

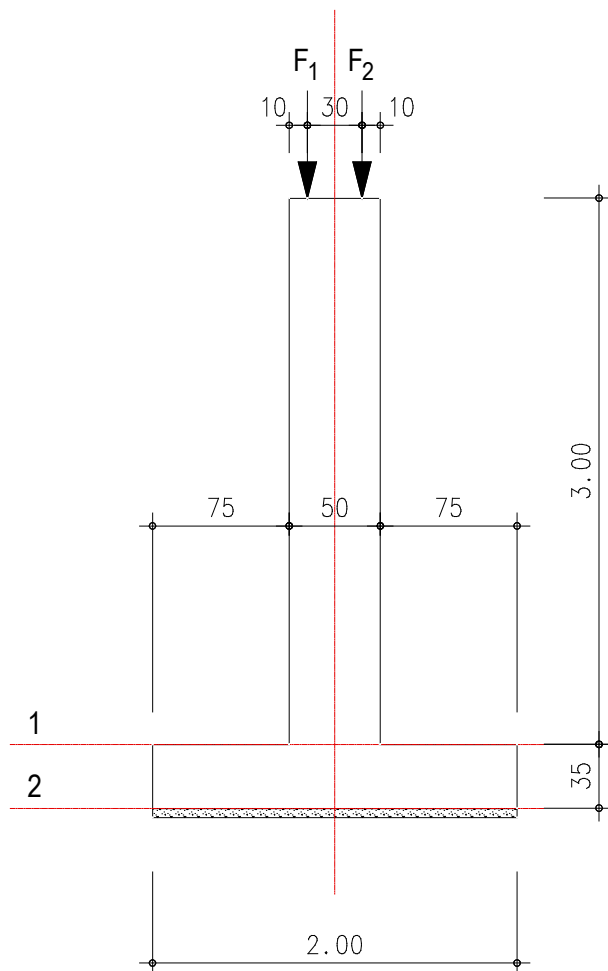
## Aufgabe 1:

### Betonfundament

Gegeben: bewehrtes Betonfundament mit den Abmessungen gem. Skizze

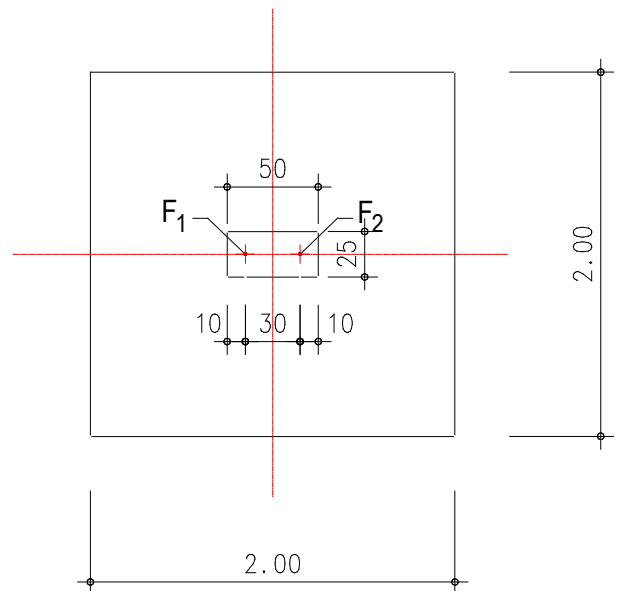
Gesucht: Spannungen im Schnitt 1-1  
Spannungen im Schnitt 2-2

Mst. 1:50



$$F_1 = 500 \text{ kN}$$

$$F_2 = 100 \text{ kN}$$



$$F_{\text{Stütze}} = V_{\text{Stütze}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = (0.25\text{m} \cdot 0.50\text{m}) \cdot 3.0 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 9.375 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Total}} = 500 \text{ kN} + 100 \text{ kN} + 9.375 \text{ kN} = 609.375 \text{ kN}$$

