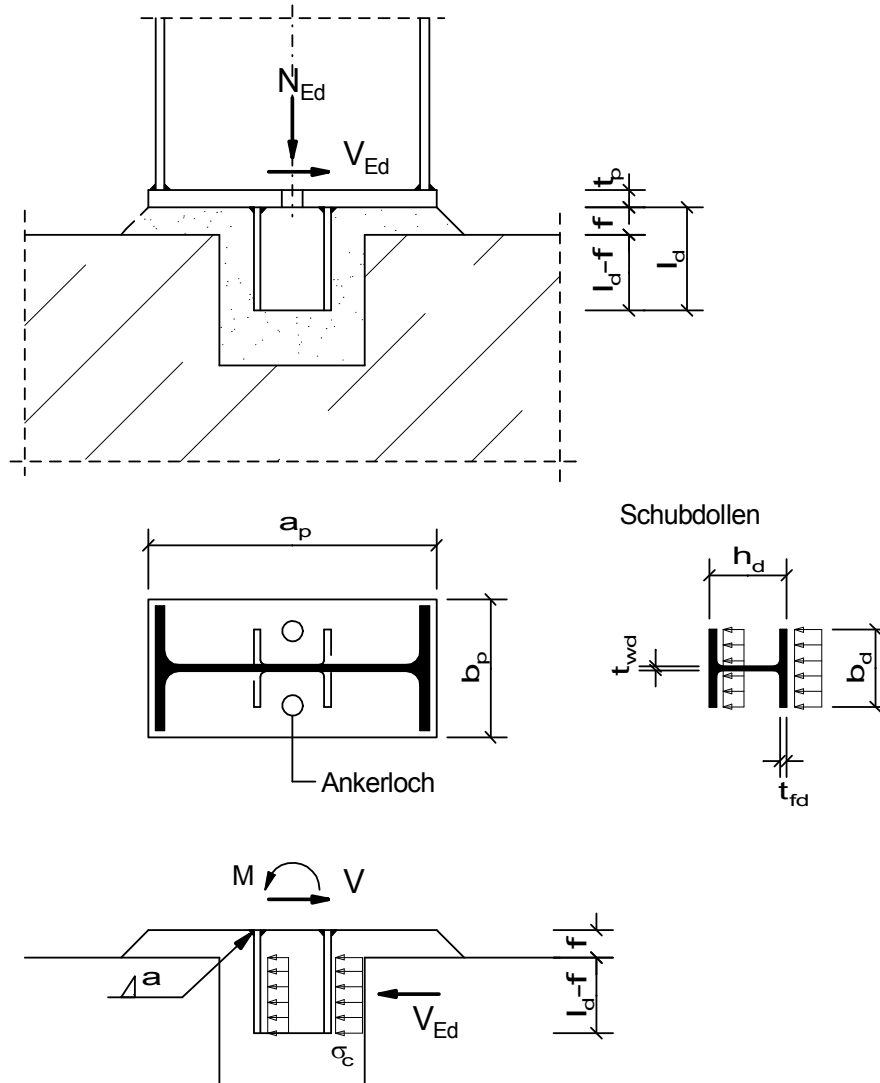


Erweiterte Stahlbaubibliothek nach Eurocode 3

Fusspunkte_Auflager

Bündige Fußplatte mit Schubdollen

Profilbündige Fußplatte mit Schubdollen zur Einleitung der Horizontalkraft V_{Ed} in das Fundament (ohne Nachweis des Stützenquerschnitts und der Schweißnaht Stütze/Fußplatte).

**Querschnitte / Geometrie:**

Schubdollen:			
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEB
Träger ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	HEB 140
Dollenlänge l_d =			150,00 mm
Dollenhöhe h_d =	TAB("EC3d/Typ1; h; ID=ID1;)	=	140,00 mm
Dollenbreite b_d =	TAB("EC3d/Typ1; b; ID=ID1;)	=	140,00 mm
Dollensteg t_{wd} =	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	7,00 mm
Dollenflansch t_{fd} =	TAB("EC3d/Typ1; tf; ID=ID1;)	=	12,00 mm
Radius r_d =	TAB("EC3d/Typ1; r; ID=ID1;)	=	12,00 mm
Trägheitsmoment I_{yd} =	TAB("EC3d/Typ1; Iy; ID=ID1;)	=	1510,00 cm ⁴
Fläche A_d =	TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1)	=	43,00 cm ²

Stütze:

Typ2 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEAA
Träger ID2 =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	=	HEAA 100
Höhe h_c =	TAB("EC3d/Typ2; h;ID=ID2;)	=	91,00 mm
Breite b_c =	TAB("EC3d/Typ2; b;ID=ID2;)	=	100,00 mm

Fußplatte:

Fußplattenlänge a_p =	h_c	=	91,00 mm
Breite b_p =	b_c	=	100,00 mm
Fußplattendicke t_p =			30,00 mm
Ankerlochdurchmesser d_0 =			30,00 mm

Schweißnähte:

Naht Dollen-Platte a_1 =			5,00 mm
----------------------------	--	--	---------

Mörtelfuge f_c =			40,00 mm
--------------------	--	--	----------

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =			1,0
γ_{M2} =			1,25
Normalbeton			
γ_c =			1,50
α_{cc} =			0,85

Auswirkungen der Einwirkungen:

Normalkraft N_{Ed} =			285,00 kN
Querkraft V_{Ed} =			65,00 kN

Material:

Beton =	GEW("EC2d/mat"; ID;)	=	C20/25
$f_{c,k}$ =	TAB("EC2d/mat"; f_{ck} ; ID=Beton)/10	=	2,00 kN/cm ²
$f_{c,d}$ =	$\frac{f_{c,k}}{\gamma_c} * \alpha_{cc}$	=	1,13 kN/cm ²
Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_{w} ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{w,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²

Betonpressung infolge Druckkraft N_{Ed}

gleichmäßige Betonpressung unter der Fußplatte

$$A_N = \left(a_p * b_p - 2 * \pi * \frac{d_0^2}{4} \right) * 10^{-2} = 76,86 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_N} = 3,71 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis Betonpressung

$$\frac{\sigma_c}{f_{c,d}} = \underline{\underline{3,28 < 1}}$$

Biegung der Fußplatte infolge Druckkraft N_{Ed}

Biegespannung in der Fußplatte

zwei dreiseitig gelagerte Platten mit gleichmäßig verteilter Last σ_c

eingespannter Rand am Profilsteg, gelenkig gelagert bei Gurten

$$b_{2h} = \frac{b_c}{2 \cdot h_c} = 0,55$$

$$\alpha_m = \text{TAB}(\text{"EC3d/plat3s";} \alpha_m; b_{2h}=b_{2h};) = 6,63$$

betragsmäßig größtes Moment ist Einspannmoment in der Mitte des Steges:

$$m = \sigma_c \cdot \frac{a_p \cdot b_p \cdot 1}{2 \cdot 100 \cdot \alpha_m} = 25,46 \text{ kNcm/cm}$$

Grenzmoment

$$m_{\max} = \frac{f_{y,k} \cdot (t_p / 10)^2}{\gamma_{M0} \cdot 6} = 35,25 \text{ kNcm/cm}$$

Nachweis Fußplatte

$$\frac{m}{m_{\max}} = \underline{0,72 < 1}$$

erforderliche Fußplattendicke

$$t_{p,\text{erf}} = \sqrt[3]{\frac{a_p \cdot b_p \cdot \sigma_c}{\alpha_m \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0}}} = 25,50 \text{ mm}$$

Nachweis der Fußplatte

$$\frac{t_{p,\text{erf}}}{t_p} = \underline{0,85 < 1,0}$$

Einleitung der Horizontalkraft V_{Ed} in das Fundament

Die Horizontalkraft wird zu 60% auf den vorderen und zu 40% auf den hinteren Flansch verteilt!

minimale Grenzpressung in der Lagerfuge:

$$f_{j,d} = \frac{2}{3} \cdot 1,0 \cdot f_{c,d} = 0,75 \text{ kN/cm}^2$$

wirksame Lagerbreite

$$c = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{3 \cdot f_{j,d} \cdot \gamma_{M0}}} \cdot t_{fd} = 38,78 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = t_{wd} + 2 \cdot r_d + 2 \cdot c = 108,56 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff}} = l_d - f_c = 110,00 \text{ mm}$$

gedrückte Fläche

$$A_c = \frac{b_{\text{eff}} \cdot l_{\text{eff}}}{100} = 119,42 \text{ cm}^2$$

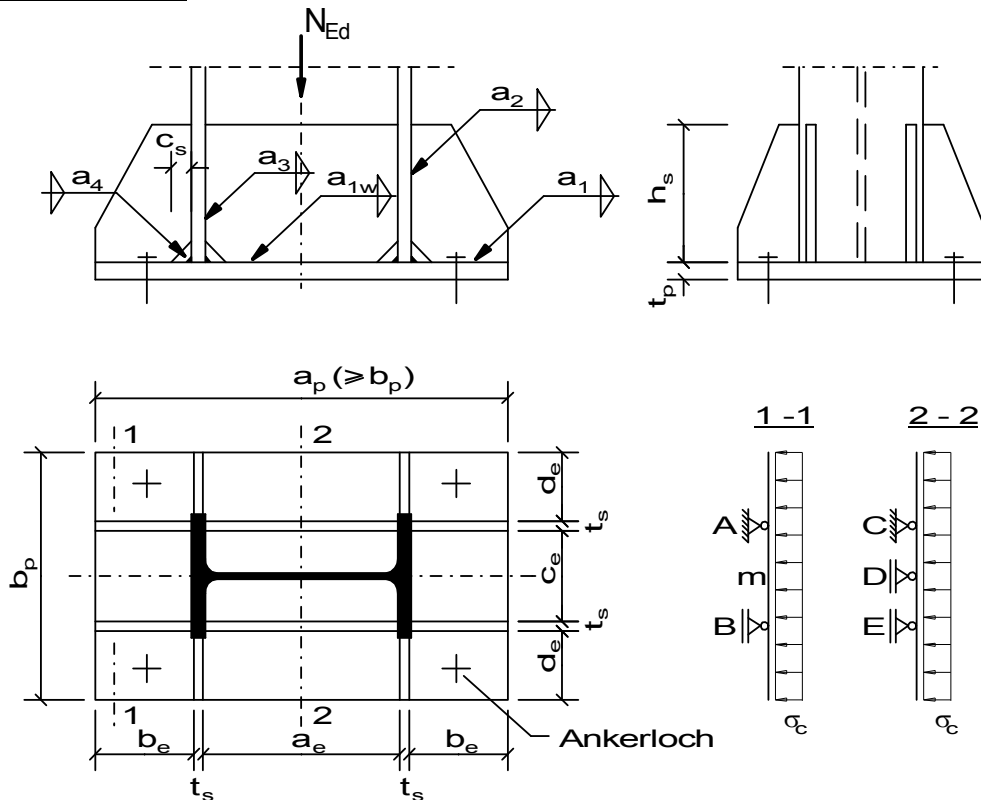
$$\sigma_c = \frac{V_{Ed}}{A_c} \cdot 0,6 = 0,33 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Betonpressung

$$\frac{\sigma_c}{f_{j,d}} = \underline{0,44 < 1}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Versteifte Fußplatte**Querschnitte / Geometrie:**

