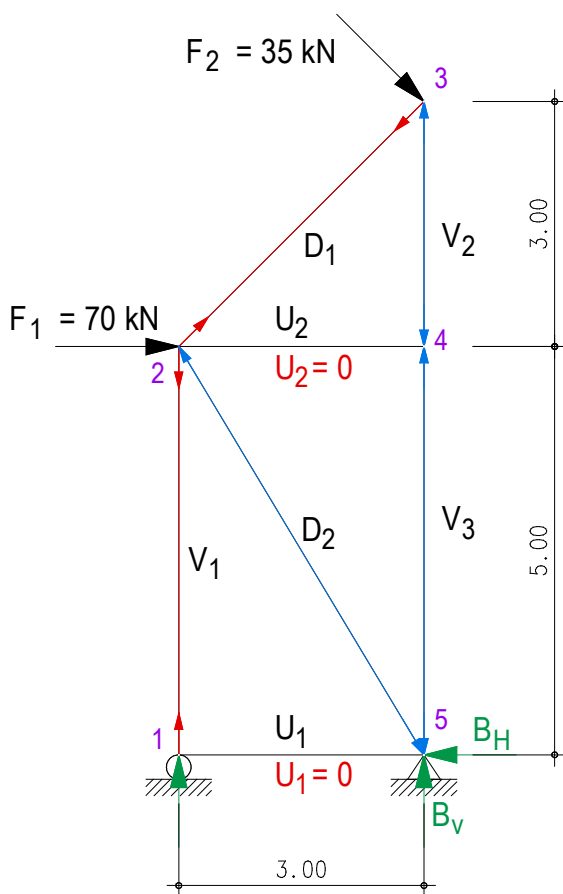


Aufgabe 1:
 Fachwerk aus Stahl S235

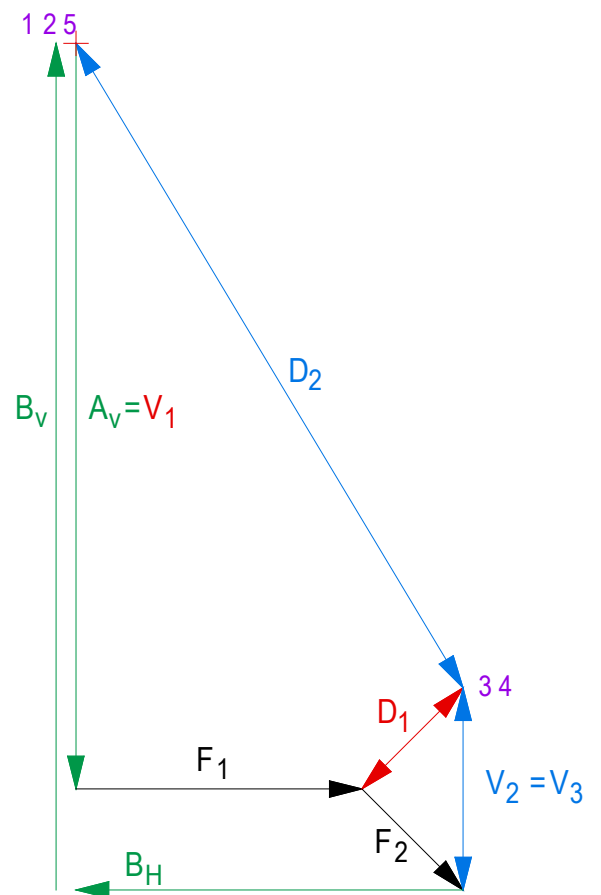
Gegeben: Fachwerk im Massstab 1:100 mit 2 Knotenlasten

- Gesucht: Statische Bestimmtheit
 Auflagerreaktionen
 Stabkräfte (analytisch oder mit Hilfe von Cremona)
 Dimensionierung der Stäbe V1 und D2 aus der HEA-Reihe
 Längenänderung von V1 infolge Stabkraft



$A_V = -182.6 \text{ kN}$
 $B_V = +207.4 \text{ kN}$
 $B_H = +94.7 \text{ kN}$

Kräfteplan 1cm = 20 kN



	V_1	V_2	V_3	U_1	U_2	D_1	D_2
Druck		50.0		0	0		184
Zug	182.6		50.0			35.0	

Dimensionierung von V_1

$$V_1 = +182.6 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\text{zulässig}} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow A_{\text{erforderlich}} = \frac{V_1}{\sigma_{\text{zulässig}}} = \frac{182.6 \cdot 10^3 \text{ N}}{160 \text{ N/mm}^2} = 1'141.25 \text{ mm}^2$$

