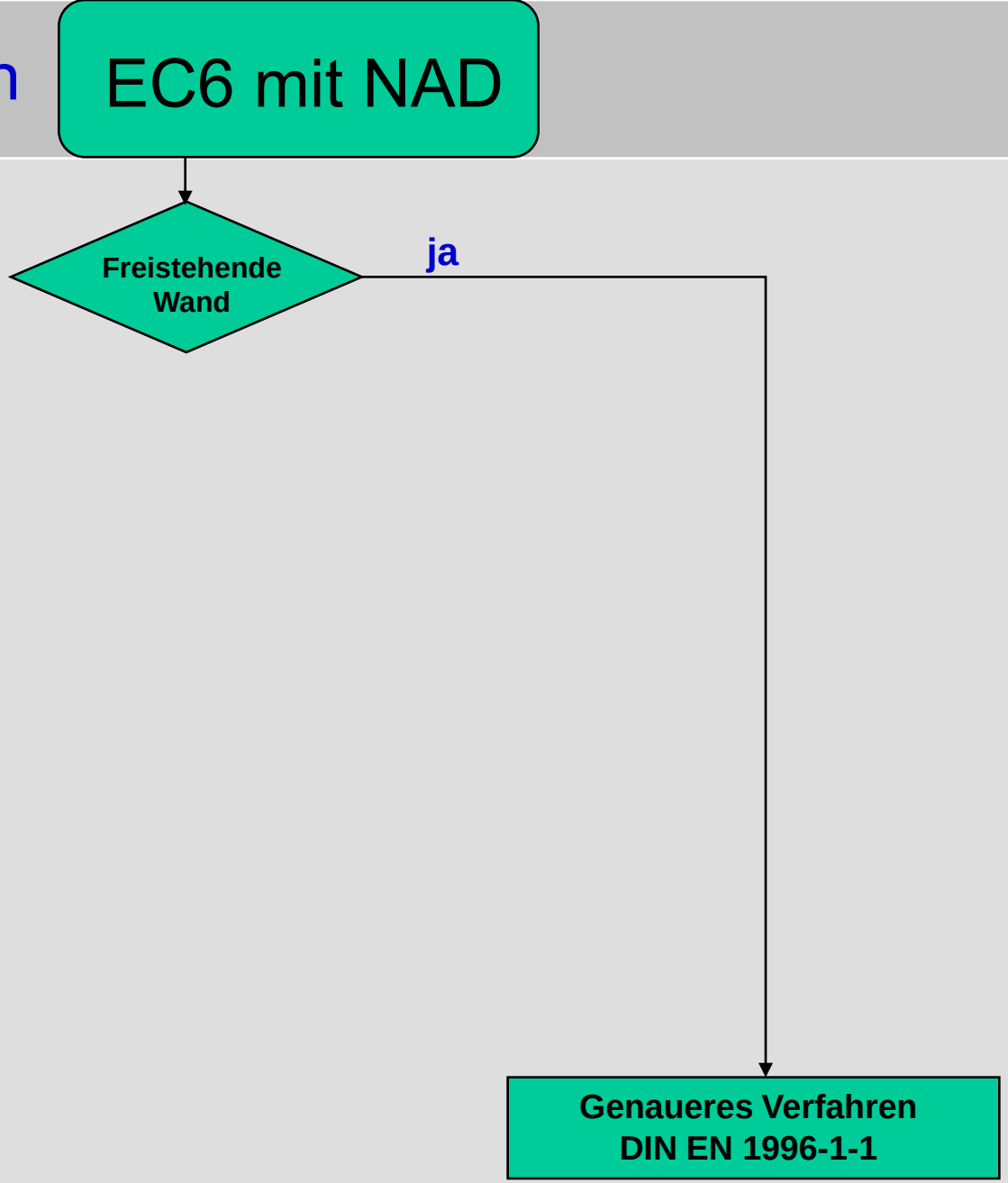
Dr.-Ing. Frank Purtak
Trag Werk

Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
   - 4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
   - 4.2 Vereinfachtes Verfahren
   - 4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
   - 5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
   - 5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
   - 6.1 Reibungsversagen
   - 6.2 Steinzugversagen
   - 6.3 Steindruckversagen
   - 6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

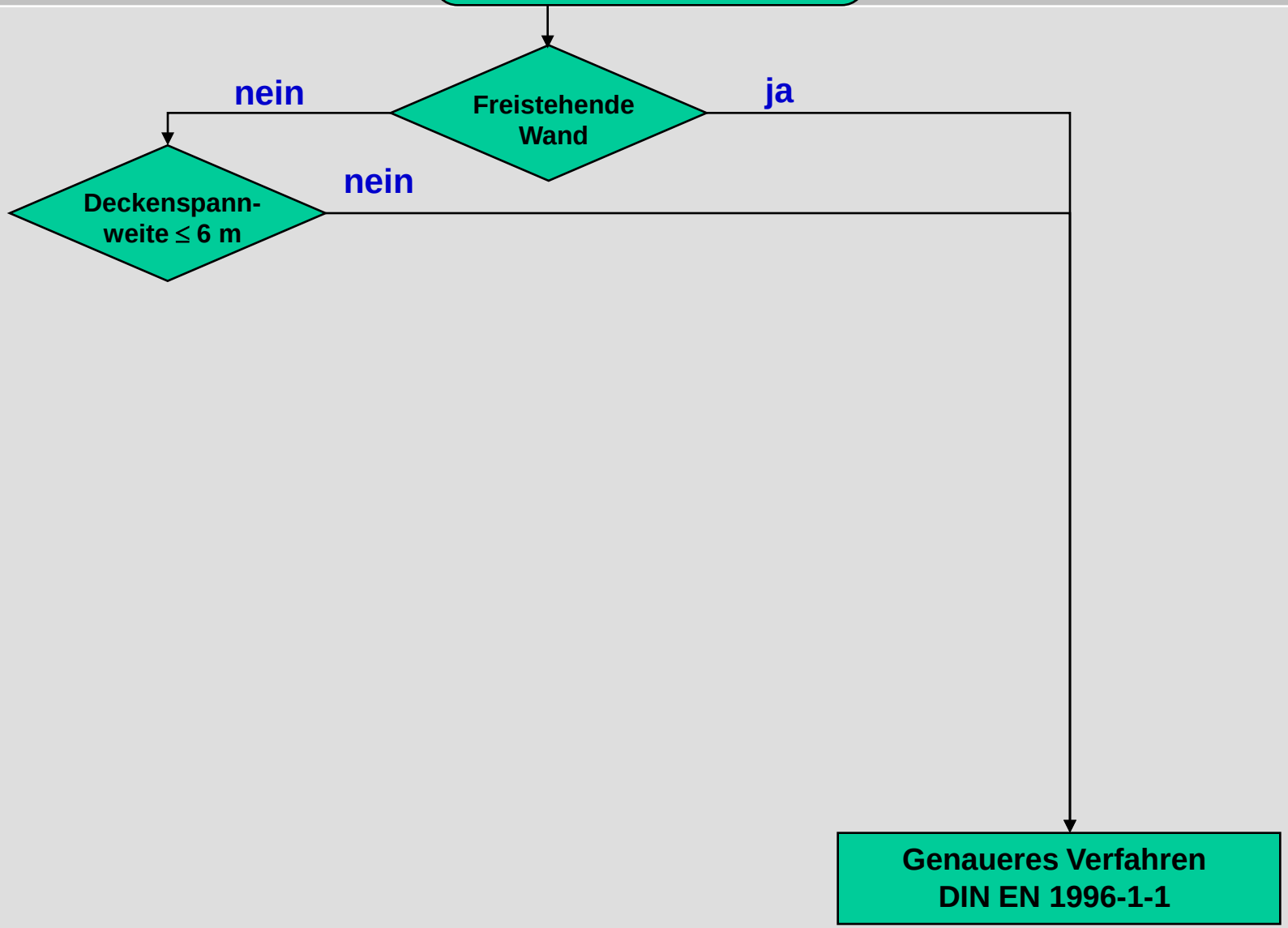
EC6 mit NAD

1. Nachweisverfahren



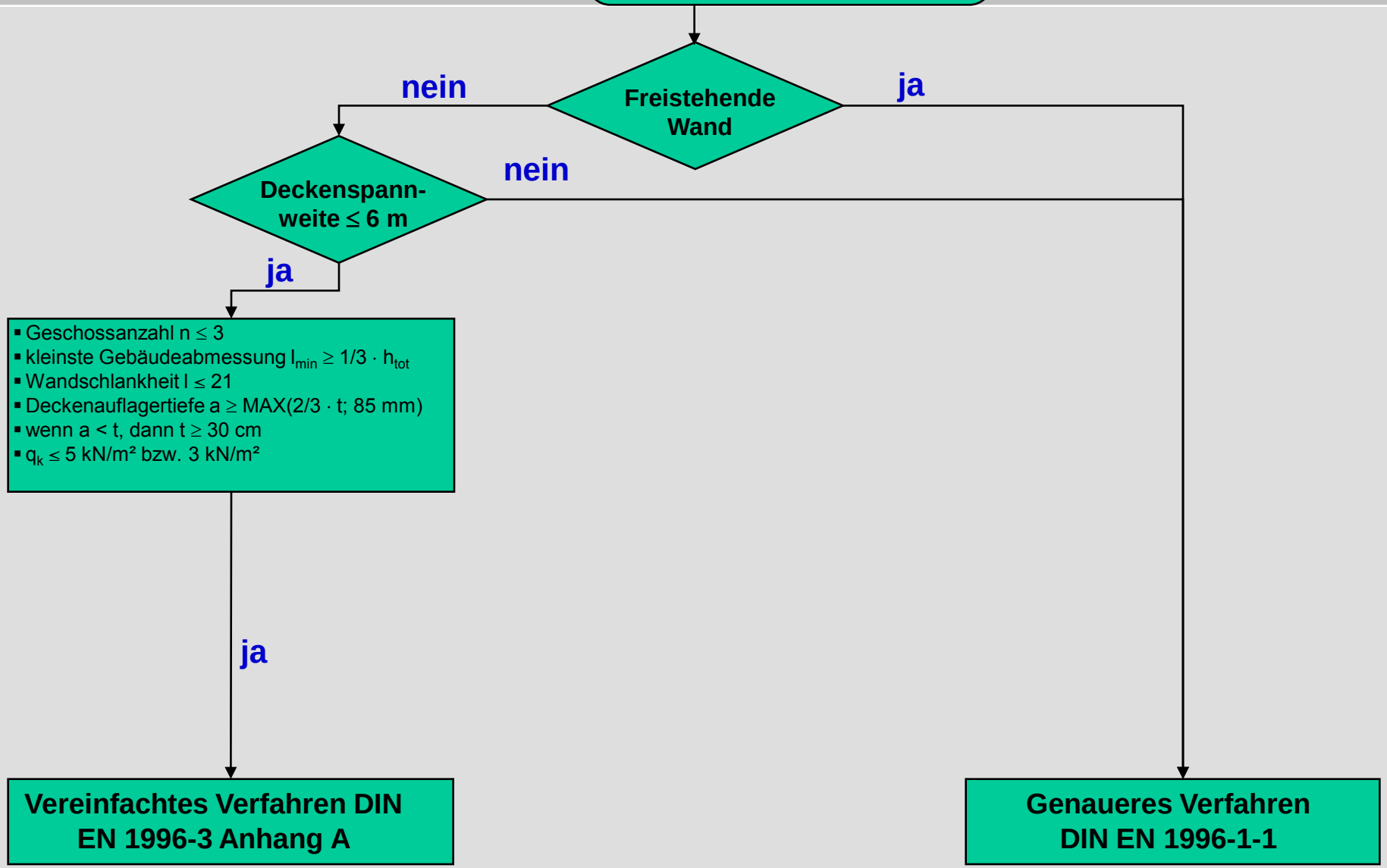
1. Nachweisverfahren

EC6 mit NAD



1. Nachweisverfahren

EC6 mit NAD



1. Nachweisverfahren

EC6 mit NAD

Freistehende Wand

- **ja** → **Genaueres Verfahren DIN EN 1996-1-1**
- **nein** → **Deckenspann-weite ≤ 6 m**

Deckenspann-weite ≤ 6 m

- **nein** → **Genaueres Verfahren DIN EN 1996-1-1**
- **ja** →

▪ Geschossanzahl $n \leq 3$
▪ kleinste Gebäudeabmessung $l_{min} \geq 1/3 \cdot h_{tot}$
▪ Wandschlankheit $l \leq 21$
▪ Deckenauflagertiefe $a \geq MAX(2/3 \cdot t;\ 85\ mm)$
▪ wenn $a < t$, dann $t \geq 30$ cm
▪ $q_k \leq 5$ kN/m² bzw. 3 kN/m²

- **ja** → **Vereinfachtes Verfahren DIN EN 1996-3 Anhang A**
- **nein** →

▪ Gebäudehöhe $h_{tot} \leq 20$ m
▪ Deckenauflagertiefe $a \geq MAX1/2 \cdot t;\ 100mm)$
▪ Überbindemaß $lol \geq MAX(0.4 \cdot hu;\ 45\ mm)$
▪ Überbindemaß für Elementmauerwerk
$lol \geq MAX(0.2 \cdot hu;\ 100mm)$

	Bauteil	Voraussetzungen			
		Wanddicke	lichte Wandhöhe	aufliegende Decke	
				Stützweite	Nutzlast[a]
		t mm	h_s m	l m	p_k kN/m²
1	tragende Innenwände	≥ 115 < 240	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 5
2		≥ 240	---		
3	tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	≥ 115[b] < 150[b]	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 3
4		≥ 150[c] < 175[c]			
5		≥ 175 < 240			≤ 5
6		≥ 240	≤ 12 t		

[a] Einschließlich Zuschlag für nicht tragende innere Trennwände.
[b] 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 ausgebautes Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand ≤ 4,50 m bzw. Randabstand von einer Öffnung ≤ 2,0 m.
[c] Bei charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten f_k < 1,8 N/mm² gilt zusätzlich Fußnote b.

Vereinfachtes Verfahren DIN EN 1996-3

1. Nachweisverfahren

EC6 mit NAD

Freistehende Wand

- **ja** → **Genaueres Verfahren DIN EN 1996-1-1**
- **nein** → **Deckenspann-weite ≤ 6 m**

Deckenspann-weite ≤ 6 m

- **nein** → **Genaueres Verfahren DIN EN 1996-1-1**
- **ja** →

▪ Geschossanzahl $n \leq 3$
▪ kleinste Gebäudeabmessung $l_{min} \geq 1/3 \cdot h_{tot}$
▪ Wandschlankheit $l \leq 21$
▪ Deckenauflagertiefe $a \geq MAX(2/3 \cdot t;\ 85\ mm)$
▪ wenn $a < t$, dann $t \geq 30$ cm
▪ $q_k \leq 5$ kN/m² bzw. 3 kN/m²

- **nein** → **Vereinfachtes Verfahren DIN EN 1996-3**
- **ja** → **Vereinfachtes Verfahren DIN EN 1996-3 Anhang A**

▪ Gebäudehöhe $h_{tot} \leq 20$ m
▪ Deckenauflagertiefe $a \geq MAX1/2 \cdot t;\ 100mm)$
▪ Überbindemaß $lol \geq MAX(0.4 \cdot hu;\ 45\ mm)$
▪ Überbindemaß für Elementmauerwerk
$lol \geq MAX(0.2 \cdot hu;\ 100mm)$

	Bauteil	Voraussetzungen			
		Wanddicke	lichte Wandhöhe	aufliegende Decke	
				Stützweite	Nutzlast[a]
		t mm	h_s m	l m	p_k kN/m²
1	tragende Innenwände	≥ 115 < 240	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 5
2		≥ 240	---		
3	tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	≥ 115[b] < 150[b]	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 3
4		≥ 150[c] < 175[c]			
5		≥ 175 < 240			≤ 5
6		≥ 240	≤ 12 t		

[a] Einschließlich Zuschlag für nicht tragende innere Trennwände.
[b] 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 ausgebautes Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand ≤ 4,50 m bzw. Randabstand von einer Öffnung ≤ 2,0 m.
[c] Bei charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten f_k < 1,8 N/mm² gilt zusätzlich Fußnote b.

- **nein** → **Genaueres Verfahren DIN EN 1996-1-1**

1. Nachweisverfahren

Schnittgrößenvergleich

$N_{Ed} \leq N_{Rd}$ Einheit [kN]

bzw. $n_{Ed} \leq n_{Rd}$ Einheit [kN/m]

praktisch als: Ausnutzungsgrad α

$$\alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}} = \frac{\text{Beanspruchung}}{\text{Beanspruchbarkeit}} \leq 1$$

Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

2. Einwirkungen/ Lasten

Einwirkungs-Kombination

Einwirkung	Last
Einwirkung f (t) Funktion der Dauer (γ, ψ)	Last f (x, y, z, Wert) Funktion von Ort, Wert

- ständig
  - Flächenlast
    - Eigenlast
- veränderlich
  - Nutzlast
  - Wind $w = f(q, c_p)$
  - Schnee $s_i = f(\mu_i, s_k)$
  - Teilflächen, Linien-, Punktlasten

2. Einwirkungen/ Kombinatorik

Bemessungssituation: ständige und vorübergehende Beanspruchung

$$N_{Ed} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot N_{Gk,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot N_{Qk,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot N_{Qk,i}$$

$$N_{Ed} = \gamma_G \cdot N_{Gk} \oplus \gamma_Q \cdot N_{Qk} \oplus \gamma_{Q,2} \cdot \psi_{0,2} \cdot N_{Qk,2}$$

Bei Wohn- und Bürogebäuden darf der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft vereinfacht bestimmt werden:

$$N_{Ed} = 1.35\, N_{Gk} + 1.50\, N_{Qk}$$

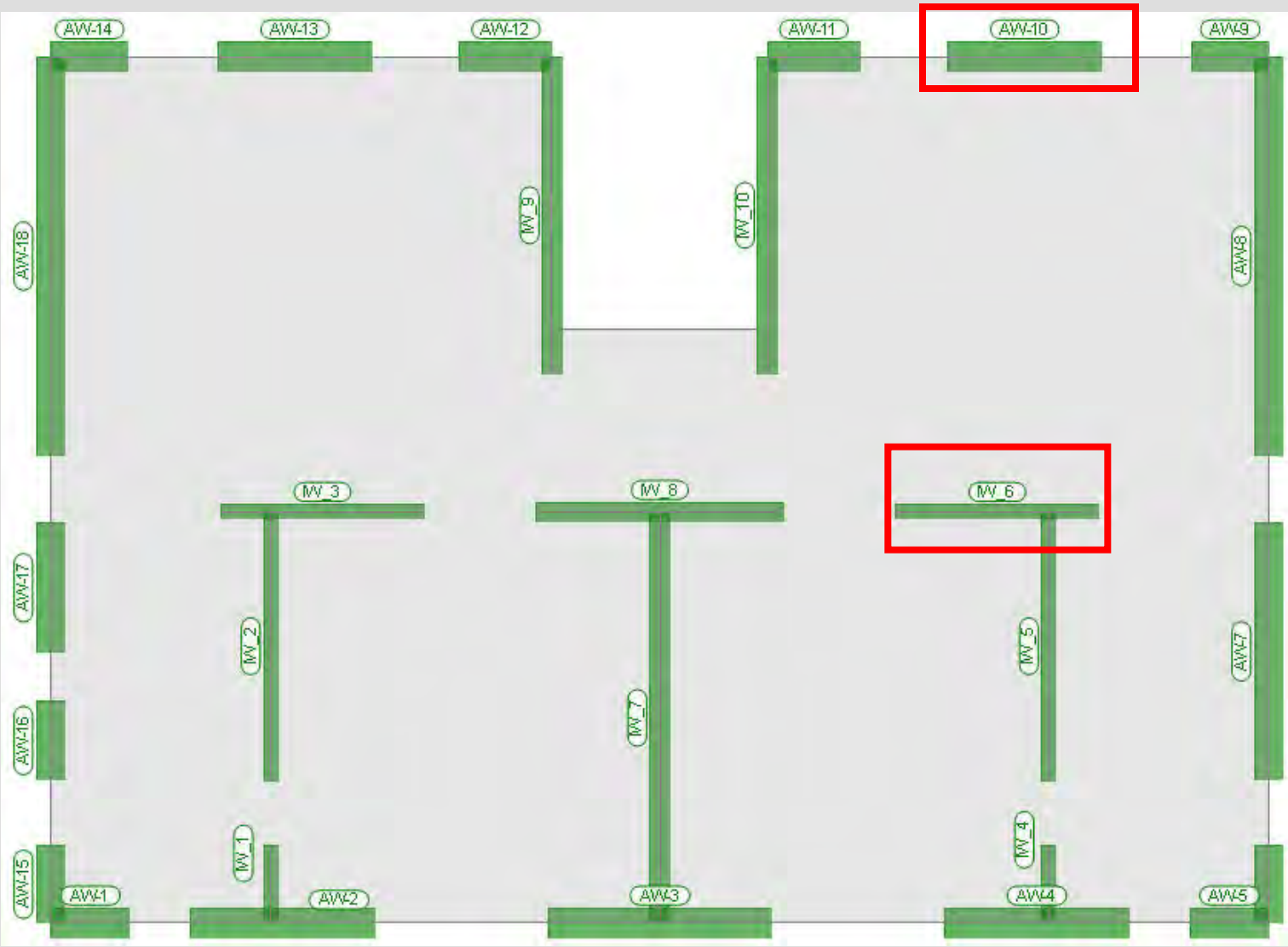
Im Fall größerer Biegemomente, z.B. bei Windscheiben, ist auch der Lastfall max M mit der minimalen N zu berücksichtigen:

$$N_{Ed} = 1.0\, N_{Gk}$$

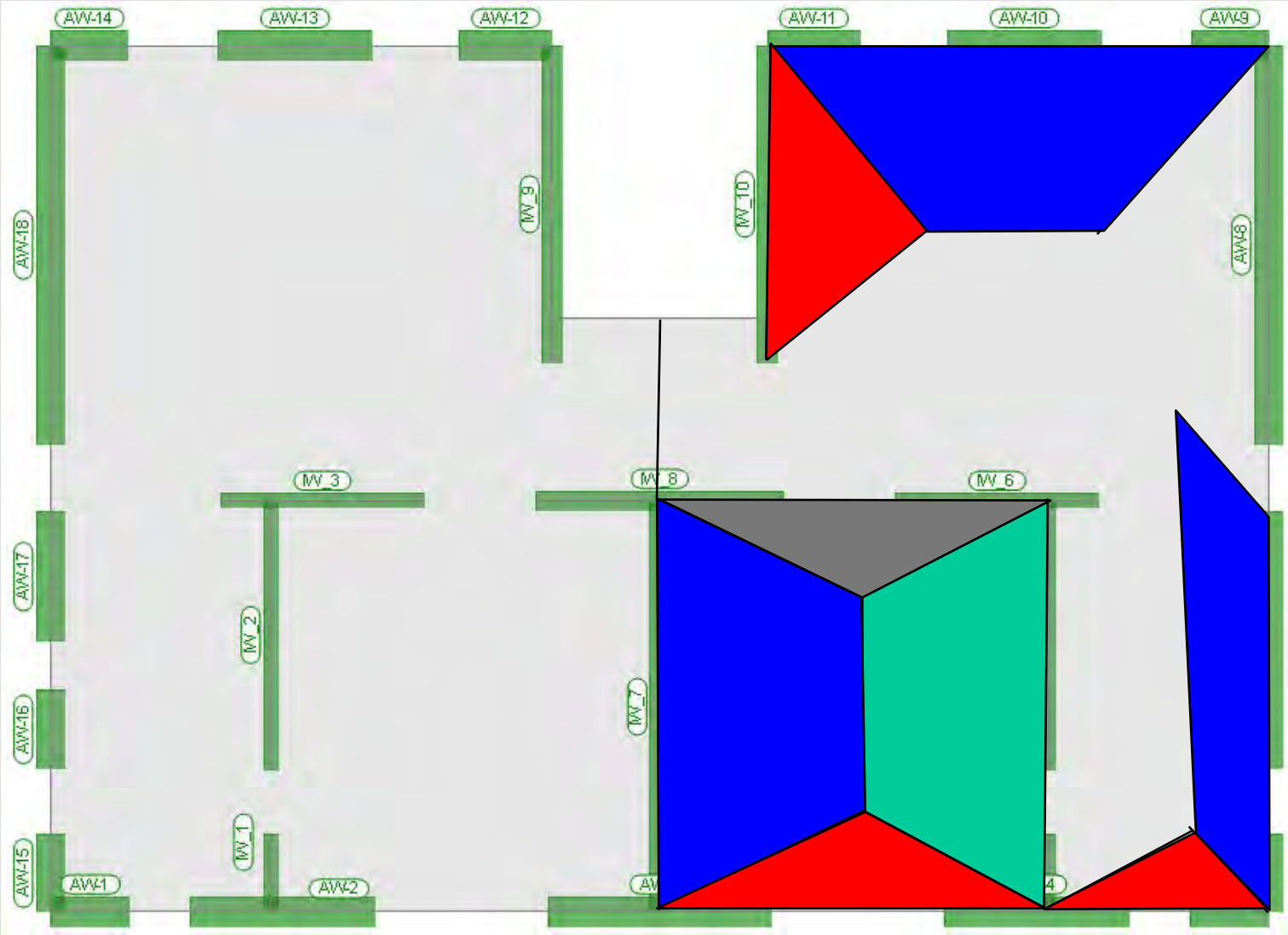
Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