Stützenprofil:

Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEB
Stütze ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	HEB 500
Höhe h_b =	TAB("EC3d/Typ1; h; ID=ID1;)	=	500,00 mm
Breite b_b =	TAB("EC3d/Typ1; b; ID=ID1;)	=	300,00 mm
Stegdicke t_w =	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	14,50 mm
Flanschdicke t_f =	TAB("EC3d/Typ1; tf; ID=ID1;)	=	28,00 mm
Radius r_b =	TAB("EC3d/Typ1; r; ID=ID1;)	=	27,00 mm
Fläche A_b =	TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1)	=	239,00 cm ²
Umfang U_b =	$2*(2*b_b - 4*r_b - t_w + \pi*r_b + h_b)$	=	2124,65 mm

Fußplatte:

Fußplattenlänge a_p =	900,00 mm
Breite b_p =	500,00 mm
Dicke t_p =	35,00 mm
Ankerlochdurchmesser d_0 =	35,00 mm

Steifen:

Steifenhöhe h_s =	300,00 mm
Dicke t_s =	20,00 mm
Eckverschnitt c_s =	50,00 mm

Schweißnähte:

Doppelkehlnaht a_{1w} =	6,00 mm
DHY Doppelkehlnaht a_2 =	10,00 mm
HY Kehlnaht a_3 =	18,00 mm
Ringsumlaufende Kehlnaht a_4 =	6,00 mm

Fundament:

Fundamenthöhe h =	500,00 mm
---------------------	-----------

$$d_e = \frac{b_p - b_b}{2} + 10 = 110,00 \text{ mm}$$

$$c_e = b_p - 2 \cdot (d_e + t_s) = 240,00 \text{ mm}$$

$$b_e = \frac{a_p - h_b}{2} = 200,00 \text{ mm}$$

$$a_e = a_p - 2 \cdot (b_e + t_s) = 460,00 \text{ mm}$$

Teilsicherheitsbeiwerte:

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Normalbeton

$$\gamma_c = 1,50$$

$$\alpha_{cc} = 0,85$$

Auswirkungen der Einwirkungen:

$$\text{Normalkraft } N_{Ed} = 2700,00 \text{ kN}$$

Material:

Beton:

$$\text{Beton} = \text{GEW}(\text{"EC2d/mat"; ID; }) = \text{C16/20}$$

$$f_{c,k} = \text{TAB}(\text{"EC2d/mat"; } f_{ck}; \text{ID=Beton)/10} = 1,60 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{c,d} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = 0,91 \text{ kN/cm}^2$$

Stahl:

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"EC3d/mat"; ID; }) = \text{S235}$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{yk}; \text{ID=Stahl)/10} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{uk}; \text{ID=Stahl)/10} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_w = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } \beta_{w}; \text{ID=Stahl}) = 0,80$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

Betonpressung:

Abmessungen der wirksamen Fläche des Fundamentes

$$\text{Lagerbreite (T-Stummel) } c = 80,00 \text{ mm}$$

T-Stummel 1:

$$b_{eff} = t_f + 2 \cdot c = 188,00 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = b_b + 2 \cdot c = 460,00 \text{ mm}$$

$$A_{c0} = b_{eff} \cdot l_{eff} / 100 = 864,80 \text{ cm}^2$$

$$a_1 = \text{MIN}(3 \cdot l_{eff}; h + l_{eff}) = 960,00 \text{ mm}$$

$$b_1 = \text{MIN}(3 \cdot b_{eff}; h + b_{eff}) = 564,00 \text{ mm}$$

$$A_{c1} = a_1 \cdot b_1 / 100 = 5414,40 \text{ cm}^2$$

$$F_{Rdu} = \text{MIN}(A_{c0} \cdot f_{c,d} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}}; 3,0 \cdot f_{c,d} \cdot A_{c0}) = 1969,13 \text{ kN}$$

$$\beta_j = 2/3 = 0,67$$

$$f_{j,d} = \frac{F_{Rdu} \cdot 100}{b_{eff} \cdot l_{eff}} \cdot \beta_j = 1,53 \text{ kN/cm}^2$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Verwendung von Steifen:

gleichmäßige Betonpressung unter der Fußplatte

$$A_N = \left(a_p * b_p - 4 * \pi * \frac{d_0^2}{4} \right) / 100 = 4461,52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_N} = 0,605 \text{ kN/cm}^2$$

Balkenmethode Schnitt 1-1:

$$M_r = \sigma_c * \left(d_e + \frac{t_s}{2} \right)^2 / (2 * 100) = 43,56 \text{ kNcm/cm}$$

$$M_m = \sigma_c * \frac{(c_e + t_s)^2}{8 * 100} - M_r = 7,56 \text{ kNcm/cm}$$

$$M_{max} = \text{MAX}(M_r; \text{ABS}(M_m)) = 43,56 \text{ kNcm/cm}$$

$$t_{p,erf} = \sqrt{6 * \frac{M_{max}}{f_{y,k} / \gamma_{M0}}} * 10 = 33,35 \text{ mm}$$

Nachweis der Fußplatte

$$\frac{t_{p,erf}}{t_p} = \underline{\underline{0,95 < 1,0}}$$

Nachweis der Kehlnaht a₄:

Der Anschluss Stütze - Fußplatte erfolgt auf Kontakt (Sägeschnitt). Die Querkraft V, jedoch mindestens N/4, ist mittels Kehlnaht ringsum anzuschließen.

$$V = \frac{N_{Ed}}{4} = 675,00 \text{ kN}$$

$$\text{Minsesnahtdicke } a_{min} = 3,00 \text{ mm}$$

$$\frac{a_{min}}{a_4} = \underline{\underline{0,50 < 1}}$$

$$A_{w4} = \frac{a_4 * U_b}{V} / 100 = 127,48 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V}{A_{w4}} = 5,29 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed}^2)} = 9,16 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,25 < 1}}$$

Nachweis der Kehlnaht a_{1w}:

Kraft, die auf die Steife übertragen wird

$$R_1 = \sigma_c * \frac{b_e * b_p}{2 * 100} = 302,50 \text{ kN}$$

$$\frac{a_{min}}{a_{1w}} = \underline{\underline{0,50 < 1}}$$

$$A_{w1} = 2 * a_{1w} * (b_e - c_s) / 100 = 18,00 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth,Ed}} = \frac{R_1 / \sqrt{2}}{A_{w1}} = 11,88 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth,Ed}} = \frac{\tau_{\text{orth,Ed}}}{\sqrt{3}} = 11,88 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth,Ed}}^2 + 3 * (\tau_{\text{orth,Ed}}^2)} = 23,76 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,66 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth,Ed}}}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,46 < 1}$$

Nachweis der Kehlnaht a₂:

Moment, das auf die Steife übertragen wird

$$M = \frac{R_1 * (b_e + c_s)}{2 * 10} = 3781,25 \text{ kNcm}$$

$$W_{w2} = 2 * a_2 * \frac{(h_s - c_s)^2}{6} * 10^{-3} = 208,33 \text{ cm}^3$$

$$\frac{a_{\text{min}}}{a_2} = \underline{0,30 < 1}$$

$$A_{w2} = \frac{2 * a_2 * (h_s - c_s)}{100} = 50,00 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth,Ed}} = \frac{R_1 / \sqrt{2}}{A_{w2}} + \frac{M / \sqrt{2}}{W_{w2}} = 17,11 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth,Ed}} = \frac{\tau_{\text{orth,Ed}}}{\sqrt{3}} = 17,11 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth,Ed}}^2 + 3 * (\tau_{\text{orth,Ed}}^2)} = 34,22 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,95 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth,Ed}}}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,66 < 1}$$

Nachweis der Steifen:

$$A_s = \frac{(b_e - c_s) * t_s}{100} = 30,00 \text{ cm}^2$$

$$N_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * A_s = 705,00 \text{ kN}$$

Nachweis Druckbeanspruchung

$$\frac{|R_1|}{N_{c,Rd}} = \underline{0,43 < 1}$$

$$A_s = \frac{(h_s - c_s) * t_s}{100} = 50,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = A_s * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 678,39 \text{ kN}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis der Schweißnaht a_3 :

$$W_{w3} = a_3 \cdot \frac{(h_s - c_s)^2}{6} \cdot 10^{-3} = 187,50 \text{ cm}^3$$

$$A_{w3} = a_3 \cdot (h_s - c_s) / 100 = 45,00 \text{ cm}^2$$

$$\frac{a_{\min}}{a_3} = \underline{\underline{0,17 < 1}}$$

$$\tau_{\text{orth,Ed}} = \frac{Q/\sqrt{2}}{A_{w3}} + \frac{M_E/\sqrt{2}}{W_{w3}} = 14,76 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth,Ed}} = \tau_{\text{orth,Ed}} = 14,76 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth,Ed}}^2 + 3 \cdot (\tau_{\text{orth,Ed}})^2} = 29,52 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

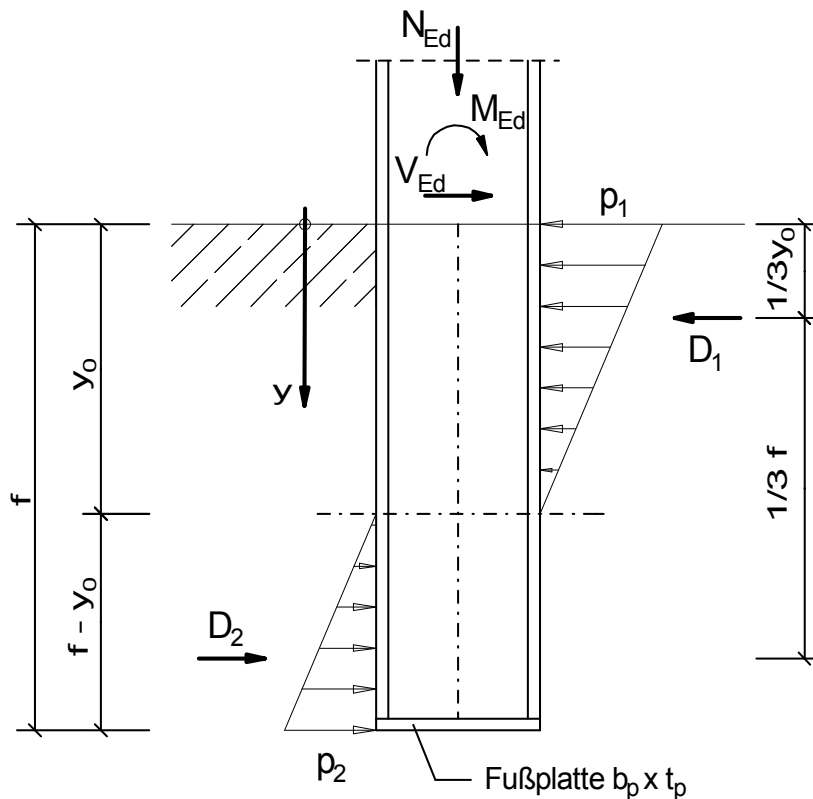
$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,82 < 1}}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth,Ed}}}{0,9 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{\underline{0,57 < 1}}$$

Stützeinspannung in ein Köcherfundament

Die Einbindetiefe ist durch das Berechnungsmodell vorgegeben.