## Spannungen im Schnitt 1-1

$$M_{\text{Mitte}} = -0.15 \text{ m} \cdot 600 \text{ kN} + 0.15 \text{ m} \cdot 100 \text{ kN} = -75 \text{ kNm}$$

$$e_{\text{Total}} = \frac{M_{\text{Mitte}}}{F_{\text{Total}}} = \frac{-7'500 \text{ kNcm}}{609.375 \text{ kN}} = 12.31 \text{ cm}$$

$$\text{Kernweite } k = \frac{h}{6} = \frac{50 \text{ cm}}{6} = 8.33 \text{ cm}, e > k \Rightarrow \text{grosse Exzentrizität}$$

$$\sigma_{L;R} = -\frac{F_{\text{Total}}}{A} \pm \frac{M}{W} = -\frac{609.375 \cdot 10^3 \text{ N}}{250 \text{ mm} \cdot 500 \text{ m}} \pm \frac{75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_L = -\frac{609.375 \cdot 10^3 \text{ N}}{250 \text{ mm} \cdot 500 \text{ m}} - \frac{75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^2} = -12.075 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Druck}$$

$$\sigma_R = -\frac{609.375 \cdot 10^3 \text{ N}}{250 \text{ mm} \cdot 500 \text{ m}} + \frac{75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^2} = +2.325 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Zug}$$

## Spannungen im Schnitt 2-2

$$F_{\text{Fundament}} = V_{\text{Stütze}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = (0.20 \text{ m})^2 \cdot 0.35 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 35.00 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Total}} = 609.375 \text{ kN} + 35 \text{ kN} = 644.375 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Mitte}} = -0.15 \text{ m} \cdot 600 \text{ kN} + 0.15 \text{ m} \cdot 100 \text{ kN} = -75 \text{ kNm}$$

$$e_{\text{Total}} = \frac{M_{\text{Mitte}}}{F_{\text{Total}}} = \frac{-7'500 \text{ kNcm}}{644.375 \text{ kN}} = 11.64 \text{ cm}$$

$$\text{Kernweite } k = \frac{h}{6} = \frac{200 \text{ cm}}{6} = 33.33 \text{ cm}, e < k \Rightarrow \text{kleine Exzentrizität}$$

$$\sigma_{L;R} = -\frac{F_{\text{Total}}}{A} \pm \frac{M}{W} = -\frac{609.375 \cdot 10^3 \text{ N}}{250 \text{ mm} \cdot 500 \text{ m}} \pm \frac{75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_L = -\frac{644.375 \cdot 10^3 \text{ N}}{2'000 \text{ mm} \cdot 2'000 \text{ m}} - \frac{75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{2'000 \text{ mm} \cdot (2'000 \text{ mm})^2} = -0.217 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Druck}$$

$$\sigma_R = -\frac{644.375 \cdot 10^3 \text{ N}}{2'000 \text{ mm} \cdot 2'000 \text{ m}} + \frac{75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{2'000 \text{ mm} \cdot (2'000 \text{ mm})^2} = -0.105 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Druck}$$