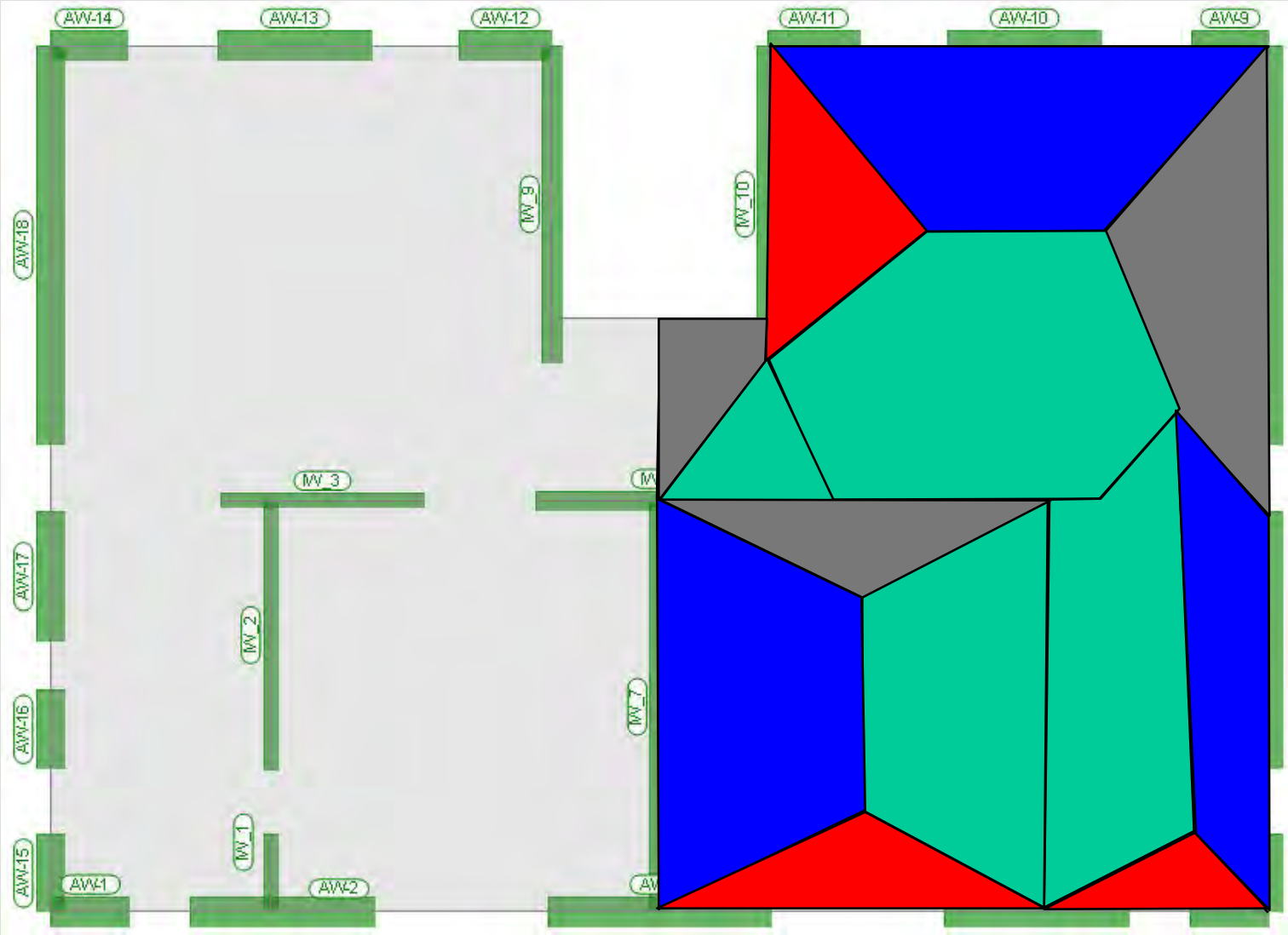
3. Schnittgrößen



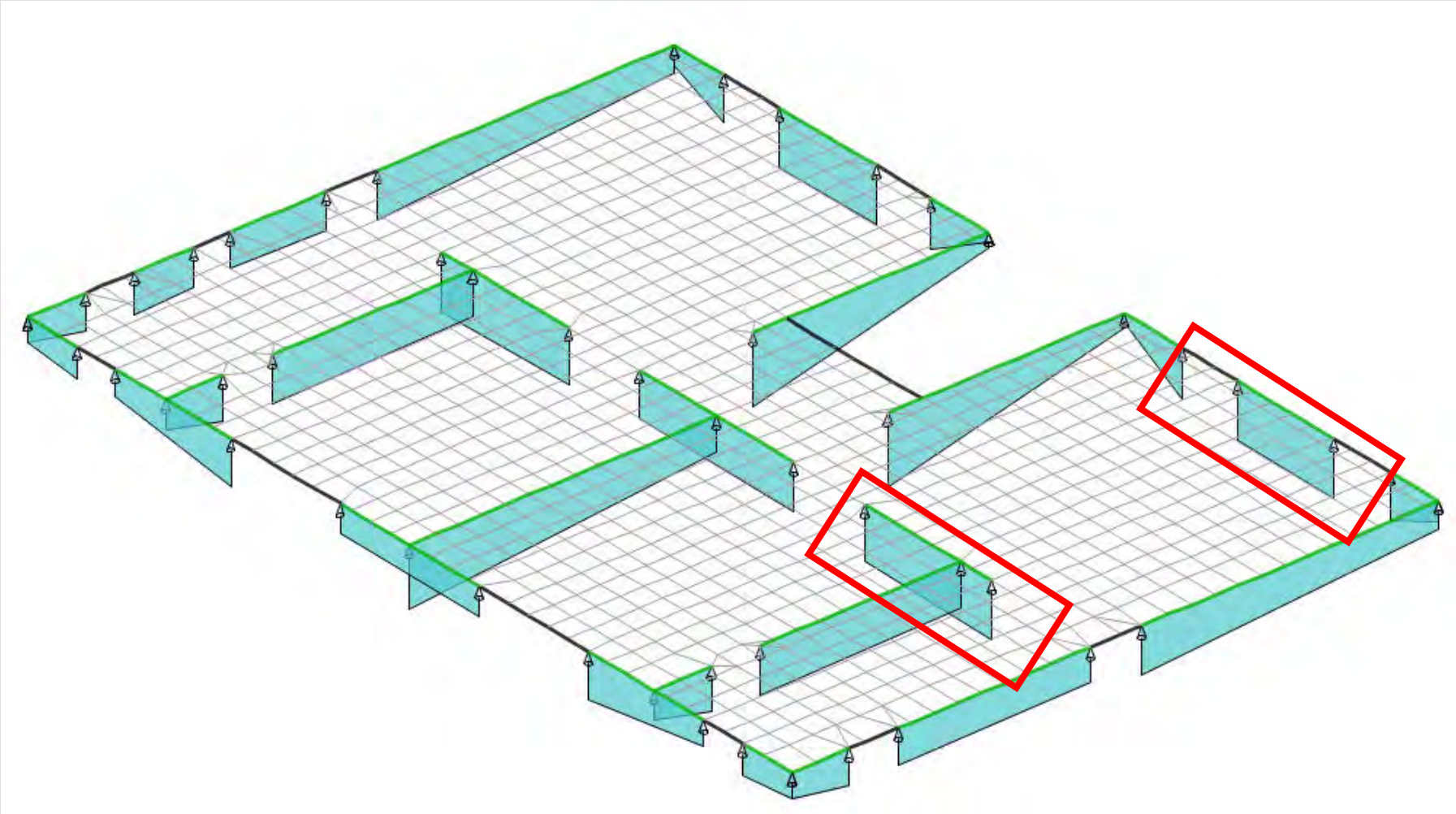
3. Schnittgrößen



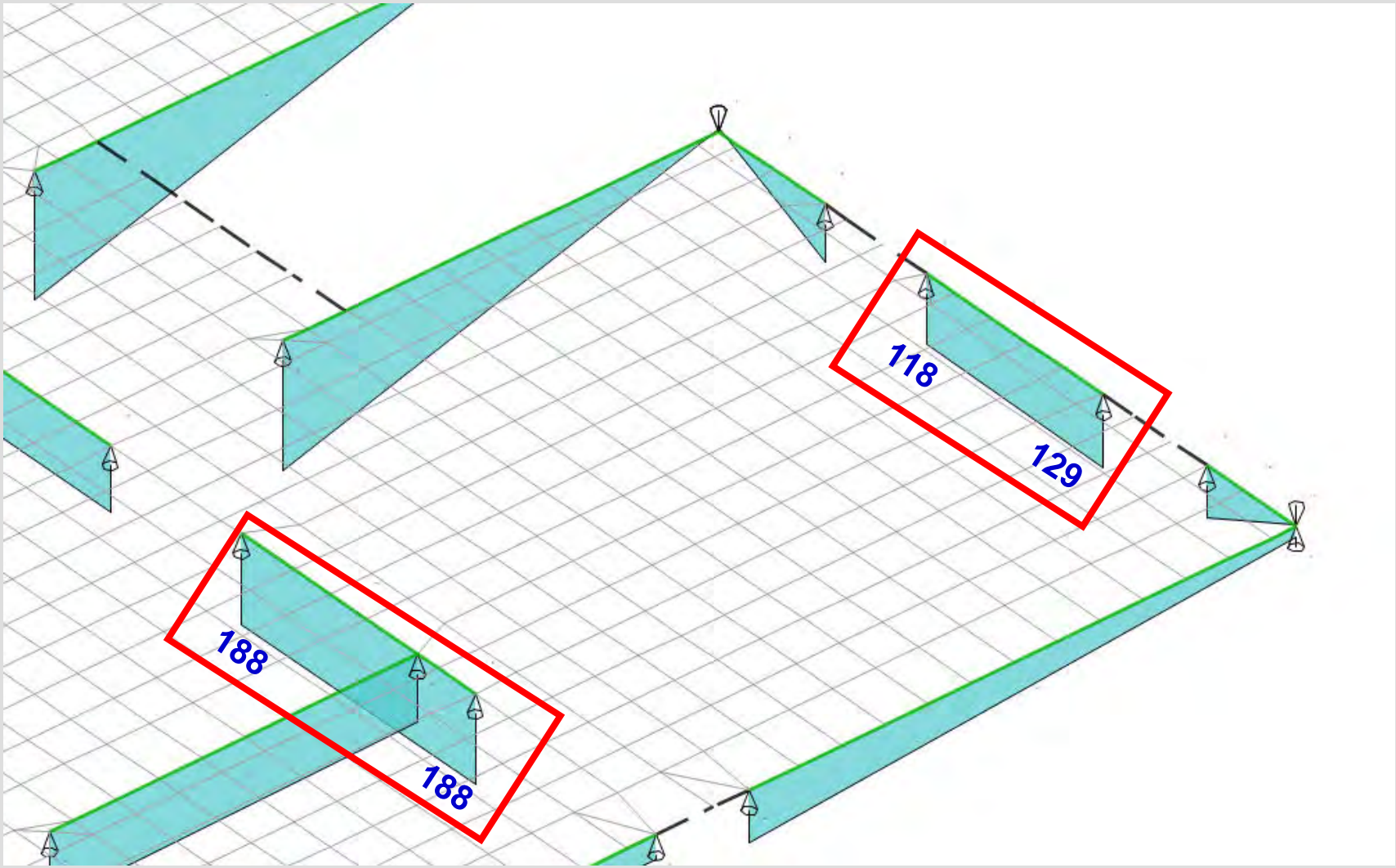
3. Schnittgrößen



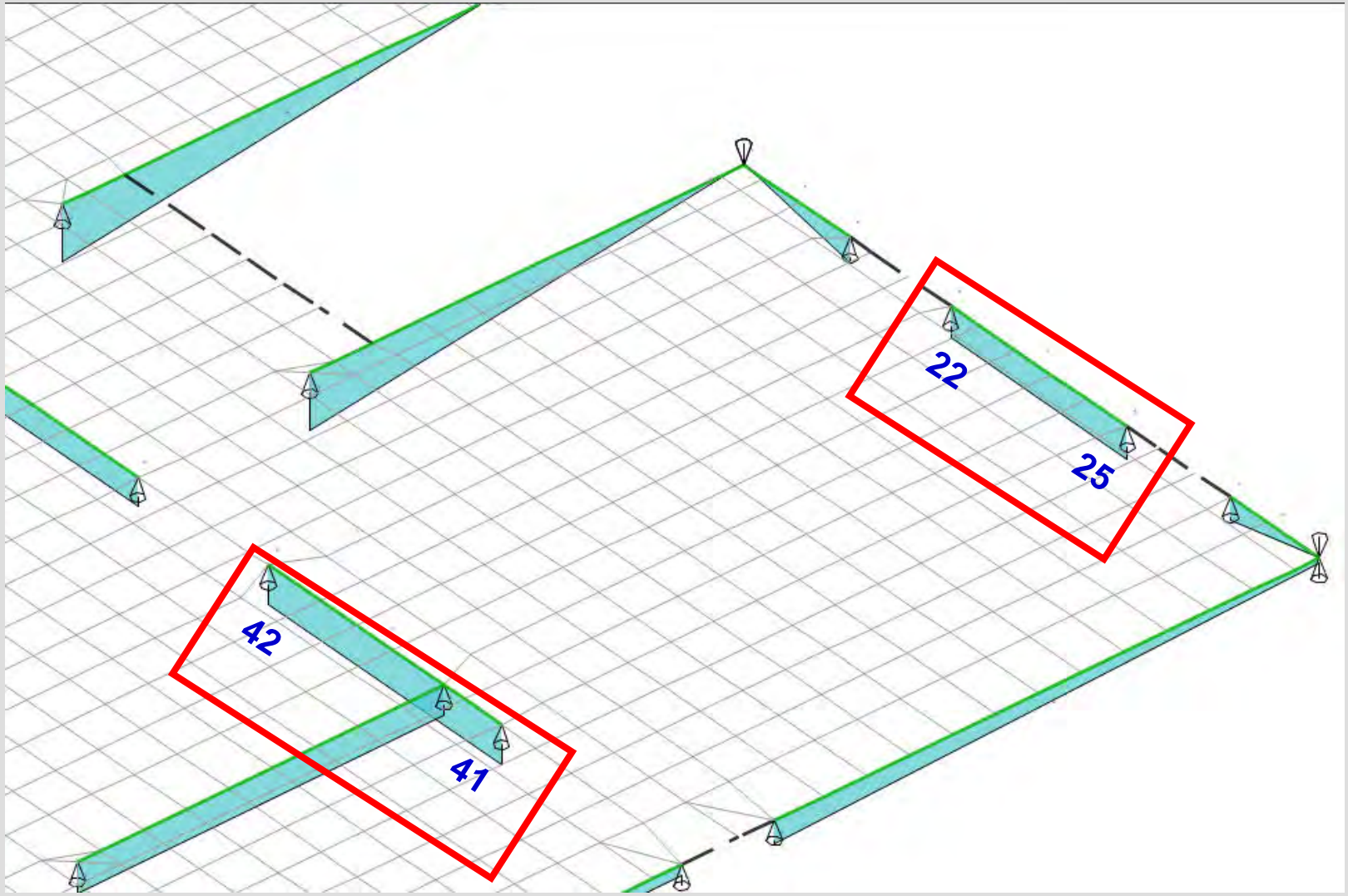
3. Auflagerkräfte



3. Auflagerkräfte LF 1 Eigenlast $n_{g,k}$



3. Auflagerkräfte LF 2 Nutzlast $n_{q,k}$



Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)

Anwendungsbedingungen

- Geschossanzahl $n \leq 3$
- kleinste Gebäudeabmessung $l_{min} \geq 1/3 \cdot h_{tot}$
- Wandhöhe $h \leq 2.75$ m
- Wandschlankheit $\lambda \leq 21$
- Deckenauflagertiefe $a \geq MAX(2/3 \cdot t; 85\ mm)$
- wenn $a < t$, dann $t \geq 30$ cm
- $q_k \leq 5$ kN/m² bzw. 3 kN/m²

4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren

Innenwand E0_D1_IW_6

Ausnutzungsgrad α $\quad \alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}} = \frac{331}{347} = 0.95 \leq 1$

Beanspruchung n_{Ed}

$n_{Ed} = 331\,kN/m$

Beanspruchbarkeit n_{Rd}

$n_{Rd} = c_A \cdot f_d \cdot t = 0.5 \cdot 3970 \cdot 0.175 = 347\ kN/m$

$t = 17.5\ cm$

$c_A = 0.70$ für $\lambda \leq 10$

0.50 für $10 < \lambda \leq 18$

0.36 für $18 < \lambda \leq 21$

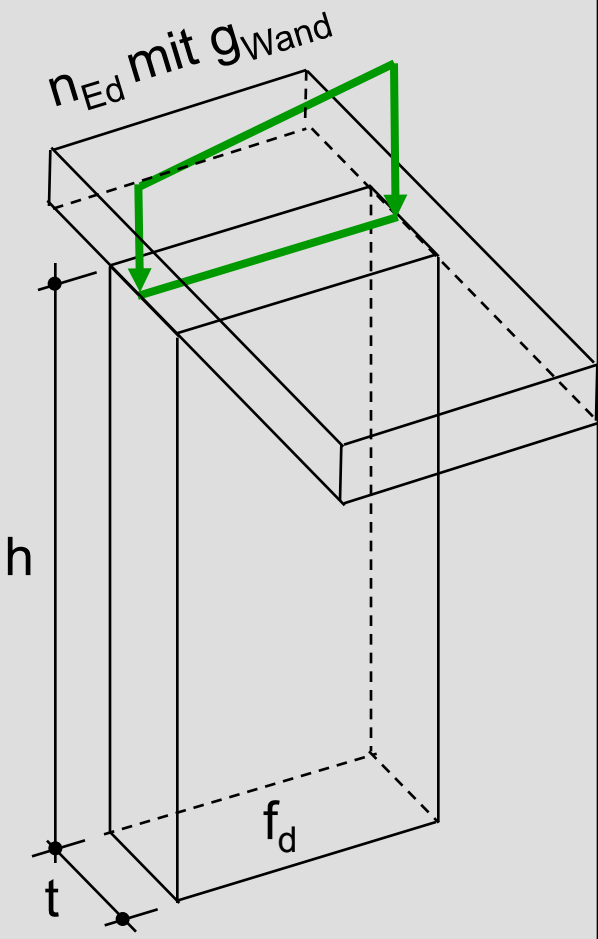
$\lambda = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{1.95}{0.175} = 11.14$

$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0.75 \cdot 2.6 = 1.95\ m$

$c_A = 0.5$

$f_d = \zeta \cdot \frac{p_0 \cdot f_k}{\gamma_M} = 0.85 \cdot \frac{1.0 \cdot 7000}{1.5} = 3970\ kN/m^2$

$p_0 = 1.0;\ \text{wenn } A < 0{,}1\,m^2, \text{dann } 0.8$



4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren

Ausnutzungsgrad α $\quad \alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}} = \frac{221}{279} = 0.79 \leq 1$

Beanspruchung n_{Ed}

$n_{Ed} = 221\,kN/m$

Beanspruchbarkeit n_{Rd}

$n_{Rd} = c_A \cdot f_d \cdot t = 0.45 \cdot 1700 \cdot 0.365 = 279\,kN/m$

$t = 36.5\,cm$

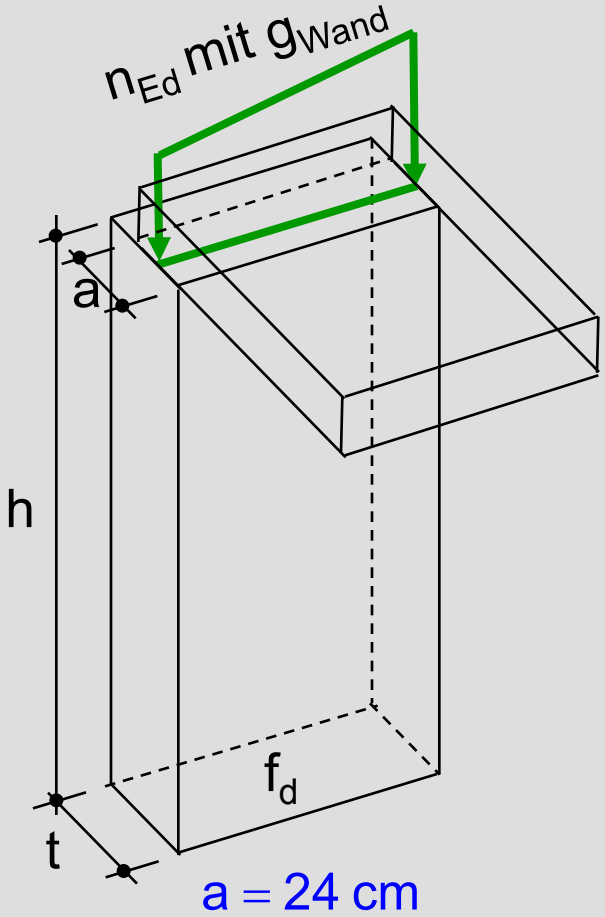
$$c_A = \left.\begin{array}{l} 0.70 \text{ für } \lambda \leq 10 \\ 0.50 \text{ für } 10 < \lambda \leq 18 \\ 0.36 \text{ für } 18 < \lambda \leq 21 \end{array}\right\} \text{und } a = t \qquad = 0.45$$

0.45 für $a < t$ und $t \geq 30\,cm$ und $\lambda \leq 18$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{2.6}{0.365} = 7.12$$

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 1.0 \cdot 2.6 = 2.6\,m$$

$$f_d = \zeta \cdot \frac{p_0 \cdot f_k}{\gamma_M} = 0.85 \cdot \frac{3000}{1.5} = 1700\,kN/m^2$$



Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

4.2 Vereinfachtes Verfahren

Anwendungsbedingungen

- Gebäudehöhe $h_{tot} \leq 20$ m
- Deckenauflagertiefe $a \geq MAX(1/2 \cdot t; 100\ mm)$
- Überbindemaß $l_{ol} \geq MAX(0.4 \cdot h_u; 45\ mm)$
- Überbindemaß für Elementmauerwerk $l_{ol} \geq MAX(0.2 \cdot h_u; 100\ mm)$

4.2 Vereinfachtes Verfahren

Anwendungsbedingungen

	Bauteil	Voraussetzungen			
		Wanddicke	lichte Wandhöhe	aufliegende Decke	
				Stützweite	Nutzlast[a]
		t mm	h_s m	l m	p_k kN/m²
1	tragende Innenwände	≥ 115 < 240	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 5
2		≥ 240	---		
3	tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	≥ 115[b] < 150[b]	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 3
4		≥ 150[c] < 175[c]			
5		≥ 175 < 240			≤ 5
6		≥ 240	≤ 12 t		

[a] Einschließlich Zuschlag für nicht tragende innere Trennwände.

