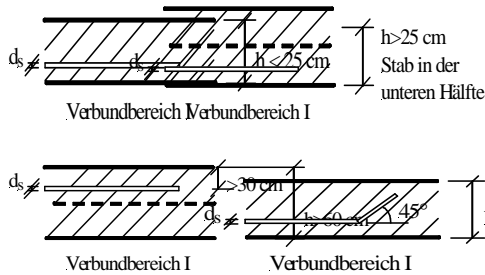


Verankerungslänge allgemein:



Vorwerte:

vorhandener Querdruck $p = 20 \text{ N/mm}^2$
 $A_{s,prov} = 42,40 \text{ cm}^2$
 $A_{s,req} = 20,20 \text{ cm}^2$
 Stabdurchmesser $d_s = 25 \text{ mm}$

Beton = GEW("Beton/DIN-1"; Bez;) = C30/37
 Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;) = BSt 500

Abminderung infolge Querdruck:

$$f = \text{MIN}\left(\frac{1}{1 - 0,04 * p}; 1,4\right) = 1,40$$

$$f_{ctm} = \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ctm}; \text{Bez=Beton}) = 2,90 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bd} = f * 2,25 * (f_{ctm} * 0,7) / 1,5 = 4,26 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/BSt"; } \beta_s; \text{Bez=BSt}) / 1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

$$l_b = \frac{d_s * f_{yd}}{40 * f_{bd}} = 63,79 \text{ cm}$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(10 * d_s; 100) / 10 = 25,00 \text{ cm}$$

$\alpha_A = 1,00$ bei Staffelung der Zugbewehrung

$$\alpha_A = \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} = 0,48$$

$\alpha_a = 0,70$ Winkelhaken

$\alpha_a = 0,70$ Haken

$\alpha_a = 0,70$ Schlaufe

$\alpha_a = 0,70$ angeschweißter Querstab

$\alpha_a = 1,00$ gerades Stabende

$$l_{b,net1} = \alpha_A * \alpha_a * l_b = 30,619 \text{ cm}$$

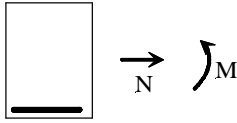
$$l_{b,net2} = 0,3 * l_b = 19,137 \text{ cm}$$

$$l_{b,net3} = l_{b,min} = 25,000 \text{ cm}$$

$$l_{b,net} = \text{MAX}(l_{b,net1}; l_{b,net2}; l_{b,net3}) = \underline{\underline{30,619 \text{ cm}}}$$

Bei unmittelbarer Endauflagerung:

$$l'_{b,net} = 2/3 * l_{b,net} = \underline{\underline{20,413 \text{ cm}}}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt kd:**Vorwerte:**

Querschnittsbreite b=	25,00 cm
Querschnittshöhe h=	80,00 cm
Betondeckung nom_c=	3,50 cm
Stabdurchmesser gew. d _s =	25,00 mm

Belastung:

Moment aus Eigengewicht M _G =	250,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last M _Q =	150,00 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht N _G =	10,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last N _Q =	50,00 kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f _{yk} =	TAB("Bewehrung/verank"; β _s ; Bez=BSt)/10	=	50,00 kN/cm ²

Sicherheitsbeiwerte:

γ _s =	1,15
γ _G =	1,35
γ _Q =	1,50

Berechnung:

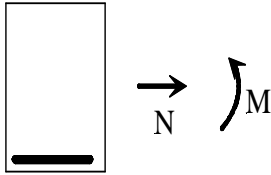
f _{yd} =	f _{yk} /γ _s	=	43,48 kN/cm ²
N _{Sd} =	γ _G *N _G +γ _Q *N _Q	=	88,50 kN
M _{Sd} =	γ _G *M _G +γ _Q *M _Q	=	562,50 kNm
d=	h-nom_c-d _s /20	=	75,25 cm
z _{s1} =	d-h/2	=	35,25 cm
M _{Sd,s} =	ABS(M _{Sd})-N _{Sd} *z _{s1} /100	=	531,30 kNm
k _d =	$\frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Sd,s}}{b/100}}}$	=	1,63
k _s =	TAB("Bewehrung/kd"; k _{s1} ; Bez=Beton; k _d =k _d)	=	2,65
ζ =	TAB("Bewehrung/kd"; ζ; Bez=Beton; k _d =k _d)	=	0,87
ξ =	TAB("Bewehrung/kd"; ξ; Bez=Beton; k _d =k _d)	=	0,32
x=	ξ*d	=	24,08 cm
z=	ζ*d	=	65,47 cm

$$\text{erf_A}_s = \frac{M_{Sd,s}}{d} * k_s + \frac{N_{Sd}}{f_{yd}} = 20,75 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{gew} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>\text{erf_A}_s) = 5 \text{ } \varnothing 25 \\ \text{vorh_A}_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; A}_s; \text{Bez}=\text{gew}) = 24,54 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

gew: 5 \varnothing 25

$$\frac{\text{erf_A}_s}{\text{vorh_A}_s} = \underline{0,85 < 1}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt dimensionsecht:**Vorwerte:**

Querschnittsbreite b =	25,00 cm
Querschnittshöhe h =	80,00 cm
Betondeckung nom_c =	3,50 cm
Stabdurchmesser gew. d_s =	25,00 mm

Belastung:

Moment aus Eigengewicht M_G =	250,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last M_Q =	150,00 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht N_G =	10,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last N_Q =	50,00 kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yk} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 10	=	50,00 kN/cm ²
f_{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	3,00 kN/cm ²

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35
γ_Q =	1,50
γ_s =	1,15
γ_c =	1,50

Berechnung:

f_{yd} =	f_{yk}/γ_s	=	43,48 kN/cm ²
f_{cd} =	$0,85 \cdot f_{ck}/\gamma_c$	=	1,70 kN/cm ²
N_{Sd} =	$\gamma_G \cdot N_G + \gamma_Q \cdot N_Q$	=	88,50 kN
M_{Sd} =	$\gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q$	=	562,50 kNm
d =	$h - \text{nom_c} - d_s/20$	=	75,25 cm
z_{s1} =	$d - h/2$	=	35,25 cm
$M_{Sd,s}$ =	$\text{ABS}(M_{Sd}) - N_{Sd} \cdot z_{s1}/100$	=	531,30 kNm
$\mu_{Sd,s}$ =	$\frac{M_{Sd,s}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \cdot 100$	=	0,221
ω =	TAB("Bewehrung/omega"; ω ; $\mu = \mu_{Sd,s}$)	=	0,254

$$\text{erf_A}_S = (\omega * d * b * f_{cd} + N_{Sd}) / f_{yd} = 20,72 \text{ cm}^2$$

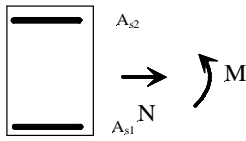
$$\text{gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; d}_S = d_S; A_S > \text{erf_A}_S) = 5 \text{ } \varnothing 25$$

gew: 5 \varnothing 25

$$\text{mit vorh_A}_S = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; A}_S; \text{Bez} = \text{gew}) = 24,54 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf_A}_S / \text{vorh_A}_S = \underline{\underline{0,84 < 1}}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt dimensionsecht mit Druckbewehrung:



Vorwerte:

Querschnittsbreite b=	25,00 cm
Querschnittshöhe h=	72,00 cm
Betondeckung nom_c=	3,50 cm
Stabdurchmesser gew. d _s =	28,00 mm
Stabdurchmesser gew. d _{s2} =	12,00 mm

Belastung:

Moment aus Eigengewicht M _G =	250,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last M _Q =	240,00 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht N _G =	-80,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last N _Q =	-60,00 kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f _{yk} =	TAB("Bewehrung/verank"; β _s ; Bez=BSt) / 10	=	50,00 kN/cm ²
f _{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f _{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	3,00 kN/cm ²

Sicherheitsbeiwerte:

γ _G =	1,35
γ _Q =	1,50
γ _s =	1,15
γ _c =	1,50

Berechnung:

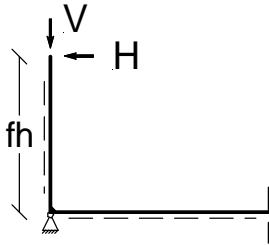
f _{yd} =	f _{yk} /γ _s	=	43,48 kN/cm ²
f _{cd} =	0,85*f _{ck} /γ _c	=	1,70 kN/cm ²
N _{Sd} =	γ _G *N _G +γ _Q *N _Q	=	-198,00 kN
M _{Sd} =	γ _G *M _G +γ _Q *M _Q	=	697,50 kNm
d=	h-nom_c-d _s /20	=	67,100 cm
z _{s1} =	d-h/2	=	31,10 cm
M _{Sd,s} =	ABS(M _{Sd})-N _{Sd} *z _{s1} /100	=	759,08 kNm
μ _{Sd,s} =	M _{Sd,s} /(b*d ² *f _{cd})*100	=	0,397 > 0,31

⇒ Druckbewehrung erforderlich!

Tabelleneingangswerte:

ξ =		=	0,617
f =	(h - d) / (5 * d)	=	0,01
f =	5 * f	=	0,05

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/myomega"; } \omega_1; \xi=\xi; d_2/d=f; \mu_{Sds}=\mu_{Sd,s}) &= & 0,527 \\ \omega_2 &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/myomega"; } \omega_2; \xi=\xi; d_2/d=f; \mu_{Sds}=\mu_{Sd,s}) &= & 0,027 \\ \\ \text{erf}_{A_{S1}} &= 1/f_{yd} * (\omega_1 * b * d * f_{cd} + N_{Sd}) &= & 30,01 \text{ cm}^2 \\ \text{erf}_{A_{S2}} &= \omega_2 * b * d * f_{cd} / f_{yd} &= & 1,77 \text{ cm}^2 \\ \\ \text{gew}_{B_1} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s > \text{erf}_{A_{S1}}) &= & 5 \text{ } \emptyset 28 \\ &\boxed{\text{gew: 5 } \emptyset 28} && \\ \text{mit } A_{S1} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=\text{gew}_{B_1}) &= & 30,79 \text{ cm}^2 \\ \\ \text{erf}_{A_{S1}}/A_{S1} &&= & \underline{\underline{0,97 < 1}} \\ \\ \text{gew}_{B_2} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_{s2}; A_s > \text{erf}_{A_{S2}}) &= & 2 \text{ } \emptyset 12 \\ &\boxed{\text{gew: 2 } \emptyset 12} && \\ \text{mit } A_{S2} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=\text{gew}_{B_2}) &= & 2,26 \text{ cm}^2 \\ \\ \text{erf}_{A_{S2}}/A_{S2} &&= & \underline{\underline{0,78 < 1}} \end{aligned}$$

Pos.: Drempe!**System:**

Deckenstärke h = 16,00 cm
 freie Drempehöhe f_h = 33,00 cm

Beton = GEW("Beton/DIN-1"; Bez;) = C25/30
 Betondeckung c = 2,50 cm

Belastung:

Horizontalkraft aus Dach H_{Sd} = 9,30 kN/m
 Deckenbelastung g_l = 5,50 kN/m²

Schnittkräfte:

\max_M = $H_{Sd} \cdot f_h / 100$ = 3,07 kN/m

Bemessung:

d = $h - c$ = 13,50 cm

k_d = $\frac{d}{\sqrt{\max_M}}$ = 7,70

k_s = TAB("Bewehrung/kd"; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$) = 2,33

erf_{A_s} = $k_s \cdot \frac{\max_M}{d}$ = 0,53 cm²/m

d_s = 8,00 mm

erf = TAB("Bewehrung/AsFläche"; Bez; $d_s=d_s$; $a_s > \text{erf}_{A_s}$) = $\emptyset 8 / e = 25$

gew B = GEW("Bewehrung/AsFläche"; Bez; $d_s=d_s$; $a_s \geq \text{erf}_{A_s}$) = $\emptyset 8 / e = 25$

mit vorh_{A_s} = TAB("Bewehrung/AsFläche"; a_s ; Bez=B) = 2,01 cm²/m

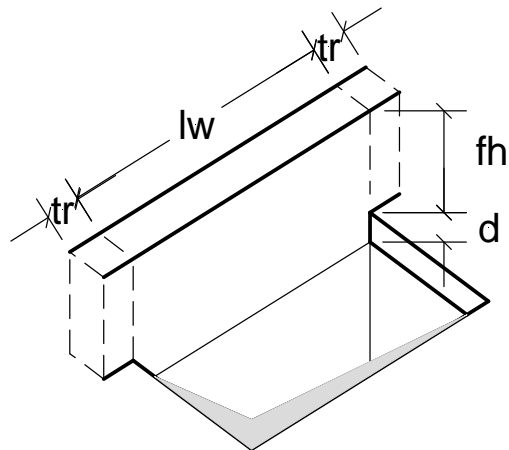
Verteilereisen $\emptyset 8 / e = 20$ cm

Längsbewehrung oben und unten je 2 $\emptyset 12$

Die Bewehrung ist mit einer Schlaufe oben in die Massivdecke zu führen und zu verankern.

$$\text{Verankerungslänge } v = \sqrt{2 \cdot \frac{\max_M}{g_l} + \frac{d_s}{100}} = 1,14 \text{ m}$$

Zur Aufnahme des Achsialzuges sind in der Massivdecke im Abstand von 50 cm, $\emptyset 8$ durchgehend von Traufe zu Traufe zuzulegen und in den Aufkantungen zu verankern.

Pos.: Drempel am Deckedurchbruch**System:**

Deckenstärke h =	16,00 cm
freie Drempelhöhe f _h =	50,00 cm
Breite der Tragstreifen t _r =	20,00 cm
Breite Deckendurchbruch l _w =	120,00 cm

Beton = GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;) = C25/30
 Betondeckung c = 2,50 cm

Drempelhöhe h_d = f_h + h / 2 = 58,00 cm
 Drempellänge l_d = l_w + t_r = 140,00 cm

Belastung:

Horizontalkraft aus Dach H _{Sd} =	9,70 kN/m
Deckenbelastung g _l =	5,50 kN/m ²

Schnittkräfte:

$$M_y = H_{Sd} \cdot \frac{\left(\frac{l_d}{100}\right)^2}{8} = 2,38 \text{ kNm}$$

$$A_y = H_{Sd} \cdot \frac{\left(\frac{l_d}{100}\right)}{2} = 6,79 \text{ kNm}$$

$$M_h = -A_y \cdot (h_d / 100) = -3,94 \text{ kNm}$$

$$Z = 10 \cdot A_y / 286 = 0,24 \text{ cm}^2$$

Bemessung in horizontaler Richtung:

Im Durchbruchbereich:

$$h_h = f_h + h / 2 = 58,00 \text{ cm}$$

$$d = h - c = 13,50 \text{ cm}$$

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_y}{(h_h / 100)}}} = 6,66$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"}; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) = 2,33$$

$$\text{erf}_{A_s} = k_s \cdot \frac{M_y}{d} = 0,41 \text{ cm}^2$$

$$d_s = 12,00 \text{ mm}$$

$$\text{erf} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s=d_s; A_s>\text{erf}_{A_s}) = 1 \text{ } \varnothing 12$$

gewählt:

$$\text{gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez};) = 2 \text{ } \varnothing 12$$

$$\text{mit vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez=gew}) = 2,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{\text{erf}_{A_s}}{\text{vorh}_{A_s}} = \underline{\underline{0,18 < 1}}$$

neben dem Deckendurchbruch:

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\left(\frac{-M_h}{t_r / 100}\right)}} = 3,04$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"}; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) = 2,40$$

$$\text{erf}_{A_s} = -M_h \cdot \frac{k_s}{d} = 0,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

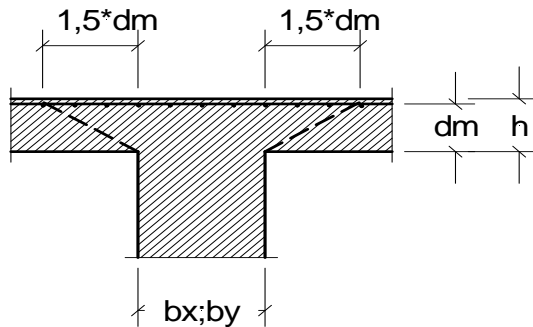
$$\text{gew. } \varnothing d_s = 12,00 \text{ mm}$$

Die Bewehrung ist mit einer Schlaufe oben in die Massivdecke zu führen und zu verankern.

$$\text{Verankerungslänge } v = \sqrt{2 \cdot \frac{-M_h}{gl} + \frac{d_s}{100}} = 1,32 \text{ m}$$

Zur Aufnahme des Achsialzuges sind in der Massivdecke im Abstand von 50 cm, $\varnothing 8$ durchgehend von Traufe zu Traufe zuzulegen und in den Aufkantungen zu verankern.

Durchstanz-Nachweis Flachdecke:



System:

Deckendicke h =	26,00 cm
statische Höhe d _x =	22,50 cm
statische Höhe d _y =	21,50 cm
Einflußbreite l _x =	6,00 m
Einflußbreite l _y =	6,50 m
Stützenbreite b _x =	45,00 cm
Stützendicke b _y =	45,00 cm

Belastung:

g _k =	9,10 kN/m ²
q _k =	7,25 kN/m ²

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f _{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β _s ; Bez=BSt) / 11,5	=	43,48 kN/cm ²
f _{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f _{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	3,00 kN/cm ²
γ _G =	1,35		
γ _Q =	1,50		

obere Deckenbewehrung:

Bew =	GEW("Bewehrung/AsFläche"; Bez;)	=	Ø 16 / e = 11
A _{sx} =	TAB("Bewehrung/AsFläche"; a _s ; Bez=Bew)	=	18,28 cm ² /m

Berechnung:

$$d_m = \frac{d_x + d_y}{2} = 22,00 \text{ cm}$$

Nachweis der Durchstanzsicherheit:

Bemessungsquerkraft:

$$V_{sd} = (\gamma_G * g_k + \gamma_Q * q_k) * l_x * l_y = 903,24 \text{ kN}$$

kritischer Rundschnitt:

$$u = (2 * (b_x + b_y) + 2 * 1,5 * d_m * \pi) / 100 = 3,87 \text{ m}$$

aufzunehmende Querkraft je Längeneinheit längs des kritischen Rundschnitts:

für Randstützen β = 1,40

für Eckstützen β = 1,50

für Innenstützen β = 1,05

$$v_{Sd} = V_{sd} * \beta / u = 245,07 \text{ kN/m}$$

Grenztragfähigkeit der Platte je Längeneinheit ohne Durchstanzbewehrung:

$$\kappa = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{20}{d_m}}; 2\right) = 1,953$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sx}}{d_m * 100} = 0,00831 < 0,02$$

$$v_{Rd,ct} = 0,14 * \kappa * \sqrt[3]{10^3 * \rho_1 * f_{ck} * d_m * 10} = 175,72 \text{ kN/m}$$

$$v_{Sd} / v_{Rd,ct} = \underline{1,39 > 1 !!!}$$

⇒ Durchstanzbewehrung erforderlich.

Grenztragfähigkeit der Platte je Längeneinheit mit Durchstanzbewehrung:

$$v_{Rd,max} = 1,5 * v_{Rd,ct} = 263,580 \text{ kN/m}$$

$$v_{Sd} / v_{Rd,max} = \underline{0,93 < 1}$$

Bemessung der Durchstanzbewehrung:

$$u_a = 7,67 \text{ m}$$

$$\kappa_s = \text{MIN}\left(\text{MAX}\left(0,7 + 0,3 * \frac{d_m - 40}{40}; 0,7\right); 1\right) = 0,70$$

Bügelreihe 1 im Abstand von:

$$s_{w1} = 0,5 * d_m = 11,00 \text{ cm}$$

$$u_1 = \frac{2 * (b_x + b_y) + 2 * s_{w1} * \pi}{100} = 2,49 \text{ m}$$

$$v_{Sd1} = \frac{V_{sd} * \beta}{u_1} = 380,88 \text{ kN/m}$$

$$A_{sw1} = \frac{(v_{Sd1} - v_{Rd,ct}) * u_1}{\kappa_s * f_{yd}} = 16,78 \text{ cm}^2$$

$$s_{wi} = 0,75 * d_m = 16,50 \text{ cm}$$

Bügelreihe 2 im Abstand von:

$$s_{w2} = 1,25 * d_m = 27,50 \text{ cm}$$

$$u_2 = \frac{2 * (b_x + b_y) + 2 * s_{w2} * \pi}{100} = 3,53 \text{ m}$$

$$v_{Sd2} = \frac{V_{sd} * \beta}{u_2} = 268,67 \text{ kN/m}$$

$$A_{sw2} = \frac{(v_{Sd2} - v_{Rd,ct}) * u_2 * s_{wi}}{\kappa_s * d_m * f_{yd}} = 8,09 \text{ cm}^2$$

Bügelreihe 3 im Abstand von:

$$s_{w3} = 2 * d_m = 44,00 \text{ cm}$$

$$u_3 = \frac{2 * (b_x + b_y) + 2 * s_{w3} * \pi}{100} = 4,56 \text{ m}$$

$$v_{Sd3} = \frac{V_{sd} * \beta}{u_3} = 207,98 \text{ kN/m}$$

$$A_{sw4} = \frac{(v_{Sd3} - v_{Rd,ct}) * u_3 * s_{wi}}{\kappa_s * d_m * f_{yd}} = 3,62 \text{ cm}^2$$

Bügelreihe 4 im Abstand von:

$$s_{w4} = 2,75 * d_m = 60,50 \text{ cm}$$

$$u_4 = (2 * (b_x + b_y) + 2 * s_{w4} * \pi) / 100 = 5,60 \text{ m}$$

$$v_{Sd4} = V_{sd} * \beta / u_4 = 169,36 \text{ kN/m}$$

$$A_{sw4} = \frac{(v_{Sd4} - v_{Rd,ct}) * u_4 * s_{wi}}{\kappa_s * d_m * f_{yd}} = -0,88 \text{ cm}^2$$

Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im äußeren Rundschnitt:

$$\kappa_a = \text{MAX}\left(1 - 0,29 * \frac{s_{w4}}{3,5 * d_m}; 0,71\right) = 0,772$$

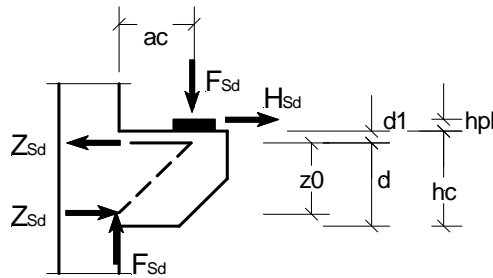
$$u_a = 2 * (b_x + b_y + \pi * (s_{w4} + 1,5 * d_m)) / 100 = 7,67 \text{ m}$$

$$v_{Sd} = \beta * \frac{V_{sd}}{u_a} = 123,65 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rd,ct,a} = \kappa_a * v_{Rd,ct} = 135,66 \text{ kN/m}$$

$$v_{Sd} / v_{Rd,ct,a} = \underline{\underline{0,91 < 1}}$$

Betonkonsole:



System:

Kraftabstand a_c =	25,00 cm
Konsolhöhe h_c =	50,00 cm
Konsolbreite b_w =	34,00 cm
Fläche der Lasteintragplatte A_{pl} =	240,00 cm ²
Betondeckung der Zugbewehrung nom_{c_s} =	6,00 cm
Betondeckung der übrigen Bewehrung nom_c =	3,00 cm
gewählter Stabdurchmesser d_s =	16,00 mm

Belastung:

F_{Sd} =	380,00 kN
H_{Sd} =	76,00 kN

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C40/50
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 N/mm ²
f_{cd} =	0,85 * TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 1,5	=	22,67 N/mm ²

Berechnung:

a_c / h_c	=	<u>0,50 < 1 sonst Bemessung als Kragarm</u>
zweilagige Bewehrung s =		2,00 cm
$d = h_c - nom_{c_s} - \frac{d_s}{10} - \frac{s}{2}$	=	41,40 cm
$a_1 = \frac{F_{Sd}}{b_w * f_{cd}} * 10$	=	4,93 cm
$c = a_c + 0,5 * a_1$	=	27,47 cm
$a_2 = \left(d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * F_{Sd} * c}{b_w * f_{cd}}} \right) * 10$	=	3,28 cm
$z = d - 0,5 * a_2$	=	39,76 cm
$F_s = H_{Sd} + F_{Sd} * c / z$	=	338,54 kN

Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit:

Bewehrung zur Aufnahme der Zugkraft:

$$\text{erf}_{A_s} = 10 * F_s / f_{yd} = 7,79 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew } B_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>\text{erf}_{A_s}) = 4 \text{ } \varnothing 16$$

$$\text{mit } A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=B_s) = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\text{erf}_{A_s}}{A_s} = \underline{\underline{0,97 < 1}}$$

Nachweis der Tragfähigkeit der Betondruckstrebe:

$$\tan\Theta = z / c = 1,447$$

$$V_{Rd,max} = b_w * z * 0,75 * f_{cd} * 1 / (1 / \tan\Theta + \tan\Theta) / 10 = 1075,01 \text{ kN}$$

$$F_{Sd} / V_{Rd,max} = \underline{\underline{0,35 < 1}}$$

Nachweis der Auflagerpressung:

$$\sigma_{Sd} = 10 * F_{Sd} / A_{pl} = 15,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Rd,max} = 0,75 * f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Sd} / \sigma_{Rd,max} = \underline{\underline{0,93 < 1}}$$

Rechteckquerschnittes mit Mindestbewehrung:**System:**

Querschnittsbreite b_w =	30,00 cm
statisch Höhe d =	38,50 cm
Biegezugbewehrung erf_ A_{s1} =	13,23 cm ²
gewählte Druckstebenneigung Θ =	45,00 °
Winkel der Schubbewehrung α =	90,00 °

Belastung:

Auflagerkraft V_G =	15,25 kN
Auflagerkraft V_Q =	10,39 kN

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C20/25
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yk} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 10	=	50,00 kN/cm ²
f_{ctm} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ctm} ; Bez=Beton) / 10	=	0,22 kN/cm ²
f_{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	2,00 kN/cm ²
f_{cd} =	$0,85 * f_{ck} / 1,5$	=	1,13 kN/cm ²
f_{yd} =	$f_{yk} / 1,15$	=	43,48 kN/cm ²
γ_G =			1,35
γ_Q =			1,50

Querkraftbemessung:

$$V_{Sd} = V_G * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 36,17 \text{ kN}$$

$$\kappa = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{20}{d}}; 2\right) = 1,72$$

$$\rho_1 = \text{MIN}\left(\frac{\text{erf}_A_{s1}}{b_w * d}; 0,02\right) = 0,01145$$

$$V_{Rd,ct} = 0,1 * \kappa^3 * \sqrt{(1000 * \rho_1 * f_{ck})} * b_w * d / 10 = 56,41 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} / V_{Rd,ct} = 0,64 < 1$$

⇒ nur Mindestschubbewehrung erforderlich!!

$$\rho_w = 0,16 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,00070$$

$$a_{sw} = \rho_w * 100 * b_w * \text{SIN}(\alpha) = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{gew } d_s = 8,00$$

$$\text{erf } B_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s=d_s; a_s>a_{sw}) = \text{Ø } 8 / e = 23$$

$$\text{gew } B = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s=d_s; a_s \geq a_{sw}) = \text{Ø } 8 / e = 20$$

$$\text{vorh}_a_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"}; a_s; \text{Bez}=B) = 2,51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{a_{sw}}{\text{vorh}_a_s} = 0,84 < 1$$

Ermittlung der Bewehrung infolge Querkraft und Torsion:**System:**

Querschnittsbreite b_w =	40,00 cm
Querschnittshöhe h =	48,00 cm
statisch Höhe d =	44,50 cm
Biegezugbewehrung $\text{erf}_{A_{s1}}$ =	15,00 cm ²
gewählte Druckstrebenneigung Θ =	40,00 °
Betondeckung c_{nom} =	3,00 cm

Belastung:

T_{Sd} =	38,00 kNm
V_{Sd} =	320,00 kN

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C20/25
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 11,5	=	43,48 kN/cm ²
f_{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	2,00 kN/cm ²
f_{cd} =	$0,85 * f_{ck} / 1,5$	=	1,13 kN/cm ²

Querkraftbemessung:

κ =	$\text{MIN}(1 + \sqrt{\frac{20}{d}} ; 2)$	=	1,67
ρ_1 =	$\text{MIN}(\frac{\text{erf}_{A_{s1}}}{b_w * d} ; 0,02)$	=	0,00843
$V_{Rd,ct}$ =	$0,1 * \kappa * \sqrt[3]{10^3 * \rho_1 * f_{ck} * b_w * d} / 10$	=	76,22 kN
$V_{Sd} / V_{Rd,ct}$		=	4,20 > 1 !!
⇒ Schubbewehrung erforderlich!!			
z_r =	$\text{MIN}(0,9 * d; d - 2 * c_{\text{nom}})$	=	38,50 cm
$V_{Rd,max}$ =	$b_w * z_r * 0,75 * f_{cd} / (1/\text{TAN}(\Theta) + \text{TAN}(\Theta))$	=	642,66 kN
$V_{Sd} / V_{Rd,max}$		=	<u>0,50 < 1</u>
$\text{erf } a_{swV}$ =	$100 * \frac{V_{Sd}}{f_{yd} * \frac{1}{\text{TAN}(\Theta)} * z_r}$	=	16,04 cm ²

Torsionsbewehrung:

$$\begin{aligned}
 A &= b_w * h / 10^4 &= & 0,192 \text{ m}^2 \\
 u &= 2 * (b_w + h) / 100 &= & 1,76 \text{ m} \\
 t_{\text{eff}} &= 2 * (h - d) &= & 7,00 \text{ cm} \\
 b_k &= b_w - t_{\text{eff}} &= & 33,00 \text{ cm} \\
 d_k &= h - t_{\text{eff}} &= & 41,00 \text{ cm} \\
 A_k &= b_k * d_k &= & 1353,00 \text{ cm}^2 \\
 u_k &= 2 * (b_k + d_k) &= & 148,00 \text{ cm} \\
 T_{\text{Rd,max}} &= 0,7 * 0,75 * f_{\text{cd}} * 2 * A_k * t_{\text{eff}} / (1/\text{TAN}(\Theta) + \text{TAN}(\Theta)) / 100 &= & 55,33 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Nachweis der Interaktion:

$$\left(\frac{T_{\text{Sd}}}{T_{\text{Rd,max}}} \right)^2 + \left(\frac{V_{\text{Sd}}}{V_{\text{Rd,max}}} \right)^2 = \underline{\underline{0,72 < 1}}$$

Ermittlung der Bewehrung:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{sIT}} &= 100 * T_{\text{Sd}} * u_k * (1 / \text{TAN}(\Theta)) / (2 * A_k * f_{\text{yd}}) &= & 5,70 \text{ cm}^2 \\
 a_{\text{swT}} &= 100 * T_{\text{Sd}} * 100 * \text{TAN}(\Theta) / (2 * A_k * f_{\text{yd}}) &= & 2,71 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{gew } d_{\text{sw}} = 12,00$$

Schubbewehrung vertikal je Seite (links-rechts):

$$a_{\text{sw}} = a_{\text{swV}} / 2 + a_{\text{swT}} = 10,73 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf } B_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s = d_{\text{sw}}; a_s > a_{\text{sw}}) = \text{Ø } 12 / e = 10.5$$

$$\text{gew } B = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s = d_{\text{sw}}; a_s \geq a_{\text{sw}}) = \text{Ø } 12 / e = 10$$

$$\text{vorh_} a_{\text{sw}} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } a_s; \text{Bez=B}) = 11,31 \text{ cm}^2$$

$$\frac{a_{\text{sw}}}{\text{vorh_} a_{\text{sw}}} = 0,95 < 1$$

Schubbewehrung horizontal (oben-unten):

$$\text{erf } B_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s = d_{\text{sw}}; a_s > a_{\text{swT}}) = \text{Ø } 12 / e = 25$$

$$\text{gew } B = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s = d_{\text{sw}}; a_s \geq a_{\text{swT}}) = \text{Ø } 12 / e = 20$$

$$\text{vorh_} a_{\text{swT}} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } a_s; \text{Bez=B}) = 5,65 \text{ cm}^2$$

$$\frac{a_{\text{swT}}}{\text{vorh_} a_{\text{swT}}} = \underline{\underline{0,48 < 1}}$$

Längsbewehrung infolge Schub:

$$\text{gew } d_{\text{sl}} = 20,00$$

$$\text{erf } B_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_{\text{sl}}; A_s > A_{\text{sIT}}/4) = 1 \text{ Ø } 20$$

gew 1 Ø 20 in jeder Ecke

$$\text{vorh_} A_{\text{sIT}} = 4 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez=B}_1) = 12,56 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{\text{sIT}}}{\text{vorh_} A_{\text{sIT}}} = \underline{\underline{0,45 < 1}}$$

Querkraftbemessung eines Rechteckquerschnittes:**System:**

Querschnittsbreite b_w =	30,00 cm
statisch Höhe d =	53,00 cm
Biegezugbewehrung $erf_{A_{s1}}$ =	6,30 cm ²
gewählte Druckstrebenneigung Θ =	40,00 °
Betondeckung c_{nom} =	3,00 cm

Belastung:

Auflagerkraft V_G =	165,25 kN
Auflagerkraft V_Q =	130,39 kN

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 11,5	=	43,48 kN/cm ²
f_{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	3,00 kN/cm ²
f_{cd} =	$0,85 * f_{ck} / 1,5$	=	1,70 kN/cm ²
γ_G =	1,35		
γ_Q =	1,50		

Belastung:

$$V_{Sd} = V_G * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 418,67 \text{ kN}$$

Querkraftbemessung:

$$\kappa = \text{MIN} \left(1 + \sqrt{\frac{20}{d}}; 2 \right) = 1,61$$

$$\rho_1 = \text{MIN} \left(\frac{erf_{A_{s1}}}{b_w * d}; 0,02 \right) = 0,00396$$

$$V_{Rd,ct} = 0,1 * \kappa * \sqrt[3]{10^3 * \rho_1 * f_{ck} * b_w * d} / 10 = 58,41 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} / V_{Rd,ct} = 7,17 > 1 !!$$

⇒ Schubbewehrung erforderlich!!

$$z_r = \text{MIN}(0,9 * d; d - 2 * c_{nom}) = 47,00 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = b_w * z_r * 0,75 * f_{cd} / (1/\text{TAN}(\Theta) + \text{TAN}(\Theta)) = 885,22 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} / V_{Rd,max} = \underline{0,47 < 1}$$

$$erf a_{sw} = 100 * \frac{V_{Sd}}{f_{yd} * \frac{1}{\text{TAN}(\Theta)} * z_r} = 17,19 \text{ cm}^2$$

$$gew d_s = 12,00$$

Bügel 2-schnittig:

$$\text{erf } B_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s=d_s; a_s>a_{sw}/2) = \text{Ø 12 / e = 13}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s=d_s; a_s\geq a_{sw}/2) = \text{Ø 12 / e = 12.5}$$

$$\text{vorh_}a_s = 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } a_s;\text{Bez=B}) = 18,10 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{a_{sw}}{\text{vorh_}a_{sw}} = \underline{\underline{0,95 < 1}}$$

Querkraftbemessung eines Rechteckquerschnittes:**System:**

Querschnittsbreite b_w =	30,00 cm
statisch Höhe d =	38,50 cm
Biegezugbewehrung $\text{erf}_{A_{s1}}$ =	13,23 cm ²
gewählte Druckstrebenneigung Θ =	40,00 °
gewählter Bewehrungswinkel α =	60,00 °
Betondeckung c_{nom} =	3,00 cm

Belastung:

Auflagerkraft V_G =	165,25 kN
Auflagerkraft V_Q =	130,39 kN

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C20/25
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 11,5	=	43,48 kN/cm ²
f_{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	2,00 kN/cm ²
f_{cd} =	$0,85 * f_{ck} / 1,5$	=	1,13 kN/cm ²
γ_G =	1,35		
γ_Q =	1,50		

Querkraftbemessung:

$$V_{Sd} = V_G * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 418,67 \text{ kN}$$

$$\frac{4}{7} / (\text{TAN}(\Theta)) = \underline{\underline{0,68 < 1}}$$

$$\text{TAN}(\Theta) / (7 / 4) = \underline{\underline{0,48 < 1}}$$

$$\kappa = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{20}{d}}; 2\right) = 1,72$$

$$\rho_1 = \text{MIN}\left(\frac{\text{erf}_{A_{s1}}}{b_w * d}; 0,02\right) = 0,01145$$

$$V_{Rd,ct} = 0,1 * \kappa * \sqrt[3]{10^3 * \rho_1 * f_{ck} * b_w * d} / 10 = 56,41 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} / V_{Rd,ct} = 7,42 > 1 !!$$

⇒ Schubbewehrung erforderlich!!

$$z_r = \text{MIN}(0,9 * d; d - 2 * c_{\text{nom}}) = 32,50 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = b_w * z_r * 0,75 * f_{cd} * \frac{\frac{1}{\tan(\Theta)} + \frac{1}{\tan(\alpha)}}{1 + \left(\frac{1}{\tan(\Theta)}\right)^2} = 603,99 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} / V_{Rd,max} = \underline{0,69 < 1}$$

$$\text{erf } a_{sw} = 100 * \frac{V_{Sd}}{f_{yd} * \left(\frac{1}{\tan(\Theta)} + \frac{1}{\tan(\alpha)}\right) * \sin(\alpha) * z_r} = 19,34 \text{ cm}^2$$

gew $d_s = 12,00$
 Bügel 2-schnittig:

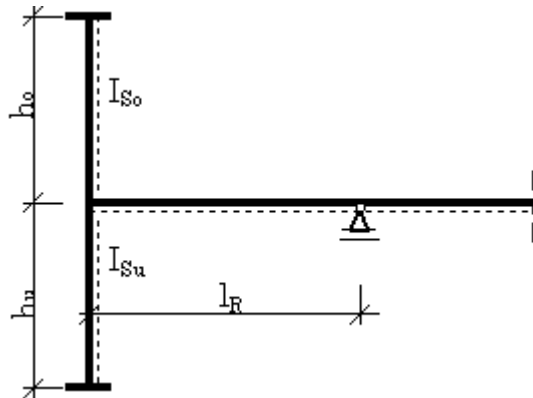
$$\text{erf } B_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s=d_s; a_s>a_{sw}/2) = \text{Ø } 12 / e = 11.5$$

$$\text{gew } B = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s=d_s; a_s \geq a_{sw}/2) = \text{Ø } 12 / e = 11.5$$

$$\text{vorh}_a = 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } a_s; \text{Bez=B}) = 19,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{a_{sw}}{\text{vorh}_a} = \underline{0,98 < 1}$$

Momente in rahmenartigen Tragwerken nach Heft 240



System:

Stützweite in betrachteter Richtung $L_R =$	3,75 m
Stützweite rechth. zur betr. Richtung $L =$	5,84 m
Deckenplattendicke $d_p =$	27,00 cm

Randunterzug:

Unterzugbreite $b_R =$	24,00 cm
Unterzughöhe $d_R =$	77,00 cm

Obere Stütze:

Stützendicke (Haupttrichtung) $d_o =$	24,00 cm
Stützenbreite $b_o =$	40,00 cm
Geschoßhöhe $h_o =$	2,70 m

Untere Stütze:

Stützendicke (Haupttrichtung) $d_u =$	24,00 cm
Stützenbreite $b_u =$	40,00 cm
Geschoßhöhe $h_u =$	2,70 m

Belastung:

Eigenlast $g_{sd} =$	7,95 kN/m ²
Verkehrslast $p_{sd} =$	5,00 kN/m ²

Nachweis:

$b =$	$\text{MIN}(b_R ; d_R) / 10$	$=$	2,40 dm
$d =$	$\text{MAX}(b_R ; d_R) / 10$	$=$	7,70 dm
$I_T =$	$b^3 * d / 3 * (1 - 0,63*b/d + 0,052*b^5/d^5)$	$=$	28,52 dm ⁴
$I =$	$10*L * (d_p/10)^3 / 12$	$=$	95,79 dm ⁴
$\lambda =$	$3,5 * \sqrt{\frac{I}{I_T} * \frac{L}{L_R}}$	$=$	8,00
$f =$	TAB("DAfStb/H240-1.6" ; f ; $\lambda = \lambda$)	$=$	0,25
$b_m =$	$f * L$	$=$	1,46 m

Korrekturbeiwerte:

$I_{so} =$	$10^{-4} * b_o * d_o^3 / 12$	$=$	4,61 dm ⁴
------------	------------------------------	-----	----------------------

$$I_{SU} = 10^{-4} * b_u * d_u^3 / 12 = 4,61 \text{ dm}^4$$

$$I_R = 10^{-3} * 10 * b_m * d_p^3 / 12 = 23,95 \text{ dm}^4$$

$$c_o = \frac{L_R * I_{so}}{h_o * I_R} = 0,27$$

$$c_u = \frac{L_R * I_{su}}{h_u * I_R} = 0,27$$

$$M_{R[0]} = -(g_{Sd} + p_{Sd}) * b_m * L_R^2 / 12 = -22,16 \text{ kNm}$$

Einspannmomente:**Obere Stütze:**

$$M_{SO} = M_{R[0]} * c_o * \frac{3 + \frac{p_{Sd}}{g_{Sd} + p_{Sd}}}{3 * (c_o + c_u) + 2,5} = \underline{\underline{-4,92 \text{ kNm}}}$$

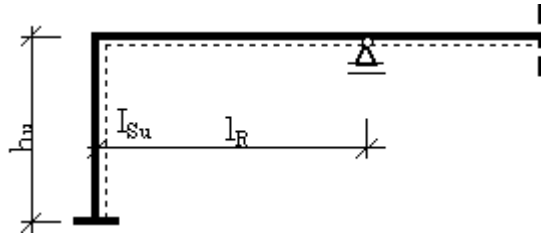
Untere Stütze:

$$M_{SU} = M_{R[0]} * c_u * \frac{3 + \frac{p_{Sd}}{g_{Sd} + p_{Sd}}}{3 * (c_o + c_u) + 2,5} = \underline{\underline{-4,92 \text{ kNm}}}$$

Deckenanschnitt:

$$M_R = M_{R[0]} * (c_o + c_u) * \frac{3 + \frac{p_{Sd}}{g_{Sd} + p_{Sd}}}{3 * (c_o + c_u) + 2,5} = \underline{\underline{-9,83 \text{ kNm}}}$$

Momente in rahmenartigen Tragwerken nach Heft 240



System:

Stützweite in betrachteter Richtung $L_R =$	33,75 m
Stützweite rechtw. zur betr. Richtung $L =$	5,84 m
Deckenplattendicke $d_p =$	27,00 cm

Randunterzug:

Unterzugbreite $b_R =$	24,00 cm
Unterzughöhe $d_R =$	77,00 cm

Stütze:

Stützendicke (Hauptrichtung) $d_U =$	24,00 cm
Stützenbreite $b_U =$	40,00 cm
Geschoßhöhe $h_U =$	2,70 m

Belastung:

Eigenlast $g_{Sd} =$	7,95 kN/m ²
Verkehrslast $p_{Sd} =$	5,00 kN/m ²

Nachweis:

$b =$	$\text{MIN}(b_R ; d_R) / 10$	$=$	2,40 dm
$d =$	$\text{MAX}(b_R ; d_R) / 10$	$=$	7,70 dm
$I =$	$10 * L * (d_p / 10)^3 / 12$	$=$	95,79 dm ⁴
$I_T =$	$b^3 * d / 3 * (1 - 0,63 * b / d + 0,052 * b^5 / d^5)$	$=$	28,52 dm ⁴
$\lambda =$	$3,5 * \sqrt{\frac{I}{I_T} * \frac{L}{L_R}}$	$=$	2,67
$f =$	TAB("DAfStb/H240-1.6" ; f ; $\lambda = \lambda$)	$=$	0,67
$b_m =$	$f * L$	$=$	3,91 m

Korrekturbeiwerte:

$$I_{Su} = 10^{-4} * b_u * d_u^3 / 12 = 4,61 \text{ dm}^4$$

$$I_R = 10^{-3} * 10 * b_m * d_p^3 / 12 = 64,13 \text{ dm}^4$$

$$c_u = \frac{L_R}{h_u} * \frac{I_{Su}}{I_R} = 0,90$$

$$M_{R[0]} = -(g_{Sd} + p_{Sd}) * b_m * L_R^2 / 12 = -4806,32 \text{ kNm}$$

Einspannmomente:

$$M_{Su} = M_{R[0]} * c_u * \frac{3 + \frac{p_{Sd}}{g_{Sd} + p_{Sd}}}{3 * c_u + 2,5} = \underline{\underline{-2816,77 \text{ kNm}}}$$

Federsteifigkeiten Stützen-/Deckeneinspannung:

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	=	C35/45
Höhe h =			2,50 m
Breite (b>d) b =			0,40 m
Dicke d =			0,30 m
E =	TAB("Beton/DIN-1"; E _{cm} ; Bez=Beton)	=	29900,00 N/mm ²

Vertikalfeder

$$\text{Dehnsteifigkeit } C_L = E \cdot \frac{b \cdot d}{h} = 1435,2 \text{ MN/m}$$

starke Achse:

$$\text{Einspannung } C_{T1} = 4 \cdot E \cdot \frac{b^3 \cdot \frac{d}{12}}{h} = 76,5 \text{ MNm/m}$$

schwache Achse:

$$\text{Einspannung } C_{T2} = 4 \cdot E \cdot \frac{d^3 \cdot \frac{b}{12}}{h} = 43,1 \text{ MNm/m}$$

Federsteifigkeiten Stützen-/Deckeneinspannung:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	=	C35/45
Höhe h =		=	2,50 m
Breite (b>d) b =		=	0,40 m
Dicke d =		=	0,30 m
E =	TAB("Beton/DIN-1"; E _{cm} ; Bez=Beton)	=	29900,00 N/mm ²

Vertikalfeder

$$\text{Dehnsteifigkeit } C_L = E * \frac{b * d}{h} = 1435,2 \text{ MN/m}$$

starke Achse:

$$\text{Einspannung } C_{T1} = 3 * E * \frac{b^3 * \frac{d}{12}}{h} = 57,4 \text{ MNm/m}$$

schwache Achse:

$$\text{Einspannung } C_{T2} = 3 * E * \frac{d^3 * \frac{b}{12}}{h} = 32,3 \text{ MNm/m}$$

Federsteifigkeiten Wand-/Deckeneinspannung:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	=	C35/45
Wandhöhe h =	2,50 m		
Wanddicke d =	0,20 m		
bezogene Länge l =	1,00 m		
E =	TAB("Beton/DIN-1"; E _{cm} ; Bez=Beton)	=	29900,00 N/mm ²
Dehnsteifigkeit C _L =	$E * \frac{d * l}{h}$	=	2392,0 MN/m
Einspannung C _T =	$4 * E * \frac{d^3 * l}{12 * h}$	=	31,9 MNm/m

Federsteifigkeiten Wand-/Deckeneinspannung:

$$\text{Beton} = \text{GEW}(\text{"Beton/DIN-1"; Bez;}) = \text{C35/45}$$

$$\text{Wandhöhe } h = 2,50 \text{ m}$$

$$\text{Wanddicke } d = 0,20 \text{ m}$$

$$\text{bezogene Länge } l = 1,00 \text{ m}$$

$$E = \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } E_{cm}; \text{ Bez=Beton}) = 29900,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dehnsteifigkeit } C_L = E \cdot \frac{d \cdot l}{h} = 2392,0 \text{ MN/m}$$

$$\text{Einspannung } C_T = 3 \cdot E \cdot \frac{d^3 \cdot \frac{l}{12}}{h} = 23,9 \text{ MNm/m}$$

Position: Decke über EG**System**

siehe Grafik der EDV-Berechnung

Die Daten für das FE-Netz sind direkt aus den der Positionspläne übernommen.