Gewählt HEA-100 C5, Seite 34 mit $A_{\text{vorhanden}} = 2'120 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{\text{vorhanden}} = \frac{182.6 \cdot 10^3 \text{ N}}{2'120 \text{ mm}^2} = 86.1 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{zulässig}} = 160 \text{ N/mm}^2$$

Dimensionierung von D_2

$$D_2 = -184 \text{ kN}$$

$$\text{Die Knicklänge } l_k = \sqrt{(5.0\text{m})^2 + (3.0\text{m})^2} = 5.83 \text{ m}$$

1. Annahme

C4 Seite 38 HEA-140

$$\lambda_k = \frac{l_k}{i_z} = \frac{5'830 \text{ mm}}{35.2 \text{ mm}} = 165.63 \rightarrow \lambda_k = 166 \quad \text{Kurve C, Seite 27 folgt } \sigma_{k,d} = \frac{\chi_k \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 54.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{zulässig}} = \frac{54.1 \text{ N/mm}^2}{1.6} = 33.81 \text{ N/mm}^2$$

$$\rightarrow F_{\text{zul}} = \sigma_{\text{zulässig}} \cdot A = 33.81 \text{ N/mm}^2 \cdot 3'140 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-3} = 106.16 \text{ kN} < -184 \text{ kN} !!$$

2. Annahme

C4 Seite 38 HEA-180

$$\lambda_k = \frac{l_k}{i_z} = \frac{5'830 \text{ mm}}{45.2 \text{ mm}} = 128.98 \rightarrow \lambda_k = 129 \quad \text{Kurve C, Seite 27 folgt } \sigma_{k,d} = \frac{\chi_k \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 80.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{zulässig}} = \frac{80.4 \text{ N/mm}^2}{1.6} = 50.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\rightarrow F_{\text{zul}} = \sigma_{\text{zulässig}} \cdot A = 50.25 \text{ N/mm}^2 \cdot 4'530 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-3} = 227.63 \text{ kN} > 184 \text{ kN} !!$$