[b] 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 ausgebautes Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand ≤ 4,50 m bzw. Randabstand von einer Öffnung ≤ 2,0 m.

[c] Bei charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten f_k < 1,8 N/mm² gilt zusätzlich Fußnote b.

4.2 Vereinfachtes Verfahren

Ausnutzungsgrad α

$$\alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}} = \frac{331}{495} = 0.67 \leq 1$$

Beanspruchung n_{Ed}

$$n_{Ed} = 331\,kN/m$$

Beanspruchbarkeit n_{Rd}

$$n_{Rd} = \phi_2 \cdot t \cdot f_d = 0.71 \cdot 3970 \cdot 0.175 = 495\,kN/m$$

$$\phi_2 = 0.85 - 0.0011 \cdot \lambda^2$$

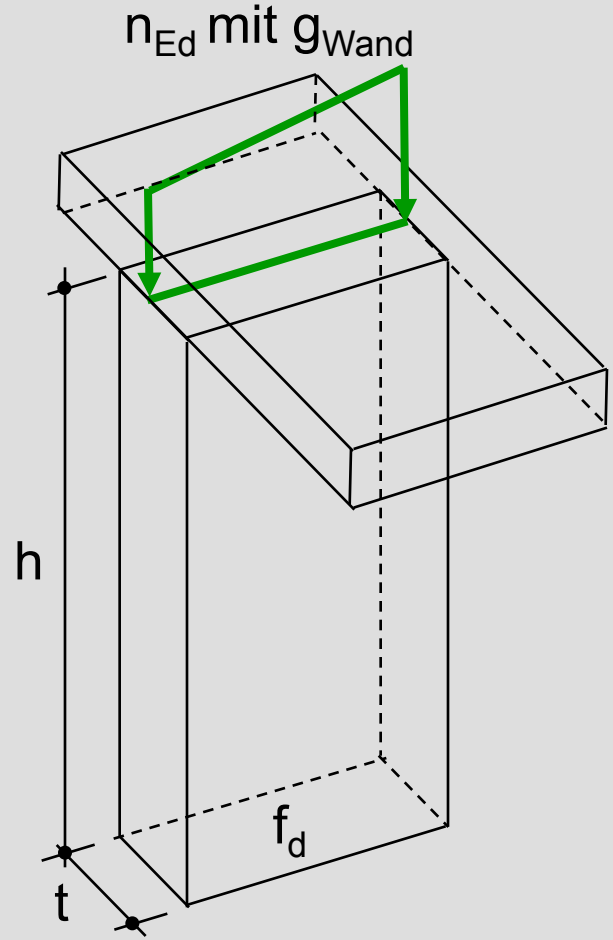
$$= 0.85 - 0.0011 \cdot 11.14^2 = 0.71$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{1.95}{0.175} = 11.14$$

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0.75 \cdot 2.6 = 1.95\,m$$

$$t = 17.5\,cm$$

$$f_d = \zeta \cdot \frac{p_0 \cdot f_k}{\gamma_M} = 0.85 \cdot \frac{1.0 \cdot 7000}{1.5} = 3970\,kN/m^2$$



Ausnutzungsgrad α $\alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}}$

Beanspruchung n_{Ed}

$n_{Ed} = 221\,kN/m$

Beanspruchbarkeit n_{Rd}

$n_{Rd} = MIN(\phi_1;\phi_2) \cdot t \cdot f_d$

Für Endauflager (Außenwände):

$\phi_1 = 0.333$ für Dachdecke ohne Zentrierung

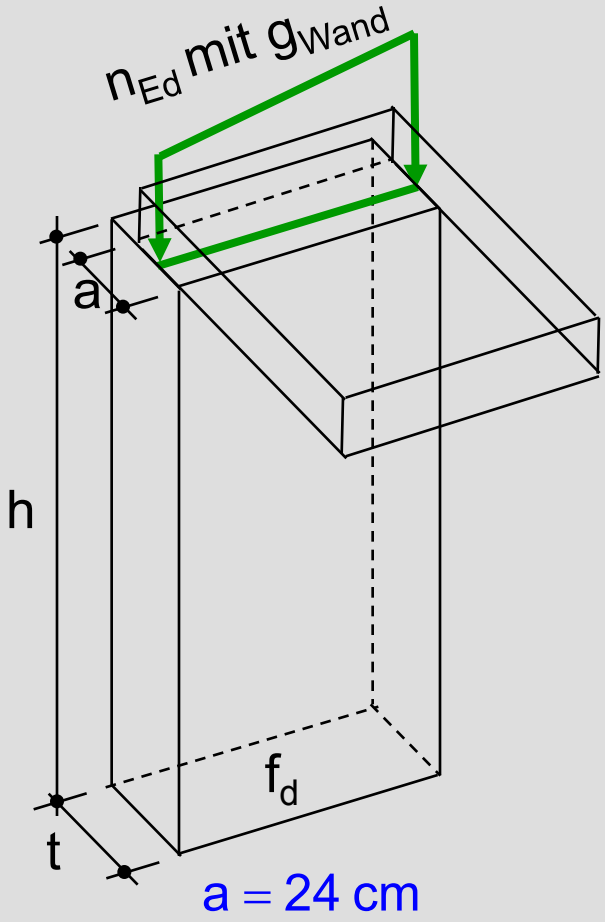
$= 1.6 - \frac{l_f}{l_D} \leq 0.9\frac{a}{t}$

$l_D = 6\,m$ für $f_k \geq 1.8\,N/mm^2$

$l_D = 5\,m$ für $f_k < 1.8\,N/mm^2$

$l_f = 5.61\,m$ (Deckenspannweite)

$\phi_1 = 1.6 - \frac{5.61}{6} \leq 0.9\frac{24.0}{36.5} = 0.59$



$$\phi_2 = 0.85 \cdot \frac{a}{t} - 0.0011 \cdot \lambda^2 = 0.85 \cdot \frac{24.0}{36.5} - 0.0011 \cdot 7.12^2 = 0.5$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{2.6}{0.365} = 7.12$$

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 1.0 \cdot 2.6 = 2.6\ \text{m}$$

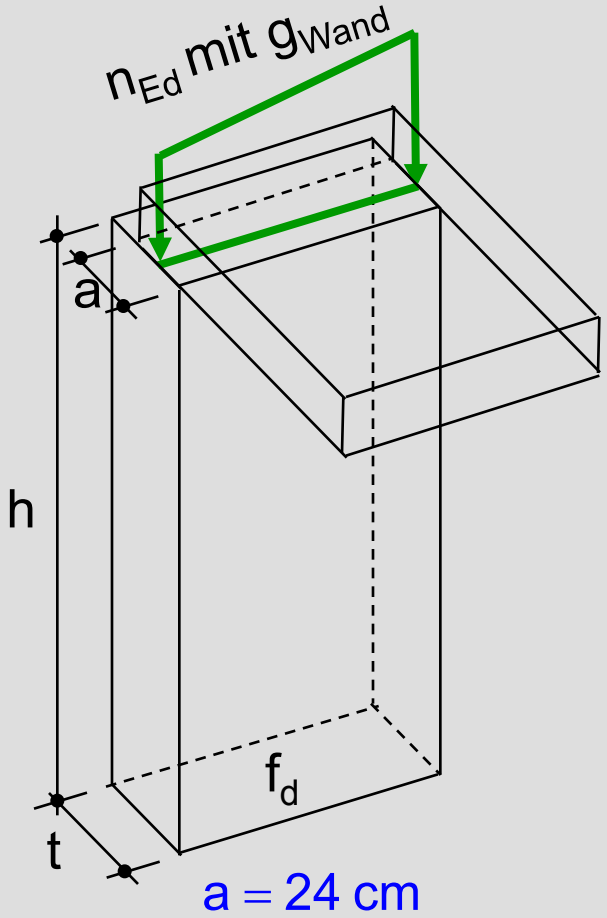
$$f_d = \zeta \cdot \frac{p_0 \cdot f_k}{\gamma_M} = 0.85 \cdot \frac{3000}{1.5} = 1700\ \text{kN/m}^2$$

$$n_{Rd} = \text{MIN}(\phi_1; \phi_2) \cdot t \cdot f_d$$

$$= 0.5 \cdot 1700 \cdot 0.365 = 310\ \text{kN/m}$$

Ausnutzungsgrad α

$$\alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}} = \frac{221}{310} = 0.71 \leq 1$$



Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Nachweis Kellermauerwerk
5.3 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

4.3 Nachweis von Kellerwänden DIN EN 1996-3/NA

Beanspruchung in halber Höhe der Anschüttung

$$n_{1,Ed,min} = 1.0 \cdot 70 = 70\,kN/m$$

$$n_{1,Ed,max} = 1.35 \cdot 70 + 1.5 \cdot 20 = 125\,kN/m$$

Nachweis

$$n_{1,Ed,min} \geq n_{1,lim,d} = \frac{\gamma_e \cdot h \cdot h_e^2}{\beta \cdot t} = \frac{18 \cdot 2.6 \cdot 2.99^2}{20 \cdot 0.3} = 69\,kN/m$$

$\gamma_e = 18\,kN/m^3$

$h = 2{,}6\,m \quad \leq 2.6\,m$

$h_e = 2{,}99\,m \quad \leq 1.15 \cdot h$

$t = 30\,cm \quad \geq 20\,cm$

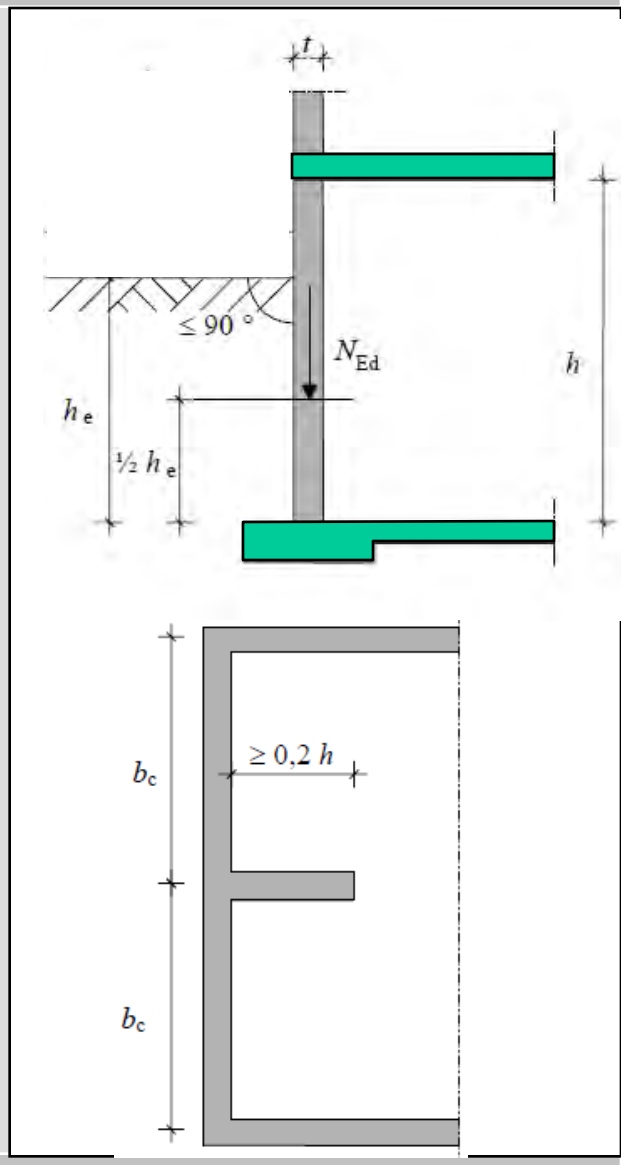
$\beta = 20$ für $b_c \geq 2 \cdot h$
(Und bei Elementmauerwerk mit Überbindemaß $l_{ol} < 0.4\,h_u$.)

$= 60 - 20\frac{b_c}{h}$ für $h < b_c < 2 \cdot h$

$= 40$ für $b_c \leq h$

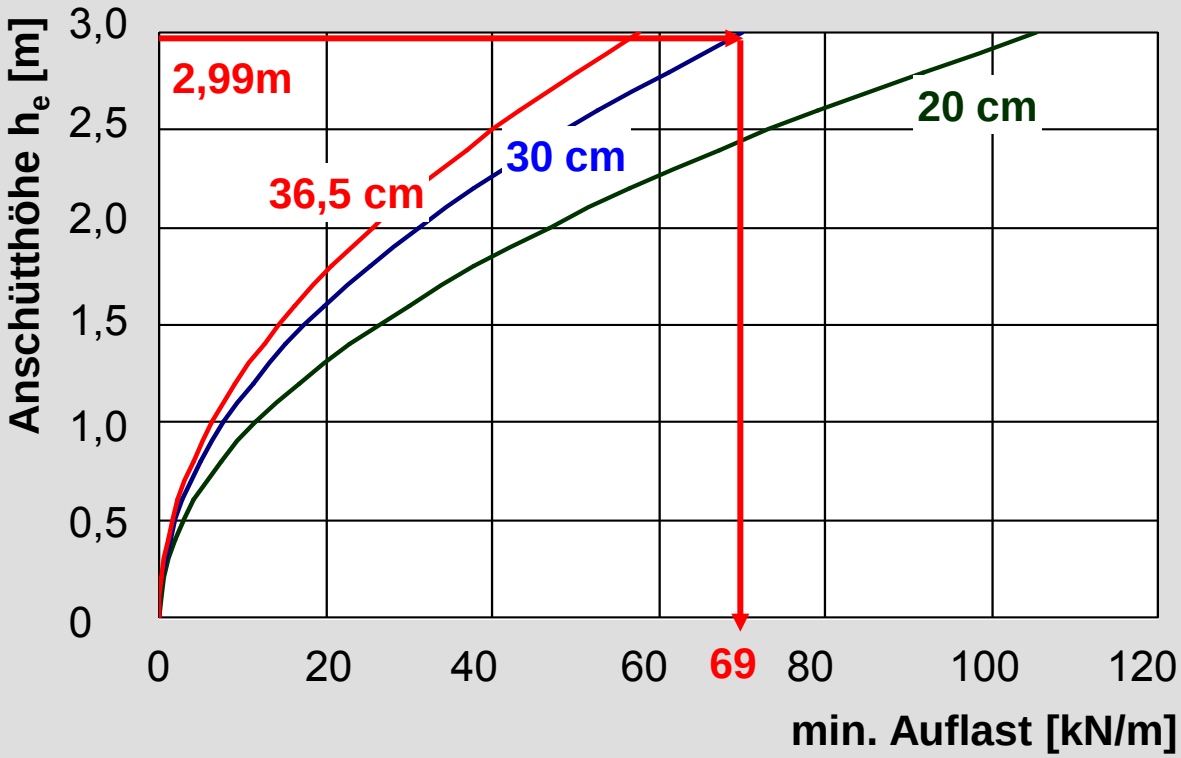
$\beta = 20$

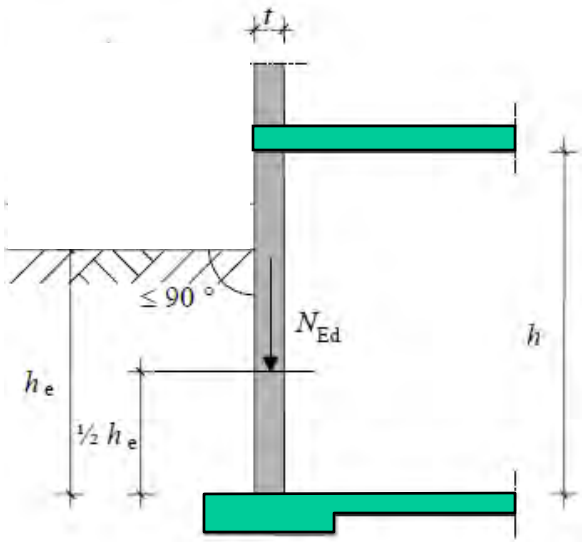
$$n_{1,Ed,max} \leq n_{1,Rd} = \frac{t \cdot f_d}{3} = \frac{0.3 \cdot 3400}{3} = 340\,kN/m$$



4.3 Nachweis von Kellerwänden DIN EN 1996-3/NA

min. Auflast ($n_{1,\ lim,d}$) für
lichte Wandhöhe h = 2,6 m

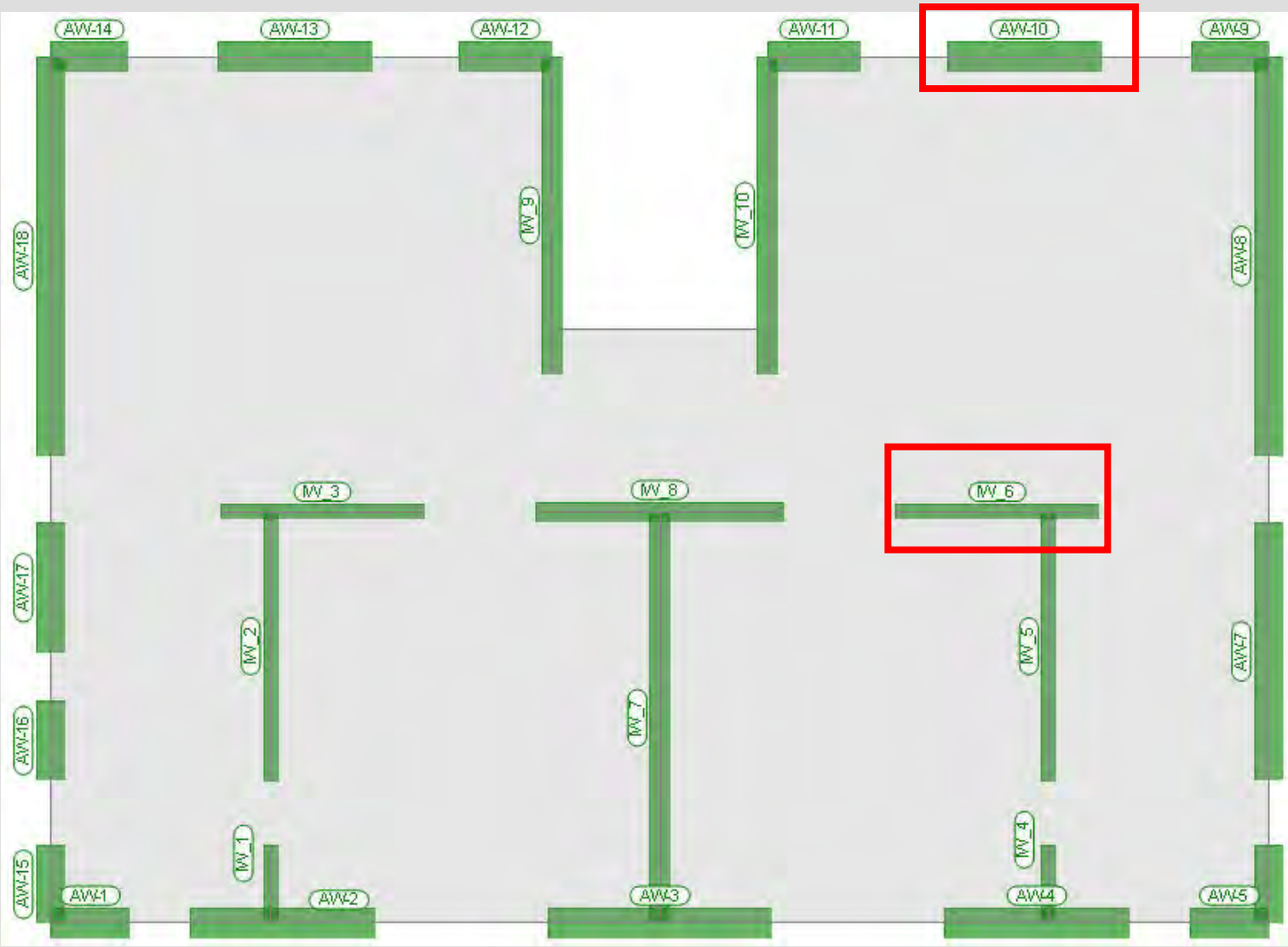




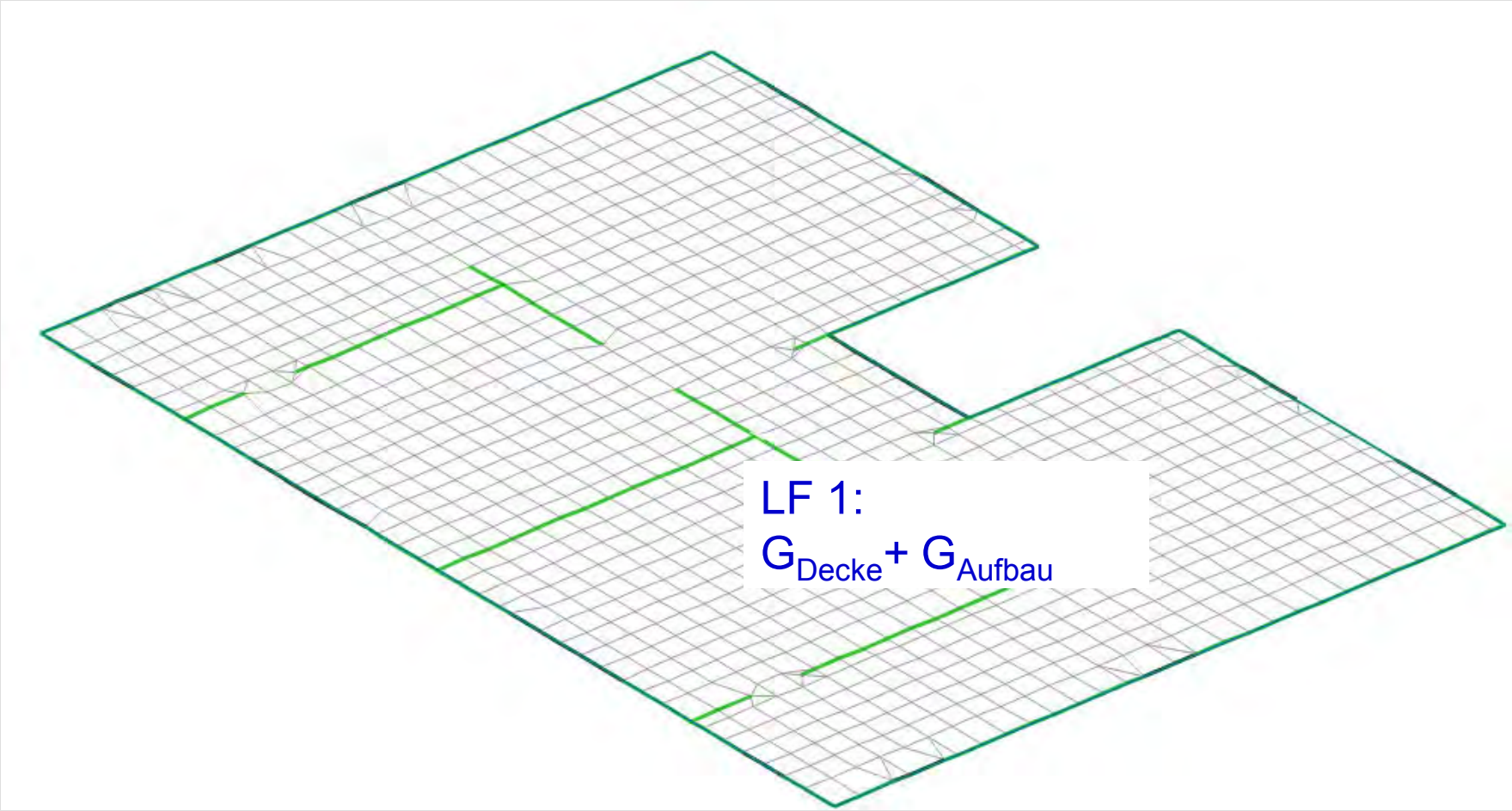
Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

