

### Beispiel für eine statisch unbestimmte Aussteifung mit einem Profil

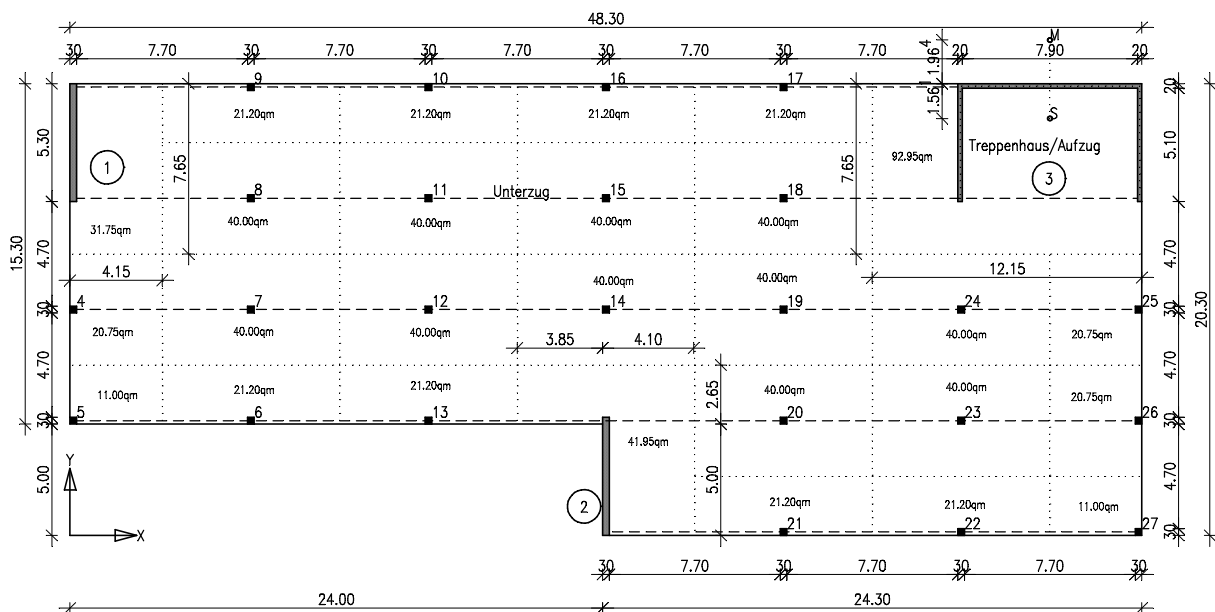
Der unten dargestellte Grundriss zeigt ein 5-stöckiges Bürogebäude mit gleichen Geschossen. Die Einzugsflächen für die Bauteile sind eingezeichnet, ebenso der Schubmittelpunkt des Aussteifungselementes 3.

#### Hinweise:

Die Einzelträgheitsmomente für Torsion und Verwölbung sind vernachlässigbar klein. Näherungsweise kann davon ausgegangen werden, dass alle Geschosse die gleiche Belastung haben. Die Aussteifungselemente sind in eine steife Bodenplatte eingespannt.

**Gegeben:** Baustoffe: Beton C25/30, Baustahl BSt 500 SA/MA  
 Geschosslasten:  $g_k = 8 \text{ kN/m}^2$   $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$   
 $\Delta g_k = 2 \text{ kN/m}^2$  (nur für den Nachweis der Gesamtstabilität)  
 Windlasten: vereinfacht nach EC 2, Windzone 1, Binnenland  
 Schiefstellung: nach EC 2  
 Geschosshöhen:  $h_{EG} = 4,50 \text{ m}$ ,  $4 \times h_{OG} = 3,50 \text{ m}$

**Gesucht:** a) Nachweis, dass nach Theorie I. Ordnung gerechnet werden darf.  
 b) Schnittgrößen und Bemessung der Elemente 1 und 3 am Anschnitt zur Bodenplatte für den Lastfall  $\max N/\max M$  mit Leiteinwirkung Wind.



$$\text{Geschosslasten: } g_k := 8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_k := 5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \Delta g_k := 2.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad p_k := g_k + q_k = 13 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Gesamtlast für die Schiefstellung: } p_{k\varphi} := p_k + \Delta g_k = 15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_g := 1.35 \quad \gamma_q := 1.5 \quad g_d := g_k \cdot \gamma_g = 10.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_d := q_k \cdot \gamma_q = 7.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad p_d := g_d + q_d = 18.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A_{s6} := 0.283 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s8} := 0.503 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s10} := 0.785 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s12} := 1.131 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s14} := 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s20} := 3.14 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s25} := 4.91 \cdot \text{cm}^2$$

Geschoßfläche:

$$bb_0 := 24.00\cdot\text{m} \quad bb_1 := 24.30\cdot\text{m}$$

$$hh_0 := 15.30\cdot\text{m} \quad hh_1 := 20.30\cdot\text{m}$$

$$xs_0 := 12.00\cdot\text{m} \quad xs_1 := 36.15\cdot\text{m}$$

$$ys_0 := 12.65\cdot\text{m} \quad ys_1 := 10.15\cdot\text{m}$$

Gesamtabmessungen des Gebäudes:

$$B_y := hh_1 = 20.3\text{ m}$$

$$B_x := bb_0 + bb_1 = 48.3\text{ m}$$

Flächenschwerpunkt für Schiefstellung:  $AA := (bb \cdot hh) = \begin{pmatrix} 367.2 \\ 493.29 \end{pmatrix} \text{m}^2$   $gesA := \sum AA = 860.49\text{m}^2$

$$x_s := \frac{\sum (AA \cdot xs)}{gesA} = 25.844\text{ m} \quad y_s := \frac{\sum (AA \cdot ys)}{gesA} = 11.217\text{ m}$$