Die Normalkraft wird komplett über die Fußplatte eingeleitet (ohne Berücksichtigung von Reibkräften).



Querschnitte / Geometrie:

Stahlprofil:

Typ1 = GEW("EC3d/Profile"; ID;) = HEB
 Träger ID1 = GEW("EC3d/Typ1; ID;) = HEB 200

Höhe h = TAB("EC3d/Typ1; h; ID=ID1;) = 200,00 mm
 Breite b = TAB("EC3d/Typ1; b; ID=ID1;) = 200,00 mm
 Steg t_w = TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;) = 9,00 mm
 Flansch t_f = TAB("EC3d/Typ1; tf; ID=ID1;) = 15,00 mm
 Radius r = TAB("EC3d/Typ1; r; ID=ID1;) = 18,00 mm
 Trägheitsmoment I_y = TAB("EC3d/Typ1; Iy; ID=ID1;) = 5700,00 cm⁴
 Widerstandsmoment W_y = TAB("EC3d/Typ1; W_y; ID=ID1;) = 570,00 cm²
 Fläche A = TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1;) = 78,10 cm²
 h_w = $h - 2 * t_f$ = 170,00 mm

Einbindetiefe f = $3 * h$ = 600,00 mm

Fußplatte:

Dicke t_p = 14,00 mm

Breite b_p = 140,00 mm

Länge a_p = h = 200,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M2} =	1,25
Normalbeton	
γ_c =	1,50
α_{cc} =	0,85

Auswirkungen der Einwirkungen:

Normalkraft N_{Ed} =	65,00 kN
Querkraft V_{Ed} =	40,00 kN
Moment M_{Ed} =	5800,00 kNcm

Material:

Beton:			
Beton =	GEW("EC2d/mat"; ID;)	=	C16/20
$f_{c,k}$ =	TAB("EC2d/mat"; f_{ck} ; ID=Beton)/10	=	1,60 kN/cm ²
$f_{c,d}$ =	$\frac{f_{c,k}}{\gamma_c} * \alpha_{cc}$	=	0,91 kN/cm ²
Stahl:			
Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²

Kräfte und Spannungen:

y_0 =	$0,5 * f * \frac{M_{Ed} * 10 + 2 * V_{Ed} * \frac{f}{3}}{M_{Ed} * 10 + V_{Ed} * \frac{f}{2}}$	=	317,14 mm
D_2 =	$1,5 * \frac{M_{Ed} * 10 + V_{Ed} * \frac{y_0}{3}}{f}$	=	155,57 kN
D_1 =	$D_2 + V_{Ed}$	=	195,57 kN
p_1 =	$\frac{2 * D_1}{b * y_0} * 100$	=	0,617 kN/cm ²
p_2 =	$\frac{2 * D_2}{b * (f - y_0)} * 100$	=	0,550 kN/cm ²

Betonpressungen infolge Querkraft und Moment:

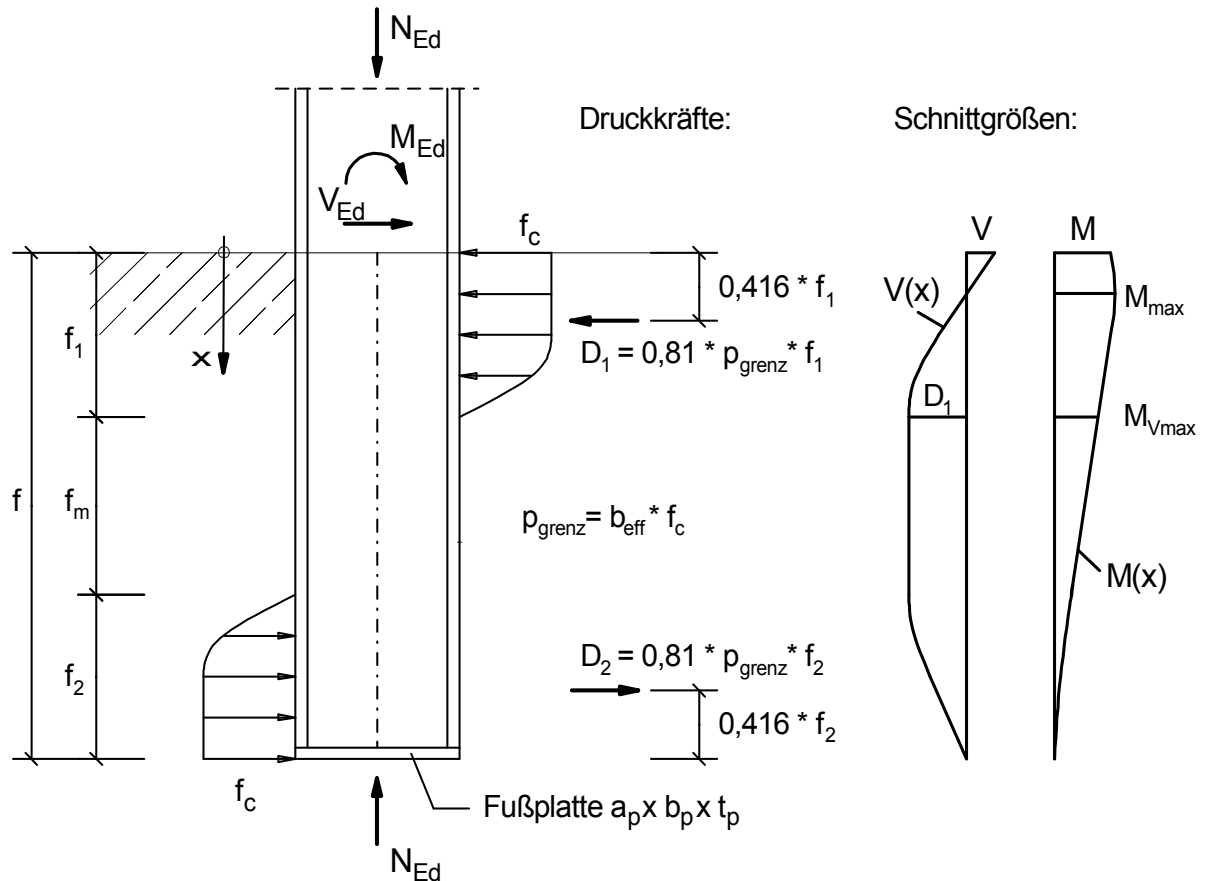
σ_c =	MAX(p_1 ; p_2)	=	0,62 kN/cm ²
Nachweis der Betonpressung			
$\frac{\sigma_c}{f_{c,d}}$		=	<u>0,68 < 1</u>

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Stützeinspannung in Köcherfundament

Zur Übertragung der Anschlussschnittgrößen M und V werden Spannungsverteilungen angenommen, die dem Parabel-Rechteck-Diagramm in der Biegedruckzone des Betons im Bruchzustand entsprechen. Die Normalkraft wird ohne Berücksichtigung von Reibkräften komplett über die Fußplatte eingeleitet.



Querschnitte / Geometrie:

Einbindetiefe $f =$

450,00 mm

Stahlprofil:

Typ1 = GEW("EC3d/Profile"; ID;)

= HEB

Träger ID1 = GEW("EC3d/Typ1; ID;)

= HEB 280

Höhe $h =$ TAB("EC3d/Typ1; h; ID=ID1;)

= 280,00 mm

Breite $b =$ TAB("EC3d/Typ1; b; ID=ID1;)

= 280,00 mm

Steg $t_w =$ TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)

= 10,50 mm

Flansch $t_f =$ TAB("EC3d/Typ1; tf; ID=ID1;)

= 18,00 mm

Radius $r =$ TAB("EC3d/Typ1; r; ID=ID1;)

= 24,00 mm

Trägheitsmoment $I_y =$ TAB("EC3d/Typ1; Iy; ID=ID1;)

= 19270,00 cm⁴

Widerstandsmoment $W_y =$ TAB("EC3d/Typ1; W_y; ID=ID1)

= 1380,00 cm²

Fläche $A =$ TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1)

= 131,00 cm²

$h_w =$ $h - 2 * t_f$

= 244,00 mm

Fußplatte:

Dicke $t_p =$ 20,00 mm

Breite $b_p =$ $b =$ 280,00 mm

Länge $a_p =$ $h =$ 280,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M2} =$	1,25
Normalbeton	
$\gamma_c =$	1,50
$\alpha_{cc} =$	0,85

Auswirkungen der Einwirkungen:

Normalkraft $N_{Ed} =$	230,00 kN
Querkraft $V_{Ed} =$	22,00 kN
Moment $M_{Ed} =$	11000,00 kNcm

Material:

Beton:			
Beton =	GEW("EC2d/mat"; ID;)	=	C25/30
$f_{c,k} =$	TAB("EC2d/mat"; f_{ck} ; ID=Beton)/10	=	2,50 kN/cm ²
$f_{c,d} =$	$\alpha_{cc} * \frac{f_{c,k}}{\gamma_c}$	=	1,417 kN/cm ²
Stahl:			
Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
$\epsilon =$	$\sqrt{23,5 / f_{y,k}}$	=	1,00

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Beanspruchung: Biegung und Druck			
$c =$	$h_w - 2 * r$	=	196,00 mm
$N_{pl,Rd} =$	$A * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}}$	=	3078,50 kN
$n =$	$\frac{ N_{Ed} }{N_{pl,Rd}}$	=	0,07
$d =$	$h_w - 2 * r$	=	196,00 mm
$\alpha =$	$\left(\frac{n * A}{d * t_w / 100} + 1 \right) * \frac{1}{2}$	=	0,72

Kriterium für Querschnittsklasse 1:

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_w}{396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_w}{36 * \epsilon / \alpha}) = \underline{0,39 < 1}$$

⇒ Querschnitt der Klasse 1

Querschnittstragfähigkeit an der Einspannstelle:

$N_{pl,Rd} =$	$A * f_{y,k} / \gamma_{M0}$	=	3078,50 kN
$V_{z,pl,Rd} =$	$\frac{t_w * h_w}{100} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$	=	347,61 kN

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

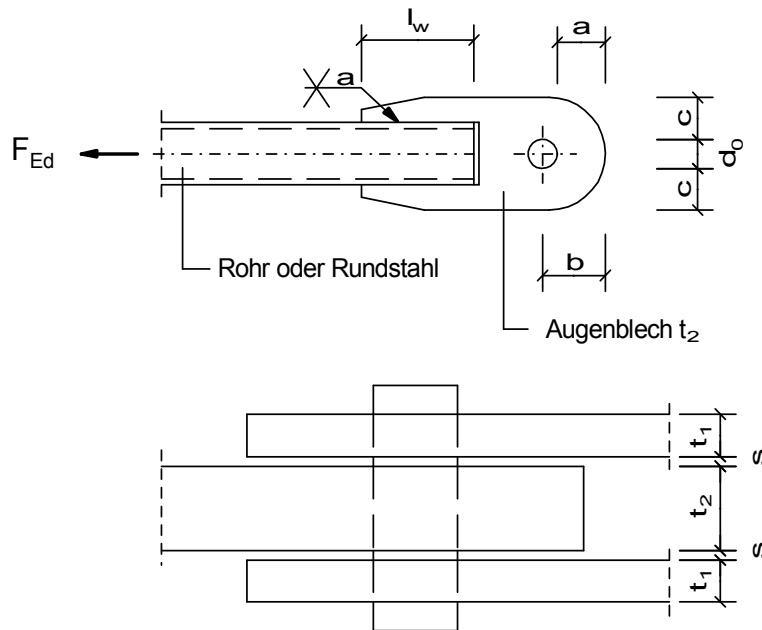
Seiten entfernt.