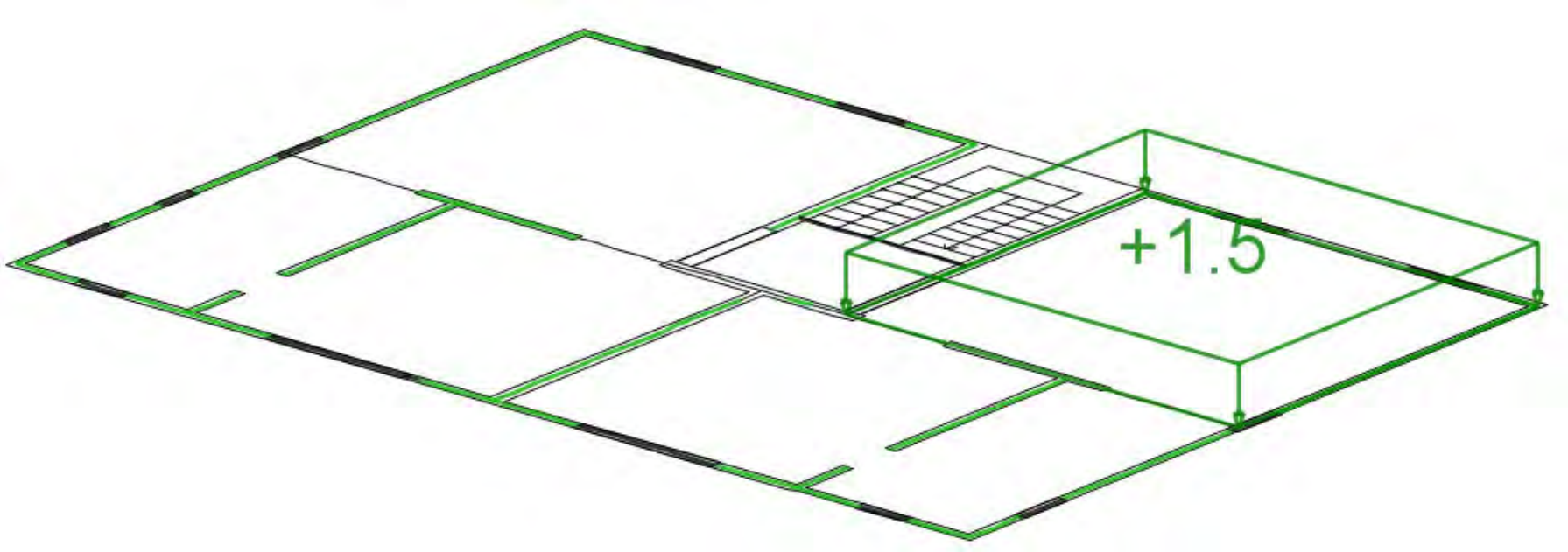
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren



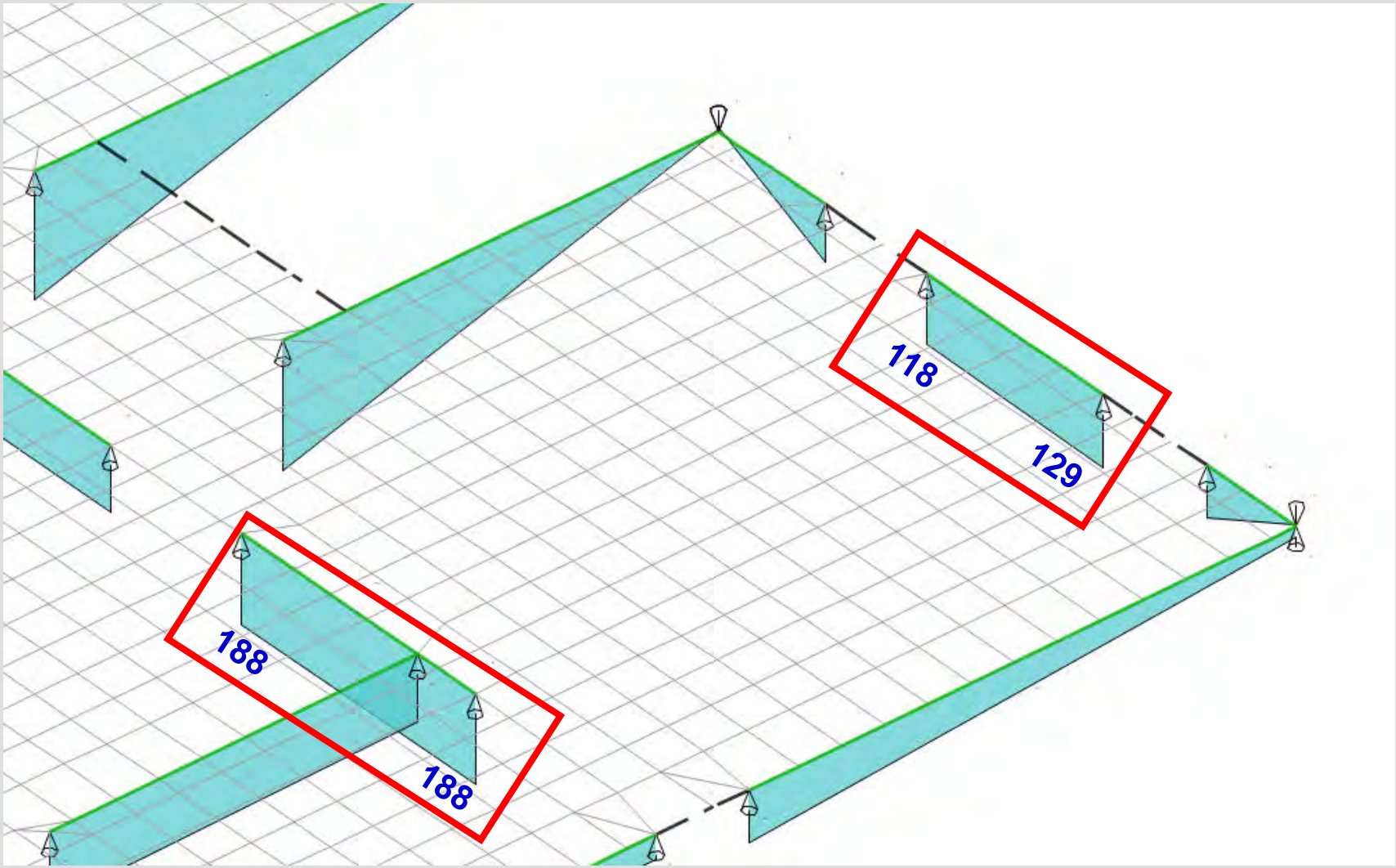
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren



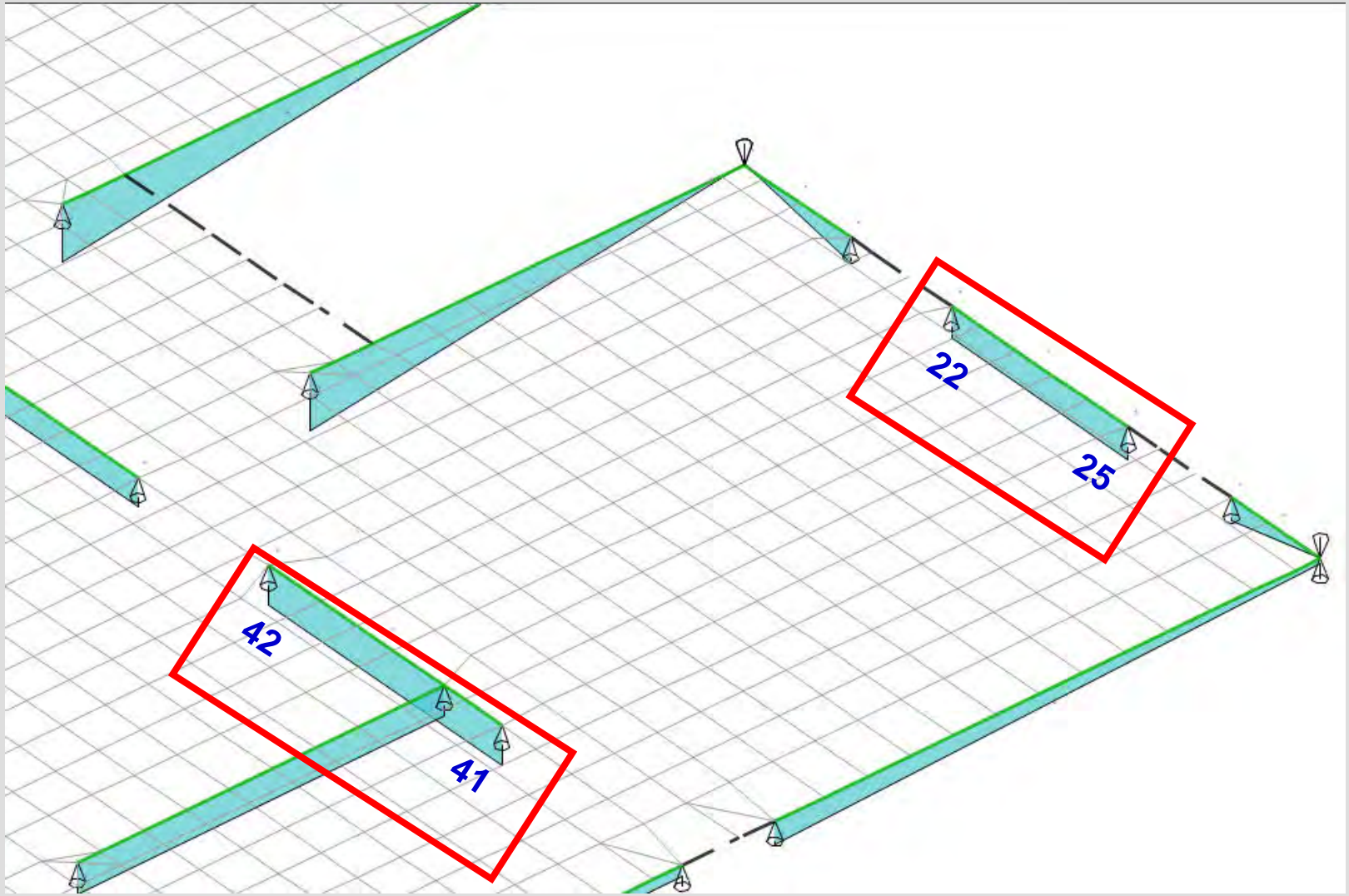
5. Genaueres Verfahren: LF 2 (Nutzlast)



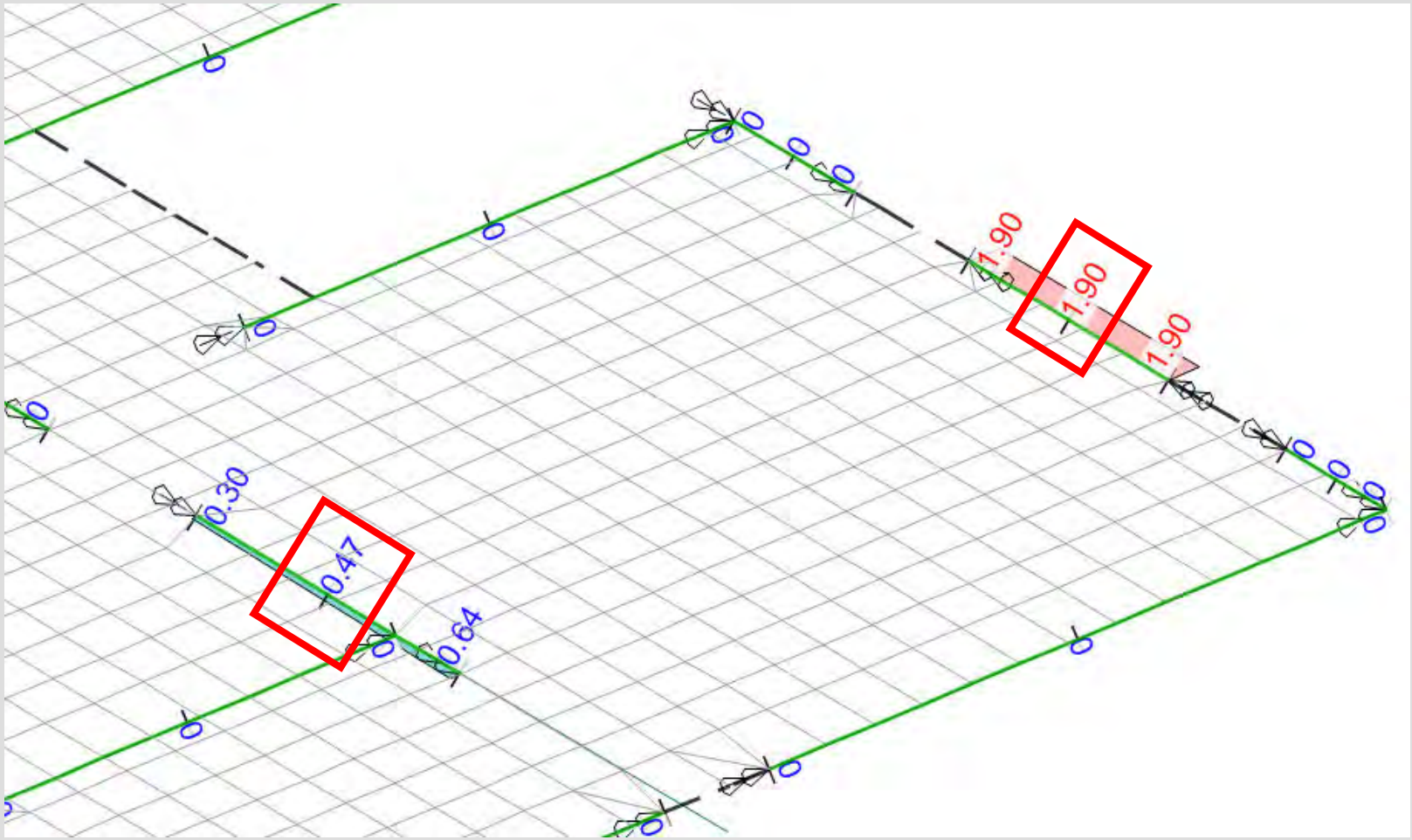
5. Genaueres Verfahren: LF 1 Eigenlast $n_{g,k}$



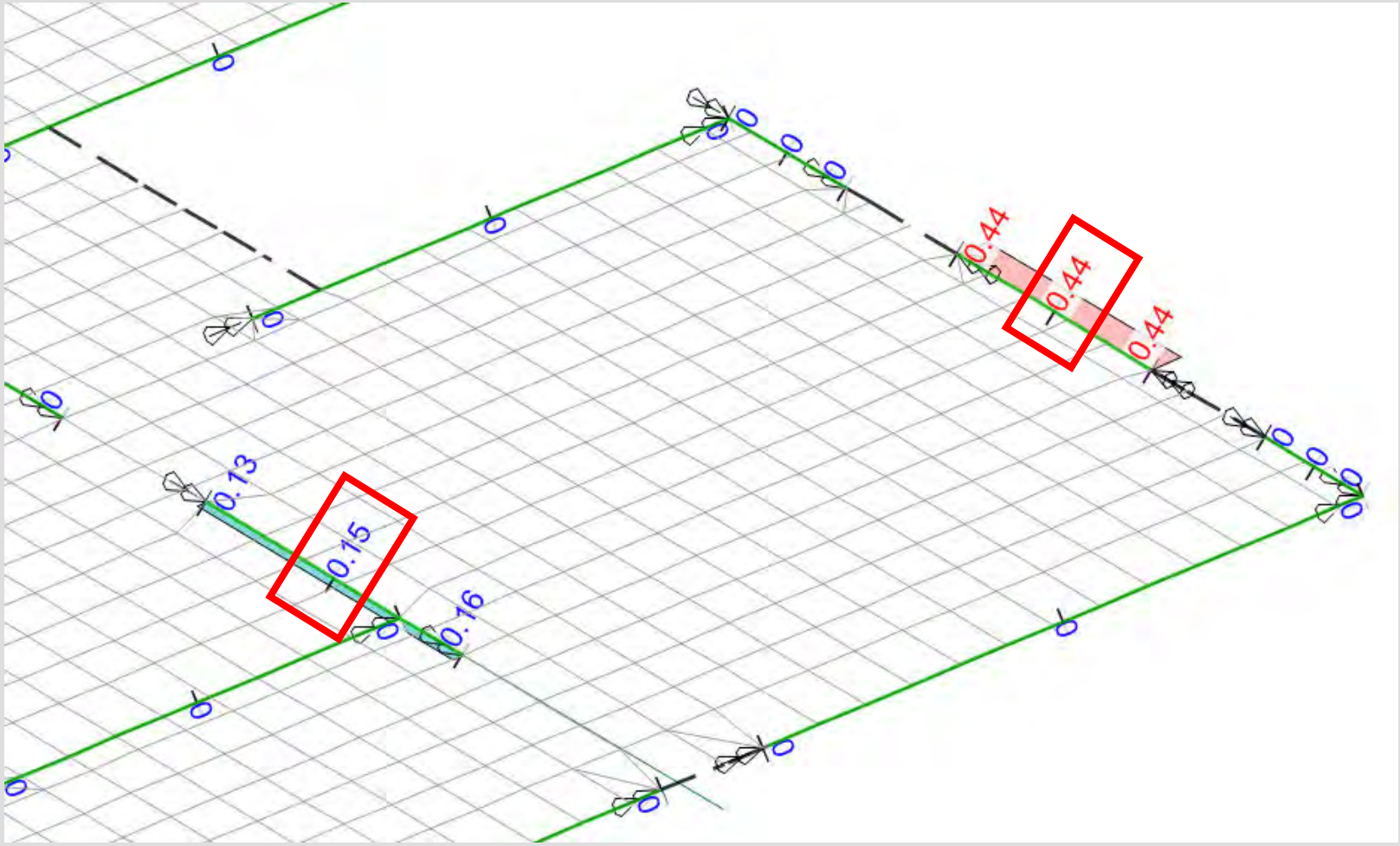
5. Genaueres Verfahren: LF 2 Nutzlast $n_{q,k}$



5. Einspannmoment LF1 Eigenlast $m_{g,k}$



5. Einspannmoment LF2 Nutzlast $m_{q,k}$



5.1 Genaueres Verfahren

Innenwand E0_D1_LW_6

Ausnutzungsgrad α $\quad \alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}}$

Beanspruchung

Wandkopf

$$n_{Ed} = -(1.35 \cdot 188 + 1.5 \cdot 42) = -317 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed} = -(1.35 \cdot 0.45 + 1.5 \cdot 0.14) \text{ kNm/m}$$

$$= -0.82 \text{ kNm/m}$$

Wandmitte

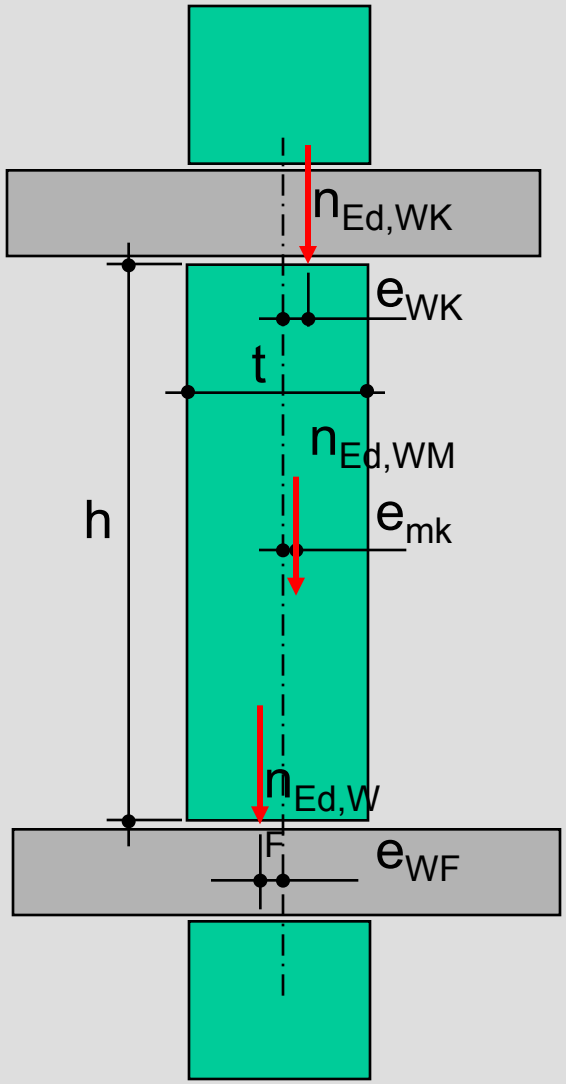
$$n_{Ed} = -324 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed} = 0{,}00 \text{ kNm/m}$$

Wandfuß

$$n_{Ed} = -331 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed} = +0.82 \text{ kNm/m}$$



Beanspruchbarkeit am Wandkopf

$$n_{Rd} = \phi \cdot t \cdot f_d \quad = 0.9 \cdot 0.175 \cdot 3970 = 625\ kN/m$$

Abminderung wegen Lastausmitte:

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e}{t} \quad = 1 - 2 \cdot \frac{0.88}{17.5} = 0.9$$

$$e = e_L + e_{init} \geq 0{,}05 \cdot t$$

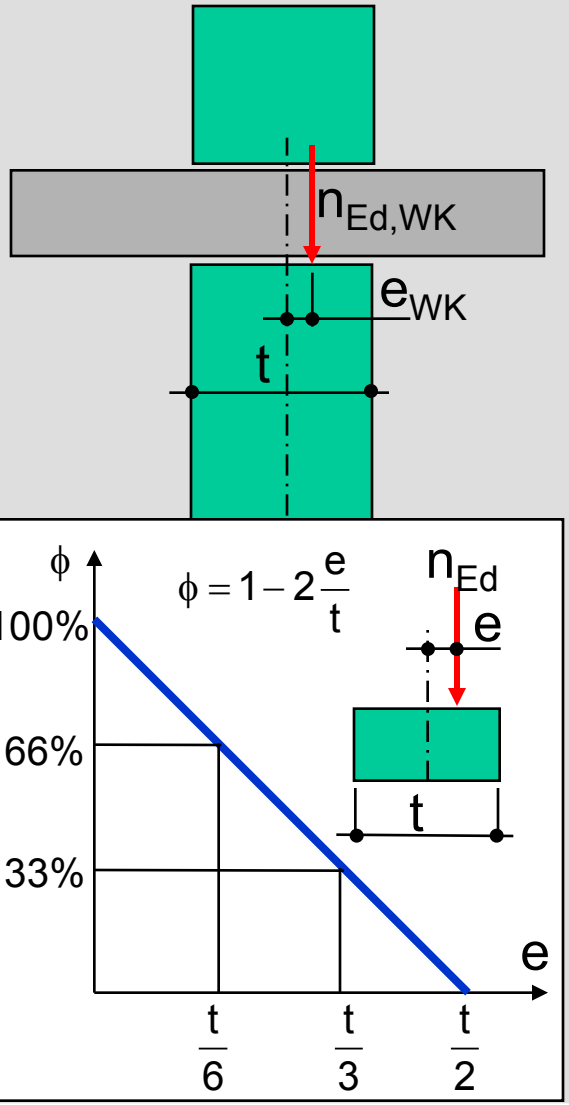
$$e_L = \frac{m_{ed}}{n_{ed}} \quad = \frac{-0.82}{-317} = 0.26\ cm$$

$$e_{init} = 0 \text{ bzw. } \frac{h_{ef}}{450}$$

$$e = 0.26 + 0 \geq 0{,}05 \cdot 17.5 = 0.88\ cm$$

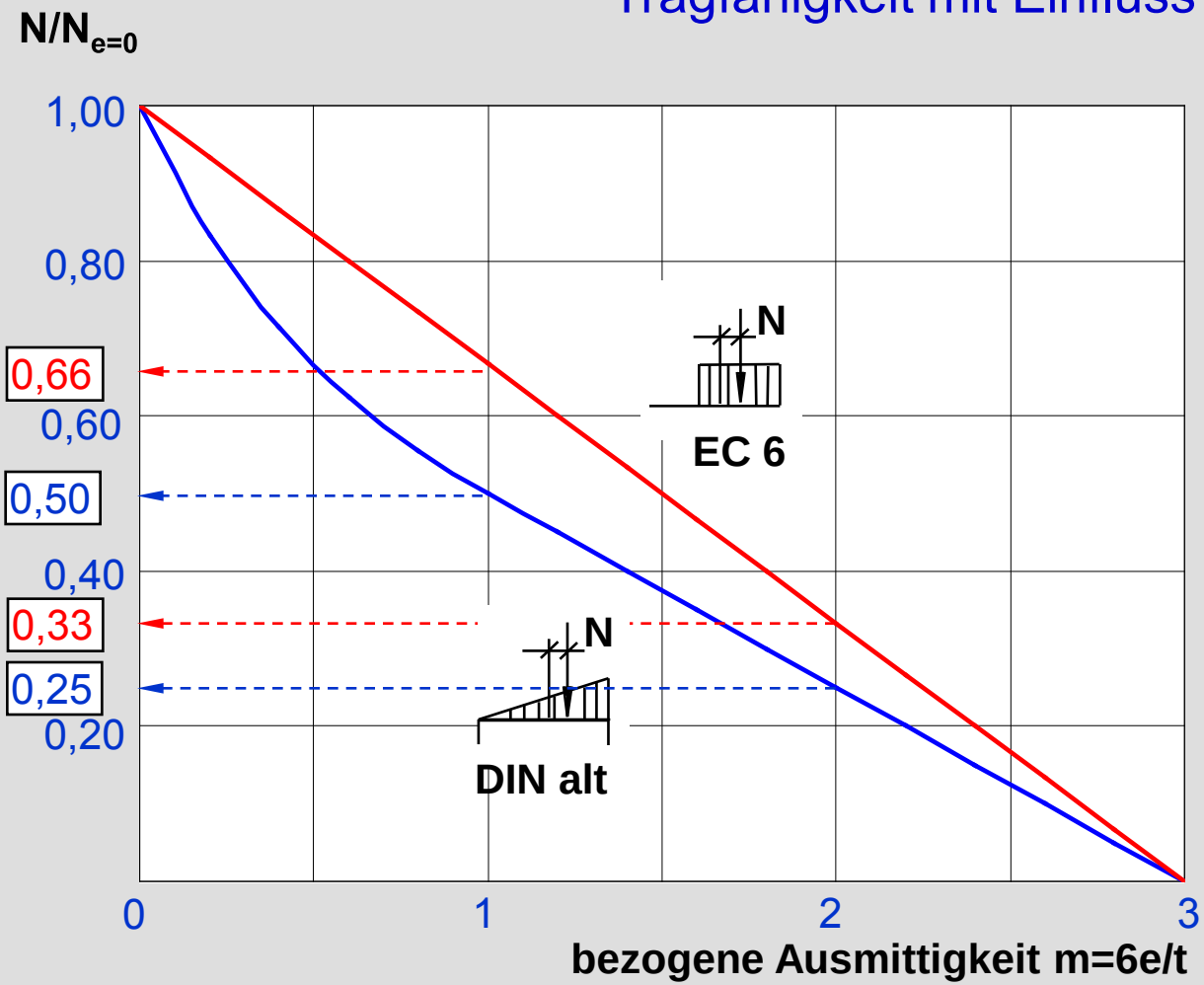
$$t = 0.175\ m$$

$$f_d = \zeta \cdot \frac{p_0 \cdot f_k}{\gamma_M} = 0.85 \cdot \frac{1.0 \cdot 7000}{1.5} = 3970\ kN/m^2$$



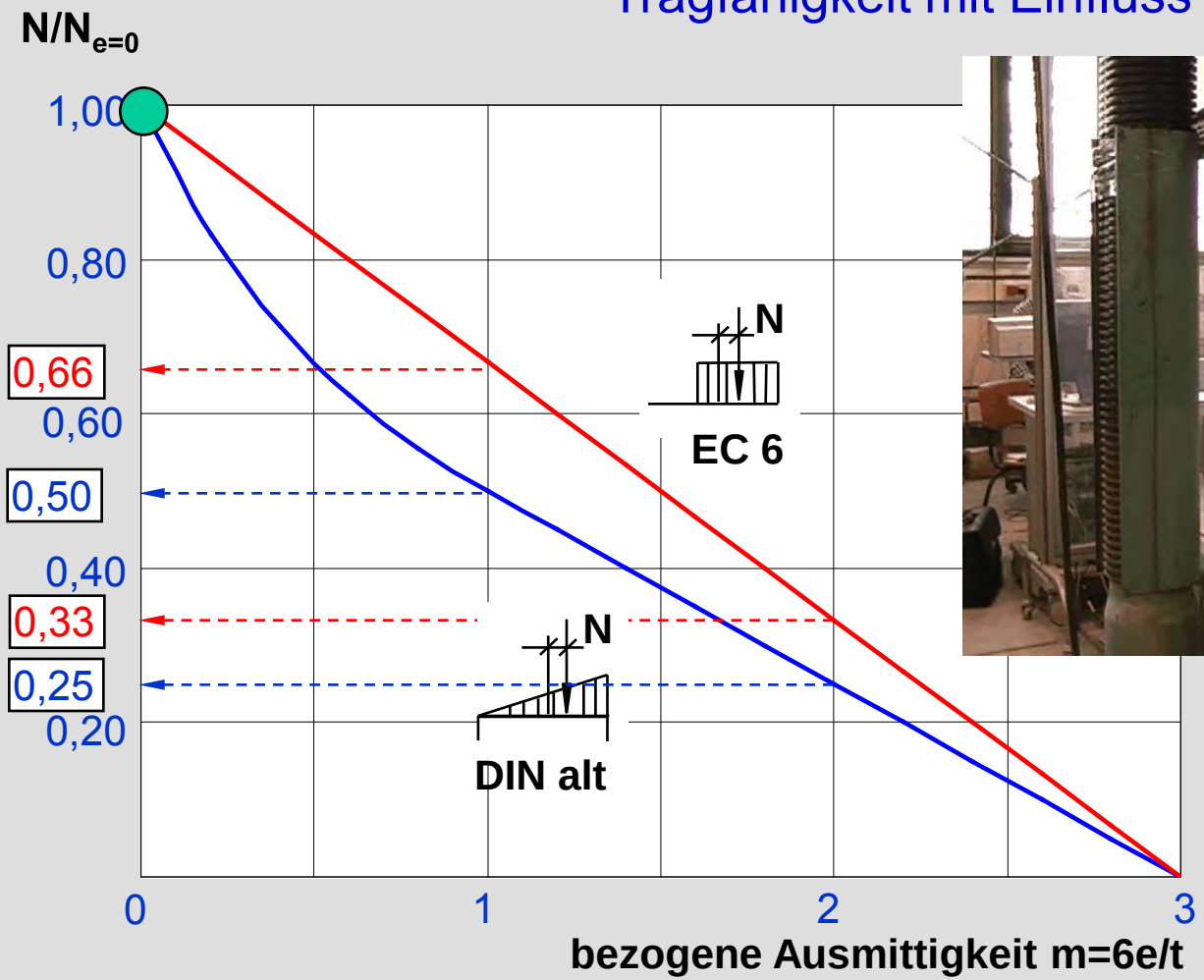
5.1 Genaueres Verfahren: Querschnittstagfähigkeit

Tragfähigkeit mit Einfluss der Lastausmitte



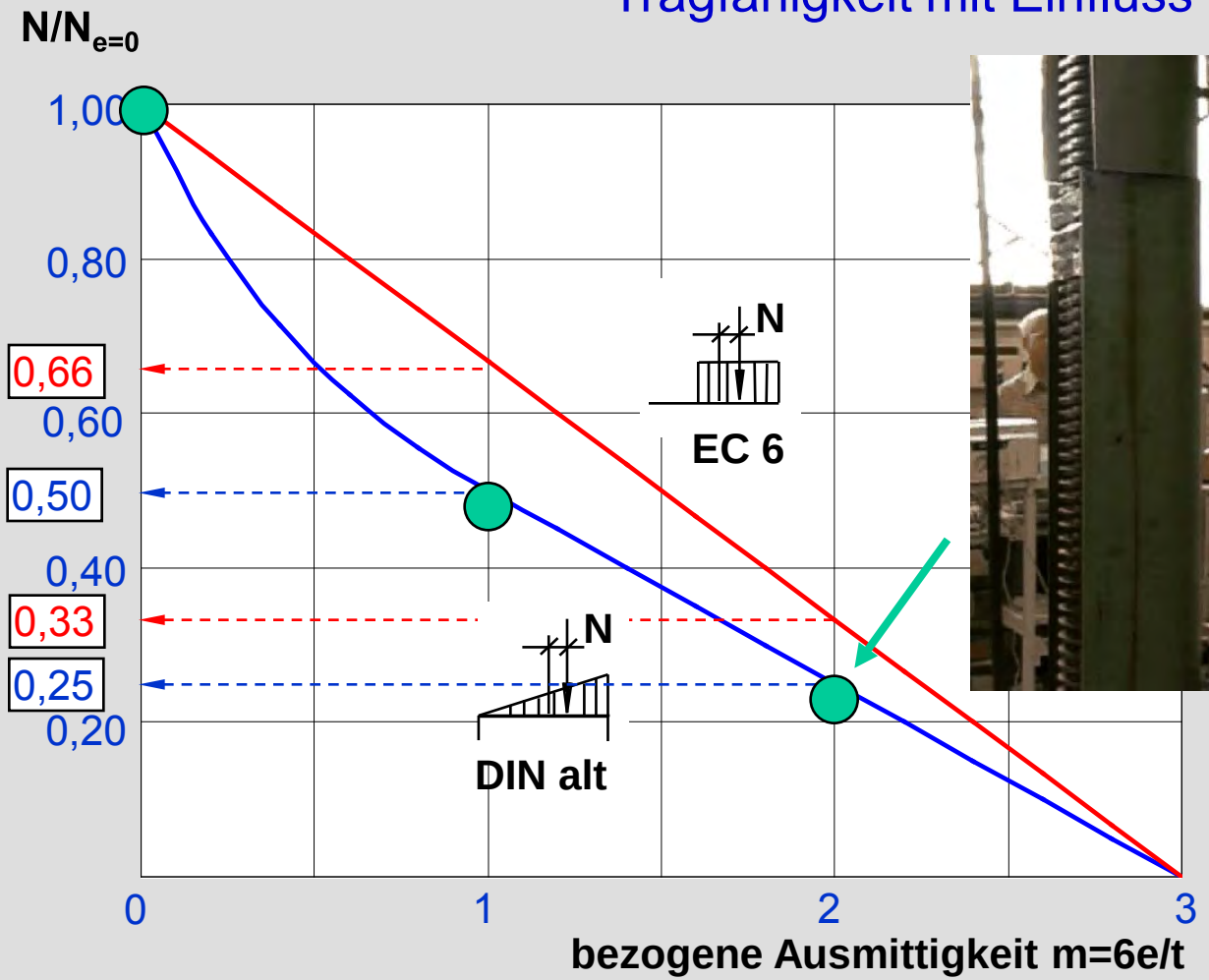
5.1 Genaueres Verfahren: Querschnittstagfähigkeit

Tragfähigkeit mit Einfluss der Lastausmitte



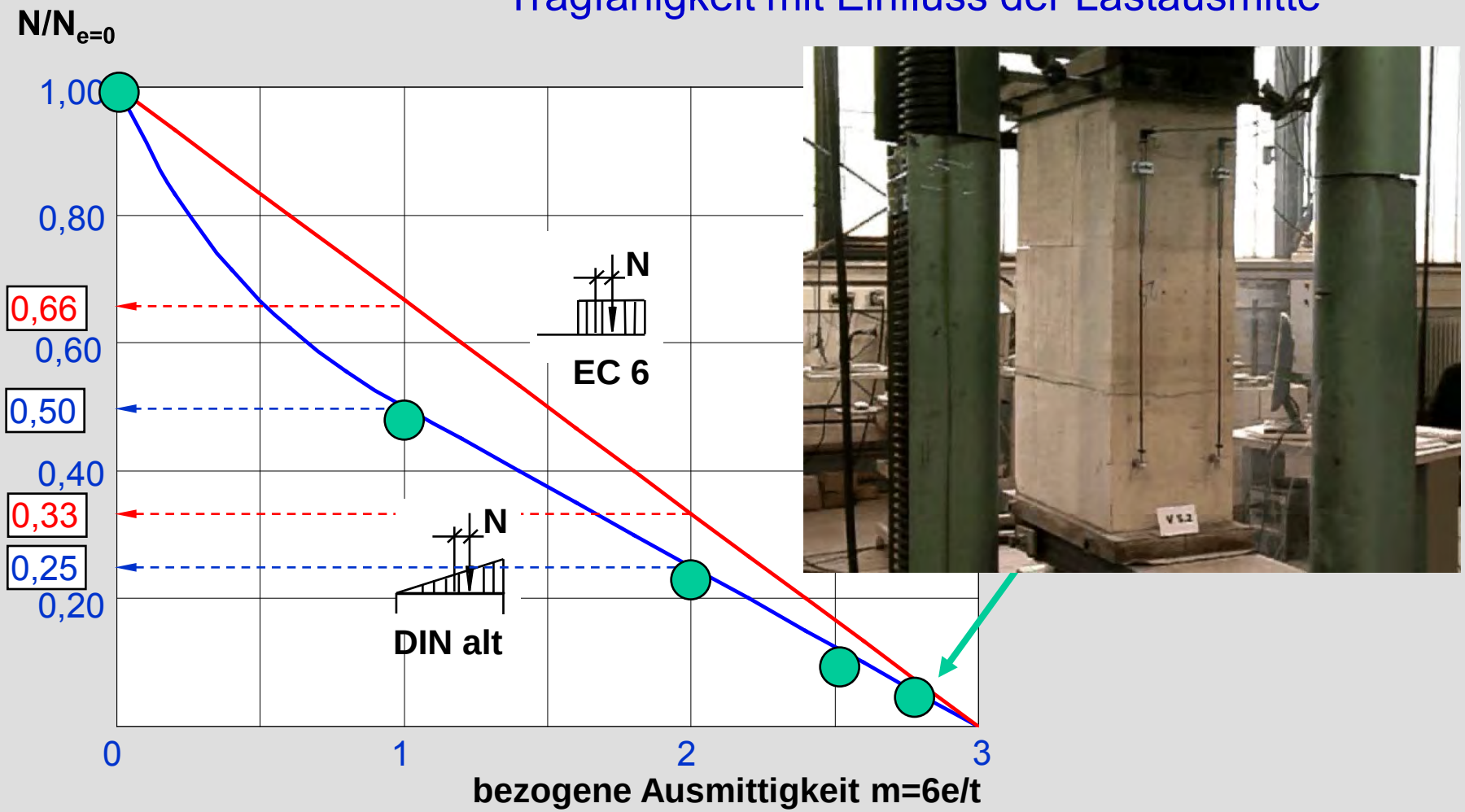
5.1 Genaueres Verfahren: Querschnittstagfähigkeit

Tragfähigkeit mit Einfluss der Lastausmitte



5.1 Genaueres Verfahren: Querschnittstagfähigkeit

Tragfähigkeit mit Einfluss der Lastausmitte



Beanspruchbarkeit am Wandfuß

$$n_{Rd} = \phi \cdot t \cdot f_d \quad = 0.9 \cdot 0.175 \cdot 3970 = 625\ kN/m$$

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e}{t} \quad = 1 - 2 \cdot \frac{0.88}{17.5} = 0.9$$

$$e = e_L + e_{init} \geq 0{,}05 \cdot t$$

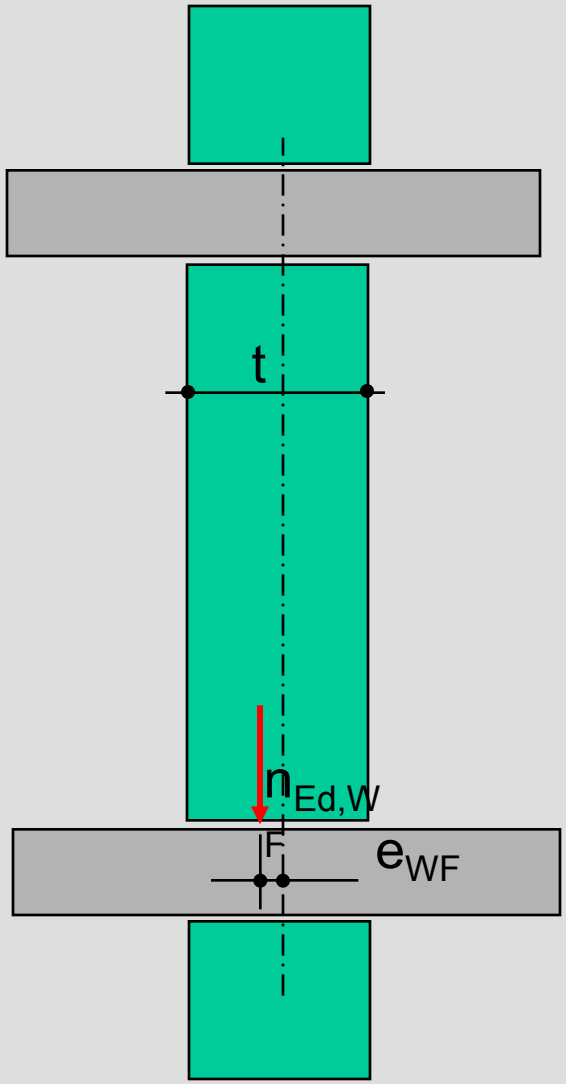
$$e_L = \frac{m_{ed}}{n_{ed}} \quad = \frac{0.82}{-331} = -0.25\ cm$$

$$e_{init} = 0$$

$$e = 0.25 + 0 \geq 0{,}05 \cdot 17.5 = 0.88\ cm$$

$$t = 0.175\ m$$

$$f_d = 3970\ kN/m^2$$



Beanspruchbarkeit in Wandmitte

$$n_{Rd} = \phi_m \cdot t \cdot f_d$$

$$\phi_m = MIN(1.14 \cdot \phi - 0.024 \cdot \lambda; \phi)$$

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t}$$

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

$$e_m = e_L + e_{init}$$

$$= 0 + 0.43 + 0 = 0.43 \text{ cm}$$

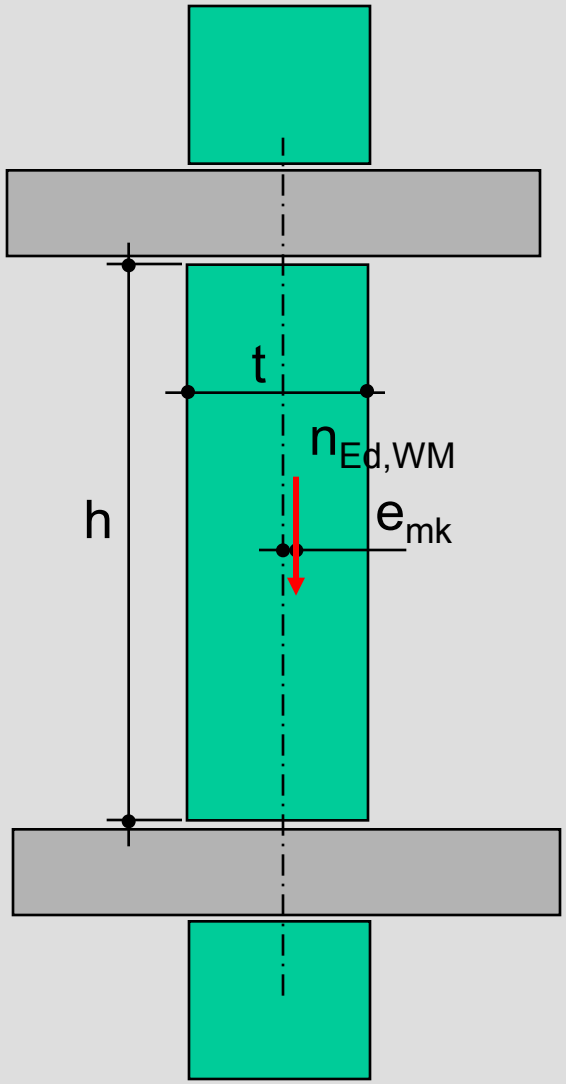
$$e_L = \frac{m_{ed}}{n_{ed}} = \frac{0}{-324} = 0 \text{ cm}$$

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{195}{450} = 0.43 \text{ cm}$$

Kriechausmitte bei ϕ_{oo} = 1.5, wenn λ > 12

$$e_k = 0.002 \cdot \phi_{oo} \cdot h_{ef} \cdot \sqrt{\frac{e_m}{t}} = 0 \text{ cm}$$

$$e_{mk} = 0.43 + 0 \geq 0{,}05 \cdot t = 0.88 \text{ cm}$$



5.1 Genaueres Verfahren

Innenwand E0_D1_LW_6

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2 \cdot \frac{0.88}{17.5} = 0.9$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{1.95}{0.175} = 11.14$$