Längenänderung von V_1

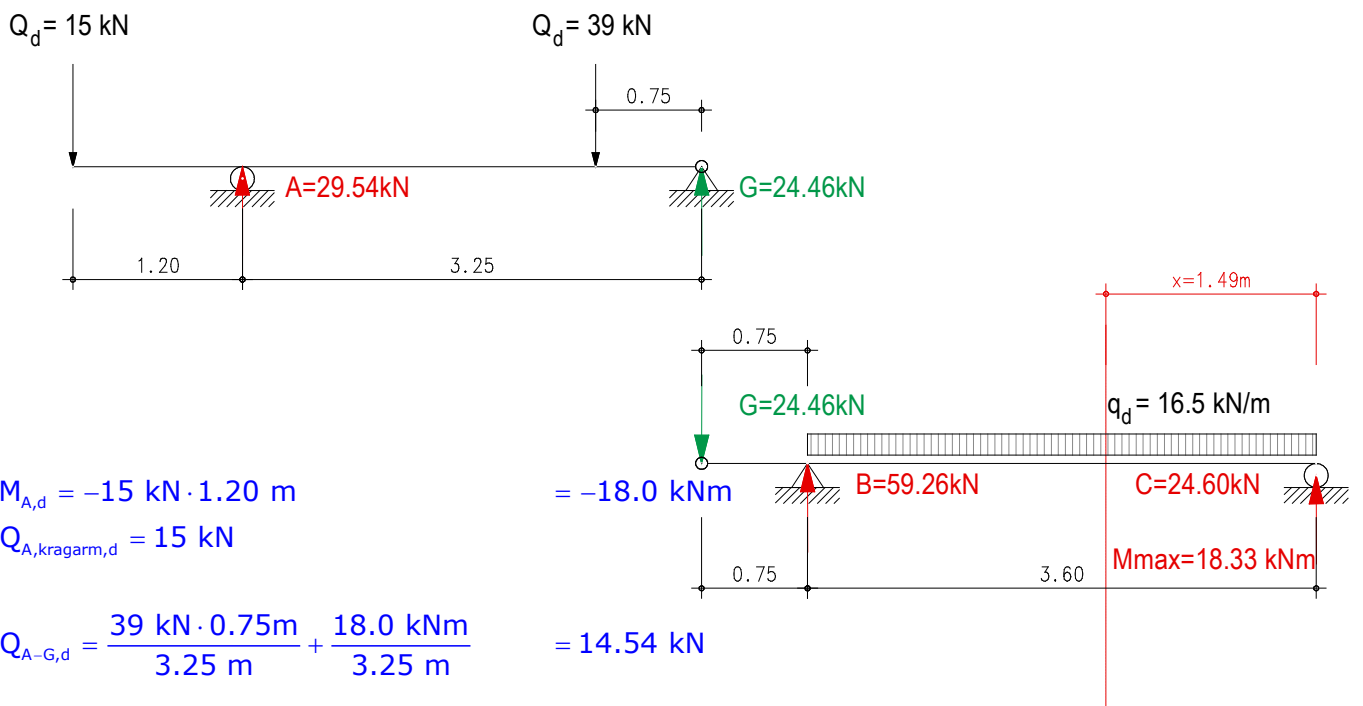
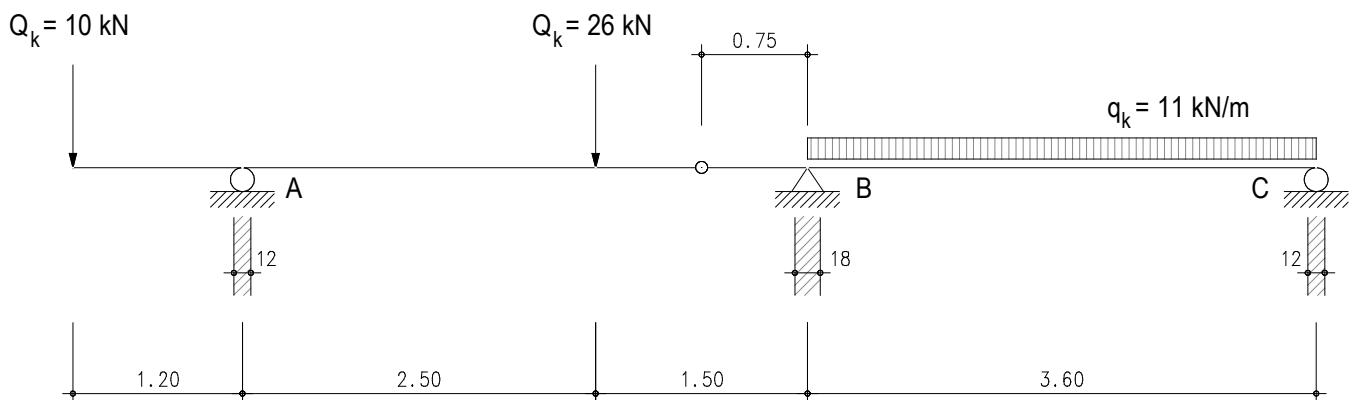
$$\sigma = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot E \rightarrow \Delta l = \frac{\sigma \cdot l_0}{E} = \frac{86.1 \text{ N/mm}^2 \cdot 5'000 \text{ mm}}{210'000 \text{ N/mm}^2} = 2.05 \text{ mm}$$

Aufgabe 2: Wohnungsumbau

Gegeben: Bei einem Wohnungsumbau muss ein Gelenkabfangträger eingebaut werden.

Gesucht: Berechnen Sie den Gerberträger (C24, witterungsgeschützt) mit einer Balkenbreite von 14 cm.

Führen Sie nur den Tragfähigkeitsnachweis für langfristig wirkende Lasten ohne grosse Eindrückungen am Auflager. Das Trägereigengewicht ist zu vernachlässigen.



$$M_{A,d} = -15 \text{ kN} \cdot 1.20 \text{ m}$$

$$Q_{A,\text{kragarm},d} = 15 \text{ kN}$$

$$Q_{A-G,d} = \frac{39 \text{ kN} \cdot 0.75 \text{ m}}{3.25 \text{ m}} + \frac{18.0 \text{ kNm}}{3.25 \text{ m}} = 14.54 \text{ kN}$$

$$Q_{G,d} = \frac{39 \text{ kN} \cdot 2.50 \text{ m}}{3.25 \text{ m}} - \frac{18.0 \text{ kNm}}{3.25 \text{ m}} = 24.46 \text{ kN}$$

$$M_{d,\text{max}} = 24.46 \text{ kN} \cdot 0.75 \text{ m} = +18.35 \text{ kNm}$$