Erweiterte Stahlbaubibliothek nach Eurocode 3

Schraubenverbindungen

Augenstab

Augenstab-Anschluss mit Verbindung durch einen Bolzen.

**Querschnitte / Geometrie:**

Bolzen (hier ohne Bedarf des Austauschens):

Durchmesser $d_b = 44,0 \text{ mm}$ Festigkeitsklasse $FK_b = \text{GEW}(\text{"EC3d/FK"; FK; }) = 5.6$ Lochspiel $\Delta d = 1,0 \text{ mm}$ Lochdurchmesser $d_0 = d_b + \Delta d = 45,0 \text{ mm}$

Bleche:

Augenblech $t_2 = 17,0 \text{ mm}$ Anschlusslaschen $t_1 = 8,0 \text{ mm}$ Laschenspiel $s = 1,0 \text{ mm}$

Abstände:

Randabstand längs $a = 50,00 \text{ mm}$ Randabstand quer $c = 35,00 \text{ mm}$ Lochabstand längs $b = a + d_0/2 = 72,50 \text{ mm}$

Schweißnähte:

Stumpfnah $l_w = 80,0 \text{ mm}$ $a_w = t_2$ **Auswirkung der Einwirkungen**Zugkraft $F_{Ed} = 175,00 \text{ kN}$ **Teilsicherheitsbeiwerte:** $\gamma_{M0} = 1,0$ $\gamma_{M2} = 1,25$ **Material:**Stahl = $\text{GEW}(\text{"EC3d/mat"; ID;}) = \text{S355}$ $f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{y,k}; \text{ID=Stahl})/10 = 35,50 \text{ kN/cm}^2$ $f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{u,k}; \text{ID=Stahl})/10 = 51,00 \text{ kN/cm}^2$

Bolzen:

$$f_{y,b,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"}; f_{yk}; FK=FK_b)/10 = 30,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,b,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"}; f_{uk}; FK=FK_b)/10 = 50,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_w = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"}; \beta_{w}; ID=\text{Stahl}) = 0,90$$

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

$$f_{yk} = \text{MIN}(f_{y,k}; f_{y,b,k}) = 30,00 \text{ kN/cm}^2$$

Möglichkeit A: Dicke t_2 vorgegeben

$$\frac{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_2 \cdot f_{yk}} + \frac{2}{3} \cdot d_0}{a} = \underline{0,60 < 1}$$

$$\frac{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_2 \cdot f_{yk}} + \frac{1}{3} \cdot d_0}{c} = \underline{0,43 < 1}$$

Möglichkeit B: Geometrie vorgegeben

$$a = 1,1 \cdot d_0 = 49,50 \text{ mm}$$

$$b = 1,6 \cdot d_0 = 72,00 \text{ mm}$$

$$c = 0,75 \cdot d_0 = 33,75 \text{ mm}$$

$$\frac{0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk}}}}{t_2} = \underline{0,10 < 1}$$

$$\frac{2,5 \cdot t_2}{d_0} = \underline{0,94 < 1}$$

Abscherbeanspruchbarkeit des Bolzens:

$$\text{Bolzen-Scherebenen } n_s = 1$$

$$A_b = \frac{\pi \cdot (d_b / 10)^2}{4} = 15,21 \text{ cm}^2$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A_b \cdot f_{u,b,k} / \gamma_{M2} = 365,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n_s} = 175,00 \text{ kN}$$

Nachweis Abscherbeanspruchbarkeit

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,48 < 1}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit des Bolzens:

$$f_{yk} = \text{MIN}(f_{y,k}; f_{y,b,k}) = 30,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot d_b \cdot \text{MIN}(2 \cdot t_1; t_2) / 100 \cdot f_{yk} / \gamma_{M2} = 253,44 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = F_{Ed} = 175,00 \text{ kN}$$

Nachweis Abscherbeanspruchbarkeit

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{0,69 < 1}$$

Biegebeanspruchbarkeit des Bolzens:

$$W_{el} = \frac{\pi * (d_b / 10)^3}{32} = 8,36 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{f_{y,b,k}}{\gamma_{M0}} * 1,5 * W_{el} = 376,20 \text{ kNcm}$$

$$\text{maximales Moment im Bolzen}$$

$$M_{Ed} = F_{Ed} * (t_2 + 4*s + 2*t_1)/80 = 80,94 \text{ kNcm}$$

Nachweis Biegebeanspruchbarkeit:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \underline{0,22 < 1}$$

Kombination von Biegung und Abscheren des Bolzens:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = \underline{0,28 < 1}$$

Nachweis der Stumpfnah:

Nahtdicke (Nahtgüte nachgewiesen!!)

$$a_w = t_2 = 17,00 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = l_w - 2 * a_w = 46,00 \text{ mm}$$

$$f_{vw,Rd} = \frac{f_{u,k} / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 26,17 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_w * l_{eff} / 100 = 204,65 \text{ kN}$$

Resultierende der auf die Nahtfläche einwirkenden Kräfte

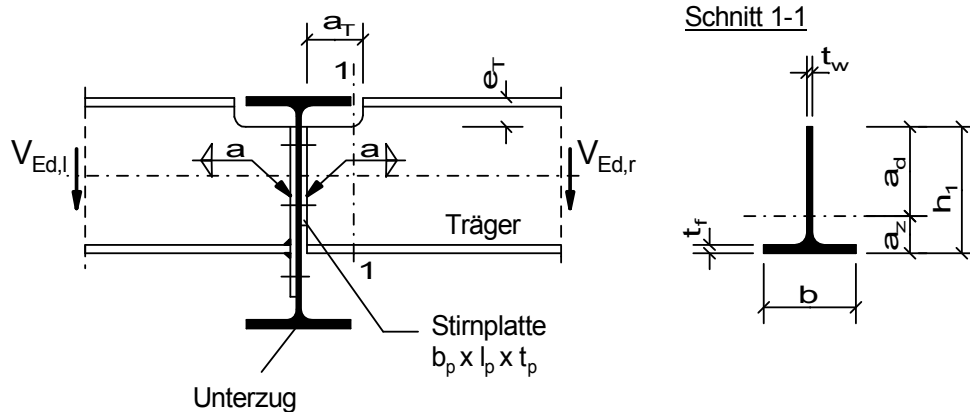
$$F_{vw,Ed} = F_{Ed}/2 = 87,50 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht:

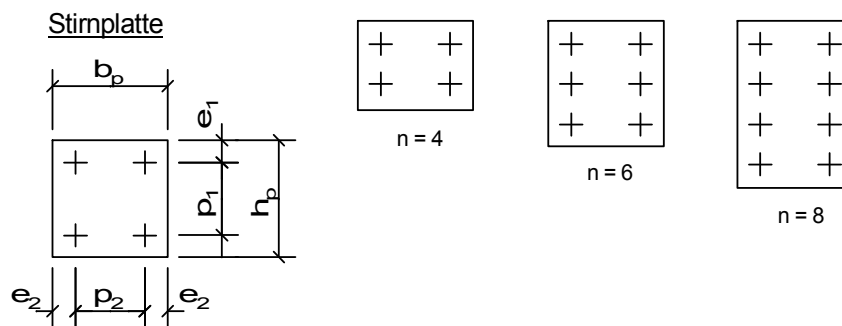
$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,43 < 1}$$

Beidseitiger Deckenträgeranschluss an Unterzug

Geschraubter Querkraft-Anschluss zweier Trägerenden mit angeschweißten Stirnplatten an einen Trägersteg.



Anzahl der Schrauben n variabel.

**Querschnitte / Geometrie:**

Schrauben:			
Schraubengröße Schr =	GEW("EC3d/Schra"; SG;)	=	M 16
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC3d/FK"; FK;)	=	4.6
Anzahl der Schrauben (gerade) n =			8
Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung			
Lochspiel Δd =			1,0 mm
Schraubengewinde liegt <u>nicht</u> in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)			
Gewinde in Fuge ref =			0
Schaftdurchmesser d =	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr)	=	16,00 mm
Lochdurchmesser d_0 =	d + Δd	=	17,00 mm
Schaftquerschnitt A =	TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr;)	=	2,01 cm ²
Spannungsquer. A_s =	TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr;)	=	1,57 cm ²

Haupt-Träger (Unterzug):

Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEB
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	HEB 700
Stegdickte t_{w1} =	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	17,00 mm

Quer-Träger (Deckenträger):

Träger Typ2 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID2 =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	=	IPE 500
Höhe h =	TAB("EC3d/Typ2; h; ID=ID2;)	=	500,00 mm
Breite b =	TAB("EC3d/Typ2; b; ID=ID2;)	=	200,00 mm
Stegdickte t_w =	TAB("EC3d/Typ2; tw; ID=ID2;)	=	10,20 mm
Flanschdicke t_f =	TAB("EC3d/Typ2; tf; ID=ID2;)	=	16,00 mm

Stirnplatte:	
Stirnplattenbreite b_p =	200,00 mm
Höhe h_p =	350,00 mm
Dicke t_p =	10,00 mm
Lochabstände:	
Vertikal p_1 =	90,00 mm
Horizontal p_2 =	110,00 mm
Rand vertikal e_1 =	40,00 mm
Ausklinkung:	
Länge a_T =	145,00 mm
Höhe e_T =	70,00 mm
Schweißnähte:	
Kehlnaht a =	4,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M2} =	1,25

Einwirkungen:

Anschlusskraft $V_{Ed,l}$ =	215,00 kN
Anschlusskraft $V_{Ed,r}$ =	175,00 kN

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
Schrauben:			
$f_{y,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; $f_{y,b,k}$; FK=FK)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; $f_{u,b,k}$; FK=FK)/10	=	40,00 kN/cm ²
β_w =	TAB("EC3d/mat"; $\beta_{w,i}$; ID=Stahl)	=	0,80

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

vord e_2 =	$(b_p - p_2) / 2$	=	45,00 mm
kleinste Abstände:			
$1,2 \cdot d_0 / e_1$	=	<u>0,51 < 1</u>	
$1,2 \cdot d_0 / e_2$	=	<u>0,45 < 1</u>	
$2,2 \cdot d_0 / p_1$	=	<u>0,42 < 1</u>	
$2,4 \cdot d_0 / p_2$	=	<u>0,37 < 1</u>	
größte Abstände:			
t =	MIN(t_p ; t_{w1})	=	10,00 mm
e_{max} =	$4 \cdot t + 40$	=	80,00 mm
p_{max} =	MIN($14 \cdot t$; 200)	=	140,00 mm
e_1 / e_{max}	=	<u>0,50 < 1</u>	
e_2 / e_{max}	=	<u>0,56 < 1</u>	
p_1 / p_{max}	=	<u>0,64 < 1</u>	
p_2 / p_{max}	=	<u>0,79 < 1</u>	

Tragfähigkeit der Schrauben:

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned}
 \text{Schrauben-Scherebenen } n_s &= 1 \\
 A &= \text{WENN}(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2 \\
 \alpha_v &= \text{WENN}(\text{ref}=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"}; \alpha_v; \text{FK}=\text{FK};)) = 0,6 \\
 F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * A / \gamma_{M2} = 38,59 \text{ kN} \\
 F_{v,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Stirnplatte

$$\begin{aligned}
 \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,78 \\
 k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\
 F_{b,p,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_p / 100 * f_{u,k} / \gamma_{M2} = 89,86 \text{ kN} \\
 F_{b,p,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Steg des Hauptträgers

$$\begin{aligned}
 \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 1,00 \\
 k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\
 F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_{w1} / 100 * f_{u,k} / \gamma_{M2} = 195,84 \text{ kN} \\
 F_{b,Ed} &= \frac{V_{Ed,l} + V_{Ed,r}}{n} = 48,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nachweise für Abscheren und Lochleibung:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,p,Ed}}{F_{b,p,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,70 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Stirnplatte:

Nettoquerschnitt entlang einer vertikalen Schraubenreihe.

$$\begin{aligned}
 A_n &= \left(h_p - \frac{n}{2} * d_0\right) * t_p * 10^{-2} = 28,20 \text{ cm}^2 \\
 V_{c,Rd} &= \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} * A_n = 382,61 \text{ kN} \\
 V &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / 2 = 107,50 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,28 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit der Schweißnaht:

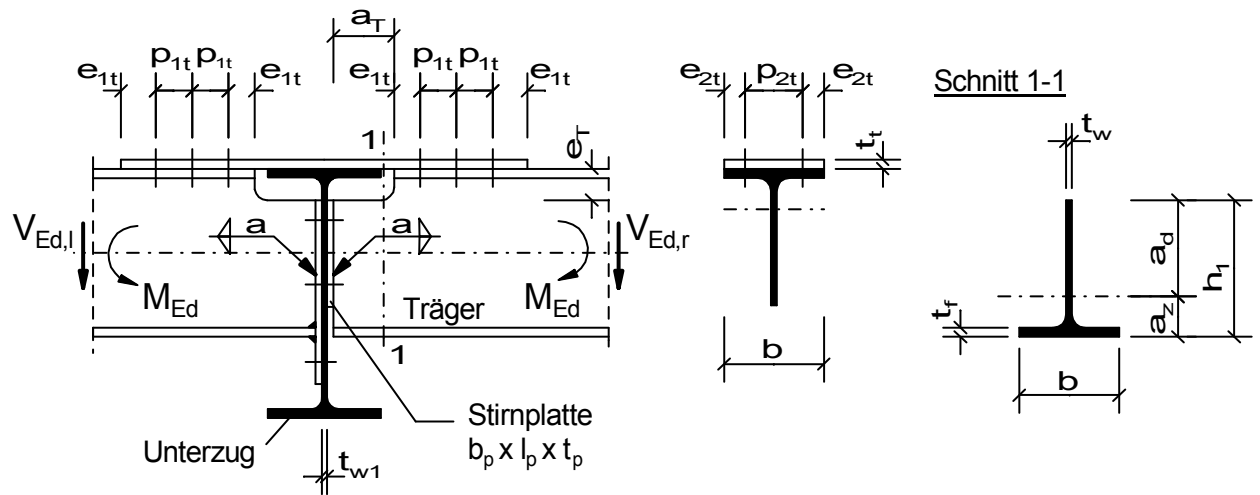
$$\begin{aligned}
 A_w &= 2 * a * (h_p - 2 * a) / 100 = 27,36 \text{ cm}^2 \\
 f_{w,Rd} &= \frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2 \\
 \tau_{II,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / A_w = 7,86 \text{ kN/cm}^2 \\
 \sigma_{w,Ed} &= \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed}^2)} = 13,61 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

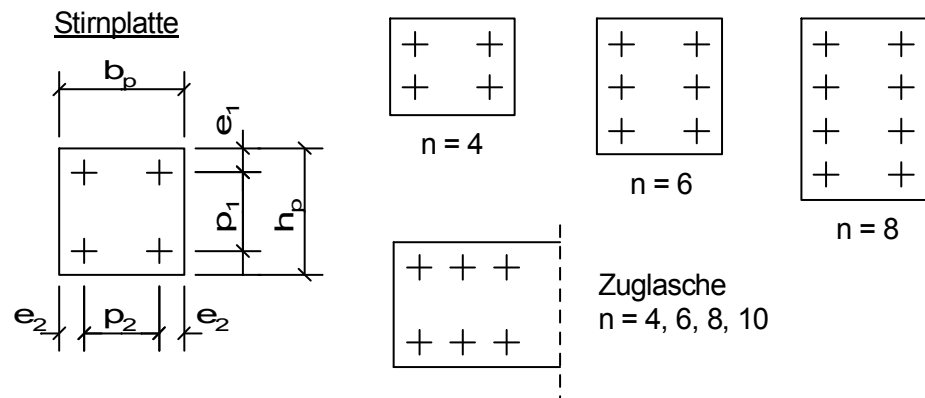
Seiten entfernt.

Biegesteifer Deckenträgeranschluss

Geschraubter Anschluss zweier Trägerenden mit angeschweißten Stirnplatten an einen Trägersteg mit zusätzlicher Zuglasche zur Übertragung von Querkraften und Momenten.



Anzahl der Schrauben n variabel.

**Querschnitte / Geometrie:**

Schrauben:

Festigkeitsklasse FK = GEW("EC3d/FK"; FK;) = 5.6

Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung

Lochspiel Δd = 1,0 mm

Schrauben Stirnplatte:

Schraubengröße Schr = GEW("EC3d/Schra"; SG;) = M 16

Anzahl der Schrauben (gerade) n = 8

Schraubengewinde liegt nicht in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)

Gewinde in Fuge ref = 0

Schaftdurchmesser d = TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr) = 16,00 mm

Lochdurchmesser d_0 = d + Δd = 17,00 mm

Schaftquerschnitt A = TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr;) = 2,01 cm²

Spannungsquer. A_s = TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr;) = 1,57 cm²

Schrauben Zuglasche:

Schraubengröße Schr_t = GEW("EC3d/Schra"; SG;) = M 24

Anzahl der Schrauben (gerade) n_t = 6

Schraubengewinde liegt nicht in der Scherebene ($ref_t = 0$), sonst ($ref_t = 1$)

Gewinde in Fuge $ref_t =$		=	0
Schaftdurchmesser $d_t =$	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr _t)	=	24,00 mm
Lochdurchmesser $d_{0t} =$	$d_t + \Delta d$	=	25,00 mm
Schaftquerschnitt $A_t =$	TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr _t ;))	=	4,52 cm ²
Spannungsquer. $A_{st} =$	TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr _t ;))	=	3,53 cm ²

Haupt-Träger (Unterzug):

Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEB
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	HEB 700
Stegdicke $t_{w1} =$	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	17,00 mm

Quer-Träger (Deckenträger):

Träger Typ2 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID2 =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	=	IPE 500
Höhe $h =$	TAB("EC3d/Typ2; h; ID=ID2;)	=	500,00 mm
Breite $b =$	TAB("EC3d/Typ2; b; ID=ID2;)	=	200,00 mm
Stegdicke $t_w =$	TAB("EC3d/Typ2; tw; ID=ID2;)	=	10,20 mm
Flanschdicke $t_f =$	TAB("EC3d/Typ2; tf; ID=ID2;)	=	16,00 mm

Stirnplatte:

Breite $b_p =$		=	200,00 mm
Höhe $h_p =$		=	350,00 mm
Dicke $t_p =$		=	10,00 mm

Zuglasche:

Dicke $t_t =$		=	18,00 mm
---------------	--	---	----------

Schraubenabstände:

- Stirnplatte:

vertikal $p_1 =$		=	100,00 mm
horizontal $p_2 =$		=	110,00 mm
Rand vertikal $e_1 =$		=	50,00 mm

- Zuglasche:

längs $p_{1t} =$		=	80,00 mm
quer $p_{2t} =$		=	110,00 mm
Rand längs $e_{1t} =$		=	50,00 mm

Ausklinkung:

Länge $a_T =$		=	145,00 mm
Höhe $e_T =$		=	70,00 mm

Schweißnähte:

Kehlnaht $a =$		=	4,00 cm
----------------	--	---	---------

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} =$		=	1,0
$\gamma_{M2} =$		=	1,25

Einwirkungen:

Anschlusskraft $V_{Ed,l} =$		=	215,00 kN
Anschlusskraft $V_{Ed,r} =$		=	175,00 kN
Biegemoment $M_{Ed} =$		=	285,00 kNm

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
Schrauben:			
$f_{y,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; f_{yk} ; FK=FK)/10	=	30,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; f_{uk} ; FK=FK)/10	=	50,00 kN/cm ²
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_{w1} ; ID=Stahl)	=	0,80