Geschoßhöhen:  $h_0 := 4.50\cdot\text{m} \quad h_1 := 3.50\cdot\text{m} \quad h_2 := 3.50\cdot\text{m} \quad h_3 := 3.50\cdot\text{m} \quad h_4 := 3.50\cdot\text{m} \quad h_{tot} := \sum h = 18.5\text{ m}$

Anzahl Geschoße:  $n_g := 5$

Wandscheiben:

$$\begin{array}{lll} l_0 := 5.30\cdot\text{m} & l_1 := 5.30\cdot\text{m} & l_2 := 1.00\cdot\text{m} \\ d_0 := 0.30\cdot\text{m} & d_1 := 0.30\cdot\text{m} & d_2 := 12.00\cdot\text{m} \\ x_0 := 0.15\cdot\text{m} & x_1 := 24.15\cdot\text{m} & x_2 := 44.15\cdot\text{m} \\ y_0 := 17.65\cdot\text{m} & y_1 := 2.65\cdot\text{m} & y_2 := 22.264\cdot\text{m} \\ fx_0 := 0 & fx_1 := 0 & fx_2 := 42.997787 \\ fy_0 := 1 & fy_1 := 1 & fy_2 := 10.854555 \end{array}$$

Beton: C25/30

$$E_{cm} := 31000 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$E_{cd} := \frac{E_{cm}}{1.2} = 25833.333 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$E_0 := E_{cd} \quad E_1 := E_{cd} \quad E_2 := E_{cd}$$

Lasteinzugsflächen und Hebelarme:

$$\begin{array}{llllll} A_0 := 31.75\cdot\text{m}^2 & a_0 := 31.32\cdot\text{m} & A_{10} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{10} := 16.58\cdot\text{m} & A_{20} := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_{20} := 22.13\cdot\text{m} \\ A_1 := 41.95\cdot\text{m}^2 & a_1 := 20.82\cdot\text{m} & A_{11} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{11} := 19.26\cdot\text{m} & A_{21} := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_{21} := 23.88\cdot\text{m} \\ A_2 := 92.95\cdot\text{m}^2 & a_2 := 13.02\cdot\text{m} & A_{12} := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_{12} := 22.74\cdot\text{m} & A_{22} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{22} := 19.34\cdot\text{m} \\ A_3 := 20.75\cdot\text{m}^2 & a_3 := 33.27\cdot\text{m} & A_{13} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{13} := 13.98\cdot\text{m} & A_{23} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{23} := 15.10\cdot\text{m} \\ A_4 := 11.00\cdot\text{m}^2 & a_4 := 35.39\cdot\text{m} & A_{14} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{14} := 9.97\cdot\text{m} & A_{24} := 20.75\cdot\text{m}^2 & a_{24} := 20.89\cdot\text{m} \\ A_5 := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_5 := 28.65\cdot\text{m} & A_{15} := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_{15} := 7.29\cdot\text{m} & A_{25} := 20.75\cdot\text{m}^2 & a_{25} := 24.13\cdot\text{m} \\ A_6 := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_6 := 25.98\cdot\text{m} & A_{16} := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_{16} := 2.34\cdot\text{m} & A_{26} := 11.00\cdot\text{m}^2 & a_{26} := 27.90\cdot\text{m} \\ A_7 := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_7 := 24.06\cdot\text{m} & A_{17} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{17} := 7.18\cdot\text{m} & & \\ A_8 := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_8 := 23.08\cdot\text{m} & A_{18} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{18} := 12.15\cdot\text{m} & & \\ A_9 := 21.20\cdot\text{m}^2 & a_9 := 15.13\cdot\text{m} & A_{19} := 40.00\cdot\text{m}^2 & a_{19} := 17.14\cdot\text{m} & & \end{array}$$

$$\text{Trägheitsmomente: } I_x := \left( \frac{\Gamma^3 \cdot d}{12} \cdot f_y \right) = \begin{pmatrix} 3.72192 \\ 3.72192 \\ 10.85455 \end{pmatrix} \text{m}^4 \quad I_y := \left( \frac{\Gamma^3 \cdot d}{12} \cdot f_x \right) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 42.99779 \end{pmatrix} \text{m}^4$$

Schubmittelpunkt:

$$\text{sumIx} := \sum (\overrightarrow{E \cdot I_x}) = 472708.796 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2 \quad \text{sumIy} := \sum (\overrightarrow{E \cdot I_y}) = 1110776.164 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{sumIxx} := \sum (\overrightarrow{E \cdot I_x \cdot x}) = 1.472 \times 10^7 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^3 \quad \text{sumIyy} := \sum (\overrightarrow{E \cdot I_y \cdot y}) = 2.473 \times 10^7 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^3$$

$$x_{SM} := \frac{\text{sumIxx}}{\text{sumIx}} = 31.132 \text{ m} \quad y_{SM} := \frac{\text{sumIyy}}{\text{sumIy}} = 22.264 \text{ m}$$

$$\text{Abstände zum Schubmittelpunkt: } e_x := \begin{pmatrix} x - x_{SM} \\ -6.982 \\ 13.018 \end{pmatrix} \text{ m} \quad e_y := \begin{pmatrix} y - y_{SM} \\ -4.614 \\ -19.614 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ m}$$

$$F_\alpha := n_g \cdot \text{gesA} \cdot p_{k\varphi} = 64536.75 \cdot \text{kN}$$

$$\alpha_y := \frac{F_\alpha \cdot h_{tot}^2}{\text{sumIx}} = 0.0467 \quad \alpha_x := \frac{F_\alpha \cdot h_{tot}^2}{\text{sumIy}} = 0.0199 \quad !< \quad \min\alpha := 0.31 \frac{n_g}{n_g + 1.6} = 0.235$$

$$I_\omega := \sum (\overrightarrow{I_x \cdot e_x^2}) + \sum (\overrightarrow{I_y \cdot e_y^2}) = 5593.558 \text{ m}^6 \quad EI_\omega := \sum (\overrightarrow{E \cdot I_x \cdot e_x^2}) + \sum (\overrightarrow{E \cdot I_y \cdot e_y^2}) = 144500256.35 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^4$$