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0.75 \cdot 2.6 = 1.95\ m$$

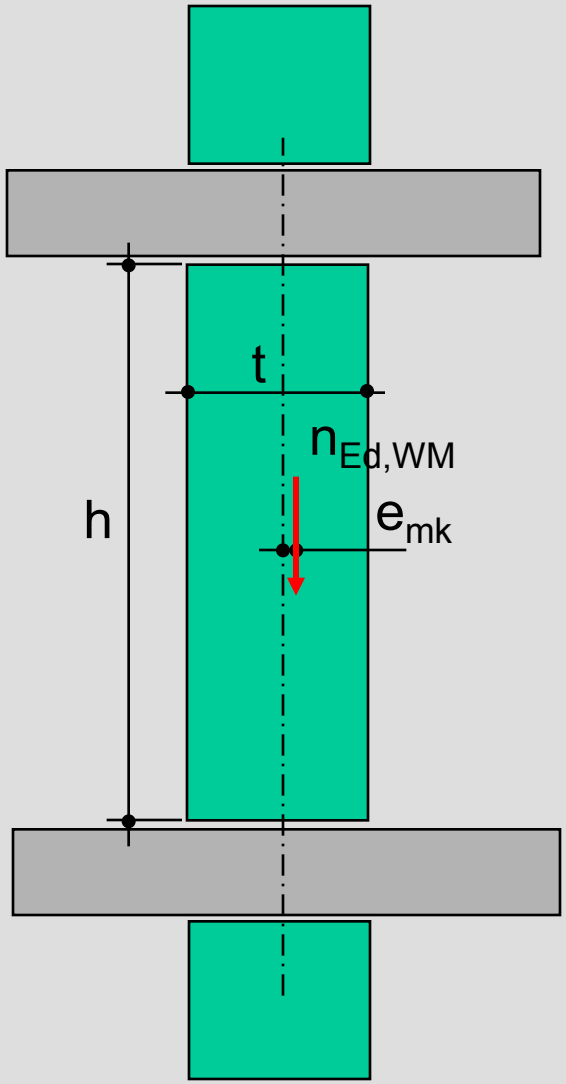
$$\phi_m = MIN(1.14 \cdot \phi - 0.024 \cdot \lambda; \phi)$$

$$\phi_m = MIN(1.14 \cdot 0.9 - 0.024 \cdot 11.14; 0.9) = 0.76$$

$$t = 0.175\ m$$

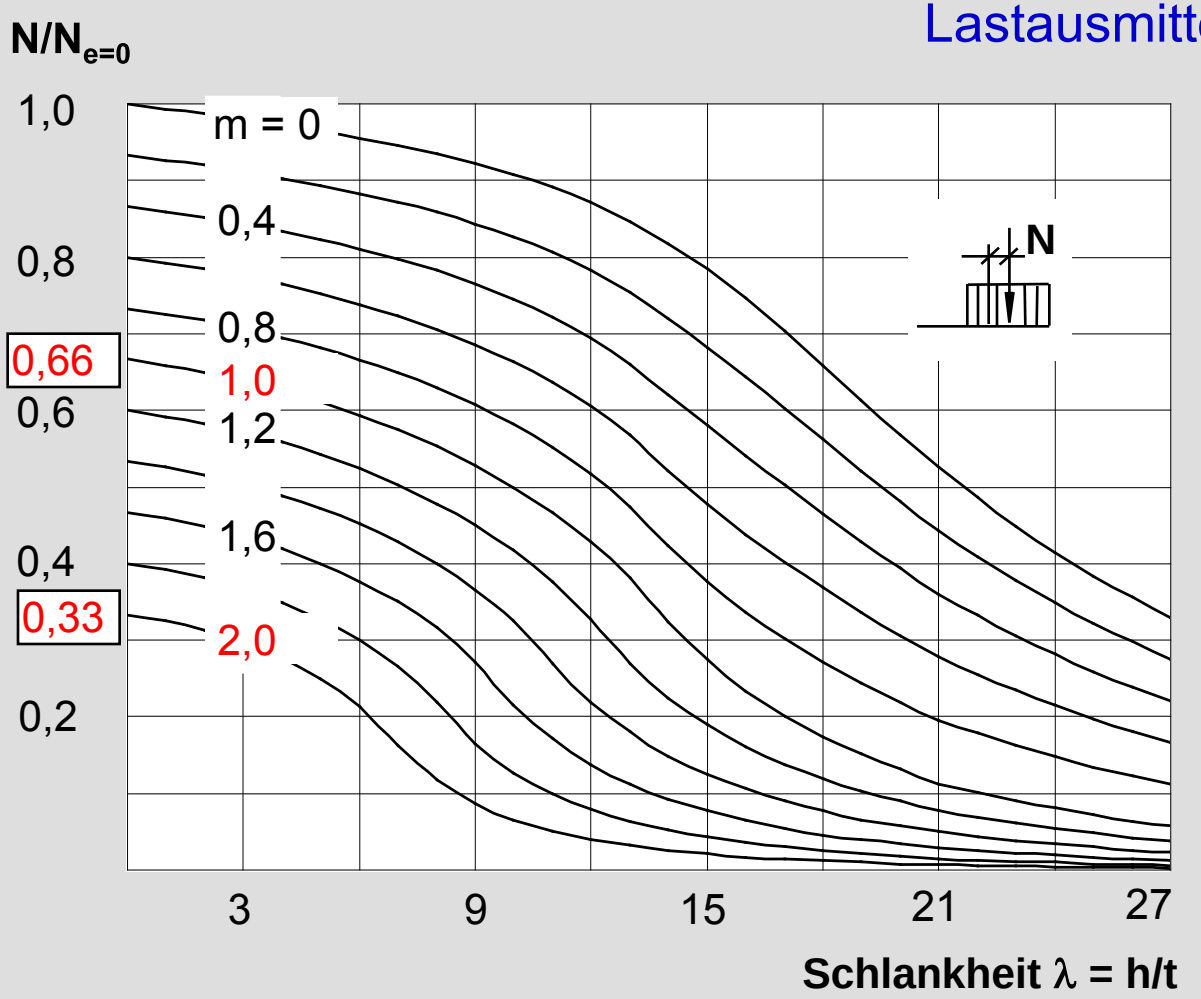
$$f_d = 3970\ kN/m^2$$

$$n_{Rd} = \phi_m \cdot t \cdot f_d = 0.76 \cdot 0.175 \cdot 3970 = 527\ kN/m$$



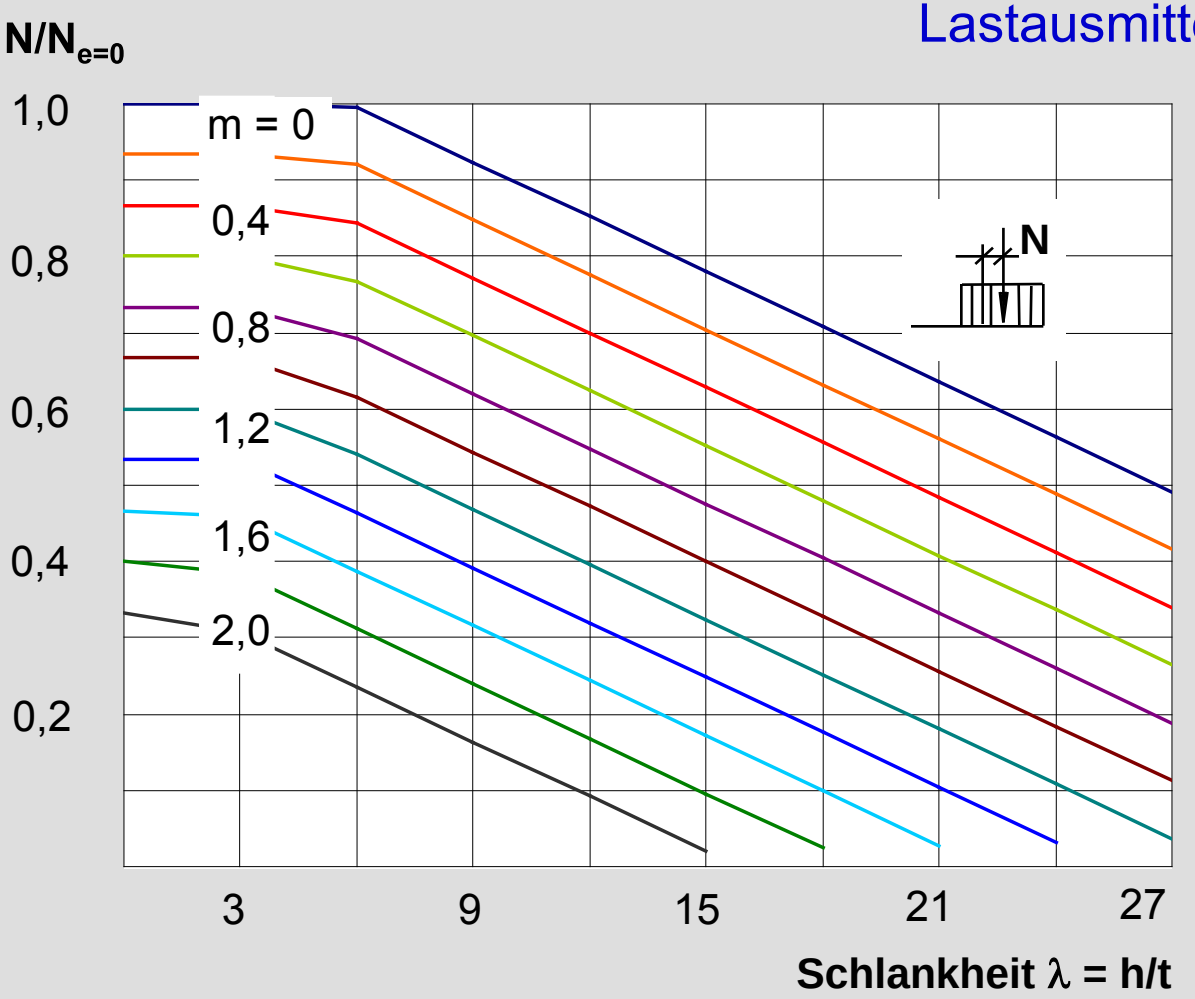
5.1 Genaueres Verfahren:

Tragfähigkeit mit Einfluss der Lastausmitte und Schlankheit

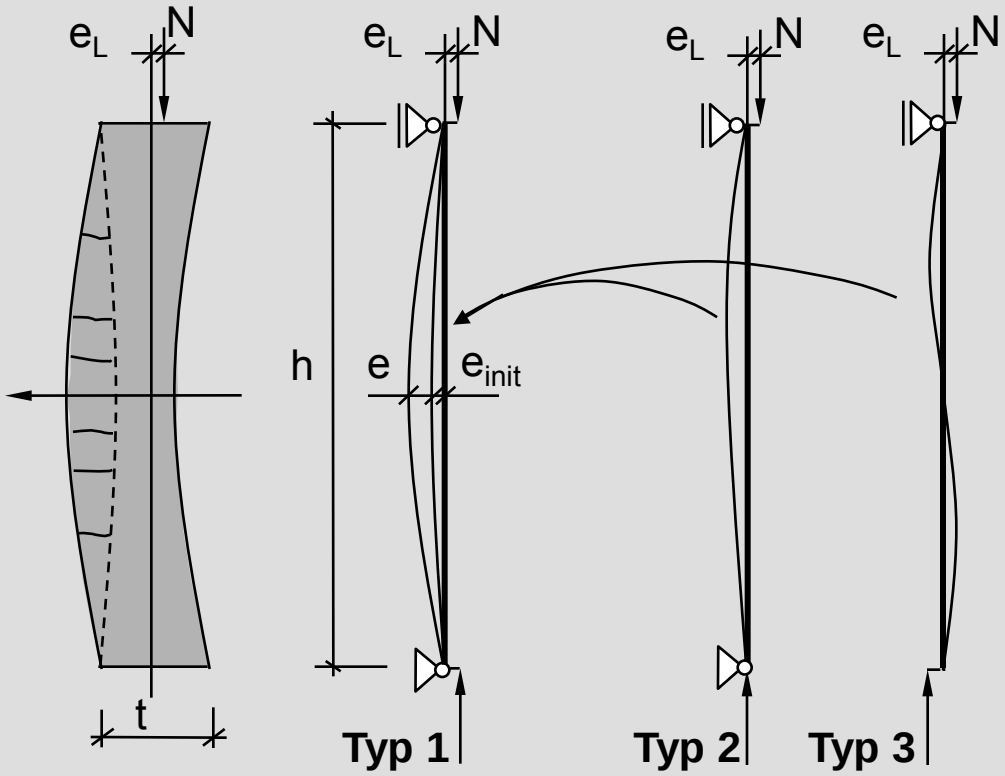


5.1 Genaueres Verfahren: $\phi_m = \mathrm{MIN}(1.14 \cdot \phi - 0.024 \cdot \lambda; \phi)$

Tragfähigkeit mit Einfluss der Lastausmitte und Schlankheit



5.1 Genaueres Verfahren: Knickstab



5.1 Genaueres Verfahren

Innenwand E0_D1_LW_6

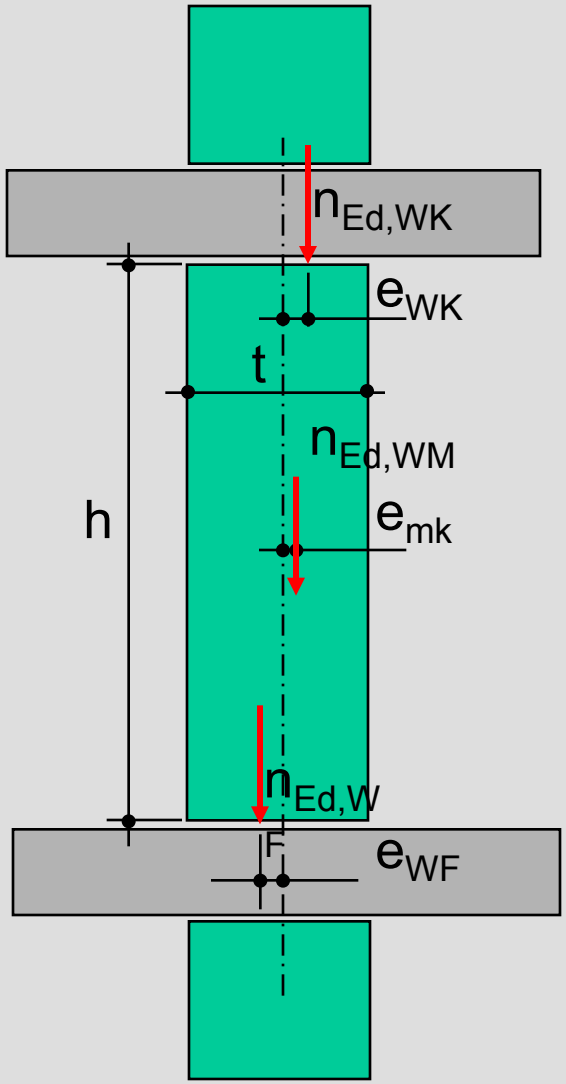
Ausnutzungsgrad α $\quad \alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}}$

Wandkopf $\quad \alpha = \frac{317}{625} = 0.51$

Wandmitte $\quad \alpha = \frac{324}{527} = 0.61$

Wandfuß $\quad \alpha = \frac{331}{625} = 0.53$

Ausnutzungsgrad $\quad \alpha = 0.61$



5.1 Genaueres Verfahren

Ausnutzungsgrad α $\quad \alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}}$

Beanspruchung

Wandkopf $\quad n_{Ed} = -(1.35 \cdot 129 + 1{,}5 \cdot 25) = -212\ \text{kN}$

$m_{Ed} = -(1.35 \cdot 1.9 + 1.5 \cdot 0.44)\ \text{kNm/m}$

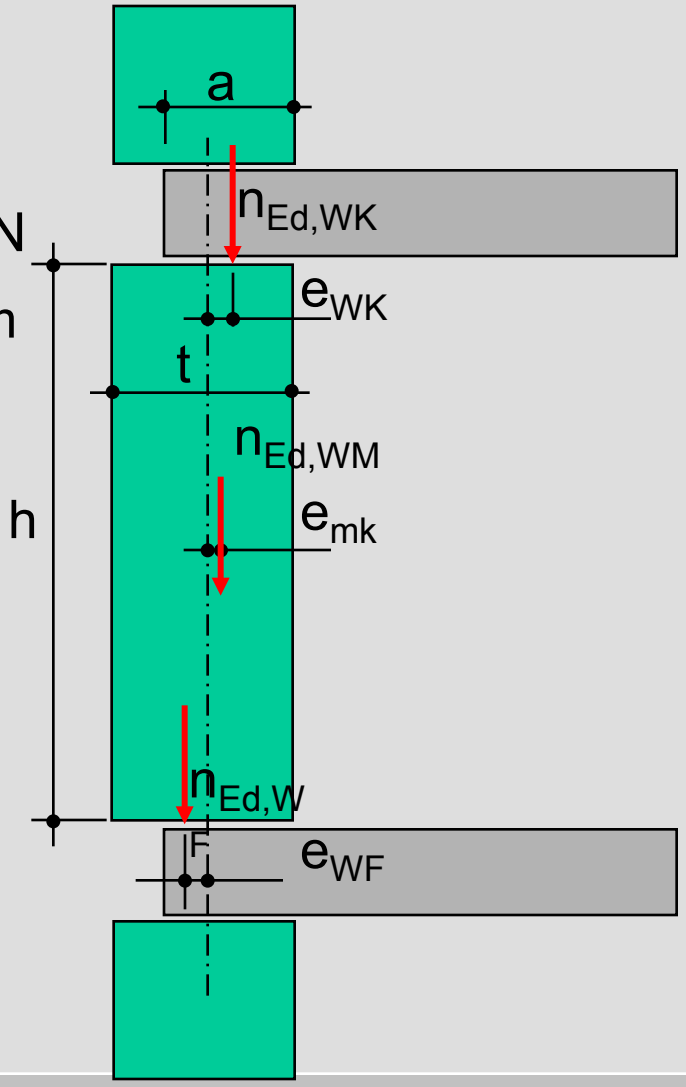
$m_{Ed} = -3.23\ \text{kNm/m}$

Wandmitte $\quad n_{Ed} = -216\ \text{kN/m}$

$m_{Ed} = 0.00 + 0.7 = 0.7\ \text{kNm/m}$

Wandfuß $\quad n_{Ed} = -221\ \text{kN/m}$

$m_{Ed} = +3.23\ \text{kNm/m}$



Beanspruchbarkeit am Wandkopf

$$n_{Rd} = \phi \cdot a \cdot f_d = 0.87 \cdot 0.24 \cdot 1700 = 355\ kN/m$$

Abminderung wegen Lastausmitte:

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e}{a} = 1 - 2 \cdot \frac{1.52}{24.0} = 0.87$$

$$e = e_L + e_{init} \geq 0{,}05 \cdot a$$

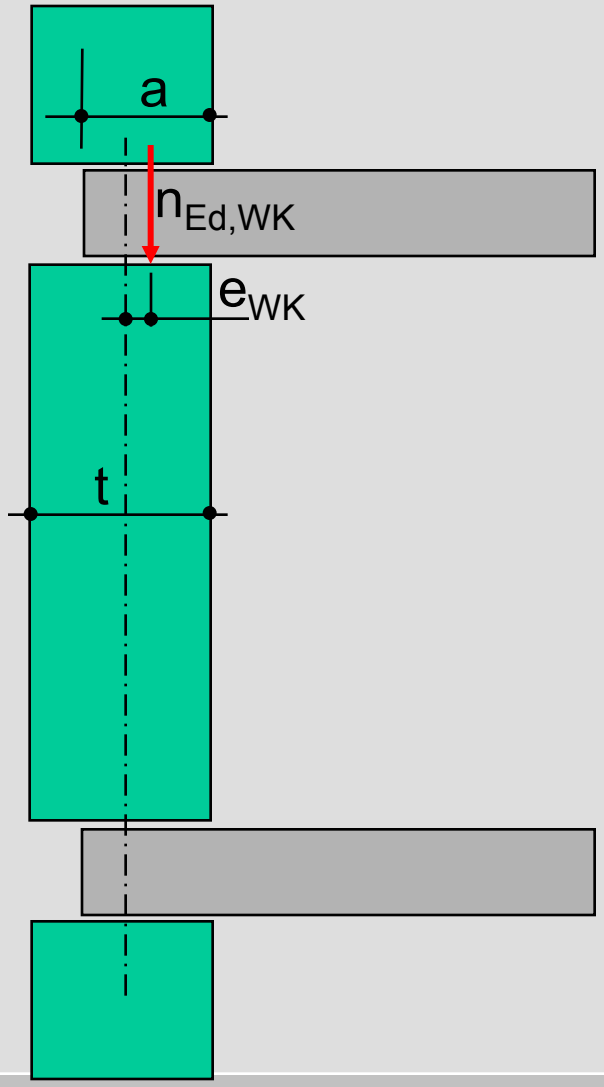
$$e_L = \frac{m_{ed}}{n_{ed}} = \frac{-3.23}{-212} = 1.52\ cm$$

$$e_{init} = 0$$

$$e = (1.52 + 0 \geq 0{,}05 \cdot 24) = 1.52\ cm$$

$$a = 0.24\ m$$

$$f_d = \zeta \cdot \frac{p_0 \cdot f_k}{\gamma_M} = 0.85 \cdot \frac{3000}{1.5} = 1700\ kN/m^2$$



Beanspruchbarkeit am Wandfuß

$$n_{Rd} = \phi \cdot a \cdot f_d = 0.88 \cdot 0.24 \cdot 1700 = 359\ kN/m$$

Abminderung wegen Lastausmitte:

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e}{a} = 1 - 2 \cdot \frac{1.46}{24} = 0.88$$

$$e = e_L + e_{init} \geq 0{,}05 \cdot a$$

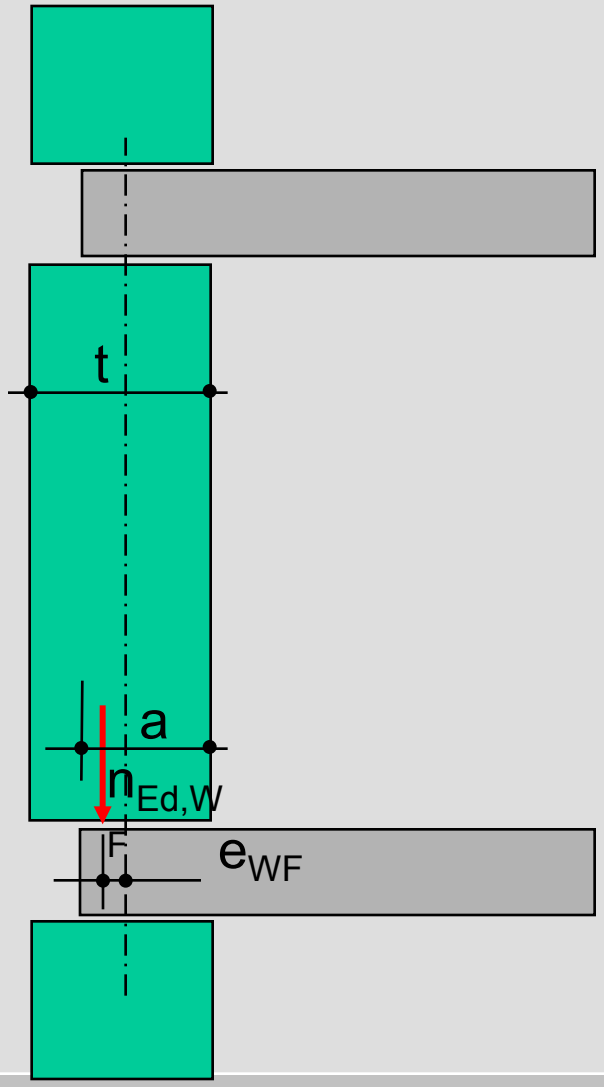
$$e_L = \frac{m_{ed}}{n_{ed}} = \frac{3.23}{-221} = -1.46\ cm$$

$$e_{init} = 0$$

$$e = 1.46 + 0 \geq 0{,}05 \cdot 24 = 1.46\ cm$$

$$a = 0.24\ m$$

$$f_d = 1700\ kN/m^2$$



Beanspruchbarkeit in Wandmitte

$$n_{Rd} = \phi_m \cdot t \cdot f_d$$

$$\phi_m = MIN(1.14 \cdot \phi - 0.024 \cdot \lambda; \phi)$$

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t}$$

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

$$e_m = e_L + e_{init} + \frac{(t-a)}{2}$$

$$= 0.3 + 0.43 + \frac{(36.5 - 24)}{2} = 6.98 \text{ cm}$$

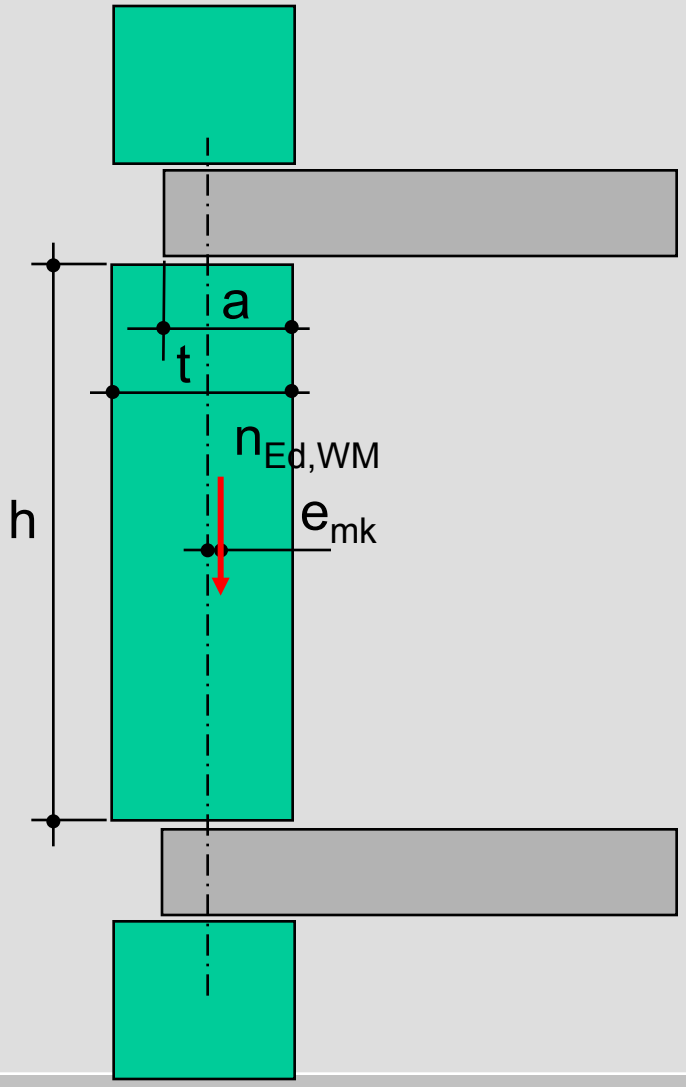
$$e_L = \frac{m_{ed}}{n_{ed}} = \frac{0.7}{203} = 0.3 \text{ cm}$$