Prüfung der Rand- und Lochabstände:**Stirnplatte:**

$$\text{vorh } e_2 = \frac{b_p - p_2}{2} = 45,00 \text{ mm}$$

kleinste Abstände:

$$1,2 * d_0 / e_1 = \underline{0,41 < 1}$$

$$1,2 * d_0 / e_2 = \underline{0,45 < 1}$$

$$2,2 * d_0 / p_1 = \underline{0,37 < 1}$$

$$2,4 * d_0 / p_2 = \underline{0,37 < 1}$$

größte Abstände:

$$t = \text{MIN}(t_p; t_{w1}) = 10,00 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 80,00 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 140,00 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\max} = \underline{0,63 < 1}$$

$$e_2 / e_{\max} = \underline{0,56 < 1}$$

$$p_1 / p_{\max} = \underline{0,71 < 1}$$

$$p_2 / p_{\max} = \underline{0,79 < 1}$$

Zuglasche:

$$\text{vorh } e_{2t} = \frac{b - p_{2t}}{2} = 45,00 \text{ mm}$$

kleinste Abstände:

$$1,2 * d_{0t} / e_{1t} = \underline{0,60 < 1}$$

$$1,2 * d_{0t} / e_{2t} = \underline{0,67 < 1}$$

$$2,2 * d_{0t} / p_{1t} = \underline{0,69 < 1}$$

$$2,4 * d_{0t} / p_{2t} = \underline{0,55 < 1}$$

größte Abstände:

$$t = \text{MIN}(t_p; t_{w1}) = 10,00 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 80,00 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 140,00 \text{ mm}$$

$$e_{1t} / e_{\max} = \underline{0,63 < 1}$$

$$e_{2t} / e_{\max} = \underline{0,56 < 1}$$

$$p_{1t} / p_{\max} = \underline{0,57 < 1}$$

$$p_{2t} / p_{\max} = \underline{0,79 < 1}$$

Tragfähigkeit der Schrauben:**Abscherbeanspruchbarkeit:**

$$\begin{aligned} \text{Schrauben-Scherebenen } n_s &= 1 \\ A &= \text{WENN}(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= \text{WENN}(\text{ref}=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } \alpha_v; \text{FK}=\text{FK;})) = 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * \frac{A}{\gamma_{M2}} = 48,24 \text{ kN} \\ F_{v,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Stirnplatte

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,98 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,p,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_p / 100 * f_{u,k} / \gamma_{M2} = 112,90 \text{ kN} \\ F_{b,p,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

Steg des Hauptträgers

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 1,00 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_{w1} / 100 * f_{u,k} / \gamma_{M2} = 195,84 \text{ kN} \\ F_{b,Ed} &= \frac{V_{Ed,l} + V_{Ed,r}}{n} = 48,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweise für Abscheren und Lochleibung:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,p,Ed}}{F_{b,p,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,56 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Stirnplatte:

$$\begin{aligned} A_n &= \left(h_p - \frac{n}{2} * d_0\right) * t_p * 10^{-2} = 28,20 \text{ cm}^2 \\ V_{c,Rd} &= \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} * A_n = 382,61 \text{ kN} \\ V &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / 2 = 107,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,28 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit der Schweißnaht:

(Naht rundum geführt)

$$\begin{aligned} A_w &= 2 * a * (h - e_T - t_f) / 100 = 33,12 \text{ cm}^2 \\ f_{w,Rd} &= \frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_{II,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / A_w = 6,49 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_{w,Ed} &= \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed}^2)} = 11,24 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{M_1}{M_{y,c,Rd}} = \underline{0,29 < 1}$$

Tragfähigkeit der Zuglasche:

$$A_{t,brut} = b \cdot t_f / 100 = 36,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{t,net} = (b - 2 \cdot d_{0t}) \cdot t_f / 100 = 27,00 \text{ cm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} \cdot A_{t,brut} = 846,00 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{t,net} \cdot \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 699,84 \text{ kN}$$

Zugbeanspruchbarkeit des Querschnitts mit Löchern

$$N_{t,Rd} = \text{MIN}(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = 699,84 \text{ kN}$$

$$N_t = \frac{M_{Ed}}{h \cdot \frac{t_f}{2} + \frac{t_t}{2}} \cdot 1000 = 568,86 \text{ kN}$$

Nachweis Zugbeanspruchung der Zuglasche

$$\frac{|N_t|}{N_{t,Rd}} = \underline{0,81 < 1}$$

Anschluss der Zuglasche:

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\text{Schrauben-Scherebenen } n_s = 1$$

$$A = \text{WENN}(\text{ref}_t=0; A_t; A_s_t) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{ref}_t=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"}; \alpha_v; \text{FK}=\text{FK};)) = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = n_s \cdot \alpha_v \cdot f_{u,b,k} \cdot A / \gamma_{M2} = 108,48 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = N_t / n_t = 94,81 \text{ kN}$$

Nachweis Abscheren:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,87 < 1}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_{1t}}{3 \cdot d_{0t}}; \frac{p_{1t}}{3 \cdot d_{0t}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,67$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_t \cdot \text{MIN}(t_f; t_t) / 100 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2} = 185,24 \text{ kN}$$

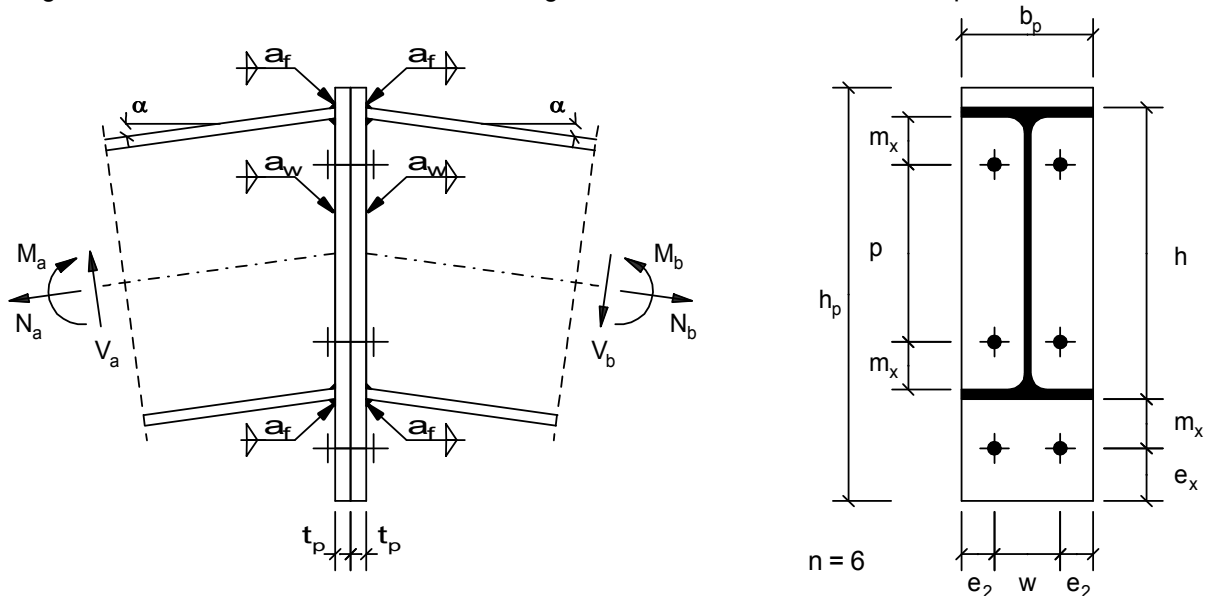
$$F_{b,Ed} = N_t / n_t = 94,81 \text{ kN}$$

Nachweis Lochleibung:

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{0,51 < 1}$$

Firststoß

Biegesteifer Firststoß mit 6 Schrauben und angeschweißten überstehenden Stirnplatten.

**Querschnitte / Geometrie:**

Träger:

Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	IPE 240
Höhe h =	TAB("EC3d/Typ1; h; ID=ID1;)	=	240,00 mm
Breite b =	TAB("EC3d/Typ1; b; ID=ID1;)	=	120,00 mm
Stegdicke t_w =	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	6,20 mm
Flanschdicke t_f =	TAB("EC3d/Typ1; tf; ID=ID1;)	=	9,80 mm
Radius r =	TAB("EC3d/Typ1; r; ID=ID1;)	=	15,00 mm
Fläche A_b =	TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1;)	=	39,10 cm ²
h_w =	$h - 2 * t_f$	=	220,40 mm

Trägerneigung α =

3,7 °

Stoßwinkel β = $180-2*\alpha = 172,6 °$

Schweißnähte:

Flansch-Naht a_f = 5,00 mmSteg-Naht a_w = 3,00 mm

Stirnplatte:

Breite b_p = 120,00 mmHöhe h_p = 327,00 mmDicke t_p = 20,00 mm

Schrauben:

Schraubengröße Schr = GEW("EC3d/Schra"; SG;) = M 16

Festigkeitsklasse FK = GEW("EC3d/FK"; FK;) = 8.8

Anzahl der Schrauben (gerade) n = 6

Kategorie A: Scher-Lochleibungs-Verbindung (SL)

Lochspiel Δd = 2,0 mmSchraubengewinde liegt nicht in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)

Gewinde in Fuge ref = 0

Schaftdurchmesser d = TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr) = 16,00 mm

Lochdurchmesser d_0 = $d + \Delta d$ = 18,00 mmSchaftquerschnitt A = TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr;) = 2,01 cm²Spannungsquers. A_s = TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr;) = 1,57 cm²

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

kleinste Abstände:

$$1,2 * d_0 / e_x = \underline{0,62 < 1}$$

$$1,2 * d_0 / e_2 = \underline{0,83 < 1}$$

$$2,2 * d_0 / p = \underline{0,28 < 1}$$

$$2,4 * d_0 / w = \underline{0,64 < 1}$$

größte Abstände:

$$t = t_p = 20,00 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 120,00 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t ; 200) = 200,00 \text{ mm}$$

$$e_x / e_{\max} = \underline{0,29 < 1}$$

$$e_2 / e_{\max} = \underline{0,22 < 1}$$

$$p / p_{\max} = \underline{0,70 < 1}$$

$$w / p_{\max} = \underline{0,34 < 1}$$

Nachweis der Querschnittsteile:

$$N_{pl,Rd} = \frac{b * t_f * f_{y,k}}{100 * \gamma_{M0}} = 276,4 \text{ kN}$$

$$N_{\max} = \text{MAX}(\text{ABS}(N_1); \text{ABS}(N_2)) = 251,1 \text{ kN}$$

Nachweis Normalkraftbeanspruchung

$$\frac{N_{\max}}{N_{pl,Rd}} = \underline{0,91 < 1}$$

wirksame Schubfläche:

$$\eta = 1,0$$

- für gewalzte Profile mit I- und H-Querschnitt, Lastrichtung parallel zum Steg:

$$A_{v,z} = \frac{\text{MAX}(A_b * 100 - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f ; \eta * h_w * t_w)}{100} = 19,13 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = A_{v,z} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 259,6 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V_s|}{V_{c,Rd}} = \underline{0,01 < 1}$$

Tragfähigkeit der Schrauben und der Stirnplatten:

T-Stummel am Zuggurt

$$e_{\min} = e_x = 35,00 \text{ mm}$$

$$m = m_x - 0,8 * a_f * \sqrt{2} = 34,34 \text{ mm}$$

 M_{pl} der Stirnplatte

$$M_{pl,Rd} = \frac{b_p * t_p^2 * f_{y,k}}{4 * \gamma_{M0}} * 10^{-3} = 282,00 \text{ kNcm}$$

$$n_e = \text{MIN}(e_{\min} ; 1,25 * m) = 35,00 \text{ mm}$$

Beiwert $k_2 = 0,63$ für Senkschrauben, sonst $k_2 = 0,9$

$$\text{Beiwert (Senkschrauben)} k_2 = 0,90$$

$$F_{t,Rd} = \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_{M2}} * k_2 * A_s = 90,43 \text{ kN}$$

Beanspruchbarkeit der Lagerplatte auf der Seite der Zugschrauben:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,Rd}}{m / 10} = 328,48 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,Rd} + (n_e / 10) * 4 * F_{t,Rd}}{(m + n_e) / 10} = 263,92 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 4 * F_{t,Rd} = 361,72 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \text{MIN}(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 263,92 \text{ kN}$$

Nachweis Zug T-Stummel

$$\frac{N_{2,j}}{F_{T,Rd}} = \underline{\underline{0,86 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Schrauben:

Querkraft wird über die beiden oberen Schrauben übertragen.