Material

Beton = GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;) = C25/30
 Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/verank"; Bez;) = BSt 500

Belastung**Deckenbelastung Wohnbereich/Terrassenbereich**

h = 25,00 cm

aus Eigengewicht: $h * 25,00 / 100 = 6,25 \text{ kN/m}^2$
 Deckenausbau: $1,75 \text{ kN/m}^2$

g = 8,00 kN/m²

aus Verkehrslast: $5,00 \text{ kN/m}^2$
 aus Trennwandzuschlag: $0,00 \text{ kN/m}^2$

p = 5,00 kN/m²**q_{Sd} = g * 1,35 + p * 1,5 = 18,30 kN/m²****Deckenbelastung Balkonbereich**

h = 25,00 cm

aus Eigengewicht: $h * 25,00 / 100 = 6,25 \text{ kN/m}^2$
 aus Verkehrslast: $5,00 \text{ kN/m}^2$

q = 11,25 kN/m²**Treppenbelastung**

Plattendicke h = 18,00 cm

Steigung s = 18,00 cm

Auftritt a = 27,00 cm

α = ATAN(s/a) = 33,69 °Laufplatte: $(h * 25 / 100) / \text{COS}(\alpha) = 5,41 \text{ kN/m}^2$ Stufenkeile: $1/2 * s * 25 / 100 = 2,25 \text{ kN/m}^2$ aus Putz und Belag: $1,99 \text{ kN/m}^2$ **g = 9,65 kN/m²****Verkehrslast p = 5,00 kN/m²****q_{Sd} = g * 1,35 + p * 1,5 = 20,53 kN/m²**

Podestbelastung

$$h = 25,00 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{l} \text{aus Eigengewicht:} \\ \text{aus Putz und Belag:} \end{array} \quad h * 25 / 100 = \begin{array}{l} 6,25 \text{ kN/m}^2 \\ 2,00 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$

$$g = 8,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Verkehrslast } p = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Sd} = g * 1,35 + p * 1,5 = 18,64 \text{ kN/m}^2$$

Berechnung

siehe Seiten

Bemessung

entsprechend den Bewehrungsgrafiken auf den Seiten

gewählt: oben

**Q335-A durchgehend
Rundstahlzulagen über den Stützungen $\varnothing 12 / e = 15 \text{ cm}$**

unten

**Q524-A durchgehend
örtliche Zulagen mit Rundstahl $\varnothing 12$**

Durchstanzen:

Nachweise für DEHA-Dübelleisten siehe elektronische Berechnung im Anschluß an die FE-Berechnung

Einspannung Decke/Wand:

aus der FE-Berechnung (im Mittel):

$$m_{Sd} = 71,50 \text{ kN/m}$$

$$b = 100,00 \text{ cm}$$

$$d = 21,00 \text{ cm}$$

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{m_{Sd}}{b} * 100}} = 2,48$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"}; k_{s1}; \text{Bez}=\text{Beton}; k_d=k_d) = 2,45$$

$$a_s = k_s * \frac{m_{Sd}}{d} = 8,34 \text{ cm}^2/\text{m}$$

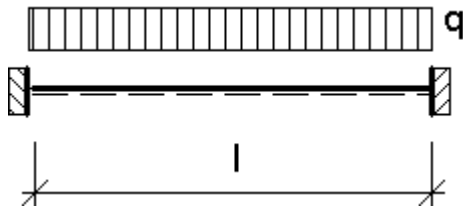
$$\text{gew. } d_s = 12,00 \text{ mm}$$

$$e_{\min} : \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s=d_s; a_s>a_s) = \varnothing 12 / e = 13.5$$

gewählt:

$\varnothing 12 / e = 10 \text{ cm}$

Pos.: Decken gleicher Unterzug fest-fest



System:

Auflast q_{Sd} =	13,87 kN/m
Systemlänge l =	2,10 m
Auflagertiefe t =	30,00 cm

Querschnittswerte:

Plattendicke h =	25,00 cm
Bewehrungslage c =	3,00 cm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	2,50 kN/cm ²

Schnittgrößen:

$M_{Sd, feld}$ =	$q_{Sd} * l^2 / 24$	=	2,55 kNm
$M_{Sd, stütz}$ =	$q_{Sd} * l^2 / 12$	=	5,10 kNm
V_{Sd} =	$q_{Sd} * l / 2$	=	14,56 kN

mitwirkende Breiten:

b_{mF} =	$0,25 * l$	=	0,53 m
b_{mS} =	$0,125 * l$	=	0,26 m
b_Q =	$t/100 + h/200$	=	0,42 m

Bemessung:

d =	$h - c$	=	22,00 cm
-------	---------	---	----------

Feldbewehrung

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Sd, feld}}{b_{mF}}}} = 10,03$$

k_s =	TAB("Bewehrung/ k_d "; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$)	=	2,32
---------	--	---	------

erf $A_{s, feld}$ =	$M_{Sd, feld} * k_s / d$	=	0,27 cm ²
---------------------	--------------------------	---	----------------------

Stützbewehrung

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Sd, stütz}}{b_{mS}}}} = 4,97$$

k_s =	TAB("Bewehrung/ k_d "; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$)	=	2,35
---------	--	---	------

erf $A_{s, stütz}$ =	$M_{Sd, stütz} * k_s / d$	=	0,54 cm ²
----------------------	---------------------------	---	----------------------

Schubbewehrung

$$\rho_1 = \text{MIN}(A_{s,\text{feld}} / (h * b_Q * 100) ; 0,02) = 0,00026$$

$$\kappa = \text{MIN}(1 + \sqrt{\frac{20}{h}} ; 2) = 1,894$$

$$V_{Rd,ct} = 0,1 * \kappa * \sqrt[3]{10^3 * \rho_1 * f_{ck} * b_Q * d * 10} = 15,16 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} / V_{Rd,ct} = \underline{\underline{0,96 < 1}}$$

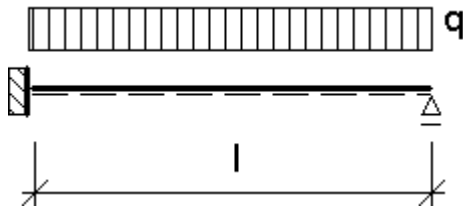
⇒ keine Schubbewehrung erforderlich!

gewählt:

oben: 2 Ø 14

unten: 2 Ø 14

Steckbügel: Ø 10 / 15 cm

Pos.: Deckengleicher Unterzug fest-gelenkig**System:**

Auflast q_{Sd} =	13,58 kN/m
Systemlänge l =	2,10 m
Auflagertiefe t =	30,00 cm

Querschnittswerte:

Plattendicke h =	25,00 cm
Bewehrungslage c =	3,00 cm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 10	=	2,50 kN/cm ²

Schnittgrößen:

$M_{Sd, feld}$ =	$9 * q_{Sd} * l^2 / 128$	=	4,21 kNm
$M_{Sd, stütz}$ =	$q_{Sd} * l^2 / 8$	=	7,49 kNm
V_{Sd} =	$5 * q_{Sd} * l / 8$	=	17,82 kN

mitwirkende Breiten:

b_{mF} =	$0,25 * l$	=	0,53 m
b_{mS} =	$0,125 * l$	=	0,26 m
b_Q =	$t/100 + h/200$	=	0,42 m

Bemessung:

d =	$h - c$	=	22,00 cm
-------	---------	---	----------

Feldbewehrung

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Sd, feld}}{b_{mF}}}} = 7,81$$

k_s =	TAB("Bewehrung/kd"; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$)	=	2,33
erf $A_{s, feld}$ =	$M_{Sd, feld} * k_s / d$	=	0,45 cm ²

Stützbewehrung

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Sd, stütz}}{b_{mS}}}} = 4,10$$

k_s =	TAB("Bewehrung/kd"; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$)	=	2,36
erf $A_{s, stütz}$ =	$M_{Sd, stütz} * k_s / d$	=	0,80 cm ²

Schubbewehrung

$$\rho_1 = \text{MIN}(A_{s,\text{feld}} / (h * b_Q * 100) ; 0,02) = 0,00043$$

$$\kappa = \text{MIN}(1 + \sqrt{\frac{20}{h}} ; 2) = 1,894$$

$$V_{Rd,ct} = 0,1 * \kappa * \sqrt[3]{10^3 * \rho_1 * f_{ck} * b_Q * d * 10} = 17,93 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} / V_{Rd,ct} = \underline{\underline{0,99 < 1}}$$

⇒ keine Schubbewehrung erforderlich!

gewählt:

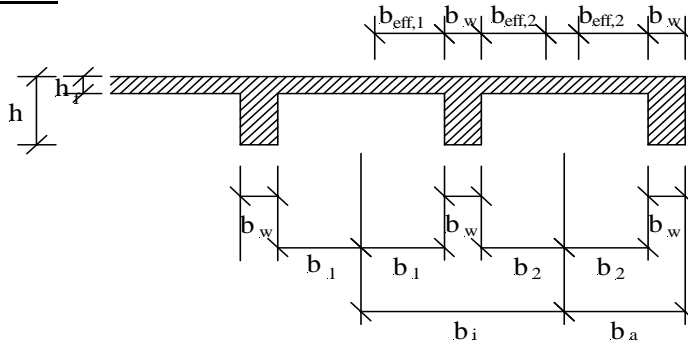
oben: 2 Ø 14

unten: 2 Ø 14

Steckbügel: Ø 10 / 15 cm

Einfeldplattenbalken:

Quersystem:



Längssystem:



Systemmaße:

lichte Weite l_1 =	6,26 m
Auflagertiefe a_1 =	0,30 m
Auflagertiefe a_2 =	0,30 m
Balkenbreite b_w =	0,30 m
halbe Plattenbreite b_1 =	1,75 m
halbe Plattenbreite b_2 =	1,37 m
Plattenbalkenhöhe h =	0,45 m
Plattenhöhe h_f =	0,15 m
Stabdurchmesser gew. d_s =	25,00 mm
nom_c=	0,035 m

Einfeldbalken, Platte oben:

l_{eff1} =	$l_1+a_1/3+a_2/3$	=	6,46 m
l_0 =	l_{eff1}	=	6,46 m
b_{eff1} =	$MIN(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$	=	1,00 m
b_{eff2} =	$MIN(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2)$	=	0,92 m
b_{eff} =	$b_{eff1} + b_{eff2} + b_w$	=	2,22 m
L =	l_{eff1}	=	6,46
b =	$b_1+b_2+b_w$	=	3,42 m

Lastzusammenstellung:

$$\begin{aligned} \text{aus Eigengewicht:} & (b \cdot h_f + b_w \cdot (h - h_f)) \cdot 25 & = & 15,07 \text{ kN/m} \\ \text{Deckenausbau:} & b \cdot 1,50 & = & 5,13 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\max q_g = \underline{\underline{20,20 \text{ kN/m}}}$$

$$\begin{aligned} \text{aus Verkehrslast:} & b \cdot 1,50 & = & 5,13 \text{ kN/m} \\ \text{aus Trennwandzuschlag:} & b \cdot 1,25 & = & 4,28 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\max q_q = \underline{\underline{9,41 \text{ kN/m}}}$$

Belastung:

$$\begin{aligned} V_G &= q_g \cdot L/2 & = & 65,25 \text{ kN} \\ V_Q &= q_q \cdot L/2 & = & 30,39 \text{ kN} \\ M_G &= q_g \cdot L^2 / 8 & = & 105,37 \text{ kNm} \\ M_Q &= q_q \cdot L^2 / 8 & = & 49,09 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Baustoffe:

$$\begin{aligned} \text{Beton} &= \text{GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)} & = & \text{C25/30} \\ \text{Betonstahl BSt} &= \text{GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)} & = & \text{BSt 500} \\ f_{yk} &= \text{TAB("Bewehrung/verank"; } \beta_s; \text{ Bez=BSt)/10} & = & 50,00 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Sicherheitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} \gamma_s &= & & 1,15 \\ \gamma_G &= & & 1,35 \\ \gamma_Q &= & & 1,50 \end{aligned}$$

Berechnung:

$$\begin{aligned} f_{yd} &= f_{yk} / \gamma_s & = & 43,48 \text{ kN/cm}^2 \\ M_{Sd} &= \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q & = & 215,88 \text{ kNm} \\ d &= (h - \text{nom}_c) \cdot 100 - d_g / 2 & = & 40,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Sd}}{b}}} = 5,07$$

$$\begin{aligned} k_s &= \text{TAB("Bewehrung/kd"; } k_{s1}; \text{ Bez=Beton; } k_d=k_d) & = & 2,35 \\ \zeta &= \text{TAB("Bewehrung/kd"; } \zeta; \text{ Bez=Beton; } k_d=k_d) & = & 0,98 \\ \xi &= \text{TAB("Bewehrung/kd"; } \xi; \text{ Bez=Beton; } k_d=k_d) & = & 0,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= \xi \cdot d & = & 2,01 \text{ cm} \\ z &= \zeta \cdot d & = & 39,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{M_{Sd}}{d} \cdot k_s = 12,60 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{gew} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>\text{erf_}A_s) &= & \mathbf{3 \text{ } \varnothing \text{ } 25} \\ \text{vorh_}A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez=gew}) &= & 14,73 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

gew: 3 \varnothing 25

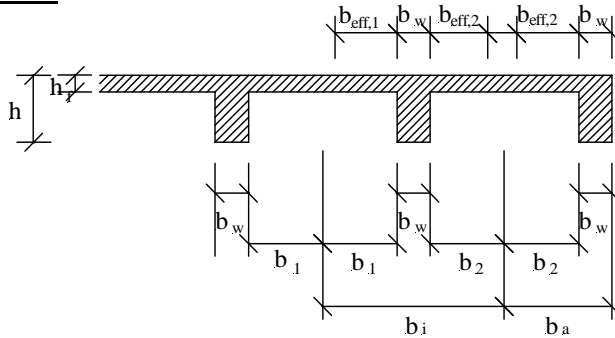
$$\text{erf_}A_s / \text{vorh_}A_s = \underline{\underline{0,86 < 1}}$$

Druckzone komplett in der Platte:

$$x / (h_f * 100) = \underline{\underline{0,13 < 1}}$$

Bemessung eines Einfeldplattenbalkens:

Quersystem:



Längssystem:



Systemmaße:

lichte Weite l_1 =	6,26 m
Auflagertiefe a_1 =	0,30 m
Auflagertiefe a_2 =	0,30 m
Balkenbreite b_w =	0,30 m
halbe Plattenbreite b_1 =	1,75 m
halbe Plattenbreite b_2 =	1,37 m
Plattenbalkenhöhe h =	0,45 m
Plattenhöhe h_f =	0,15 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser d_s =	20,00 mm
nom_c=	0,035 m

Einfeldbalken, Platte oben:

l_{eff1} =	$l_1 + a_1 / 3 + a_2 / 3$	=	6,46 m
l_0 =	l_{eff1}	=	6,46 m
b_{eff1} =	$MIN(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$	=	1,00 m
b_{eff2} =	$MIN(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2)$	=	0,92 m
b_{eff} =	$b_{eff1} + b_{eff2} + b_w$	=	2,22 m
L =	l_{eff1}	=	6,4600
b =	$b_1 + b_2 + b_w$	=	3,42 m
aus Eigengewicht:	$(b * h_f + b_w * (h - h_f)) * 25$	=	15,07 kN/m
Deckenausbau:	$b * 1,50$	=	5,13 kNm
max q_g =			<u>20,20 kNm</u>

$$\begin{aligned} \text{aus Verkehrslast:} & \quad b * 1,50 & = & \quad 5,13 \text{ kN/m} \\ \text{aus Trennwandzuschlag:} & \quad b * 1,25 & = & \quad 4,28 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\max q_q = \underline{\underline{9,41 \text{ kN/m}}}$$

$$\begin{aligned} V_G & = & q_g * L/2 & = & 65,25 \text{ kN} \\ V_Q & = & q_q * L/2 & = & 30,39 \text{ kN} \\ M_G & = & q_g * L^2 / 8 & = & 105,37 \text{ kNm} \\ M_Q & = & q_q * L^2 / 8 & = & 49,09 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt:**Baustoffe:**

$$\begin{aligned} \text{Beton} & = & \text{GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)} & = & \text{C30/37} \\ \text{Betonstahl BSt} & = & \text{GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)} & = & \text{BSt 500} \\ f_{yk} & = & \text{TAB("Bewehrung/verank"; } \beta_S; \text{ Bez=BSt)} & = & 500,00 \text{ N/mm}^2 \\ f_{ck} & = & \text{TAB("Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{ Bez=Beton)} & = & 30,00 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sicherheitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} \gamma_G & = & 1,35 \\ \gamma_Q & = & 1,50 \\ \gamma_S & = & 1,15 \\ \gamma_C & = & 1,50 \end{aligned}$$

Berechnung:

$$\begin{aligned} f_{yd} & = & f_{yk} / \gamma_S & = & 434,78 \text{ N/mm}^2 \\ f_{cd} & = & 0,85 * f_{ck} / \gamma_C & = & 17,00 \text{ N/mm}^2 \\ M_{Sd} & = & \gamma_G * M_G + \gamma_Q * M_Q & = & 215,88 \text{ kNm} \\ d & = & (h - \text{nom}_c) * 100 - d_s / 20 & = & 40,50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\mu_{Sd,s} = \frac{M_{Sd}}{b * d^2 * \frac{f_{cd}}{10}} = 0,023$$

$$\omega = \text{TAB("Bewehrung/omega"; } \omega; \mu = \mu_{Sd,s}) = 0,023$$

$$\xi = \text{TAB("Bewehrung/omega"; } \xi; \mu = \mu_{Sd,s}) = 0,047$$

$$\text{erf}_{A_s} = \omega * d * b * 100 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 12,46 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew} = \text{GEW("Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_s; A_s > \text{erf}_{A_s}) = \mathbf{4 \text{ } \varnothing \text{ } 20}$$

gew: 4 Ø 20

$$\text{mit vorh}_{A_s} = \text{TAB("Bewehrung/As"; } A_s; \text{ Bez=gew)} = 12,57 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\text{erf}_{A_s}}{\text{vorh}_{A_s}} = \underline{\underline{0,99 < 1}}$$

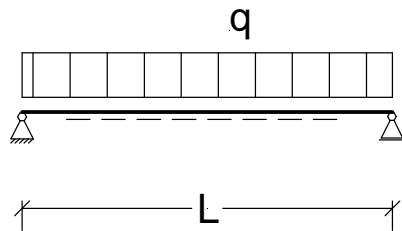
Druckzone komplett in der Platte:

$$x = \xi * d = 1,90 \text{ cm}$$

$$\frac{x}{h_f * 100} = \underline{\underline{0,13 < 1}}$$

Pos.: Stb - Dachdecke (System Filigran)

Streifen zwischen den Achsen: G und H

**System:**

Feldlänge L =	5,00 m
Feldbreite b =	100,00 cm
Deckendicke h =	18,00 cm
Betondeckung c =	3,50 cm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Belastung:

aus Eigengewicht g:	$h * 25,00 / 100$	=	4,50 kN/m ²
aus Dämmung:		=	0,10 kN/m ²
aus Ausbau:		=	0,25 kN/m ²
Zuschlag:		=	0,15 kN/m ²

$$g = \underline{\underline{5,00 \text{ kN/m}^2}}$$

$$\text{Verkehrslast } q = \underline{\underline{2,00 \text{ kN/m}^2}}$$

Schnittgrößen:

$$M_{Sd} = \frac{(1,35 * g + 1,5 * q) * L^2}{8} = 30,47 \text{ kNm/m}$$

$$V_{Sd} = \frac{(1,35 * g + 1,5 * q) * L}{2} = 24,38 \text{ kN/m}$$

Bemessung:

$$d = h - c = 14,50 \text{ cm}$$

$$f_{ck} = \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"}; f_{ck}; \text{Bez}=\text{Beton}) = 25,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu_{Sds} = \frac{1000 * M_{Sd}}{b * d^2 * 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5}} = 0,1023$$

$$\omega_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{Sds}) = 0,1084$$

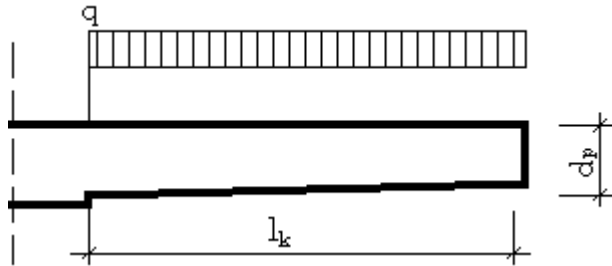
$$\sigma_{sd} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \sigma_{sd}; \mu = \mu_{Sds}) = 454,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{erf } A_{s1} = \frac{1}{\sigma_{sd}} * \omega_1 * b * d * 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5} = 4,90 \text{ cm}^2$$

gewählt:

unten: Ø 10 / 15 cm, VE Ø 8 / 20 cm

oben: Q 424-A

Pos.: Kragplatte**System:**

Kraglänge l_k =	1,12 m
Plattendicke h_p =	10,00 cm
Bewehrungslage c =	3,50 cm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Belastung:

Platte: $h_p \cdot 25 / 100$	=	2,50 kN/m ²
Putz und Belag:	=	1,25 kN/m ²

$$g = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Verkehrslast } p = 5,00 \text{ kN/m}$$

$$q_{Sd} = g \cdot 1,35 + p \cdot 1,5 = 12,56 \text{ kN/m}^2$$

Schnittgrößen:

$M = -q_{Sd} \cdot l_k^2 \cdot 0,5$	=	-7,88 kNm
$Q = q_{Sd} \cdot l_k$	=	14,07 kN/m

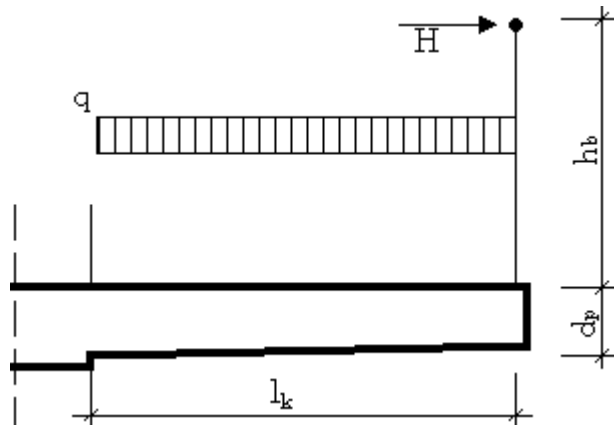
Bemessung:

$k_d = \frac{h_p - c}{\sqrt{ABS(M)}}$	=	2,32
$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"}; k_{s1}; \text{Bez}=\text{Beton}; k_d=k_d)$	=	2,48
$\text{erf } A_s = \frac{-M \cdot k_s}{h_p - c}$	=	3,01 cm ²
gew. $d_s =$	=	8,00 mm
gew. : GEW("Bewehrung/AsFläche"; Bez; $d_s=d_s$; $a_s>A_s$)	=	Ø 8 / e = 16

gewählt:

oben:	Ø 8 / 15 cm
Rand:	2 Ø 10
VE:	Ø 8 / 25 cm

Pos.: Balkonkragplatte



System:

Kraglänge l_k =	1,90 m
Brüstungshöhe h_b =	0,90 m
Plattendicke h_p =	18,00 cm
Bewehrungslage c_v =	3,50 cm
Sicherheitsbeiwert γ_G =	1,35
Sicherheitsbeiwert γ_P =	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Belastung:

Platte:	$h_p \cdot 25 / 100$	=	4,50 kN/m ²
Putz und Belag:		=	1,20 kN/m ²
		g =	5,70 kN/m²
		Randlast g_R =	0,25 kN/m
		Horizontalkraft H_R =	0,50 kN/m
		Verkehrslast q =	4,00 kN/m²

Schnittgrößen:

$$M_{Ed} = -((\gamma_G \cdot g + \gamma_P \cdot q) \cdot l_k^2 / 2 + \gamma_G \cdot g_R \cdot l_k) - H_R \cdot h_b \cdot \gamma_P = -26,04 \text{ kNm/m}$$

$$V_{Ed} = (\gamma_G \cdot g + \gamma_P \cdot q) \cdot l_k + \gamma_G \cdot g_R = 26,36 \text{ kNm}$$

Bemessung:

$$k_d = (h_p - c_v) / \sqrt{ABS(M_{Ed})} = 2,84$$

$$k_s = TAB("Bewehrung/kd"; k_{s1}; Bez=Beton; k_d=k_d) = 2,42$$

$$\text{erf } A_s = \frac{-M_{Ed} \cdot k_s}{h_p - c_v} = 4,35 \text{ cm}^2$$

gewählt:

$$\text{gew Typ} = \text{GEW}(\text{"Schöck/K"; Bez=m}_{Rd} \leq M_{Ed}; v_{Rd} \geq V_{Ed}; l_k \geq l_k; d=h_p; c_v=c_v) = \text{K50-CV35}$$

oben: Q 513 A
 Rand: 2 Ø 12
 VE: Ø 8 / 25 cm

Überhöhung:

$$\text{zul.M} = \text{TAB}(\text{"Schöck/K"; } m_{Rd}; \text{Bez=Typ}; d=h_p; c_v \geq c_v) = -34,60 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Tabw} = \text{TAB}(\text{"Schöck/K"; Tabw}; \text{Bez=Typ}; d=h_p; c_v \geq c_v) = 1,18$$

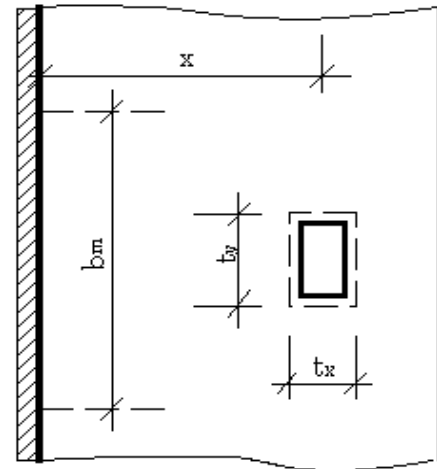
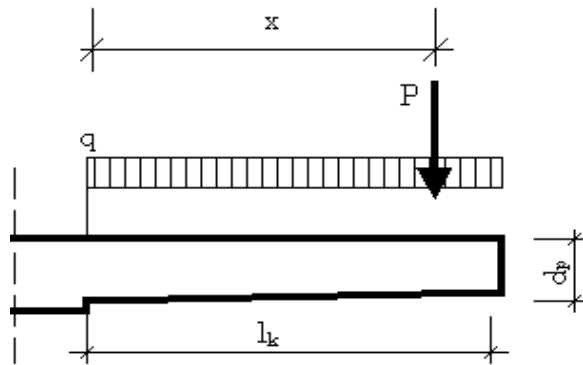
$$M_{\ddot{u}} = (g \cdot \gamma_G + q/2 \cdot \gamma_P) \cdot l_k^2 / 2 + \gamma_G \cdot g_R \cdot l_k + H_R / 2 \cdot h_b \cdot \gamma_P = 20,28 \text{ kNm/m}$$

$$f_{\text{Schöck}} = \text{Tabw} \cdot l_k \cdot (\text{ABS}(M_{\ddot{u}}) / -\text{zul.M}) \cdot 10 = 13,14 \text{ mm}$$

Nachweis der Biegeschlankheit:

$$2,4 \cdot l_k \cdot \frac{100}{35 \cdot (h_p - c_v)} = \underline{\underline{0,90 < 1}}$$

Pos.: Kragplatte mit Einzellast



System:

Kraglänge l_k =	1,12 m
Lastabstand x =	0,85 m
Aufstandsweite b_y =	25,00 cm
Deckschicht d_1 =	8,00 cm
Plattendicke h_p =	18,00 cm
Bewehrungslage c_v =	3,50 cm
Sicherheitsbeiwert γ_G =	1,35
Sicherheitsbeiwert γ_P =	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Belastung:

Platte:	$h_p \cdot 25 / 100$	=	4,50 kN/m ²
Putz und Belag:		=	1,00 kN/m ²
		g =	5,50 kN/m²
		Verkehrslast p =	5,00 kN/m²
		Einzellast G_{Ek} =	14,50 kN

mitwirkende Breite:

$t_y =$	$(b_y + 2 \cdot d_1 + h_p) / 100$	=	0,59 m
für M $\Rightarrow b_{m,m} =$	$\text{MAX}(t_y ; 0,2 \cdot l_k) + 1,5 \cdot x$	=	1,87 m
für Q $\Rightarrow b_{m,q} =$	$\text{MAX}(t_y ; 0,2 \cdot l_k) + 0,3 \cdot x$	=	0,84 m

Schnittgrößen:

$$\begin{aligned}
 G_{Ed} &= \gamma_G * G_{Ek} &= & 19,57 \text{ kN} \\
 q_{Sd} &= (\gamma_G * g + \gamma_P * p) &= & 14,93 \text{ kN/m} \\
 m_{PEd} &= -\left(q_{Sd} * \frac{l_k^2}{2} + G_{Ed} * \frac{x}{b_{m,m}} \right) &= & -18,26 \text{ kNm/m} \\
 m_{Ed} &= -q_{Sd} * l_k^2 / 2 &= & -9,36 \text{ kNm/m} \\
 V_{PEd} &= q_{Sd} * l_k + G_{Ed} / b_{m,q} &= & 40,02 \text{ kN/m} \\
 V_{Ed} &= q_{Sd} * l_k &= & 16,72 \text{ kN/m} \\
 E_b &= & & 30500,00 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bemessung:

Im Bereich der Einzellast:

$$\begin{aligned}
 k_d &= \frac{(h_p - c_v)}{\sqrt{-m_{PEd}}} &= & 3,39 \\
 k_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"; } k_{s1}; \text{Bez=Beton; } k_d=k_d) &= & 2,38 \\
 \text{erf } A_s &= \frac{-m_{PEd} * k_s}{h_p - c_v} &= & 3,00 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Im übrigen Bereich:

$$\begin{aligned}
 k_d &= \frac{(h_p - c_v)}{\sqrt{-m_{Ed}}} &= & 4,74 \\
 k_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"; } k_{s1}; \text{Bez=Beton; } k_d=k_d) &= & 2,35 \\
 \text{erf } A_s &= \frac{-m_{Ed} * k_s}{h_p - c_v} &= & 1,52 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

gewählt:

aus Schöck Isokorb:

$$\text{gew Typ} = \text{GEW}(\text{"Schöck/K"; Bez; } m_{Rd} \leq -m_{PEd}; V_{Rd} \geq V_{PEd}; l_k \geq l_k; d=h_p; c_v=c_v) = \text{K50-CV35-V8}$$

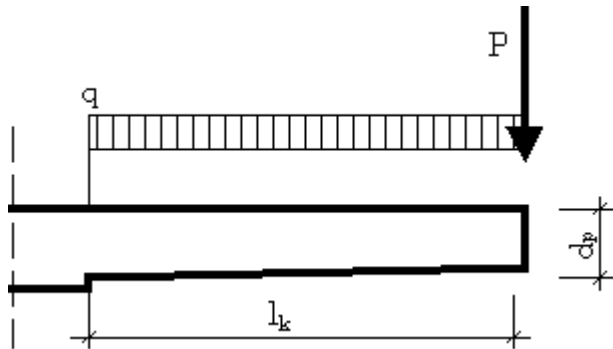
oben: Q 257 A - Zulage im Bereich der Einzellast: Ø 8 / 20**unten: Q 257 A****Überhöhung:**

$$\begin{aligned}
 \text{zul.M} &= \text{TAB}(\text{"Schöck/K"; } m_{Rd}; \text{Bez=Typ; } d=h_p; c_v \geq c_v) &= & -34,60 \text{ kNm/m} \\
 \text{Tabw} &= \text{TAB}(\text{"Schöck/K"; Tabw; Bez=Typ; } d=h_p; c_v \geq c_v) &= & 1,18 \\
 M_{\ddot{u}} &= (g * \gamma_G + p / 2 * \gamma_P) * l_k^2 / 2 + G_{Ed} * x / b_{m,m} &= & 15,90 \text{ kNm/m} \\
 f_{\text{Schöck}} &= \text{Tabw} * (M_{\ddot{u}} / -\text{zul.M}) * l_k * 10 &= & 6,07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nachweis der Biegeschlankheit:

$$2,4 * l_k * \frac{100}{35 * (h_p - c_v)} = \underline{\underline{0,53 < 1}}$$

Pos.: Kragplatte



System:

Kraglänge l_k =	1,15 m
Plattendicke h_p =	18,00 cm
Bewehrungslage c_v =	3,50 cm
Sicherheitsbeiwert γ_G =	1,35
Sicherheitsbeiwert γ_P =	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Belastung:

Platte:	$h_p \cdot 25 / 100$	=	4,50 kN/m ²
Putz und Belag:			1,00 kN/m ²
		g =	5,50 kN/m²
		Verkehrslast p =	5,00 kN/m²
		Linienlast G_{Ek} =	6,50 kN/m
$q_{Sd} =$	$(\gamma_G \cdot g + \gamma_P \cdot p)$	=	14,93 kN/m
$G_{Sd} =$	$\gamma_G \cdot G_{Ek}$	=	8,78 kN

Schnittgrößen:

$M_{Ed} =$	$-(q_{Sd} \cdot l_k^2 \cdot 0,5 + G_{Sd} \cdot l_k)$	=	-19,97 kNm/m
$V_{Ed} =$	$q_{Sd} \cdot l_k + G_{Sd}$	=	25,95 kN/m

Bemessung:

$k_d =$	$\frac{(h_p - c_v)}{\sqrt{-M_{Ed}}}$	=	3,24
$k_s =$	TAB("Bewehrung/kd"; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$)	=	2,39
erf $A_s =$	$\frac{-M_{Ed} \cdot k_s}{h_p - c_v}$	=	3,29 cm ²

gewählt:

aus Schöck Isokorb:

$$\text{gew Typ} = \text{GEW}(\text{"Schöck/K"; Bez; } m_{Rd} \leq M_{Ed}; v_{Rd} \geq V_{Ed}; l_k \geq l_k; d=h_p; c_v=c_v) = \text{K30-CV35}$$

oben: Ø 12 / 15 cm

Rand: 2 Ø 14

VE: Ø 8 / 20 cm

Überhöhung:

$$E_b = 30500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{zul.M} = \text{TAB}(\text{"Schöck/K"; } m_{Rd}; \text{Bez=Typ; } d=h_p; c_v \geq c_v) = -24,80 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Tabw} = \text{TAB}(\text{"Schöck/K"; Tabw; Bez=Typ; } d=h_p; c_v \geq c_v) = 1,15$$

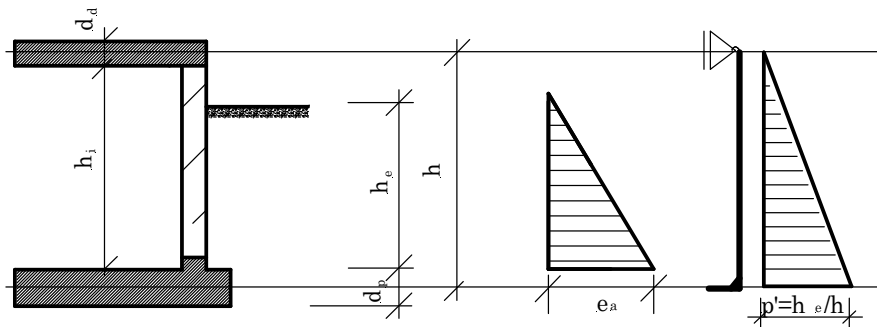
$$M_{\bar{u}} = (g \cdot \gamma_G + p/2 \cdot \gamma_P) \cdot l_k^2 / 2 + G_{Sd} \cdot l_k = 17,49 \text{ kNm/m}$$

$$f_{\text{Schöck}} = \text{Tabw} \cdot (M_{\bar{u}} / \text{zul.M}) \cdot l_k \cdot 10 = -9,33 \text{ mm}$$

Nachweis der Biegeschlankheit:

$$2,4 \cdot l_k \cdot \frac{100}{35 \cdot (h_p - c_v)} = \underline{\underline{0,54 < 1}}$$

Pos.: Stb - Kelleraußenwand



System:

Wandhöhe (Achse Bodenplatte \Rightarrow Achse Kellerdecke):

- $h = 2,82 \text{ m}$
- $d = 25,00 \text{ cm}$
- Geländeauflast $p = 5,00 \text{ kN/m}^2$
- $b = 100,00 \text{ cm}$
- $c = 3,00 \text{ cm}$

Geländehöhe (ab Achse Bodenplatte):

- $h_G = 2,50 \text{ m}$
- Beton = GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;) = C25/30
- Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/verank"; Bez;) = BSt 500

Erddruck:

Boden- und Erddruckbeiwerte ($\varphi = 35^\circ$; $\alpha = 0$, $\beta = 0$):

- $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- $K_a = 0,27$
- $K_0 = 0,43$

Erddruckbeiwert für erhöhten aktiven Erddruck:

$$K_h = \frac{K_a + K_0}{2} = 0,35$$

- aus Erddruck oben $e_o = (p \cdot K_h \cdot h_G / h) \cdot 1,35 = 2,09 \text{ kN/m}^2$
- aus Erddruck unten $e_u = e_o + ((\gamma \cdot h_G) \cdot K_h \cdot h_G / h) \cdot 1,35 = 23,03 \text{ kN/m}^2$

Die Normalkraft aus aufgehender Wand wird vernachlässigt.

Schnittgrößen:

- $Q_{\text{oben}} = (2 \cdot e_o + e_u) \cdot (h/6) = 12,79 \text{ kN/m}$
- $Q_{\text{unten}} = (e_o + 2 \cdot e_u) \cdot (h/6) = 22,63 \text{ kN/m}$
- $M_{\text{max}} = 0,0635 \cdot (e_o + e_u) \cdot h^2 = 12,69 \text{ kNm/m}$

Bemessung:

$$d = d - c = 22,00 \text{ cm}$$

$$k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{\max}}{b} * 100}} = 6,18$$

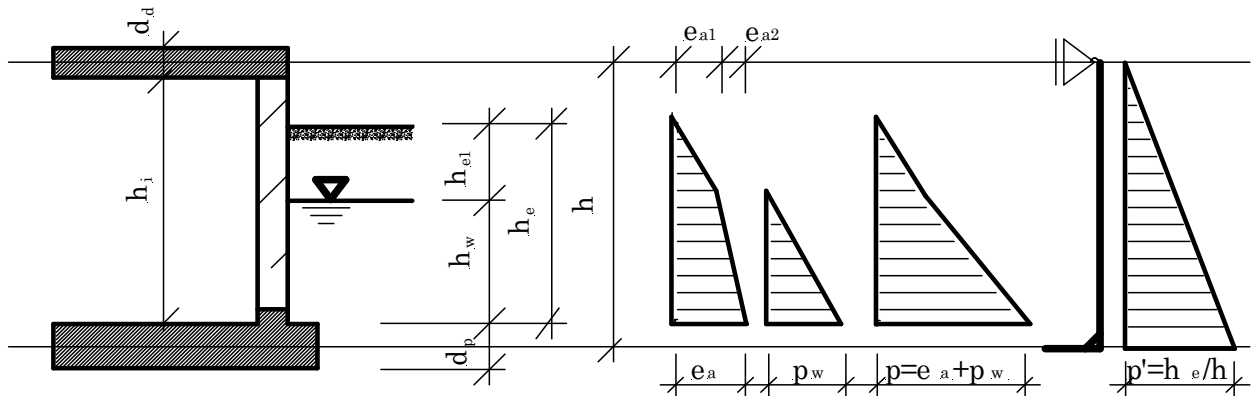
$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"; } k_{s1}; \text{Bez=Beton; } k_d=k_d) = 2,34$$

$$\text{erf } A_{s(\text{Feld})} = M_{\max} * \frac{k_s}{d} = 1,35 \text{ cm}^2$$

gewählt:

Bewehrung innen + außen:	je Q 257 A, ggf. örtliche Zulagen
Eckverbindung:	Mattenkorb HS3 + 4 Ø 10 senkrecht
alternativ:	Steckbügel Ø 8 / 15 cm
Einspannbewehrung Wand/Decke	je Schlaufen Ø 8 / 15 cm

Pos.: Stb.-Außenwand im Grundwasser



System und Belastung:

Wanddicke $d_w =$		30,00 cm
nom.c =		3,00 cm
C25/30 / BSt IV zul. $\sigma_s =$		286,00 MN/m ²
Last aus Wand $n_w =$		63,00 kN/m
Höhe Boden $h_e =$		1,80 m
Höhe GW $h_w =$		0,98 m
im Bauzust. GW max. $h_{wb} =$		0,70 m
Systemhöhe $h =$		2,45 m
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;) =	C25/30
Erddruckbeiwert $K_a =$		0,333
Bodenwichte $\gamma =$		19,00 kN/m ³
Auflast auf Erdreich $q =$		5,00 kN/m ²

Endzustand:

aktiver Erddruck		
$h_{e1} =$	$h_e - h_w$	= 0,82 m
$e_{a1} =$	$(h_{e1} * \gamma * K_a) * 1,35 + (q * K_a) * 1,5$	= 9,50 kN/m ²
$e_{a2} =$	$(h_w * (\gamma - 10) * K_a) * 1,35$	= 3,97 kN/m ²
$e_a =$	$e_{a1} + e_{a2}$	= 13,47 kN/m ²
Wasserdruck		
$p_w =$	$(h_w * 10) * 1,5$	= 14,70 kN/m ²
Gesamt		
$p =$	$e_a + p_w$	= 28,17 kN/m ²
Vereinfacht:		
$p' =$	$p * h_e / h$	= 20,70 kN/m ²
Schnittgrößen		
in Platte $m_E =$	$p' * h^2 / 15$	= 8,28 kNm/m
im Feld $m_F =$	$-p' * h^2 / 34$	= -3,65 kNm/m

Bauzustand:

aktiver Erddruck			
$e_{a1,b} =$	$(h_{e1} + h_w - \max.h_{wb}) \cdot \gamma \cdot K_a$	=	6,96 kN/m ²
$e_{a2,b} =$	$\max.h_{wb} \cdot (\gamma - 10) \cdot K_a$	=	2,10 kN/m ²
$e_{a,b} =$	$e_{a1,b} + e_{a2,b}$	=	9,06 kN/m ²
Wasserdruck			
$p_{w,b} =$	$\max.h_{wb} \cdot 10$	=	7,00 kN/m ²
Gesamt			
$p_b =$	$e_{a,b} + p_{w,b}$	=	16,06 kN/m ²
Schnittgrößen in Platte $m_{E,b} =$	$p_b \cdot h_e^2 / 6$	=	8,67 kNm/m

Bemessung Wand im Endzustand

Knicknachweis			
Ausmitte $e =$	m_F / n_w	=	-0,0579 m
Knicklänge $s_k =$	$0,70 \cdot h$	=	1,72 m
Schlankheit $\lambda =$	$s_k / (0,289 \cdot d_w / 100)$	=	19,84 < 20

Bemessung

$d =$	$d_w - \text{nom.c} - 1,0/2$	=	26,50 cm
$m_s =$	$m_E + n_w \cdot (d/100 - d_w/200)$	=	15,53 kNm/m
$k_d =$	$\frac{d}{\sqrt{m_s}}$	=	6,72
$k_s =$	TAB("Bewehrung/kd"; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$)	=	2,33
$\text{erf.}a_s =$	$\text{MAX}(0 ; m_s \cdot \frac{k_s}{d} - 10 \cdot \frac{n_w}{\sigma_s})$	=	0,00 cm²/m

Bemessung Wandfuß im Bauzustand

$k_d =$	$\frac{d}{\sqrt{m_{E,b}}}$	=	9,00
$k_s =$	TAB("Bewehrung/kd"; k_{s1} ; Bez=Beton; $k_d=k_d$)	=	2,32
$\text{erf.}a_s =$	$m_{E,b} \cdot \frac{k_s}{d}$	=	0,76 cm²/m

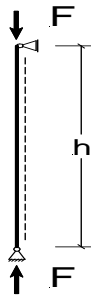
gewählt:

Stb.Wand:	C25/30 d=30 cm, WU-Beton, BSt IV
Bewehrung:	durchgehend Q377 A außen und innen, Aufbiegung aus Sohlplatte außen: Q377 A , 1,20m hoch ausführen

Konstruktive Hinweise:

Die Betonherstellung, -verarbeitung und -nachbehandlung ist entsprechend DIN 1045-1 durchzuführen!

Pos.: Stahlbetonstütze:



System:

Stützenbreite b =	25,00 cm
Stützendicke h =	25,00 cm
Stützhöhe L =	2,78 m
Betondeckung c_{nom} =	2,50 cm
Knicklängenbeiwert β =	1,00
statische Höhe d =	$MIN(h; b) - c_{nom} - 0,5 = 22,00 \text{ cm}$

Bemessungsschnittgrößen:

$N_{Sd} = 1950 \text{ kN}$

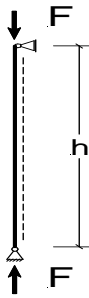
Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 11,5	=	43,48 kN/cm ²
f_{cd} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 15	=	1,67 kN/cm ²

Berechnung:

$c =$	$MAX(\frac{h - d}{5 * h}; 0,01)$	=	0,02
$h_v =$	$c * 5$	=	0,10
$l_v =$	$\frac{\beta * L}{h / 100}$	=	11,12
$v =$	$\frac{N_{Sd}}{b * h * f_{cd}}$	=	1,87
$v_1 =$	$v + 0,0499$	=	1,9
$v_2 =$	$v_1 - 0,1$	=	1,8
$\omega_1 =$	TAB("Bewehrung/R2"; ω ; $h_1/h=h_v$; $l_0/h=l_v$; $v_{Sd}=v_1$)	=	1,737
$\omega_2 =$	TAB("Bewehrung/R2"; ω ; $h_1/h=h_v$; $l_0/h=l_v$; $v_{Sd}=v_2$)	=	1,613
$\omega =$	$10 * ((v_1 - v) * \omega_2 + (v - v_2) * \omega_1)$	=	1,70
$A_{s1} =$	$\frac{\omega}{2} * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	=	20,40 cm ²

$$\begin{aligned} \text{gew } d_s &= 20,00 \text{ mm} \\ \text{gewählt je Seite:} \\ B_1 &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>A_{s1}/2) = 4 \text{ } \varnothing \text{ } 20 \\ \text{mit } A_s &= 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=B_1) = 25,14 \text{ cm}^2 \\ A_{s1} / A_s &= \underline{\underline{0,81 < 1}} \end{aligned}$$

Pos.: Stahlbetonstütze:**System:**

Stützenbreite b =	35,00 cm
Stützendicke h =	35,00 cm
Stützhöhe L =	3,30 m
Betondeckung c_{nom} =	2,50 cm
Knicklängenbeiwert β =	1,00
statische Höhe d =	$\text{MIN}(h; b) - c_{nom} - 0,5 = 32,00 \text{ cm}$

Bemessungsschnittgrößen:

N_{Sd} =	3200 kN
------------	---------

Material:

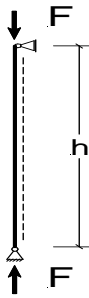
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 11,5	=	43,48 kN/cm ²
f_{cd} =	TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 15	=	1,67 kN/cm ²

Berechnung:

c =	$\text{MAX}\left(\frac{h-d}{5 \cdot h}; 0,01\right)$	=	0,02
h_v =	$c \cdot 5$	=	0,10
l_v =	$\frac{\beta \cdot L}{h / 100}$	=	9,43
v =	$\frac{N_{Sd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$	=	1,56
v_1 =	$v + 0,0499$	=	1,6
v_2 =	$v_1 - 0,1$	=	1,5
ω_1 =	TAB("Bewehrung/R4"; ω ; $h_1/h=h_v$; $l_0/h=l_v$; $v_{Sd}=v_1$)	=	1,401
ω_2 =	TAB("Bewehrung/R4"; ω ; $h_1/h=h_v$; $l_0/h=l_v$; $v_{Sd}=v_2$)	=	1,313
ω =	$10 \cdot ((v_1 - v) \cdot \omega_2 + (v - v_2) \cdot \omega_1)$	=	1,37
A_{s1} =	$\frac{\omega}{2} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	=	32,23 cm ²

$$\begin{aligned} \text{gew } d_s &= 25,00 \text{ mm} \\ \text{gewählt je Seite:} \\ B_1 &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>A_{s1}/2) = 4 \text{ } \varnothing \text{ } 25 \\ \text{mit } A_s &= 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=B_1) = 39,26 \text{ cm}^2 \\ A_{s1} / A_s &= \underline{\underline{0,82 < 1}} \end{aligned}$$

Pos.: Stahlbetonstütze:



System:

Stützendurchmesser b =	30,00 cm
Stützhöhe L =	2,89 m
Betondeckung c_{nom} =	2,50 cm
Knicklängenbeiwert β =	1,00
statische Höhe d =	$b - c_{nom} \cdot 0,5 = 27,00$ cm

Bemessungsschnittgrößen:

$N_{Sd} = 2700$ kN

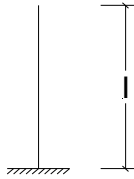
Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 11,5	=	43,48 kN/cm ²
f_{cd} =	$0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"}; f_{ck}; \text{Bez=Beton}) / 15$	=	1,70 kN/cm ²

Berechnung:

c =	$\text{MAX}(\frac{b - d}{5 \cdot b}; 0,01)$	=	0,02
h_v =	$c \cdot 5$	=	0,10
l_v =	$\frac{\beta \cdot L}{b / 100}$	=	9,63
v =	$\frac{N_{Sd}}{(b^2 / 4) \cdot \pi \cdot f_{cd}}$	=	2,25
v_1 =	$v + 0,0499$	=	2,3
v_2 =	$v_1 - 0,1$	=	2,2
ω_1 =	TAB("Bewehrung/R2"; ω ; $h_1/h=h_v$; $l_0/h=l_v$; $v_{Sd}=v_1$)	=	1,917
ω_2 =	TAB("Bewehrung/R2"; ω ; $h_1/h=h_v$; $l_0/h=l_v$; $v_{Sd}=v_2$)	=	1,860
ω =	$10 \cdot ((v_1 - v) \cdot \omega_2 + (v - v_2) \cdot \omega_1)$	=	1,89
A_{s1} =	$\frac{\omega \cdot b^2}{2 \cdot 4} \cdot \pi \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	=	26,12 cm ²

$$\begin{aligned} \text{gew } d_s &= 20,00 \text{ mm} \\ \text{gewählt gleichmäßig über Querschnittshälfte verteilt:} \\ B_1 &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>A_{s1}/2) = 5 \text{ } \varnothing \text{ } 20 \\ \text{mit } A_s &= 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=B_1) = 31,42 \text{ cm}^2 \\ A_{s1} / A_s &= \underline{0,83 < 1} \end{aligned}$$

Pos.: Stahlbetonstütze mit sehr großer Ausmitte

Fall 1

System:

Stützenbreite $b =$	30,00 cm
Stützendicke $d =$	50,00 cm
Nutzhöhe $d_1 =$	45,00 cm
Stabdurchmesser $D =$	25 mm
Stützhöhe $l =$	6,00 m
Knicklängenbeiwert $\beta =$	2,00
gewählte Bewehrung $A_{s_vor} =$	40,00 cm ²

Belastung:

Normalkraft $N_{Sd,g} =$	-700 kN
Normalkraft $N_{Sd,q} =$	-300 kN
Normalkraft $N_{Sd} =$	$N_{Sd,q} + N_{Sd,g} = -1000$ kN
Horizontalkraft am Kopf $H_{Sd} =$	30,00 kN

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
$E_s =$			200000,00 MN/m ²
$f_{cd} =$	$0,85 \cdot TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck}; Bez=Beton)/1,5$	=	17,00 MN/m ²
$f_{yd} =$	$TAB("Bewehrung/verank"; \beta_s; Bez=BSt)/1,15$	=	434,78 MN/m ²
Elastizitätsmodul $E_{cm} =$	$TAB("Beton/DIN-1"; E_{cm}; Bez=Beton)$	=	28300,00 N/mm ²

Berechnung:

$$v_{Ed} = \frac{-N_{Sd}}{0,1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}} = 0,392$$

$$zul_{\lambda} = WENN(v_{Ed} < 0,41; \frac{16}{\sqrt{v_{Ed}}}; 25) = 25,56$$

$$\text{Schlankheit } \lambda = \frac{100 \cdot \beta \cdot l}{0,289 \cdot d} = 83,04$$

⇒ große Schlankheit

$$\lambda / zul_{\lambda} = \frac{M_{Sd}}{H_{Sd} \cdot l} = \frac{3,25 > 1}{180,00 \text{ kNm}}$$

planmäßige Ausmitte:

$$e = 100 \cdot \frac{M_{Sd}}{-N_{Sd}} = 18,00 \text{ cm}$$

zusätzliche ungewollte Ausmitte:

$$\alpha_{a1} = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{l \cdot \beta}} = 0,0029$$

$$e_a = \alpha_{a1} \cdot l \cdot \beta \cdot 100 = 3,48 \text{ cm}$$

$$e_1 = e + e_a = 21,48 \text{ cm}$$

Kriechausmitte:

$$A_c = b \cdot d = 1500,00 \text{ cm}^2$$

$$u = 2 \cdot (b + d) = 160,00 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{A_c \cdot 2}{u} = 18,75 \text{ cm}$$

⇒ nach DIN 1045-1, 9.1.4 Bild 18:

$$\varphi = 2,70$$

$$N_{\text{Euler}} = \frac{E_{\text{cm}} \cdot b \cdot d^3 \cdot \pi^2}{(l \cdot \beta)^2 \cdot 12 \cdot 10^5} = 6061,40 \text{ MN}$$

$$e_k = e_1 \cdot (0,8 \cdot \varphi) / ((N_{\text{Euler}} / \text{ABS}(N_{\text{Sd,g}})) - 1 - 0,4 \cdot \varphi) = 7,05 \text{ cm}$$

$$e_k = e_1 \cdot (0,8 \cdot \varphi) / ((N_{\text{Euler}} / \text{ABS}(N_{\text{Sd,g}})) - 1 - 0,4 \cdot \varphi) = 7,05 \text{ cm}$$

zusätzliche Ausmitte:

$$N_{\text{ud}} = -((f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d) + (f_{\text{yd}} \cdot A_{\text{S_vor}})) / 10 = -4289,12 \text{ kN}$$

$$N_{\text{bal}} = -(0,04 \cdot f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d) = -1020,00 \text{ kN}$$

$$K_2 = \text{MIN}\left(\frac{N_{\text{ud}} - N_{\text{Sd}}}{N_{\text{ud}} - N_{\text{bal}}}; 1\right) = 1,00$$

$$\epsilon_{\text{yd}} = \frac{f_{\text{yd}} / E_{\text{s}}}{1} = 0,00217$$

$$r = \frac{2 \cdot K_2 \cdot \frac{\epsilon_{\text{yd}}}{0,9 \cdot d_1}}{1} = 9331,80$$

$$K_1 = \text{WENN}(\lambda > 35 ; 1 ; \text{WENN}(\lambda \geq 25 ; \lambda / 10 - 2,5 ;)) = 1,00$$

$$e_2 = K_1 \cdot \frac{1}{r} \cdot (l \cdot \beta)^2 \cdot 10^3 = 15,43 \text{ cm}$$

Gesamte Ausmitte:

$$e_{\text{tot}} = e_1 + e_k + e_2 = 43,96 \text{ cm}$$

$$M_{\text{Sd}} = -N_{\text{Sd}} \cdot e_{\text{tot}} / 100 = 439,60 \text{ kNm}$$

Bemessung:

bezogene Schnittgrößen:

$$v_{Sd} = \frac{N_{Sd} * 10}{b * d * f_{cd}} = -0,39$$

$$\mu_{Sd} = \frac{ABS(M_{Sd}) * 10^3}{(b * d^2 * f_{cd})} = 0,34$$

Symmetrisch bewehrt:

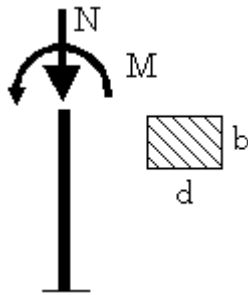
Ablesung aus Interaktionsdiagramm:

$$\omega_{tot} = 0,55$$

$$A_s = \omega_{tot} * b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 32,26$$

$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"} ; \text{Bez} ; d_s=D ; A_s > A_s) = 7 \text{ } \emptyset 25$$

$$\text{mit vorh_}A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"} ; A_s ; d_s=D ; A_s > A_s) = 34,36 \text{ cm}^2$$

Pos.: Stahlbetonstütze mit Moment und geringer Schlankheit**System:**

Stützenbreite b =	30,00 cm
Stützendicke h =	30,00 cm
Statische Höhe d =	26,00 cm
Stabdurchmesser D =	20 mm

Belastung:

Normalkraft N_{Sd} =	400 kN
Kopfmoment M_{Sd} =	80 kNm

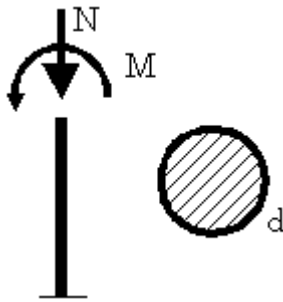
Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{cd} =	$0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{Bez=Beton})/1,5$	=	14,17 MN/m ²
f_{yd} =	$\text{TAB}(\text{"Bewehrung/BSt"; } \beta_s; \text{Bez=BSt}) / 1,15$	=	434,78 MN/m ²

Bemessung:

A_c =	$b \cdot h$	=	900,00 cm ²
N_b =	$b \cdot h \cdot f_{cd} / 10$	=	1275,30 kN
M_b =	$N_b \cdot d / 100$	=	331,58 kNm
ν_{sd} =	$-N_{Sd} / N_b$	=	-0,31
μ_{sd} =	M_{Sd} / M_b	=	0,24
nach BT8b			
$\Rightarrow \omega$ =			0,52
erf. A_s =	$\omega \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	=	15,25 cm ²

Bitte prüfen, ob ein Knicksicherheitsnachweis geführt werden muß !

Pos.: Stahlbetonstütze mit Moment und geringer Schlankheit**System:**

Stützendurchmesser $d = 30 \text{ cm}$
 Stabdurchmesser $D = 20 \text{ mm}$

Belastung:

Normalkraft $N_{Sd} = 600 \text{ kN}$
 Kopfmoment $M_{Sd} = 50 \text{ kNm}$

Material:

Beton = GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;) = C25/30
 Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/verank"; Bez;) = BSt 500
 $f_{cd} = 0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"}; f_{ck}; \text{Bez=Beton}) / 1,5 = 14,17 \text{ MN/m}^2$
 $f_{yd} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/BSt"}; \beta_s; \text{Bez=BSt}) / 1,15 = 434,78 \text{ MN/m}^2$

Bemessung:

$$A_c = d^2 \cdot \pi / 4 = 706,86 \text{ cm}^2$$

$$N_b = A_c \cdot f_{cd} / 10 = 1001,62 \text{ kN}$$

$$M_b = N_b \cdot d / 100 = 300,49 \text{ kNm}$$

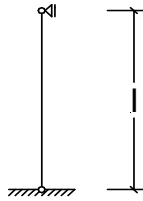
$$\nu_{sd} = -N_{Sd} / N_b = -0,60$$

$$\mu_{sd} = M_{Sd} / M_b = 0,17$$

nach BT8k
 $\Rightarrow \omega = 1,20$

$$\text{erf. } A_s = \omega \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 27,64 \text{ cm}^2$$

Bitte prüfen, ob ein Knicksicherheitsnachweis geführt werden muß !