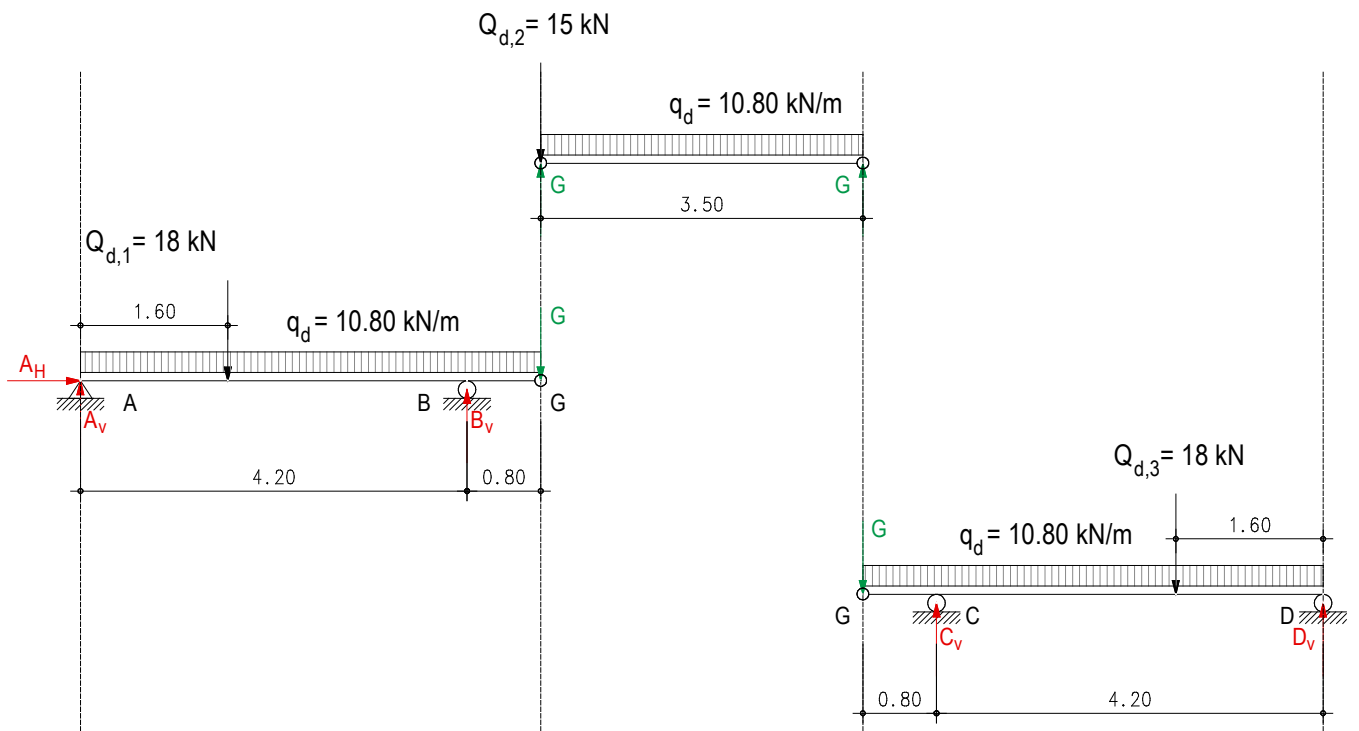
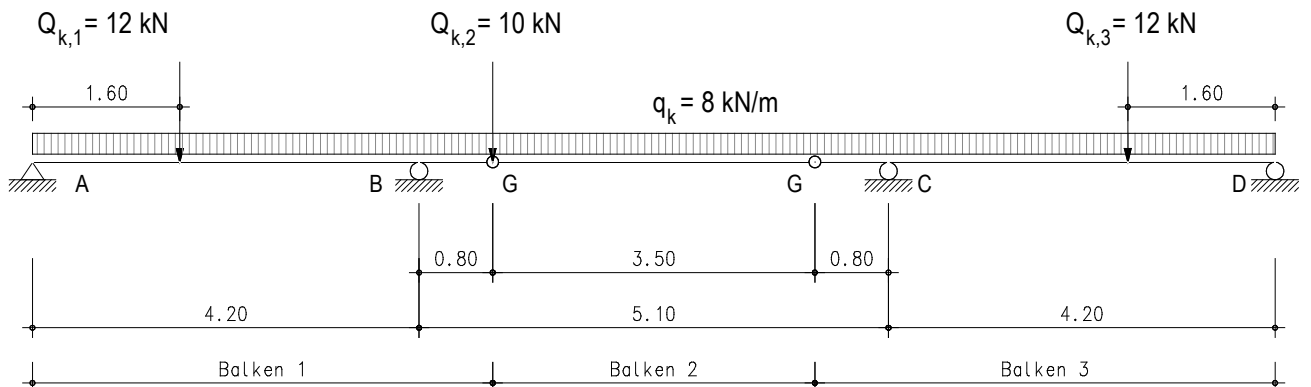
## Aufgabe 2:

Gegeben: Statisches System eines Gelenkträgers inklusive Belastungen  
 Holzqualität C24  
 Die Konstruktion ist vor Witterung geschützt

Gesucht: Tragfähigkeitsnachweis für Balken 1, 2 und 3 (alle Balken sollen eine Breite von 180 mm aufweisen)  
 Tragfähigkeitsnachweis einer Querschwelle unter dem Auflager B (Schwellenbreite  $l_A = ?$ )  
 (grössere Eindrückungen sind nicht zulässig)

(Der Durchbiegungsnachweis ist nicht Bestandteil der Aufgabe)

Mst. 1:75



Belastungen:

$$g_d = 1.35 \cdot 8 \text{ kN/m} = 10.8 \text{ kN/m}$$

$$F_{1,d} = F_{3,d} = 1.50 \cdot 12 \text{ kN/m} = 18.0 \text{ kN/m}$$

$$F_{2,d} = 1.50 \cdot 10 \text{ kN/m} = 15.0 \text{ kN/m}$$

Balken G-G (Balken 2)

$$G_L = F_{2,d} + 10.8 \text{ kN/m} \cdot 1.75 \text{ m} = 33.9 \text{ kN}$$

$$G_R = 10.8 \text{ kN/m} \cdot 1.75 \text{ m} = 18.9 \text{ kN}$$

$$M_{\max,d} = \frac{10.8 \text{ kN/m} \cdot (3.50 \text{ m})^2}{8} = -16.54 \text{ kNm}$$