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\text{Schrauben-Scherebenen } n_s = 1$$

$$A = \text{WENN}(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{ref}=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } \alpha_v; \text{FK}=\text{FK};)) = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * \frac{A}{\gamma_{M2}} = 77,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{|V_j|}{2} = 0,02 \text{ kN}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_x}{3 * d_0}; \frac{p}{3 * d_0} - \frac{1}{4} * \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,65$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{w}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,34$$

$$F_{b,Rd} = k_1 * \alpha_b * d * t_p / 100 * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 140,18 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = \frac{|V_j|}{2} = 0,02 \text{ kN}$$

Nachweise für Abscheren und Lochleibung:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,00 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Stirnplatte:

$$A_n = \left(h_p - \frac{n}{2} * d_0\right) * t_p * 10^{-2} = 54,60 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} * A_n = 740,80 \text{ kN}$$

$$V = V_j / 2 = -0,02 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,00 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit der Schweißnaht:

$$f_{vw,Rd} = \frac{f_{u,k} / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 20,78 \text{ kN/cm}^2$$

Grenzkraft der Doppelkehlnaht am Zuggurt pro Längeneinheit

$$F_{w,Rd} = f_{vw,Rd} * 2 * a_f / 10 = 20,78 \text{ kN/cm}$$

$$F_{w,Ed} = N_{2,j} / (b_p / 10) = 18,85 \text{ kN/cm}$$

Nachweis Schweißnaht (Zuggurt)

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,91 < 1}}$$

Grenzkraft der Doppelkehlnaht am Steg pro Längeneinheit

$$F_{w,Rd} = f_{vw,Rd} * 2 * a_w / 10 = 12,47 \text{ kN/cm}$$

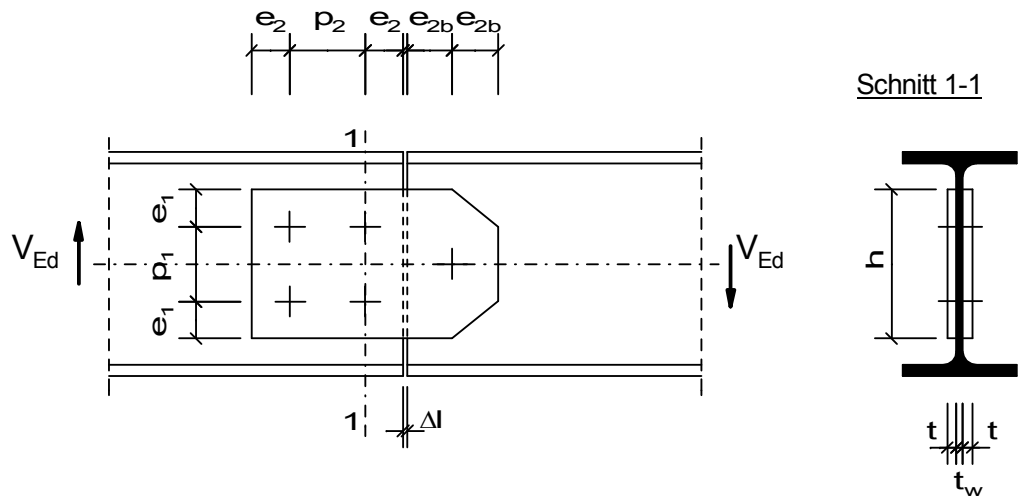
$$F_{w,Ed} = \frac{|V_j|}{h_w / 10} = 0,00 \text{ kN/cm}$$

Nachweis Schweißnaht (Steg)

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,00 < 1}}$$

Gelenkstoß

Trägerstoß mit Schrauben bzw. Gelenkbolzen zur Übertragung einer Querkraft mit Hilfe von Stegglaschen.
Schraubverbindungen der Kategorie A: Scher-Lochleibungs-Verbindung (SL)

**Querschnitte / Geometrie:**

Träger:

Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	IPE 200
Stegdicke t_w =	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	5,60 mm

Schrauben:

Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung

Schraubengröße $Schr_1$ =	GEW("EC3d/Schra"; SG;)	=	M 20
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("EC3d/FK"; FK;)	=	4.6
Lochspiel Δ_1 =		=	1,0 mm
Schaftdurchmesser d_1 =	TAB("EC3d/Schra"; d; SG=Schr1)	=	20,00 mm
Lochdurchmesser $d_{0,1}$ =	$d_1 + \Delta_1$	=	21,00 mm

Gelenkbolzen:

Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung

Bolzen $Schr_2$ =	GEW("EC3d/Schra"; SG;)	=	M 24
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("EC3d/FK"; FK;)	=	4.6
Lochspiel Δ_2 =		=	0,0 mm
Schaftdurchmesser d_2 =	TAB("EC3d/Schra"; d; SG=Schr2)	=	24,00 mm
Lochdurchmesser $d_{0,2}$ =	$d_2 + \Delta_2$	=	24,00 mm

Laschen:

Höhe h =		=	150,00 mm
Dicke t =		=	7,00 mm

Rand und Lochabstände:

Randabstand e_2 =		=	35,00 mm
Lochabstand p_2 =		=	90,00 mm
Lochabstand p_1 =		=	80,00 mm
Randabstand e_1 =	$(h - p_1) / 2$	=	35,00 mm

Gelenkbolzen:

Randabstand e_{2b} =		=	45,00 mm
------------------------	--	---	----------

Verbindungsspielraum Δl =		=	5,00 mm
-----------------------------------	--	---	---------

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{c,Rd}} = \underline{0,19 < 1}$$

Außerdem ist

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{0,19 < 0,5}$$

⇒ Momententragfähigkeit braucht nicht abgemindert werden

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \underline{0,36 < 1}$$

Tragfähigkeit der 4 Stegschrauben:

Ermittlung der maßgebenden Schraubenkraft:

$$\begin{aligned} M &= V_{Ed} * (e_{2b} + \Delta l + e_2 + p_2/2)/10 &= & 520,00 \text{ kNcm} \\ x &= p_2 / 2 &= & 45,00 \text{ mm} \\ z &= p_1/2 &= & 40,00 \text{ mm} \\ I_p &= (4*x^2 + 4*z^2)/100 &= & 145,00 \text{ cm}^2 \\ R_{Ed,v} &= V_{Ed}/4 + M*(x/10)/I_p &= & 26,14 \text{ kN} \\ R_{Ed,h} &= M*(z/10)/I_p &= & 14,34 \text{ kN} \\ R_{Ed} &= \sqrt{R_{Ed,v}^2 + R_{Ed,h}^2} &= & 29,82 \text{ kN} \end{aligned}$$

Abscherbeanspruchbarkeit:Schrauben-Scherebenen $n_s = 2$ Schraubengewinde liegt nicht in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)

$$\begin{aligned} \text{Gewinde in Fuge ref} &= 0 \\ A &= \text{TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr1;)} &= & 3,14 \text{ cm}^2 \\ A_s &= \text{TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr1;)} &= & 2,45 \text{ cm}^2 \\ A &= \text{WENN(ref=0;A;As)} &= & 3,14 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= \text{WENN(ref=0;0,6;TAB("EC3d/FK";\alpha_v;FK=FK1;))} &= & 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ub,k} * A / \gamma_{M2} &= & 120,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:Wegen der schräggerichteten Schraubenkräfte, werden die Beiwerte α_b und k_1 auf der sicheren Seite liegend mit den Kleinstwerten von e_1 und e_2 bzw. p_1 und p_2 ermittelt.

$$\begin{aligned} e_{min} &= \text{MIN}(e_1; e_2) &= & 35,00 \text{ mm} \\ p_{min} &= \text{MIN}(p_1; p_2) &= & 80,00 \text{ mm} \\ \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_{min}}{3 * d_{0,1}}; \frac{p_{min}}{3 * d_{0,1}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) &= & 0,56 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{min}}{d_{0,1}} - 1,7; 1,4 * \frac{p_{min}}{d_{0,1}} - 1,7; 2,5\right) &= & 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d_1 * \text{MIN}(t; t_w) / 100 * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} &= & 45,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweise für Abscheren und Lochleibung:

$$\text{MAX}\left(\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{0,66 < 1}$$

Gelenkbolzen:

$$\frac{2 \cdot t + t_w}{3 \cdot d_2} = \underline{0,27 < 1}$$

⇒ Bemessung wie Einschraubenverbindung

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned} \text{Bolzen-Scherebenen } n_s &= 2 \\ A &= \text{TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr2;)} = 4,52 \text{ cm}^2 \\ F_{v,Rd} &= n_s \cdot 0,6 \cdot f_{ub,k} \cdot \frac{A}{\gamma_{M2}} = 173,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

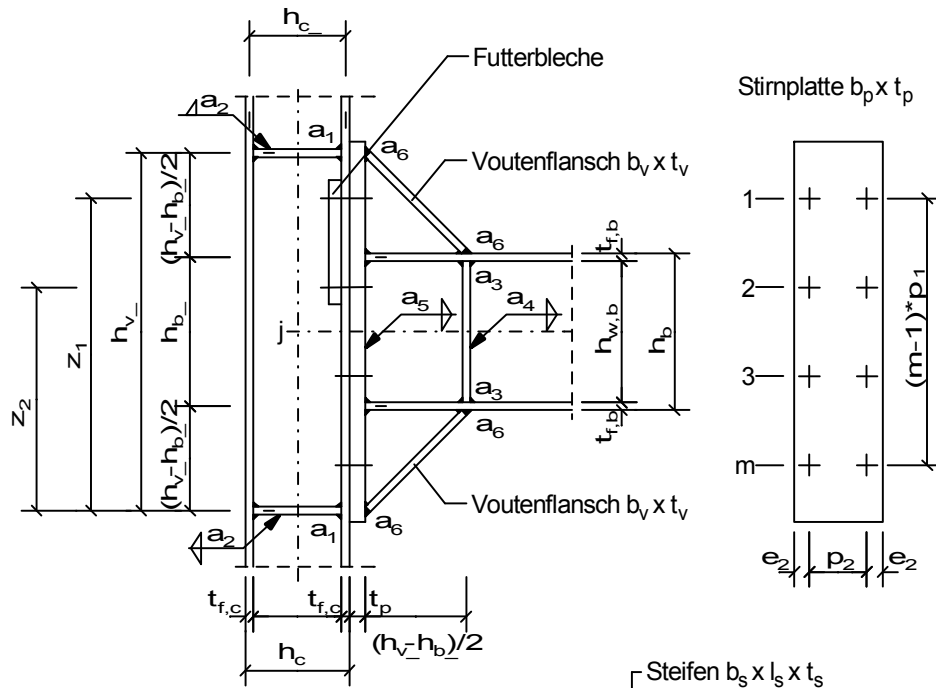
Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned} e_{1b} &= h/2 = 75,00 \text{ mm} \\ \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_{1b}}{3 \cdot d_{0,2}}; \frac{f_{ub,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 1,00 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_{2b}}{d_{0,2}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_2 \cdot \text{MIN}(2 \cdot t; t_w) / 100 \cdot \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 96,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