Pos.: Stahlbetonstütze mit mäßiger Schlankheit**Fall 2****System:**

Stützenbreite b =	35,00 cm
Stützendicke d =	35,00 cm
Nutzhöhe d ₁ =	30,00 cm
Stabdurchmesser D =	25 mm
Stützhöhe H =	5,00 m
Knicklängenbeiwert β =	0,75
gewählte Bewehrung A _{s_vor} =	65,00 cm ²

Belastung:

Normalkraft N _{Sd} =	-1000 kN
Endmoment M _{1Sd} =	20 kNm
Endmoment M _{2Sd} =	50 kNm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
E _s =		=	210000,00 MN/m ²
f _{cd} =	0,85 * TAB("Beton/DIN-1"; f _{ck} ; Bez = Beton)/1,5	=	14,17 MN/m ²
f _{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β _s ; Bez=BSt)/1,15	=	434,78 MN/m ²

Berechnung:

Schlankheit λ =	$\frac{100 \cdot \beta \cdot H}{0,289 \cdot d}$	=	37,07
Grenzschlankheit zul_λ =	$25 \cdot \left(2 - \frac{M_{1Sd}}{M_{2Sd}} \right)$	=	40,00
λ / zul_λ		=	<u>0,93 < 1</u>
planmäßige Ausmitte:			
e =	$100 \cdot (0,4 \cdot M_{1Sd} + 0,6 \cdot M_{2Sd}) / -N_{Sd}$	=	3,80 cm
e / d		=	<u>0,11 < 3,5</u>

zusätzliche Ausmitte:

$$N_{ud} = -((f_{cd} * b * d) + (f_{yd} * A_{s_vor}))/10 = -4561,90 \text{ kN}$$

$$N_{bal} = -(0,04 * f_{cd} * b * d) = -694,33 \text{ kN}$$

$$K_2 = \text{MIN}\left(\frac{N_{ud} - N_{Sd}}{N_{ud} - N_{bal}}; 1\right) = 0,92$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd} / E_s}{1} = 0,00207$$

$$r = \frac{2 * K_2 * \frac{\epsilon_{yd}}{0,9 * d_1}}{1} = 7088,85$$

$$K_1 = \text{WENN}(\lambda > 35 ; 1 ; \text{WENN}(\lambda \geq 25 ; \lambda/10 - 2,5;)) = 1,00$$

$$e_2 = K_1 * \frac{1}{r} * (H)^2 * 10^3 = 3,53 \text{ cm}$$

Gesamte Ausmitte:

$$e_{tot} = e + e_2 = 7,33 \text{ cm}$$

$$M_{Sd} = N_{Sd} * e_{tot} / 100 = -73,30 \text{ kNm}$$

Bemessung:

bezogene Schnittgrößen:

$$\nu_{Sd} = N_{Sd} * 10 / (b * d * f_{cd}) = -0,58$$

$$\mu_{Sd} = \text{ABS}(M_{Sd}) * 10^3 / (b * d^2 * f_{cd}) = 0,12$$

Ablesung aus Interaktionsdiagramm:

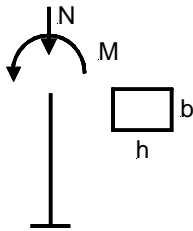
$$\omega_{tot} = 0,05$$

$$A_s = \omega_{tot} * b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 2,00 \text{ cm}^2$$

$$\text{je Seite erf} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"} ; \text{Bez} ; d_s=D ; A_s > A_s/2) = 1 \text{ } \emptyset 25$$

$$\text{je Seite Gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"} ; \text{Bez} ; d_s=D ; A_s > A_s/2) = 2 \text{ } \emptyset 25$$

$$\text{mit vorh_A}_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"} ; A_s ; \text{Bez} = \text{Gew}) = 9,82 \text{ cm}^2$$

Pos.: Stahlbetonstütze mit Kopfmoment ohne Knickgefahr:**System:**

Stützenbreite b =	45,00 cm
Stützendicke h =	45,00 cm

Bemessungsschnittgrößen:

N_{Sd} =	1480 kN
M_{Sd} =	363 kNm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β_S ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 N/mm ²
f_{cd} =	0,85*TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 1,5	=	17,00 N/mm ²

Berechnung:

$$\nu_{Ed} = \frac{-N_{Sd}}{0,1 * b * h * f_{cd}} = -0,430$$

$$\mu_{Sd} = \frac{10^3 * (ABS(M_{Sd}))}{(b * h^2 * f_{cd})} = 0,234$$

Ablesung aus Interaktionsdiagramm:

$$\omega_{tot} = 1,10$$

$$A_{s1} = \frac{\omega_{tot} * b * h * f_{cd}}{2 * f_{yd}} = 43,55 \text{ cm}^2$$

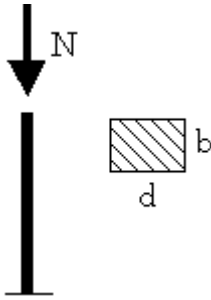
gew d_S = 25,00 mm

gew B_1 = GEW("Bewehrung/As"; Bez; $d_S=d_S$; $A_S>A_{s1}$) = **9 Ø 25**

mit A_S = TAB("Bewehrung/As"; A_S ; Bez= B_1) = 44,18 cm²

$$A_{s1} / A_S = \underline{\underline{0,99 < 1}}$$

Es sind nur geschlossene Bügel zulässig. Die Schlösser sind zu versetzen.

Pos.: Stahlbetonstütze mit geringer Schlankheit**System und Lasten:**

Stützenbreite b =	30,00 cm
Stützendicke d =	20,00 cm
Anzahl Stäbe n =	4
Stabdurchmesser D =	14 mm

Belastung:

Normalkraft N_{Sd} =	800 kN
------------------------	--------

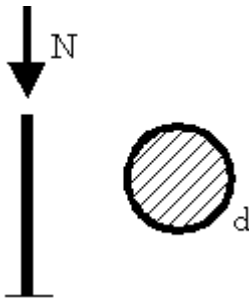
Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{cd} =	$0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{Bez=Beton}) / 1,5$	=	14,17 MN/m ²
f_{yd} =	$\text{TAB}(\text{"Bewehrung/BSt"; } \beta_s; \text{Bez=BSt}) / 1,15$	=	434,78 MN/m ²

Nachweis:

A_s =	$\text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; d_s=D; n=n)$	=	6,16 cm ²
N_b =	$b \cdot d \cdot f_{cd} / 10$	=	850,20 kN
N_s =	$A_s \cdot f_{yd} / 10$	=	267,82 kN
zul.N =	$N_b + N_s$	=	1118,02 kN
$N_{Sd} / \text{zul.N}$		=	<u>0,716 < 1</u>
vorh. μ =	$\frac{A_s}{b \cdot d}$	=	<u>0,010 > 0,008 Mindestbewehrung</u>
tot. μ_o =	$0,6 \cdot f_{cd} / f_{yd}$	=	0,020
tot. $\mu_o / \text{vorh.}\mu$		=	<u>2,000 > 1</u>
vorh. μ		=	<u>0,010 < 0,09 Maximalbewehrung</u>

Bitte prüfen, ob ein Knicksicherheitsnachweis geführt werden muß !

Pos.: Stahlbetonstütze mit geringer Schlankheit**System:**

Stützendurchmesser d =	30,00 cm
Anzahl Stäbe n =	6
Stabdurchmesser D =	12 mm

Belastung:

Normalkraft N_{Sd} =	600 kN
------------------------	--------

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 420
f_{cd} =	$0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"}; f_{ck}; \text{Bez}=\text{Beton}) / 1,5$	=	14,17 MN/m ²
f_{yd} =	$\text{TAB}(\text{"Bewehrung/BSt"}; \beta_s; \text{Bez}=\text{BSt}) / 1,15$	=	365,22 MN/m ²

Nachweis:

$$A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; d_s=D; n=n) = 6,79 \text{ cm}^2$$

$$N_b = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{f_{cd}}{10} = 1001,62 \text{ kN}$$

$$N_s = A_s \cdot \frac{f_{yd}}{10} = 247,98 \text{ kN}$$

$$\text{zul.}N = N_b + N_s = 1249,60 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} / \text{zul.}N = \underline{\underline{0,480 < 1}}$$

$$\text{vorh.} \mu = \frac{A_s}{d^2 \cdot \frac{\pi}{4}} = \underline{\underline{0,010 > 0,008 \text{ Mindestbewehrung}}}$$

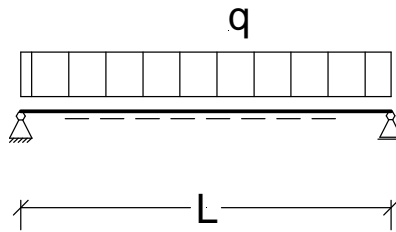
$$\text{tot.} \mu_o = 0,6 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,023$$

$$\text{tot.} \mu_o / \text{vorh.} \mu = \underline{\underline{2,300 < 1}}$$

$$\text{vorh.} \mu = \underline{\underline{0,010 < 0,09 \text{ Maximalbewehrung}}}$$

Bitte prüfen, ob ein Knicksicherheitsnachweis geführt werden muß !

Pos.:Einfacher Sturz:



System:

Stützweite L =	2,20 m
Trägerbreite b =	24,00 cm
Trägerhöhe h =	66,00 cm
Betondeckung nom_c =	4,00 cm
ev. mitwirkende Breite b _m =	45,00 cm
Auflagertiefe t =	30,00 cm
statische Höhe d = h - nom_c =	62,00 cm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Belastung:

aus Eigengewicht g: $b * h * 25 / 10000$ = 3,96 kN/m

Attika: $b * 1,35 * 25 / 100$ = 8,10 kN/m
 aus Pos. 201: $(41,22 + 48,34) / 2$ = 44,78 kN/m

max q = 52,88 kN/m

Berechnung:

$V_{Sd} = (g * 1,35 + q * 1,5) * (L + 2/300 * t) / 2$ = 101,60 kN
 $M_{Sd} = (g * 1,35 + q * 1,5) * (L + 2/300 * t)^2 / 8$ = 60,96 kNm
 $f_{ck} =$ TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck}; Bez=Beton) = 25,00 N/mm²
 $\mu_{Sds} = \frac{10^3 * M_{Sd}}{b * d^2 * \left(0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5}\right)}$ = 0,0466
 $\omega_1 =$ TAB("Bewehrung/omega"; $\omega, \mu = \mu_{Sds}$) = 0,0479
 $\sigma_{sd} =$ TAB("Bewehrung/omega"; $\sigma_{sd}; \mu = \mu_{Sds}$) = 456,5 kN/m²
 $erf_{A_s} = \frac{1}{\sigma_{sd}} * \omega_1 * b * d * 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5}$ = 2,21 cm²
 $d_s =$ 14,00 mm
 gew = GEW("Bewehrung/As"; Bez; d_s=d_s; A_s>erf_A_s) = 2 Ø 14
gew.: 3 Ø 14

$$\text{vorh_A}_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; A}_s; \text{Bez=gew}) = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf_A}_s / \text{vorh_A}_s = \underline{\underline{0,72 < 1}}$$

$$V'_{Sd} = V_{Sd} - \left(\frac{t}{300} + \frac{h}{100} \right) * (g * 1,35 + q * 1,5) = 37,25 \text{ kN}$$

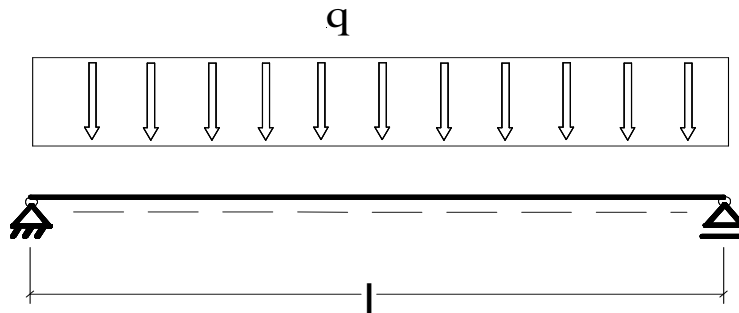
$$\rho_1 = \text{MIN} \left(0,02 ; \frac{\text{vorh_A}_s}{b * d} \right) = 0,0021$$

$$V_{Rd,ct} = \left(1 + \sqrt{\frac{20}{d}} \right) * \sqrt[3]{10^2 * \rho_1 * f_{ck} * b * d} * \frac{1}{100} = 40,55 \text{ kN}$$

$$\frac{V'_{Sd}}{V_{Rd,ct}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

gewählt: konstruktiv Bü Ø 8, e=20cm

Pos.: Einfelddeckenträger



System:

Stützweite L =	5,00 m
Deckenstreifenbreite b =	100,00 cm
Deckenstärke h =	18,00 cm
Betondeckung c =	3,00 cm
d = h - c	= 15,00 cm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Belastung:

aus Eigengewicht g: $h * 25,00 / 100 = 4,50 \text{ kN/m}^2$

aus Dämmung: $0,10 \text{ kN/m}^2$

aus Ausbau: $0,25 \text{ kN/m}^2$

Verkehr: $1,50 \text{ kN/m}^2$

q = 1,85 kN/m²

Schnittgrößen:

$V_{Sd} = (g * 1,35 + q * 1,5) * L / 2 = 22,13 \text{ kN/m}$

$M_{Sd} = (g * 1,35 + q * 1,5) * L^2 / 8 = 27,66 \text{ kNm/m}$

$f_{ck} = \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{Bez=Beton}) = 25,00 \text{ N/mm}^2$

$\mu_{Sds} = \frac{10^3 * M_{Sd}}{b * d^2 * \left(0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5}\right)} = 0,0868$

$\omega_1 = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"; } \omega; \mu = \mu_{Sds}) = 0,0911$

$\sigma_{sd} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"; } \sigma_{sd}; \mu = \mu_{Sds}) = 456,5 \text{ kN/m}^2$

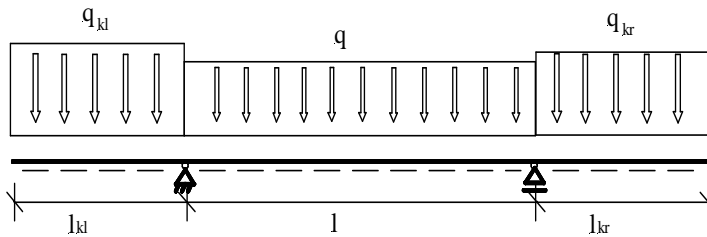
$\text{erf_}A_s = \frac{1}{\sigma_{sd}} * \omega_1 * b * d * 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5} = 4,24 \text{ cm}^2$

gewählt:

unten: R 589

oben: Q 188 A

Pos.: Einfeldträger mit Kragarmen:



System:

Feldlänge l =	2,80 m
linke Kragarmlänge l _{kl} =	0,80 m
rechte Kragarmlänge l _{kr} =	1,00 m
Querschnittsbreite b =	24,0 cm
Querschnittshöhe h =	55,0 cm
statische Höhe d =	50,00 cm

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35
γ_Q =	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f _{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β _s ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 N/mm ²
f _{cd} =	0,85*TAB("Beton/DIN-1"; f _{ck} ; Bez=Beton) / 1,5	=	17,00 N/mm ²

Belastung im Feld:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 100$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m
		q_{gf} =	<u>59,90 kN/m</u>
Verkehr aus Pos1:			20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:			74,50 kN/m
		q_{qf} =	<u>94,50 kN/m</u>

Belastung am linken Kragarm:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 100$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m
		q_{gkl} =	<u>59,90 kN/m</u>
Verkehr aus Pos1:			40,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:			70,50 kN/m
		max q_{qkl} =	<u>110,50 kN/m</u>

Belastung am rechten Kragarm:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 100$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m

$$q_{gkr} = \underline{59,90 \text{ kN/m}}$$

Verkehr aus Pos1:	40,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:	70,50 kN/m

$$\max q_{qkr} = \underline{110,50 \text{ kN/m}}$$

Berechnung:

$M_{gkl} =$	$-q_{gkl} \cdot l_{kl}^2 / 2$	=	-19,17 kNm
$M_{qkl} =$	$-q_{qkl} \cdot l_{kl}^2 / 2$	=	-35,36 kNm
$M_{gkr} =$	$-q_{gkr} \cdot l_{kr}^2 / 2$	=	-29,95 kNm
$M_{qkr} =$	$-q_{qkr} \cdot l_{kr}^2 / 2$	=	-55,25 kNm
$M_{gfeld} =$	$q_{gf} \cdot l^2 / 8$	=	58,70 kNm
$M_{qfeld} =$	$q_{qf} \cdot l^2 / 8$	=	92,61 kNm

Berechnung linker Kragarm:

$M_{sdkl} =$	$\gamma_G \cdot M_{gkl} + \gamma_Q \cdot M_{qkl}$	=	-78,92 kNm
$M_{sdkl,s} =$	$ABS(M_{sdkl})$	=	78,92 kNm
$\mu_{sdkl,s} =$	$\frac{M_{sdkl,s} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	=	0,077
$\omega =$	$TAB("Bewehrung/omega"; \omega; \mu = \mu_{sdkl,s})$	=	0,0807
$erf_{A_{skl}} =$	$\omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	=	3,79 cm ²
gew $d_s =$			20 mm
gew $B_{kl} =$	$GEW("Bewehrung/As"; Bez; d_s = d_s; A_s > erf_{A_{skl}})$	=	2 Ø 20
mit $A_s =$	$TAB("Bewehrung/As"; A_s; Bez = B_{kl})$	=	6,28 cm ²

gew: 2 Ø 20

$$erf_{A_{skl}} / A_s = \underline{0,60 < 1}$$

Berechnung rechter Kragarm:

$M_{sdkr} =$	$\gamma_G \cdot M_{gkr} + \gamma_Q \cdot M_{qkr}$	=	-123,31 kNm
$M_{sdkr,s} =$	$ABS(M_{sdkr})$	=	123,31 kNm

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Sdkr,s}} &= M_{\text{sdkr,s}} * 1000 / (b * d^2 * f_{\text{cd}}) &= & 0,121 \\ \mu_{\text{Sdkr,s}} &= \frac{M_{\text{sdkr,s}} * 10^3}{b * d^2 * f_{\text{cd}}} &= & 0,121 \\ \omega &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{\text{Sdkr,s}}) &= & 0,1297 \\ \text{erf_A}_{\text{skr}} &= \omega * d * b * \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} &= & 6,09 \text{ cm}^2 \\ \text{gew } d_s &= & & 20 \text{ mm} \\ \text{gew } B_{\text{kr}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > \text{erf_A}_{\text{skr}}) &= & 2 \text{ } \mathbf{\varnothing 20} \\ \text{mit } A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_{\text{kr}}) &= & 6,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

gew: 2 \varnothing 20

$$\text{erf_A}_{\text{skr}} / A_s = \underline{\underline{0,97 < 1}}$$

Berechnung Feld:

$$\begin{aligned} M_{\text{sdf,min}} &= M_{\text{gfeld}} + (M_{\text{sdkl}} + M_{\text{sdkr}}) / 2 &= & -42,41 \text{ kNm} \\ M_{\text{sdf,min,s}} &= \text{ABS}(M_{\text{sdf,min}}) &= & 42,41 \text{ kNm} \\ \mu_{\text{Sdf,min,s}} &= \frac{M_{\text{sdf,min,s}} * 10^3}{b * d^2 * f_{\text{cd}}} &= & 0,042 \\ \omega &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{\text{Sdf,min,s}}) &= & 0,0431 \\ \text{erf_A}_{\text{sfo}} &= \omega * d * b * \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} &= & 2,02 \text{ cm}^2 \\ \text{gew } d_s &= & & 14 \text{ mm} \\ \text{gew } B_{\text{fo}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > \text{erf_A}_{\text{sfo}}) &= & 2 \text{ } \mathbf{\varnothing 14} \\ \text{mit } A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_{\text{fo}}) &= & 3,08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

gew: 2 \varnothing 14

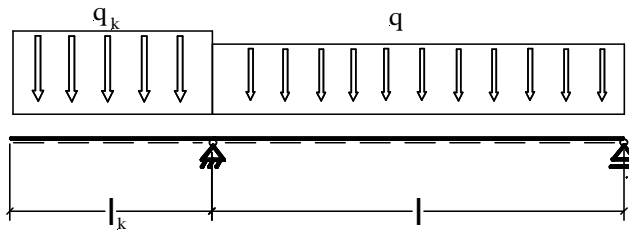
$$\text{erf_A}_{\text{sfo}} / A_s = \underline{\underline{0,66 < 1}}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{sdf,max}} &= \gamma_G * M_{\text{gfeld}} + \gamma_Q * M_{\text{qfeld}} + (M_{\text{gkl}} + M_{\text{gkr}}) / 2 &= & 193,60 \text{ kNm} \\ M_{\text{sdf,max,s}} &= \text{ABS}(M_{\text{sdf,max}}) &= & 193,60 \text{ kNm} \\ \mu_{\text{Sdf,max,s}} &= \frac{M_{\text{sdf,max,s}} * 10^3}{b * d^2 * f_{\text{cd}}} &= & 0,190 \\ \omega &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{\text{Sdf,max,s}}) &= & 0,2134 \\ \text{erf_A}_{\text{sfu}} &= \omega * d * b * \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} &= & 10,01 \text{ cm}^2 \\ \text{gew } d_s &= & & 20 \text{ mm} \\ \text{gew } B_{\text{fu}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > \text{erf_A}_{\text{sfu}}) &= & 4 \text{ } \mathbf{\varnothing 20} \\ \text{mit } A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_{\text{fu}}) &= & 12,57 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

gew: 4 \varnothing 20

$$\text{erf_A}_{\text{sfu}} / A_s = \underline{\underline{0,80 < 1}}$$

Pos.: Einfeldträger mit Kragarm links:



System:

Feldlänge l =	2,80 m
Kragarmlänge l _k =	1,00 m
Querschnittsbreite b =	24,0 cm
Querschnittshöhe h =	55,0 cm
statische Höhe d =	50,0 cm

Sicherheitsbeiwerte:

γ _G =	1,35
γ _Q =	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f _{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β _s ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 N/mm ²
f _{cd} =	0,85*TAB("Beton/DIN-1"; f _{ck} ; Bez=Beton) / 1,5	=	17,00 N/mm ²

Belastung im Feld:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 10^2$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m
		max q_g =	<u>59,90 kN/m</u>

Verkehr aus Pos1:			20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:			74,50 kN/m
		max q_p =	<u>94,50 kN/m</u>

Belastung am Kragarm:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 10^2$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m
		max q_{gk} =	<u>59,90 kN/m</u>

Verkehr aus Pos1:			40,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:			70,50 kN/m
		max q_{pk} =	<u>110,50 kN/m</u>

Berechnung:

$$\begin{aligned}
 M_{gk} &= -q_{gk} \cdot l_k^2 / 2 &= -29,95 \text{ kNm} \\
 M_{pk} &= -q_{pk} \cdot l_k^2 / 2 &= -55,25 \text{ kNm} \\
 M_{gfeld} &= q_g \cdot l^2 / 8 &= 58,70 \text{ kNm} \\
 M_{pfeld} &= q_p \cdot l^2 / 8 &= 92,61 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Berechnung Kragarm:

$$\begin{aligned}
 M_{sdk} &= \gamma_G \cdot M_{gk} + \gamma_Q \cdot M_{pk} &= -123,31 \text{ kNm} \\
 M_{sdk,s} &= \text{ABS}(M_{sdk}) &= 123,31 \text{ kNm} \\
 \mu_{sdk,s} &= \frac{M_{sdk,s} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} &= 0,121 \\
 \omega &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{sdk,s}) &= 0,1297 \\
 erf_{A_s} &= \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} &= 6,09 \text{ cm}^2 \\
 gew \ d_s &= &20,0 \text{ mm} \\
 gew \ B_1 &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > erf_{A_s}) &= 2 \ \text{\textcircled{20}} \\
 mit \ A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_1) &= 6,28 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

gew: 2 Ø 20

$$erf_{A_s} / A_s = \underline{\underline{0,97 < 1}}$$

Berechnung Feld:

$$\begin{aligned}
 M_{sdf,min} &= M_{gfeld} + M_{sdk} / 2 &= -2,96 \text{ kNm} \\
 M_{sdf,min,s} &= \text{ABS}(M_{sdf,min}) &= 2,96 \text{ kNm} \\
 \mu_{sdf,min,s} &= \frac{M_{sdf,min,s} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} &= 0,003 \\
 \omega &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{sdf,min,s}) &= 0,0030 \\
 erf_{A_{s2}} &= \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} &= 0,14 \text{ cm}^2 \\
 gew \ d_s &= &20,0 \text{ mm} \\
 gew \ B_2 &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > erf_{A_s}) &= 2 \ \text{\textcircled{20}} \\
 mit \ A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_2) &= 6,28 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

gew: 2 Ø 20

$$mit \ A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_2) = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$erf_{A_{s2}} / A_s = \underline{\underline{0,02 < 1}}$$

$$\begin{aligned}
 M_{sdf,max} &= \gamma_G \cdot M_{gfeld} + \gamma_Q \cdot M_{pfeld} + M_{gk} / 2 &= 203,19 \text{ kNm} \\
 M_{sdf,max,s} &= \text{ABS}(M_{sdf,max}) &= 203,19 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\mu_{\text{Sdf,max,s}} = \frac{M_{\text{sdf,max,s}} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = 0,199$$

$$\omega = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{\text{Sdf,max,s}}) = 0,2250$$

$$\text{erf_A}_{\text{s3}} = \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} = 10,56 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew } d_s = 20,0 \text{ mm}$$

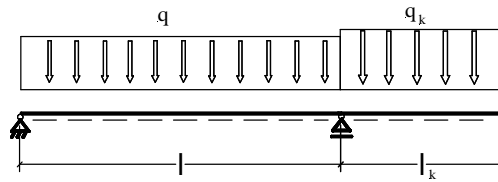
$$\text{gew } B_3 = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > \text{erf_A}_{\text{s3}}) = 4 \text{ } \varnothing \text{ } 20$$

$$\text{mit } A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_3) = 12,57 \text{ cm}^2$$

gew: 4 Ø 20 mit:

$$\text{erf_A}_{\text{s3}} / A_s = \underline{\underline{0,84 < 1}}$$

Pos.: Einfeldträger mit Kragarm rechts:



System:

Feldlänge l =	2,80 m
Kragarmlänge l _k =	1,20 m
Querschnittsbreite b =	24,0 cm
Querschnittshöhe h =	55,0 cm
statische Höhe d =	50,0 cm

Sicherheitsbeiwerte:

γ _G =	1,35
γ _Q =	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f _{yd} =	TAB("Bewehrung/verank"; β _s ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 N/mm ²
f _{cd} =	0,85 * TAB("Beton/DIN-1"; f _{ck} ; Bez=Beton) / 1,5	=	17,00 N/mm ²

Belastung im Feld:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 10^2$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m
		max q_g =	<u>59,90 kN/m</u>

Verkehr aus Pos1:	20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:	74,50 kN/m
	max q_p =
	<u>94,50 kN/m</u>

Belastung am Kragarm:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 10^2$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m
		max q_{gk} =	<u>59,90 kN/m</u>

Verkehr aus Pos1:	40,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:	70,50 kN/m
	max q_{pk} =
	<u>110,50 kN/m</u>

Berechnung:

$$\begin{aligned}
 M_{gk} &= -q_{gk} \cdot l_k^2 / 2 &= -43,13 \text{ kNm} \\
 M_{pk} &= -q_{pk} \cdot l_k^2 / 2 &= -79,56 \text{ kNm} \\
 M_{gfeld} &= q_g \cdot l^2 / 8 &= 58,70 \text{ kNm} \\
 M_{pfeld} &= q_p \cdot l^2 / 8 &= 92,61 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Berechnung Kragarm:

$$\begin{aligned}
 M_{sdk} &= \gamma_G \cdot M_{gk} + \gamma_Q \cdot M_{pk} &= -177,57 \text{ kNm} \\
 M_{sdk,s} &= \text{ABS}(M_{sdk}) &= 177,57 \text{ kNm} \\
 \mu_{sdk,s} &= \frac{M_{sdk,s} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} &= 0,174 \\
 \omega &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{sdk,s}) &= 0,1932 \\
 erf_{A_s} &= \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} &= 9,06 \text{ cm}^2 \\
 gew \ d_s &= &= 20,0 \text{ mm} \\
 gew \ B_1 &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; Bez; d_s = d_s; A_s > erf_{A_s}) &= 3 \ \text{\textcircled{20}} \\
 mit \ A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; Bez = B_1) &= 9,42 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

gew: 3 Ø 20

$$erf_{A_s} / A_s = \underline{\underline{0,96 < 1}}$$

Berechnung Feld:

$$\begin{aligned}
 M_{sdf,min} &= M_{gfeld} + M_{sdk} / 2 &= -30,09 \text{ kNm} \\
 M_{sdf,min,s} &= \text{ABS}(M_{sdf,min}) &= 30,09 \text{ kNm} \\
 \mu_{sdf,min,s} &= \frac{M_{sdf,min,s} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} &= 0,029 \\
 \omega &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{sdf,min,s}) &= 0,0296 \\
 erf_{A_{s2}} &= \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} &= 1,39 \text{ cm}^2 \\
 gew \ d_s &= &= 20,0 \text{ mm} \\
 gew \ B_2 &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; Bez; d_s = d_s; A_s > erf_{A_{s2}}) &= 2 \ \text{\textcircled{20}} \\
 mit \ A_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; Bez = B_2) &= 6,28 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

gew: 2 Ø 20

$$erf_{A_{s2}} / A_s = \underline{\underline{0,22 < 1}}$$

$$\begin{aligned}
 M_{sdf,max} &= \gamma_G \cdot M_{gfeld} + \gamma_Q \cdot M_{pfeld} + M_{gk} / 2 &= 196,60 \text{ kNm} \\
 M_{sdf,max,s} &= \text{ABS}(M_{sdf,max}) &= 196,60 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\mu_{\text{Sdf,max,s}} = \frac{M_{\text{sdf,max,s}} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = 0,193$$

$$\omega = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{\text{Sdf,max,s}}) = 0,2173$$

$$\text{erf_A}_{\text{s3}} = \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} = 10,20 \text{ cm}^2$$

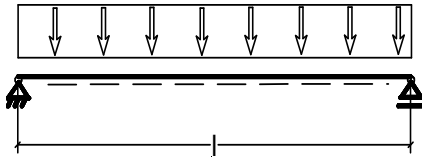
$$\text{gew } d_s = 20,0 \text{ mm}$$

$$\text{gew } B_3 = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > \text{erf_A}_{\text{s3}}) = 4 \text{ } \mathbf{\varnothing 20}$$

$$\text{mit } A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = B_3) = 12,57 \text{ cm}^2$$

gew: 4 \varnothing 20 mit:

$$\text{erf_A}_{\text{s3}} / A_s = \underline{\underline{0,81 < 1}}$$

Pos.: Einfeldträger:**System:**

Trägerlänge L =	2,80 m
Querschnittsbreite b =	24,0 cm
Querschnittshöhe h =	58,0 cm
statische Höhe d =	53,0 cm

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35
$\gamma_Q =$	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C30/37
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{yd} =$	TAB("Bewehrung/verank"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 N/mm ²
$f_{cd} =$	0,85*TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton) / 1,5	=	17,00 N/mm ²

Belastung:

aus Eigengewicht:	$b \cdot h \cdot 25 / 10^4$	=	3,48 kN/m
Attika:	$b \cdot 1,35 \cdot 25 / 100$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:		=	48,50 kN/m

$$\max q_g = \underline{\underline{60,08 \text{ kN/m}}}$$

Verkehr aus Pos1:		=	20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:		=	37,50 kN/m

$$\max q_q = \underline{\underline{57,50 \text{ kN/m}}}$$

Berechnung:

$M_G =$	$q_g \cdot L^2 / 8$	=	58,88 kNm
$M_Q =$	$q_q \cdot L^2 / 8$	=	56,35 kNm
$M_{Sd} =$	$\gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q$	=	164,01 kNm
$M_{Sd,s} =$	ABS(M_{Sd})	=	164,01 kNm

$$\mu_{Sd,s} = \frac{M_{Sd,s} \cdot 10^3}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0,143$$

$$\omega = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/omega"}; \omega; \mu = \mu_{Sd,s}) = 0,1555$$

$$\text{erf_A}_s = \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 7,73 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew } d_s = 20 \text{ mm}$$

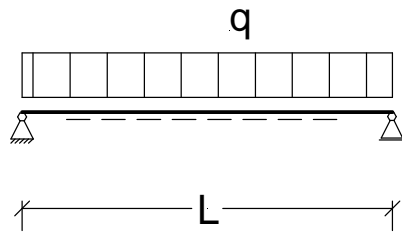
$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s > \text{erf_A}_s) = \mathbf{3 \text{ } \varnothing \text{ } 20}$$

$$\text{mit } A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez} = \text{B}) = 9,42 \text{ cm}^2$$

gew: 3 Ø 20

$$\text{erf_A}_s / A_s = \underline{\underline{0,82 < 1}}$$

Pos.: Einfeldträger aus Beton



System:

Streckenlast q =	5,15 kN/m
Streckenlast g =	1,37 kN/m
Trägerlänge l =	4,50 m

Querschnittswerte:

Querschnittsbreite b =	20,00 cm
Querschnittshöhe h =	30,00 cm
Betondeckung c =	3,00 cm

Material:

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

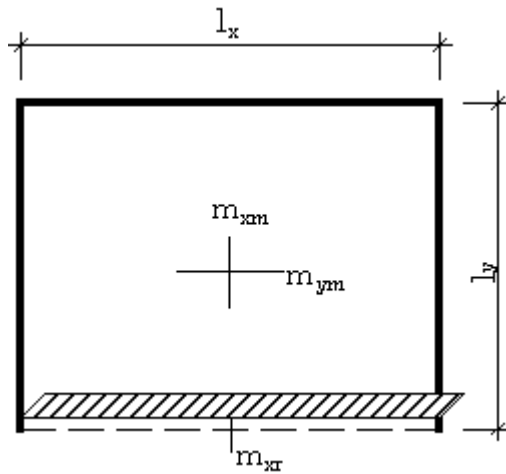
Schnittgrößen:

$$M_{Sd} = (1,35 * g + 1,5 * q) * \frac{l^2}{8} = 24,24 \text{ kNm}$$

Bemessung:

d =	h - c	=	27,00 cm
f _{ck} =	TAB("Beton/DIN-1"; f _{ck} ; Bez=Beton)	=	25,00 N/mm ²
μ _{Sds} =	$\frac{10^3 * M_{Sd}}{b * d^2 * \left(0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5}\right)}$	=	0,1174
ω ₁ =	TAB("Bewehrung/omega"; ω, μ = μ _{Sds})	=	0,1255
σ _{sd} =	TAB("Bewehrung/omega"; σ _{sd} ; μ = μ _{Sds})	=	450,9 kN/m ²
erf_A _s =	$\frac{1}{\sigma_{sd}} * \omega_1 * b * d * 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5}$	=	2,13 cm ²
gew. d _s =			12,00 mm
gew =	GEW("Bewehrung/As"; Bez; d _s =d _s ; A _s >erf_A _s)	=	2 Ø 12

Pos.: Treppenpodest nach Hahn



System:

freier Rand $l_x = 2,40 \text{ m}$
 kurze Seite $l_y = 1,90 \text{ m}$
 Treppenbreite $b_{Tr} = 1,15 \text{ m}$

Plattendicke $h = 14,00 \text{ cm}$
 Bewehrungslage $c = 3,50 \text{ cm}$

Beton = GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;) = C25/30
 Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/verank"; Bez;) = BSt 500

Belastung:

aus Eigengewicht $g: h \cdot 25,00/100 = 3,50 \text{ kN/m}^2$

aus Belag: $1,09 \text{ kN/m}^2$
 aus Verkehr: $3,50 \text{ kN/m}^2$

$q = 4,59 \text{ kN/m}^2$

Randlast aus Pos:

$s_{Sd} = 14,58 \text{ kN/m}$

$q_{Sd} = g \cdot 1,35 + q \cdot 1,5 = 11,61 \text{ kN/m}^2$

Schnittgrößen:

aus Flächenlast:

$f_{xr,1} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{xr}; \text{Einsp="0"; Fall="1"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = 9,10$

$f_{xm,1} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{xm}; \text{Einsp="0"; Fall="1"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = 13,83$

$f_{ym,1} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{ym}; \text{Einsp="0"; Fall="1"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = 32,92$

aus Randlast:

$f_{xr,2} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{xr}; \text{Einsp="0"; Fall="2"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = 4,21$

$f_{xm,2} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{xm}; \text{Einsp="0"; Fall="2"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = 9,58$

$f_{ym,2} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{ym}; \text{Einsp="0"; Fall="2"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = -29,59$

nach Hahn:

$$K = q_{Sd} * l_x * l_y = 52,94 \text{ kN}$$

$$S = s_{Sd} * b_{Tr} * 2 = 33,53 \text{ kN}$$

$$m_{xr} = \frac{K}{f_{xr,1}} + \frac{S}{f_{xr,2}} = 13,78 \text{ kNm/m}$$

$$m_{xm} = \frac{K}{f_{xm,1}} + \frac{S}{f_{xm,2}} = 7,33 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ym,u} = \frac{K}{f_{ym,1}} = 1,61 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ym,o} = -1 * \frac{K}{f_{ym,2}} = 1,79 \text{ kNm/m}$$

Bemessung:

Feldbewehrung unten x-Richtung:

$$k_d = \frac{h - c}{\sqrt{m_{xm}}} = 3,88$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"} ; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) = 2,37$$

$$\text{erf } A_s = \frac{m_{xm} * k_s}{h - c} = 1,65 \text{ cm}^2$$

Feldbewehrung unten y-Richtung:

$$k_d = \frac{h - c}{\sqrt{m_{ym,u}}} = 8,28$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"} ; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) = 2,33$$

$$\text{erf } A_s = \frac{m_{ym,u} * k_s}{h - c} = 0,36 \text{ cm}^2$$

Feldbewehrung oben y-Richtung:

$$k_d = \frac{h - c}{\sqrt{m_{ym,o}}} = 7,85$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"} ; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) = 2,33$$

$$\text{erf } A_s = \frac{m_{ym,o} * k_s}{h - c} = 0,40 \text{ cm}^2$$

Randbewehrung:

$$k_d = \frac{h - c}{\sqrt{m_{xr}}} = 2,83$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"} ; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) = 2,42$$

$$\text{erf } A_s = \frac{m_{xr} * k_s}{h - c} = 3,18 \text{ cm}^2$$

gewählt:

oben: Q 221

unten: Q 221

am freien Rand: 3 Ø 14 unten

2 Ø 14 oben

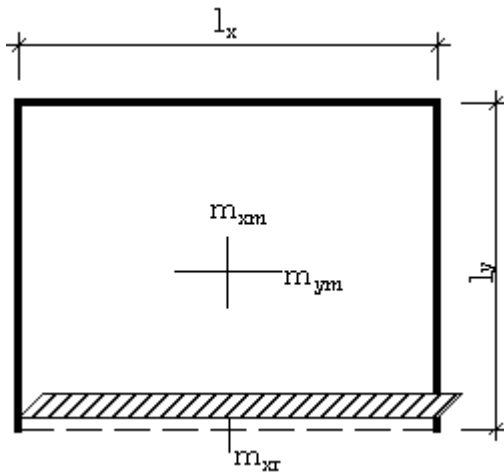
ausgeklinktes Auflager: konstruktiv

Steckbügel Ø 8 / 15 cm

Auflagerung:

HALFEN - HBT 220/10-15 in den Wänden

Pos.: Treppenpodest



System:

freier Rand $l_x = 2,50 \text{ m}$
 kurze Seite $l_y = 1,90 \text{ m}$
 Treppenbreite $b_{Tr} = 1,20 \text{ m}$

Plattendicke $h = 18,00 \text{ cm}$
 Bewehrungslage $c = 3,50 \text{ cm}$

Beton = GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;) = C25/30
 Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/verank"; Bez;) = BSt 500

Belastung:

aus Eigengewicht $g: h \cdot 25,00 / 100 = 4,50 \text{ kN/m}^2$

aus Belag: $2,50 \text{ kN/m}^2$
 aus Verkehr: $5,00 \text{ kN/m}^2$

q = 7,50 kN/m²

Randlast aus Pos:

$s_{Sd} = 14,58 \text{ kN/m}$

$q_{Sd} = g \cdot 1,35 + q \cdot 1,5 = 17,32 \text{ kN/m}^2$

Schnittgrößen:

nach "Hahn", Lastfall 1 + 2:

$K = q_{Sd} \cdot l_x \cdot l_y = 82,27 \text{ kN}$

$S = s_{Sd} \cdot b_{Tr} \cdot 2 = 34,99 \text{ kN}$

$f_{xr1} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{xr}; \text{ Einsp="0"; Fall="1"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = 9,10$

$f_{xr2} = \text{TAB}(\text{"platten/3seitig"; } f_{xr}; \text{ Einsp="0"; Fall="2"; } l_x/l_y=l_y/l_x) = 4,24$

$M_{\max} = \frac{K}{f_{xr1}} + \frac{S}{f_{xr2}} = 17,29 \text{ kNm/m}$

Bemessung:

$$\begin{aligned}d &= \frac{h - c}{d} &= & 14,50 \text{ cm} \\k_d &= \frac{\sqrt{M_{\max}}}{d} &= & 3,49 \\k_s &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"} ; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) &= & 2,38 \\ \text{erf } A_s &= \frac{M_{\max} * k_s}{d} &= & 2,84 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

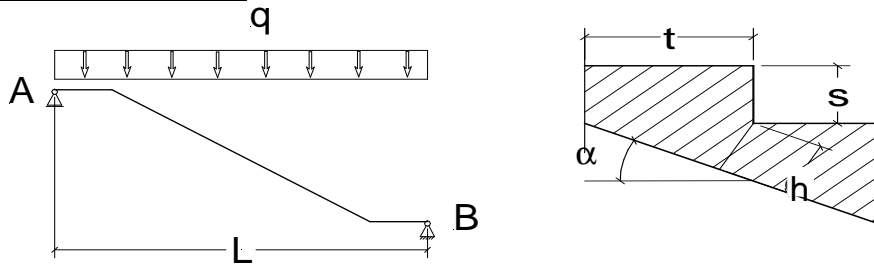
gewählt:

oben: Q 335-A
unten: Q 335-A
am freien Rand: je 3 Ø 12 oben + unten
ausgeklinktes Auflager: konstruktiv
Steckbügel Ø 8 / 10 cm
Schrägeisen Ø 8 / 10 cm

Auflagerung:

HALFEN - HBT 220/10-15 in den Wänden

Pos.: Stb - Treppenlauf



Abmessungen:

Lauflänge L =	3,90 m
Laufbreite b =	100,00 cm
Plattendicke h =	16,00 cm
Bewehrungslage c =	3,00 cm
Steigung s =	17,80 cm
Auftritt t =	26,00 cm

Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C20/25
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500

Winkel α =	ATAN(s/t)	=	34,40 °
-------------------	-----------	---	---------

Belastung:

aus Eigengewicht:	$h * 25/100 / \text{COS}(\alpha)$	=	4,85 kN/m ²
aus Stufen:	$s * 23/100 / 2$	=	2,05 kN/m ²
aus Belag:		=	0,25 kN/m ²
Zuschlag:		=	0,35 kN/m ²

g = 7,50 kN/m²

p = 3,50 kN/m²

$q_{Sd} = g * 1,35 + p * 1,5 = 15,38 \text{ kN/m}^2$

Schnittgrößen:

$M_{max} =$	$q_{Sd} * L^2 / 8$	=	29,24 kNm/m
$A_g =$	$g * 1,35 * L / 2$	=	19,74 kN/m
$A_p =$	$p * 1,5 * L / 2$	=	10,24 kN/m
$A =$	$q_{Sd} * L / 2$	=	29,99 kN/m

Bemessung:

$k_d = \frac{h - c}{\sqrt{M_{max}}} = 2,40$

$k_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/kd"} ; k_{s1}; \text{Bez=Beton}; k_d=k_d) = 2,52$

$\text{erf } A_s = \frac{M_{max} * k_s}{h - c} = 5,67 \text{ cm}^2$

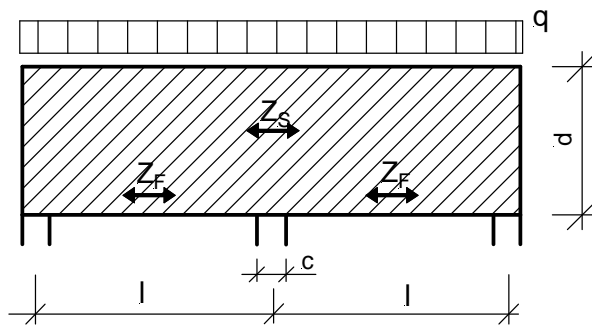
gew. $d_s = 10,0 \text{ mm}$

$\text{erf} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s=d_s; a_s>A_s) = \text{Ø } 10 / e = 12,5$

gewählt: Ø 10 / 12,5 cm unten, VE Ø 8 / 25 cm

Festlegung und Nachweis der Auflagerdetails im Zuge der Ausführungsplanung

Nachweis eines Innenauflegers:



$$\begin{aligned}
 F_{Sd} &= 430,00 \text{ kN} \\
 \text{Beton} &= \text{GEW}(\text{"Beton/DIN-1"}; \text{Bez};) = \text{C25/30} \\
 \text{Betonstahl BSt} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/verank"}; \text{Bez};) = \text{BSt 500} \\
 f_{cd} &= 0,85 * \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"}; f_{ck}; \text{Bez=Beton}) / 1,5 = 14,17 \text{ MN/m}^2 \\
 f_{yd} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/BSt"}; \beta_s; \text{Bez=BSt}) / 1,15 = 434,78 \text{ MN/m}^2
 \end{aligned}$$

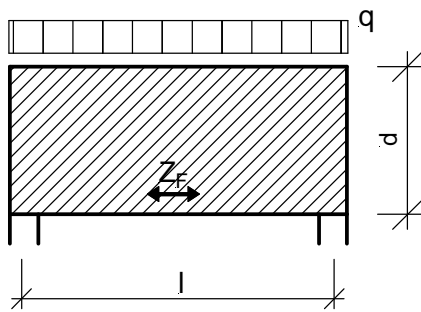
Begrenzung der Hauptdruckspannung am Auflager

$$\begin{aligned}
 A_b &= 30 * 17,5 = 525,00 \text{ cm}^2 \\
 A_s &= 2 * 1,13 = 2,26 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Hinweis: Innenaufleger 1,1 / Endauflager 0,75
Abminderung f: 0,75

$$\begin{aligned}
 \text{zul.F} &= (f * f_{cd} * A_b + f_{yd} * A_s) / 10 = 656,20 \text{ kN} \\
 F_{Sd} / \text{zul.F} &= \underline{\underline{0,66 < 1}}
 \end{aligned}$$

Bemessung eines Wandartigen Einfeldträgers



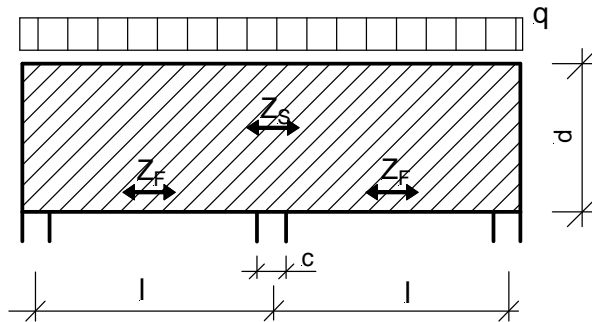
System und Material

Feldlänge l =	5,00 m		
Wandhöhe d =	4,00 m		
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	=	C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/BSt"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 MN/m ²
$M_{feld,Sd}$ =			100,00 kNm

Bemessung

z_F =	WENN ((d/l)>1;0,6*l;WENN((d/l)>0,5; 0,3*d*(3-d/l);))	=	2,64 m
$Z_{F,Sd}$ =	$M_{feld,Sd} / z_F$	=	37,88 kN
$A_{s,u}$ =	$Z_{F,Sd} / (f_{yd} / 10)$	=	0,87 cm ²
gew d_s =			10,00 mm
erf. =	TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_{s,u}$)	=	2 Ø 10
gewählt: 2 Ø 10			

Bemessung des Feld- und des Stützmomentes wandartigen Trägers



System und Material:

Feldlänge l =	5,00 m	
Wandhöhe d =	4,00 m	
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	= C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	= BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/BSt"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	= 434,78 MN/m ²
$M_{feld,Sd}$ =		100,00 kNm
$M_{stütz,Sd}$ =		-85,00 kNm

Bemessung:

z_F =	WENN ((d/l)>1;0,4*l;WENN((d/l)>0,3; 0,5*d*(1,8-d/l);)) =	2,00 m
$Z_{F,Sd}$ =	$M_{feld,Sd} / z_F$ =	50,00 kN
$A_{s,u}$ =	$Z_{F,Sd} / (f_{yd} / 10)$ =	1,15 cm ²
gew d_s =		12,00 mm

erf. = TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_{s,u}$) = 2 Ø 12

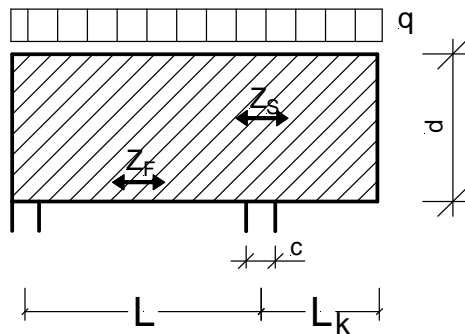
gewählt: 2 Ø 12

z_S =	z_F =	2,00 m
$Z_{S,Sd}$ =	$M_{stütz,Sd} / z_S$ =	-42,50 kN
$A_{s,o}$ =	ABS($Z_{S,Sd} / (f_{yd} / 10)$) =	0,98 cm ²
gew d_s =		10,00 mm

erf. = TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_{s,o}$) = 2 Ø 10

gewählt: 2 Ø 10

Kragträger des wandartigen Trägers - links / rechts



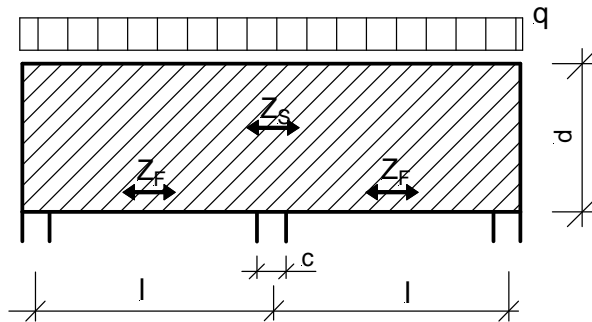
System und Material:

Kraglänge l_k =	3,30 m	
Wandhöhe d =	4,00 m	
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	= C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	= BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/BSt"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	= 434,78 MN/m ²
$M_{stütz,Sd}$ =		= -100,00 kNm

Bemessung:

z_S =	WENN ((d/l_k)>2; 0,85* l_k ; WENN((d/l_k)>1; 0,65* l_k +0,1*d;))	= 2,54 m
$Z_{S,Sd}$ =	$M_{stütz,Sd} / z_S$	= -39,37 kN
$A_{s,0}$ =	ABS($Z_{S,Sd} / (f_{yd} / 10)$)	= 0,91 cm ²
gew d_s =		= 10,00 mm
erf. =	TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_{s,0}$)	= 2 Ø 10
gewählt:	2 Ø 10	

Bemessung des Endfelds eines wandartigen Trägers



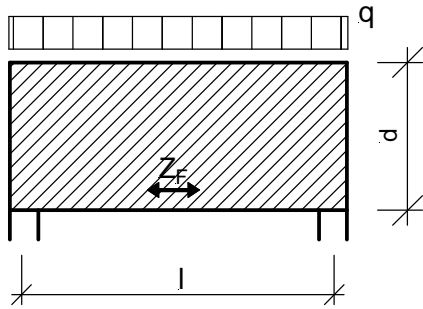
System und Material:

Feldlänge l =	5,00 m	
Wandhöhe d =	4,00 m	
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	= C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	= BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/BSt"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	= 434,78 MN/m ²
$M_{feld,Sd}$ =		100,00 kNm
$M_{stütz,Sd}$ =		-85,00 kNm

Bemessung:

z_F =	WENN ((d/l)>1;0,45*l;WENN((d/l)>0,4; 0,5*d*(1,9-d/l);))	= 2,20 m
$Z_{F,Sd}$ =	$M_{feld,Sd} / z_F$	= 45,45 kN
$A_{s,u}$ =	$Z_{F,Sd} / (f_{yd} / 10)$	= 1,05 cm ²
gew d_s =		10,00 mm
erf. =	TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_{s,u}$)	= 2 Ø 10
gewählt: 2 Ø 10		
z_S =	z_F	= 2,20 m
$Z_{S,Sd}$ =	$M_{stütz,Sd} / z_S$	= -38,64 kN
$A_{s,o}$ =	ABS($Z_{S,Sd} / (f_{yd} / 10)$)	= 0,89 cm ²
gew d_s =		10,00 mm
erf. =	TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_{s,o}$)	= 2 Ø 10
gewählt: 2 Ø 10		

Pos.: Wandartiger Träger



System und Material:

Wandlänge l =	4,20 m	
Wandhöhe d =	3,95 m	
Wanddicke t =	24,00 cm	
Auflagerbreite c =	20,00 cm	
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	= C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	= BSt 500
$f_{cd} =$	$0,85 * TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck}; Bez=Beton) / 1,5$	= 14,17 MN/m ²
$f_{yd} =$	$TAB("Bewehrung/BSt"; \beta_s; Bez=BSt) / 1,15$	= 434,78 MN/m ²

Belastung:

aus Eigengewicht:	$d * t / 100 * 25$	=	23,70 kN/m
aus Mauerwerk:	$0,24 * 3,20 * 18$	=	13,82 kN/m
		g =	<u>37,52 kN/m</u>
		aus Verkehr p:	<u>12,48 kN/m</u>

Schnittgrößen und Bemessung:

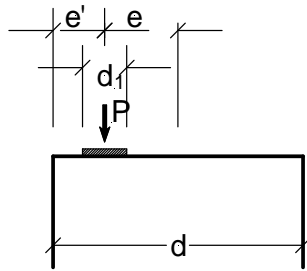
$max.Q_{Sd} =$	$(g * 1,35 + p * 1,5) * l / 2$	=	145,68 kN
$M_{feld,Sd} =$	$(g * 1,35 + p * 1,5) * l^2 / 8$	=	152,97 kNm
$z_F =$	WENN($d/l \geq 1; 0,6 * l; 0,3 * d * (3 - d/l)$)	=	2,44 m
$Z_{F,Sd} =$	$M_{feld,Sd} / z_F$	=	62,69 kN
$A_s =$	$Z_{F,Sd} / (f_{yd} / 10)$	=	1,44 cm ²
gew $d_s =$			10,00 mm
erf. =	$TAB("Bewehrung/As"; Bez; d_s=d_s; A_s>A_s)$	=	2 Ø 10

gewählt: **2 Ø 10 (oben und unten)**
Netzbewehrung beidseitig Q221

Begrenzung der Hauptdruckspannung:

$A_b =$	$c * t$	=	480,00 cm ²
$A_s =$	$2 * 1,13$	=	2,26 cm ²
$zul.F =$	$(0,75 * f_{cd} * A_b + f_{yd} * A_s) / 10$	=	572,73 kN
$max.Q_{Sd} / zul.F$		=	<u>0,25 < 1</u>

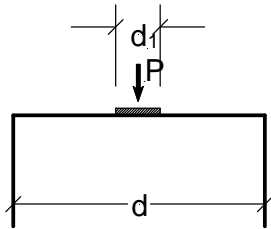
Spaltzug - außermittige Belastung



Druckkraft P_{Sd} =		300,00 kN
Seitenlänge der Lasteintragsfläche d_1 =		12,00 cm
Randabstand e' =		0,30 m
Seitenlänge der Verteilungsfläche d =		2,50 m
Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/BSt"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	= 434,78 MN/m ²
d_s =	$2 * e'$	= 0,60 m
$Z_{S,Sd}$ =	$0,25 * P_{Sd} * (1 - d_1 / d_s / 100)$	= 60,00 kN
A_s =	$Z_{S,Sd} / (f_{yd} / 10)$	= 1,38 cm ²
gew d_s =		12,00 mm
erf. =	TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_s$)	= 2 Ø 12
gewählt:	2 Ø 12	
e =	$d/2 - e'$	= 0,95 m
$Z_{R,Sd}$ =	$P_{Sd} * (e / d - 1 / 6)$	= 64,00 kN
A_s =	$Z_{R,Sd} / (f_{yd} / 10)$	= 1,47 cm ²
gew d_s =		12,00 mm
erf. =	TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_s$)	= 2 Ø 12
gewählt:	2 Ø 12	
$Z_{S,2,Sd}$ =	$0,3 * Z_{R,Sd}$	= 19,20 kN
A_s =	$Z_{S,2,Sd} / (f_{yd} / 10)$	= 0,44 cm ²

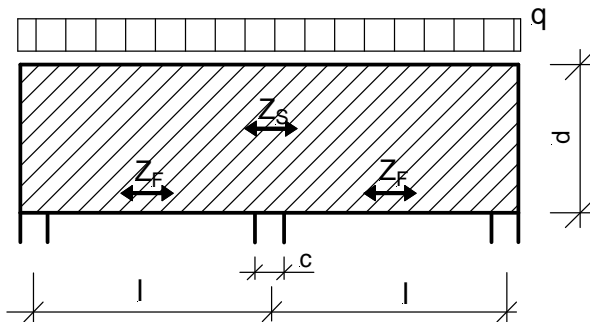
gewählt: konstruktiv über Mattenbewehrung

Spaltzug - mittige Belastung



Druckkraft P_{Sd} =		200,00 kN	
Seitenlänge der Lasteintragsfläche d_1 =		12,00 cm	
Seitenlänge der Verteilungsfläche d_s =		1,80 m	
Betonstahl BSt = GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	=	BSt 500	
f_{yd} =	TAB("Bewehrung/BSt"; β_s ; Bez=BSt) / 1,15	=	434,78 MN/m ²
$Z_{S,Sd}$ =	$0,25 * P_{Sd} * (1 - d_1 / d_s / 100)$	=	46,67 kN
A_s =	$Z_{S,Sd} / (f_{yd} / 10)$	=	1,07 cm ²
gew d_s =			10,00 mm
erf. =	TAB("Bewehrung/As"; Bez; $d_s=d_s$; $A_s>A_s$)	=	2 Ø 10
gewählt:	2 Ø 10		

Pos.: Wandartiger Träger



System und Material:

Feldlänge l =	5,00 m	
Wandhöhe d =	4,00 m	
Wanddicke t =	24,00 cm	
Auflagerbreite c =	20,00 cm	
Beton =	GEW("Beton/DIN-1" ; Bez;)	= C25/30
Betonstahl BSt =	GEW("Bewehrung/verank"; Bez;)	= BSt 500

Belastung:

aus Eigengewicht:	$d * t / 100 * 25$	=	24,00 kN/m
aus Mauerwerk:	$0,24 * 3,20 * 18$	=	13,82 kN/m
		g =	<u>37,82 kN/m</u>

aus Verkehr p: **12,48 kN/m**

$g_{Sd} =$	$p * 1,35$	=	16,85 kN/m
$p_{Sd} =$	$p * 1,5$	=	18,72 kN/m

Schnittgrößen und Bemessung:

$f_{cd} =$	$0,85 * TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck}; Bez=Beton) / 1,5$	=	14,17 MN/m ²
$f_{yd} =$	$TAB("Bewehrung/BSt"; \beta_s; Bez=BSt) / 1,15$	=	434,78 MN/m ²
$M_{feld,Sd} =$	$0,07 * g_{Sd} * l^2 + 0,096 * p_{Sd} * l^2$	=	74,42 kNm
$M_{stütz,Sd} =$	$-0,125 * g_{Sd} * l^2 - 0,125 * p_{Sd} * l^2$	=	-111,16 kNm
$max.A_{Sd} =$	$0,37 * g_{Sd} * l + 0,438 * p_{Sd} * l$	=	72,17 kN
$max.B_{Sd} =$	$1,25 * (g_{Sd} + p_{Sd}) * l$	=	222,31 kN
$z_F =$	$WENN(d/l \geq 1; 0,45 * l ; 0,5 * d * (1,9 - d/l))$	=	2,20 m
$z_S =$	z_F	=	2,20 m
$Z_{F,Sd} =$	$M_{feld,Sd} / z_F$	=	33,83 kN
$Z_{S,Sd} =$	$M_{stütz,Sd} / z_S$	=	-50,53 kN

$$A_{s,u} = Z_{F,Sd} / (f_{yd} / 10) = 0,78 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew } d_s = 12,00 \text{ mm}$$

$$\text{erf.} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>A_{s,u}) = 1 \text{ } \varnothing 12$$

$$A_{s,o} = \text{ABS}(Z_{S,Sd} / (f_{yd} / 10)) = 1,16 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew } d_s = 12,00 \text{ mm}$$

$$\text{erf.} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>A_{s,o}) = 2 \text{ } \varnothing 12$$

gewählt:

2 \varnothing 12 oben und unten
Netzbewehrung beidseitig Q221 A

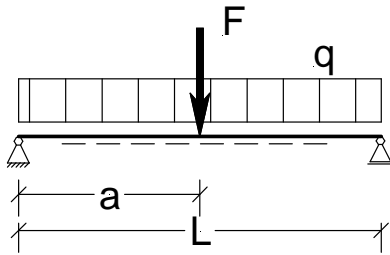
Begrenzung der Hauptdruckspannung am Mittelaufleger

$$A_b = c * t = 480,00 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2 * 1,13 = 2,26 \text{ cm}^2$$

$$\text{zul.F} = (1,1 * f_{cd} * A_b + f_{yd} * A_s) / 10 = 846,44 \text{ kN}$$

$$\text{max.B}_{Sd} / \text{zul.F} = \underline{\underline{0,26 < 1}}$$

Pos.: Trägerbemessung nach DIN 18800**Systemwerte:**

$l =$		6,50 m
$\gamma_M =$		1,10
Profil =	GEW("Profile.btt"; Bez;)	= HEB 280
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 37-2
$h =$	TAB("Stahl/IProf"; h; Bez=Profil)	= 280,0 mm
$t =$	TAB("Stahl/IProf"; t; Bez=Profil)	= 18,0 mm
$s =$	TAB("Stahl/IProf"; s; Bez=Profil)	= 10,5 mm
$W_y =$	TAB("Stahl/IProf"; W_y ; Bez=Profil)	= 1380,0 cm ³
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10	= 24,00 N/mm ²

Belastung:

$G_k =$	2,50 kN/m	
$Q_k =$	3,25 kN/m	
$F_k =$	105,00 kN	
$q_d =$	$1,35 * G_k + 1,5 * Q_k$	= 8,25 kN/m
$F_d =$	$1,5 * F_k$	= 157,50 kN

Schnittgrößen:

$Q_d =$	$q_d * l / 2 + F_d / 2$	= 105,56 kN
$M_d =$	$q_d * l^2 / 8 + F_d * l / 4$	= 299,51 kNm

Normalspannungsnachweis:

$\sigma_{R,d} =$	$\frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$	= 21,82 kN/cm ²
$\sigma_d =$	$100 * \frac{M_d}{W_y}$	= 21,70 kN/cm ²
$\frac{\sigma_d}{\sigma_{R,d}}$		= <u>0,995 < 1</u>

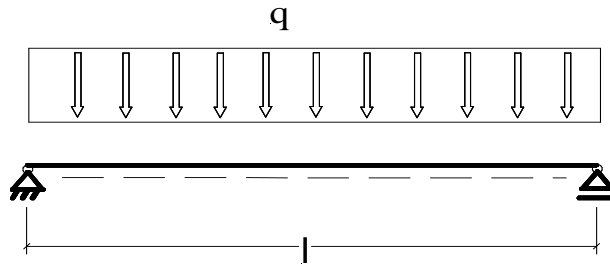
Schubspannungsnachweis:

$$A_{\text{Steg}} = \frac{(h - t) \cdot s}{100} = 27,51 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}} = 12,60 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{Q_d}{A_{\text{Steg}}} = 3,84 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{\tau_{R,d}} = \underline{\underline{0,305 < 1}}$$

Pos.: Stahlträger**Systemwerte:**

$l =$	6,50 m		
Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	HEA
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Einwirkungen:

aus Pos. :	0,00 kN/m
aus Pos. :	0,00 kN/m
aus Pos. :	0,00 kN/m
aus Eigengewicht:	0,15 kN/m

$$\text{Ständige Einwirkung } G_k = \underline{0,15 \text{ kN/m}}$$

$$\text{Veränderliche Einwirkung } Q_k = \underline{2,75 \text{ kN/m}}$$

$$q_d = 1,35 * G_k + 1,50 * Q_k = 4,33 \text{ kN/m}$$

Schnittgrößen:

$$M_d = \frac{q_d * l^2}{8} = 22,87 \text{ kNm}$$

$$V_d = \frac{q_d * l}{2} = 14,07 \text{ kN}$$

Erforderliche Querschnittswerte:

$$\sigma_{R,d} = f_{y,k} / 1,1 = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{erf.} W = 100 * \frac{M_d}{\sigma_{R,d} * 1,14} = 91,9 \text{ cm}^3$$

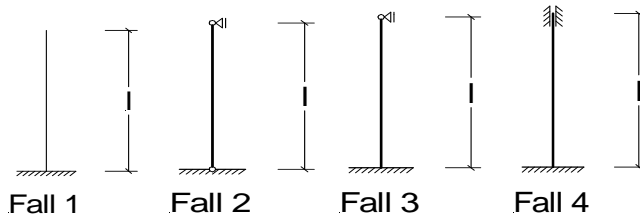
$$\text{erf.} I = 1,8601 * (G_k + Q_k) * l^3 = 1481,4 \text{ cm}^4$$

$$\text{gew. Profil} = \text{GEW}(\text{"Stahl"/"Typ"; Bez; } W_y > \text{erf.} W; I_y > \text{erf.} I) = \text{HEA 160}$$

gewählt:

HEA 160, St 37

Pos.: Stahlstütze nach DIN 18800



Systemwerte und Einwirkungen:

Systemlänge L = 4,50 m
 Knicklängenbeiwert β = 1,00
 Normalkraft N_d = 3900,00 kN

Träger Typ = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
 Nennhöhe NH = GEW("Stahl"/Typ; NH;) = 360
 Stahl = GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 37-2

Faktor f = WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1) = 1,0
 $I = \text{TAB}(\text{"Stahl"/Typ}; I_z; \text{NH}=\text{NH}) = 10140,00 \text{ cm}^4$
 $A = \text{TAB}(\text{"Stahl"/Typ}; A; \text{NH}=\text{NH}) = 181,00 \text{ cm}^2$
 $h = \text{TAB}(\text{"Stahl"/Typ}; h; \text{NH}=\text{NH}) = 360,00 \text{ mm}$
 $b = \text{TAB}(\text{"Stahl"/Typ}; b; \text{NH}=\text{NH}) = 300,00 \text{ mm}$
 $N_{pl,d} = \text{TAB}(\text{"Stahl"/Typ}; N_{pl,d}; \text{NH}=\text{NH}) = 3940,00 \text{ kN}$
 $f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"}; f_{y,k}; \text{Bez}=\text{Stahl}) = 240,00 \text{ N/mm}^2$
 Normalkraft $N_{pl,d} = f * N_{pl,d} = 3940,00 \text{ kN}$

Berechnung:

$$s_k = \beta * L * 100 = 450,00 \text{ m}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 7,48 \text{ cm}$$

$$\lambda_a = \pi * \sqrt{\frac{210000}{f_{y,k}}} = 92,93$$

$$\lambda_k = \frac{s_k}{i} = 60,16$$

$$\lambda_{k'} = \frac{\lambda_k}{\lambda_a} = 0,647$$

Knickspannungslinie und Faktor κ :

$$\frac{h}{b} = 1,20$$

$$k_{nl} = \frac{c}{c}$$

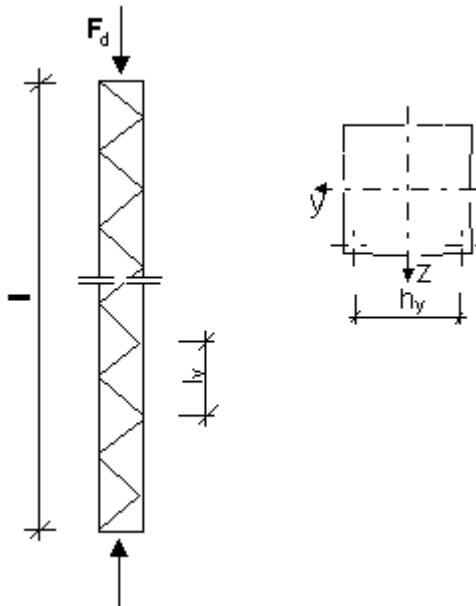
$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"}; \alpha; k_{nl}=k_{nl}) = 0,49$$

$$k = \frac{0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{k'}^{-0,20} + \lambda_k'^2))}{1} = 0,819$$

$$\kappa = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_k^2}}; 1,0\right) = 0,757$$

$$\frac{N_d}{\kappa * N_{pl,d}} = \underline{1,308 < 1}$$

Pos.: Gitterträger



Systemwerte:

Gesamthöhe l =	15,00 m	
Breite b =	60,00 cm	
l_z und l_y =	150,00 cm	
γ_M =	1,10	
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 37-2
Stiel =	GEW("Stahl/WG"; Bez;)	= L 140x13
Diagonale =	GEW("Stahl/WG"; Bez;)	= L 50x5
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)	= 240,00 N/mm ²
α_w =	WENN($f_{y,k}$ =240; 0,95; 0,8)	= 0,95

Beanspruchung:

G_K =	814,81 kN	
Q_K =	400,00 kN	
F_d =	$1,35 \cdot G_K + 1,5 \cdot Q_K$	= 1700,0 kN

Querschnittswerte:

Stiel (4 L 140 x 13)		
A_G =	TAB("Stahl/WG"; A; Bez=Stiel)	= 35,00 cm ²
$I_{z,G}$ =	TAB("Stahl/WG"; I; Bez=Stiel)	= 638,00 cm ⁴
i_1 =	TAB("Stahl/WG"; $i\zeta$; Bez=Stiel)	= 2,74 cm
y_s =	TAB("Stahl/WG"; e; Bez=Stiel)	= 3,92 cm
h_z und h_y =	$b - 2 \cdot y_s$	= 52,16 cm
Diagonale (L 50 x 5)		
A_D =	TAB("Stahl/WG"; A; Bez=Diagonale)	= 4,80 cm ²
I_{zD} =	TAB("Stahl/WG"; I; Bez=Diagonale)	= 11,00 cm ⁴
i_{1D} =	TAB("Stahl/WG"; $i\zeta$; Bez=Diagonale)	= 0,98 cm
I_D =	$\sqrt{\left(\frac{l_y}{2}\right)^2 + h_y^2}$	= 91,35 cm

Stabilitätsnachweise:

$$\begin{aligned} \text{Vorkrümmung } v_0 &= 100 \cdot l/500 &= 3,00 \text{ cm} \\ \text{Knicklänge } s_{K,z} &= 100 \cdot l &= 1500,00 \text{ cm} \\ \text{Schwerpunkt } y_s &= h_y / 2 &= 26,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$I_{z,\text{ges}} = 4 \cdot (A_G \cdot y_s^2 + I_{z,G}) = 97775,3 \text{ cm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{z,\text{ges}}}{4 \cdot A_G}} = 26,4 \text{ cm}$$

$$\alpha = \text{ATAN}\left(\frac{h_y}{0,5 \cdot I_y}\right) = 34,82^\circ$$

$$m = 2$$

$$I_{zs} = 4 \cdot A_G \cdot y_s^2 = 95223,3 \text{ cm}^4$$

$$S_{zsd} = m \cdot 21000 \cdot A_D / 1,1 \cdot \text{SIN}(\alpha)^2 \cdot \text{COS}(\alpha) = 49055,4 \text{ kN}$$

$$N_{ki,z,d} = \frac{1}{\frac{(l \cdot 100)^2}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot \frac{I_{zs}}{1,1}} + \frac{1}{S_{zsd}}} = 6859,2 \text{ kN}$$

$$v_0 = 100 \cdot l / 500 = 3,00 \text{ cm}$$

$$\text{max. } M_{z,d} = \frac{F_d \cdot v_0}{1 - \frac{F_d}{N_{ki,z,d}}} = 6780,49 \text{ kNm}$$

$$\text{max. } V_{y,d} = \pi \cdot \frac{\text{max. } M_{z,d}}{l \cdot 100} = 14,20 \text{ kN}$$

Nachweis des Gurtstabes:

$$W_{zs} = \frac{I_{zs}}{y_s} = 3651,20 \text{ cm}^3$$

$$N_{G,d} = \frac{F_d}{4} + \frac{\text{max. } M_{z,d}}{W_{zs}} \cdot A_G = 490,00 \text{ kN}$$

Faktor nach DIN 18800 T2 4.3.2.1 $\Rightarrow 1,52 / 1,28 / 1,00$

$$s_{k,1} = 1,52 \cdot l_y / 2 = 114,00 \text{ cm}$$

$$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{f_{y,k}}} = 92,93$$

$$\lambda_{k,1} = \frac{s_{k,1}}{i_1} = 41,61 < 70$$

$$\lambda_{k,1}' = \frac{\lambda_{k,1}}{\lambda_a} = 0,448$$

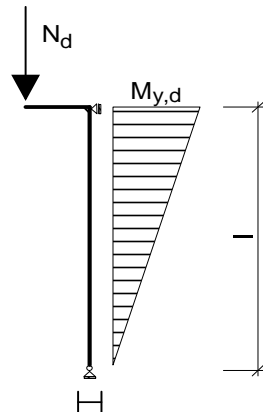
$$\begin{aligned}
 \kappa_1 &= \frac{c}{\alpha} = 0,49 \\
 \kappa_1 &= \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \kappa; \kappa_1 = \kappa_1; \lambda_k = \lambda_{k,1}') = 0,871 \\
 N_{pl,G,d} &= \frac{A_G \cdot f_{y,k}}{10 \cdot \gamma_M} = 763,64 \text{ kN} \\
 \frac{N_{G,d}}{\kappa_1 \cdot N_{pl,G,d}} &= \underline{\underline{0,74 < 1}}
 \end{aligned}$$

Nachweis der Füllstäbe:

$$\begin{aligned}
 \max.F_d &= \frac{\max.V_{y,d} \cdot I_D}{2 \cdot h_y} = 12,43 \text{ kN} \\
 \text{DIN 18800 T2, Abs. 5.1.2 beachten:} \\
 \lambda_{k,D} &= \frac{I_D}{\lambda_a \cdot i_{1D}} = 1,0031 < 3 \\
 \lambda_{k,D}' &= \text{MIN}(0,35 + 0,753 \cdot \lambda_{k,D}; 0,50 + 0,646 \cdot \lambda_{k,D}) = 1,1053 \\
 \kappa_1 &= \frac{c}{\alpha} = 0,49 \\
 \kappa_1 &= \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \kappa; \kappa_1 = \kappa_1; \lambda_k = \lambda_{k,D}') = 0,482 \\
 N_{pl,D,d} &= \frac{A_D \cdot f_{y,k}}{10 \cdot \gamma_M} = 104,73 \text{ kN} \\
 \frac{\max.F_d}{\kappa_1 \cdot N_{pl,D,d}} &= \underline{\underline{0,25 < 1}}
 \end{aligned}$$

Nachweis als Zugstab:

$$\begin{aligned}
 d &= \text{TAB}(\text{"Stahl/WG"; } s; \text{Bez=Diagonale}) = 5,00 \text{ mm} \\
 \text{Lochdurchmesser } d_L &= 13,0 \text{ mm} \\
 A_{\text{Netto}} &= A_D - (d \cdot d_L) / 100 = 4,15 \text{ cm}^2 \\
 A_D / A_{\text{Netto}} &= 1,157 < 1,2 \text{ bei St37 bzw } < 1,1 \text{ bei St52} \\
 t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/WG"; } s; \text{Bez=Stiel}) = 13,00 \text{ mm} \\
 e &= \text{TAB}(\text{"Stahl/WG"; } e; \text{Bez=Diagonale}) = 1,40 \text{ cm} \\
 \text{Exzentrizität } a &= e + t/20 = 2,05 \text{ cm} \\
 \sigma_d &= 1,3 \cdot \max.F_d \cdot \left(\frac{m}{A_D} + \frac{m \cdot a \cdot e}{10 \cdot I_{zD}} \right) = 7,58 \text{ kN/cm}^2 \\
 \frac{\sigma_d}{\left(\frac{f_{y,k}}{10 \cdot \gamma_M} \right)} &= \underline{\underline{0,35 < 1}}
 \end{aligned}$$

Pos.: Stütze mit außermittigen Trägeranschluß**Systemwerte:**

Profil Typ =	HEA
Nennhöhe NH =	180
Stahl =	St 37-2
Lastausmitte e =	85,50 mm
Trägerlänge l =	400,00 cm

Faktor f =	WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1)	=	1,0
h =	TAB("Stahl/"Typ; h; NH=NH)	=	171,0 mm
b =	TAB("Stahl/"Typ; b; NH=NH)	=	180,0 mm
s =	TAB("Stahl/"Typ; s; NH=NH)	=	6,0 mm
t =	TAB("Stahl/"Typ; t; NH=NH)	=	9,5 mm
A =	TAB("Stahl/"Typ; A; NH=NH)	=	45,3 cm ²
I _z =	TAB("Stahl/"Typ; I _z ; NH=NH)	=	925,0 cm ⁴
i _z =	TAB("Stahl/"Typ; i _z ; NH=NH)	=	4,52 cm
I _y =	TAB("Stahl/"Typ; I _y ; NH=NH)	=	2510,0 cm ⁴
i _y =	TAB("Stahl/"Typ; i _y ; NH=NH)	=	7,45 cm
N _{pl,d} =	TAB("Stahl/"Typ; N _{pl,d} ; NH=NH) * f	=	987,0 kN
M _{pl,y,d} =	TAB("Stahl/"Typ; M _{pl,y,d} ; NH=NH) * 100 * f	=	7310,0 kNcm
V _{pl,z,d} =	TAB("Stahl/"Typ; V _{pl,z,d} ; NH=NH) * f	=	122,0 kN
f _{y,k} =	TAB("Stahl/DIN"; f _{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,0 kN/cm ²

Beanspruchung:

N _d =		=	315,00 kN
M _{y,d} =	N _d * e/10	=	2693,25 kNcm
V _{z,d} =	M _{y,d} / l	=	6,73 kN

Biegeknicknachweis:

Ausweichen senkrecht zur z-Achse

$$\lambda_{K,z} = \frac{l}{i_z} = 88,50$$

$$\lambda_a = \pi \sqrt{\frac{210000}{f_{y,k}}} = 92,93$$

$$\lambda_{K,z}' = \frac{\lambda_{K,z}}{\lambda_a} = 0,95$$

$$h/b = 0,95 < 1,2$$

$$knl = c$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \alpha; knl=knl) = 0,490$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{K,z}' - 0,20) + \lambda_{K,z}'^2) = 1,135$$

$$\kappa_z = \text{MIN}(1,0; 1/(k + \sqrt{(k^2 - \lambda_{K,z}'^2)})) = 0,569$$

$$\frac{N_d}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} = \underline{\underline{0,56 < 1}}$$

Ausweichen senkrecht zur y-Achse

$$\lambda_{K,y} = \frac{l}{i_y} = 53,69$$

$$\lambda_{K,y}' = \frac{\lambda_{K,y}}{\lambda_a} = 0,58$$

$$h/b = 0,95 < 1,2$$

$$knl = b$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \alpha; knl=knl) = 0,340$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{K,y}' - 0,20) + \lambda_{K,y}'^2) = 0,733$$

$$\kappa_y = \text{MIN}(1,0; 1/(k + \sqrt{(k^2 - \lambda_{K,y}'^2)})) = 0,847$$

Momentenbeiwert β_m

$$\eta_{Ki,y,d} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot I_y}{l^2 \cdot 1,1 \cdot N_d} = 9,38$$

$$\beta_m = 0,66 + 0,44 \cdot 0 = 0,66 > 0,44$$

$$\beta_m = 1 - \frac{1}{\eta_{Ki,y,d}} = 0,89 \text{ (maßgebend)}$$

$$\Delta n = \frac{N_d}{\kappa_y \cdot N_{pl,d}} \cdot \left(1 - \frac{N_d}{\kappa_y \cdot N_{pl,d}}\right) \cdot \kappa_y^2 \cdot \lambda_{K,y}'^2 = 0,057 < 0,1$$

$$\text{Stegfläche: } 100 \cdot (h-t) \cdot s / (100 \cdot A) = 21,39 > 18$$

$$N_d / N_{pl,d} = 0,32 > 0,2$$

$$0,33 \cdot V_{pl,z,d} = 40,26 > V_{z,d} \rightarrow \text{keine Abminderung von } M_{pl,y,d}$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{\kappa_y \cdot N_{pl,d}} + \beta_m \cdot \frac{M_{y,d}}{1,1 \cdot M_{pl,y,d}} + 0,055 = \underline{\underline{0,73 < 1}}$$

Biegedrillknicknachweis:

$$N_{Ki,z,d} = \frac{\pi^2 * 21000 * I_z}{l^2 * 1,1} = 1089,3$$

$$\lambda_{k,zs} = \sqrt{\frac{N_{pl,d}}{N_{Ki,z,d}}} = 0,95$$

$$knl = c$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \alpha; knl=knl) = 0,490$$

$$k = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{k,zs} - 0,20) + \lambda_{k,zs}^2) = 1,135$$

$$\kappa_z = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{k,zs}^2}}; 1,0\right) = 0,569$$

$$M_{Ki,z,d} = \frac{1,32 * b * t * 21000 * I_y}{l * h^2 * 1,1} = 9247,4 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{Ms} = \sqrt{\frac{M_{pl,y,d}}{M_{Ki,z,d}}} = 0,89$$

Träger gewalzt / geschweißt / Waben / ausgeklinkt / Voute -> n = 2,5 / 2,0 / 1,5 / 2,0 / T. 8.43

$$n = 2,50$$

$$\kappa_M = \text{MIN}\left(\frac{1}{(1 + \lambda_{Ms}^{2 * n})^{1/n}}; 1\right) = 0,837$$

$$\beta_M = 1,8 - 0,7 * 0 = 1,80$$

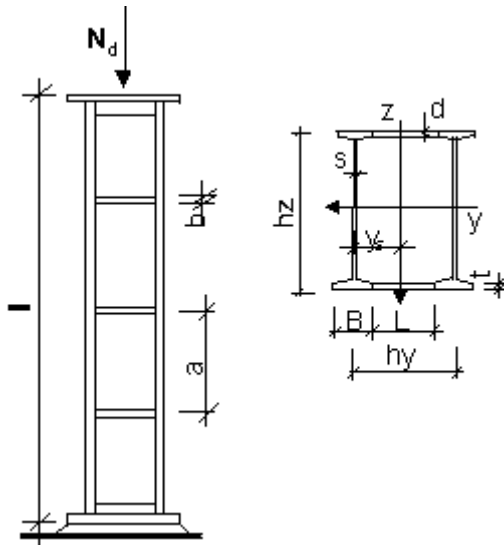
$$\alpha_y = 0,15 * \lambda_{k,zs} * \beta_M - 0,15 = 0,11 < 0,9$$

$$k_y = \text{MIN}\left(1,0; 1 - \frac{N_d}{\kappa_z * N_{pl,d}} * \alpha_y\right) = 0,94$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{\kappa_z * N_{pl,d}} + \frac{M_{y,d}}{\kappa_M * M_{pl,y,d}} * k_y = \underline{0,97 < 1}$$

Pos.: Zweiteiliger Rahmenstab



Systemwerte:

$l =$	6,00 m	
$a =$	1000,00 mm	
$h_y =$	350,00 mm	
Bindeblech:		
$L =$	250,00 mm	
$b =$	120,00 mm	
$d =$	8,00 mm	
Profil Typ =	IPE	
Nennhöhe NH =	200	
Stahl =	St 37-2	
Faktor $f =$	WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1)	= 1,0
$h =$	TAB("Stahl/"Typ; h; NH=NH)	= 200,0 mm
$B =$	TAB("Stahl/"Typ; b; NH=NH)	= 100,0 mm
$A =$	TAB("Stahl/"Typ; A; NH=NH)	= 28,5 cm ²
$I_z =$	TAB("Stahl/"Typ; I _z ; NH=NH)	= 142,00 cm ⁴
$i_z =$	TAB("Stahl/"Typ; i _z ; NH=NH)	= 2,24 cm
$i_y =$	TAB("Stahl/"Typ; i _y ; NH=NH)	= 8,26 cm
$M_{pl,z,d} =$	TAB("Stahl/"Typ; M _{plzd} ; NH=NH) * 100 * f	= 777,00 kNcm
$N_{pl,d} =$	TAB("Stahl/"Typ; N _{pld} ; NH=NH) * f	= 622,00 kN
$V_{pl,y,d} =$	TAB("Stahl/"Typ; V _{plyd} ; NH=NH) * f	= 214,00 kN
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f _{yk} ; Bez=Stahl)/10	= 24,0 kN/cm ²

Beanspruchung:

$G_K =$	200,00 kN	
$Q_K =$	450,00 kN	
$N_d =$	$1,35 \cdot G_K + 1,5 \cdot Q_K$	= 945,00 kN

Beanspruchbarkeit:

$\alpha_w =$	WENN(f _{y,k} =24; 0,95; 0,8)	= 0,95
--------------	---------------------------------------	--------

Ausweichen rechtwinklig zur Stoffachse (y-Achse):

$$\lambda_{k,y} = \frac{100 \cdot l / i_y}{\sqrt{21000}} = 72,64$$

$$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{f_{y,k}}} = 92,93$$

$$\lambda_{k,ys} = \frac{\lambda_{k,y}}{\lambda_a} = 0,782$$

$$h / B = 2,00$$

$$knl = a$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \alpha; knl=knl) = 0,21$$

$$k = \frac{0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{k,ys} - 0,20) + \lambda_{k,ys}^2)}{1} = 0,867$$

$$\kappa_y = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{k,ys}^2}}; 1,0\right) = 0,806$$

$$0,5 \cdot \frac{N_d}{\kappa_y \cdot N_{pl,d}} = \underline{0,94 < 1}$$

Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse (z-Achse):

$$(a/10) / i_z = \underline{44,64 < 70}$$

Schnittgrößen am Gesamtstab:

$$v_o = \frac{100 \cdot l}{500} = 1,20 \text{ cm}$$

$$A_{ges} = 2 \cdot A = 57,00 \text{ cm}^2$$

$$y_s = h_y / 20 = 17,50 \text{ cm}$$

$$I_{z,ges} = 2 \cdot (A \cdot y_s^2 + I_z) = 17740,25 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{k,z} = \frac{100 \cdot \frac{l}{\sqrt{\frac{I_{z,ges}}{A_{ges}}}}}{\sqrt{21000}} = 34,01$$

$$\eta = \text{MIN}\left(1,0; 2 - \frac{\lambda_{k,z}}{75}\right) = 1,00$$

$$\eta = \text{MAX}(0,0; \eta) = 1,00$$

$$I_{zs} = 2 \cdot (A \cdot y_s^2 + \eta \cdot I_z) = 17740,25 \text{ cm}^4$$

$$S_{zsd} = 2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{21000 \cdot \frac{I_z}{1,1}}{\left(\frac{a}{10}\right)^2} = 5351,1 \text{ kN}$$

$$N_{ki,z,d} = \frac{1}{\frac{(l \cdot 100)^2}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot \frac{I_{zs}}{1,1}} + \frac{1}{S_{zsd}}} = 3394,7 \text{ kN}$$

$$\max.M_{z,d} = \frac{N_d \cdot v_o}{1 - \frac{N_d}{N_{ki,z,d}}} = 1571,5 \text{ kNcm}$$

$$\max.V_{y,d} = \frac{\pi \cdot \max.M_{z,d}}{l \cdot 100} = 8,23 \text{ kN}$$

Nachweis des Gurtstabes:

$$W_{z'} = \frac{I_{zs}}{y_s} = 1013,73 \text{ cm}^3$$

$$N_{G,d} = \frac{N_d}{2} + \frac{\max.M_{z,d}}{W_{z'}} \cdot A = 516,68 \text{ kN}$$

$$\lambda_{k,1} = a / 10 / i_z = 44,64$$

$$\lambda_{k,1}' = \frac{\lambda_{k,1}}{\lambda_a} = 0,480$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \alpha; \text{knl=knl}) = 0,34$$

$$\kappa_1 = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \kappa; \text{knl=knl; } \lambda_k = \lambda_{k,1}') = 0,893$$

$$\frac{N_{G,d}}{\kappa_1 \cdot N_{pl,d}} = \underline{\underline{0,93 < 1}}$$

Nachweis des Einzelfeldes zwischen zwei Bindeblechen (Elastisch-Plastisch):

$$M_{G,d} = \max.V_{y,d} / 2 \cdot a / 2 = 205,75 \text{ kNcm}$$

$$V_{G,d} = \max.V_{y,d} / 2 = 4,12 \text{ kN}$$

$$V_{G,d} / V_{pl,y,d} = \underline{\underline{0,019 < 0,25}}$$

$$N_{G,d} / N_{pl,d} = \underline{\underline{0,831 > 0,3 \text{ und } < 1,0}}$$

nach Tabelle 8.26:

$$0,91 \cdot \frac{M_{G,d}}{M_{pl,z,d}} + \left(\frac{N_{G,d}}{N_{pl,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,931 < 1}}$$

Nachweis der Bindebleche (Elastisch-Elastisch):

$$V_{yd} = \max.V_{y,d} \cdot a / h_y = 23,51 \text{ kN}$$

$$M_{yd} = V_{yd} \cdot L / 20 = 293,88 \text{ kNcm}$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{yd} \cdot 100}{b \cdot d} = 3,67 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{\left(\frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot 1,1}\right)} = \underline{0,29 < 1}$$

$$\sigma_d = \frac{M_{yd} \cdot 10^3}{\left(\frac{d \cdot b^2}{6}\right)} = 15,31 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\left(\frac{f_{y,k}}{1,1}\right)} = \underline{0,70 < 1}$$

Nachweis der Schweißverbindung:

$$\text{HV-Naht mit } a = 4,00 \text{ mm}$$

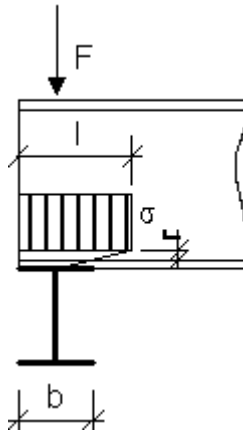
$$W_w = 2 \cdot a \cdot b^2 / 6 / 1000 = 19,20 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{M_{yd}}{W_w} = 15,31 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{V_{yd} \cdot 100}{b \cdot d} = 2,45 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,vd} = \sqrt{\sigma_d^2 + \tau_d^2} = 15,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{w,vd}}{\alpha_w \cdot \frac{f_{y,k}}{1,1}} = \underline{0,75 < 1}$$

Endauflager**Geometrie und Belastung:**

Auflagerkraft F_d =	100,30 kN		
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/Typ1; NH;)	=	200
s_o =	TAB("Stahl/Typ1; s; NH=NH1)	=	5,60 mm
t_o =	TAB("Stahl/Typ1; t; NH=NH1)	=	8,50 mm
r_o =	TAB("Stahl/Typ1; r; NH=NH1)	=	12,00 mm
Typ2 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	HEA
Nennhöhe NH2 =	GEW("Stahl/Typ2; NH;)	=	200
s_u =	TAB("Stahl/Typ2; s; NH=NH2)	=	6,50 mm
t_u =	TAB("Stahl/Typ2; t; NH=NH2)	=	10,00 mm
r_u =	TAB("Stahl/Typ2; r; NH=NH2)	=	18,00 mm
b =	TAB("Stahl/Typ2; b; NH=NH2)	=	200,00 mm

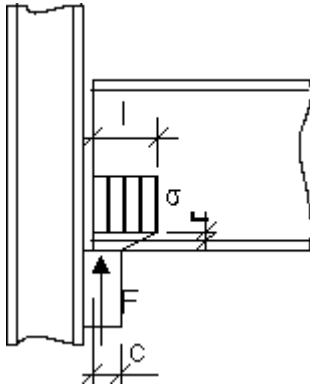
Material und Spannungen:

$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²
Normalspannung im Schnitt σ_{xd} =		=	12,00 kN/cm ²
γ_M =		=	1,10

Nachweis:

c_o =	$(s_o + 1,61 \cdot r_o + 5 \cdot t_o) / 10$	=	6,74 cm
c_u =	$(s_u + 1,61 \cdot r_u + 5 \cdot t_u) / 10$	=	8,55 cm
l_o =	$c_u + 5 \cdot (t_o + r_o) / 10$	=	18,80 cm
l_o =	MIN($b/20 + l_o/2$; l_o)	=	18,80 cm

$$F_{R,d} = \frac{s_o}{10} * I_o * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} * \text{MIN}\left(1,25 - \frac{0,5 * \text{abs}(\sigma_{xd})}{f_{y,k}}; 1\right) = 229,70 \text{ kN}$$
$$\frac{F_d}{F_{R,d}} = \underline{\underline{0,437 < 1}}$$
$$I_u = c_o + 5 * (t_u + r_u) / 10 = 20,74 \text{ cm}$$
$$F_{R,d} = \frac{s_u}{10} * I_u * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} * \text{MIN}\left(1,25 - \frac{0,5 * \text{abs}(\sigma_{xd})}{f_{y,k}}; 1\right) = 294,13 \text{ kN}$$
$$\frac{F_d}{F_{R,d}} = \underline{\underline{0,341 < 1}}$$

Knaggenauflager**Geometrie und Belastung:**

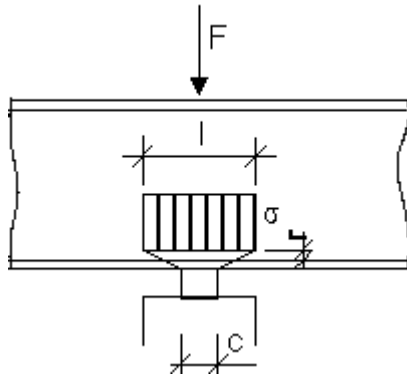
Auflagerkraft F_d =		100,30 kN	
Auflagerbreite c =		2,00 cm	
Normalspannung im Schnitt σ_{xd} =		12,00 kN/cm ²	
γ_M =		1,10	
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/Typ1; NH;)	=	240
s =	TAB("Stahl/Typ1; s; NH=NH1)	=	6,20 mm
t =	TAB("Stahl/Typ1; t; NH=NH1)	=	9,80 mm
r =	TAB("Stahl/Typ1; r; NH=NH1)	=	15,00 mm
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Nachweis:

$$l = \frac{c + 2,5 * (t + r)}{10} = 8,20 \text{ cm}$$

$$F_{R,d} = \frac{s}{10} * l * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} * \text{MIN}\left(1,25 - \frac{0,5 * \text{abs}(\sigma_{xd})}{f_{y,k}}; 1\right) = 110,92 \text{ kN}$$

$$\frac{F_d}{F_{R,d}} = \underline{\underline{0,904 < 1}}$$

Krafteinleitung in Stütze**Geometrie und Belastung:**

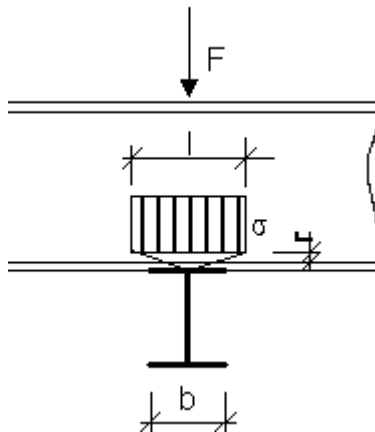
Auflagerkraft F_d =		100,30 kN	
Auflagerbreite c =		10,00 cm	
Normalspannung im Schnitt σ_{xd} =		12,00 kN/cm ²	
γ_M =		1,10	
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/Typ1; NH;)	=	240
s =	TAB("Stahl/Typ1; s; NH=NH1)	=	6,20 mm
t =	TAB("Stahl/Typ1; t; NH=NH1)	=	9,80 mm
r =	TAB("Stahl/Typ1; r; NH=NH1)	=	15,00 mm
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Nachweis:

$$l = \frac{c + 5 \cdot (t + r)}{10} = 22,40 \text{ cm}$$

$$F_{R,d} = \frac{s}{10} \cdot l \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot \text{MIN}\left(1,25 - \frac{0,5 \cdot \text{abs}(\sigma_{xd})}{f_{y,k}}; 1\right) = 303,01 \text{ kN}$$

$$\frac{F_d}{F_{R,d}} = \underline{\underline{0,331 < 1}}$$

Krafteinleitung Träger auf Träger**Geometrie und Belastung:**

Auflagerkraft F_d =	400,30 kN	
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 37-2
Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	= IPE
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/Typ1; NH;)	= 330
s_o =	TAB("Stahl/Typ1; s; NH=NH1)	= 7,50 mm
t_o =	TAB("Stahl/Typ1; t; NH=NH1)	= 11,50 mm
r_o =	TAB("Stahl/Typ1; r; NH=NH1)	= 18,00 mm
Typ2 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	= HEA
Nennhöhe NH2 =	GEW("Stahl/Typ2; NH;)	= 260
s_u =	TAB("Stahl/Typ2; s; NH=NH2)	= 7,50 mm
t_u =	TAB("Stahl/Typ2; t; NH=NH2)	= 12,50 mm
r_u =	TAB("Stahl/Typ2; r; NH=NH2)	= 24,00 mm
b =	TAB("Stahl/Typ2; b; NH=NH2)	= 260,00 mm

Material und Spannungen:

$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10	= 24,00 kN/cm ²
Normalspannung im Schnitt σ_{xd} =		12,00 kN/cm ²
γ_M =		1,10

Nachweis:

c_o =	$(s_o + 1,61 \cdot r_o + 5 \cdot t_o) / 10$	= 9,40 cm
c_u =	$(s_u + 1,61 \cdot r_u + 5 \cdot t_u) / 10$	= 10,86 cm
l_o =	$c_u + 5 \cdot (t_o + r_o) / 10$	= 25,61 cm
$F_{R,d}$ =	$\frac{s_o}{10} \cdot l_o \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot \text{MIN}(1,25 - \frac{0,5 \cdot \text{abs}(\sigma_{xd})}{f_{y,k}}; 1)$	= 419,07 kN

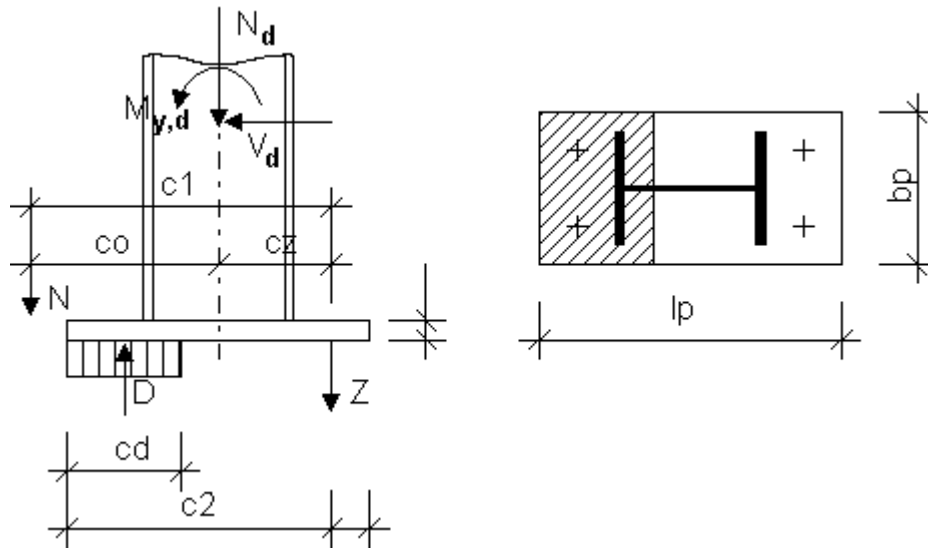
$$\frac{F_d}{F_{R,d}} = \underline{0,955 < 1}$$

$$l_u = c_o + 5 * (t_u + r_u) / 10 = 27,65 \text{ cm}$$

$$F_{R,d} = \frac{s_u}{10} * l_u * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} * \text{MIN}\left(1,25 - \frac{0,5 * \text{abs}(\sigma_{xd})}{f_{y,k}}; 1\right) = 452,45 \text{ kN}$$

$$\frac{F_d}{F_{R,d}} = \underline{0,885 < 1}$$

Stützenfuß für Einspannstütze



Belastung / Material:

$N_d =$	500,00 kN		
$M_{y,d} =$	270,00 kNm		
$V_d =$	120,00 kN		
$\gamma_M =$	1,10		
Anker =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 22
Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	10.9
Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	=	C20/25

Geometrie:

$b_p =$	340,00 mm		
$c_2 =$	560,00 mm		
$c_z =$	260,00 mm		
$c_o =$	$100 \cdot \frac{M_{y,d}}{N_d}$	=	54,00 cm
$c_1 =$	$c_o + c_z / 10$	=	80,00 cm
$\sigma_{La,R,d} =$	$0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{Bez=Beton}) / 15$	=	1,13 kN/cm ²
$c_d =$	$\frac{c_2}{10} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot N_d \cdot c_1}{\sigma_{La,R,d} \cdot b_p \cdot c_2^2} \cdot 10^3} \right)$	=	23,54 cm

Berechnung der resultierenden Kräfte:

$D_d =$	$\sigma_{La,R,d} \cdot b_p / 10 \cdot c_d$	=	904,41 kN
$Z_d =$	$D_d - N_d$	=	404,41 kN

Nachweis gegen Abheben:

$$\begin{aligned}
 f_{u,b,k} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ubk}; \text{FK=FK})/10 &= 100,00 \text{ kN/cm}^2 \\
 f_{y,b,k} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ybk}; \text{FK=FK})/10 &= 90,00 \text{ kN/cm}^2 \\
 A_{sch} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{sch}; \text{SG=Anker}) &= 3,80 \text{ cm}^2 \\
 A_{sp} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{sp}; \text{SG=Anker}) &= 3,03 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

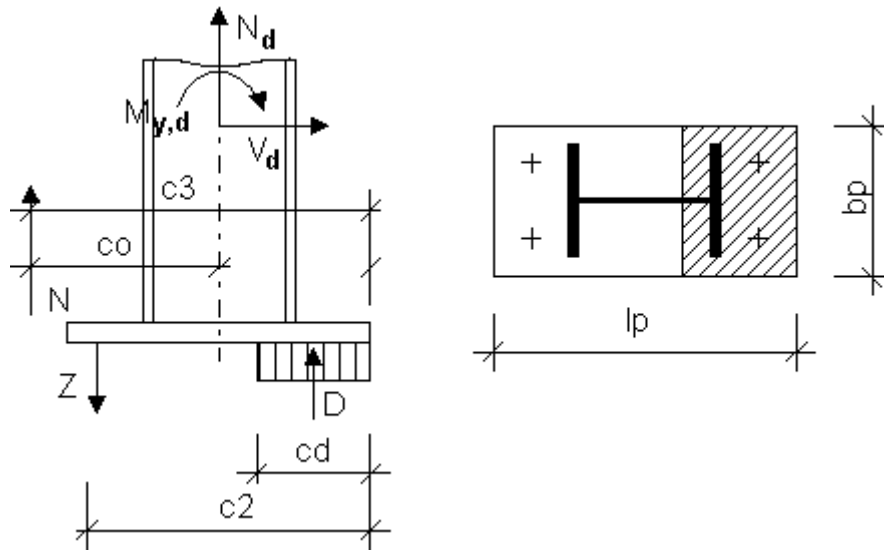
$$Z_{R,d} = \text{MIN}\left(\frac{A_{sp} * f_{u,b,k}}{1,25 * \gamma_M}; \frac{A_{sch} * f_{y,b,k}}{1,1 * \gamma_M}\right) = 220,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{Z_d}{2 * Z_{R,d}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

Nachweis gegen Gleiten:

$$V_{R,d} = 0,5 * D_d / 1,5 = 301,47 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{V_{R,d}} = \underline{\underline{0,40 < 1}}$$

Stützenfuß für Einspannstütze Zug**Belastung / Material:**

$N_d =$	75,00 kN
$M_{y,d} =$	150,00 kNm
$V_d =$	75,00 kN
$\gamma_M =$	1,10

Anker =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 22
Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	10.9
Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	=	C20/25

Geometrie:

$b_p =$	340,00 mm
$l_p =$	600,00 mm
$c_2 =$	560,00 mm

$$c_o = 100 \cdot \frac{M_{y,d}}{N_d} = 200,00 \text{ cm}$$

$$c_3 = c_o + l_p / 20 = 230,00 \text{ cm}$$

$$\sigma_{La,R,d} = 0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{ Bez=Beton}) / 15 = 1,13 \text{ kN/cm}^2$$

$$c_d = \frac{c_2}{10} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot N_d \cdot \left(c_3 - \frac{c_2}{10} \right)}{\sigma_{La,R,d} \cdot b_p \cdot c_2^2} \cdot 10^3} \right) = 6,44 \text{ cm}$$

Berechnung der resultierenden Kräfte:

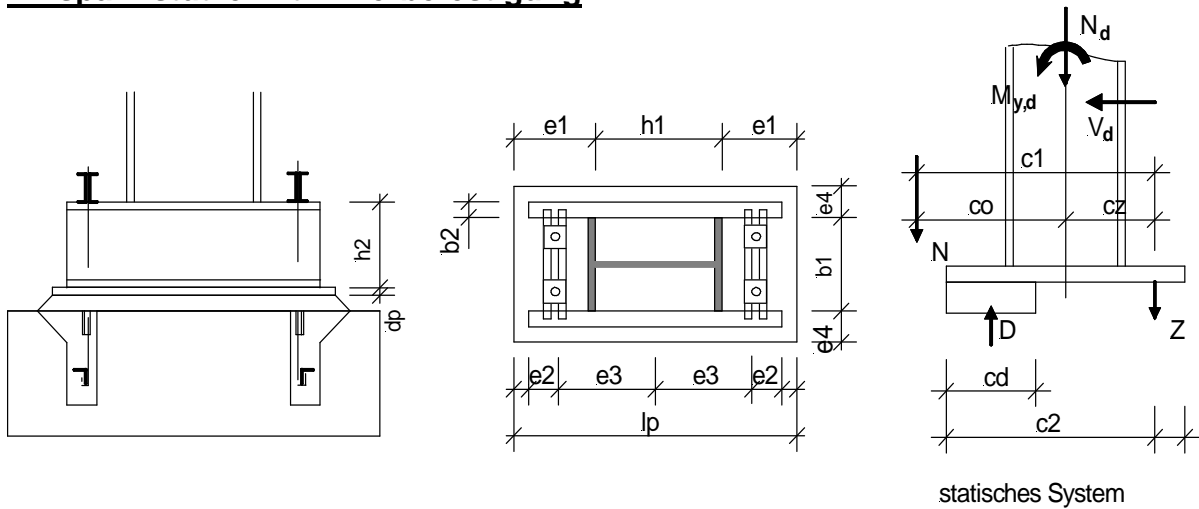
$D_d =$	$\sigma_{La,R,d} \cdot b_p / 10 \cdot c_d$	=	247,42 kN
$Z_d =$	$D_d + N_d$	=	322,42 kN