Balken 1

$$M_{B,d}^- = -\frac{10.8 \text{ kN/m} \cdot (0.80 \text{ m})^2}{2} - 33.9 \text{ kN} \cdot 0.8 \text{ m} = -30.58 \text{ kNm}$$

$$A_d = 10.8 \text{ kN/m} \cdot 2.10 \text{ m} + \frac{18.0 \text{ kN/m} \cdot 2.60 \text{ m}}{4.20 \text{ m}} - \frac{30.58 \text{ kNm}}{4.20 \text{ m}} = 26.54 \text{ kN}$$

$$Q_{B-A,d} = 10.8 \text{ kN/m} \cdot 2.10 \text{ m} + \frac{18.0 \text{ kN/m} \cdot 1.60 \text{ m}}{4.20 \text{ m}} + \frac{30.58 \text{ kNm}}{4.20 \text{ m}} = 36.82 \text{ kN}$$

$$Q_{B,\text{kragarm},d} = 0.8 \text{ m} \cdot 10.8 \text{ kN/m} + 33.9 \text{ kN} = 42.54 \text{ kN}$$

$$B_d = 36.82 \text{ kN} + 42.54 \text{ kN} = 79.36 \text{ kN}$$

Balken 3

$$M_{C,d}^- = -\frac{10.8 \text{ kN/m} \cdot (0.80 \text{ m})^2}{2} - 18.9 \text{ kN} \cdot 0.8 \text{ m} = -18.58 \text{ kNm}$$

$$Q_{C,\text{kragarm},d} = 18.9 \text{ kN} + 0.8 \text{ m} \cdot 10.8 \text{ kN/m} = 27.54 \text{ kN}$$

$$Q_{C-D,d} = 10.8 \text{ kN/m} \cdot 2.10 \text{ m} + \frac{18.0 \text{ kN/m} \cdot 1.60 \text{ m}}{4.20 \text{ m}} + \frac{18.58 \text{ kNm}}{4.20 \text{ m}} = 33.96 \text{ kN}$$

$$C_d = 27.54 \text{ kN} + 33.96 \text{ kN} = 61.50 \text{ kN}$$

$$D_d = 10.8 \text{ kN/m} \cdot 2.10 \text{ m} + \frac{18.0 \text{ kN/m} \cdot 2.60 \text{ m}}{4.20 \text{ m}} - \frac{18.0 \text{ kN/m} \cdot 1.60 \text{ m}}{4.20 \text{ m}} = 29.40 \text{ kN}$$

$$\text{Kontrolle : } \quad \Sigma \text{ Auflager} \quad : 26.54 \text{ kN} + 79.36 \text{ kN} + 61.50 \text{ kN} + 29.40 \text{ kN} \quad = 196.80 \text{ kN}$$

$$\quad \Sigma \text{ Lasten} \quad : 13.50 \text{ kN} \cdot 10.8 \text{ kN/m} + 36.0 \text{ kN} + 15.0 \text{ kN} \quad = 196.80 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweise :

Balken 1

Auflager	A	= 26.54 kN
	B	= 79.36 kN
	$M_B^-$	= -30.58 kNm
	$V_{d,max}$	= 42.54 kN

$M_{max}^+$  bei  $F_1$

$$M_{max}^+ = 26.54 \text{ kN} \cdot 1.60 \text{ m} - \frac{26.54 \text{ kN/m} \cdot (1.60 \text{ m})^2}{2} = +28.64 \text{ kNm}$$

$$W_{erforderlich} = \frac{M_{d,max}}{f_{m,d} \cdot \eta_w} = \frac{30.58 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{14.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1.0} = 2.18 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

1. Annahme des Querschnittes aus HBT. S.34 180/280 mm

$$W_{y,vorh.} = 2.35 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Schubnachweis

$$f_{v,d} = 1.5 \frac{V_d}{b \cdot h \cdot \eta_w} = 1.5 \frac{42.54 \cdot 10^3 \text{ N}}{180 \text{ mm} \cdot 280 \text{ mm} \cdot 1.0} = 1.27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 1.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (erfüllt!)}$$

$$\text{Auflager A : } I_A = \frac{26'540 \cdot 10^3 \text{ N}}{1.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 180 \text{ mm}} = 81.9 \text{ mm}$$

$$\text{Auflager B : } I_A = \frac{79'360 \cdot 10^3 \text{ N}}{2.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 180 \text{ mm}} = 191.7 \text{ mm}$$

Balken 2

Auflager	$M_{max}^+$	= +16.54 kNm
	$V_{d,max}$	= +18.90 kN

$$W_{erforderlich} = \frac{M_{d,max}}{f_{m,d} \cdot \eta_w} = \frac{16.54 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{14.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1.0} = 1.18 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