	0
0	476.25
1	629.25
2	1394.25
3	311.25
4	165
5	318
6	600
7	600
8	318
9	318
10	600
11	600
12	318
13	600
14	600
15	318
16	318
17	600
18	600
19	600
20	318
21	318
22	600
23	...

$$F_{\alpha i} := A \cdot p_{k\varphi} = \text{kN} \quad F_{\alpha id} := A \cdot p_d = \text{kN}$$

	0
0	581.025
1	767.685
2	1700.985
3	379.725
4	201.3
5	387.96
6	732
7	732
8	387.96
9	387.96
10	732
11	732
12	387.96
13	732
14	732
15	387.96
16	387.96
17	732
18	732
19	732
20	387.96
21	387.96
22	...

$$\text{sumFr} := \sum (\overrightarrow{F_{\alpha i} \cdot a^2}) = 4970.04 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$\alpha_{rot} := \frac{1}{\left( \frac{1}{h_{tot}} \cdot \sqrt{\frac{EI_\omega}{\text{sumFr} \cdot n_g}} \right)^2} = 0.059$$

$$!< \min\alpha = 0.235$$

mittlere Längskraft je Stütze für Tragfähigkeit:  $n_{ges} := 27$ 

$$N_{Edm} := \frac{\text{gesA} \cdot p_d}{n_{ges}} = 583.221 \cdot \text{kN}$$

$$0.7 \cdot N_{Edm} = 408.255 \cdot \text{kN} \quad >>> \quad n_s := 14$$

Exzentrizitäten:  $e_{xH} := x_s - x_{SM} = -5.288 \text{ m}$   
 $e_{yH} := y_s - y_{SM} = -11.047 \text{ m}$

$b_{xw} := B_x \cdot 0.1 = 4.83 \text{ m}$   
 $b_{yw} := B_y \cdot 0.1 = 2.03 \text{ m}$

Verschiebungsanteile:  $w_x := \frac{\overrightarrow{(E \cdot I_y)}}{\text{sumIy}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

$w_y := \frac{\overrightarrow{(E \cdot I_x)}}{\text{sumIx}} = \begin{pmatrix} 0.2034 \\ 0.2034 \\ 0.5932 \end{pmatrix}$

Verdrehungsanteile:  $dx := \frac{\overrightarrow{(E \cdot I_y \cdot e_y)}}{EI_\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ m}^{-1}$

$dy := \frac{\overrightarrow{(E \cdot I_x \cdot e_x)}}{EI_\omega} = \begin{pmatrix} -0.02062 \\ -0.00465 \\ 0.02526 \end{pmatrix} \text{ m}^{-1}$

**Horizontallast aus Schiefstellung:**

$\Theta_0 := \frac{1}{200}$        $n_s = 14$

$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{n_s}\right)} = 0.732$

$\alpha_{th} := \frac{2}{\sqrt{\frac{h_{tot}}{m}}} = 0.465$

$\Theta_i := \Theta_0 \cdot \alpha_{th} \cdot \alpha_m = 0.0017017$

aus ständigen Lasten:      hebel :=  $h_0 + h_1 \cdot 2 = 11.5 \text{ m}$

$H_{\alpha g1} := \text{gesA} \cdot (g_k + \Delta g_k) \cdot \Theta_i = 14.643 \cdot \text{kN}$        $H_{\alpha g} := n_g \cdot H_{\alpha g1} = 73.214 \cdot \text{kN}$        $M_{\alpha g} := H_{\alpha g} \cdot \text{hebel} = 841.966 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

aus veränderlichen Lasten:

$H_{\alpha q1} := \text{gesA} \cdot q_k \cdot \Theta_i = 7.321 \cdot \text{kN}$

$H_{\alpha q} := n_g \cdot H_{\alpha q1} = 36.607 \cdot \text{kN}$

$M_{\alpha q} := H_{\alpha q} \cdot \text{hebel} = 420.983 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

**Horizontallast aus Wind :**

$q_w := 0.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$        $c_f := 1.3$        $w_1 := c_f \cdot q_w = 0.975 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$W_x := w_1 \cdot h_{tot} \cdot B_y = 366.161 \cdot \text{kN}$

$M_{yw} := W_x \cdot h_{tot} \cdot 0.5 = 3386.992 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$W_y := w_1 \cdot h_{tot} \cdot B_x = 871.211 \cdot \text{kN}$

$M_{xw} := W_y \cdot h_{tot} \cdot 0.5 = 8058.704 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

**Berechnung der Bemessungslasten für LF maxN:**

$\gamma_{wg} := 1.35$       mit/ohne Verkehr:       $f_q := 1.0$

$\psi_{0w} := 1.0$        $\psi_{0q} := 0.7$

$W_{xd} := W_x \cdot \gamma_q \cdot \psi_{0w} = 549.242 \cdot \text{kN}$

$M_{ywd} := M_{yw} \cdot \gamma_q \cdot \psi_{0w} = 5080.487 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$W_{yd} := W_y \cdot \gamma_q \cdot \psi_{0w} = 1306.817 \cdot \text{kN}$