Nachweis gegen Abheben:

$$\begin{aligned}
 f_{u,b,k} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ubk}; \text{FK=FK})/10 &= & 100,00 \text{ kN/cm}^2 \\
 f_{y,b,k} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ybk}; \text{FK=FK})/10 &= & 90,00 \text{ kN/cm}^2 \\
 A_{sch} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{sch}; \text{SG=Anker}) &= & 3,80 \text{ cm}^2 \\
 A_{sp} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{sp}; \text{SG=Anker}) &= & 3,03 \text{ cm}^2 \\
 Z_{R,d} &= \text{MIN}\left(\frac{A_{sp} * f_{u,b,k}}{1,25 * \gamma_M}; \frac{A_{sch} * f_{y,b,k}}{1,1 * \gamma_M}\right) &= & 220,4 \text{ kN/cm}^2 \\
 \frac{Z_d}{2 * Z_{R,d}} & &= & \underline{\underline{0,73 < 1}}
 \end{aligned}$$

Nachweis gegen Gleiten:

$$\begin{aligned}
 V_{R,d} &= 0,5 * D_d / 1,5 &= & 82,47 \text{ kN} \\
 \frac{V_d}{V_{R,d}} & &= & \underline{\underline{0,91 < 1}}
 \end{aligned}$$

Einspannstütze mit Ankerbefestigung**Belastung / Material:**

$N_d =$	300,00 kN
$M_{y,d} =$	360,00 kNm
$V_d =$	10,00 kN
$\gamma_M =$	1,10

Anker =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 30
Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	5.6
Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	=	C20/25
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	HEB
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl"/Typ; NH;)	=	450

Geometrie:

Stirnplatte und Hebelarme

$b_p =$	500,00 mm
$l_p =$	1000,00 mm
$c_2 =$	900,00 mm
$e_2 =$	80,00 mm
$c_z =$	400,00 mm

Schubdübel

$W_{Dü} =$	22,80 cm ³
$h_{Dü} =$	60,00 mm
$e_{Dü} =$	16,90 mm
$l_{Dü} =$	100,00 mm

Traversenträger

$$I_T = 3600,00 \text{ cm}^4$$

$$A_T = 42,30 \text{ cm}^2$$

$$h_2 = 240,00 \text{ mm}$$

$$h_s = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ; h; NH=NH"}) = 450,00 \text{ mm}$$

$$t_s = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ; t; NH=NH"}) = 26,00 \text{ mm}$$

$$c_o = M_{y,d} * 100 / N_d = 120,00 \text{ cm}$$

$$c_1 = c_o + c_z / 10 = 160,00 \text{ cm}$$

$$\sigma_{La,R,d} = 0,85 * \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{Bez=Beton}) / 15 = 1,13 \text{ kN/cm}^2$$

$$c_d = \frac{c_2}{10} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * N_d * c_1}{\sigma_{La,R,d} * b_p * c_2} * 10^3} \right) = 9,99 \text{ cm}$$

$$e_1 = (l_p - h_s) / 2 = 275,00 \text{ mm}$$

Berechnung der resultierenden Kräfte:

$$D_d = \sigma_{La,R,d} * b_p / 10 * c_d = 564,43 \text{ kN}$$

$$Z_d = (D_d - N_d) / 2 = 132,22 \text{ kN}$$

Nachweis gegen Abheben:

$$f_{u,b,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ubk}; \text{FK=FK}) / 10 = 50,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{y,b,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ybk}; \text{FK=FK}) / 10 = 30,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{sch} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{sch}; \text{SG=Anker}) = 7,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{sp}; \text{SG=Anker}) = 5,61 \text{ cm}^2$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{Bez=Stahl}) * 0,1 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$Z_{R,d} = \text{MIN} \left(\frac{A_{sp} * f_{u,b,k}}{1,25 * \gamma_M}; \frac{A_{sch} * f_{y,b,k}}{1,1 * \gamma_M} \right) = 175,29 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{Z_d}{Z_{R,d}} = \underline{\underline{0,75 < 1}}$$

Fußplatte:

$$\max.M_d = \sigma_{La,R,d} * (e_2/10)^2 / 2 = 36,16 \text{ kNcm}$$

$$\text{erf.}d_p = \sqrt{\frac{6 * \max.M_d * \gamma_M}{f_{y,k}}} = 3,15 \text{ cm} < 6 \text{ cm}$$

$$\text{gewählt } d_p = 3,00 \text{ cm}$$

Nachweis der Schubdübel:

L 60 x 6

$$a_w = 3,00 \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = V_d / (a_w / 10 * 6 * 2 * 2) = 1,39 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{V_d * \left(\frac{I_{Dü}}{20} + 3 \right)}{W_{Dü}} * \frac{h_{Dü} - e_{Dü}}{10} = 7,56 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Traversen:

$$M_{dA} = \sigma_{La,R,d} * \frac{l_p}{20} * c_d * \left(\frac{e_1}{10} - \frac{c_d}{2} \right) = 12702,61 \text{ kNcm}$$

$$V_{dA} = \sigma_{La,R,d} * \frac{l_p}{20} * c_d = 564,43 \text{ kNcm}$$

$$A_p = d_p * b_p / 10 = 150,00 \text{ cm}^2$$

$$I_p = b_p / 10 * d_p^3 / 12 = 112,50 \text{ cm}^4$$

$$e_u = \frac{2 * A_T * \left(d_p + \frac{h_2}{20} \right) + A_p * \frac{d_p}{2}}{2 * A_T + A_p} = 6,37 \text{ cm}$$

$$e_o = d_p + h_2 / 10 - e_u = 20,63 \text{ cm}$$

$$I_y = 2 * I_T + I_p + \frac{b_p}{10} * d_p * \left(e_u - \frac{d_p}{2} \right)^2 + 2 * A_T * \left(e_o - \frac{h_2}{20} \right)^2 = 17170,78 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_d = M_{dA} * \frac{e_o}{I_y} = 15,26 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{f_{y,k} / \gamma_M} = \underline{\underline{0,699 < 1}}$$

Schweißnähte:

Verbindungsnaht

gewählt $a_w =$

5,0 mm

$$\alpha_w = \text{WENN}(f_{y,k} = 24; 0,95; 0,8)$$

= 0,95

$$\tau_d = V_{dA} * \frac{b_p}{10} * d_p * \frac{\left(e_u - \frac{d_p}{2} \right)}{4 * \frac{a_w}{10} * I_y} = 12,01 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{y,k} * \frac{\alpha_w}{\gamma_M}} = \underline{\underline{0,579 < 1}}$$

Anschlußnaht zur Stütze

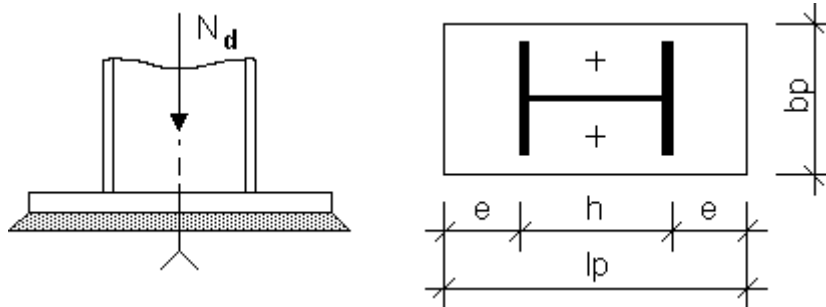
gewählt $a_w =$

7,0 mm

$$N_{d1} = N_d + 10^3 * \frac{M_{y,d}}{h_s - t_s} = 1149,06 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{N_{d1}}{4 * a_w * \frac{h_2}{100}} = 17,10 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{y,k} * \frac{\alpha_w}{\gamma_M}} = \underline{\underline{0,825 < 1}}$$

Gelenkiger Stützenfuß**Belastung / Material:**

$N_d =$		160,00 kN
$\gamma_M =$		1,10
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 37-2
Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	= C16/20

Geometrie:

$b_p =$		90,0 mm
Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	= IPE
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl/Typ; NH;)	= 140
$h_t =$	TAB("Stahl/Typ; h; NH=NH)	= 140,00 mm
$t =$	TAB("Stahl/Typ; t; NH=NH)	= 6,90 mm
$h =$	$h_t - t$	= 133,10 mm

$\sigma_{La,R,d} =$	$0,85 \cdot \text{TAB}(\text{"Beton/DIN-1"; } f_{ck}; \text{Bez=Beton})/15 =$	0,91 kN/cm ²
erf. $l_p =$	$\frac{100 \cdot N_d}{\sigma_{La,R,d} \cdot b_p}$	= 195,4 mm
gew. $l_p =$		230 mm > erf l_p
$e =$	$(l_p - h) / 2$	= 48,5 mm

Momente in der Fußplatte:

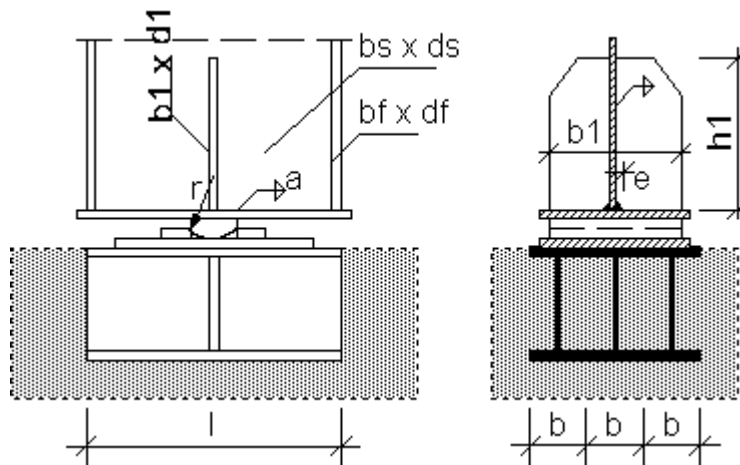
$f_{y,k} =$	$\text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{Bez=Stahl})/10$	= 24,00 kN/cm ²
$q_d =$	$\frac{100 \cdot N_d}{b_p \cdot l_p}$	= 0,773 kN/cm ²
$M_{s1d} =$	$q_d \cdot (e/10)^2 / 2$	= 9,09 kNcm
$M_{Fd} =$	$q_d \cdot h^2 / 800 - M_{s1d}$	= 8,03 kNcm
$M_{s2d} =$	$q_d \cdot (b_p/20)^2 / 2$	= 7,83 kNcm
$\max.M_d =$	$\text{MAX}(M_{s1d}; M_{Fd}; M_{s2d})$	= 9,09 kNcm
erf. $d_p =$	$10 \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot \max.M_d \cdot \gamma_M}{f_{y,k}}}$	= <u>15,81 mm < 60 mm</u>
gew. $d_p =$		16 mm
gewählt:	BI 16 x 90 - 280	

Schweißnaht:

$$\text{min.}a = \text{MAX}(2,0 ; \sqrt{t} - 0,5) = 2,13 \text{ mm}$$

$$\text{max } a = 0,7 * \text{MIN}(\text{gew.}d_p ; t) = 5 \text{ mm}$$

gewählt: $a_w = 3 \text{ mm}$

Gelenkiger Stützenfuß mit großer Profilhöhe**Belastung / Material:**

$N_d =$	1000,00 kN	
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 37-2
Beton =	GEW("Beton/DIN-1"; Bez;)	= C20/25
Berührungsdruck Walze / Ebene nach Hertz		
$\sigma_{H,k} =$	95,00 kN/cm ²	
$\gamma_M =$	1,10	

Geometrie:

Stirnplatte $t_{sp} =$	20,0 mm	
Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	= HEAA
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/Typ1; NH;)	= 900
$b_f =$	TAB("Stahl/Typ1; b; NH=NH1)	= 300,00 mm
$d_f =$	TAB("Stahl/Typ1; t; NH=NH1)	= 20,00 mm
$b_s =$	TAB("Stahl/Typ1; h; NH=NH1)	= 870,00 mm
$d_s =$	TAB("Stahl/Typ1; s; NH=NH1)	= 15,00 mm

Zentrierleiste und Bleche

Länge $l_w =$	350,0 mm
Länge $h_1 =$	400,0 mm

Lastverteilungsträger

Typ2 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	= IPE
Nennhöhe NH2 =	GEW("Stahl/Typ2; NH;)	= 330
$b =$	TAB("Stahl/Typ2; b; NH=NH2)	= 160,00 mm
$h =$	TAB("Stahl/Typ2; h; NH=NH2)	= 330,00 mm
$t =$	TAB("Stahl/Typ2; t; NH=NH2)	= 11,50 mm
$s =$	TAB("Stahl/Typ2; s; NH=NH2)	= 7,50 mm
$r =$	TAB("Stahl/Typ2; r; NH=NH2)	= 18,00 mm
$W_y =$	TAB("Stahl/Typ2; W_y ; NH=NH2)	= 713,00 cm ³

$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	= 24,00 kN/cm ²
$\sigma_{La,R,d} =$	0,85*TAB("Beton/DIN-1"; f_{ck} ; Bez=Beton)/15	= 1,13 kN/cm ²

Verteilungsträger:

$$\begin{aligned} \text{erf. } l_p &= \frac{100 \cdot N_d}{\sigma_{La,R,d} \cdot b \cdot 3} &= & 184,4 \text{ mm} \\ \text{gew. } l &= && 800 \text{ mm} > \text{erf } l_p \\ \sigma_{b,d} &= \frac{100 \cdot N_d}{l \cdot b \cdot 3} &= & 0,260 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Belastung } q_d &= \sigma_{b,d} \cdot b / 10 &= & 4,16 \text{ kN/cm} \\ M_d &= q_d \cdot (l/20)^2 / 2 &= & 3328,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_d &= \frac{M_d}{W_y} &= & 4,67 \text{ kN/cm}^2 \\ \frac{\sigma_d}{\left(\frac{f_{y,k}}{\gamma_M}\right)} & &= & \underline{\underline{0,214 < 1}} \\ V_d &= q_d \cdot l / 20 &= & 166,4 \text{ kN} \\ \tau_d &= \frac{V_d}{(h-t) \cdot \frac{s}{100}} &= & 6,97 \text{ kN/cm}^2 \\ \frac{\tau_d}{\left(\frac{f_{y,k}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}\right)} & &= & \underline{\underline{0,553 < 1}} \end{aligned}$$

Zentrierleiste:

$$\begin{aligned} \text{erf. } r &= \frac{0,418^2 \cdot N_d \cdot 21000}{\frac{l_w}{10} \cdot \left(\frac{\sigma_{H,k}}{\gamma_M}\right)^2} &= & 14,1 \text{ cm} \\ \text{gew. } r &= && 20,0 \text{ cm} \\ \text{gew. } b_z &= && 10,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lasteintragung:

$$\begin{aligned} \text{Verteilungsträger} \\ l_E &= 5 \cdot (t + r) / 10 &= & 14,75 \text{ cm} \\ F_{R,d} &= \frac{s}{10} \cdot l_E \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} &= & 241,36 \text{ kN} \\ \frac{N_d}{3 \cdot F_{R,d}} & &= & \underline{\underline{1,38 > 1 \text{ nicht erfüllt!}}} \end{aligned}$$

Lasteintrag in den Verteilungsträger über Rippen:

$$\begin{aligned} \text{Rippenbreite } b_r &= 50,00 \text{ mm} \\ \text{Rippenstärke } t_r &= 10,00 \text{ mm} \\ \sigma_d &= \frac{\frac{N_d}{3} - F_{R,d}}{2 * b_r * \frac{t_r}{100}} = 9,20 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_d}{f_{y,k} / \gamma_M} &= \underline{\underline{0,422 < 1}} \\ \frac{\sigma_d}{f_{y,k} / \gamma_M} &= \underline{\underline{0,422 < 1}} \end{aligned}$$

Stütze

$$\begin{aligned} I_E &= \text{gew.} b_z + 2,5 * 2 * t_{sp} / 10 = 20,00 \text{ cm} \\ F_{R,d} &= \frac{d_s}{10} * I_E * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 654,55 \text{ kN} \\ \frac{N_d}{F_{R,d}} &= \underline{\underline{1,53 > 1 \text{ nicht erfüllt!}}} \end{aligned}$$

Lasteintrag in die Stütze über Rippen:

$$\begin{aligned} \text{Rippenbreite } b_r &= 150,00 \text{ mm} \\ \text{Rippenstärke } t_r &= 10,00 \text{ mm} \\ \sigma_d &= \frac{N_d - F_{R,d}}{2 * b_r * \frac{t_r}{100}} = 11,52 \text{ kN/cm}^2 \\ \frac{\sigma_d}{f_{y,k} / \gamma_M} &= \underline{\underline{0,528 < 1}} \end{aligned}$$

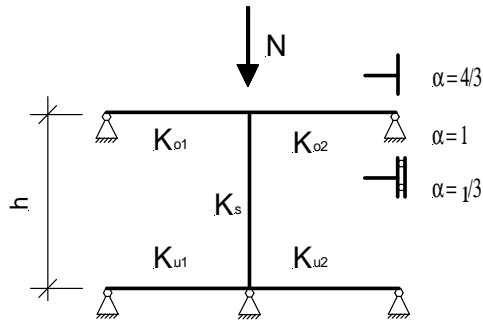
Schweißnaht

$$\begin{aligned} \alpha_w &= \text{WENN}(f_{y,k}=24; 0,95; 0,8) = 0,95 \\ \text{erf. } a_w &= \frac{100 * (N_d - F_{R,d}) * \gamma_M}{4 * h_1 * \alpha_w * f_{y,k}} = 1,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

gewählt:

$a_w = 3 \text{ mm}$

Knicklängenbeiwert



Längen:

$h =$	4,00 m
$L_{o1} =$	3,00 m
$L_{o2} =$	3,00 m
$L_{u1} =$	3,00 m
$L_{u2} =$	3,00 m

Querschnitte:

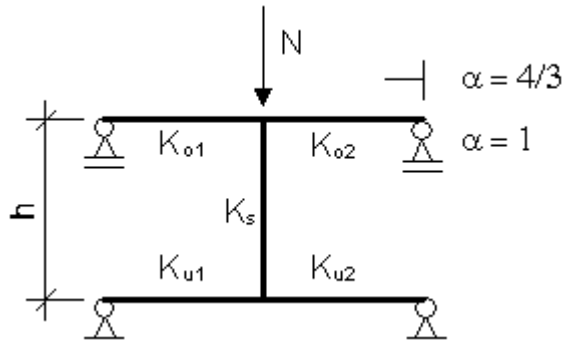
Stütze =	IPE 300	
Riegel _{o1} =	IPE 300	
Riegel _{o2} =	IPE 300	
Riegel _{u1} =	IPE 300	
Riegel _{u2} =	IPE 300	
$I_s =$	TAB("Stahl/IProf"; I_y ; Bez=Stütze)	= 8360,00 cm ⁴
$I_{o1} =$	TAB("Stahl/IProf"; I_y ; Bez=Riegel _{o1})	= 8360,00 cm ⁴
$I_{o2} =$	TAB("Stahl/IProf"; I_y ; Bez=Riegel _{o2})	= 8360,00 cm ⁴
$I_{u1} =$	TAB("Stahl/IProf"; I_y ; Bez=Riegel _{u1})	= 8360,00 cm ⁴
$I_{u2} =$	TAB("Stahl/IProf"; I_y ; Bez=Riegel _{u2})	= 8360,00 cm ⁴

Riegel oben:

$K_s =$	$I_s / (100 \cdot h)$	= 20,90 cm ³
Summe oben $S_{K_o} =$	$(1 \cdot I_{o1} / L_{o1} + 1,0 \cdot I_{o2} / L_{o2}) / 100$	= 55,73 cm ³
Summe unten $S_{K_u} =$	$(4/3 \cdot I_{u1} / L_{u1} + 4/3 \cdot I_{u2} / L_{u2}) / 100$	= 74,31 cm ³
$c_{min} =$	$\text{MIN}(1 / (1 + S_{K_u} / K_s) ; 1 / (1 + S_{K_o} / K_s))$	= 0,22
$c_{max} =$	$\text{MAX}(1 / (1 + S_{K_u} / K_s) ; 1 / (1 + S_{K_o} / K_s))$	= 0,27

nach DIN 18800 T2 - 5.2.4:

$\beta = 0,600$

Knicklängenbeiwert**Längen:**

$h =$	4,00 m
$L_{o1} =$	3,00 m
$L_{o2} =$	3,00 m
$L_{u1} =$	3,00 m
$L_{u2} =$	3,00 m

Trägheitsmomente:

Stütze:			
TypS =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NHS =	GEW("Stahl/"TypS; NH;)	=	≈300
Riegel O1:			
Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/"Typ1; NH;)	=	300
Riegel O2:			
Typ2 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH2 =	GEW("Stahl/"Typ2; NH;)	=	300
Riegel U1:			
Typ3 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH3 =	GEW("Stahl/"Typ3; NH;)	=	300
Riegel U2:			
Typ4 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH4 =	GEW("Stahl/"Typ4; NH;)	=	300
$I_s =$	TAB("Stahl/"TypS; I_y ; NH=NHS)	=	8360,00 cm ⁴
$I_{o1} =$	TAB("Stahl/"Typ1; I_y ; NH=NH1)	=	8360,00 cm ⁴
$I_{o2} =$	TAB("Stahl/"Typ2; I_y ; NH=NH2)	=	8360,00 cm ⁴
$I_{u1} =$	TAB("Stahl/"Typ3; I_y ; NH=NH3)	=	8360,00 cm ⁴
$I_{u2} =$	TAB("Stahl/"Typ4; I_y ; NH=NH4)	=	8360,00 cm ⁴

Riegel oben:

$$K_s = \frac{I_s}{100 \cdot h} = 20,90 \text{ cm}^3$$

$$\text{Summe oben } S_{Ko} = \frac{1 \cdot \frac{I_{o1}}{L_{o1}} + 1 \cdot \frac{I_{o2}}{L_{o2}}}{100} = 55,73 \text{ cm}^3$$

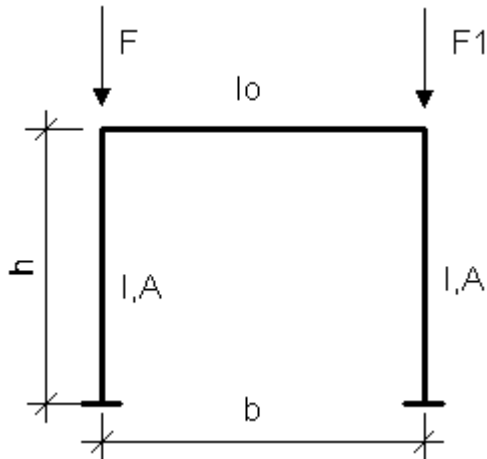
$$\text{Summe unten } S_{Ku} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{I_{u1}}{L_{u1}} + \frac{4}{3} \cdot \frac{I_{u2}}{L_{u2}}}{100} = 74,31 \text{ cm}^3$$

$$c_{\min} = \text{MIN} \left(\frac{1}{1 + \frac{S_{Ku}}{K_s}}; \frac{1}{1 + \frac{S_{Ko}}{K_s}} \right) = 0,22$$

$$c_{\max} = \text{MAX} \left(\frac{1}{1 + \frac{S_{Ku}}{K_s}}; \frac{1}{1 + \frac{S_{Ko}}{K_s}} \right) = 0,27$$

nach DIN 18800 T2 - 5.3.1

$$\beta = 1,220$$

Knicklängenbeiwert biegesteifer Rahmen**System:**

Rahmenhöhe h = 4,00 m
 Rahmenbreite b = 5,00 m

Belastung:

Kraft F_d = 100,00 kN
 Kraft F_{1d} = 60,00 kN

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
 Nennhöhe NH1 = GEW("Stahl/Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
 Nennhöhe NH2 = GEW("Stahl/Typ2; NH;) = 300

I = TAB("Stahl/Typ1; I_y ; NH=NH1) = 8360,00 cm⁴

I_o = TAB("Stahl/Typ2; I_y ; NH=NH2) = 8360,00 cm⁴

A = TAB("Stahl/Typ1; A; NH=NH1) = 53,80 cm²

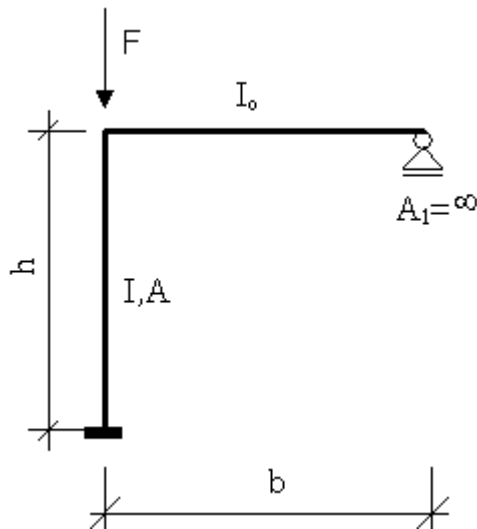
Berechnung:

$$\alpha = \frac{4 \cdot I}{(100 \cdot b)^2 \cdot A} = 0,002486 < 0,2$$

$$c = \frac{I \cdot b}{I_o \cdot h} = 1,250 < 10$$

$$m = \frac{F_{1d}}{F_d} = 0,600 < 1$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1+m}{2}} \cdot \sqrt{1 + 0,35 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) - 0,017 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 1,064$$

Knicklängenbeiwert Stütze-Riegel**System:**

Stützenhöhe h = 4,00 m
Riegellänge b = 5,00 m

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH1 = GEW("Stahl/Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

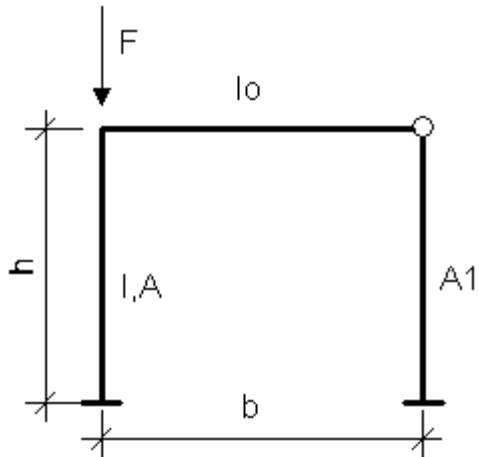
Nennhöhe NH2 = GEW("Stahl/Typ2; NH;) = 300

I = TAB("Stahl/Typ1; I_y; NH=NH1) = 8360,00 cm⁴I₀ = TAB("Stahl/Typ2; I_y; NH=NH2) = 8360,00 cm⁴A = TAB("Stahl/Typ1; A; NH=NH1) = 53,80 cm²**Berechnung:**

$$\alpha = \frac{I}{(100 \cdot b)^2 \cdot A} = 0,000622$$

$$c = \frac{2 \cdot I \cdot b}{I_0 \cdot h} = 2,500$$

$$\beta = \sqrt{1 + 0,35 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) - 0,017 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 1,330$$

Knicklängenbeiwert Gelenkrahmen**System:**

Rahmenhöhe h = 4,00 m
 Rahmenbreite b = 5,00 m

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH1 =GEW("Stahl/"Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH2 =GEW("Stahl/"Typ2; NH;) = 300

I = TAB("Stahl/"Typ1; I_y; NH=NH1) = 8360,00 cm⁴

I_o = TAB("Stahl/"Typ2; I_y; NH=NH2) = 8360,00 cm⁴

A = TAB("Stahl/"Typ1; A; NH=NH1) = 53,80 cm²

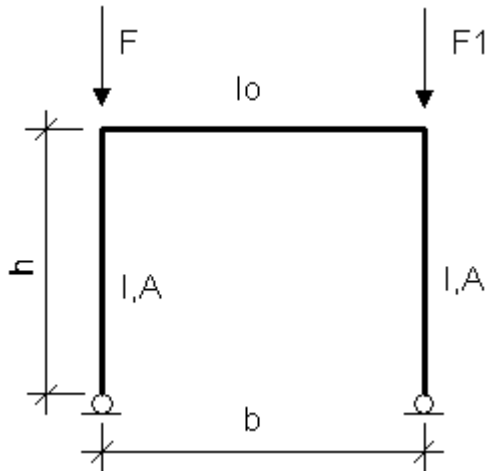
A₁ = TAB("Stahl/"Typ2; A; NH=NH2) = 53,80 cm²

Berechnung:

$$\alpha = \frac{I \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{1}{A_1} \right)}{(100 \cdot b)^2} = 0,001243$$

$$c = \frac{2 \cdot I \cdot b}{I_o \cdot h} = 2,500$$

$$\beta = \sqrt{1 + 0,35 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) - 0,017 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 1,331$$

Knicklängenbeiwert Gelenkrahmen biegesteif**System:**

Rahmenhöhe $h = 4,00 \text{ m}$
 Rahmenbreite $b = 5,00 \text{ m}$

Belastung:

Kraft $F = 100,00 \text{ kN}$
 Kraft $F_1 = 60,00 \text{ kN}$

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
 Nennhöhe NH1 = GEW("Stahl/Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
 Nennhöhe NH2 = GEW("Stahl/Typ2; NH;) = 300

$I = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ1; } I_y; \text{NH=NH1}) = 8360,00 \text{ cm}^4$

$I_0 = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ2; } I_y; \text{NH=NH2}) = 8360,00 \text{ cm}^4$

$A = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ1; A; NH=NH1}) = 53,80 \text{ cm}^2$

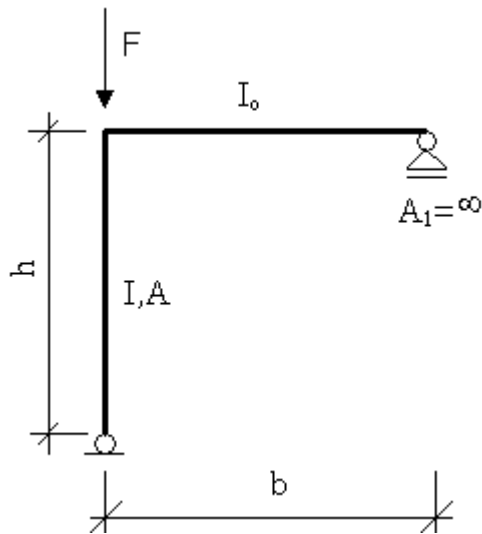
Berechnung:

$$\alpha = \frac{4 \cdot I}{(100 \cdot b)^2 \cdot A} = 0,002486 < 0,2$$

$$c = \frac{I \cdot b}{I_0 \cdot h} = 1,250 < 10$$

$$m = \frac{F_1}{F} = 0,600 < 1$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1+m}{2}} \cdot \sqrt{4 + 1,4 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) + 0,02 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 2,155$$

Knicklängenbeiwert Stütze-Riegel mit Auflager**System:**

Stützhöhe $h = 4,00 \text{ m}$
 Rieglänge $b = 5,00 \text{ m}$

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH1 = GEW("Stahl/Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH2 = GEW("Stahl/Typ2; NH;) = 300

$I = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ1; } I_y; \text{NH=NH1}) = 8360,00 \text{ cm}^4$

$I_0 = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ2; } I_y; \text{NH=NH2}) = 8360,00 \text{ cm}^4$

$A = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ1; } A; \text{NH=NH1}) = 53,80 \text{ cm}^2$

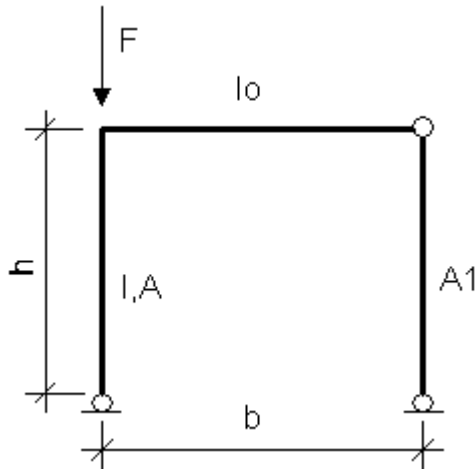
Berechnung:

$$\alpha = \frac{I}{A \cdot (100 \cdot b)^2} = 0,000622$$

$$c = \frac{2 \cdot I \cdot b}{I_0 \cdot h} = 2,500$$

$$\beta = \sqrt{4 + 1,4 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) + 0,02 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 2,762$$

Knicklängenbeiwert Rahmen mit Pendelstütze



System:

Rahmenhöhe h = 4,00 m
 Rahmenbreite b = 5,00 m

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
 Nennhöhe NH1 = GEW("Stahl/Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
 Nennhöhe NH2 = GEW("Stahl/Typ2; NH;) = 300

I = TAB("Stahl/Typ1; I_y; NH=NH1) = 8360,00 cm⁴

I₀ = TAB("Stahl/Typ2; I_y; NH=NH2) = 8360,00 cm⁴

A = TAB("Stahl/Typ1; A; NH=NH1) = 53,80 cm²

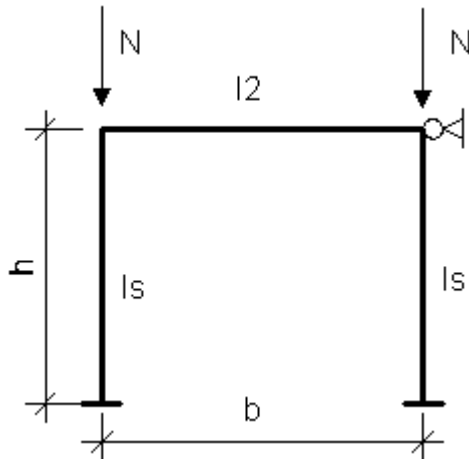
A₁ = TAB("Stahl/Typ2; A; NH=NH2) = 53,80 cm²

Berechnung:

$$\alpha = \frac{I \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{1}{A_1} \right)}{(100 \cdot b)^2} = 0,001243$$

$$c = \frac{2 \cdot I \cdot b}{I_0 \cdot h} = 2,500$$

$$\beta = \sqrt{4 + 1,4 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) + 0,02 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 2,763$$

Knicklängenbeiwert unverschieblicher Rahmen**System:**

Rahmenhöhe h = 4,00 m
 Rahmenbreite b = 5,00 m

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH1 = GEW("Stahl/Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH2 = GEW("Stahl/Typ2; NH;) = 300

$I_s =$ TAB("Stahl/Typ1; I_y ; NH=NH1) = 8360,00 cm⁴

$I_2 =$ TAB("Stahl/Typ2; I_y ; NH=NH2) = 8360,00 cm⁴

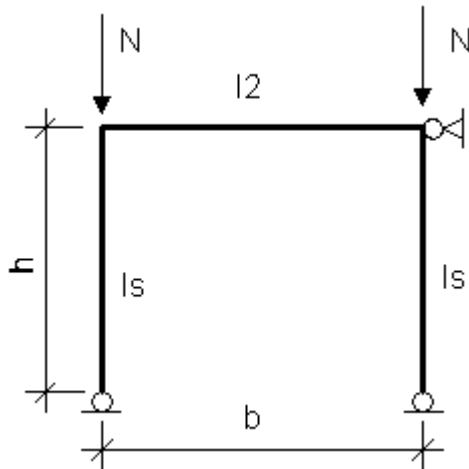
Berechnung:

$c_u =$ 0,00

$$c_o = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot I_2 \cdot h}{3 \cdot I_s \cdot b}} = 0,65$$

nach DIN 18800 T2 - 5.2.4

$\beta = 0,635$

Knicklängenbeiwert unverschiebliche Gelenkrahmen**System:**

Rahmenhöhe h = 4,00 m
Rahmenbreite b = 5,00 m

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
Nennhöhe NH1 = GEW("Stahl/Typ1; NH;) = 300

Riegel:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
Nennhöhe NH2 = GEW("Stahl/Typ2; NH;) = 300

$I_s =$ TAB("Stahl/Typ1; I_y ; NH=NH1) = 8360,00 cm⁴

$I_2 =$ TAB("Stahl/Typ2; I_y ; NH=NH2) = 8360,00 cm⁴

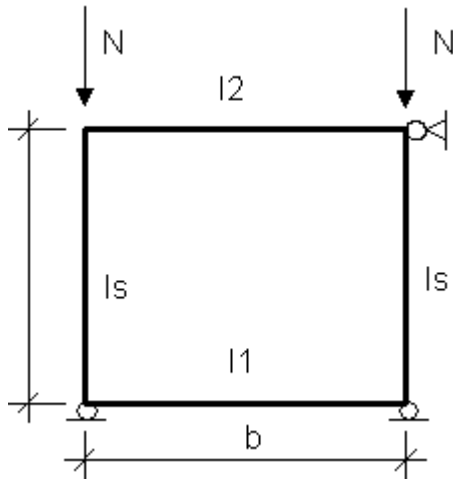
Berechnung:

$c_u =$ 1,00

$$c_o = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot I_2 \cdot h}{3 \cdot I_s \cdot b}} = 0,65$$

nach DIN 18800 T2 - 5.2.4

$\beta = 0,885$

Knicklängenbeiwert Rahmen geschlossen**System:**

Rahmenhöhe h = 4,00 m
 Rahmenbreite b = 5,00 m

Profilwerte:

Stütze:

Typ1 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH1 =GEW("Stahl/"Typ1; NH;) = 300

Riegel Oben:

Typ2 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH2 =GEW("Stahl/"Typ2; NH;) = 300

Riegel Unten:

Typ3 = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE

Nennhöhe NH3 =GEW("Stahl/"Typ3; NH;) = 300

$I_s = \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ1}; I_y; \text{NH}=\text{NH1}) = 8360,00 \text{ cm}^4$

$I_1 = \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ2}; I_y; \text{NH}=\text{NH2}) = 8360,00 \text{ cm}^4$

$I_2 = \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ3}; I_y; \text{NH}=\text{NH3}) = 8360,00 \text{ cm}^4$

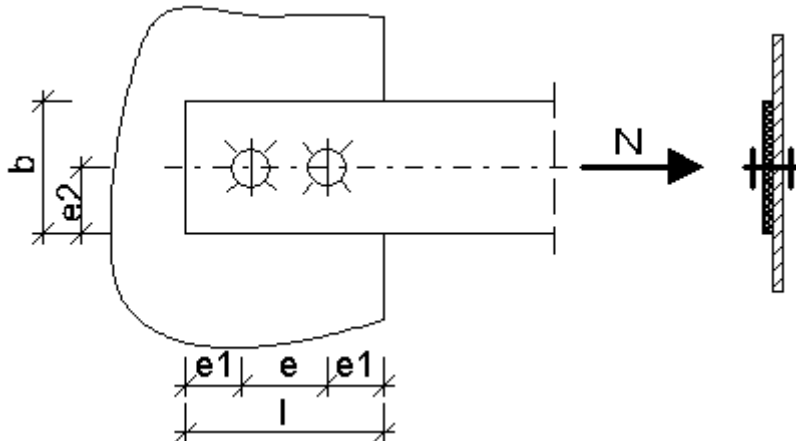
Berechnung:

$$c_u = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot I_1 \cdot h}{3 \cdot I_s \cdot b}} = 0,65$$

$$c_o = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot I_2 \cdot h}{3 \cdot I_s \cdot b}} = 0,65$$

nach DIN 18800 T2 - 5.2.4

$\beta = 0,800$

Flachstahl mit einschnittigem Anschluß**Einwirkungen / Materialkennwerte:**

$$\begin{aligned}
 N_g &= && 48,00 \text{ kN} \\
 N_q &= && 26,80 \text{ kN} \\
 Z_d &= & 1,35 \cdot N_g + 1,50 \cdot N_q &= & 105,00 \text{ kN} \\
 \text{Beiwert } \gamma_M &= && 1,10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Stahl} &= & \text{GEW("Stahl/DIN"; Bez;)} &= & \text{St 37-2} \\
 \text{Schraube} &= & \text{GEW("Stahl/Schr"; SG;)} &= & \text{M 20} \\
 \text{FK} &= & \text{GEW("Stahl/Schr"; FK;)} &= & 4.6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{u,k} &= & \text{TAB("Stahl/DIN"; } f_{uk}; \text{ Bez=Stahl)/10} &= & 36,00 \text{ kN/cm}^2 \\
 f_{y,k} &= & \text{TAB("Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{ Bez=Stahl)/10} &= & 24,00 \text{ kN/cm}^2 \\
 f_{u,b,k} &= & \text{TAB("Stahl/Schr"; } f_{ubk}; \text{ FK=FK)/10} &= & 40,00 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Schrauben 2xM20, 4.6:

$$\begin{aligned}
 d_{\text{Sch}} &= & \text{TAB("Stahl/Schr"; d; SG=Schraube)} &= & 20,0 \text{ mm} \\
 \text{Lochspiel } \Delta d &= && & 2,00 \text{ mm} \\
 \text{Lochdurchmesser } d_L &= & d_{\text{Sch}} + \Delta d &= & 22,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Zugstab FI 80x8:

$$\begin{aligned}
 \text{Flachstahlbreite } b &= && 80,00 \text{ mm} \\
 \text{Flachstahldicke } t &= && 8,00 \text{ mm} \\
 \text{Bruttoquerschnitt } A_{\text{Br}} &= & b \cdot t / 100 &= & 6,40 \text{ cm}^2 \\
 \text{Nettoquerschnitt } A_{\text{Net}} &= & t \cdot (b - d_L) / 100 &= & 4,64 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$Z_{R,d} = \frac{A_{\text{Net}} \cdot f_{u,k}}{1,25 \cdot \gamma_M} = 121,5 \text{ kN}$$

$$v = \frac{Z_d}{Z_{R,d}} = \underline{0,864} < 1$$

Schraubenabstände:

Untereinander:

$$\text{min.}e = 2,2 * d_L = 48,4 \text{ mm}$$

$$\text{max.}e = \text{MIN}(6,0 * d_L ; 12 * t) = 96,0 \text{ mm}$$

zum Rand:

$$\text{min.}e_1 = 1,2 * d_L = 26,4 \text{ mm}$$

$$\text{max.}e_1 = \text{MIN}(3,0 * d_L ; 6 * t) = 48,0 \text{ mm}$$

quer zum Rand:

$$\text{gewählt } e = 70,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_1 = 45,0 \text{ mm}$$

$$\text{vorh. } e_2 = b/2 = 40,0 \text{ mm}$$

Nachweis gegen Abscheren:

$$V_{a,R,d} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"}; V_{aRd}; \text{SG=Schraube; FK=FK}) = 68,5 \text{ kN}$$

$$V_a = Z_d / 2 = 52,5 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_a}{V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,766 < 1}}$$

Lochleibung:

$$e_2 / d_L = 1,8$$

WENN >1,5 sonst Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$\alpha_{1,1} = \text{MIN}(1,10 * e_1 / d_L - 0,30 ; 1,10 * 3,0 - 0,30) = 1,950$$

$$\alpha_{1,2} = \text{MIN}(1,08 * e / d_L - 0,77 ; 1,08 * 3,5 - 0,77) = 2,666$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(\alpha_{1,1} ; \alpha_{1,2}) = 1,950$$

$$V_{l,R,d} = t * \frac{d_{\text{Sch}}}{100} * \alpha_1 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 68,07 \text{ kN}$$

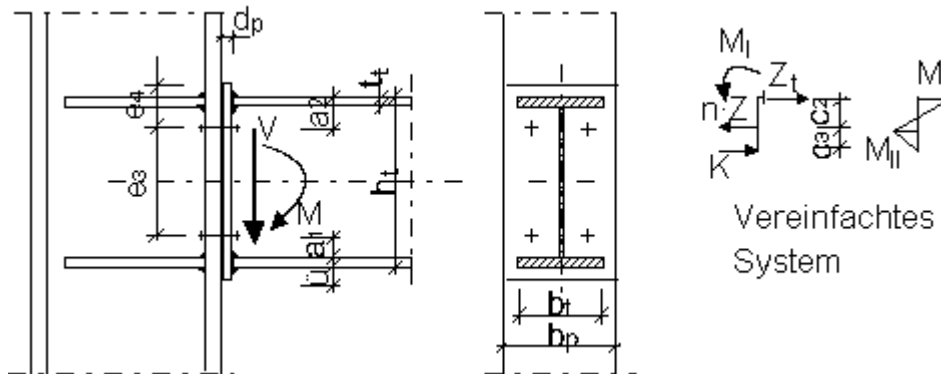
$$V_{l,d} = Z_d / 2 = 52,5 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{l,d}}{V_{l,R,d}} = \underline{\underline{0,771 < 1}}$$

gewählt:

2xM20 (4.6) Bl. 10 Fl. 80x8
--

Rahmenecke mit bündiger Stirnplatte



Einwirkungen / Materialkennwerte:

$$M_d = 80,00 \text{ kNm}$$

$$V_d = 50,00 \text{ kN}$$

$$\text{Beiwert } \gamma_M = 1,10$$

$$\text{Träger Typ1} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Profile"; Bez; }) = \text{IPE}$$

$$\text{Nennhöhe NH1} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Typ1; NH; }) = 400$$

$$\text{Träger Typ2} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Profile"; Bez; }) = \text{IPE}$$

$$\text{Nennhöhe NH2} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Typ2; NH; }) = 360$$

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"Stahl/DIN"; Bez; }) = \text{St 37-2}$$

$$\text{Schraube} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Schr"; SG; }) = \text{M 24}$$

$$\text{VB} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Schr"; VB; }) = \text{SLS}$$

$$\text{FK} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Schr"; FK; }) = 10.9$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{ Bez=Stahl})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{y,b,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ybk}; \text{ FK=FK})/10 = 90,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,b,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ubk}; \text{ FK=FK})/10 = 100,00 \text{ kN/cm}^2$$

Schrauben 2 x M24, FK 10.9:

$$\text{Anzahl der Schrauben } n = 2$$

$$d_{\text{Sch}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } d; \text{ SG=Schraube}) = 24,0 \text{ mm}$$

$$\text{Lochspiel } \Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochdurchmesser } d_L = d_{\text{Sch}} + \Delta d = 25,00 \text{ mm}$$

$$\alpha_a = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } \alpha_a; \text{ FK=FK; VB=VB}) = 0,55$$

$$\text{Scheibendurchmesser } D = 44,0 \text{ mm}$$

$$\text{Schraubenabstand } a_2 = 65,0 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Sp}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{\text{Sp}}; \text{ SG=Schraube}) = 3,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Sch}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{\text{Sch}}; \text{ SG=Schraube}) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{R,d,1} = \frac{f_{y,b,k}}{1,1 \cdot \gamma_M} = 74,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{R,d,2} = \frac{f_{u,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_M} = 72,7 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{R,d} = \text{MIN}(A_{\text{Sch}} \cdot \sigma_{R,d,1}; A_{\text{Sp}} \cdot \sigma_{R,d,2}) = 256,63 \text{ kN}$$

Geometrie von Träger und Stirnplatte:

$$\begin{aligned} h_t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ1; h; NH=NH1}) &= & 400,00 \text{ mm} \\ b_t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ1; b; NH=NH1}) &= & 180,00 \text{ mm} \\ t_t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ1; t; NH=NH1}) &= & 13,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Stirnplatte } b_p = 200,0 \text{ mm}$$

$$\text{Stirnplatte } d_p = 35,0 \text{ mm}$$

$$\text{Schweißnaht } a_F = 7,0 \text{ mm}$$

Spannungsnachweise:

Aufteilung des Momentes auf die Gurte nach DIN 18800 T1, Element 801:

$$Z_{d,t} = 10^3 \cdot \frac{M_d}{h_t - t_t} = 207,0 \text{ kN}$$

Nachweis am Flansch:

$$\sigma_d = 100 \cdot \frac{Z_{d,t}}{b_t \cdot t_t} = 8,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,39 < 1}}$$

Rechnerische Hebelarme:

$$c_1 = a_2 - t_t - \left(\frac{D}{4} + \frac{d_p}{2} \right) = 23,0 \text{ mm}$$

$$c_3 = D/2 + d_p = 57,0 \text{ mm}$$

Beim Erreichen der Grenzzugkraft der Schrauben soll der Zugflansch durchplastiziert sein.