1. Annahme des Querschnittes aus HBT. S.34 180/200 mm

$$W_{y,vorh.} = 1.2 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Schubnachweis

$$f_{v,d} = 1.5 \frac{V_d}{b \cdot h \cdot \eta_w} = 1.5 \frac{18.90 \cdot 10^3 \text{ N}}{180 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 1.0} = 0.79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 1.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (erfüllt!)}$$

## Balken 3

Auflager  $M_{C,d}^- = -18.58 \text{ kNm}$   
 $V_{d,max} = +33.96 \text{ kN}$

$M_{max}^+$  bei  $F_3$

$$M_{max}^+ = 29.40 \text{ kN} \cdot 1.60 \text{ m} - \frac{10.80 \text{ kN/m} \cdot (1.60 \text{ m})^2}{2} = +33.22 \text{ kNm} \rightarrow \text{massgebend}$$

$$W_{erforderlich} = \frac{M_{d,max}}{f_{m,d} \cdot \eta_w} = \frac{33.22 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{14.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1.0} = 2.37 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

1. Annahme des Querschnittes aus HBT. S.34 180/300 mm

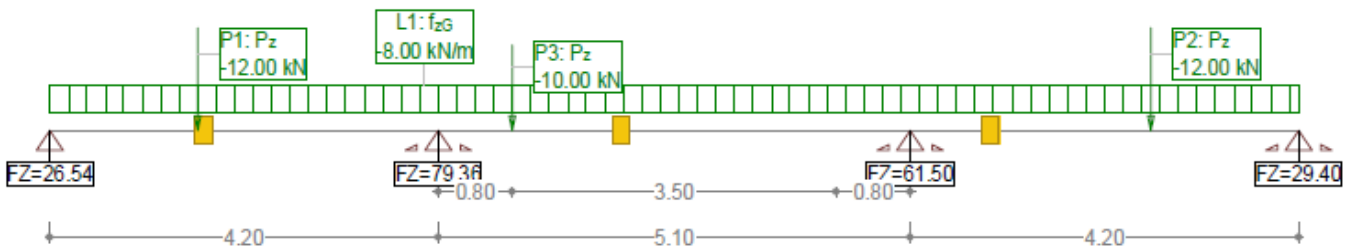
$$W_{y,vorh.} = 2.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

## Schubnachweis

$$f_{v,d} = 1.5 \frac{V_d}{b \cdot h \cdot \eta_w} = 1.5 \frac{33.96 \cdot 10^3 \text{ N}}{180 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 1.0} = 0.94 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 1.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (erfüllt!)}$$

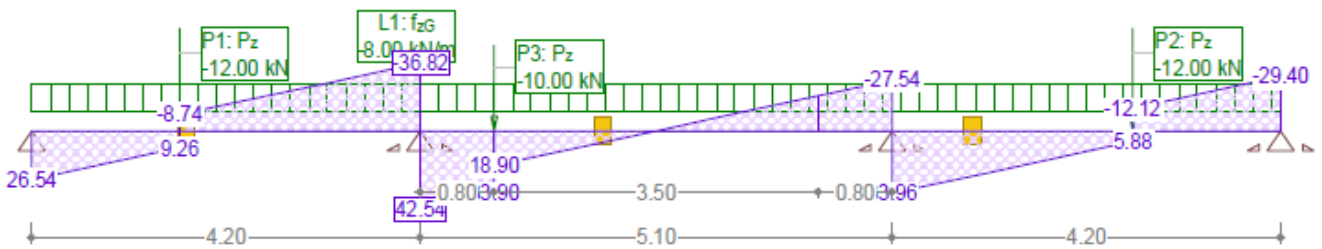
Belastung B1  
 Belastung B2  
 Reaktionen [kN]/[kNm] für: Design, Summe FZ: 196.80