$$A_d = 15 \text{ kN} + 14.54 \text{ kN} = 29.54 \text{ kN}$$

$$M_{B,d} = -24.46 \text{ kN} \cdot 0.75 \text{ m} = -18.35 \text{ kNm}$$

$$Q_{B,\text{kragarm},d} = 24.46 \text{ kN}$$

$$Q_{B-C,d} = \frac{16.5 \text{ kN/m} \cdot 3.60 \text{ m}}{2} + \frac{18.35 \text{ kNm}}{3.60 \text{ m}} = 34.80 \text{ kN}$$

$$B_d = 24.46 \text{ kN} + 34.80 \text{ kN} = 59.26 \text{ kN}$$

$$C_d = \frac{16.5 \text{ kN/m} \cdot 3.60 \text{ m}}{2} - \frac{18.35 \text{ kNm}}{3.60 \text{ m}} = 24.60 \text{ kN}$$

$$M_{d,\text{max}} : x = \frac{24.60 \text{ kN}}{16.5 \text{ kN/m}} = 1.49 \text{ m}$$

$$M_{d,\text{max}} : 24.60 \text{ kN} \cdot 1.49 \text{ m} - \frac{16.5 \text{ kN/m} \cdot (1.49 \text{ m})^2}{2} = 18.33 \text{ kNm}$$

Tragfähigkeitsnachweis

$$W_{\text{erforderlich}} = \frac{M_{d,\text{max}}}{f_{m,d} \cdot \eta_w} = \frac{18.35 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{14.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1.0} = 1.31 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

1. Annahme des Querschnittes aus HBT. S.34 140/240 mm
 $W_y = 1.34 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

Schubnachweis

$$f_{v,d} = 1.5 \frac{V_d}{b \cdot h \cdot \eta_w} = 1.5 \frac{34.80 \cdot 10^3 \text{ N}}{140 \text{ mm} \cdot 240 \text{ mm} \cdot 1.0} = 1.55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > 1.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (nicht erfüllt!)}$$

2. Annahme des Querschnittes aus HBT. S.34 140/260 mm

$$f_{v,d} = 1.5 \frac{V_d}{b \cdot h \cdot \eta_w} = 1.5 \frac{34.80 \cdot 10^3 \text{ N}}{140 \text{ mm} \cdot 260 \text{ mm} \cdot 1.0} = 1.43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 1.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (erfüllt!)}$$

Auflagerdruck

Auflager A : $\sigma_{c,90,d} = \frac{29.54 \cdot 10^3 \text{ N}}{120 \text{ mm} \cdot 140 \text{ mm}} = 1.76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{c,90,d} = 2.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (erfüllt!)}$

Auflager B : $\sigma_{c,90,d} = \frac{59.26 \cdot 10^3 \text{ N}}{180 \text{ mm} \cdot 140 \text{ mm}} = 2.35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > f_{c,90,d} = 2.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (nicht erfüllt!)}$

$$l_A = \frac{59.26 \cdot 10^3 \text{ N}}{2.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 140 \text{ mm}} = 184 \text{ mm}$$

Auflager C : $\sigma_{c,90,d} = \frac{24.60 \cdot 10^3 \text{ N}}{120 \text{ mm} \cdot 140 \text{ mm}} = 1.46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{c,90,d} = 1.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (erfüllt!)}$

Aufgabe 3:

Gegeben: Ein Stahlträger wird durch eine Einzellast von 30 kN an beliebiger Stelle belastet.

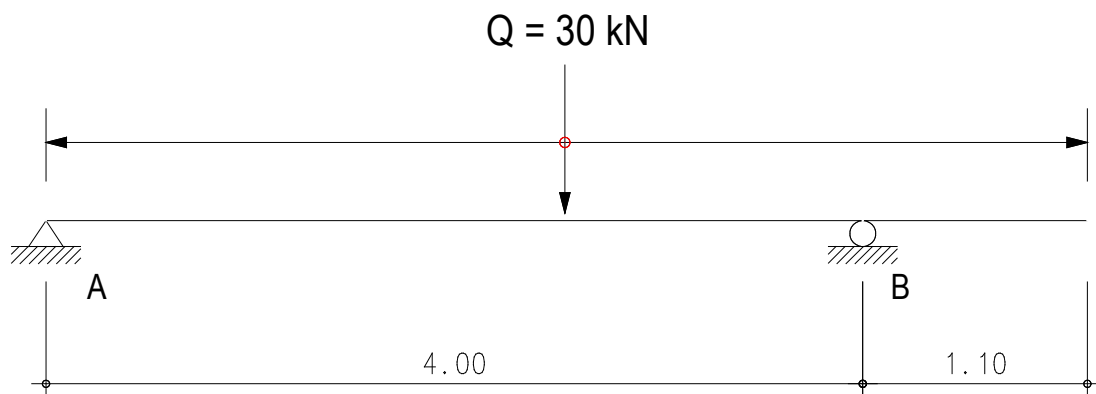
Was für ein HEA-Profil ist notwendig, wenn die folgenden Grenzwerte nicht überschritten werden dürfen?