Es gilt: $M_{II} \leq M_{II,pl}$; $Z_t \leq V_{pl}$; $K \leq V_{pl}$. Es ergeben sich folgende Schnittgrößen:

$$A = \frac{2 \cdot (c_1 + c_3)}{1,1 \cdot t_t} = 10,77$$

$$B = \frac{4 \cdot n \cdot N_{R,d} \cdot c_3}{1,1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot b_t \cdot \frac{t_t^2}{100}} = 14,86$$

$$Z_{t,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot b_t \cdot \frac{t_t}{100} \cdot \left(-A + \sqrt{A^2 + B + 1} \right) = 377,9 \text{ kN}$$

$$V_{Pl,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{b_p \cdot d_p}{100} = 881,8 \text{ kN}$$

$$\frac{Z_{t,d}}{V_{Pl,d}} = \underline{\underline{0,429 < 1}}$$

$$\kappa = 1 - \left(\frac{Z_{t,d}}{f_{y,k} \cdot \frac{b_t \cdot t_t}{\gamma_M}} \right)^2 = 0,492$$

$$M_{I,pl} = 1,1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot \frac{b_t}{10} \cdot \frac{\left(\frac{t_t}{10}\right)^2}{4} \cdot \kappa = 96,8 \text{ kNcm}$$

$$M_{II} = \frac{\left(n \cdot N_{R,d} - \frac{M_{I,pl} \cdot 10}{c_1} \right)}{\frac{10}{c_1} + \frac{10}{c_3}} = 772,1 \text{ kNcm}$$

$$M_{II,pl} = 1,1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot \frac{b_p - 2 \cdot d_L}{10} \cdot \frac{\left(\frac{d_p}{10}\right)^2}{4} = 1102,5 \text{ kNcm}$$

$$M_{II} / M_{II,pl} = \underline{\underline{0,700 < 1}}$$

$$M_{II} \leq V_{pl} \cdot c_3 = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}} \cdot b_p \cdot \frac{d_p}{100} \cdot \frac{c_3}{10} = 5026,1 \text{ kNcm}$$

$$\frac{M_{R,d} = Z_{t,d} \cdot (h_t - t_t) / 10}{M_d \cdot 100} = 14605,8 \text{ kNcm} = \underline{\underline{0,548 < 1}}$$

Schweißanschluß des Gurtes:

$$l_w = b_t / 10 = 18,0 \text{ cm}$$

$$a_w = 0,5 \text{ cm}$$

$$\alpha_w = \text{WENN}(f_{y,k}=24; 0,95; 0,8) = 0,95$$

$$\sigma_d = \frac{Z_{d,t}}{2 \cdot l_w \cdot a_w} = 11,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w \cdot \frac{f_{y,k}}{1,1} = 20,73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,555 < 1}}$$

Nachweis der Querkraftübertragung:

$$V_{a,d} = V_d / 2 = 25,00 \text{ kN}$$

$$V_{a,R,d} = \pi * \left(\frac{d_{Sch}}{10} \right)^2 * \alpha_a * \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_M} = 226,19 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{a,d}}{V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,111 < 1}}$$

WENN 1,2 und 2,4, Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$1,5 * d_L = 37,5 \text{ mm}$$

$$3,0 * d_L = 75,0 \text{ mm}$$

gewählt $e_1 = 50,0 \text{ mm}$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(1,1 * e_1 / d_L - 0,30 ; 1,08 * 3,5 - 0,77) = 1,90$$

$$V_{l,R,d} = \frac{d_p}{10} * \frac{d_{Sch}}{10} * \alpha_1 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 348,22 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{a,d}}{V_{l,R,d}} = \underline{\underline{0,072 < 1}}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

$$P_v = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"} ; F_v ; \text{SG=Schraube; FK=FK}) = 220,00 \text{ kN}$$

$$Z_{t,\text{Gebra}} = 2 * n * 0,7 * P_v * 1,5 = 924,0 \text{ kN}$$

$$Z_{d,t} / Z_{t,\text{Gebra}} = \underline{\underline{0,224 < 1}}$$

Nachweis der steifenlosen Krafteinleitung:

Querschnittswerte und Spannungen der Stütze

$$s_s = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ2; s; NH=NH2"}) = 8,0 \text{ mm}$$

$$t_s = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ2; t; NH=NH2"}) = 12,7 \text{ mm}$$

$$r_s = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ2; r; NH=NH2"}) = 18,0 \text{ mm}$$

$$\text{Normalspannung im Schnitt } \sigma_{x,d} = 12,00 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis:

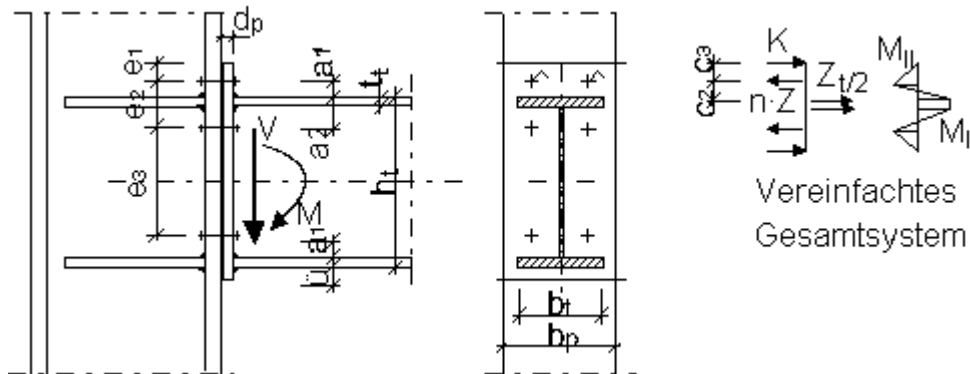
$$l_o = (t_t + 5 * (t_s + r_s + d_p)) / 10 = 34,20 \text{ cm}$$

$$F_{R,d} = \frac{s_s}{10} * l_o * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} * \text{MIN}\left(1,25 - 0,5 * \frac{\text{abs}(\sigma_{x,d})}{f_{y,k}}; 1\right) = 596,95 \text{ kN}$$

$$\frac{Z_{d,t}}{F_{R,d}} = \underline{\underline{0,347 < 1}}$$

⇒ **keine Steifen erforderlich**

Rahmenecke mit hochfesten Schrauben



Einwirkungen / Materialkennwerte:

$$M_d = 180,00 \text{ kNm}$$

$$V_d = 200,00 \text{ kN}$$

$$\text{Beiwert } \gamma_M = 1,10$$

$$\text{Träger Typ1} = \text{GEW("Stahl/Profile"; Bez;)} = \text{IPE}$$

$$\text{Nennhöhe NH1} = \text{GEW("Stahl/Typ1; NH;)} = 400$$

$$\text{Stahl} = \text{GEW("Stahl/DIN"; Bez;)} = \text{St 37-2}$$

$$\text{Schraube} = \text{GEW("Stahl/Schr"; SG;)} = \text{M 24}$$

$$\text{VB} = \text{GEW("Stahl/Schr"; VB;)} = \text{SLS}$$

$$\text{FK} = \text{GEW("Stahl/Schr"; FK;)} = 10.9$$

$$f_{y,k} = \text{TAB("Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{ Bez=Stahl)/10} = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{y,b,k} = \text{TAB("Stahl/Schr"; } f_{yb}; \text{ FK=FK)/10} = 90,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,b,k} = \text{TAB("Stahl/Schr"; } f_{ub}; \text{ FK=FK)/10} = 100,00 \text{ kN/cm}^2$$

Schrauben 2 x M24 :

$$\text{Anzahl der Schrauben } n = 2$$

$$d_{\text{Sch}} = \text{TAB("Stahl/Schr"; } d; \text{ SG=Schraube)} = 24,0 \text{ mm}$$

$$\text{Lochspiel } \Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochdurchmesser } d_L = d_{\text{Sch}} + \Delta d = 25,00 \text{ mm}$$

$$\alpha_a = \text{TAB("Stahl/Schr"; } \alpha_a; \text{ FK=FK; VB=VB)} = 0,55$$

$$\text{Scheibendurchmesser } D = 44,0 \text{ mm}$$

$$\text{Schraubenabstand } a_1 = 50,0 \text{ mm}$$

$$\text{Randabstand } e_1 = 35,0 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Sp}} = \text{TAB("Stahl/Schr"; } A_{\text{sp}}; \text{ SG=Schraube)} = 3,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Sch}} = \text{TAB("Stahl/Schr"; } A_{\text{sch}}; \text{ SG=Schraube)} = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{R,d,1} = \frac{f_{y,b,k}}{1,1 \cdot \gamma_M} = 74,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{R,d,2} = \frac{f_{u,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_M} = 72,7 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{R,d} = \text{MIN}(A_{\text{Sch}} \cdot \sigma_{R,d,1}; A_{\text{Sp}} \cdot \sigma_{R,d,2}) = 256,63 \text{ kN}$$

Geometrie von Träger und Stirnplatte:

$$\begin{aligned} h_t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ1; h; NH=NH1}) &= & 400,00 \text{ mm} \\ b_t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ1; b; NH=NH1}) &= & 180,00 \text{ mm} \\ t_t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ1; t; NH=NH1}) &= & 13,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Stirnplatte } b_p = 200,0 \text{ mm}$$

$$\text{Stirnplatte } d_p = 25,0 \text{ mm}$$

$$\text{Schweißnaht } a_F = 7,0 \text{ mm}$$

Spannungsnachweise:

Aufteilung des Momentes auf die Gurte nach DIN 18800 T1, Element 801:

$$Z_{d,t} = 10^3 \cdot \frac{M_d}{h_t - t_t} = 465,7 \text{ kN}$$

Nachweis am Flansch:

$$\sigma_d = 100 \cdot \frac{Z_{d,t}}{b_t \cdot t_t} = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,88 < 1}}$$

Schraubenabstände:

$$e_2 = 2 \cdot a_1 + t_t - 1 = 112,5 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_2 = e_2 + 2,5 = 115 \text{ mm}$$

$$a_2 = e_2 - a_1 = 65 \text{ mm}$$

Rechnerische Hebelarme:

$$c_1 = a_1 - a_F \cdot \frac{\sqrt{2}}{3} - \frac{D + d_p}{4} = 29,5 \text{ mm}$$

$$c_3 = e_1 = 35,0 \text{ mm}$$

Plastische Schnittgrößen (Schub und Momente in den Schnitten I und II)

$$M_{I,pl,d} = 1,1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot \frac{b_p}{10} \cdot \frac{\left(\frac{d_p}{10}\right)^2}{4} = 750,0 \text{ kNcm}$$

$$M_{II,pl,d} = 1,1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \cdot \frac{b_p - 2 \cdot d_L}{10} \cdot \frac{\left(\frac{d_p}{10}\right)^2}{4} = 562,5 \text{ kNcm}$$

$$K \leq V_{pl} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}} \cdot b_p \cdot \frac{d_p}{100} = 629,84 \text{ kN}$$

Schubtragfähigkeit der Stirnplatte unter Erreichen der Grenzzugkraft der Schrauben und durchplastizieren der Stirnplatte im Schnitt I-I

$$M_{II} \leq M_d = V_{pl} * c_3 / 10 = 2204,4 \text{ kNcm}$$

$$Z_t \leq Z = 2 * V_{pl} = 1259,7 \text{ kN}$$

$$M_{II,d} = \frac{\left(n * N_{R,d} - \frac{M_{I,pl,d} * 10}{c_1} \right)}{\frac{10}{c_1} + \frac{10}{c_3}} = 414,64 \text{ kNcm}$$

$$Z_{t,d} = \frac{20 * (M_{I,pl,d} + M_{II,d})}{c_1} = 789,59 \text{ kN}$$

$$M_{R,d} = Z_{t,d} * (h_t - t_t) / 10 = 30517,65 \text{ kNcm}$$

$$\frac{M_d}{M_{R,d}} = \underline{\underline{0,07 < 1}}$$

Schweißanschluß des Gurtes:

$$l_w = b_t / 10 = 18,0 \text{ cm}$$

$$a_w = 0,7 \text{ cm}$$

KOMMENTAR: α_w nach Tab. 8.69 i.d.R. St 37 0,95 / St 52 0,80 / durchgeschw. 1.0

$$\alpha_w = \text{WENN}(f_{y,k}=24; 0,95; 0,8) = 0,95$$

$$\sigma_d = \frac{Z_{d,t}}{2 * l_w * a_w} = 18,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w * \frac{f_{y,k}}{1,1} = 20,73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,89 < 1}}$$

Nachweis der Querkraftübertragung:

$$V_{a,d} = V_d / 2 = 100,00 \text{ kN}$$

$$V_{a,R,d} = \pi * \left(\frac{d_{Sch}}{10} \right)^2 * \alpha_a * \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_M} = 226,19 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{a,d}}{V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,442 < 1}}$$

WENN 1,2 und 2,4, Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$1,5 * d_L = 37,5 \text{ mm}$$

$$3,0 * d_L = 75,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_1 = 50,0 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(1,1 \cdot e_1/d_L - 0,30; 1,08 \cdot 3,5 - 0,77) = 1,90$$

$$V_{I,R,d} = \frac{d_p}{10} \cdot \frac{d_{Sch}}{10} \cdot \alpha_1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 248,73 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{a,d}}{V_{I,R,d}} = \underline{\underline{0,402 < 1}}$$

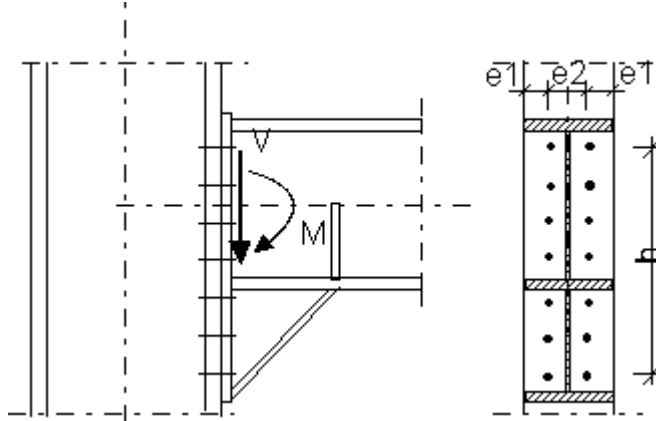
Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

$$P_v = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"}; F_v; \text{SG=Schraube; FK=FK}) = 220,00 \text{ kN}$$

$$Z_{t,Gebr} = 2 \cdot n \cdot 0,7 \cdot P_v \cdot 1,5 = 924,0 \text{ kN}$$

$$\frac{Z_{d,t}}{Z_{t,Gebr}} = \underline{\underline{0,504 < 1}}$$

Rahmenecke mit normalfesten Schrauben



Einwirkungen / Materialkennwerte:

$$M_d = 100,00 \text{ kNm}$$

$$V_d = 300,00 \text{ kN}$$

$$\text{Beiwert } \gamma_M = 1,10$$

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"Stahl/DIN"; Bez; }) = \text{St 37-2}$$

$$\text{Schraube} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Schr"; SG; }) = \text{M 24}$$

$$\text{VB} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Schr"; VB; }) = \text{SLS}$$

$$\text{FK} = \text{GEW}(\text{"Stahl/Schr"; FK; }) = 4.6$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{Bez=Stahl})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{y,b,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{yb}; \text{FK=FK})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,b,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ub}; \text{FK=FK})/10 = 40,00 \text{ kN/cm}^2$$

Schrauben 14 x M20:

$$\text{Anzahl der Schrauben } n = 14$$

$$\text{Schnittigkeit } m = 1$$

$$\text{Reihenanzahl } m' = 2$$

$$\text{Schraubenabstand } e_2 = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Höhe Schraubenbild } h = 62 \text{ cm}$$

$$d_{\text{Sch}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } d; \text{SG=Schraube}) = 24,0 \text{ mm}$$

$$\text{Lochspiel } \Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochdurchmesser } d_L = d_{\text{Sch}} + \Delta d = 25,00 \text{ mm}$$

$$\alpha_a = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } \alpha_a; \text{FK=FK; VB=VB}) = 0,60$$

$$A_{\text{Sp}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{\text{Sp}}; \text{SG=Schraube}) = 3,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Sch}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } A_{\text{Sch}}; \text{SG=Schraube}) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Summe } y S_1 = 35 + 44 + 53 + 62 = 194 \text{ cm}$$

$$\text{Summe } y^2 S_2 = 35^2 + 44^2 + 53^2 + 62^2 = 9814 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{R,d,1} = \frac{f_{y,b,k}}{1,1 * \gamma_M} = 19,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{R,d,2} = \frac{f_{u,b,k}}{1,25 * \gamma_M} = 29,1 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{R,d} = \text{MIN}(A_{\text{Sch}} * \sigma_{R,d,1}; A_{\text{Sp}} * \sigma_{R,d,2}) = 89,50 \text{ kN}$$

Ermittlung von N für ungleichmäßig beanspruchte Schrauben:

$$V_{a,d} = \frac{V_d / n}{h^2} = 21,43 \text{ kN}$$

$$f_z = \frac{h^2}{m' * S_2} = 0,1958$$

$$N_d = 100 * M_d * \frac{f_z}{h} = 31,58 \text{ kN}$$

$$\frac{N_d}{N_{R,d}} = \underline{\underline{0,353 < 1}}$$

$$V_{a,R,d} = \text{TAB("Stahl/Schr"; } V_{aR,d}; \text{ SG=Schraube; FK=FK)} = 98,7 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{a,d}}{V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,217 < 1}}$$

$$\left(\frac{N_d}{N_{R,d}} \right)^2 + \left(\frac{V_{a,d}}{V_{a,R,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,172 < 1}}$$

Nachweis der Stumpfnah im Druckbereich:

$$l_w = 18,0 \text{ cm}$$

$$a_w = 2,0 \text{ cm}$$

$$f_D = h * \frac{S_1}{S_2} = 1,226$$

$$D_d = 100 * M_d * \frac{f_D}{h} = 197,74 \text{ kN}$$

$$\sigma_d = \frac{D_d}{l_w * a_w} = 5,49 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = 1,0 * \frac{f_{y,b,k}}{\gamma_M} = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,25 < 1}}$$

Nachweis der Plattendicke:

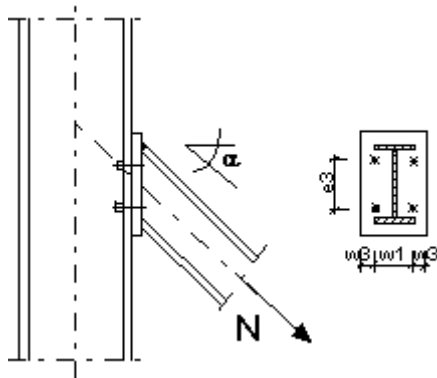
$$M_d = 2 * N_d * e_2 / 80 = 55,27 \text{ kNcm}$$

$$\text{erf. } d_p = \sqrt{\frac{6 * M_d * \gamma_M}{f_{y,k} * \frac{(e_2 - 10)}{10}}} = 1,6 \text{ cm}$$

gewählt: $d_p = 2,5 \text{ cm}$

Nachweis der Stegnaht:

$$\begin{aligned}
 l_w &= 66,0 \text{ cm} \\
 l_{w,m} &= (e_2 - 10) / 10 = 6,0 \text{ cm} \\
 a_w &= 0,4 \text{ cm} \\
 \alpha_w &= \text{WENN}(f_{y,k}=24; 0,95; 0,8) = 0,95 \\
 \sigma_d &= \frac{N_d}{l_{w,m} * a_w} = 13,16 \text{ kN/cm}^2 \\
 \tau_d &= \frac{V_d}{l_w * a_w * 2} = 5,68 \text{ kN/cm}^2 \\
 \sigma_{w,R,d} &= \alpha_w * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 20,73 \text{ kN/cm}^2 \\
 \frac{\sqrt{\sigma_d^2 + \tau_d^2}}{\sigma_{w,R,d}} &= \underline{\underline{0,69 < 1}}
 \end{aligned}$$

Schraubenanschluß

Systemwerte:

$$N_d = 925,00 \text{ kN}$$

$$\alpha = 45,00^\circ$$

je Schraube:

$$N_{sd} = 0,25 \cdot N_d \cdot \cos(\alpha) = 163,52 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 0,25 \cdot N_d \cdot \sin(\alpha) = 163,52 \text{ kN}$$

gewählt:

M 24 HV, 10.9 (SLV)

Schraube Schr =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 24
-----------------	-------------------------	---	------

Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	10.9
------------------------	-------------------------	---	------

Verbindungsart VB =	GEW("Stahl/Schr"; VB;)	=	SLS
---------------------	-------------------------	---	-----

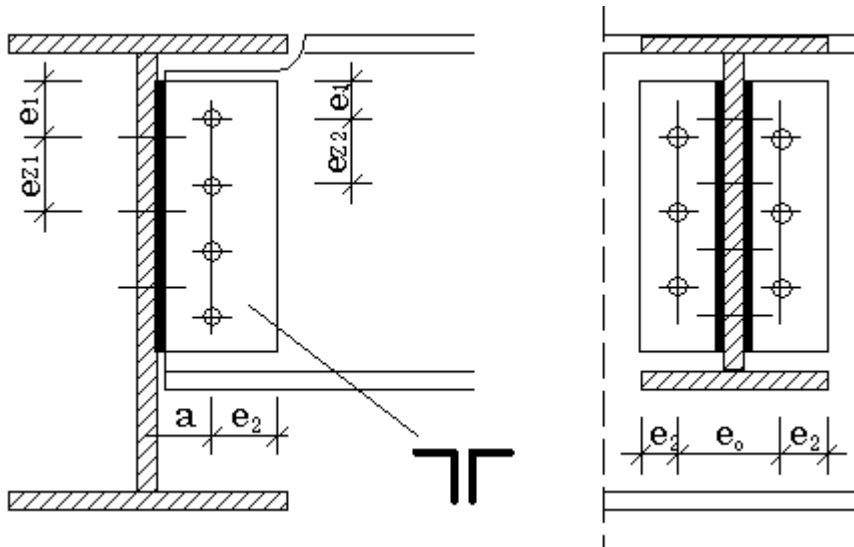
$N_{R,d} =$	TAB("Stahl/Schr"; $N_{R,d}$; SG=Schr; FK=FK; VB=VB)	=	256,73 kN
-------------	--	---	-----------

$V_{a,R,d} =$	TAB("Stahl/Schr"; $V_{a,R,d}$; SG=Schr; FK=FK; VB=VB)	=	226,19 kN
---------------	--	---	-----------

Nachweis:

$$\left(\frac{N_{sd}}{N_{R,d}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{a,R,d}} \right)^2 = \underline{0,93 < 1}$$

Trägeranschluß gelenkig



System und Lasten:

$V_d =$	200,00 kN		
Beiwert $\gamma_M =$	1,10		
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Schraube Schr =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 24
Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	4.6
Verbindungsart VB =	GEW("Stahl/Schr"; VB;)	=	SLS
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{y,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; f_{ybk} ; FK=FK)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; f_{ubk} ; FK=FK)/10	=	40,00 kN/cm ²
$d_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; d; SG=Schr)	=	24,0 mm
Lochspiel $\Delta d =$		=	1,00 mm
Lochdurchmesser $d_L =$	$d_{Sch} + \Delta d$	=	25,00 mm
$\alpha_a =$	TAB("Stahl/Schr"; α_a ; FK=FK; VB=VB)	=	0,60

Nachweis Querträger - Winkel:

Schraubabstände

Anschluß Querträger-Winkel

$e_{11} =$	50,0 mm		
$e_{21} =$	45,0 mm		
in Krafrichtung:	e_{11} / d_L	=	2,00 > 1,2
quer zur Krafrichtung:	e_{21} / d_L	=	1,80 > 1,5

Anschluß Profil-Winkel

$e_{1p} =$	55,0 mm		
$e_{2p} =$	45,0 mm		
in Krafrichtung:	e_{1p} / d_L	=	2,20 > 1,2
quer zur Krafrichtung:	e_{2p} / d_L	=	1,80 > 1,5
$\min.e_1 =$	$\text{MIN}(e_{11}; e_{1p})$	=	50,00 mm

Schraubenkraft der max. beanspruchten Schraube

Anzahl der Schrauben n =	4
Schnittigkeit m =	2
Anzahl in x-Richtung n_x =	1
Abstand in x-Richtung e_x =	0 mm
Anzahl in z-Richtung n_z =	4
Abstand in z-Richtung e_z =	105 mm
Hebel der Last a =	55 mm
Gesamtanzahl $n_Q = n_x * n_z$ =	4

$$I_p = n_Q / 12 * ((n_x^2 - 1) * e_x^2 + (n_z^2 - 1) * e_z^2) = 55125,00 \text{ mm}^2$$

$$R_{Id} = V_d * \sqrt{\left(\frac{1}{n_Q} + a * (n_x - 1) * \frac{e_x}{I_p * 2}\right)^2 + \left(a * (n_z - 1) * \frac{e_z}{I_p * 2}\right)^2} = 59,06 \text{ kN}$$

Nachweis auf Abscheren:

$$V_{a,R,d} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"}; V_{aRd}; \text{SG}=\text{Schr}; \text{FK}=\text{FK}; \text{VB}=\text{VB}) = 98,70 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_d}{2 * n_Q * V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,253 < 1}}$$

Nachweis auf Lochleibungsspannung:

WENN 1,2 und 2,4, Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$\text{Dicke für Lochleibung min.t} = 8,60 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(1,1 * \text{min.} e_1 / d_L - 0,30 ; 3,0) = 1,900$$

$$V_{I,R,d} = \text{min.t} * \frac{d_{\text{Sch}}}{100} * \alpha_1 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 85,56 \text{ kN}$$

$$v = \frac{R_{Id}}{V_{I,R,d}} = \underline{\underline{0,690 < 1}}$$

Nachweis Hauptträger - Winkel:

$$\text{Anzahl der Schrauben } n_H = 6$$

Schraubenabstände

Anschluß Hauptträger-Winkel

$$e_{z1} = 100,0 \text{ mm}$$

$$e_1 = 60,0 \text{ mm}$$

$$e_2 = 45,0 \text{ mm}$$

$$e_3 = 120,0 \text{ mm}$$

$$\text{in Krafrichtung: } e_1 / d_L = 2,40 > 1,2$$

$$\text{quer zur Krafrichtung: } e_2 / d_L = 1,80 > 1,5$$

$$\text{Zwischen den Schrauben: } e_3 / d_L = 4,80 > 3$$

Nachweis auf Lochleibungsspannung (Profil):

$$\text{Dicke für Lochleibung min.t} = 10,20 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(1,08 * e_{z1} / d_L - 0,77 ; 3) = 3,000$$

$$V_{I,R,d} = \text{min.t} * \frac{d_{\text{Sch}}}{100} * \alpha_1 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 160,23 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_d}{n_H * V_{I,R,d}} = \underline{\underline{0,208 < 1}}$$

Nachweis auf Lochleibungsspannung (Lasche):

$$\begin{aligned} \text{Dicke für Lochleibung } \min.t &= 10,00 \text{ mm} \\ \alpha_1 &= \text{MIN}(1,1 \cdot e_1/d_L - 0,30; 3,0) = 2,340 \\ V_{l,R,d} &= \min.t \cdot \frac{d_{\text{Sch}}}{100} \cdot \alpha_1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 122,53 \text{ kN} \\ v &= \frac{V_d}{n_H \cdot V_{l,R,d}} = \underline{\underline{0,272 < 1}} \end{aligned}$$

Nachweis auf Abscheren:

$$v = \frac{V_d}{n_H \cdot V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,338 < 1}}$$

Zugbeanspruchte Schrauben**Einwirkungen / Materialkennwerte:**

$G_k =$	35,00 kN		
$Q_k =$	25,00 kN		
Beiwert $\gamma_M =$	1,10		
$N_d =$	$1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k$	=	84,75 kN
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 52-3
Schraube Schr =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 16
Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	4.6
Verbindungsart VB =	GEW("Stahl/Schr"; VB;)	=	SLS
$f_{u,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
$f_{y,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; $f_{yb,k}$; FK=FK)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; $f_{ub,k}$; FK=FK)/10	=	40,00 kN/cm ²

Schrauben 4xM16:

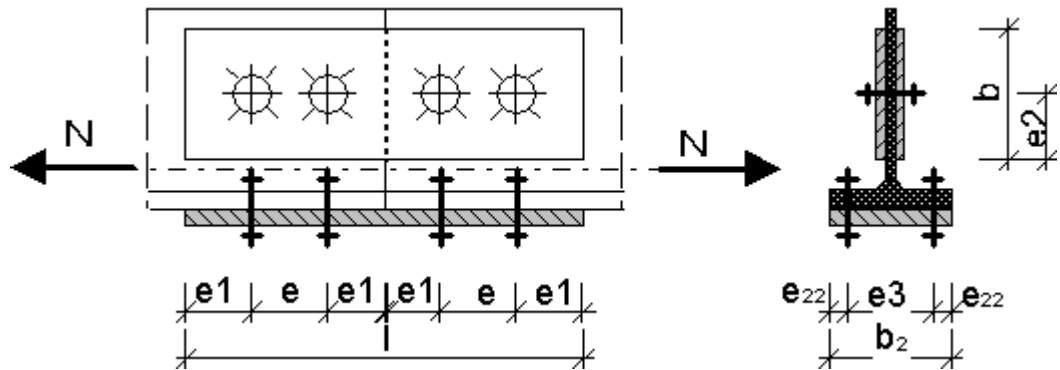
Schraubenanzahl n =	4		
$d_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; d; SG=Schr)	=	16,0 mm
Lochspiel $\Delta d =$			1,00 mm
Lochdurchmesser $d_L =$	$d_{Sch} + \Delta d$	=	17,00 mm
$\alpha_a =$	TAB("Stahl/Schr"; α_a ; FK=FK; VB=VB)	=	0,60
$A_{Sp} =$	TAB("Stahl/Schr"; A_{Sp} ; SG=Schr)	=	1,57 cm ²
$A_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; A_{Sch} ; SG=Schr)	=	2,01 cm ²
$N_{R,d} =$	$\frac{A_{Sch} \cdot f_{y,b,k}}{1,1 \cdot \gamma_M}$	=	39,9 kN
$v_1 =$	$\frac{N_d}{n \cdot N_{R,d}}$	=	0,531
$N_{R,d} =$	$\frac{A_{Sp} \cdot f_{u,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_M}$	=	45,7 kN
$v_2 =$	$\frac{N_d}{n \cdot N_{R,d}}$	=	0,464

Nachweis:

$$v = \text{MAX}(v_1; v_2) = \underline{\underline{0,531 < 1}}$$

gewählt: **4xM16x75 (4.6)**

Zugstoß



Einwirkungen / Materialkennwerte:

$G_k =$	35,00 kN	
$Q_k =$	25,00 kN	
Beiwert $\gamma_M =$	1,10	
$N_d =$	$1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k$	= 84,75 kN
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 52-3
Schraube Schr =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	= M 16
Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	= 4.6
Verbindungsart VB =	GEW("Stahl/Schr"; VB;)	= SLS
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	= 36,00 kN/cm ²
$f_{y,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; $f_{yb,k}$; FK=FK)/10	= 24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; $f_{ub,k}$; FK=FK)/10	= 40,00 kN/cm ²

Schrauben 4xM16, 4.6:

$d_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; d; SG=Schr)	= 16,0 mm
Lochspiel $\Delta d =$		1,00 mm
Lochdurchmesser $d_L =$	$d_{Sch} + \Delta d$	= 17,00 mm
$\alpha_a =$	TAB("Stahl/Schr"; α_a ; FK=FK; VB=VB)	= 0,60
$A_{Sp} =$	TAB("Stahl/Schr"; A_{sp} ; SG=Schr)	= 1,57 cm ²
$A_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; A_{sch} ; SG=Schr)	= 2,01 cm ²

Zugstab 1/2 IPE240 / Laschen FI 70x6 - 240 / Flansch FI 120x10 - 240:

$b_l =$	70,00 mm	
$t_l =$	6,00 mm	
$b_f =$	120,00 mm	
$t_f =$	10,00 mm	
Bruttoquerschnitt $A_{Br} =$	$(2 \cdot b_l \cdot t_l + b_f \cdot t_f) / 100$	= 20,40 cm ²
Nettoquerschnitt $A_{Net} =$	$A_{Br} - (2 \cdot t_l + t_f) \cdot d_L / 100$	= 16,66 cm ²
$N_{R,d} =$	$A_{Net} \cdot f_{u,b,k} / (1,25 \cdot \gamma_M)$	= 484,7 kN
$N_{R,d} =$	$\frac{A_{Net} \cdot f_{u,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_M}$	= 484,7 kN
$v =$	$\frac{N_d}{N_{R,d}}$	= <u>0,175 < 1</u>

Schraubenabstände:

Untereinander:

$$\text{min.}e = 2,2 * d_L = 37,4 \text{ mm}$$

$$\text{max.}e = \text{MIN}(6*d_L; 12*\text{MIN}(t_i; t_f)) = 72,0 \text{ mm}$$

zum Rand:

$$\text{min.}e_1 = 1,2 * d_L = 20,4 \text{ mm}$$

$$\text{max.}e_1 = \text{MIN}(3*d_L; 6*\text{MIN}(t_i; t_f)) = 36,0 \text{ mm}$$

quer zum Rand:

$$\text{gewählt } e = 50,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_3 = 68,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_1 = 35,0 \text{ mm}$$

$$\text{vorh. } e_{22} = (b_f - e_3)/2 = 26,0 \text{ mm}$$

Aufteilung der Stabkraft:

$$N_{\text{St,d}} = \frac{2 * b_l * t_l * N_d}{A_{\text{Br}} * 100} = 34,90 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Fl,d}} = \frac{b_f * t_f * N_d}{A_{\text{Br}} * 100} = 49,85 \text{ kN}$$

Nachweis gegen Abscheren im Steg:

$$V_{\text{a,R,d}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"}; V_{\text{aRd}}; \text{SG}=\text{Schr}; \text{FK}=\text{FK}; \text{VB}=\text{VB}) = 43,87 \text{ kN}$$

$$V_{\text{a,d}} = N_{\text{St,d}} / 4 = 8,7 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{\text{a,d}}}{V_{\text{a,R,d}}} = 0,198 < 1$$

Lochleibung im Steg:

$$e / d_L = 2,9 > 2,5$$

$$e_1 / d_L = 2,1 > 3,0$$

WENN 1,2 und 2,4, Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$\alpha_{1,1} = \text{MIN}(1,1 * e_1 / d_L - 0,30; 1,1 * 3,0 - 0,30) = 1,965$$

$$\alpha_{1,2} = \text{MIN}(1,08 * e / d_L - 0,77; 1,08 * 3,0 - 0,77) = 2,406$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(\alpha_{1,1}; \alpha_{1,2}) = 1,965$$

$$V_{\text{l,R,d}} = t_l * \frac{d_{\text{Sch}}}{100} * \alpha_1 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 61,74 \text{ kN}$$

$$V_{\text{l,d}} = N_{\text{St,d}} / 2 = 17,4 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{\text{l,d}}}{V_{\text{l,R,d}}} = 0,282 < 1$$

Nachweis gegen Abscheren im Flansch:

$$V_{\text{a,d}} = N_{\text{Fl,d}} / 4 = 12,5 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{\text{a,d}}}{V_{\text{a,R,d}}} = 0,285 < 1$$

Lochleibung im Steg:

$$e / d_L = 2,9 > 2,5$$

$$e_1 / d_L = 2,1 > 3,0$$

$$e_{22} / d_L = 1,5 > 1,5$$

WENN 1,2 und 2,4, Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$\alpha_{1,1} = \text{MIN}(1,1 \cdot e_1 / d_L - 0,30 ; 1,1 \cdot 3,0 - 0,30) = 1,965$$

$$\alpha_{1,2} = \text{MIN}(1,08 \cdot e / d_L - 0,77 ; 1,08 \cdot 3,0 - 0,77) = 2,406$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(\alpha_{1,1} ; \alpha_{1,2}) = 1,965$$

$$V_{I,R,d} = t_f \cdot \frac{d_{\text{Sch}}}{100} \cdot \alpha_1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 102,89 \text{ kN}$$

$$V_{I,d} = N_{\text{Fl},d} / 4 = 12,5 \text{ kN}$$

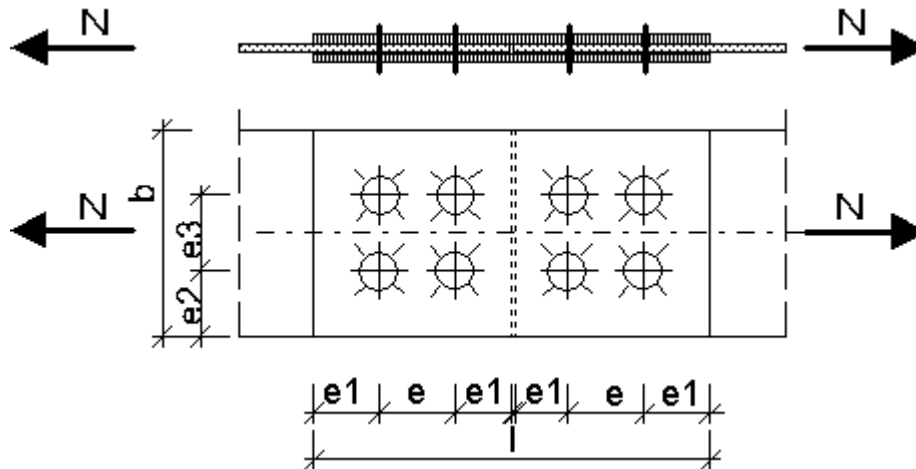
$$v = \frac{V_{I,d}}{V_{I,R,d}} = 0,121 < 1$$

gewählt Steg:

4xM16 (4.6)
2x Fl. 70x6 - 240

gewählt Flansch:

8xM16 (4.6)
Fl. 120x10 - 240

Zugstoß**Einwirkungen / Materialkennwerte:**

$G_k =$	212,00 kN
$Q_{k1} =$	230,00 kN
$Q_{k2} =$	88,00 kN
Beiwert $\gamma_M =$	1,10
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 52-3
Schraube Schr =	GEW("Stahl/Schr"; SG;) = M 24
Festigkeitsklasse FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;) = 4.6
Verbindungsart VB =	GEW("Stahl/Schr"; VB;) = SLS

$N_{d1} =$	$1,35 \cdot G_k + 0,90 \cdot 1,50 \cdot (Q_{k1} + Q_{k2})$	=	715,50 kN
$N_{d2} =$	$1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot \text{MAX}(Q_{k1}; Q_{k2})$	=	631,20 kN
$N_d =$	$\text{MAX}(N_{d1}; N_{d2})$	=	715,50 kN

$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
$f_{y,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; f_{yb} ; FK=FK)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; f_{ub} ; FK=FK)/10	=	40,00 kN/cm ²

Schrauben 4xM24, 4.6:

$d_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; d; SG=Schr)	=	24,0 mm
Lochspiel $\Delta d =$		=	1,00 mm
Lochdurchmesser $d_L =$	$d_{Sch} + \Delta d$	=	25,00 mm
$\alpha_a =$	TAB("Stahl/Schr"; α_a ; FK=FK; VB=VB)	=	0,60
$A_{Sp} =$	TAB("Stahl/Schr"; A_{sp} ; SG=Schr)	=	3,53 cm ²
$A_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; A_{sch} ; SG=Schr)	=	4,52 cm ²

Zugstab FI 220x18 / Knotenbleche FI 220x10x355:

$$b = 220,00 \text{ mm}$$

$$t_b = 10,00 \text{ mm}$$

$$t_s = 18,00 \text{ mm}$$

$$t = \text{MIN}(2 \cdot t_b ; t_s) = 18,00 \text{ mm}$$

$$\text{Bruttoquerschnitt } A_{Br} = b \cdot t / 100 = 39,60 \text{ cm}^2$$

$$\text{Nettoquerschnitt } A_{Net} = t \cdot (b - 2 \cdot d_L) / 100 = 30,60 \text{ cm}^2$$

$$N_{R,d} = A_{Net} \cdot \frac{f_{u,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_M} = 890,2 \text{ kN}$$

$$v = \frac{N_d}{N_{R,d}} = \underline{0,804 < 1}$$

Schraubenabstände:

Untereinander:

$$\text{min.} e = 2,2 \cdot d_L = 55,0 \text{ mm}$$

$$\text{max.} e = \text{MIN}(6,0 \cdot d_L ; 12 \cdot t) = 150,0 \text{ mm}$$

zum Rand:

$$\text{min.} e_1 = 1,2 \cdot d_L = 30,0 \text{ mm}$$

$$\text{max.} e_1 = \text{MIN}(3,0 \cdot d_L ; 6 \cdot t) = 75,0 \text{ mm}$$

quer zum Rand:

$$\text{gewählt } e = 75,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_3 = 110,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_1 = 50,0 \text{ mm}$$

$$\text{vorh. } e_2 = (b - e_3) / 2 = 55,0 \text{ mm}$$

Nachweis gegen Abscheren:

$$V_{a,R,d} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\left(\frac{d_{Sch}}{10}\right)^2}{4} \cdot \alpha_a \cdot \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_M} = 197,41 \text{ kN}$$

$$V_{a,d} = N_d / 4 = 178,9 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{a,d}}{V_{a,R,d}} = \underline{0,906 < 1}$$

Lochleibung:

$$e_2 / d_L = 2,2 > 1,5$$

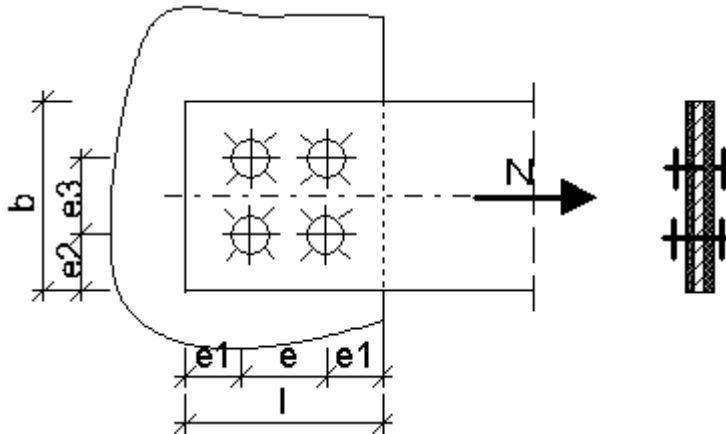
$$e_3 / d_L = 4,4 > 3,0$$

WENN 1,2 und 2,4, Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$\begin{aligned}\alpha_{1,1} &= \text{MIN}(1,1 \cdot e_1/d_L - 0,30 ; 1,1 \cdot 3,0 - 0,30) &= & 1,900 \\ \alpha_{1,2} &= \text{MIN}(1,08 \cdot e/d_L - 0,77 ; 1,08 \cdot 3,0 - 0,77) &= & 2,470 \\ \alpha_1 &= \text{MIN}(\alpha_{1,1} ; \alpha_{1,2}) &= & 1,900 \\ V_{I,R,d} &= t \cdot \frac{d_{Sch}}{100} \cdot \alpha_1 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} &= & 268,63 \text{ kN} \\ V_{I,d} &= N_d / 4 &= & 178,9 \text{ kN} \\ v &= \frac{V_{I,d}}{V_{I,R,d}} &= & \underline{0,666 < 1}\end{aligned}$$

gewählt:

8xM24x75 (4.6)
Fl. 220x18
Fl. 220x10 - 355

Zweisschnittiger Anschluß**Einwirkungen / Materialkennwerte:**

$$G_k = 35,00 \text{ kN}$$

$$Q_k = 25,00 \text{ kN}$$

$$N_d = 1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k = 84,75 \text{ kN}$$

$$\text{Beiwert } \gamma_M = 1,10$$

Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Schraube Schr =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 24
VB =	GEW("Stahl/Schr"; VB;)	=	SLS
FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	4.6

$$f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{uk}; \text{Bez=Stahl})/10 = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{Bez=Stahl})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,b,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } f_{ubk}; \text{FK=FK})/10 = 40,00 \text{ kN/cm}^2$$

Schrauben 4xM24, 4.6:

$$d_{\text{Sch}} = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } d; \text{SG=Schr}) = 24,0 \text{ mm}$$

$$\text{Lochspiel } \Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochdurchmesser } d_L = d_{\text{Sch}} + \Delta d = 25,00 \text{ mm}$$

$$\alpha_a = \text{TAB}(\text{"Stahl/Schr"; } \alpha_a; \text{FK=FK; VB=VB}) = 0,60$$

Blech BI 20 / Knotenbleche 120x20:

$$b = 120,00 \text{ mm}$$

$$t_b = 20,00 \text{ mm}$$

$$t_s = 20,00 \text{ mm}$$

$$t = \text{MIN}(2 \cdot t_b; t_s) = 20,00 \text{ mm}$$

$$\text{Bruttoquerschnitt } A_{\text{Br}} = b \cdot t / 100 = 24,00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Nettoquerschnitt } A_{\text{Net}} = t \cdot (b - 2 \cdot d_L) / 100 = 14,00 \text{ cm}^2$$

$$N_{R,d} = \frac{A_{\text{Net}} \cdot f_{u,k}}{1,25 \cdot \gamma_M} = 366,5 \text{ kN}$$

$$v = \frac{N_d}{N_{R,d}} = \underline{0,231} < 1$$

Schraubenabstände:

Untereinander:

$$\min.e = 2,2 * d_L = 55,0 \text{ mm}$$

$$\max.e = \text{MIN}(6,0 * d_L ; 12 * t) = 150,0 \text{ mm}$$

zum Rand:

$$\min.e_1 = 1,2 * d_L = 30,0 \text{ mm}$$

$$\max.e_1 = \text{MIN}(3,0 * d_L ; 6 * t) = 75,0 \text{ mm}$$

quer zum Rand:

$$\text{gewählt } e = 55,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_3 = 60,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_1 = 30,0 \text{ mm}$$

$$\text{vorh. } e_2 = (b-e_3)/2 = 30,0 \text{ mm}$$

Nachweis gegen Abscheren:

$$V_{a,R,d} = 2 * \pi * \frac{\left(\frac{d_{Sch}}{10}\right)^2}{4} * \alpha_a * \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_M} = 197,41 \text{ kN}$$

$$V_{a,d} = N_d / 4 = 21,2 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{a,d}}{V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,107 < 1}}$$

Lochleibung:

$$e_2 / d_L = 1,2$$

$$e_3 / d_L = 2,4$$

WENN 1,2 und 2,4, sonst Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$\alpha_{1,1} = \text{MIN}(0,73 * e_1 / d_L - 0,20 ; 0,73 * 3,0 - 0,20) = 0,676$$

$$\alpha_{1,2} = \text{MIN}(0,72 * e / d_L - 0,51 ; 0,72 * 3,0 - 0,51) = 1,074$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(\alpha_{1,1} ; \alpha_{1,2}) = 0,676$$

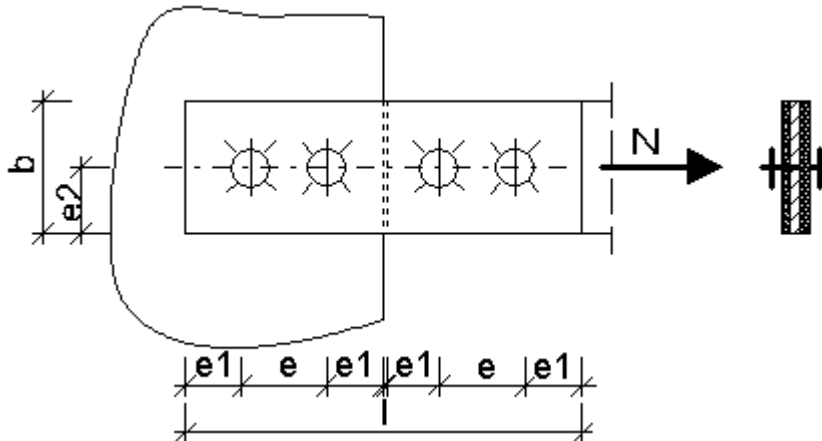
$$V_{l,R,d} = t * \frac{d_{Sch}}{100} * \alpha_1 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 70,80 \text{ kN}$$

$$V_{l,d} = N_d / 4 = 21,2 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{l,d}}{V_{l,R,d}} = \underline{\underline{0,299 < 1}}$$

gewählt:

4xM24x65 (4.6) Bl. 20 Fl. 120x20 - 240

Zweischnittiger Anschluß**Einwirkungen / Materialkennwerte:**

$G_k =$		35,00 kN	
$Q_k =$		25,00 kN	
$N_d =$	$1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k =$	84,75 kN	
Beiwert $\gamma_M =$		1,10	
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Schraube Schr =	GEW("Stahl/Schr"; SG;)	=	M 20
VB =	GEW("Stahl/Schr"; VB;)	=	SLS
FK =	GEW("Stahl/Schr"; FK;)	=	4.6
$f_{u,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{uk} ; Bez=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k} =$	TAB("Stahl/Schr"; f_{ubk} ; FK=FK)/10	=	40,00 kN/cm ²

Schrauben 2xM20, 4.6:

$d_{Sch} =$	TAB("Stahl/Schr"; d; SG=Schr)	=	20,0 mm
Lochspiel $\Delta d =$		=	2,00 mm
Lochdurchmesser $d_L =$	$d_{Sch} + \Delta d$	=	22,00 mm
$\alpha_a =$	TAB("Stahl/Schr"; α_a ; FK=FK; VB=VB)	=	0,60

Zugstab FI 80x15 / Knotenbleche 80x8:

$b =$	80,00 mm	
$t_b =$	8,00 mm	
$t_s =$	15,00 mm	
$t =$	$\text{MIN}(2 \cdot t_b; t_s)$	= 15,00 mm

Bruttoquerschnitt $A_{Br} =$	$b \cdot t / 100$	=	12,00 cm ²
Nettoquerschnitt $A_{Net} =$	$t \cdot (b - d_L) / 100$	=	8,70 cm ²

$$N_{R,d} = \frac{A_{Net} \cdot f_{u,k}}{1,25 \cdot \gamma_M} = 227,8 \text{ kN}$$

$$v = \frac{N_d}{N_{R,d}} = \underline{0,372} < 1$$

Schraubenabstände:

Untereinander:

$$\min.e = 2,2 * d_L = 48,4 \text{ mm}$$

$$\max.e = \text{MIN}(6,0 * d_L ; 12 * t) = 132,0 \text{ mm}$$

zum Rand:

$$\min.e_1 = 1,2 * d_L = 26,4 \text{ mm}$$

$$\max.e_1 = \text{MIN}(3,0 * d_L ; 6 * t) = 66,0 \text{ mm}$$

quer zum Rand:

$$\text{gewählt } e = 70,0 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } e_1 = 44,0 \text{ mm}$$

$$\text{vorh. } e_2 = b/2 = 40,0 \text{ mm}$$

Nachweis gegen Abscheren:

$$V_{a,R,d} = 2 * \pi * \frac{\left(\frac{d_{Sch}}{10}\right)^2}{4} * \alpha_a * \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_M} = 137,09 \text{ kN}$$

$$V_{a,d} = N_d / 2 = 42,4 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{a,d}}{V_{a,R,d}} = \underline{\underline{0,309 < 1}}$$

Lochleibung:

$$e_2 / d_L = 1,8$$

WENN >1,5 sonst Formel anpassen (siehe 8.73 !)

$$\alpha_{1,1} = \text{MIN}(1,10 * e_1 / d_L - 0,30 ; 1,10 * 3,0 - 0,30) = 1,900$$

$$\alpha_{1,2} = \text{MIN}(1,08 * e / d_L - 0,77 ; 1,08 * 3,5 - 0,77) = 2,666$$

$$\alpha_1 = \text{MIN}(\alpha_{1,1} ; \alpha_{1,2}) = 1,900$$

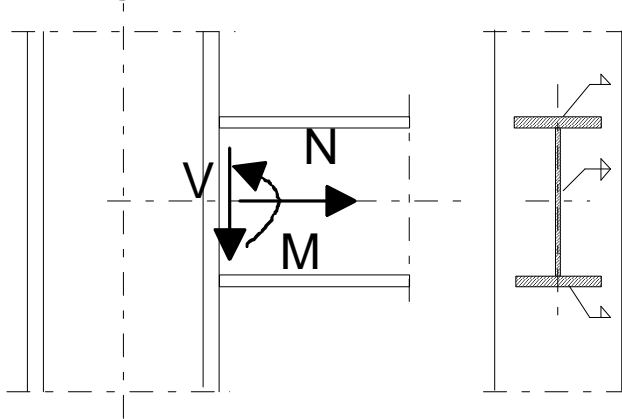
$$V_{l,R,d} = t * \frac{d_{Sch}}{100} * \alpha_1 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 124,36 \text{ kN}$$

$$V_{l,d} = N_d / 4 = 21,2 \text{ kN}$$

$$v = \frac{V_{l,d}}{V_{l,R,d}} = \underline{\underline{0,170 < 1}}$$

gewählt:

4xM20x55 (4.6)**Bl. 15****Fl. 80x8 - 320**

Biegesteifer Trägeranschluß**Belastung:**

Moment $M_d =$	-180,00 kNm
Zugkraft $N_d =$	180,00 kN
Querkraft $V_d =$	250,00

Geometrie:

Kehlnaht am Gurt $a_g =$	8,0 mm
Kehlnaht am Steg $a_{st} =$	4,0 mm

Träger Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/Typ1; NH;)	=	400
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
b =	TAB("Stahl/Typ1; b; NH=NH1)	=	180,000 mm
t =	TAB("Stahl/Typ1; t; NH=NH1)	=	13,500 mm
$h_1 =$	TAB("Stahl/Typ1; h_1 ; NH=NH1)	=	331,000 mm
s =	TAB("Stahl/Typ1; s; NH=NH1)	=	8,600 mm
r =	TAB("Stahl/Typ1; r; NH=NH1)	=	21,000 mm

Schweißnähte:

$A_{Gurt} = a_g * (b + b - (2 * r + s)) / 100$	=	24,8 cm ²
$A_{Steg} = 2 * a_{st} * h_1 / 100$	=	26,5 cm ²

KOMMENTAR: α_w nach Tab. 8.69 i.d.R. St 37 0,95 / St 52 0,80 / durchgeschw. 1.0

Beiwert $\alpha_w =$		=	0,95
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²
$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w * \frac{f_{y,k}}{1,1}$		=	20,73 kN/cm ²

Nachweise:

$$A_w = 2 \cdot A_{\text{Gurt}} + A_{\text{Steg}} = 76,1 \text{ cm}^2$$

$$I_w = 2 \cdot A_{\text{Gurt}} \cdot \left(\frac{h_1 + 2 \cdot r + t}{20} \right)^2 + \frac{2 \cdot a_{\text{st}} \cdot h_1^3}{12 \cdot 10^4} = 20941,0 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{w,d} = \frac{N_d}{A_w} + \text{abs}(100 \cdot M_d) \cdot \frac{\frac{h_1}{2} + r + t}{I_w \cdot 10} = 19,6 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,h,d} = \frac{N_d}{A_w} + \text{abs}(100 \cdot M_d) \cdot \frac{\frac{h_1}{2}}{I_w \cdot 10} = 16,6 \text{ kN/cm}^2$$

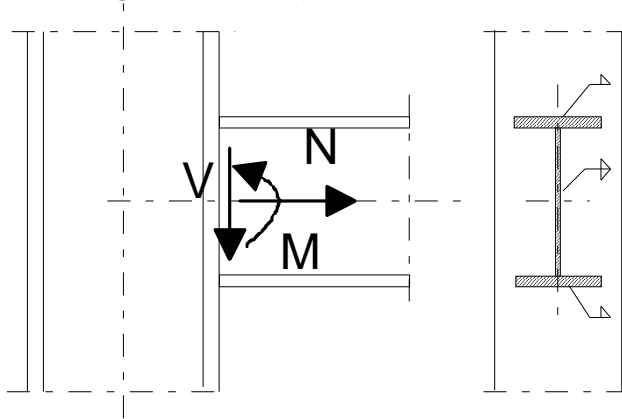
$$\frac{\sigma_{w,d}}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,95 < 1}}$$

$$\tau_{w,d} = \frac{\text{abs}(V_d)}{A_{\text{Steg}}} = 9,43 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_{w,d}}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,45 < 1}}$$

$$\sigma_{w,v,d} = \sqrt{\tau_{w,d}^2 + \sigma_{w,h,d}^2} = 19,09 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{w,v,d}}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

Biegesteifer Trägeranschluß (vereinfachter Nachweis)**Belastung:**

Moment $M_d =$	-200,00 kNm
Zugkraft $N_d =$	150,00 kN
Querkraft $V_d =$	200,00 kN

Geometrie:

Kehlnaht am Gurt $a_g =$	8,0 mm
Kehlnaht am Steg $a_{st} =$	4,0 mm

Träger Typ1 =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH1 =	GEW("Stahl/"Typ1; NH;)	=	400
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
b =	TAB("Stahl/"Typ1; b; NH=NH1)	=	180,000 mm
t =	TAB("Stahl/"Typ1; t; NH=NH1)	=	13,500 mm
h =	TAB("Stahl/"Typ1; h; NH=NH1)	=	400,000 mm
s =	TAB("Stahl/"Typ1; s; NH=NH1)	=	8,600 mm

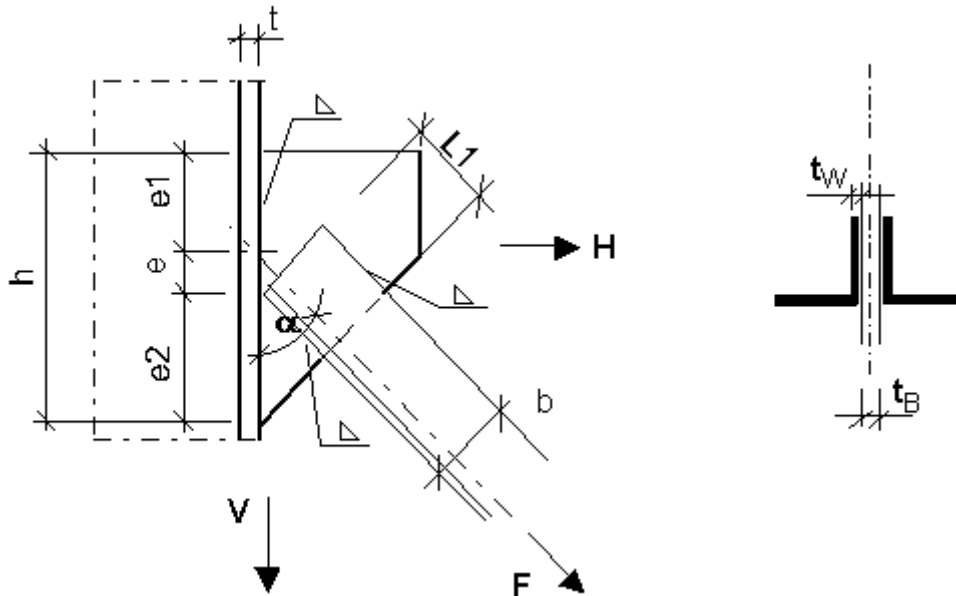
Schweißnähte:

$A_{Gurt} =$	$a_g * (b + 2*t + b-s) / 100$	=	30,3 cm ²
$A_{Steg} =$	$2 * a_{st} * h / 100$	=	32,0 cm ²

Nachweise:

KOMMENTAR: α_w nach Tab. 8.69 i.d.R. St 37 0,95 / St 52 0,80 / durchgeschw. 1.0

Beiwert α_w =		=	0,95
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²
$\sigma_{w,R,d}$ =	$\alpha_w \cdot \frac{f_{y,k}}{1,1}$	=	20,73 kN/cm ²
$N_{D,d}$ =	$\frac{N_d}{2} + \frac{\text{abs}(M_d)}{h+t} \cdot 10^3$	=	558,68 kN
$\sigma_{w,d}$ =	$\frac{N_{D,d}}{A_{\text{Gurt}}}$	=	18,44 kN/cm ²
$\frac{\sigma_{w,d}}{\sigma_{w,R,d}}$		=	<u>0,89 < 1</u>
$\tau_{w,d}$ =	$\frac{\text{abs}(V_d)}{A_{\text{Steg}}}$	=	6,25 kN/cm ²
$\frac{\tau_{w,d}}{\sigma_{w,R,d}}$		=	<u>0,30 < 1</u>

Knotenblechanschluß**Belastung / Geometrie:**

Zugkraft $F_d = 150,00 \text{ kN}$
 Kehlnaht $a = 3,0 \text{ mm}$

Blechdicke $\min.t = 10,0 \text{ mm}$
 Flanschdicke $\max.t = 12,0 \text{ mm}$

Schweißnahtlänge $L1 = 50,0 \text{ mm}$
 Schweißnahtlänge $h = 160,0 \text{ mm}$
 Außermittigkeit $e = 20,0 \text{ mm}$
 $e1 = 60,0 \text{ mm}$
 $e2 = 80,0 \text{ mm}$
 $b = 50,0 \text{ mm}$
 $h = e + e1 + e2 = 160,0 \text{ mm}$

Winkel $\alpha = 45,0^\circ$

KOMMENTAR: α_w nach Tab. 8.69 i.d.R. St 37 0,95 / St 52 0,80 / durchgeschw. 1.0

Beiwert $\alpha_w = 0,95$

Stahl = GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 37-2
 $f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{y,k}; \text{Bez=Stahl})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$

Anschluß Stab - Knotenblech:

$A_w = (2 \cdot L1 + b) \cdot a \cdot 2 / 100 = 9,0 \text{ cm}^2$

$\tau_{d''} = \frac{F_d}{A_w} = 16,67 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w \cdot \frac{f_{y,k}}{1,1} = 20,73 \text{ kN/cm}^2$

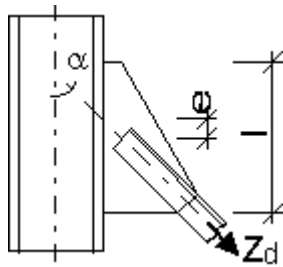
$\frac{\tau_{d''}}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{0,80 < 1}$

Anschluß Knotenblech an Stützenprofil:

$$\begin{aligned}
 H_d &= F_d \cdot \sin(\alpha) &= 106,07 \text{ kN} \\
 V_d &= F_d \cdot \cos(\alpha) &= 106,07 \text{ kN} \\
 M_d &= H_d \cdot e/10 &= 212,14 \text{ kNcm} \\
 A_w &= h \cdot a^2/100 &= 9,6 \text{ cm}^2 \\
 W_w &= h^2 \cdot a \cdot 2 / (6 \cdot 1000) &= 25,6 \text{ cm}^3 \\
 \sigma_d &= \frac{H_d}{A_w} + \frac{M_d}{W_w} &= 19,3 \text{ kN/cm}^2 \\
 \frac{\sigma_d}{\sigma_{w,R,d}} & &= \underline{\underline{0,93 < 1}}
 \end{aligned}$$

Nachweis Nahtmitte (max τ):

$$\begin{aligned}
 S_w &= 2 \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2 \cdot \frac{a}{2 \cdot 10^3} &= 19,20 \text{ cm}^3 \\
 \tau_{d''} &= \frac{100 \cdot V_d \cdot S_w}{a \cdot W_w \cdot h} &= 16,57 \text{ kN/cm}^2 \\
 \sigma_d &= \frac{H_d}{A_w} &= 11,05 \text{ kN/cm}^2 \\
 \sigma_{w,v,d} &= \sqrt{\tau_{d''}^2 + \sigma_d^2} &= 19,92 \text{ kN/cm}^2 \\
 \frac{\sigma_{w,v,d}}{\sigma_{w,R,d}} & &= \underline{\underline{0,96 < 1}}
 \end{aligned}$$

Schweißanschluß Knotenblech**Geometrie / Lasten / Querschnittswerte:**

$$\text{Zugkraft } Z_d = 300,00 \text{ kN}$$

$$\text{Kehlnaht } a = 3,0 \text{ mm}$$

KOMMENTAR: α_w nach Tab. 8.69 i.d.R. St 37 0,95 / St 52 0,80 / durchgeschw. 1.0

$$\text{Beiwert } \alpha_w = 0,95$$

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"Stahl/DIN"; Bez;}) = \text{St 37-2}$$

$$\text{Bleekdicke min. } t = 10,0 \text{ mm}$$

$$\text{Flanschdicke max. } t = 12,0 \text{ mm}$$

$$\text{Schweißnahtlänge } l = 340,0 \text{ mm}$$

$$\text{Außermittigkeit } e = 50,0 \text{ mm}$$

$$\text{Winkel } \alpha = 30,0^\circ$$

$$A_w = 2 * a/10 * l/10 = 20,4 \text{ cm}^2$$

$$W_w = 2 * a/10 * (l/10)^2 / 6 = 115,6 \text{ cm}^3$$

$$Z_{\text{par,d}} = Z_d * \text{COS}(\alpha) = 259,81 \text{ kN}$$

$$Z_{\text{re,d}} = Z_d * \text{SIN}(\alpha) = 150,00 \text{ kN}$$

$$M_d = Z_{\text{re,d}} * e/10 = 750,00 \text{ kNcm}$$

Nachweis der Schweißnahtdicke:

$$\text{min. } a = \text{MAX}(2,0 ; \sqrt{\text{max. } t - 0,5}) = 2,96 \text{ mm}$$

$$\text{max. } a = 0,70 * \text{min. } t = 7,00 \text{ mm}$$

$$\text{min. } a < a < \text{max. } a$$

Spannungsnachweis:

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; } f_{yk}; \text{Bez=Stahl})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{Z_{\text{par,d}}}{A_w} = 12,74 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{Z_{\text{re,d}}}{A_w} + \frac{M_d}{W_w} = 13,84 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,v,d} = \sqrt{\tau_d^2 + \sigma_d^2} = 18,81 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w \cdot \frac{f_{y,k}}{1,1} = 20,73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{w,v,d}}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{0,91 < 1}$$

gewählt: **BI 10 x 340 x 140**

Nachweis der Kehlnähte**Geometrie / Lasten:**

Zugkraft $N_{S,d}$ =		230,00 kN
Kehlnaht a =		4,0 mm
Kehlnahtlänge l =	2*150	= 300,0 mm

KOMMENTAR: α_w nach Tab. 8.69 i.d.R. St 37 0,95 / St 52 0,80 / durchgeschw. 1.0

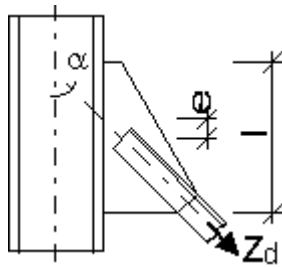
Beiwert α_w =		0,95
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 37-2
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	= 24,00 kN/cm ²

Spannungsnachweis:

$$\tau_{d''} = \frac{N_{S,d} * 100}{a * l} = 19,17 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w * \frac{f_{y,k}}{1,1} = 20,73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_{d''}}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

Schweißanschluß Knotenblech**Geometrie / Lasten / Querschnittswerte:**

$$\text{Zugkraft } Z_d = 300,00 \text{ kN}$$

$$\text{Kehlnaht } a = 3,0 \text{ mm}$$

$$\text{Blechdicke min. } t = 10,0 \text{ mm}$$

$$\text{Flanschdicke max. } t = 12,0 \text{ mm}$$

$$\text{Schweißnahtlänge } l = 340,0 \text{ mm}$$

$$\text{Außermittigkeit } e = 50,0 \text{ mm}$$

$$\text{Winkel } \alpha = 30,0^\circ$$

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"Stahl/DIN"; Bez;}) = \text{St 37-2}$$

$$A_w = 2 \cdot \frac{a}{10} \cdot \frac{l}{10} = 20,4 \text{ cm}^2$$

$$W_w = 2 \cdot \frac{a}{10} \cdot \frac{\left(\frac{l}{10}\right)^2}{6} = 115,6 \text{ cm}^3$$

$$Z_{\text{par,d}} = Z_d \cdot \text{COS}(\alpha) = 259,81 \text{ kN}$$

$$Z_{\text{re,d}} = Z_d \cdot \text{SIN}(\alpha) = 150,00 \text{ kN}$$

$$M_d = Z_{\text{re,d}} \cdot e/10 = 750,00 \text{ kNcm}$$

Nachweis der Schweißnahtdicke:

$$\text{min. } a = \text{MAX}(2,0 ; \sqrt{\text{max. } t \cdot 0,5}) = 2,96 \text{ mm}$$

$$\text{max. } a = 0,70 \cdot \text{min. } t = 7,00 \text{ mm}$$

$$\text{min. } a < a < \text{max. } a$$

Spannungsnachweis:

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"}; f_{y,k}; \text{Bez=Stahl})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\alpha_w = \text{WENN}(f_{y,k}=24; 0,95; 0,8) = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = \frac{Z_{\text{par,d}}}{A_w} = 12,74 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{Z_{\text{re,d}}}{A_w} + \frac{M_d}{W_w} = 13,84 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,v,d} = \sqrt{\tau_d^2 + \sigma_d^2} = 18,81 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w \cdot \frac{f_{y,k}}{1,1} = 20,73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{w,v,d}}{\sigma_{w,R,d}} = \underline{0,91 < 1}$$

gewählt: **BI 10 x 340 x 140**

Abgrenzungskriterien für Biegedrillknicknachweis

Der Nachweis nach DIN 18800 Teil 2 darf entfallen bei:

Bedingung a)

bei Stäben mit Hohlquerschnitt

Bedingung b)

bei Stäben mit I-förmigen Querschnitten, die nur durch M_z beansprucht sind

Bedingung c)

Bei einfachsymmetrischen Querschnitten, die durch M_y beansprucht sind und deren Druckgurt seitlich unverschieblich gehalten ist, sowie folgender Nachweis erfüllt wird:

Systemwerte und Einwirkungen:

Abstand Halterung $c =$ 250,00 cm
Moment $M_{y,d} =$ 375,00 kNm

Träger Typ = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = IPE
Nennhöhe NH = GEW("Stahl/Typ; NH;) = 500
Stahl = GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 37-2

Faktor $f =$ WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1) = 1,0
 $M_{pl,y,d} =$ TAB("Stahl/Typ; M_{plyd} ; NH=NH) * $f =$ 480,00 kNm
 $f_{y,k} =$ TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10 = 24,00 kN/cm²
 $i_{z,g} =$ TAB("Stahl/Typ; i_{zg} ; NH=NH) = 4,96 cm

Nachweis:

$$\lambda_a = \pi \sqrt{\frac{21000}{f_{y,k}}} = 92,93$$

$$zul.c = 0,50 * \lambda_a * i_{z,g} * \frac{M_{pl,y,d}}{M_{y,d}} = 295,00 \text{ cm}$$

$$v = c / zul.c = \underline{0,85 < 1}$$

Wenn eine der Bedingungen a) bis c) erfüllt ist, kann der Tragsicherheits- und der Biegedrillknicknachweis nach DIN 18800 Teil 2 entfallen.

Abgrenzungskriterien für Biegeknicknachweis**Systemwerte und Einwirkungen**

Systemlänge L =	4,80 m		
Knicklängenbeiwert β =	2,00		
Normalkraft N_d =	700,00 kN		
Beiwert γ_M =	1,1		
Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	HEA
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl/"Typ; NH;)	=	400
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
I =	TAB("Stahl/"Typ; I _y ; NH=NH)	=	45070,00 cm ⁴
A =	TAB("Stahl/"Typ; A; NH=NH)	=	159,00 cm ²
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Bedingung a)

$$s_k = \beta * L * 100 = 960,00 \text{ cm}$$

$$N_{ki,d} = \frac{\pi^2 * 21000 * \frac{I}{s_k^2}}{\gamma_M} = 9214,48 \text{ kN}$$

$$v = \frac{N_d}{0,1 * N_{ki,d}} = \underline{\underline{0,76 < 1}}$$

Bedingung b)

$$\lambda_a = \frac{\pi * \sqrt{21000}}{f_{y,k}} = 92,93$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 16,84 \text{ m}$$

$$\lambda_k = \frac{s_k}{i} = 57,01$$

$$\lambda_{k'} = \frac{\lambda_k}{\lambda_a} = 0,613$$

$$\sigma_{N,d} = \frac{N_d}{A} = 4,40 \text{ kN/cm}^2$$

$$v = \frac{\lambda_k}{0,3 * \sqrt{\frac{f_{y,k}}{1,1 * \sigma_{N,d}}}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

Bedingung c)

$$\varepsilon = 100 * L * \sqrt{\frac{N_d * 1,1}{21000 * I}} = 0,433$$

$$v = \varepsilon * \beta = \underline{\underline{0,87 < 1}}$$

Wenn eine der Bedingungen a) bis c) erfüllt ist, kann der Tragsicherheits- und der Biegeknicknachweis nach DIN 18800 Teil 2 entfallen.

Biegedrillknicknachweis:

Systemwerte:

Lastausmitte e =	85,50 mm	
Trägerlänge l =	400,00 cm	
Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	= HEA
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl/Typ; NH;)	= 180
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	= St 37-2
h =	TAB("Stahl/Typ; h; NH=NH)	= 171,0 mm
b =	TAB("Stahl/Typ; b; NH=NH)	= 180,0 mm
t =	TAB("Stahl/Typ; t; NH=NH)	= 9,5 mm
I _z =	TAB("Stahl/Typ; I _z ; NH=NH)	= 925,0 cm ⁴
I _y =	TAB("Stahl/Typ; I _y ; NH=NH)	= 2510,0 cm ⁴
Faktor f =	WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1)	= 1,0
N _{pl,d} =	TAB("Stahl/Typ; N _{pl,d} ; NH=NH) * f	= 987,0 kN
M _{pl,y,d} =	100*TAB("Stahl/Typ; M _{plyd} ; NH=NH) * f	= 7310,0 kNcm

Beanspruchung:

N _d =	315,00 kN
M _{y,d} =	25,00 kNm

Biegedrillknicknachweis:

$$N_{Ki,z,d} = \frac{\pi^2 * 21000 * I_z}{l^2 * 1,1} = 1089,3 \text{ kN}$$

$$\lambda_{k,z}' = \sqrt{\frac{N_{pl,d}}{N_{Ki,z,d}}} = 0,95$$

$$h/b = 0,95$$

$$\Rightarrow knl = \frac{c}{c} = 1$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \alpha; knl=knl) = 0,49$$

$$k = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{k,z}' - 0,20) + \lambda_{k,z}'^2) = 1,135$$

$$\kappa_z = \text{WENN}(\lambda_{k,z}' \leq 0,2; 1; \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{k,z}'^2}}) = 0,569$$

$$\kappa_z = \text{WENN}(\lambda_{k,z}' > 3; \frac{1}{\lambda_{k,z}' * (\lambda_{k,z}' + \alpha)}; \kappa_z) = 0,569$$

$$M_{Ki,z,d} = \text{WENN}(h < 600; \frac{1,32 * b * t * 21000 * I_y}{l * h^2 * 1,1}) = 9247,4 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_M' = \sqrt{\frac{M_{pl,y,d}}{M_{Ki,z,d}}} = 0,89$$

Träger gewalzt / geschweißt / Waben / ausgeklinkt / Voute -> n = 2,5 / 2,0 / 1,5 / 2,0 / T. 8.43
 n = 2,5

$$\kappa_M = \text{MIN} \left(\left(\frac{1}{1 + \lambda_{M'}} \right)^{1/n}; 1 \right) = 0,837$$

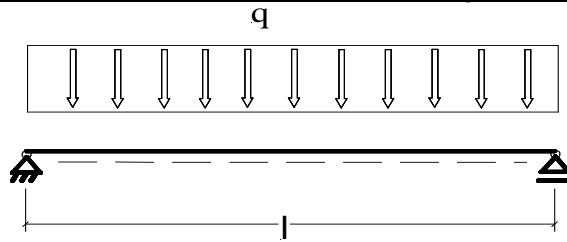
$$\beta_M = 1,8 - 0,7 * 0 = 1,80$$

$$\alpha_y = \text{MIN} (0,9; 0,15 * \lambda_{k,z}' * \beta_M - 0,15) = 0,11$$

$$k_y = \text{MIN} \left(1,0; 1 - \frac{N_d}{\kappa_z * N_{pl,d}} * \alpha_y \right) = 0,94$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{\kappa_z * N_{pl,d}} + \frac{M_{y,d} * 100}{\kappa_M * M_{pl,y,d}} * k_y = \underline{0,94 < 1}$$

Biegedrillknicknachweis mit idealem Biegedrillknickmoment**Statisches System:**

$$q_d = 30,00 \text{ kN/m}$$

$$L = 6,00 \text{ m}$$

Profil:

$$\begin{aligned} \text{Träger Typ} &= \text{GEW}(\text{"Stahl/Profile"; Bez; }) &= & \text{IPE} \\ \text{Nennhöhe NH} &= \text{GEW}(\text{"Stahl/Typ; NH; }) &= & 400 \\ \text{Stahl} &= \text{GEW}(\text{"Stahl/DIN"; Bez; }) &= & \text{St 37-2} \end{aligned}$$

$$\gamma_M = 1,1$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor } f &= \text{WENN}(\text{Stahl}=\text{"St 52-3" ODER Stahl}=\text{"S 355"; 1,5 ; 1}) &= & 1,0 \\ h &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; h; NH=NH}) &= & 400,00 \text{ mm} \\ I_z &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; I_z; NH=NH}) &= & 1320,00 \text{ cm}^4 \\ I_w &= 1000 * \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; I_w; NH=NH}) &= & 490000,00 \text{ cm}^6 \\ I_T &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; I_T; NH=NH}) &= & 51,10 \text{ cm}^4 \\ M_{pl,y,d} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; M_{plyd; NH=NH}) &= & 289,00 \text{ kNm} \\ f_{y,k} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; f_{yk; Bez=Stahl}/10}) &= & 24,00 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis:

$$M_{y,d} = \frac{q_d * L^2}{8} = 135,00 \text{ kNm}$$

$$N_{ki,z,d} = \frac{\pi^2 * 21000 * I_z}{(L * 100)^2 * \gamma_M} = 690,9 \text{ kN}$$

$$c = \sqrt{\frac{I_w + 0,039 * (100 * L)^2 * I_T}{I_z}} = 30,24 \text{ cm}$$

$$z_p = -h/20 = -20,00 \text{ cm}$$

Momentenverlauf Rechteck / Parabel / Dreieck / Trapez -> $\zeta = 1,00 / 1,12 / 1,35$ / siehe 8,43

$$\zeta = 1,12$$

$$M_{ki,y,d} = \zeta * N_{ki,z,d} * \left(\sqrt{c^2 + 0,25 * z_p^2} + 0,5 * z_p \right) = 16908,13 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{M'} = \sqrt{\frac{M_{pl,y,d} * 100}{M_{ki,y,d}}} = 1,31$$

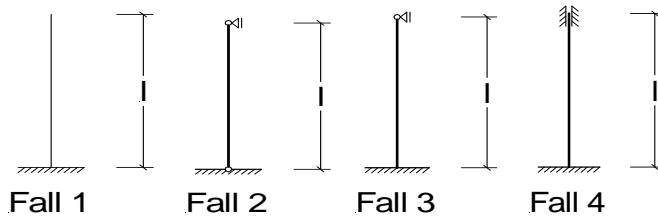
Träger gewalzt / geschweißt / Waben / ausgeklinkt / Voute -> $n = 2,5 / 2,0 / 1,5 / 2,0$ / T. 8.43

$$n = 2,50$$

$$\kappa_M = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappaM"; } \kappa_M; n=n; \lambda_{\text{querM}}=\lambda_{M'}) = 0,53$$

$$\frac{M_{y,d}}{\kappa_M * M_{pl,y,d}} = \underline{\underline{0,88 < 1}}$$

Biegeknicknachweis



Systemwerte und Einwirkungen:

Systemlänge L = 4,50 m
 Knicklängenbeiwert β = 1,00
 Normalkraft N_d = 3200,00 kN

Träger Typ = GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
 Nennhöhe NH = GEW("Stahl/Typ; NH;) = 400
 Stahl = GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 37-2

$I =$ TAB("Stahl/Typ; I_z ; NH=NH) = 10820,00 cm⁴
 $A =$ TAB("Stahl/Typ; A; NH=NH) = 198,00 cm²
 $h =$ TAB("Stahl/Typ; h; NH=NH) = 400,00 cm
 $b =$ TAB("Stahl/Typ; b; NH=NH) = 300,00 cm
 $N_{pl,d} =$ TAB("Stahl/Typ; $N_{pl,d}$; NH=NH) = 4320,00 cm
 $f_{y,k} =$ TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl) = 240,00 N/mm²
 $N_{pl,d} =$ WENN($f_{y,k}=360$; $1,5 \cdot N_{pl,d}$; $N_{pl,d}$) = 4320,00 kN

Berechnung:

$$s_k = \beta \cdot L \cdot 100 = 450,00 \text{ cm}$$

$$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{f_{y,k}}} = 92,93$$

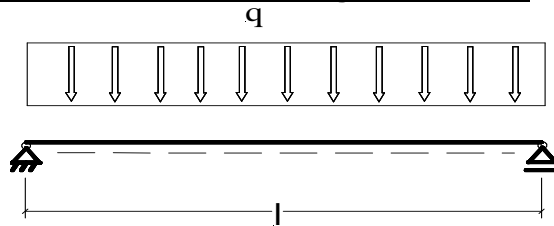
$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 7,39 \text{ m}$$

$$\lambda_k = \frac{s_k}{i} = 60,89$$

$$\lambda_{k'} = \frac{\lambda_k}{\lambda_a} = 0,655$$

Knickspannungslinie und Faktor κ :

$h/b = 1,33$
 $\Rightarrow knl = c$
 $\alpha =$ TAB("Beiwerte/kappa"; α ; knl=knl) = 0,49
 $k = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{k'} - 0,20) + \lambda_{k'}^2) = 0,826$
 $\kappa =$ WENN($\lambda_{k'} \leq 0,2$; $1; \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{k'}^2}}$) = 0,752
 $\kappa =$ WENN($\lambda_{k'} > 3$; $\frac{1}{\lambda_{k'} \cdot (\lambda_{k'} + \alpha)}$; κ) = 0,752
 $\frac{N_d}{\kappa \cdot N_{pl,d}} = \underline{\underline{0,99 < 1}}$

Vereinfachter Nachweis auf Biegedrillknicken**Statisches System:**

$$q_d = 27,00 \text{ kN/m}$$

$$l = 6,00 \text{ m}$$

Abstand der seitlichen Halterung

$$c = 100 \cdot l = 600,00 \text{ cm}$$

$$M_{y,d} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = 121,50 \text{ kNm}$$

Profil:

Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl/Typ; NH;)	=	400
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
h =	TAB("Stahl/Typ; h; NH=NH)	=	400,00 mm
b =	TAB("Stahl/Typ; b; NH=NH)	=	180,00 mm
$i_{z,g}$ =	TAB("Stahl/Typ; $i_{z,g}$; NH=NH)	=	4,49 cm
Faktor f =	WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1)	=	1,0
$M_{pl,y,d}$ =	TAB("Stahl/Typ; $M_{pl,y,d}$; NH=NH) * f	=	289,00 kNm
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Nachweis:Normalkraftverlauf Rechteck / Parabel / Dreieck / Trapez-> $k_c = 1,00 / 0,94 / 0,86 /$ siehe 8,41

$$k_c = 0,94$$

$$\lambda_a = \frac{\pi \cdot \sqrt{21000}}{f_{y,k}} = 92,93$$

$$\lambda_k = \frac{c \cdot k_c}{i_{z,g} \cdot \lambda_a} = 1,35$$

$$h/b = 2,22$$

$$knl = c$$

$$\alpha = \text{TAB("Beiwerte/kappa"; } \alpha; knl=knl) = 0,49$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_k - 0,20) + \lambda_k^2) = 1,693$$

$$\kappa = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_k^2}}; 1\right) = 0,368$$

$$0,843 \cdot \frac{M_{y,d}}{\kappa \cdot M_{pl,y,d}} = \underline{0,96 < 1}$$

Zweiachsige Biegung mit Normalkraft**Systemwerte:**

Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	HEA
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl/"Typ; NH;)	=	180
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
$I_z =$	TAB("Stahl/"Typ; I_z ; NH=NH)	=	925,00 cm ⁴
$I_y =$	TAB("Stahl/"Typ; I_y ; NH=NH)	=	2510,00 cm ⁴
$W_z =$	TAB("Stahl/"Typ; W_z ; NH=NH)	=	103,00 cm ³
$W_y =$	TAB("Stahl/"Typ; W_y ; NH=NH)	=	294,00 cm ³
$f_{y,k} =$	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²
Faktor f =	WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1) =	=	1,0
$s_{k,y} =$	4,0 m		
$s_{k,z} =$	4,0 m		
$\gamma_M =$	1,1		

Beanspruchung:

$N_d =$	315,00 kN
$M_{y,d} =$	10,00 kNm
$M_{z,d} =$	2,00 kNm

Beanspruchbarkeit:

$N_{pl,d} =$	TAB("Stahl/"Typ; $N_{pl,d}$; NH=NH) * f	=	987,00 kN
$M_{pl,y,d} =$	TAB("Stahl/"Typ; $M_{pl,y,d}$; NH=NH) * f	=	73,10 kNm
$M_{pl,z,d} =$	TAB("Stahl/"Typ; $M_{pl,z,d}$; NH=NH) * f	=	28,00 kNm

Ausweichen senkrecht zur y-Achse:

$N_{Ki,y,d} =$	$\pi^2 * 21000 * \frac{I_y}{\gamma_M * (s_{ky} * 100)^2}$	=	2955,83 kN
$\lambda_{k,y}' =$	$\sqrt{\frac{N_{pl,d}}{N_{Ki,y,d}}}$	=	0,58
$k_{nl} =$		=	b
$\alpha =$	TAB("Beiwerte/kappa"; α ; $k_{nl}=k_{nl}$)	=	0,34
$k =$	$0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{k,y}' - 0,20) + \lambda_{k,y}'^2)$	=	0,733
$\kappa_y =$	$\text{MIN}(1; \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{k,y}'^2}})$	=	0,847

β_M (Momentenverl.) Rechteck 1,1 / Parabel 1,3 / Dreieck 1,4 / sonst Tafel 8.48

$$\beta_{M,y} = 1,30$$

$$W_{pl,y} = \gamma_M * 100 * \frac{M_{pl,y,d}}{f_{y,k}} = 335,04 \text{ cm}^3$$

$$\alpha_{pl,y} = \frac{W_{pl,y}}{W_y} = 1,14$$

$$a_y = \text{MIN}(\lambda_{k,y}' * (2 * \beta_{M,y} - 4) + (\alpha_{pl,y} - 1); 0,8) = -0,672$$

$$k_y = \text{MIN}\left(1 - \frac{N_d}{\kappa_y * N_{pl,d}} * a_y; 1,5\right) = 1,253$$

Ausweichen senkrecht zur z-Achse:

$$N_{Ki,z,d} = \frac{\pi^2 * 21000 * I_z}{(100 * s_{k,z})^2 * \gamma_M} = 1089,3 \text{ kN}$$

$$\lambda_{k,z}' = \sqrt{\frac{N_{pl,d}}{N_{Ki,z,d}}} = 0,95$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"Beiwerte/kappa"; } \alpha; \text{knl=knl}) = 0,49$$

$$k = \frac{0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{k,z}' - 0,20) + \lambda_{k,z}'^2)}{1} = 1,135$$

$$\kappa_z = \text{MIN}\left(1; \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{k,z}'^2}}\right) = 0,569$$

 β_M (Momentenverl.) Rechteck 1,1 / Parabel 1,3 / Dreieck 1,4 / sonst Tafel 8.48

$$\beta_{M,z} = 1,30$$

$$W_{pl,z} = \gamma_M * 100 * \frac{M_{pl,z,d}}{f_{y,k}} = 128,33 \text{ cm}^3$$

$$\alpha_{pl,z} = \frac{W_{pl,z}}{W_z} = 1,25$$

$$a_z = \text{MIN}(\lambda_{k,z}' * (2 * \beta_{M,z} - 4) + (\alpha_{pl,z} - 1); 0,8) = -1,080$$

$$k_z = \text{MIN}\left(1 - \frac{N_d}{\kappa_z * N_{pl,d}} * a_z; 1,5\right) = 1,500$$

Nachweis:

$$\kappa = \text{MIN}(\kappa_y; \kappa_z) = 0,569$$

$$\frac{N_d}{\kappa * N_{pl,d}} + \frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} * k_y + \frac{M_{z,d}}{M_{pl,z,d}} * k_z = \underline{\underline{0,84 < 1}}$$

Vereinfachter Nachweis für I-förmige Walzprofile mit N , V_z , V_y , M_y , M_z

Systemwerte:

Profil =	GEW("Stahl/IProf"; Bez;)	=	IPE 180
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
A =	TAB("Stahl/IProf"; A; Bez=Profil)	=	23,90 cm ²
h =	TAB("Stahl/IProf"; h; Bez=Profil)	=	180,00 mm
b =	TAB("Stahl/IProf"; b; Bez=Profil)	=	91,00 mm
s =	TAB("Stahl/IProf"; s; Bez=Profil)	=	5,30 mm
t =	TAB("Stahl/IProf"; t; Bez=Profil)	=	8,00 mm
W_y =	TAB("Stahl/IProf"; W_y ; Bez=Profil)	=	146,00 cm ³
W_z =	TAB("Stahl/IProf"; W_z ; Bez=Profil)	=	22,20 cm ³
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; f_{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,0 kN/cm ²
γ_M =	1,1		

Beanspruchung:

N_d =	315,00 kN
$M_{y,d}$ =	10,00 kNm
$V_{z,d}$ =	10,00 kN
$M_{z,d}$ =	2,00 kNm
$V_{y,d}$ =	2,00 kN

Beanspruchbarkeit:

$\sigma_{R,d}$ =	$\frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$	=	21,82 kN/cm ²
$\tau_{R,d}$ =	$\frac{\sigma_{R,d}}{\sqrt{3}}$	=	12,60 kN/cm ²
$N_{pl,d}$ =	$A * \frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$	=	521,45 kN
$M_{pl,y,d}$ =	$1,14 * \sigma_{R,d} * \frac{W_y}{100}$	=	36,32 kNm
$V_{pl,z,d}$ =	$\tau_{R,d} * (h-t) * s / 100$	=	114,86 kN
$M_{pl,z,d}$ =	$1,25 * \sigma_{R,d} * \frac{W_z}{100}$	=	6,06 kNm
$V_{pl,y,d}$ =	$\tau_{R,d} * 2 * t * b / 100$	=	183,46 kN

Vereinfachte Nachweise:

$$\frac{V_{z,d}}{0,33 * V_{pl,z,d}} = 0,26 < 1$$

$$\frac{V_{y,d}}{0,25 * V_{pl,y,d}} = \underline{0,04 < 1}$$

$$c = \frac{N_{pl,d}}{N_d} = 1,6554$$

$$c_1 = \left(\frac{N_d}{N_{pl,d}} \right)^{2,6} = 0,2697$$

$$c_2 = (1 - c_1)^{-c} = 1,6825$$

$$M_{y'd} = \left(1 - \left(\frac{N_d}{N_{pl,d}} \right)^{1,2} \right) * M_{pl,y,d} = 16,48 \text{ kNm}$$

$$M_{z'd} = \left(1 - c_1 - c_2 * \left(\frac{M_{y'd}}{M_{pl,y,d}} \right)^{2,3} \right) * M_{pl,z,d} = 2,77 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,d}}{M_{y'd}} = \underline{0,61 < 1}$$

WENN $M_y \leq M_{y'}$ (o.g. Ausdruck ≤ 1) muß folgender Ausdruck erfüllt sein

$$\frac{M_{z,d}}{M_{pl,z,d}} + c_1 + c_2 * \left(\frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} \right)^{2,3} = \underline{0,69 < 1}$$

SONST

$$\frac{\left(\frac{M_{z,d}}{M_{pl,z,d}} - \frac{M_{z'd}}{M_{pl,z,d}} \right)}{40} + \left(\frac{N_d}{N_{pl,d}} \right)^{1,2} + \frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} = \underline{0,82 < 1}$$

Nachweis Elastisch - Elastisch bei Beanspruchung mit N, M_y und V_z

Systemwerte:

Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl"/Typ; NH;)	=	300
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
A =	TAB("Stahl"/Typ; A; NH=NH)	=	53,80 cm ²
h =	TAB("Stahl"/Typ; h; NH=NH)	=	300,00 mm
b =	TAB("Stahl"/Typ; b; NH=NH)	=	150,00 mm
s =	TAB("Stahl"/Typ; s; NH=NH)	=	7,10 mm
t =	TAB("Stahl"/Typ; t; NH=NH)	=	10,70 mm
W _y =	TAB("Stahl"/Typ; W _y ; NH=NH)	=	557,00 cm ³
I _y =	TAB("Stahl"/Typ; I _y ; NH=NH)	=	8360,00 cm ³
f _{y,k} =	TAB("Stahl/DIN"; f _{y,k} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²
γ _M =	1,1		
α _{pl,y} =	1,14		

Beanspruchung:

N _d =	500,00 kN
M _{y,d} =	5300,00 kNcm
V _{z,d} =	150,00 kN

Beanspruchbarkeit:

σ _{R,d} =	$\frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$	=	21,82 kN/cm ²
τ _{R,d} =	$\frac{\sigma_{R,d}}{\sqrt{3}}$	=	12,60 kN/cm ²

Spannungsnachweis:

$$\sigma_{x,d} = \frac{N_d}{A} + \frac{M_{y,d}}{\alpha_{pl,y} \cdot W_y} = 17,64 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{x,d}}{\sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,81 < 1}}$$

$$A_G / A_{Steg} = \frac{b \cdot t}{(h - t) \cdot s} = 0,78 > 0,6$$

somit ist:

$$\tau_d = \frac{V_{z,d} \cdot 100}{(h - t) \cdot s} = 7,30 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{\tau_{R,d}} = \underline{\underline{0,58 < 1}}$$

$$\frac{\sigma_{x,d}}{\sigma_{R,d}} = 0,81 > 0,5 \rightarrow \text{Vergleichsspannungs-NW}$$

$$\frac{\tau_d}{\tau_{R,d}} = 0,58 > 0,5 \rightarrow \text{Vergleichsspannungs-NW}$$

Vergleichsspannung:

$$\sigma_d = \frac{N_d}{A} + M_{y,d} * \frac{\left(\frac{h}{2} - t\right)}{10 * I_y} = 18,12 \text{ kN/cm}^2$$

örtlich begrenzte Plastifizierung:

$$\frac{\sigma_d}{0,8 * \sigma_{R,d}} = 1,04 > 1 \rightarrow \text{nicht erfüllt}$$

$$\text{Erhöhungsfaktor für } \sigma_{R,d} \rightarrow \alpha_{R,d} = 1,00$$

$$\sigma_{\text{maßg,d}} = \text{MIN}(\sigma_d ; \sigma_{x,d}) = 17,64 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{v,d} = \sqrt{\sigma_{\text{maßg,d}}^2 + 3 * \tau_d^2} = 21,70 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{v,d}}{\alpha_{R,d} * \sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,99 < 1}}$$

Nachweis Elastisch - Plastisch bei Beanspruchung mit N, M_y und V_z

Systemwerte:

Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IFE
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl"/Typ; NH;)	=	270
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Faktor f =	WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1)	=	1,0
N _{pl,d} =	TAB("Stahl"/Typ; N _{pl,d} ; NH=NH) * f	=	1000,00 kN
V _{pl,z,d} =	TAB("Stahl"/Typ; V _{pl,z,d} ; NH=NH) * f	=	216,00 kN
M _{pl,y,d} =	TAB("Stahl"/Typ; M _{pl,y,d} ; NH=NH) * f	=	107,00 kNm
f _{y,k} =	TAB("Stahl/DIN"; f _{y,k} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Beanspruchung:

N _d =	200,00 kN
M _{y,d} =	55,00 kNm
V _{z,d} =	150,00 kN

Spannungsnachweis:

k _N =	TAB("Beiwerte/NwMy"; k _N ; N/N _{pl,d} > N _d /N _{pl,d} ; V/V _{pl,z,d} > V _{z,d} /V _{pl,z,d})	=	0,89
k _V =	TAB("Beiwerte/NwMy"; k _V ; N/N _{pl,d} > N _d /N _{pl,d} ; V/V _{pl,z,d} > V _{z,d} /V _{pl,z,d})	=	0,33
k _M =	TAB("Beiwerte/NwMy"; k _M ; N/N _{pl,d} > N _d /N _{pl,d} ; V/V _{pl,z,d} > V _{z,d} /V _{pl,z,d})	=	0,80

$$k_N * \frac{N_d}{N_{pl,d}} + k_M * \frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} + k_V * \frac{V_{z,d}}{V_{pl,z,d}} = \underline{\underline{0,818 < 1}}$$

Nachweis Elastisch - Plastisch bei Beanspruchung mit N, M_z und V_y

Systemwerte:

Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IFE
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl"/Typ; NH;)	=	300
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2
Faktor f =	WENN(Stahl="St 52-3" ODER Stahl="S 355"; 1,5 ; 1)	=	1,0
N _{pl,d} =	TAB("Stahl"/Typ; N _{pl,d} ; NH=NH) * f	=	1170,00 kN
V _{pl,y,d} =	TAB("Stahl"/Typ; V _{plyd} ; NH=NH) * f	=	404,00 kN
M _{pl,z,d} =	TAB("Stahl"/Typ; M _{plzd} ; NH=NH) * f	=	22,00 kNm
f _{y,k} =	TAB("Stahl/DIN"; f _{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Beanspruchung:

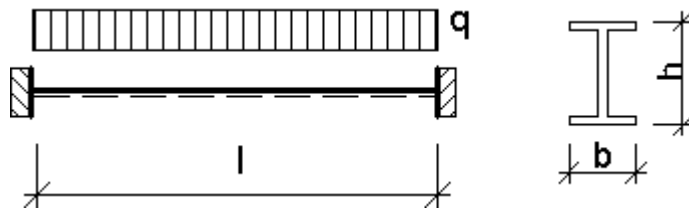
N _d =	500,00 kN
M _{z,d} =	15,00 kN
V _{y,d} =	50,00 kNm

Spannungsnachweis:

k _N =	TAB("Beiwerte/NwMz"; k _N ; N/N _{pl,d} > N _d /N _{pl,d} ; V/V _{pl,y,d} > V _{y,d} /V _{pl,y,d})	=	1,00
k _V =	TAB("Beiwerte/NwMz"; k _V ; N/N _{pl,d} > N _d /N _{pl,d} ; V/V _{pl,y,d} > V _{y,d} /V _{pl,y,d})	=	0,00
k _M =	TAB("Beiwerte/NwMz"; k _M ; N/N _{pl,d} > N _d /N _{pl,d} ; V/V _{pl,y,d} > V _{y,d} /V _{pl,y,d})	=	0,91

$$k_N * \left(\frac{N_d}{N_{pl,d}} \right)^2 + k_M * \frac{M_{z,d}}{M_{pl,z,d}} + k_V * \left(\frac{V_{y,d}}{V_{pl,y,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,803 < 1}}$$

Pos.:Eingespannter Träger - Nachweis Elastisch - Elastisch



Systemwerte und Beanspruchung:

$$l = 5,00 \text{ m}$$

$$q_d = 33,90 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_M = 1,1$$

$$\alpha_{pl,y} = 1,14$$

Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;)	=	IPE
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl"/Typ; NH;)	=	240
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	St 37-2

Querschnittswerte:

A =	TAB("Stahl"/Typ; A; NH=NH)	=	39,10 cm ²
h =	TAB("Stahl"/Typ; h; NH=NH)	=	240,00 mm
b =	TAB("Stahl"/Typ; b; NH=NH)	=	120,00 mm
s =	TAB("Stahl"/Typ; s; NH=NH)	=	6,20 mm
t =	TAB("Stahl"/Typ; t; NH=NH)	=	9,80 mm
I _y =	TAB("Stahl"/Typ; I _y ; NH=NH)	=	3890,00 cm ⁴
W _y =	TAB("Stahl"/Typ; W _y ; NH=NH)	=	324,00 cm ³
f _{y,k} =	TAB("Stahl/DIN"; f _{yk} ; Bez=Stahl)/10	=	24,00 kN/cm ²

Schnittgrößen und Beanspruchbarkeit:

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{R,d} = \frac{\sigma_{R,d}}{\sqrt{3}} = 12,60 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{y,d} = 100 * q_d * \frac{l^2}{12} = 7062,50 \text{ kNcm}$$

$$V_{z,d} = q_d * \frac{l}{2} = 84,75 \text{ kN}$$

Spannungsnachweis:

$$\sigma_{x,d} = \frac{M_{y,d}}{\alpha_{pl,y} \cdot W_y} = 19,12 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{x,d}}{\sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,88 < 1}}$$

$$A_G / A_{Steg} = \frac{b \cdot t}{(h - t) \cdot s} = 0,82 > 0,6$$

somit ist:

$$\tau_d = \frac{V_{z,d} \cdot 100}{(h - t) \cdot s} = 5,94 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{\tau_{R,d}} = \underline{\underline{0,47 < 1}}$$

$$\frac{\sigma_{x,d}}{\sigma_{R,d}} = 0,88 > 0,5 \rightarrow \text{Vergleichsspannungs-NW}$$

$$\frac{\tau_d}{\tau_{R,d}} = 0,47 < 0,5 \rightarrow \text{kein Vergleichsspannungs-NW}$$

Vergleichsspannung:

$$\sigma_d = M_{y,d} \cdot \frac{\left(\frac{h}{2} - t\right)}{10 \cdot I_y} = 20,01 \text{ kN/cm}^2$$

örtlich begrenzte Plastifizierung:

$$\frac{\sigma_d}{0,8 \cdot \sigma_{R,d}} = 1,15 > 1 \rightarrow \text{nicht erfüllt}$$

$$\text{Erhöhungsfaktor für } \sigma_{R,d} \rightarrow \alpha_{R,d} = 1,00$$

$$\sigma_{maßg,d} = \frac{\text{MIN}(\sigma_d ; \sigma_{x,d})}{\alpha_{R,d}} = 19,12 \text{ kN/cm}^2$$

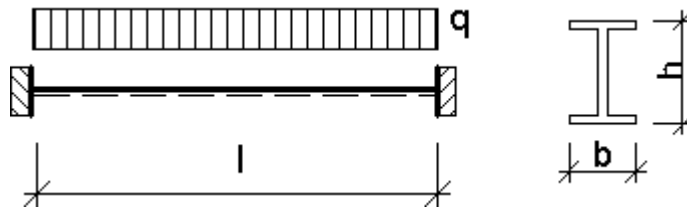
$$\sigma_{v,d} = \sqrt{\sigma_{maßg,d}^2 + 3 \cdot \tau_d^2} = 21,71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{v,d}}{\alpha_{R,d} \cdot \sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,99 < 1}}$$

OHNE VGL.-Spannungsnachweis:

$$\frac{\sigma_d}{\alpha_{R,d} \cdot \sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

Pos.: Eingespannter Träger - Nachweis Elastisch - Plastisch



Systemwerte und Beanspruchung:

$$\begin{aligned}
 l &= 5,00 \text{ m} \\
 q_d &= 35,50 \text{ kN/m} \\
 \gamma_M &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Träger Typ} &= \text{GEW}(\text{"Stahl/Profile"; Bez; }) &= & \text{IPE} \\
 \text{Nennhöhe NH} &= \text{GEW}(\text{"Stahl/Typ; NH; }) &= & 240 \\
 \text{Stahl} &= \text{GEW}(\text{"Stahl/DIN"; Bez; }) &= & \text{St 37-2}
 \end{aligned}$$

Querschnittswerte:

$$\begin{aligned}
 h &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; h; NH=NH}) &= & 240,00 \text{ mm} \\
 s &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; s; NH=NH}) &= & 6,20 \text{ mm} \\
 t &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; t; NH=NH}) &= & 9,80 \text{ mm} \\
 W_y &= \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; W_y; NH=NH}) &= & 324,00 \text{ cm}^3 \\
 f_{y,k} &= \text{TAB}(\text{"Stahl/DIN"; f_{yk}; Bez=Stahl)/10} &= & 24,00 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Schnittgrößen:

$$\begin{aligned}
 M_{y,d} &= 100 * q_d * \frac{l^2}{12} &= & 7395,83 \text{ kNcm} \\
 V_{z,d} &= q_d * \frac{l}{2} &= & 88,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{R,d} &= \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} &= & 21,82 \text{ kN/cm}^2 \\
 \tau_{R,d} &= \frac{\sigma_{R,d}}{\sqrt{3}} &= & 12,60 \text{ kN/cm}^2 \\
 M_{pl,y,d} &= 1,14 * \sigma_{R,d} * W_y &= & 8059,44 \text{ kNcm} \\
 V_{pl,z,d} &= \tau_{R,d} * (h-t) * s / 100 &= & 179,83 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Spannungsnachweis:

$$\frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} = 0,918$$

$$\frac{V_{z,d}}{V_{pl,z,d}} = 0,494$$

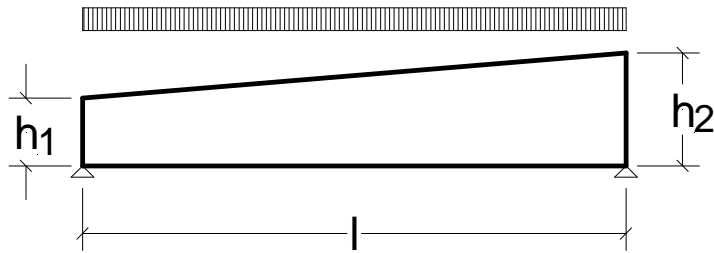
nach Tabelle 16 DIN 18800 T1 ergeben sich folgende Beiwerte:

$$k_M = 0,88$$

$$k_V = 0,37$$

$$k_M * \frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} + k_V * \frac{V_{z,d}}{V_{pl,z,d}} = \underline{\underline{0,990 < 1}}$$

Pultdachträger



System:

Stützweite $l =$	9,00 m
Trägerhöhe $h_1 =$	36,00 cm
Trägerhöhe $h_2 =$	100,00 cm
Trägerbreite $b =$	14,00 cm

Einwirkungen:

Eigenlast $g_k =$	4,00 kN/m
Schneelast $q_{s,k} =$	5,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL32h
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	32,00 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; ft90k; FK=FK)*10	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	3,30 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

Stelle x mit der maximalen Biegebeanspruchung:

$$x = \frac{l \cdot h_1}{h_1 + h_2} = 2,38 \text{ m}$$

$$M_{x,G,k} = 0,5 \cdot g_k \cdot x \cdot (l - x) = 31,51 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Qs,k} = 0,5 \cdot q_{s,k} \cdot x \cdot (l - x) = 39,39 \text{ kNm}$$

$$M_{x,d} = 1,35 \cdot M_{x,G,k} + 1,5 \cdot M_{x,Qs,k} = 101,62 \text{ kNm}$$

Biegebeanspruchung:

$$h_x = \frac{2 \cdot h_1 \cdot h_2}{(h_1 + h_2)} \cdot 100 = 0,53 \text{ m}$$

$$h_x = \frac{2 \cdot h_1 \cdot h_2}{100 \cdot (h_1 + h_2)} = 0,53 \text{ m}$$

$$W_x = \frac{b \cdot (h_x \cdot 100)^2}{6} = 6554,33 \text{ cm}^3$$

$$\tan_{\alpha} = \frac{h_2 - h_1}{l} * \frac{1}{100} = 0,07$$

$$\alpha = \text{ATAN}(\tan_{\alpha}) = 4,00^{\circ}$$

$$\alpha = \text{WENN}(\alpha \leq 10; \alpha;) = 4,00^{\circ}$$

Spannung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 * \tan_{\alpha}^2) * \frac{M_{x,d}}{W_x} * 10^3 = 15,81 \text{ N/mm}^2$$

Spannung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{M_{x,d}}{W_x} * 10^3 = 15,50 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} * f_{m,k} / 1,3 = 22,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,90,k} / 1,3 = 2,28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} * f_{v,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

Im Biegedruckbereich:

Für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ um 50 % erhöht werden.

$$f_{v,d} = f_{v,d} * 1,5 = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\alpha,c} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{v,d}} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 0,86$$

$$f_{m,\alpha,d} = k_{\alpha,c} * f_{m,d} = 19,05 \text{ N/mm}^2$$

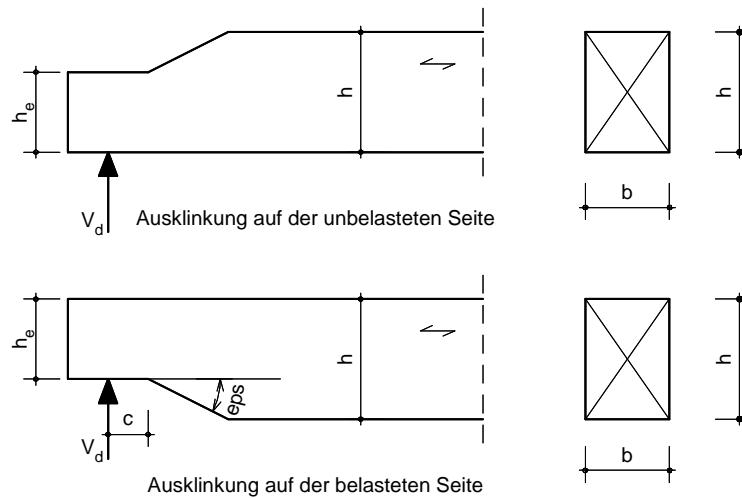
Nachweis in den Grenzzuständen:

Nachweis am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes:

$$\sigma_{m,0,d} / f_{m,d} = \underline{0,71 \leq 1}$$

Nachweis am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes:

$$\sigma_{m,\alpha,d} / f_{m,\alpha,d} = \underline{0,81 \leq 1}$$

Pos. Ausklinkung ohne Verstärkung**Eingaben:****Träger:**

Breite $b =$	16,00 cm
Höhe $h =$	30,00 cm
Höhe $h_e =$	20,00 cm
Abstand $c =$	12,00 cm
Anschnittswinkel $\epsilon =$	45,00 °

Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Ausklinkung:

Lage der Ausklinkung AK:	GEW("1052/Anschr";AK;)	=	auf belasteter Seite
--------------------------	------------------------	---	----------------------

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat;N<3)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert $k_{mod} =$	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung:

Bemessungskraft $V_d =$	15,00 kN
-------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz";fvk;FK=FK)	=	0,25 kN/cm ²
$f_{v,d} =$	$f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3$	=	0,15 kN/cm ²
$\alpha =$	h_e / h	=	0,67
$k_n =$	WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5)	=	6,5

$$k_{g0} = \frac{k_n}{\sqrt{h \cdot 10} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} = 0,47$$

$$\epsilon_k = \text{WENN}(\epsilon=90;1;\epsilon) = 45,00^\circ$$

$$k_\epsilon = \text{WENN}(\epsilon=90;1;1+1,1/(\text{TAN}(\epsilon_k) \cdot \sqrt{h \cdot 10 \cdot \text{TAN}(\epsilon_k)})) = 1,06$$

$$k_v = \text{WENN}(\text{AK}=\text{"auf belasteter Seite"}; \text{MIN}(1; k_{g0} \cdot k_\epsilon); 1) = 0,50$$

Nachweis:

$$\text{geometr. Bedingungen } \alpha = 0,67 \geq 0,5$$

$$c/h = 0,40 \leq 0,4$$

$$\text{Tragfähigkeit: } \frac{\left(\frac{1,5 \cdot V_d}{b \cdot h_e} \right)}{k_v \cdot f_{v,d}} = 0,94 < 1$$

⇒ keine Verstärkung erforderlich!