$M_{xwd} := M_{xw} \cdot \gamma_q \cdot \psi_{0w} = 12088.056 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$H_{\alpha d} := H_{\alpha g} \cdot \gamma_g + H_{\alpha q} \cdot f_q \cdot \gamma_q \cdot \psi_{0q} = 137.277 \cdot \text{kN}$

$M_{\alpha d} := M_{\alpha g} \cdot \gamma_g + M_{\alpha q} \cdot f_q \cdot \gamma_q \cdot \psi_{0q} = 1578.686 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$W_{xk} := W_x \cdot \psi_{0w} = 366.161 \cdot \text{kN}$

$M_{ywk} := M_{yw} \cdot \psi_{0w} = 3386.992 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$W_{yk} := W_y \cdot \psi_{0w} = 871.211 \cdot \text{kN}$

$M_{xwk} := M_{xw} \cdot \psi_{0w} = 8058.704 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$H_{\alpha k} := H_{\alpha g} + H_{\alpha q} \cdot f_q \cdot \psi_{0q} = 98.839 \cdot \text{kN}$

$M_{\alpha k} := M_{\alpha g} + M_{\alpha q} \cdot f_q \cdot \psi_{0q} = 1136.654 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Kräfte auf die Wandscheiben im Geschoß, Wind X nach oben versetzt:

$$W_{\text{refx}} := 100 \cdot \text{kN} \quad W_{\text{refy}} := 100 \cdot \text{kN}$$

$$e_{yw} := -y_{SM} + B_y \cdot 0.5 + b_{yw} = -10.084 \text{ m}$$

$$H_x := W_{\text{refx}} = 100 \cdot \text{kN}$$

$$M_T := H_x \cdot e_{yw} = -1008.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$P_{xwxo} := H_x \cdot w_x + M_T \cdot dx = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$P_{ywxo} := M_T \cdot dy = \begin{pmatrix} 20.789 \\ 4.685 \\ -25.474 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Kräfte auf die Wandscheiben im Geschoß, Wind X nach unten versetzt:

$$e_{yx} := -y_{SM} + B_y \cdot 0.5 - b_{yw} = -14.144 \text{ m}$$

$$H_x := W_{\text{refx}} = 100 \cdot \text{kN}$$

$$M_T := H_x \cdot e_{yw} = -1414.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$P_{xwxu} := H_x \cdot w_x + M_T \cdot dx = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$P_{ywxu} := M_T \cdot dy = \begin{pmatrix} 29.159 \\ 6.571 \\ -35.73 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Kräfte auf die Wandscheiben im Geschoß, Wind Y nach rechts versetzt:

$$e_{xw} := -x_{SM} + B_x \cdot 0.5 + b_{xw} = -2.152 \text{ m}$$

$$H_y := W_{\text{refy}} = 100 \cdot \text{kN}$$

$$M_T := H_y \cdot e_{xw} = -215.23 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$P_{xwyr} := M_T \cdot dx = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$P_{ywyr} := H_y \cdot w_y + M_T \cdot dy = \begin{pmatrix} 24.777 \\ 21.34 \\ 53.883 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Kräfte auf die Wandscheiben im Geschoß, Wind Y nach links versetzt:

$$e_{xw} := -x_{SM} + B_x \cdot 0.5 - b_{xw} = -11.812 \text{ m}$$

$$H_y := W_{\text{refy}} = 100 \cdot \text{kN}$$

$$M_T := H_y \cdot e_{xw} = -1181.23 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$P_{xwyl} := M_T \cdot dx = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$P_{ywyl} := H_y \cdot w_y + M_T \cdot dy = \begin{pmatrix} 44.692 \\ 25.828 \\ 29.48 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Kräfte auf die Wandscheiben im Geschoß, Schiefstellung in Y-Richtung :

$$H_{\text{ref}} := 100 \cdot \text{kN}$$

$$H_x := H_{\text{ref}} = 100 \cdot \text{kN}$$

$$M_T := H_y \cdot e_{xH} = -528.791 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$P_{xsy} := M_T \cdot dx = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$P_{ysy} := H_y \cdot w_y + M_T \cdot dy = \begin{pmatrix} 31.241 \\ 22.797 \\ 45.962 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Kräfte auf die Wandscheiben im Geschoß, Schiefstellung in X-Richtung:

$$H_x := H_{\text{ref}} = 100 \cdot \text{kN}$$

$$M_T := H_x \cdot e_{yH} = -1104.717 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$P_{xss} := H_x \cdot w_x + M_T \cdot dx = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$P_{yss} := M_T \cdot dy = \begin{pmatrix} 22.774 \\ 5.132 \\ -27.907 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

**BEMESSUNG (C25/30 BSt 500 SA/MA)**

$$\gamma_s := 1.15 \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{yk} := 500 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad f_{ck} := 25 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad \alpha := 0.85 \quad f_{ctm} := 2.6 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$E_s := 200000 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad f_{cd} := \frac{\alpha \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 14.167 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.783 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad \epsilon_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.002174$$

**zur Bemessung von W3: Wind in y-Richtung nach rechts versetzt + Schiefstellung in y-Richtung:**

$$M_{x3k} := M_{xwk} \cdot \frac{P_{ywy_r2}}{H_y} + M_{ok} \cdot \frac{P_{y_sy_2}}{H_y} = 4864.669 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{y3k} := W_{yk} \cdot \frac{P_{ywy_r2}}{H_y} + H_{ok} \cdot \frac{P_{y_sy_2}}{H_y} = 514.86 \cdot \text{kN}$$

$$M_{x3d} := M_{xwd} \cdot \frac{P_{ywy_r2}}{H_y} + M_{od} \cdot \frac{P_{y_sy_2}}{H_y} = 7238.957 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{y3d} := W_{yd} \cdot \frac{P_{ywy_r2}}{H_y} + H_{od} \cdot \frac{P_{y_sy_2}}{H_y} = 767.243 \cdot \text{kN}$$