Mstb. 1 :85.0



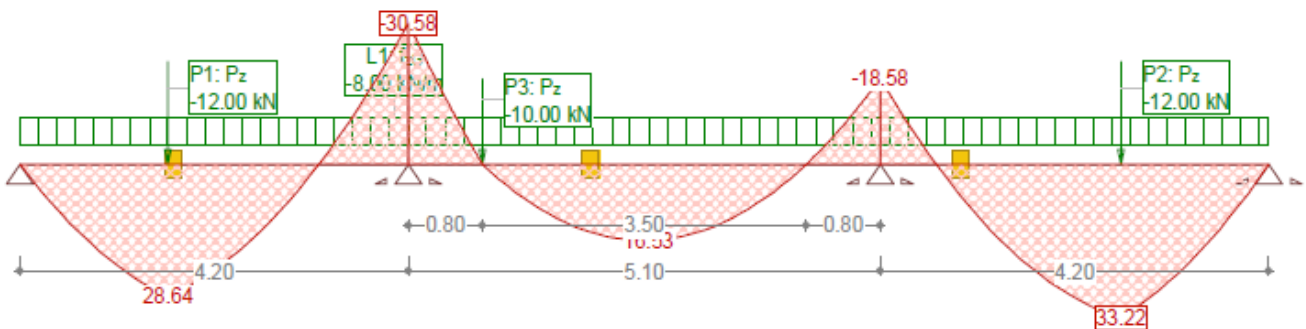
Belastung B1  
 Belastung B2  
 Schnittkraft Vz [kN] für: Design

Mstb. 1 :85.0



Belastung B1  
 Belastung B2  
 Schnittkraft My [kNm] für: Design

Mstb. 1 :85.0



## Aufgabe 3:

Gegeben: Eine Stahlstütze HEB 160 wird auf Biegung mit Axialkraft belastet.

Gesucht: Randspannungen  $\sigma_L$  und  $\sigma_R$   
Der Knicknachweis ist nicht erforderlich!

HEB 160, S235

$$W_{el,y} = 311 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

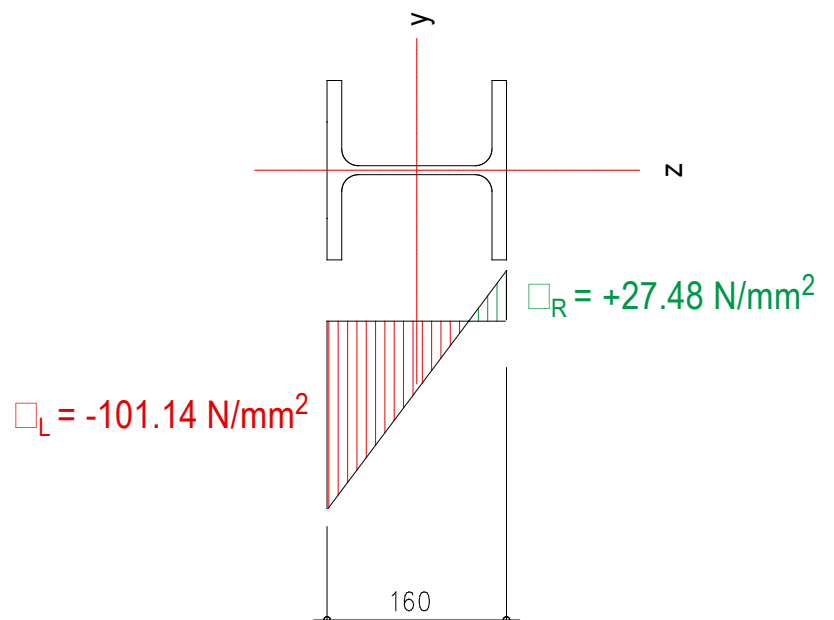
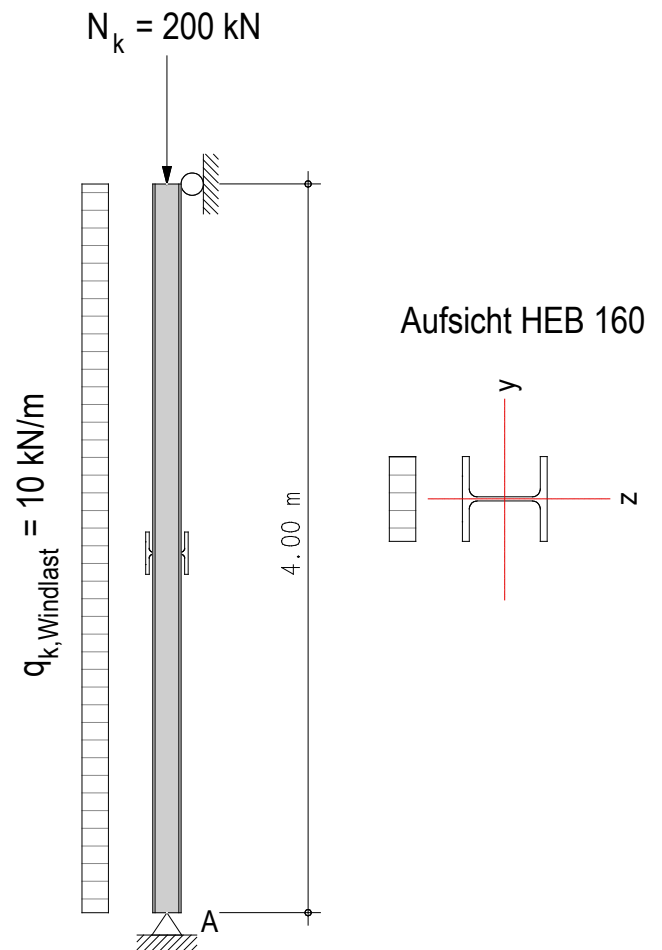
$$A = 5'430 \text{ mm}^2$$