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{195}{450} = 0.43 \text{ cm}$$

Kriechausmitte bei ϕ_{oo} = 0.5, wenn λ > 20

$$e_k = 0.002 \cdot \phi_{oo} \cdot h_{ef} \cdot \sqrt{\frac{e_m}{t}} = 0 \text{ cm}$$

$$e_{mk} = (6.98 + 0 \geq 0{,}05 \cdot t) = 6.98 \text{ cm}$$



5.1 Genaueres Verfahren

Außenwand E0_D1_AW-10

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2 \cdot \frac{6.98}{36.5} = 0.61$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{1.95}{0.365} = 5.34$$

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0.75 \cdot 2.6 = 1.95\ m$$

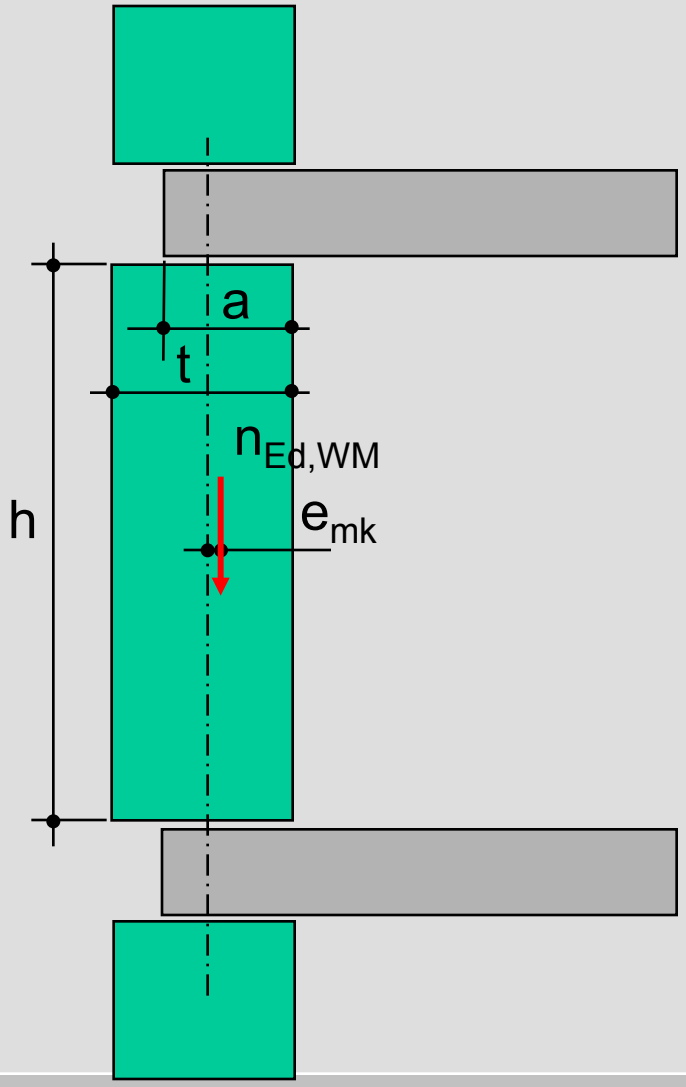
$$\phi_m = MIN(1.14 \cdot \phi - 0.024 \cdot \lambda; \phi)$$

$$\phi_m = MIN(1.14 \cdot 0.61 - 0.024 \cdot 5.34; 0.61) = 0.56$$

$$t = 0.365\ m$$

$$f_d = 1700\ kN / m^2$$

$$n_{Rd} = \phi_m \cdot t \cdot f_d = 0.56 \cdot 0.365 \cdot 1700 = 347\ kN / m$$



5.1 Genaueres Verfahren

Außenwand E0_D1_AW-10

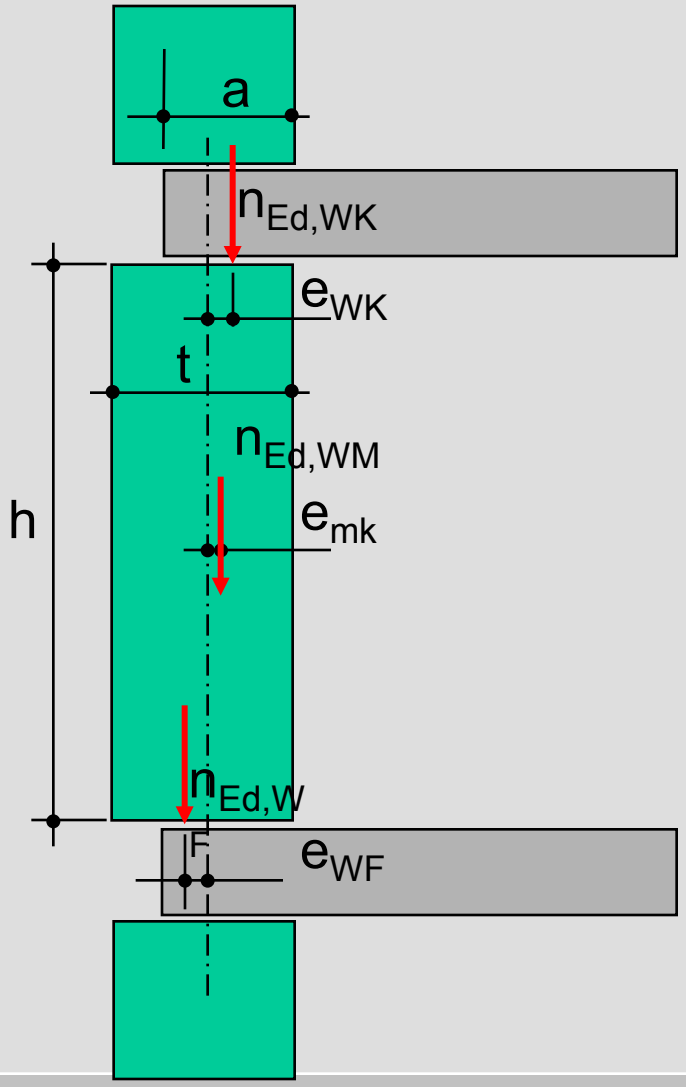
Ausnutzungsgrad α $\quad \alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}}$

Wandkopf $\quad \alpha = \frac{212}{355} = 0.60$

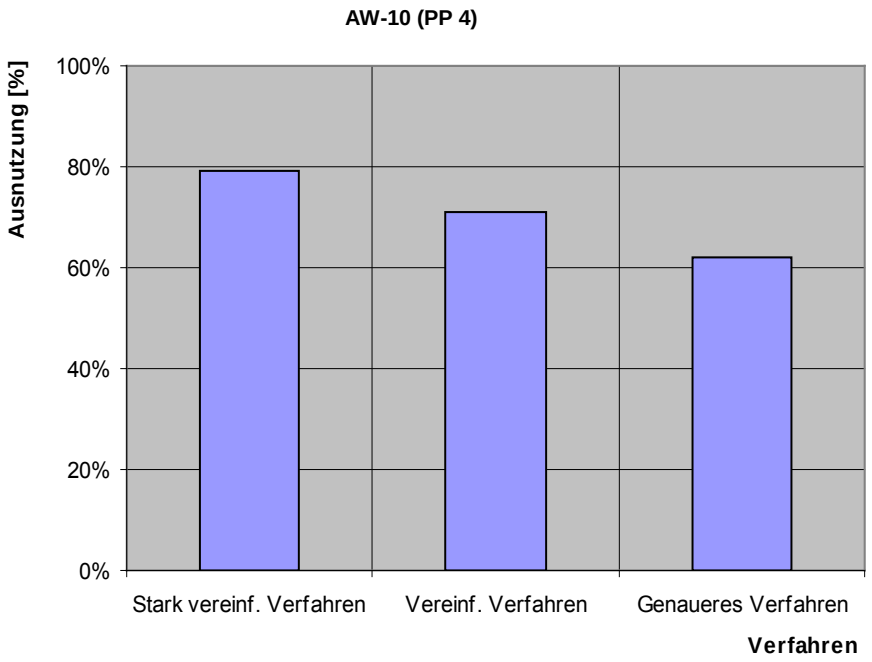
Wandmitte $\quad \alpha = \frac{216}{347} = 0.62$

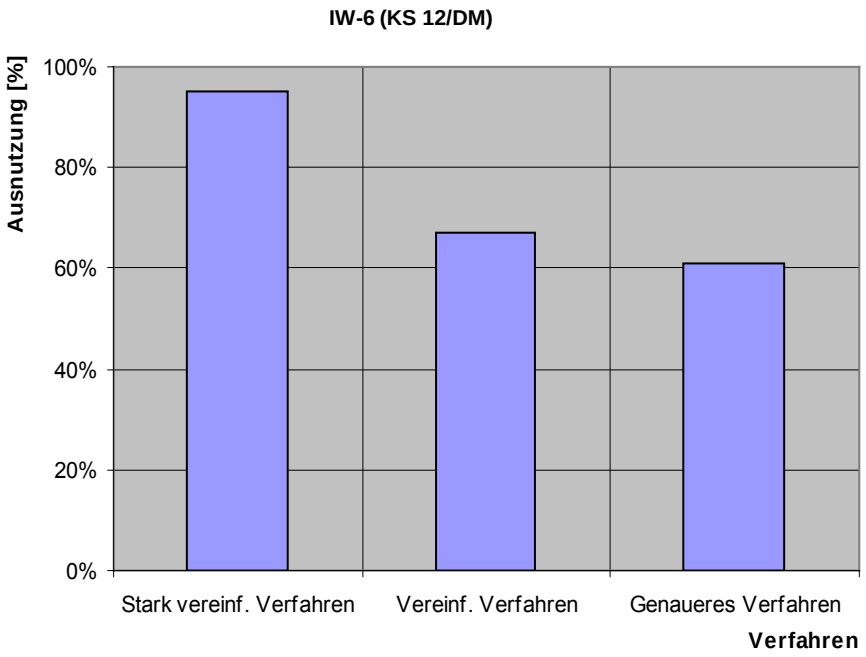
Wandfuß $\quad \alpha = \frac{221}{359} = 0.61$

Ausnutzungsgrad $\quad \alpha = 0.62$



Auswertung der Nachweisverfahren

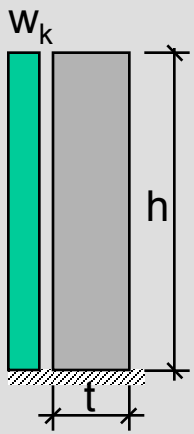




Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

5.2 Freistehende Wand unter Windlast



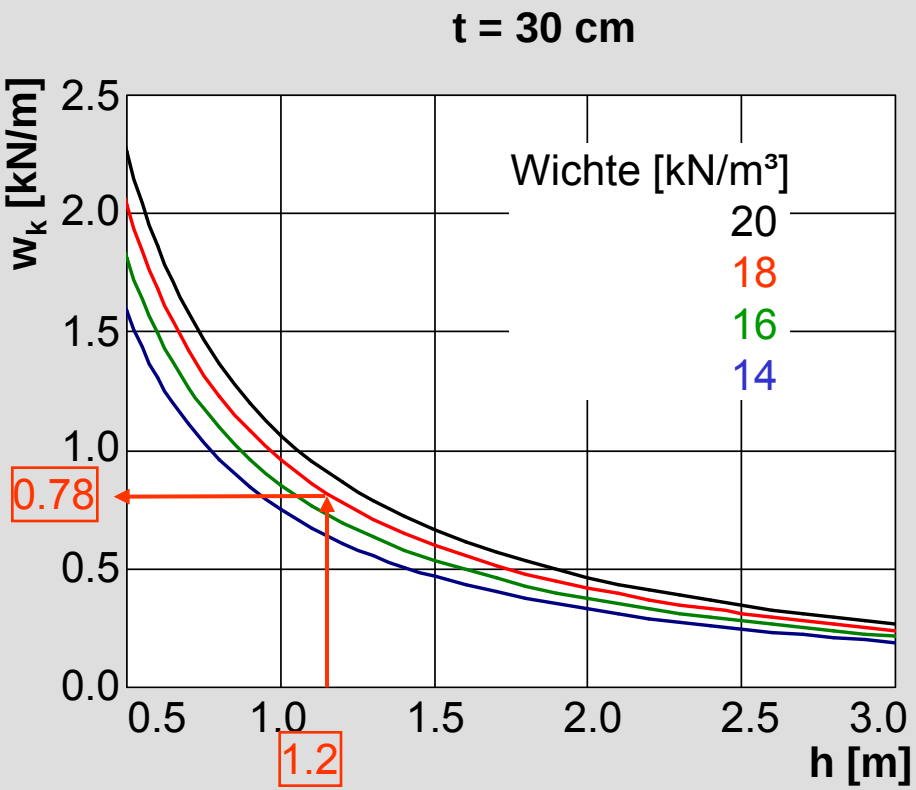
Beispiel

t = 30 cm

h = 1.2 m

Wichte = 18 kN/m³

w_k = 0.78 kN/m²



Freistehende Wand (DIN EN 1991-1-4)

$w_k = c_p \cdot q$

q = 0.50 kN/m² (Binnenland)

c_p = 1.4 (Zone B, l/h ≤ 3)

Nachweis:

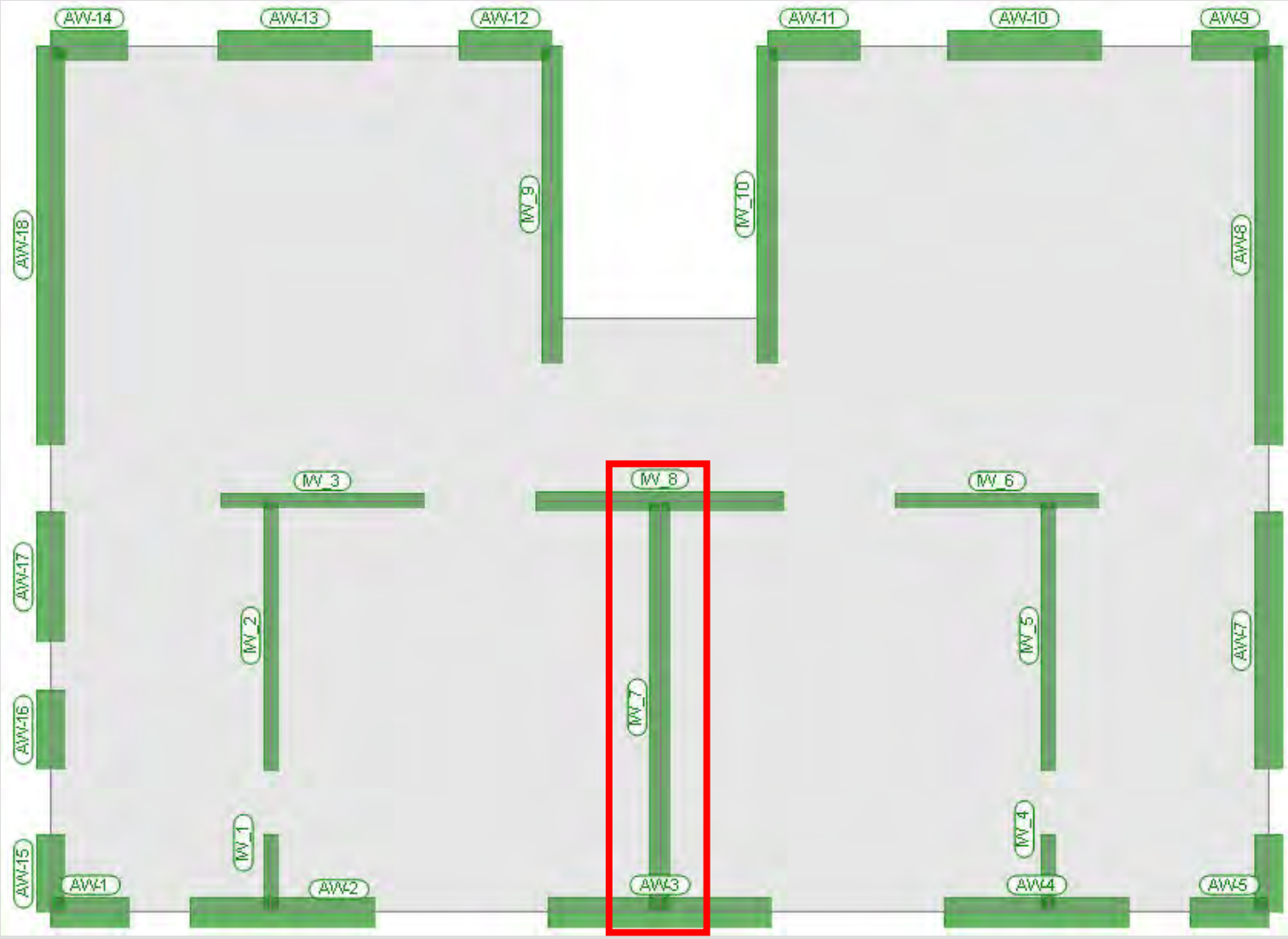
$w_k = 1.4 \cdot 0.5 = 0.7 < 0.78$ kN/m²

(Mauerwerks- und Mörteldruckfestigkeit $f_k \geq 1.8$ N/mm²)

Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

6. Aussteifung: Schubkraftermittlung



6.1 Schub: Reibungsversagen

Querkrafttragfähigkeit infolge Reibungsversagen

$$V_{Rdlt.R} = l_{cal} \cdot f_{vd1} \cdot \frac{t}{c}$$

anzusetzende rechnerische Wandlänge

$$l_{cal} = MIN(1.125 \cdot l; 1.333 \cdot l_{c,lin}) = 5.9\ m$$

$$l_{c,lin} = \frac{3}{2} \cdot (1 - 2\frac{(e_W + e_0)}{l}) \cdot l \le l$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (1 - 2\frac{(0.84 + 0.1)}{5.24}) \cdot 5.24 \le l$$

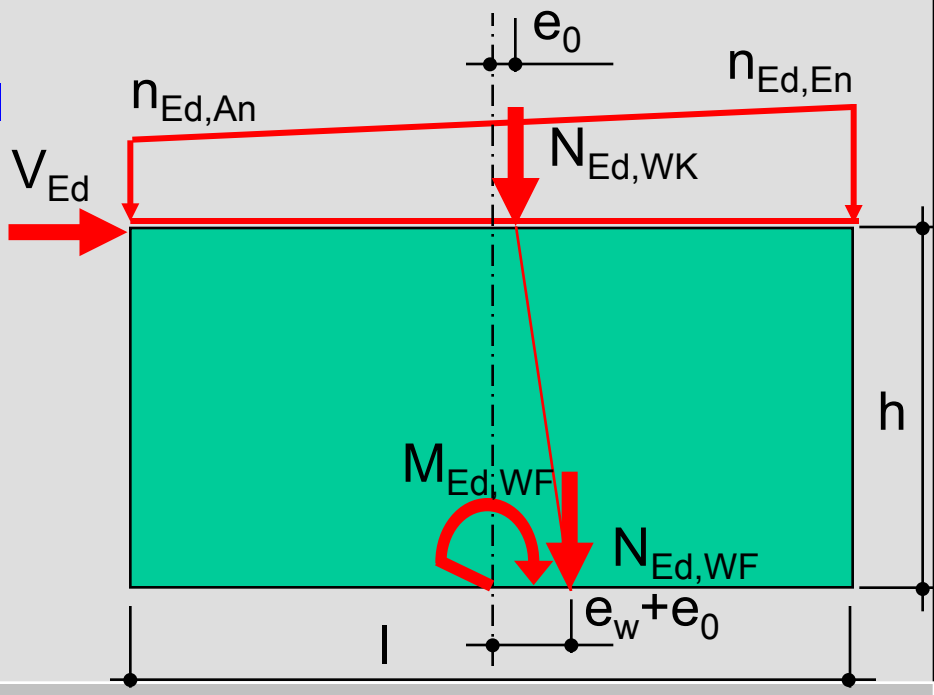
$$= 5.04\ m$$

$$e_W = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{623}{745} = 0.84\ m$$

$$e_0 = 0.1\ m$$

$$l = 5.24\ m$$

$$t = 0.24\ m$$



6.1 Schub: Reibungsversagen

$$c = 1.0 \text{ für } h/l \leq 1.0 \qquad = 1.0$$
$$1.5 \text{ für } h/l \geq 2.0$$

$$h = 2.6\,\text{m}$$

$$f_{vd1} = \frac{f_{lt1}}{\gamma_M} = \frac{0.32}{1.5} = 0.213\,\text{N/mm}^2$$

$$f_{lt1} = k \cdot f_{vk0} + 0.4\,\sigma_{Dd}$$
$$= 0.5 \cdot 0.22 + 0.4 \cdot 0.526 = 0.32\,\text{N/mm}^2$$

$$k = 1.0 \text{ für vermörtelte Stoßfuge}$$
$$0.5 \text{ für unvermörtelte Stoßfuge}$$

$$f_{vk0} = 0.22\ \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{Dd} = \frac{N_{ed}}{t \cdot l_{cal}} = \frac{745}{0.24 \cdot 5.9} = 526\,\text{kN/m}^2$$

$$V_{Rdlt.R} = l_{cal} \cdot f_{vd1} \cdot \frac{t}{c} = 5.9 \cdot 213 \cdot \frac{0.24}{1} = 301\,\text{kN}$$

Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

6.2 Schub: Steinzugversagen

Querkrafttragfähigkeit infolge Steinzugversagen

$$V_{Rdlt.S} = l_{cal} \cdot f_{vd2} \cdot \frac{t}{c} = 5.9 \cdot 207 \cdot \frac{0.24}{1} = 293\ \text{kN}$$

$$l_{cal} = 5.9\ \text{m}$$

$$f_{vd2} = \frac{f_{vlt2}}{\gamma_M} = \frac{0.31}{1.5} = 0.207\ \text{N/mm}^2$$

$$f_{vlt2} = 0.45 \cdot f_{bt.cal} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt.cal}}}$$

$$= 0.45 \cdot 0.48 \sqrt{1 + \frac{0.526}{0.48}} = 0.31\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Dd} = 0.526\ \text{N/mm}^2$$

$$f_{bt.cal} = 0.032 \cdot f_{St} = 0.032 \cdot 15 = 0.48\ \text{N/mm}^2$$

$$f_{St} = 15\ \text{N/mm}^2$$

$$t = 0.24\ \text{m}$$

$$c = 1.0$$

Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

6.3 Schub: Steindruckversagen

Querkrafttragfähigkeit infolge Schubdruckversagen am Wandfuß

- bei Elementmauerwerk mit DM und Überbindemaß $l_{ol} / h_u \leq 0.4$

$$V_{Rdlt.D} = \frac{1}{\gamma_M \cdot c} \cdot (f_k \cdot t \cdot l_c - N_{Ed.max} \cdot \gamma_M) \cdot \frac{l_{ol}}{h_u}$$