**zur Bemessung von W3: Wind in x-Richtung nach oben versetzt + Schiefstellung in x-Richtung:**

$$M_{y3k} := M_{ywk} \cdot \frac{P_{xwx_o2}}{H_x} + M_{ok} \cdot \frac{P_{x_sx_2}}{H_x} = 4523.645 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{x3k} := W_{xk} \cdot \frac{P_{xwx_o2}}{H_x} + H_{ok} \cdot \frac{P_{x_sx_2}}{H_x} = 465.001 \cdot \text{kN}$$

$$M_{y3d} := M_{ywd} \cdot \frac{P_{xwx_o2}}{H_x} + M_{od} \cdot \frac{P_{x_sx_2}}{H_x} = 6659.173 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{x3d} := W_{xd} \cdot \frac{P_{xwx_o2}}{H_x} + H_{od} \cdot \frac{P_{x_sx_2}}{H_x} = 686.519 \cdot \text{kN}$$

**zur Bemessung von W1: Wind in y-Richtung nach links versetzt + Schiefstellung in y-Richtung:**

$$M_{x1k} := M_{xwk} \cdot \frac{P_{ywy_l0}}{H_y} + M_{ok} \cdot \frac{P_{y_sy_0}}{H_y} = 3956.683 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{y1k} := W_{yk} \cdot \frac{P_{ywy_l0}}{H_y} + H_{ok} \cdot \frac{P_{y_sy_0}}{H_y} = 420.238 \cdot \text{kN}$$

$$M_{x1d} := M_{xwd} \cdot \frac{P_{ywy_l0}}{H_y} + M_{od} \cdot \frac{P_{y_sy_0}}{H_y} = 5895.569 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{y1d} := W_{yd} \cdot \frac{P_{ywy_l0}}{H_y} + H_{od} \cdot \frac{P_{y_sy_0}}{H_y} = 626.927 \cdot \text{kN}$$

Es wird nur Wind in y-Richtung betrachtet.

**Abmessung des Elementes 3:**  $b_w := 0.20 \cdot \text{m}$   $\gamma_B := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  vereinfachte Annahme:

$$l_1 := 5.30 \cdot \text{m} \quad l_2 := 7.90 \cdot \text{m} \quad A_{\text{kern}} := 2 \cdot l_1 \cdot b_w + l_2 \cdot b_w = 3.7 \text{m}^2 \quad e_{x_{\text{w}}} := 1.925 \cdot \text{m} \quad e_{y_{\text{w}}} := 2.264 \cdot \text{m}$$

$$\text{Einzugsfläche: } b_1 := 12.15 \cdot \text{m} \quad b_2 := 7.65 \cdot \text{m} \quad A_e := b_1 \cdot b_2 = 92.948 \text{m}^2$$

$$\text{Eigengewicht der Wandscheiben: } G_w := A_{\text{kern}} \cdot h_{\text{tot}} \cdot \gamma_B = 1711.25 \cdot \text{kN}$$

**Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:**  $p_{k_{\text{w}}} := g_k + q_k \cdot \psi_{0q} = 11.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$\text{Auflast: } N_p := -n_g \cdot p_k \cdot A_2 = -5344.625 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Gesamtlast am Wandfuß: } N_{\text{ges}} := N_p - G_w = -7055.875 \cdot \text{kN}$$

$$M_{x_{\text{ges}}} := M_{x3k} - N_p \cdot e_y = 16964.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y_{\text{ges}}} := N_p \cdot e_x = -10288.403 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Trägheitsmomente Kern: } I_{yy} := I_{y_2} = 42.998 \text{m}^4 \quad I_{xx} := I_{x_2} = 10.855 \text{m}^4$$

Abstände zur Ecke:  $x_r := 4.05 \cdot \text{m}$   $y_o := 1.462 \cdot \text{m}$   $x_l := -4.05 \cdot \text{m}$   $y_u := -3.738 \cdot \text{m}$

$$\text{Randspannung oben rechts: } \sigma_1 := \frac{N_{\text{ges}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{x\text{ges}} \cdot y_o}{I_{xx}} - \frac{M_{y\text{ges}} \cdot x_r}{I_{yy}} = 1347.083 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq f_{\text{ctm}} = 2.6 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Randspannung unten links: } \sigma_2 := \frac{N_{\text{ges}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{x\text{ges}} \cdot y_u}{I_{xx}} - \frac{M_{y\text{ges}} \cdot x_l}{I_{yy}} = -8718.296 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Randspannung oben links: } \sigma_3 := \frac{N_{\text{ges}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{x\text{ges}} \cdot y_o}{I_{xx}} - \frac{M_{y\text{ges}} \cdot x_l}{I_{yy}} = -591.065 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Randspannung unten rechts: } \sigma_4 := \frac{N_{\text{ges}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{x\text{ges}} \cdot y_u}{I_{xx}} - \frac{M_{y\text{ges}} \cdot x_r}{I_{yy}} = -6780.148 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Grenzzustand der Tragfähigkeit:**  $p_{d1} := g_k \cdot \gamma_g + q_k \cdot \gamma_q \cdot \psi_{0q} = 16.05 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$N_{\text{Ed1}} := -n_g \cdot p_d \cdot A_e = -7459.037 \cdot \text{kN} \quad N_{\text{Ed}} := N_{\text{Ed1}} - G_w \cdot \gamma_g = -9769.224 \cdot \text{kN}$$