$$M_y = \frac{q_k \cdot l^2}{8} = \frac{10 \text{ kN/m} \cdot (4.0 \text{ m})^2}{8} = 20 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\max, \min} &= -\frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_y} = -\frac{200 \cdot 10^3 \text{ N}}{5'430 \text{ mm}^2} \pm \frac{20 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{311 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} \\ &= -36.83 \text{ N/mm}^2 \pm 64.31 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\max} = -36.83 \text{ N/mm}^2 - 64.31 \text{ N/mm}^2 = -101.14 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\min} = -36.83 \text{ N/mm}^2 + 64.31 \text{ N/mm}^2 = +27.48 \text{ N/mm}^2$$

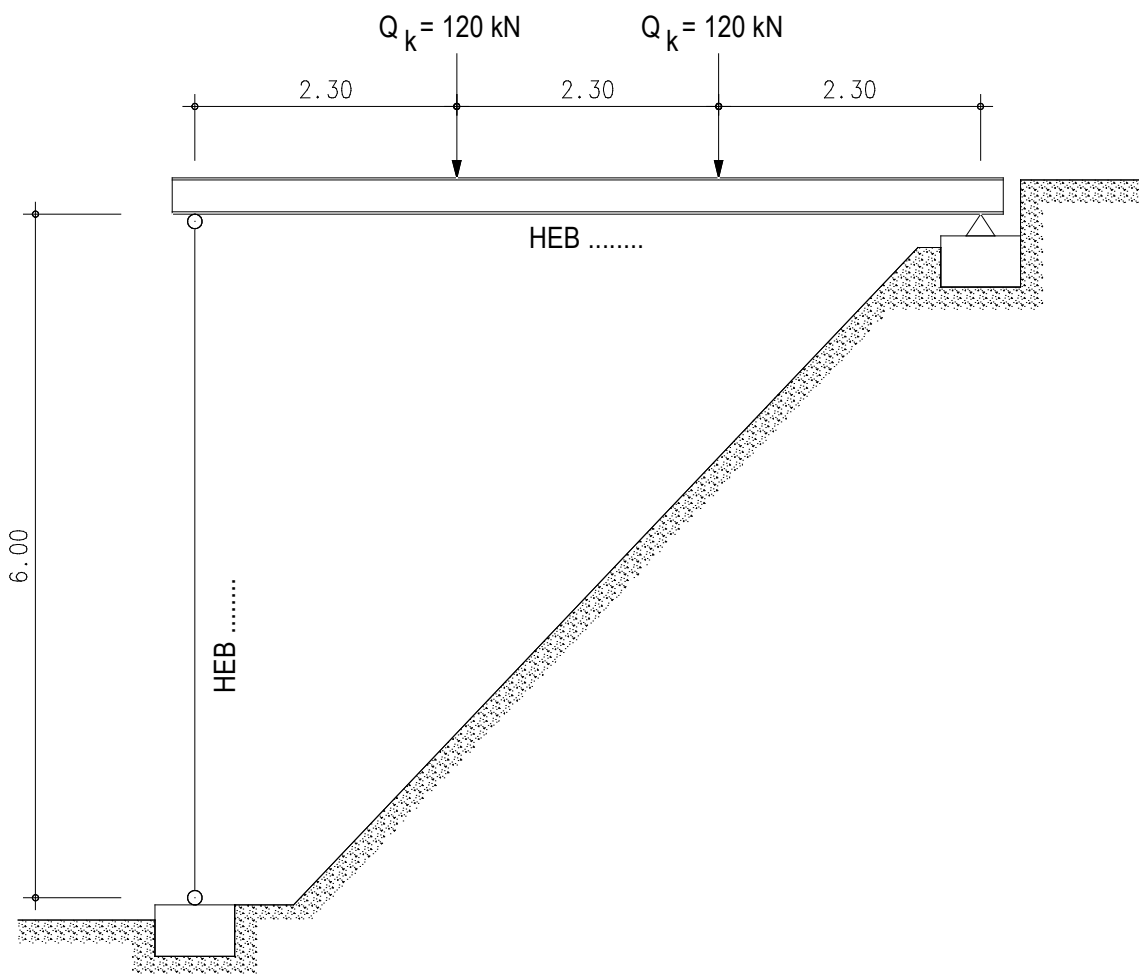


## Aufgabe 4:

Gegeben: Kranbühne gemäss Skizze aus Stahl S235  
Die Eigenlast des HEB-Trägers ist zu berücksichtigen ( $g_k = 2 \text{ kN/m}$ )