$\gamma_M = 1.5$

$t = 0.24\ m$

$c = 1.0$

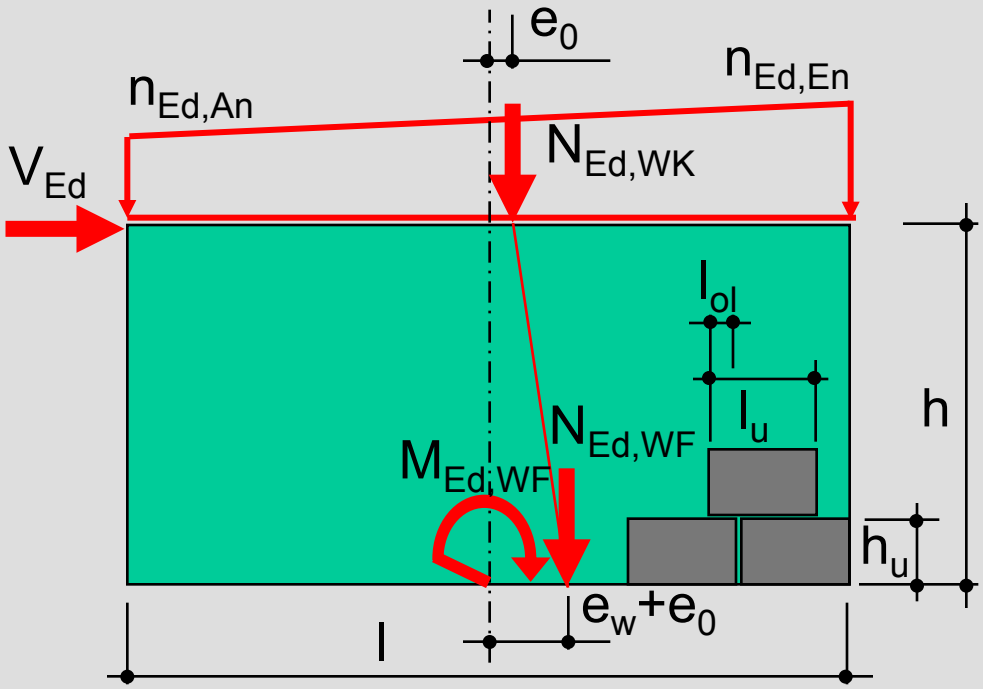
$f_k = 7000\ kN/m^2$

$l_{ol} = 0.4\ h_u$

$N_{Ed.max} = 1173\ kN$

$$l_c = (1 - 2\frac{e_{WF.N_{Ed.max}}}{l}) \cdot l$$

$$= (1 - 2\frac{0.63}{5.24}) \cdot 5.24 = 3.98\ m$$



$$V_{Rdlt.D} = \frac{1}{1.5 \cdot 1} \cdot (7000 \cdot 0.24 \cdot 3.98 - 1173 \cdot 1.5) \cdot 0.4 = 1313\ kN$$

Gliederung

1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

6.4 Schub: Fugenversagen

Querkrafttragfähigkeit infolge Fugenversagen in halber Wandhöhe

- bei Elementmauerwerk mit $h_u > l_u$ und unvermörtelter Stoßfuge

$$V_{Rdlt.K} = \frac{1}{\gamma_M} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{l_u}{h_u} + \frac{l_u}{h}\right) \cdot N_{Ed.m.min}$$

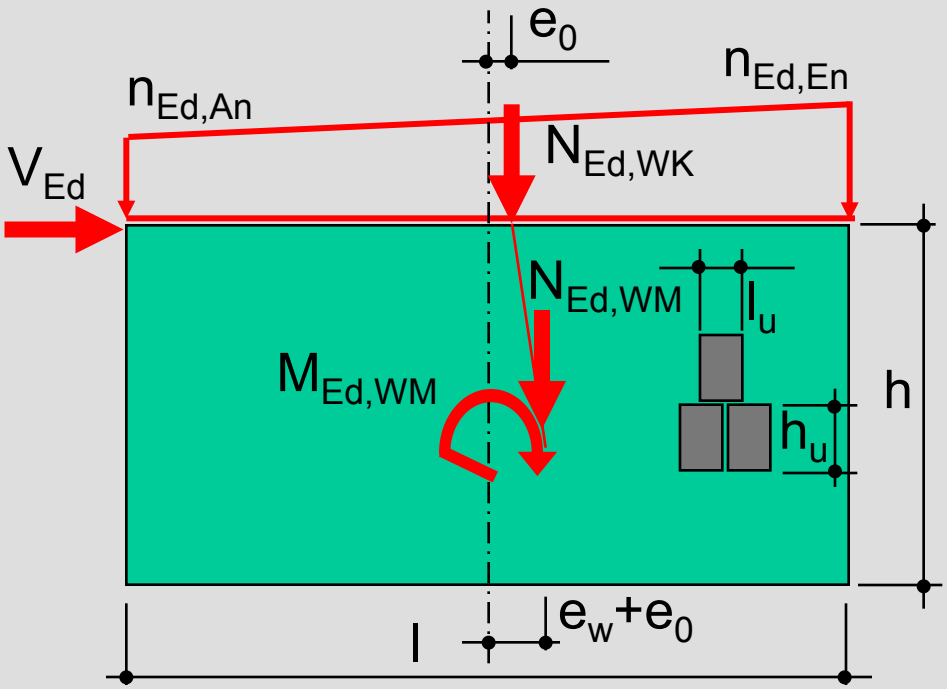
$\gamma_M = 1.5$

$l_u = 0.248\ m$

$h_u = 0.248\ m$

$h = 2.6\ m$

$N_{Ed.m.min} = 708\ kN$



$$V_{Rdlt.K} = \frac{1}{1.5} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{0.248}{0.248} + \frac{0.248}{2.6}\right) \cdot 708 = 344\ kN$$

Schub: Auswertung

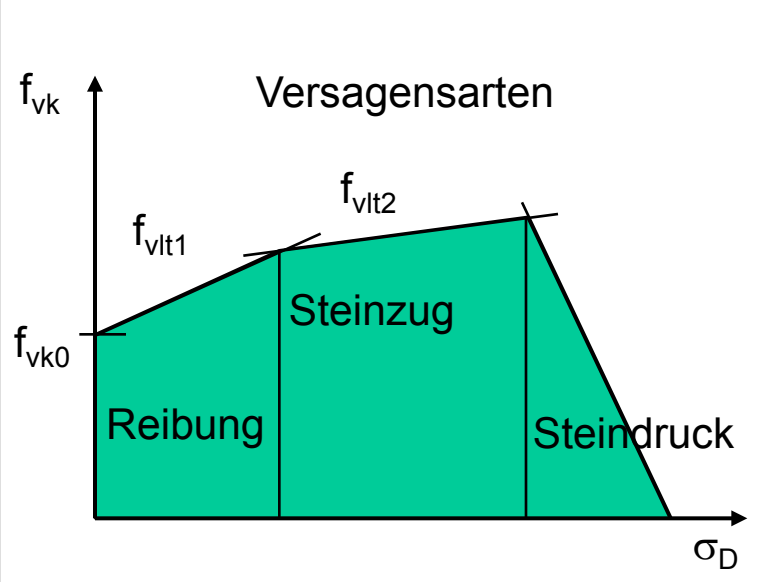
Ausnutzungsgrad α

$$\alpha = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{19}{293} = 6.5\%$$

$$V_{Ed} = 19\ \text{kN}$$

$$V_{Rd} = \text{MIN}(V_{Rdlt.R}, V_{Rdlt.S}, V_{Rdlt.D}, V_{Rdlt.K})$$

$$= \text{MIN}\,(301; 293; 1313; 344) = 293\ \text{kN}$$



Gliederung

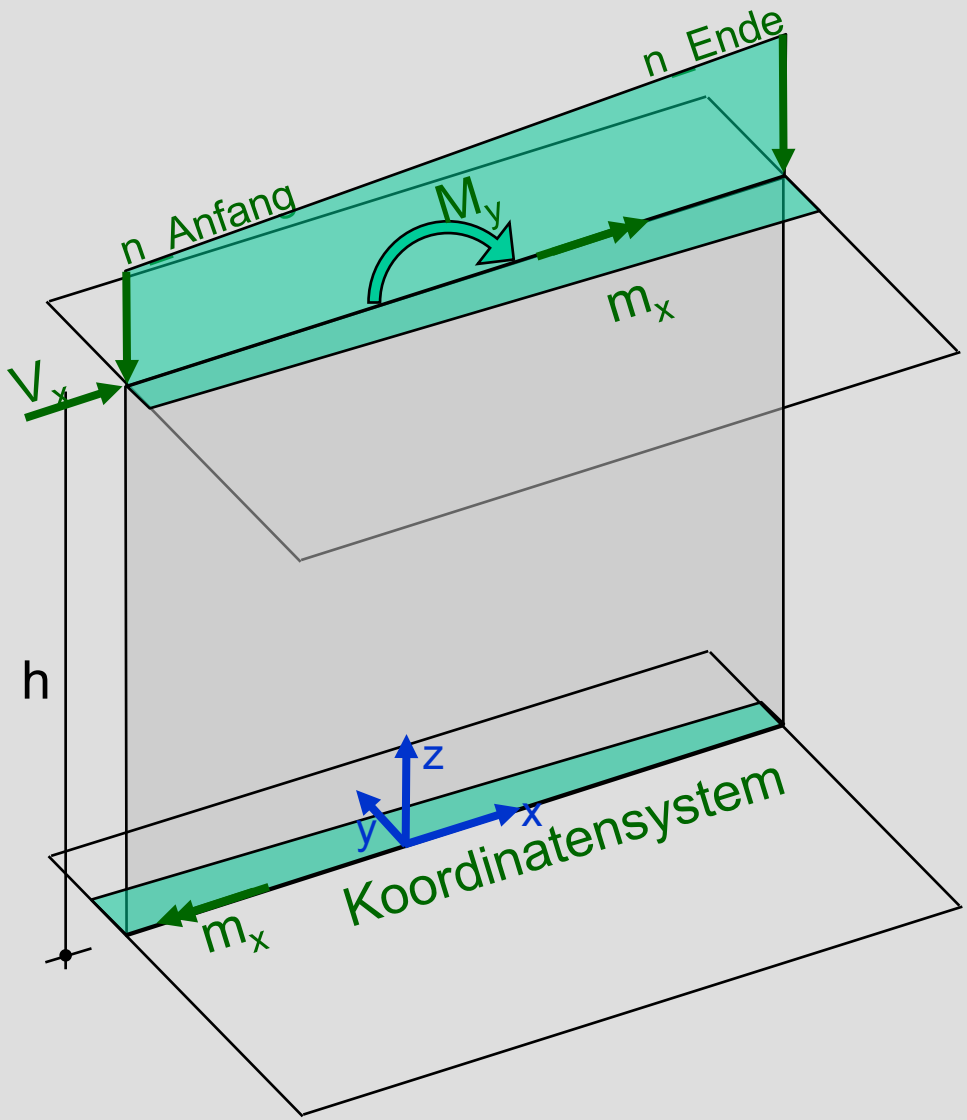
1. Nachweisverfahren nach EC6
2. Einwirkungen/Lasten/Kombinatorik
3. Schnittgrößen
4. Nachweis mit Vereinfachten Verfahren EC6-3
4.1 Stark Vereinfachtes Verfahren (Anhang A)
4.2 Vereinfachtes Verfahren
4.3 Nachweis Kellermauerwerk
5. Nachweis mit Genauerem Verfahren EC6-1-1
5.1 Ausmittige Normalkraftbeanspruchung
5.2 Freistehende Wand
6. Schubnachweis nach EC6-1-1
6.1 Reibungsversagen
6.2 Steinzugversagen
6.3 Steindruckversagen
6.4 Fugenversagen
7. Zusammenfassung

7. Zusammenfassung

- Nachweis der Tragfähigkeit von Mauerwerk auf Grundlage der Schnittgrößenermittlung
- Prüfung der Anwendungsbedingungen für „Vereinfachte Verfahren“
- Anwendung des „Vereinfachten Verfahrens“ zur (Vor)Bemessung, auch wenn die Anwendungsgrenzen nicht eingehalten sind
- Auswahl der maßgebenden Wände für „Genaueren Nachweis“
- Schubnachweis als „Besondere Ingenieurleistung“ bei z.B. Erdbebennachweis

Danke!

5. Einwirkungen: allgemein



7. Ausführung: Lastzentrierung

7. Ausführung: Lastzentrierung

7. Ausführung: Lastzentrierung

7. Ausführung: Lastzentrierung

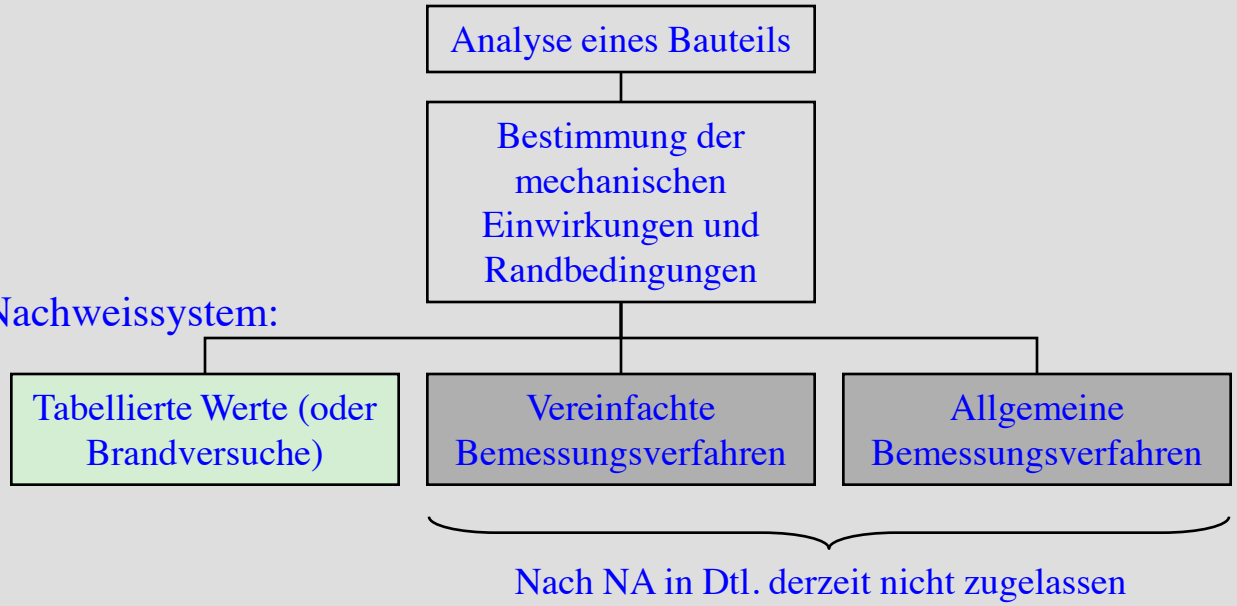
7. Ausführung: Lastzentrierung

7. Ausführung: Lastzentrierung

7. Ausführung: Lastzentrierung

Feuerwiderstandsdauer nach DIN EN 1996-1-2/NA

- Dreistufiges Nachweissystem:



Tabellenwerte der Feuerwiderstandsdauer von Mauerwerkswänden nach EC 6/NA

- Grundlage der Tabellenwerte bildet die Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK)
- Eingangswerte für Anwendung der Tabelle:
  - Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$ bzw. α_{fi}
  - Dicke der Wand t_F
  - Länge der Wand l_F

Ermittlung des Ausnutzungsfaktors

- für $10 \le \frac{h_{ef}}{t} \le 25$

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{15}{25 - \frac{h_{ef}}{t}} \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)}$$

- für $\frac{h_{ef}}{t} \le 10$

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)}$$

- wenn Anwendung von Tab. NA.B.8 (Zeilen 1.4 und 1.5), Tab. NA.B.9 (Zeile 2.4) und Tab. NA.B.10 (Zeilen 1.3.1 bis 1.3.4), dann:

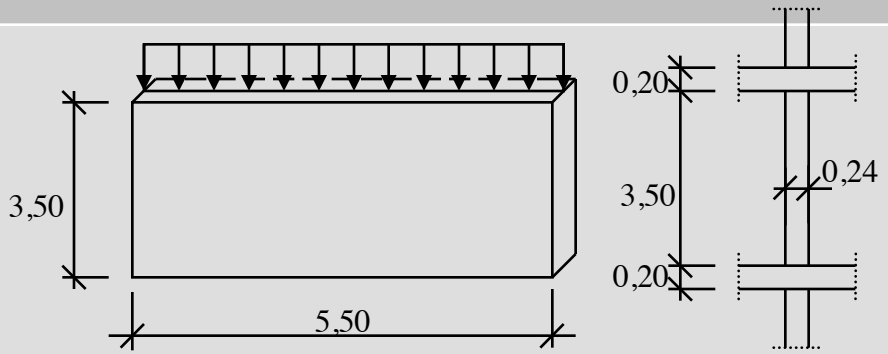
$$\alpha_{fi} = \frac{N_{Ed,fi}}{N_{Rd}}$$

mit:

$N_{Ed,fi}$	Bemessungswert der Normalkraft (Einwirkung) im Brandfall $N_{Ed}, fi = \eta_{fi} \cdot N_{Ed} = 0{,}7 \cdot N_{Ed}$
N_{Rd}	Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands nach EC 6-1-1/NA bzw. EC 6-3/NA
ω	Anpassungsfaktor der MW-Kenngrößen an die versch. Steinarten basierend auf Brandprüfungen
l	Wandlänge
t	Dicke der Wand
f_k	char. Druckfestigkeit des MW
k_0	wenn Wandquerschnitt < 0,10 m², dann $k_0 = 1{,}25$; sonst $k_0 = 1{,}0$
$e_{mk,fi}$	planmäßige Ausmitte von $N_{Ed,fi}$ in halber Geschosshöhe; wenn Nachweis nach EC 6-3/NA und a = t, dann $e_{mk,fi} = 0$
h_{ef}	Knicklänge der Wand

8. Brandschutz: Beispiel

- Kategorie: Lagerraum (Kategorie E)
- Decken: Stahlbeton
- Wand: KS-Vollsteine, SFK 12; NM II
- Mauerwerk: tragend, beidseitig geputzt
- Einwirkungen: $g_k = 152$ kN/m; $q_k = 76$ kN/m
- Nachweis: 1-seitige Brandbeanspruchung



$$n_{Ed,fi} = \gamma_{GA} \cdot G_k + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} = 1{,}0 \cdot 152 + 0{,}80 \cdot 76 = 212{,}8 \text{ kN/m}$$

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0{,}90 \cdot 3{,}50 = 3{,}15 \text{ m}$$

$$h_{ef}/t = 3{,}15/0{,}24 = 13{,}13 \Rightarrow 10 \le \frac{h_{ef}}{t} \le 25 \Rightarrow \alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{15}{25 - \frac{h_{ef}}{t}} \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)}$$

mit: $\omega = 3{,}3$ (aus Tab. NA1)
$l = 1{,}0$ m (Nachweis am 1-m-Streifen)
$t = 0{,}24$ m
$f_k = 5{,}4$ N/mm²
$k_0 = 1{,}0$ (Wandquerschnitt $= 5{,}50 \cdot 0{,}24 = 1{,}32$ m² $> 0{,}1$ m²)
$e_{mk,fi} = 0$ (keine planmäßige Ausmitte in halber Wandhöhe)

$$\alpha_{6,fi} = 3{,}3 \cdot \frac{15}{25 - \frac{3{,}15}{0{,}24}} \cdot \frac{212{,}8}{1{,}0 \cdot 0{,}24 \cdot \frac{5400}{1{,}0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{0}{0{,}24}\right)} \qquad \alpha_{6,fi} = 0{,}68$$

Die tragende, beidseitig geputzte Wand aus KS-Vollsteinen kann in die Feuerwiderstandsklasse REI 180 eingestuft werden.

8. Brandschutz: Tabelle NA1

Tabelle NA.1 — Anpassungsfaktor ω in Abhängigkeit der verwendeten Stein-Mörtel-Kombination

Zeile	Steine	Mörtel	zugehörige Tabelle in DIN EN 1996-1-1/NA:2012-01 bzw. DIN EN 1996-3/NA:2012-01		ω
1	Hochlochziegel HLzA, HLzB Mauertafelziegel T1 Kalksand-Loch- und Hohlblocksteine	NM	NA.4 NA.D.1		2,2
2	Hochlochziegel HLzW Mauertafelziegel T2, T3, T4	NM	NA.5 NA.D.2		1,8
3.1	Vollziegel Kalksand-Voll- und Blocksteine	NM	NA.6 NA.D.3	NM II	3,3
3.2				NM IIa	3,0
3.3				NM III, IIIa	2,6
4	Kalksand-Plansteine Kalksand-Planelemente	DM	NA.7 NA.D.4		2,2[a]
5	Mauerziegel Kalksandsteine	LM	NA.8 NA.D.5		2,2
6.1	Leichtbeton- und Betonsteine	NM	NA.9 NA.D.6	Hbl, Hbn	2,1
6.2				V, Vbl	2,5
6.3				Vn, Vbn, Vm, Vmb	2,8
7	Leichtbeton-Vollblöcke mit Schlitzen Vbl S, Vbl SW	NM	NA.9 NA.D.7		2,2
8	Leichtbeton-Voll- und Lochsteine	LM	NA.9 NA.D.8		2,2[b]
9	Porenbetonsteine	DM	NA.10 NA.D.9		2,1

[a] Bei Planelementen und Plan–Vollsteinen der Steindruckfestigkeitsklassen ≥ 28 ist $\omega = 26$.

[b] Bei Leichtbeton-Voll- und Lochsteine der Steindruckfestigkeitsklassen 6 und 8 und Leichtmauermörtel LM 21 ist $\omega = 3{,}0$.

Forschung und Lehre

8. Brandschutz: Tabelle Einstufung in Feuerwiderstandklasse

Tabelle NA.B.8 — Kalksandstein-Mauerwerk — Mindestdicke tragender, raumabschließender, 1schaliger Wände (Kriterien REI) zur Einstufung in Feuerwiderstandsklassen

Zeilen Nr.	Materialeigenschaften	Mindestwanddicke (mm) t_F zur Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse REI in (Minuten) $t_{fi,d}$					
		30	60	90	120	180	240
1	Kalksandsteine nach DIN EN 771-2 in Verbindung mit DIN V 20000-402 bzw. DIN V 106 Voll- und Blocksteine (auch als Plan- oder Fasensteine) sowie Planelemente unter Verwendung von Normalmauermörtel und Dünnbettmörtel						
1.1	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}15$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	115 (115)	150 (140)	nvg
1.2	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}42$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	140 (115)	175 (140)	nvg
1.3	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}70$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	150 (140)	200 (175)	nvg
	alternativ:						
1.4	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{fi} \leq 0{,}70$	150 (115)	150 (115)	150 (150)	175 (150)	240 (175)	nvg
1.5	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{fi} \leq 0{,}70$ bei flächig aufgelagerten Massivdecken (Auflagertiefe größer Mindestwanddicke)	115 (115)	115 (115)	150[a] (115)	150 (115)	150 (115)	175 (150)
2	Kalksandsteine nach DIN EN 771-2 in Verbindung mit DIN V 20000-402 bzw. DIN V 106 Loch- und Hohlblocksteine (auch als Plan- oder Fasensteine) unter Verwendung von Normalmauermörtel und Dünnbettmörtel						
2.1	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}15$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	115 (115)	175 (140)	nvg
2.2	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}42$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	140 (115)	200 (140)	nvg
2.3	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi} \leq 0{,}70$	115 (115)	115 (115)	115 (115)	200 (140)	240 (175)	nvg

Die Klammerwerte gelten für Wände mit beidseitigem Putz nach 4.2 (1).

[a] Bei $\alpha_{fi} \leq 0{,}6$, $t \geq 115$ mm.

Nur für Forschung und Lehre