$$M_{\text{Edx}} := M_{x3d} - N_{\text{Ed1}} \cdot e_y = 24126.216 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Edy}} := N_{\text{Ed1}} \cdot e_x = -14358.646 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Randspannung oben rechts: } \sigma_{1w} := \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{\text{Edx}} \cdot y_o}{I_{xx}} - \frac{M_{\text{Edy}} \cdot x_r}{I_{yy}} = 1961.683 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Randspannung unten links: } \sigma_{2w} := \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{\text{Edx}} \cdot y_u}{I_{xx}} - \frac{M_{\text{Edy}} \cdot x_l}{I_{yy}} = -12301.167 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq f_{\text{cd}} = 14.167 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Randspannung oben links: } \sigma_{3w} := \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{\text{Edx}} \cdot y_o}{I_{xx}} - \frac{M_{\text{Edy}} \cdot x_l}{I_{yy}} = -743.225 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Randspannung unten rechts: } \sigma_{4w} := \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{kern}}} + \frac{M_{\text{Edx}} \cdot y_u}{I_{xx}} - \frac{M_{\text{Edy}} \cdot x_r}{I_{yy}} = -9596.26 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Zugkraftdeckung für Wandteil links von Pos. 3:**  $l_2 = 7.9 \text{ m}$

$$\text{Nulldurchgang von oben } x_0 := \frac{\sigma_1 \cdot l_2}{\sigma_1 - \sigma_3} = 5.729 \text{ m}$$

$$Z := \sigma_1 \cdot b_w \cdot x_0 \cdot 0.5 = 1123.912 \cdot \text{kN} \quad A_s := \frac{Z}{f_{yd}} = 25.85 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{gewählt je Seite: } \text{vorh}A_{s1} := 6 \cdot A_{s25} = 29.46 \cdot \text{cm}^2$$

**Weitere Nachweise: Knicken um die schwache Achse (Beulen) + Querkraft (vgl. W1 unten)**

**Bemessung der Wandscheibe 1:**  $hw := 5.30 \cdot m$   $\underline{bw} := 0.30 \cdot m$   $l_{ez} := 7.65 \cdot m$

**Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:**  $p_k = 11.5 \cdot \frac{kN}{m^2}$

Eigengewicht der Wandscheibe/Geschoß:  $G_{kw} := bw \cdot hw \cdot h_{tot} \cdot \gamma_B = 735.375 \cdot kN$

$A_{ex} := A_0 \frac{(l_{ez} - hw + 0.15 \cdot m)}{l_{ez}} = 10.376 m^2$   $A_{zen} := A_0 - A_{ex} = 21.374 m^2$   $ex := 2.50 \cdot m$

Auflast:  $N_{Ekex} := -A_{ex} \cdot p_k \cdot n_g = -596.609 \cdot kN$   $N_{Ekzen} := -A_{zen} \cdot p_k \cdot n_g = -1229.016 \cdot kN$

Gesamtlast am Wandfuß:  $N_{Ek} := N_{Ekex} + N_{Ekzen} - G_{kw} = -2561 \cdot kN$

$V_{Ek} := V_{y1k} = 420.238 \cdot kN$   $M_{Ek} := M_{x1k} - N_{Ekex} \cdot ex = 5448.207 \cdot kN \cdot m$

Widerstandsmoment/Fläche:  $\underline{W} := \frac{bw \cdot hw^2}{6} = 1.4045 m^3$   $A_w := bw \cdot hw = 1.59 m^2$

Randspannungen:  $\underline{\sigma}_1 := \frac{N_{Ek}}{A_w} - \frac{M_{Ek}}{W} = -5489.8 \cdot \frac{kN}{m^2}$   $\underline{\sigma}_2 := \frac{N_{Ek}}{A_w} + \frac{M_{Ek}}{W} = 2268.416 \cdot \frac{kN}{m^2} \leq f_{ctm} = 2.6 \cdot \frac{MN}{m^2}$

**Grenzzustand der Tragfähigkeit:**  $p_d = 16.05 \cdot \frac{kN}{m^2}$

$N_{Edex} := -A_{ex} \cdot p_d \cdot n_g = -832.659 \cdot kN$   $N_{Edzen} := -A_{zen} \cdot p_d \cdot n_g = -1715.278 \cdot kN$

$\underline{N}_{Ed} := N_{Edex} + N_{Edzen} - G_{kw} \cdot \gamma_g = -3540.694 \cdot kN$

$V_{Ed1} := V_{y1d} = 626.927 \cdot kN$   $M_{Ed1} := M_{x1d} - N_{Edex} \cdot ex = 7977.217 \cdot kN \cdot m$

Randspannungen:  $\underline{\sigma}_2 := \frac{N_{Ed1}}{A_w} + \frac{M_{Ed1}}{W} = 3452.9 \cdot \frac{kN}{m^2}$   $\underline{\sigma}_1 := \frac{N_{Ed1}}{A_w} - \frac{M_{Ed1}}{W} = -7906.6 \cdot \frac{kN}{m^2} \leq f_{cd} = 14.167 \cdot \frac{MN}{m^2}$

Nulldurchgang:  $\Pi := \frac{bw \cdot hw^3}{12} = 3.72192 m^4$   $z_0 := \frac{-N_{Ed1} \cdot \Pi}{A_w \cdot M_{Ed1}} = 1.039 m$   $l_z := hw \cdot 0.5 - z_0 = 1.611 m$

**Zugkraftdeckung:**  $\underline{Z} := \sigma_2 \cdot l_z \cdot bw \cdot 0.5 = 834.404 \cdot kN$   $\underline{A}_s := \frac{Z}{f_{yd}} = 19.191 \cdot cm^2$