$$\sigma_{zul.} = 160 \text{ N/mm}^2$$

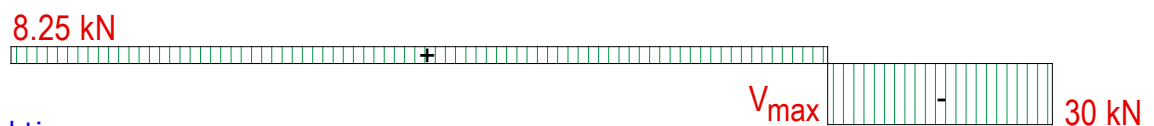
$$\tau_{zul.} = 100 \text{ N/mm}^2$$

$$W_{zul.} = I/200$$

Das Trägereigengewicht kann vernachlässigt werden. Rechnen Sie die Aufgabe ohne Lastfaktoren.



Querkraftverlauf



Auflagerreaktionen:

Laststellung bei A: $A_{max} = Q = 30.00 \text{ kN}$

Laststellung bei B: $B_{max} = \frac{30 \text{ kN} \cdot 5.10 \text{ m}}{4.0 \text{ m}} = 38.25 \text{ kN}$

$\Sigma v = 0$ $A_{min} = 30 \text{ kN} - 38.25 \text{ kN} = -8.25 \text{ kN}$

$B_{min} = 0 \text{ kN}$

$V_{max} = 30.00 \text{ kN}$

M_{max} im Feld bei Stellung von Q in Feldmitte $M_{max}^+ = \frac{30.00 \text{ kN} \cdot 4.0 \text{ m}}{4} = +30 \text{ kNm}$

M_{max} bei Stellung auf Kragarmende $M_{max}^B = 30.00 \text{ kN} \cdot 1.1 \text{ m} = -33 \text{ kNm}$

Traglast: $W_{v,el} = \frac{33 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{160 \text{ N/mm}^2} = 206.25 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ Gewählt: HEA – 160

$W_y = 220 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$I_y = 16.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Gebrauchstauglichkeit

$$W_{zul} = \frac{2 \cdot c}{200} = \frac{2 \cdot 1100 \text{ mm}}{200} = 11 \text{ mm}$$

$$W_1 \text{ am Kragarmende} \quad W_1 = \frac{l+c}{3} \cdot \frac{Q \cdot c^2}{E \cdot I} = \frac{(4000 + 1100)}{3} \cdot \frac{30 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (1100)^2}{210'000 \text{ N/mm}^2 \cdot 16.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 17.6 \text{ mm}$$

$$W_1 = 17.6 \text{ mm} > W_{zul} = 11 \text{ mm}$$

$$W_{zul} = \frac{l}{200} = \frac{4000 \text{ mm}}{200} = 20 \text{ mm}$$

$$W_2 \text{ im Feld} \quad W_2 = \frac{Q \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{30 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (4000)^3}{210'000 \text{ N/mm}^2 \cdot 16.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 11.4 \text{ mm}$$

$$W_2 = 11.4 \text{ mm} < W_{zul} = 20 \text{ mm}$$

$$I_{erforderlich} = \frac{(l+c) \cdot Q \cdot c^2}{3 \cdot E \cdot W_{zul, \text{Kragarm}}} = \frac{(5100 \text{ mm}) \cdot 30 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \cdot (1.10 \cdot 10^3 \text{ mm})^2}{3 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 11 \text{ mm}} = 26.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{massgebend!}$$

Gewählt: HEA-200

$$W_{el,y} = 389 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 36.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = 389 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 > W_{el,y,erforderlich} = 206.25 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 36.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > I_{erforderlich} = 26.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Aufgabe 4:

Gegeben: Fundament mit Stütze in Stahlbeton gemäss Skizze
 Gesucht: Bodenpressungen mit Spannungsfigur