Warnvermerk zu DIN 1052:2004-08

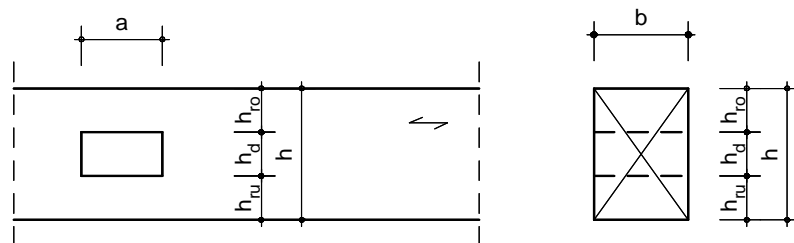
Das Deutsche Institut für Bautechnik hat dem DIN mitgeteilt, dass die Anwendung der Abschnitte 11.3 "Durchbrüche" und 11.4.4 "Durchbrüche bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt" der Norm DIN 1052:2004-08 "Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau" bezüglich der geometrischen Randbedingungen für Durchbrüche in Trägern und Biegestäben sowie der Tragfähigkeit von Trägern aus der bauaufsichtlichen Einführung entfallen werden, weil aus dem im DIN für diese Norm zuständigen Arbeitsausschuss des NABau ein dringender Änderungsbedarf der Norm in diesen Abschnitten festgestellt wurde.

Daraus folgt, dass Durchbrüche im o. g. Sinn der bauaufsichtlichen Zustimmung im Einzelfall bedürfen.

Für Fragen zu bestehenden oder im Bau befindlichen Konstruktionen stehen die zuständigen Bauaufsichtsbehörden und Prüfengeure zur Verfügung.

Diese Inhalte der beiden o. g. Abschnitte der Norm sind auch Gegenstand der gegenwärtigen Überarbeitung der Norm durch den zuständigen Arbeitsausschuss des NABau im DIN.

Pos. Durchbruch ohne Verstärkung



Hinweis: Alle Regeln für Querschnittsschwächungen nach DIN 1052:2004-08 11.3 (1) müssen eingehalten sein!

Eingaben:

Träger:

Breite $b =$	16,00 cm
Höhe $h =$	50,00 cm
Höhe Durchbruch $h_d =$	12,00 cm
Länge Durchbruch $a =$	12,00 cm
Randabstand, oben $h_{ro} =$	20,00 cm
Randabstand, unten $h_{ru} =$	$h - (h_d + h_{ro}) = 18,00$ cm

Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Durchbruch:

Form des Durchbruchs DB:	GEW("1052/Ansch";DB;)	=	kreisförmig
--------------------------	-----------------------	---	-------------

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat;N<3)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert $k_{mod} =$	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung am Durchbruchrand:

Bemessungsquerkraft $V_d =$	35,00 kN
Bemessungsbiegemoment $M_d =$	18,00 kNm

Berechnung der Beanspruchung:

Querschnittswerte $A_o =$	$b \cdot h_{ro}$	=	320,00 cm ²
$A_u =$	$b \cdot h_{ru}$	=	288,00 cm ²
$A_{ges} =$	$A_o + A_u$	=	608,00 cm ²
$e =$	$ABS\left(\frac{h}{2} - h_{ro} - \frac{h_d}{2}\right)$	=	1,00 cm
$I_n =$	$b \cdot \frac{h^3}{12} - b \cdot \frac{h_d^3}{12} - b \cdot h_d \cdot e^2$	=	164170,67 cm ⁴
$W_n =$	$\frac{I_n}{h/2}$	=	6566,83 cm ³
$W_o =$	$b \cdot \frac{h_{ro}^2}{6}$	=	1066,67 cm ³
$W_u =$	$b \cdot \frac{h_{ru}^2}{6}$	=	864,00 cm ³
Hilfswerte $h_{r1} =$	$MIN(h_{ro}; h_{ru})$	=	18,00 cm
$h_{r2} =$	$MIN(h_{ro} + 0,15 \cdot h_d; h_{ru} + 0,15 \cdot h_d)$	=	19,80 cm
$h_r =$	$WENN(DB="kreisförmig"; h_{r2}; h_{r1})$	=	19,80 cm
$h_{df} =$	$WENN(DB="kreisförmig"; 0,7 \cdot h_d; h_d)$	=	8,40 cm
Schnittgrößen $F_{t,V,d} =$	$V_d \cdot \frac{h_{df}}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_{df}^2}{h^2}\right)$	=	4,37 kN
$F_{t,M,d} =$	$0,008 \cdot M_d \cdot 10^2 / h_r$	=	0,73 kN
$F_{t,90,d} =$	$F_{t,V,d} + F_{t,M,d}$	=	5,10 kN
$V_{o,d} =$	$\frac{A_o}{A_{ges}} \cdot V_d$	=	18,42 kN
$V_{u,d} =$	$\frac{A_u}{A_{ges}} \cdot V_d$	=	16,58 kN
$M_{o,r,d} =$	$V_{o,d} \cdot \frac{a}{2}$	=	110,52 kNcm
$M_{u,r,d} =$	$V_{u,d} \cdot \frac{a}{2}$	=	99,48 kNcm
Spannung $\sigma_{o,m,d} =$	$\frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{o,r,d}}{W_o}$	=	0,378 kN/cm ²
$\sigma_{u,m,d} =$	$\frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{u,r,d}}{W_u}$	=	0,389 kN/cm ²
$\tau_d =$	$\frac{1,5 \cdot V_d}{b \cdot (h - h_d)}$	=	0,086 kN/cm ²

Berechnung der Tragfähigkeit:

Festigkeitswerte $f_{m,k}$	TAB("1052/Holz";fmk;FK=FK)	=	2,800 kN/cm ²
$f_{m,d}$	$f_{m,k} * k_{mod}/1,3$	=	1,723 kN/cm ²
$f_{v,k}$	TAB("1052/Holz";fvk;FK=FK)	=	0,250 kN/cm ²
$f_{v,d}$	$f_{v,k} * k_{mod}/1,3$	=	0,154 kN/cm ²
$f_{t,90,k}$	TAB("1052/Holz";ft90k;FK=FK)	=	0,050 kN/cm ²
$f_{t,90,d}$	$f_{t,90,k} * k_{mod}/1,3$	=	0,031 kN/cm ²
Beiwerte $l_{t,90,1}$	$0,5 * (h_d + h)$	=	31,00 cm
$l_{t,90,2}$	$0,353 * h_d + 0,5 * h$	=	29,24 cm
$l_{t,90}$	WENN(DB="kreisförmig"; $l_{t,90,2};l_{t,90,1}$)	=	29,24 cm

Nachweis:

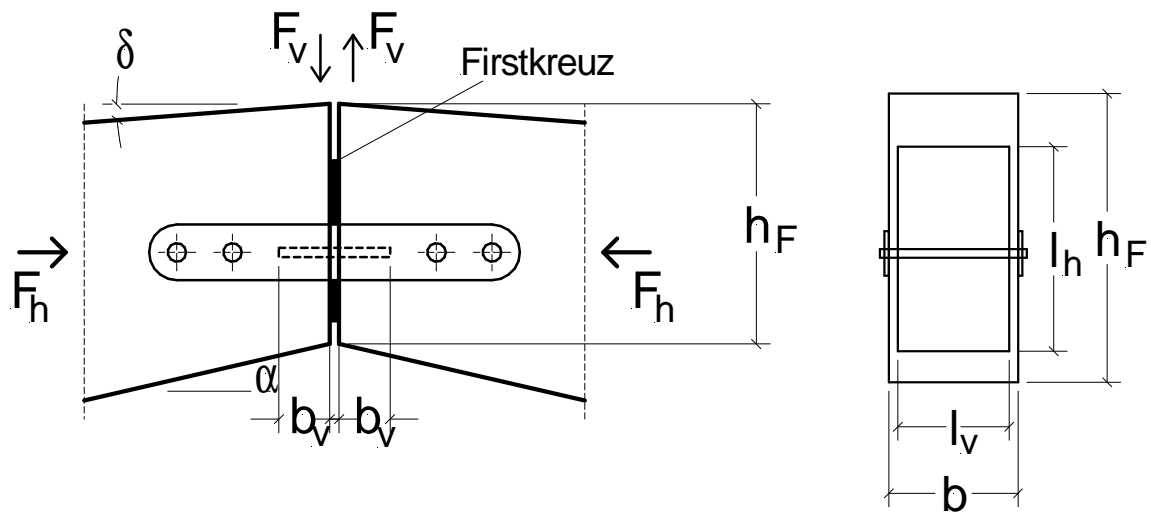
$$\text{erhöhte Biegegrandspannungen: } \frac{\sigma_{o,m,d}}{f_{m,d}} = 0,22 < 1$$

$$\frac{\sigma_{u,m,d}}{f_{m,d}} = 0,23 < 1$$

$$\text{Schubspannung: } \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,56 < 1$$

$$\text{Querzugspannung: } \frac{F_{t,90,d}}{0,5 * l_{t,90} * b * f_{t,90,d}} = 0,70 < 1$$

⇒ keine Verstärkung erforderlich!

Pos.: Firstgelenk**System:**

Rahmenbinderbreite $b =$	14,00 cm
Binderhöhe $h_F =$	35,40 cm
Dachneigung $\delta =$	5,00 °
Neigungswinkel $\alpha =$	15,00 °
Firstkreuz:	
Breite $b_v =$	70,00 mm
Blechdicke $t =$	10,00 mm
Blechhöhe $l_h =$	280,00 mm
Blechtiefe $l_v =$	130,00 mm

Einwirkungen:

$F_{v,d} =$	15,40 kN
$F_{h,d} =$	120,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24c
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	2,40 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80

Berechnung:

Tragfähigkeit der Verbindung:

Die horizontalen und vertikalen Kräfte werden durch Flächenpressung unter dem Winkel α übertragen.

$$a = 2 * b_v / 2 + t = 80,00 \text{ mm}$$

$$M_d = F_{v,d} * a / 10 = 123,20 \text{ kNcm}$$

$$V = F_{v,d} * \cos(\delta) + F_{h,d} * \sin(\delta) = 25,80 \text{ kN}$$

Querschnittswerte:

$$\begin{aligned}
 A_v &= b_v * I_v / 100 & = & 91,00 \text{ cm}^2 \\
 A_h &= I_h * I_v / 100 & = & 364,00 \text{ cm}^2 \\
 W_h &= I_h^2 * I_v / 6000 & = & 1698,67 \text{ cm}^3 \\
 A' &= b * h_F * \text{COS}(\delta) & = & 493,71 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Bemessungswert der Beanspruchung

vertikale Beanspruchung

$$\sigma_{c,\alpha,v,d} = F_{v,d} * 10 / A_v = 1,69 \text{ N/mm}^2$$

horizontale Beanspruchung

Die vertikale Beanspruchung aus der Querkraft erzeugt eine Momentenbeanspruchung. Die Randspannung infolge Biegedruck führt zu einer Erhöhung der Druckspannung des Querschnitts.

$$\sigma_{c,\alpha,h,d} = F_{h,d} * 10 / A_h = 3,30 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,h,d} = M_d * 10 / W_h = 0,73 \text{ N/mm}^2$$

Überlagerung:

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \sigma_{c,\alpha,h,d} + \sigma_{m,\alpha,h,d} = 4,03 \text{ N/mm}^2$$

Beanspruchung auf Schub:

$$\tau_d = 1,5 * V * 10 / A' = 0,78 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3 = 1,48 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit aus vertikaler Beanspruchung

Korrekturfaktor:

$$\alpha = 90 - \delta = 85,00^\circ$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} * 1,5} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 1,49 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{c,90} = 1,50$$

$$k_{c,\alpha} = 1 + (k_{c,90} - 1) * \text{SIN}(\alpha) = 1,50$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,\alpha,v,d} / (k_{c,\alpha} * f_{c,\alpha,d}) = \underline{\underline{0,76 \leq 1}}$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit aus horizontaler Beanspruchung

Korrekturfaktor:

$$\alpha = \delta = 5,00^\circ$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} * 1,5} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 11,67 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{c,90} = 1,00$$

$$k_{c,\alpha} = 1 + (k_{c,90} - 1) * \text{SIN}(\alpha) = 1,00$$

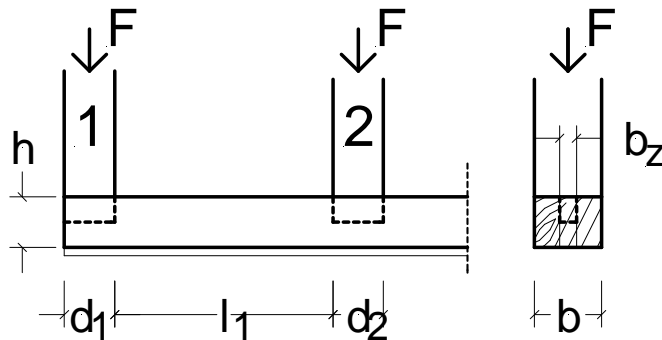
Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,\alpha,d} / (k_{c,\alpha} * f_{c,\alpha,d}) = \underline{0,35 \leq 1}$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit auf Schub

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{0,51 \leq 1}$$

Schwellenanschluß



System:

Stütze 1 $d_1 =$	12,00 cm
Stütze 1 $b_1 =$	12,00 cm
Stütze 2 $d_2 =$	10,00 cm
Stütze 2 $b_2 =$	12,00 cm

Fußschwellehöhe $h =$	12,00 cm
Fußschwelledicke $b_F =$	10,00 cm
Zapfenbreite $b_z =$	3,00 cm
Abstand $l_1 =$	90,00 cm

Belastung:

$F_d =$	25,50 kN
---------	----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
Nutzungsgruppe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80

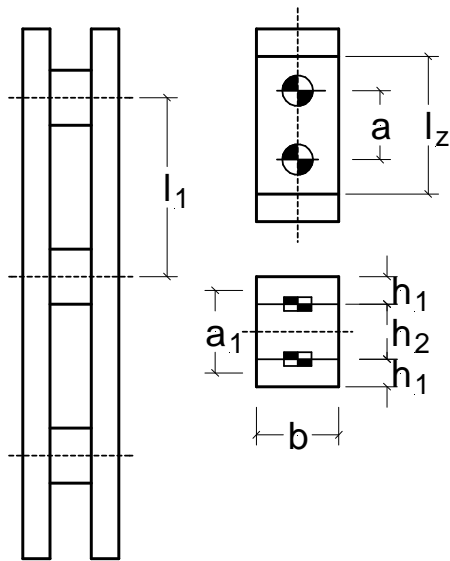
Berechnung:

Die wirksame Querschnittsfläche darf nach DIN 1052, 10.2.4 um bis zu 30 mm in Faserrichtung erhöht werden, jedoch um nicht mehr als b.

$A_{1,ef} = (b_1 - b_z) * d_1 + 3 * b_1$	=	144,00 cm ²
$A_{2,ef} = (b_2 - b_z) * d_2 + 2 * 3 * b_2$	=	162,00 cm ²
$k_{c,90} = \text{WENN}(l_1 < 2 * h; 1; \text{WENN}(BS = \text{"Nadelholz"}; 1,25; 1,5))$	=	1,25
$\sigma_{c,90,d} = F_d / \text{MIN}(A_{1,ef}; A_{2,ef})$	=	0,177 kN/cm ²
$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3$	=	1,54 N/mm ²

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * \frac{f_{c,90,d}}{10}} = \underline{\underline{0,92 \leq 1}}$$

Druckstab als Rahmenstab mit Spreizung



System:

Knicklänge $h_k =$	2,45 m
Abstand der Zwischenhölzer $l_1 =$	750,00 mm
Stützenbreite $b =$	160,00 mm
Stützenhöhe $h_1 =$	50,00 mm
Höhe der Zwischenhölzer $h_2 =$	100,00 mm
Länge der Zwischenhölzer $l_z =$	250,00 mm
Dübelabstand $a =$	100,00 mm
Anzahl der Dübel $n =$	2

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k} =$	12,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k} =$	20,00 kN

Material:

Stütze:			
Baustoff BS1 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK1 =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS1)	=	C24
2 Zwischenhölzer:			
Baustoff BS2 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK2 =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS2)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS1)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel

Dübel:

$$\begin{aligned} \text{Dübel Typ} &= \text{GEW}(\text{"1052/DübelC"; Typ; }) &= & \text{C1} \\ \text{Dübeldurchmesser d} &= \text{GEW}(\text{"1052/DübelC"; dc; Typ=Typ}) &= & 50,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{\text{mod}} &= \text{TAB}(\text{"1052/F1"; k; B=BS1; K=KLED; N=NK}) &= & 0,80 \\ E_1 &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; E0mean; FK=FK1}) * 10 &= & 11000,00 \text{ N/mm}^2 \\ E_{0,05} &= 2 / 3 * E_1 &= & 7333,33 \text{ N/mm}^2 \\ f_{c,0,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; fc0k; FK=FK1}) * 10 &= & 21,00 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; fvk; FK=FK1}) * 10 &= & 2,00 \text{ N/mm}^2 \\ \rho_k &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; rhok; FK=FK1}) &= & 350,00 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Dübel:} \\ R_{j,0,d} &= \text{TAB}(\text{"1052/DübelC"; Rj0d; Typ=Typ; dc=d; \rho_k=\rho_k}) &= & 9,20 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berechnung:

$$F_d = 1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k} = 46,20 \text{ kN}$$

Schwerpunktabstand der Einzelstäbe:

$$a_1 = h_2 + 2 * h_1 / 2 = 150,00 \text{ mm}$$

Bemessungswerte der Beanspruchung

$$\begin{aligned} A_1 &= b * h_1 = 8000,00 \text{ mm}^2 \\ A_2 &= b * h_2 = 16000,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Druckbeanspruchung Pfosten:

$$\sigma_{c,0,d} = F_d * 10^3 / (2 * A_1) = 2,89 \text{ N/mm}^2$$

Verbindungsmittel Fuge:

Schlankheitsgrad starre Achse:

$$\lambda_{\text{ef},z} = \frac{h_k * 10^3}{0,289 * b} = 52,98$$

Schlankheitsgrad nachgiebige Achse:

$$\lambda_y = h_k * 10^3 * \sqrt{\frac{12}{h_1 + 3 * a_1^2}} = 32,65$$

$$\eta = 2,50$$

$$\lambda_1 = \text{MAX}(30; l_1 * \frac{\sqrt{12}}{h_1}) = 51,96$$

$$\lambda_{\text{ef},y} = \sqrt{\lambda_y^2 + \eta * \lambda_1^2} = 88,41$$

$$\lambda_{\text{ef}} = \text{MAX}(\lambda_{\text{ef},z}; \lambda_{\text{ef},y}) = 88,41$$

$$f = \text{WENN}(\lambda_{\text{ef}} \leq 30; 120; \text{WENN}(\lambda_{\text{ef}} < 60; 3600; 60)) = 60,00$$

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{\lambda_{\text{ef}}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,51$$

$$\beta_c = \text{WENN}(BS2 = \text{"Brettschichtholz"; } 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2) = 1,76$$

$$k_c = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}}; 1\right) = 0,38$$

$$V_d = \frac{F_d \cdot 10^3}{k_c \cdot f} = 2026,32 \text{ N}$$

Bemessungswert des Verbindungsmittels:

$$F_{1,d} = V_d \cdot \frac{l_1}{a_1} = 10131,60 \text{ N}$$

Schubbeanspruchung:

$$\tau_{2,\text{max},d} = \frac{F_{1,d}}{b \cdot l_z} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / 1,3 = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

$$f = \text{TAB}("1052/fkmod"; f; k_{\text{mod}}) = 0,889$$

$$R_{la,d} = f \cdot R_{j,0,d} = 8,18 \text{ kN}$$

Nachweis in den Grenzzuständen

Querschnittstragfähigkeit:

Druckstab:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,59 \leq 1}}$$

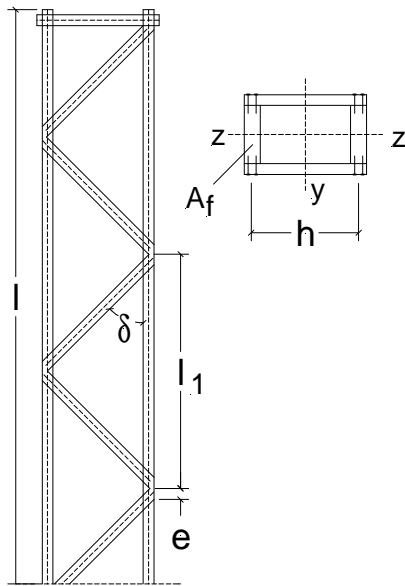
Zwischenholz:

$$\frac{\tau_{2,\text{max},d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,20 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit Verbindungsmittel:

$$\frac{F_{1,d}}{n \cdot 10^3 \cdot R_{la,d}} = \underline{\underline{0,62 \leq 1}}$$

Druckstab als Gitterstab



System:

Knicklänge $h_k =$	4,41 m
Abstand $l_1 =$	850,00 mm
Höhe $h =$	660,00 mm
Pfosten $b_f =$	140,00 mm
Pfosten $h_f =$	60,00 mm
Strebe $b_s =$	80,00 mm
Strebe $h_s =$	24,00 mm
Strebenneigung $\delta =$	57,20 °

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k} =$	12,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k} =$	20,00 kN

Material:

Pfosten:			
Baustoff BS1 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK1 =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS1)	=	C24
Strebe:			
Baustoff BS2 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK2 =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS2)	=	C24
Verbindungsmitel:			
Verbindungsmiteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N=1)	=	Nagel
Bezeichnung Bez =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	3.1x65
Beidseits je Strebenanschluß			
Durchmesser d =	TAB ("1052/VM";d;Bez=Bez)	=	3,10 mm
Nagelanzahl pro Strebenanschluß n =		=	8
Nutzungsklasse NK =			
KLED =	GEW("1052/F1"; N; B=BS1)	=	1
	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel

$f_{c,0,k}$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK1)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,0,k,S}$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK2)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK1)*10	=	14,00 N/mm ²
$f_{m,k}$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK1)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k}$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK1)*10	=	2,00 N/mm ²
E_1	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK1)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$	2 / 3 * E ₁	=	7333,33 N/mm ²
E_2	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK2)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05,S}$	2 / 3 * E ₂	=	7333,33 N/mm ²
ρ_{k1}	TAB("1052/Holz"; rhok; FK=FK1)	=	350,00 kg/m ³
k_{mod}	TAB("1052/F1"; k; B=BS1; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{u,k}$	TAB("1052/VM"; fuk; Bez=Bez)	=	600,00 N/mm ²
$M_{y,k}$	0,3*f _{u,k} *d ^{2,6}	=	3410,46 Nmm

Berechnung:

$$F_d = 1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k} = 46,20 \text{ kN}$$

Druckbeanspruchung Pfosten:

$$A_{f,tot} = b_f * h_f * 2 = 16,80 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d,P} = F_d * 10^3 / A_{f,tot} = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

Druckbeanspruchung Strebe:

$$A_{D,tot} = b_s * h_s * 2 = 3,84 * 10^3 \text{ mm}^2$$

Beiwert für Gitterstäbe:

$$K_{ser} = (\rho_{k1}^{1,5}/25) * d^{0,8} = 647,52 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{u,mean} = 2 / 3 * K_{ser} = 431,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu = \frac{25 * h * E_1 * h_f * b_f * 10^{-6}}{h_k^2 * n * K_{u,mean} * \sin(2 * \delta)} = 24,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{ef,y} = \text{MAX}(2 * h_k * 10^3 / h * \sqrt{1 + \mu}; 2,1 * h_k * 10^3 / h) = 68,05$$

$$\lambda_{ef,y} = \text{MAX}\left(\frac{2 * h_k * 10^3}{h} * \sqrt{1 + \mu}; 2,1 * h_k * 10^3 / h\right) = 68,05$$

$$\lambda_{ef,z} = \frac{h_k * 10^3}{0,289 * b_f} = 109,00$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda_{ef,z} * \sqrt{f_{c,0,k}}}{\pi * \sqrt{E_{0,05}}} = 1,86$$

$$\beta_c = \text{WENN}(BS1="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c,z} - 0,3) + \lambda_{rel,c,z}^2) = 2,39$$

$$k_{c,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}}; 1\right) = 0,26$$

$$f = \text{WENN}(\lambda_{ef,y} \leq 30; 120; \text{WENN}(\lambda_{ef,y} < 60; 3600; 60)) = 60,00$$

$$D = \frac{F_d}{k_{c,z} * f * \sin(\delta)} = 3,52 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,0,d,S} = \frac{D * 10^3}{A_{D,tot}} = 0,92 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbindungsmittel:

$$\text{Pfosten } V_{d,p} = \frac{F_d}{k_{c,z} * f} = 2,96 \text{ kN}$$

$$\text{Streben } D_d = \frac{V_{d,p}}{\sin(\delta)} = 3,52 \text{ kN}$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / 1,3 = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / 1,3 = 8,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d,S} = k_{mod} * f_{c,0,k,S} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

Beanspruchung auf Abscheren:

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_{k1}}{1} = 27,81 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{la,k} = \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,1,k} * d} = 766,84 \text{ N}$$

$$R_{la,d} = \frac{k_{mod} * R_{la,k}}{1,3 * 10^3} = 0,47 \text{ kN}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Gurtschlankheit:

$$\lambda_1 = l_1 / (0,289 * \text{MIN}(h_f; b_f)) = 49,02$$

$$\lambda_1 / 60 = \underline{\underline{0,82 \leq 1}}$$

Pfosten:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,P}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,82 \leq 1}}$$

Streben:

$$l_s = \frac{l_1}{2 * \cos(\delta)} = 784,56 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{ef,S}} = \text{MAX}\left(\frac{l_s}{0,289 * b_s}; \frac{l_s}{0,289 * h_s}\right) = 113,11$$

$$\lambda_{\text{rel,c,S}} = \frac{\lambda_{\text{ef,S}}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{\text{c,0,k,S}}}{E_{0,05,S}}} = 1,93$$

$$\beta_{\text{c,S}} = \text{WENN}(\text{BS2}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_{\text{c,S}} * (\lambda_{\text{rel,c,S}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,c,S}}^2) = 2,53$$

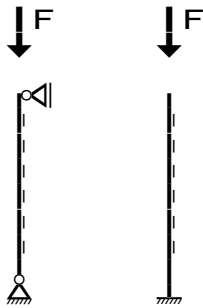
$$k_{\text{c,S}} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel,c,z}}^2}}; 1\right) = 0,24$$

$$\frac{\sigma_{\text{c,0,d,S}}}{k_{\text{c,S}} * f_{\text{c,0,d,S}}} = \underline{\underline{0,30 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel:

$$\frac{D}{n * R_{\text{Ia,d}}} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Druckstab mit planmäßig mittigem Druck (Ersatzstabverfahren)



System:

Stablänge $l =$	2,60 m
Knickbeiwert $\beta =$	1,00
Querschnittsbreite $b =$	10,00 cm
Querschnittshöhe $h =$	14,00 cm

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz

Belastung:

$F_d =$	74,30 kN
---------	----------

Berechnung:

$A_{ef} =$	$b \cdot h$	=	140,00 cm ²
$\sigma_{c,0,d} =$	$F_d / A_{ef} \cdot 10$	=	5,31 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	$2 / 3 \cdot E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²

Druckfestigkeit:

$f_{c,0,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / 1,3$	=	14,54 N/mm ²
---------------	---------------------------------	---	-------------------------

Nachweis in den Grenzzuständen:

Ersatzstablänge $l_{ef} =$	$\beta \cdot l$	=	2,60 m
$i_y =$	$0,289 \cdot b$	=	2,89
$i_z =$	$0,289 \cdot h$	=	4,05
Schlankheitsgrad $\lambda_y =$	$100 \cdot l_{ef} / i_y$	=	90
Schlankheitsgrad $\lambda_z =$	$100 \cdot l_{ef} / i_z$	=	64
bezogener Schlankheitsgrad:			
$\lambda_{rel,c,y} =$	$\lambda_y / \pi \cdot \sqrt{(f_{c,0,k} / E_{0,05})}$	=	1,53
$\lambda_{rel,c,z} =$	$\lambda_z / \pi \cdot \sqrt{(f_{c,0,k} / E_{0,05})}$	=	1,09
$\beta_c =$	WENN(BS="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2)	=	0,20
$k_y =$	$0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,y} - 0,3) + \lambda_{rel,c,y}^2)$	=	1,79
$k_z =$	$0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,z} - 0,3) + \lambda_{rel,c,z}^2)$	=	1,17

$$\text{Knickbeiwert } k_{cy} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},c,y}^2}}; 1\right) = 0,37$$

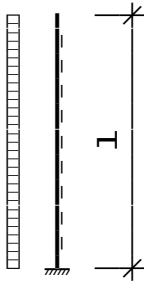
$$\text{Knickbeiwert } k_{cz} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},c,z}^2}}; 1\right) = 0,63$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,58 \leq 1}}$$

Eingespannter Stütze



System:

Stützenlänge $l =$	3,20 m
Querschnittsbreite $b =$	14,00 cm
Querschnittshöhe $h =$	22,00 cm
Knickbeiwert $\beta_z =$	0,70

Einwirkungen:

$N_d =$	27,80 kN
$V_d =$	4,80 kN
$M_d =$	4,60 kNm

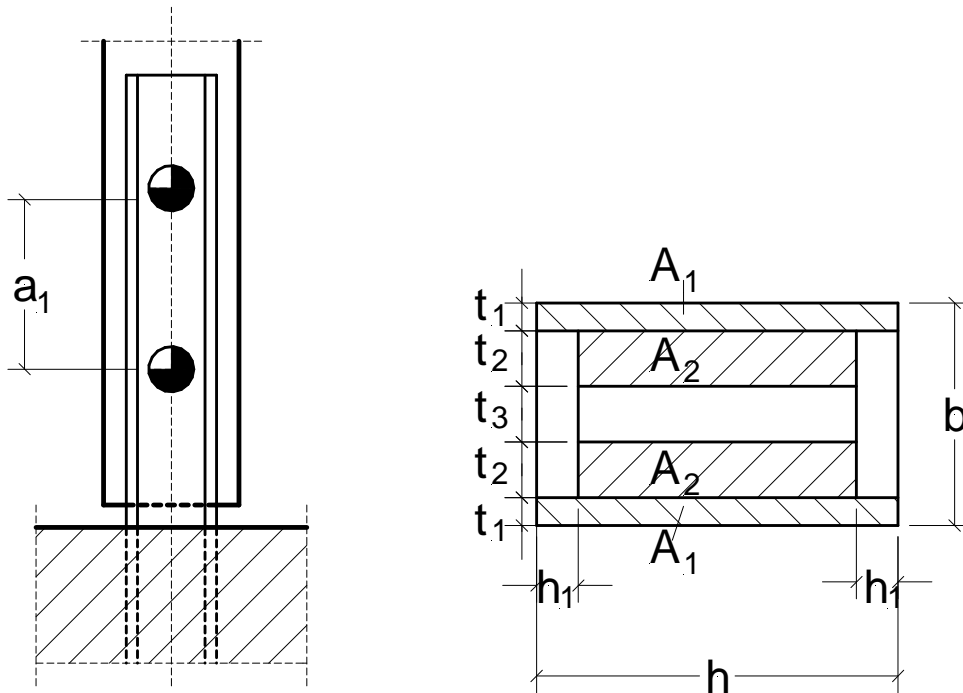
Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("1052/Holz"; G05; FK=FK)*10	=	460,00 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("1052/Holz"; rhok; FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
$E_{0,05} =$	$2 / 3 * E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²
$f_{v,k} =$		=	2,70 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

Querschnittswerte			
$A =$	$b * h$	=	308,00 cm ²
$I_y =$	$b * h^3 / 12$	=	12422,67 cm ⁴
$I_z =$	$h * b^3 / 12$	=	5030,67 cm ⁴
$W_y =$	$b * h^2 / 6$	=	1129,33 cm ³

Fußpunktausbildung der eingespannten Stütze:

**Abmessungen:**

Breite h_1 =		1,50 cm	
Dicke t_1 =		2,25 cm	
Dicke t_2 =		3,55 cm	
Dicke t_3 =		2,40 cm	
Anstand a_1 =		25,00 cm	
Dübel D =	GEW("1052/DübelC"; Typ;)	=	C11
Dübel d_c =	GEW("1052/DübelC"; dc; Typ=D)	=	95,00 mm
h_e =	TAB("1052/DübelC"; he; dc=dc)	=	11,30 mm
ΔA =	TAB("1052/DübelC"; ΔA ; dc=dc)	=	670,00 mm ²
Bolzen:			
Verbindungsmitel Typ =	GEW("1052/VM"; Typ;)	=	Passbolzen
Durchmesser d_s =		=	24,00 mm
Größe d _{xl} =	GEW("1052/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	3.6
$f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM"; f _{uk} ; Bez=d _{xl})	=	300,00 N/mm ²

Berechnung:

A_1 =	$2 * t_1 * h$	=	99,00 cm ²
A_2 =	$2 * t_2 * (h - 2 * h_1)$	=	134,90 cm ²
A_n =	$A_1 + A_2$	=	233,90 cm ²
$W_{y,1}$ =	$2 * t_1 * h^2 / 6$	=	363,00 cm ³
$W_{y,2}$ =	$2 * t_2 * (h - 2 * h_1)^2 / 6$	=	427,18 cm ³
$W_{y,n}$ =	$W_{y,1} + W_{y,2}$	=	790,18 cm ³

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} * 10 = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W_{y,n}} * 10^3 = 5,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 * V_d * 10 / A_n = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned} f_{c,0,d} &= k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / 1,3 &= 14,54 \text{ N/mm}^2 \\ f_{m,y,d} &= k_{\text{mod}} * f_{m,k} / 1,3 &= 16,62 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d} &= k_{\text{mod}} * f_{v,k} / 1,3 &= 1,87 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Tragsicherheitsnachweis auf Druck und Biegung:

Die Lagerung des Fundamentes im Baugrund wird hier als starr angenommen. Für die Ermittlung der Knicklängen braucht nur die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel berücksichtigt werden.

$$K_{\text{ser}} = 0,45 * d_c * \rho_k = 14962,50 \text{ N/mm}$$

$$K_{\phi} = 4 * K_{\text{ser}} * (a_1 * 10 / 2)^2 = 935,16 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\beta_y = \sqrt{4 + \pi^2 * \frac{E_{0,\text{mean}}}{1,3} * \frac{I_y}{I * K_{\phi}} * 10} = 2,73$$

$$l_{\text{ef},y} = \beta_y * l = 8,74 \text{ m}$$

Schlankheit für das Knicken um die y-Achse

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{ef},y} * 10^2}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = 137,62$$

$$l_{\text{ef},z} = \beta_z * l = 2,24 \text{ m}$$

Schlankheit für das Knicken um die y-Achse

$$\lambda_z = \frac{l_{\text{ef},z} * 10^2}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = 55,43$$

$$\lambda_{\text{rel},c,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,34$$

$$\lambda_{\text{rel},c,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,94$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c,y} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c,y}^2) = 3,44$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c,z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c,z}^2) = 1,01$$

$$k_{c,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},c,y}^2}}; 1\right) = 0,17$$

$$k_{c,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},c,z}^2}}; 1\right) = 0,72$$

$$k_m = 1,00$$

$$k_m = \text{WENN}(l_{\text{ef},y} * 10^2 * h / b^2 \leq 140; 1;) = 1,00$$

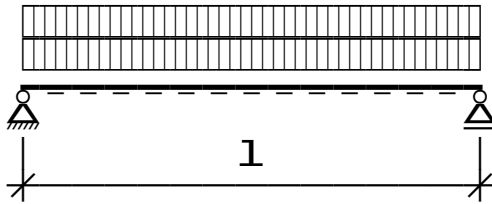
Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,y,d}} = \underline{0,71 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + 0,7 * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,y,d}} = \underline{0,33 \leq 1}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{0,17 \leq 1}$$

Balken mit Doppelbiegung



System:

Stützweite l =	4,50 m
Trägerbreite b =	22,00 cm
Trägerhöhe h =	28,00 cm

Belastung:

$p_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$p_{y,d}$ =	3,36 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$M_{yd} = \frac{p_{z,d} * l^2}{8} = 36,30 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = \frac{p_{y,d} * l^2}{8} = 8,51 \text{ kNm}$$

$$W_{y,ef} = \frac{b * h^2}{6} = 2874,67 \text{ cm}^3$$

$$W_{z,ef} = \frac{h * b^2}{6} = 2258,67 \text{ cm}^3$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{yd}}{W_{y,ef}} * 10^3 = 12,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{zd}}{W_{z,ef}} * 10^3 = 3,77 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

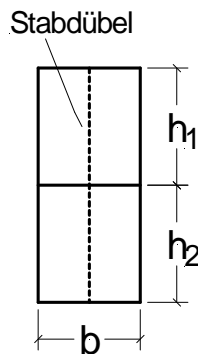
$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} * f_{m,k} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + 0,7 * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,92 \leq 1}$$

$$0,7 * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,76 \leq 1}$$

Mehrteilig verdübelter Balken



Zweiteiliger Balken, verdübelt (nachgiebige Verbindung)

System:

Stützweite $l =$		5,40 m
Gurt:		
Trägerbreite $b =$		240,00 mm
Trägerhöhe $h_1 =$		280,00 mm
Trägerhöhe $h_2 =$	h_1	$=$ 280,00 mm
Abstand der in eine Reihe geschobenen gedachten Verbindungsmittel $s =$		300,00 mm

Einwirkungen:

Eigenlast $g_k =$		2,50 kN/m
Nutzlast $q_{N,k} =$		6,50 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;)	=	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	S 235
Durchmesser $d =$			30,00 mm
$E =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	2 / 3 *E	=	7333,33 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
$f_{t,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80

Berechnung:

$$\begin{aligned}
 V_{G,k} &= g_k \cdot l / 2 &= & 6,75 \text{ kN} \\
 M_{G,k} &= g_k \cdot l^2 / 8 &= & 9,11 \text{ kNm} \\
 V_{Q,k} &= q_{N,k} \cdot l / 2 &= & 17,55 \text{ kN} \\
 M_{Q,k} &= q_{N,k} \cdot l^2 / 8 &= & 23,69 \text{ kNm} \\
 \\
 V_d &= 1,35 \cdot V_{G,k} + 1,5 \cdot V_{Q,k} &= & 35,44 \text{ kN} \\
 M_d &= 1,35 \cdot M_{G,k} + 1,5 \cdot M_{Q,k} &= & 47,83 \text{ kNm} \\
 \\
 A &= b \cdot h_1 &= & 67,20 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\
 I &= \frac{b \cdot h_1^3}{12} &= & 439,04 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 K_{ser} &= \frac{\rho_k}{20} \cdot d &= & 9821,85 \text{ N/mm} \\
 K &= \frac{2}{3} \cdot K_{ser} &= & 6547,90 \text{ N/mm} \\
 \gamma_1 &= \frac{1}{1 + \frac{(\pi^2 \cdot E \cdot A \cdot s)}{K \cdot (l \cdot 10^3)^2}} &= & 0,08 \\
 \gamma_2 &= & & 1,00 \\
 a_2 &= \frac{\gamma_1 \cdot 2 \cdot h_1}{2 \cdot (\gamma_1 + \gamma_2)} &= & 20,74 \text{ mm} \\
 a_1 &= h_1 - a_2 &= & 259,26 \text{ mm} \\
 EI_{ef} &= 2 \cdot E \cdot I + (\gamma_1 \cdot a_1^2 + \gamma_2 \cdot a_2^2) \cdot E \cdot A / 10^6 &= & 9658,88 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Ungeschwächter Querschnitt:

$$\sigma_{m,1} = M_d \cdot 10^6 \cdot E \cdot \frac{\gamma_1 \cdot a_1 + \frac{h_1}{2}}{EI_{ef}} = 8,76 \text{ N/mm}^2$$

Normalkraftbeanspruchung im Querschnittsschwerpunkt:

$$\sigma_1 = M_d \cdot 10^6 \cdot E \cdot \frac{\gamma_1 \cdot a_1}{EI_{ef}} = 1,13 \text{ N/mm}^2$$

Geschwächter Querschnitt:

Höhe der Zugzone:

$$h_z = h_2/2 + a_2 = 160,74 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net}} = A - d * h_z = 62,38 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_{\text{net}} = I - \left(d * \frac{h_z^3}{12} + d * h_z * \left(\frac{h_2}{2} - \frac{h_z}{2} \right)^2 \right) = 411,51 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{m,1} = M_d * 10^6 * \frac{E}{EI_{\text{ef}}} * \left(\gamma_2 * a_2 * \frac{A}{A_{\text{net}}} + \frac{h_2}{2} * \frac{I}{I_{\text{net}}} \right) = 9,35 \text{ N/mm}^2$$

Normalkraftbeanspruchung im Querschnittsschwerpunkt:

$$\sigma_2 = M_d * 10^6 * \frac{E}{EI_{\text{ef}}} * \left(\gamma_2 * a_2 * \frac{A}{A_{\text{net}}} \right) = 1,22 \text{ N/mm}^2$$

Schubbeanspruchung:

$$\tau_{2,\text{max},d} = V_d * 10^3 * \frac{(0,5 * E * b * h_z^2)}{EI_{\text{ef}} * b} = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

Verbindungsmittel je Fuge:

$$F_{i,d} = V_d * 10^3 * \gamma_1 * \frac{E * A * a_1 * s}{EI_{\text{ef}}} = 16876,24 \text{ N}$$

Schlankheitsgrad:

$$\lambda = l * 10^3 / (0,289 * h_1) = 66,73$$

$$\lambda = \frac{l * 10^3}{0,289 * h_1} = 66,73$$

Schlankheitsgrad nachgiebige Achse:

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,14$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2) = 1,23$$

$$k_c = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}}; 1\right) = 0,59$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} * f_{m,k} / 1,3 = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{t,0,k} / 1,3 = 8,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} * f_{v,k} / 1,3 = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

Beanspruchung rechtwinklig zur Stabdübelachse:

$$\begin{aligned}
 f_{h,1,k} &= 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot p_k &= 20,09 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{u,k} &= \text{TAB}("1052/VM"; f_{uk}; \text{Bez}=S) &= 360,00 \text{ N/mm}^2 \\
 M_{y,k} &= 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} &= 748064 \text{ Nmm} \\
 R_{la,k} &= \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} &= 30028,59 \text{ N} \\
 R_{la,d} &= k_{\text{mod}} \cdot R_{la,k} / 1,3 &= 18479,13 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Nachweis in den Grenzzuständen

Biegebeanspruchung am Rand

$$\frac{\sigma_{m,1}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,63 \leq 1}}$$

Normalkraftbeanspruchung

Zug:

$$\frac{\sigma_2}{f_{t,0,d}} = \underline{\underline{0,14 \leq 1}}$$

Druck:

$$\frac{\sigma_1}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,15 \leq 1}}$$

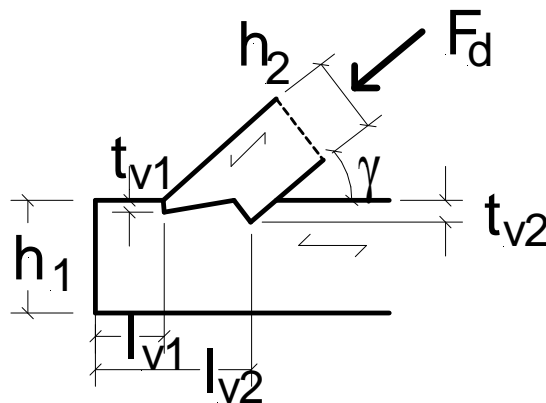
Schubbeanspruchung

$$\frac{\tau_{2,\text{max},d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,42 \leq 1}}$$

Verbindungsmittel je Fuge:

$$\frac{F_{i,d}}{R_{la,d}} = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$

Doppelter Versatz



System:

Gurt:	
Höhe $h_1 =$	140,00 mm
Breite $b_1 =$	140,00 mm
Druckstab:	
Höhe $h_2 =$	140,00 mm
Breite $b_2 =$	140,00 mm
Einschnitttiefe $t_{v1} =$	20,00 mm
Vorholzlänge $l_{v1} =$	85,00 mm
Einschnitttiefe $t_{v2} =$	30,00 mm
Vorholzlänge $l_{v2} =$	280,00 mm
Anschlußwinkel $\gamma =$	35,00 °

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²

Belastung:

$F_{\alpha,d} =$	40,44 kN
------------------	----------

Berechnung:

Überprüfung der geometrischen Randbedingungen:

Stirnversatz:

$$\alpha_1 = \gamma / 2 = 17,50^\circ$$

$$t_{v1,max} = \text{WENN}(\gamma \leq 50; h_1/4; \text{WENN}(\gamma \leq 60; h_1/4 * (1 - (\gamma - 50)/30); h_1/6)) = 35,00 \text{ mm}$$

$$\frac{t_{v1}}{t_{v1,max}} = \underline{0,57 \leq 1}$$

$$\frac{l_{v1}}{8 * t_{v1}} = \underline{0,53 \leq 1}$$

Fersenversatz:

$$\alpha_2 = \gamma = 35,00^\circ$$

$$t_{v1,max} = \text{WENN}(\gamma \leq 50; h_1/4; \text{WENN}(\gamma \leq 60; h_1/4 * (1 - (\gamma - 50)/30); h_1/6)) = 35,00 \text{ mm}$$

$$\frac{t_{v1}}{t_{v1,max}} = \underline{0,57 \leq 1}$$

$$\frac{l_{v1}}{8 * t_{v1}} = \underline{0,53 \leq 1}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,\alpha,d1} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d} * \sin(\alpha_1)}{2 * f_{c,90,d}}\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 * f_{v,d}} * \sin(\alpha_1) * \cos(\alpha_1)\right)^2 + \cos(\alpha_1)^4}} = 8,06 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,\alpha,d2} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d} * \sin(\alpha_2)}{2 * f_{c,90,d}}\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 * f_{v,d}} * \sin(\alpha_2) * \cos(\alpha_2)\right)^2 + \cos(\alpha_2)^4}} = 4,99 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchung

Bemessungswert der zulässigen Druckbeanspruchung in der Versatzfläche:

Stirnversatz:

$$A_{D1} = \frac{b_1 * t_{v1}}{\cos(\alpha_1)} = 2,94 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$R_{1,\alpha,d} = f_{c,\alpha,d1} * \frac{A_{D1}}{\cos(\alpha_1)} = 24,85 * 10^3 \text{ N}$$

Fersenversatz:

$$A_{D2} = \frac{b_1 * t_{V2}}{\cos(\alpha_1)} = 4,40 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$R_{2,\alpha,d} = f_{c,\alpha,d2} * \frac{A_{D2}}{\cos(\alpha_2)} = 26,80 * 10^3 \text{ N}$$

Vorhandene Druckbeanspruchung in der Versatzfläche:

Stirnversatz:

$$F_{1,\alpha,d} = R_{1,\alpha,d} / (R_{1,\alpha,d} + R_{2,\alpha,d}) * F_{\alpha,d} = 19,46 \text{ kN}$$

Versenversatz:

$$F_{2,\alpha,d} = R_{2,\alpha,d} / (R_{1,\alpha,d} + R_{2,\alpha,d}) * F_{\alpha,d} = 20,98 \text{ kN}$$

Scherkräfte in der Vorholzfläche:

Stirnversatz:

$$A_{V1} = b_1 * l_{V1} = 11,90 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{d1} = F_{1,\alpha,d} * 10^3 * \cos(\gamma) / A_{V1} = 1,34 \text{ N/mm}^2$$

Versenversatz:

$$A_{V2} = b_1 * l_{V2} = 39,20 * 10^3 \text{ mm}^2$$

Zur Ermittlung der Vorholzlänge l_{V2} sollte rechnerisch die gesamte Horizontalkraft berücksichtigt werden.

$$\tau_{d2} = F_{\alpha,d} * 10^3 * \cos(\gamma) / A_{V2} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Druckfestigkeit in der Versatzfläche:

Stirnversatz:

$$F_{1,\alpha,d} * 10^3 / R_{1,\alpha,d} = \underline{\underline{0,78 \leq 1}}$$

Versenversatz:

$$F_{2,\alpha,d} * 10^3 / R_{2,\alpha,d} = \underline{\underline{0,78 \leq 1}}$$

Schubfestigkeit in der Vorholzfläche:

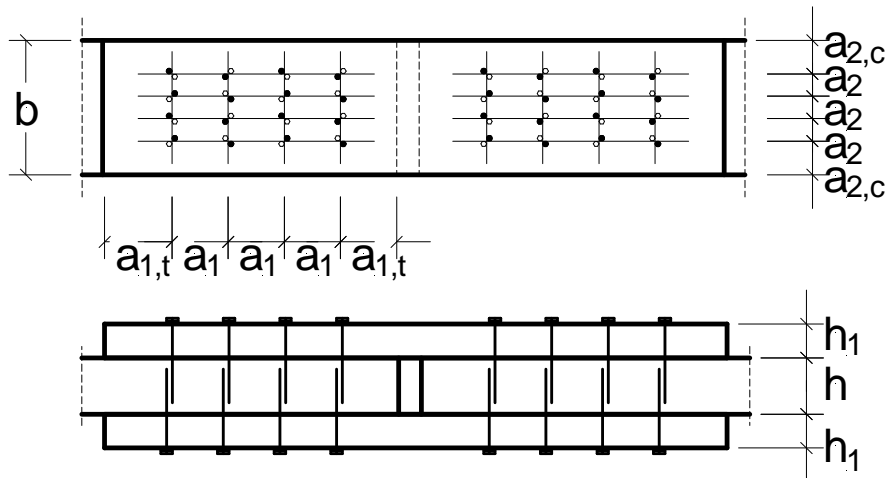
Stirnversatz:

$$\tau_{d1} / f_{v,d} = \underline{\underline{0,97 \leq 1}}$$

Versenversatz:

$$\tau_{d2} / f_{v,d} = \underline{\underline{0,62 \leq 1}}$$

Genagelter Zugstoß mit Außenlaschen



System:

Breite $b =$	140,00 mm
Dicke $h =$	80,00 mm
Dicke $h_1 =$	45,00 mm
Anzahl Nägel pro Reihe $n =$	4
Nagelreihen $m =$	3

Nagelabstände:

$a_{1,t} =$	60,00 mm
$a_1 =$	50,00 mm
$a_2 =$	30,00 mm
$a_{2,c} =$	40,00 mm

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz

Nägel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N<3)	=	Nagel
Größe $d \times l =$	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ;d≤6)	=	3.8x100

$f_{t,0,k} =$	TAB("1052/Holz";ft0k;FK=FK)*10	=	18,00 kN/cm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NK;B=BS)	=	0,90
$\rho_k =$	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
$d =$	TAB ("1052/VM";d;Bez=d \times l)	=	3,80 mm
$l_S =$	TAB ("1052/VM";l;Bez=d \times l)	=	100,00 mm
$f_{u,k} =$	TAB("1052/VM";fuk;Bez=d \times l)	=	600,00 N/mm ²

Belastung:

$F_d =$	14,00 kN
---------	----------

Berechnung:

Mindestnagelabstände:

$$\min_{a_{1,t}} = 12 * d = 45,60 \text{ mm}$$

$$\min_{a_1} = 10 * d = 38,00 \text{ mm}$$

$$\min_{a_2} = 5 * d = 19,00 \text{ mm}$$

$$\min_{a_{2,c}} = 5 * d = 19,00 \text{ mm}$$

$$\min_{a_{1,t}} / a_{1,t} = 0,76 \leq 1$$

$$\min_{a_1} / a_1 = 0,76 \leq 1$$

$$\min_{a_2} / a_2 = 0,63 \leq 1$$

$$\min_{a_{2,c}} / a_{2,c} = 0,47 \leq 1$$

Zug in Faserrichtung

Beanspruchung der Mittelhölzer:

$$A_{ef,m} = b * h = 11200,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d,m} = \frac{F_d * 10^3}{A_{ef,m}} = 1,25 \text{ N/mm}^2$$

Holzlaschen:

$$A_{ef,l} = 2 * b * h_1 = 12600,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d,l} = \frac{F_d * 10^3}{A_{ef,l}} = 1,11 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

Mittige Beanspruchung:

$$f_{t,0,d,m} = k_{mod} * f_{t,0,k} / 1,3 = 12,46 \text{ N/mm}^2$$

Außermittige Beanspruchung:

$$f_{t,0,d,l} = \frac{2}{3} * k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{1,3} = 8,31 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Mittige Beanspruchung:

$$\sigma_{t,0,d,m} / f_{t,0,d,m} = 0,10 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,m}}{f_{t,0,d,m}} = 0,10 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,m}}{f_{t,0,d,m}}$$

Außermittige Beanspruchung:

$$\frac{\sigma_{t,0,d,l}}{f_{t,0,d,l}} = 0,13 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,l}}{f_{t,0,d,l}}$$

Anzahl der Verbindungsmittel:

$$n_{ef} = 2 * n * m = 24$$

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 5790,42 \text{ Nmm}$$

$$f_{h1k} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3} = 20,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 1,00$$

$$t_1 = l_s - h_1 = 55,00 \text{ mm}$$

$$t_2 = h_1 = 45,00 \text{ mm}$$

$$R_{k1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 4,3639 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (f_{h1k} * t_2 * d * \beta) * 10^{-3} = 3,5705 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = \left(\frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) \right) * 10^{-3} = 1,6573 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = \left(\frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_1^2} - \beta} \right) \right) * 10^{-3} = 1,5581 \text{ kN}$$

$$R_{k5} = \left(\frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_2^2} - \beta} \right) \right) * 10^{-3} = 1,3155 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = \left(\sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h1k} * d} \right) * 10^{-3} = 0,9586 \text{ kN}$$

$$R_{la,d} = \text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,3; R_{k4}/1,2; R_{k5}/1,2; R_{k6}/1,1) * k_{mod} = 0,78 \text{ kN}$$

$$\frac{F_d}{n_{ef} * R_{la,d}} = \underline{\underline{0,75 \leq 1}}$$