### Querschnittsbemessung:

$d_{11} := 0.30 \cdot m$   $\frac{d_{11}}{hw} = 0.057$   $\nu_{Ed} := \frac{N_{Ed1}}{bw \cdot hw \cdot f_{cd}} = -0.157$   $\mu_{Ed} := \frac{M_{Ed1}}{bw \cdot hw^2 \cdot f_{cd}} = 0.067$

abgelsen aus Diagramm:  $\omega_{tot} := 0.02$   $A_{stot} := \frac{\omega_{tot} \cdot bw \cdot hw \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 10.361 \cdot cm^2$

Mindestbewehrung Wand:  $A_{smin} := \max\left(0.0015 \cdot A_w, 0.15 \cdot \frac{|N_{Ed1}|}{f_{yd}}\right) = 23.85 \cdot cm^2$

gewählt je Seite:  $\underline{A}_{s1} := 4 \cdot A_{s25} = 19.64 \cdot cm^2$



**Knicken um die schwache Achse:**  $hh := bw = 0.3 \text{ m}$      $bb := 1 \cdot \text{m}$      $d_1 := 0.04 \cdot \text{m}$      $dd := hh - d_1 = 0.26 \text{ m}$

Spannung bei  $x=1\text{m}$  vom Rand der Druckseite:  $\sigma_{11} := \frac{N_{Ed1}}{A_w} - \frac{M_{Ed1} \cdot (hw \cdot 0.5 - bb)}{I} = -5763.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Gesamtdruckkraft:  $N_{Ed} := (\sigma_1 + \sigma_{11}) \cdot 0.5 \cdot bb \cdot hh = -2050.487 \cdot \text{kN}$      $\sigma_1 = -7906.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

**Belastung:**  $M_{Edo} := 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$      $M_{Edu} := 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$      $l_{col} := h_0 = 4.5 \text{ m}$

allgemeine Werte:  $A_c := bb \cdot hh = 3000 \cdot \text{cm}^2$      $n_{Ed} := \frac{|N_{Ed}|}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.482$      $\lambda_{lim} := \max\left(25, \frac{16}{\sqrt{n_{Ed}}}\right) = 25$

$\beta := 0.8$      $l_0 := l_{col} \cdot \beta = 3.6 \text{ m}$      $I := \frac{bb \cdot hh^3}{12} = 225000 \cdot \text{cm}^4$      $i := \sqrt{\frac{I}{A_c}} = 8.66 \cdot \text{cm}$      $\lambda := \frac{l_0}{i} = 41.569$

$M_{01} := \text{if}(|M_{Edo}| < |M_{Edu}|, M_{Edo}, M_{Edu}) = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$      $M_{02} := \text{if}(|M_{Edo}| < |M_{Edu}|, M_{Edu}, M_{Edo}) = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_{0e} := \max(0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot M_{02}) = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$      $e_0 := \frac{M_{0e}}{N_{Ed}} = 0 \cdot \text{cm}$

Ausmitte aus Imperfektion:  $\Theta_0 := \frac{1}{200}$      $n_s := 1$      $\alpha_{sw} := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{n_s}\right)} = 1$      $\alpha_{hw} := \frac{2}{\sqrt{\frac{l_{col}}{\text{m}}}} = 0.9428$

$\Theta_i := \Theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.004714$      $e_i := \Theta_i \cdot l_0 \cdot 0.5 = 0.849 \cdot \text{cm}$

$M_{0Ed} := |N_{Ed}| \cdot (e_0 + e_i) = 17.399 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$      $e_{0Ed} := \frac{M_{0Ed}}{|N_{Ed}|} = 0.849 \cdot \text{cm}$

$\varphi := 2.6$      $\varphi_{ef} := \varphi \cdot 0.5 = 1.3$      $\beta := \max\left(0, 0.35 + \frac{f_{ck} \cdot \text{m}^2}{200 \cdot \text{MN}} - \frac{\lambda}{150}\right) = 0.1979$      $K_\varphi := \max(1, 1 + \beta \cdot \varphi_{ef}) = 1.257$

EC2: mit\_kriechen :=  $\text{if}(\lambda \leq 75 \wedge \varphi \leq 2 \wedge e_{0Ed} \geq hh, 0, 1) = 1$     NA: versch := 0

mit\_kriechen :=  $\text{if}[\text{versch} < 1 \vee (\text{versch} > 0 \wedge \lambda < 50 \wedge e_{0Ed} > 2 \cdot hh), 0, 1] = 0$      $K_{\varphi,cr} := \text{if}(\text{mit\_kriechen} > 0, K_\varphi, 1) = 1$

**geschätzte Bewehrung:**  $\text{tot}A_s := 3 \cdot \text{cm}^2$

$n_{bal} := 0.4$      $\omega := \frac{f_{yd} \cdot \text{tot}A_s}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.0307$      $n_{ud} := 1 + \omega = 1.031$      $K_r := \min\left(1, \frac{n_{ud} - |n_{Ed}|}{n_{ud} - n_{bal}}\right) = 0.8692$

$K_1 := \text{if}(\lambda > 35, 1.0, \lambda \cdot 0.1 - 2.5) = 1$      $K_{1,cr} := \text{if}(\lambda < \lambda_{lim}, 0.0, K_1) = 1$      $\kappa := K_\varphi \cdot K_r \cdot \frac{2 \cdot \epsilon_{yd}}{0.9 \cdot dd} = 0.016151 \text{ m}^{-1}$