Kipp- und Gleitsicherheit
 Gleitwinkel $\varphi = 17^\circ$

$$F_V = 100.00 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Stütze}} = V_{\text{Stütze}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = (0.25\text{m})^2 \cdot 3.0 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 4.69 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Stütze}} = V_{\text{Stütze}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 1.0 \text{ m} \cdot 0.40 \text{ m} \cdot 2.5 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 25.00 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Total}} = N_{\text{Total}} = 129.69 \text{ kN}$$

stabilisierendes Moment um Drehpunkt D

$$M_{\text{st}} = -129.69 \text{ kN} \cdot 1.25 \text{ m} = -162.11 \text{ kNm}$$

kippendes Moment um Drehpunkt D

$$M_K = +25.00 \text{ kN} \cdot 3.0 \text{ m} = +85.00 \text{ kNm}$$

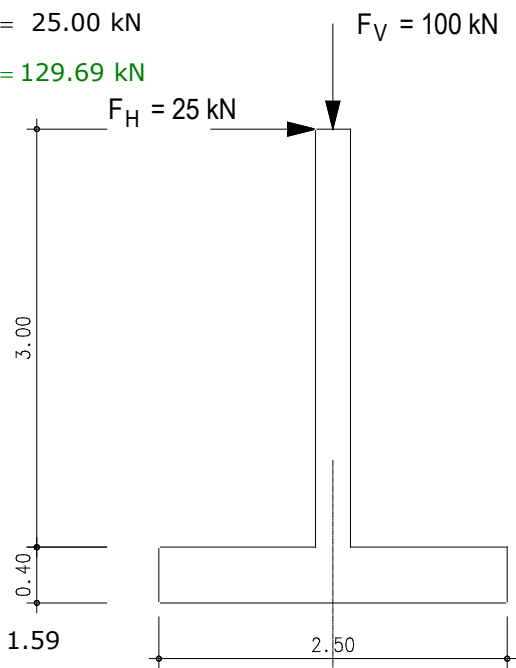
$$\text{Kippsicherheit } s_K = \frac{M_{\text{st}}}{M_K} = \frac{-162.11 \text{ kNm}}{+85.00 \text{ kNm}} = 1.91$$

$$1.91 > 1.5 \quad \text{i.O.}$$

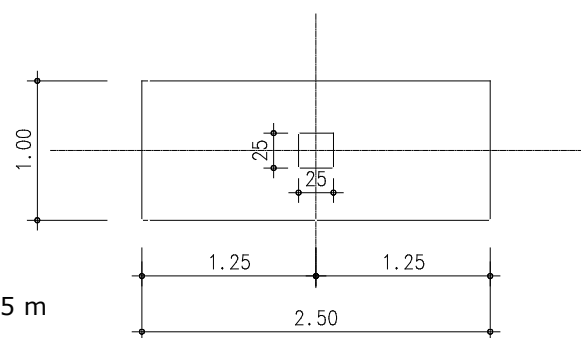
$$\text{Gleitsicherheit } s_G = \frac{\tan(\varphi) \cdot F_{\text{Total}}}{F_H} = \frac{\tan(17^\circ) \cdot 129.69 \text{ kN}}{+25.00 \text{ kN}} = 1.59$$

$$1.59 > 1.5 \quad \text{i.O.}$$

Schnitt 1:50



Grundriss 1:50



Exzentrizität

$$a = \frac{\sum M_d}{F_{\text{tot}}} = \frac{-M_{\text{st}} + M_K}{F_{\text{tot}}} = \frac{-162.11 \text{ kNm} + 85.00 \text{ kNm}}{129.69 \text{ kN}} = -0.595 \text{ m}$$

$$e_{\text{Total}} = \frac{h}{2} - a = \frac{2.50 \text{ m}}{2} - 0.595 \text{ m} = 0.655 \text{ m}$$

$$\text{Kernweite } k = \frac{h}{6} = \frac{2.50 \text{ m}}{6} = 0.417 \text{ m}, \quad e > k \Rightarrow \text{grosse Exzentrizität}$$

somit kann mit folgender Formel gerechnet werden:

$$\sigma_{\text{max}} = -\frac{2 \cdot N_{\text{Total}}}{3 \cdot a \cdot b} = -\frac{2 \cdot 129.69 \cdot 10^3 \text{ N}}{3 \cdot 595 \text{ mm} \cdot 1'000 \text{ mm}} = -0.145 \text{ N/mm}^2$$

Spannungsdiagramm