Zulässige Durchbiegung =  $l/300$

Gesucht: Erforderliches Profil aus der HEB-Reihe sowohl für den Träger als auch für die Stütze  
Führen Sie die sämtliche erforderlichen Nachweise



Mst. 1:75

### Lasten auf Bemessungsniveau:

$$\begin{aligned} \text{Belastung: } g_d &= 1.35 \cdot 2.0 \text{ kN/m} &= 2.70 \text{ kN/m} \\ Q_d &= 1.50 \cdot 120 \text{ kN} &= 180 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$A_d = B_d = V_{d,\max} = \frac{2.70 \text{ kN/m} \cdot 6.90 \text{ m}}{2} + 180 \text{ kN} = 189.32 \text{ kN}$$



Tragfähigkeitsnachweise :

$$M_{\max}^+ = \frac{2.70 \text{ kN/m} \cdot (6.90 \text{ m})^2}{8} + 189.32 \text{ kN} \cdot 2.30 \text{ m} = +430.07 \text{ kNm}$$

$$W_{\text{pl,erf}} = \frac{M_{\text{d,max}} \cdot \gamma_{M1}}{f_y} = \frac{430.07 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \cdot 1.05}{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1'922 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Schubnachweis

$$f_{\text{v,d}} = \frac{V_{\text{d,max}} \cdot \gamma_{M1}}{A_v} = \frac{189.32 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 1.05}{5'177 \cdot 10^3 \text{ mm}^2} = 38.40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \tau_y = 135 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{erfüllt!})$$

Gebrauchstauglichkeit

$$w_{\text{zul}} = \frac{L}{300} = \frac{6'900 \text{ mm}}{300} = 23 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{erforderlich}} &= \frac{5 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot w_{\text{zul}}} = \frac{5 \cdot (2.0 \text{ N/mm}) \cdot (6'900 \text{ mm})^4}{384 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 23.00 \text{ mm}} + \\ &+ \frac{23 \cdot Q_k \cdot l^3}{684 \cdot E \cdot w_{\text{zul}}} = \frac{23 \cdot 120 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (6'900 \text{ mm})^3}{684 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 23.00 \text{ mm}} \\ &= 12.22 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 + 289.69 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 = 301.91 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{massgebend!} \end{aligned}$$

Gebrauchstauglichkeit ist massgebend!

gewählt HEB-320

$$W_{\text{pl,y,vorh}} = 2'140 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{\text{y,vorh}} = 308.2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_v = 5'177 \text{ mm}^2$$

vorhandene Durchbiegung

$$w_{\text{vorh.}} = w_{\text{zul}} \cdot \frac{I_{\text{erforderlich}}}{I_{\text{vorhanden}}} = 23 \text{ mm} \cdot \frac{301.91 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}{308.2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 22.5 \text{ mm} < w_{\text{zul}} = 23 \text{ mm} \rightarrow \text{i.O.}$$

Last auf Pendelstütze:  $Q_d = 189.32 \text{ kN}$

nach C4 Seite 43

1. Wahl HEB 140  
 $A = 4'300 \text{ mm}^2$   
 $i_z = 35.8 \text{ mm}$

$$\lambda_k = \frac{l_k}{i_z} = \frac{6'000 \text{ mm}}{35.8 \text{ mm}} = 167.6$$

C4 Seite 27, Kurve C,  $\lambda_k = 168$

Bemessungswert der Knickspannung  $\sigma_{\text{kd}} = \chi \cdot f_y / \gamma_{M1} = 53.0 \text{ N/mm}^2$

Knickfestigkeit  $N_{\text{K,Rd}} = \sigma_{\text{kd}} \cdot A = (53.0 \text{ N/mm}^2 \cdot 4'300 \text{ mm}^2) \cdot 10^{-3} = 227.9 \text{ kN} > Q_d = 189.32 \text{ kN} \Rightarrow \text{i.O.}$