Krümmungsverlauf:  $c := 10$      $e_2 := \frac{1}{c} \cdot K_1 \cdot l_0^2 \cdot \kappa = 2.093 \cdot \text{cm}$      $M_{Ed2} := |N_{Ed}| \cdot e_2 = 42.92 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_{Edges} := M_{0Ed} + M_{Ed2} = 60.319 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$      $M_{Ed} := \max(|M_{Edo}|, M_{Edges}, |M_{Edu}|) = 60.319 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$\frac{d_1}{hh} = 0.133$      $n_{Ed} = 0.482$      $m_{Ed} := \frac{|M_{Ed}|}{bb \cdot hh^2 \cdot f_{cd}} = 0.047$      $\omega_{tot} := 0.001$      $A_{s,tot} := \omega_{tot} \cdot bb \cdot hh \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.098 \cdot \text{cm}^2$

Mind.bew. Stütze beidseitig:  $\text{min}A_s := 0.15 \cdot \frac{|N_{Ed}|}{f_{yd}} = 7.074 \cdot \text{cm}^2$

Mind.bew. Wand beidseitig:  $A_{s,min} := 0.0015 \cdot A_c = 4.5 \cdot \text{cm}^2$

**Nachweis für Querkraft:**  $\overset{hh}{\underset{www}{hh}} := hw = 5.3 \text{ m}$        $\overset{bb}{\underset{www}{bb}} := bw = 0.3 \text{ m}$        $V_{Ed} := V_{Ed1} = 626.927 \cdot \text{kN}$

$\overset{dd}{\underset{www}{dd}} := hh \cdot 0.9 = 4.77 \text{ m}$        $z := 0.9 \cdot dd = 4.293 \text{ m}$        $A_w := bw \cdot hw = 1.59 \text{ m}^2$

$\overset{\alpha}{\underset{www}{\alpha}} := 90 \cdot \text{deg}$        $\cot \alpha := \cot(\alpha) = 0$        $\text{mincot}\Theta := \text{if}(\alpha > 89 \cdot \text{deg}, 1.0, 0.58) = 1$        $\sigma_{cd} := \frac{-N_{Ed1}}{A_w} = 2.227 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$

Betontraganteil:  $V_{Rdcc} := \left[ 0.5 \cdot 0.48 \cdot \left( f_{ck} \cdot \frac{\text{MN}^2}{\text{m}^4} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left( 1 - 1.2 \cdot \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \right) \right] \cdot bb \cdot z = 733.32 \cdot \text{kN}$

$\text{grenzcot}\Theta := \frac{1.2 + 1.4 \cdot \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}}}{1 - \frac{V_{Rdcc}}{V_{Ed}}} = -8.368$        $\cot \Theta := \min(3.0, \text{if}(\text{grenzcot}\Theta < 0, 3.0, \text{grenzcot}\Theta)) = 3$   
 $\overset{\Theta}{\underset{www}{\Theta}} := \max(\text{mincot}\Theta, \cot \Theta) = 3$        $\Theta := \text{atan}\left(\frac{1}{\cot \Theta}\right) = 18.435 \cdot \text{deg}$

Druckstrebe:  $\nu_2 := \min\left(1.1 - \frac{f_{ck} \cdot \text{m}^2}{500 \cdot \text{MN}}, 1.0\right) = 1$        $\nu_1 := 0.75 \cdot \nu_2 = 0.75$        $\alpha_{cw} := 1.0$

$V_{Rdmax} := \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} \cdot bb \cdot z \cdot (\sin(\Theta))^2 \cdot (\cot(\Theta) + \cot(\alpha)) = 4105.2 \cdot \text{kN} \quad \geq \quad V_{Ed} = 626.9 \cdot \text{kN}$

Bügelbewehrung:  $a_{sw} := \frac{V_{Ed}}{f_{yd} \cdot \sin(\alpha) \cdot z \cdot (\cot(\Theta) + \cot(\alpha))} = 1.12 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

gewählt:  $\overset{n_s}{\underset{www}{n_s}} := 2$        $s_w := 22.0 \cdot \text{cm}$        $a_{sww} := \frac{n_s \cdot A_{s6}}{s_w} = 2.573 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

Mindestschubbew.:  $\rho_w := 0.16 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0.000832$        $\text{min}a_{sw} := \rho_w \cdot bb \cdot \sin(\alpha) = 2.496 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

Höchstabstand längs Schrägstäbe:  $\alpha_1 := 45 \cdot \text{deg}$        $s_{ls} := 0.5 \cdot hh \cdot (1 + \cot(\alpha_1)) = 5.3 \text{ m}$

Grenzwerte:  $V_{Ed} = 626.927 \cdot \text{kN}$        $s_{lbü} := \min(0.30 \cdot \text{m}, 0.7 \cdot hh) = 0.3 \text{ m}$

ab  $V_{Rdmax} \cdot 0.3 = 1231.55 \cdot \text{kN}$        $\overset{s_{lbii}}{\underset{www}{s_{lbii}}} := \min(0.30 \cdot \text{m}, 0.5 \cdot hh) = 0.3 \text{ m}$

ab  $V_{Rdmax} \cdot 0.6 = 2463.11 \cdot \text{kN}$        $\overset{s_{lbii}}{\underset{www}{s_{lbii}}} := \min(0.20 \cdot \text{m}, 0.25 \cdot hh) = 0.2 \text{ m}$

Höchstabstand quer Bügel und Schrägstäbe:  $s_q := \min(0.80 \cdot \text{m}, hh) = 0.8 \text{ m}$

ab  $V_{Rdmax} \cdot 0.3 = 1231.55 \cdot \text{kN}$        $\overset{s_{sq}}{\underset{www}{s_{sq}}} := \min(0.60 \cdot \text{m}, hh) = 0.6 \text{ m}$

Die vorhandene Querbewehrung aus der Q424-A ist größer.