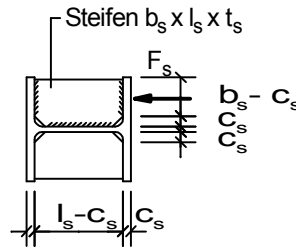
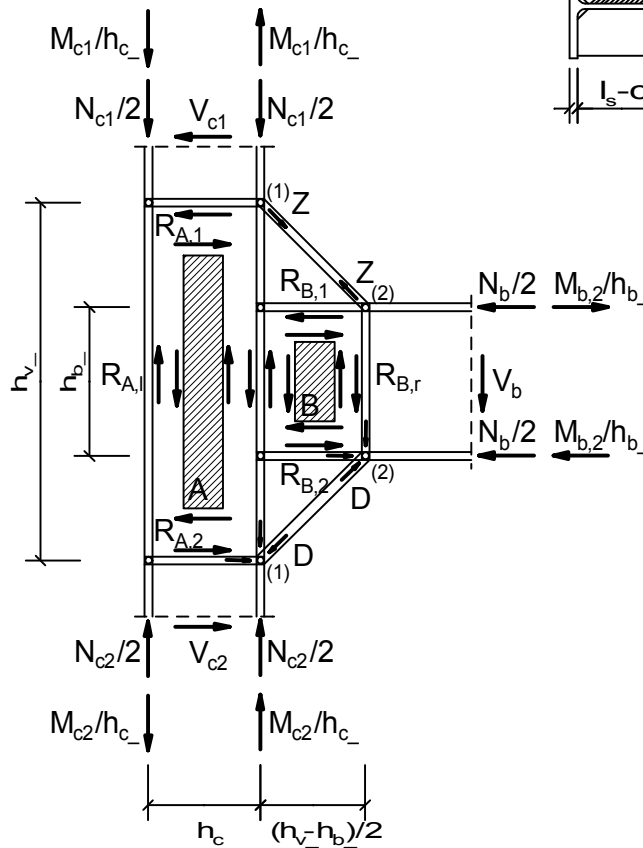
Nachweise für Abscheren und Lochleibung:

$$\text{MAX}\left(\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{0,31 < 1}$$

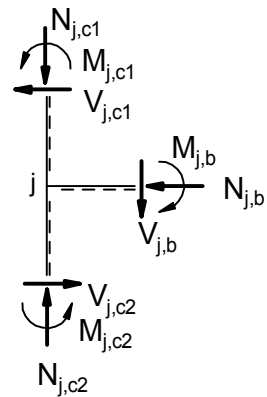
Geschraubte Rahmenecke mit Doppelvoute



Berechnungsmodell



Knotenschnittgrößen



positive Knotenschnittgrößen
Index "j": Systemknoten

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S355
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	35,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	51,00 kN/cm ²
ε =	$\sqrt{\frac{235}{f_{y,k} * 10}}$	=	0,81
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)	=	210000,00 N/mm ²
Schrauben:			
$f_{y,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; $f_{y,b,k}$; FK=FK)/10	=	30,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; $f_{u,b,k}$; FK=FK)/10	=	50,00 kN/cm ²
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_w ; ID=Stahl)	=	0,90
Grenzschweißnahtspannung			
$f_{w,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	45,33 kN/cm ²

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

Stirnplatte:			
$1,2 * d_0 / e_1$	=	<u>0,30 < 1</u>	
$1,2 * d_0 / e_2$	=	<u>0,67 < 1</u>	
$2,2 * d_0 / p_1$	=	<u>0,28 < 1</u>	
$2,4 * d_0 / p_2$	=	<u>0,50 < 1</u>	
t =	MIN(t_p ; $t_{f,c}$)	=	19,00 mm
e_{max} =	$4 * t + 40$	=	116,00 mm
p_{max} =	MIN ($14 * t$; 200)	=	200,00 mm
e_1 / e_{max}	=	<u>0,86 < 1</u>	
e_2 / e_{max}	=	<u>0,39 < 1</u>	
p_1 / p_{max}	=	<u>1,00 < 1</u>	
p_2 / p_{max}	=	<u>0,60 < 1</u>	

Stützeneckfeld:

Dicke des Eckbleches A = Stegdicke des Stiels
Konstante Schubspannungen:

τ_p =	$\frac{R_{A,1} * 100}{h_{c_} * t_{w,c}}$	=	5,97 kN/cm ²
τ_{pr} =	$\frac{R_{A,r} * 100}{h_{v_} * t_{w,c}}$	=	5,97 kN/cm ²

Stützensteg mit Schubbeanspruchung:

$\frac{d_c / t_{w,c}}{69 * \varepsilon}$	=	<u>0,34 < 1</u>	
η =		=	1,0
$A_{v,c}$ =	$MAX(A_c * 100 - 2 * b_c * t_{f,c} + (t_{w,c} + 2 * r_c) * t_{f,c}; \eta * h_{w,c} * t_{w,c}) / 100$	=	47,35 cm ²
$V_{wp,Rd}$ =	$0,9 * A_{v,c} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$	=	873,43 kN
$F_{wp,Ed}$ =	$R_{A,1}$	=	184,46 kN

Nachweis des Stützenstegs mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{|F_{wp,Ed}|}{V_{wpl,Rd}} = \underline{0,21 < 1}$$

⇒ Aussteifen des Stützenstegs (Eckfeld) nicht erforderlich

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = \frac{h_{w,c}/t_{w,c}}{72 \cdot \epsilon / \eta} = 1,20 = \underline{0,49 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Riegeleckfeld:

Dicke des Eckbleches B = Stegdicke des Riegels

Konstante Schubspannungen:

$$\tau_p = \frac{R_{B,1} \cdot 100}{(h_{v,-} - h_{b,-}) \cdot t_{w,b} \cdot 0,5} = 15,61 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_{B,r} \cdot 100}{h_{b,-} \cdot t_{w,b}} = 15,61 \text{ kN/cm}^2$$

Trägersteg mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{d_b/t_{w,b}}{69 \cdot \epsilon} = \underline{0,69 < 1}$$

$$\eta = \frac{A_{v,b}}{\text{MAX}(A_b \cdot 100 - 2 \cdot b_b \cdot t_{f,b} + (t_{w,b} + 2 \cdot r_b) \cdot t_{f,b}; \eta \cdot h_{w,b} \cdot t_{w,b}) / 100} = 1,0 = 42,73 \text{ cm}^2$$

$$V_{wpl,Rd} = 0,9 \cdot A_{v,b} \cdot \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 788,21 \text{ kN}$$

$$F_{wp,Ed} = R_{B,r} = 518,92 \text{ kN}$$

Nachweis des Trägerstegs mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{|F_{wp,Ed}|}{V_{wpl,Rd}} = \underline{0,66 < 1}$$

⇒ Aussteifen des Trägerstegs (Eckfeld) nicht erforderlich

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = \frac{h_{w,b}/t_{w,b}}{72 \cdot \epsilon / \eta} = 1,20 = \underline{0,89 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Stützensteg mit Druckbeanspruchung:

$$f_{y,wc} = f_{y,k} = 35,50 \text{ kN/cm}^2$$

Reduktionsfaktor ω für Schub:

$$s = r_c = 27,00 \text{ mm}$$

$$a_p = a_5 = 4,00 \text{ mm}$$

$$s_p = t_p = 30,00 \text{ mm}$$

- für eine geschraubte Stirnblechverbindung

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{f,b} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{f,c} + s) + s_p = 284,81 \text{ mm}$$

$$\text{Übertragungsparameter } \beta = 1,00$$

$$\Rightarrow \omega = \omega_1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{\text{eff},c,wc} * t_{w,c} / (A_{v,c} * 100))^2}} = 0,80$$

Reduktionsfaktor k_{wc} für gleichzeitig wirkende Druckspannungen im Stützensteg infolge

Biegemoment und Normalkraft in der Stütze:

maximale Längsdruckspannung im Steg (am Ende des Ausrundungsradius)

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{N_{j,c2,Ed}}{A_c} + \frac{M_{j,c2,Ed}}{I_{y,c}} * \frac{d_c}{2} * 10 = 8,02 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{wc} = \text{WENN}\left(\frac{\sigma_{\text{com,Ed}}}{0,7 * f_{y,wc}} > 1; 1,7 - \frac{\sigma_{\text{com,Ed}}}{f_{y,wc}}; 1,0\right) = 1,000$$

Reduktionsfaktor ρ für Stegbeulen:

- bei einer Stütze mit gewalztem I- oder H-Querschnitt

$$d_{wc} = h_c - 2 * (t_{f,c} + r_c) = 208,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{quer,p}} = 0,932 * \sqrt{\frac{b_{\text{eff},c,wc} * d_{wc} * f_{y,wc}}{E * t_{w,c}^2}} = 0,27$$

$$\rho = \text{WENN}\left(\lambda_{\text{quer,p}} > 0,72; \frac{\lambda_{\text{quer,p}} - 0,2}{2}; 1,0\right) = 1,00$$

$$H_{c,wc,Rd} = \omega * k_{wc} * b_{\text{eff},c,wc} * t_{w,c} / 100 = 25,06 \text{ cm}^2$$

$$F_{c,wc,Rd} = \text{MIN}\left(H_{c,wc,Rd} * \rho * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M1}}; H_{c,wc,Rd} * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}\right) = 889,63 \text{ kN}$$

Nachweis Einleitung der Kraft des Trägers in den Stützensteg:

$$\frac{|D / \sqrt{2}|}{F_{c,wc,Rd}} = \underline{\underline{0,38 < 1}}$$

\Rightarrow Aussteifen des Stützenstegs nicht erforderlich

Trägersteg mit Druckbeanspruchung:

$$f_{y,wc} = f_{y,k} = 35,50 \text{ kN/cm}^2$$

Reduktionsfaktor ω für Schub:

$$s = r_b = 21,00 \text{ mm}$$

$$a_p = 0,00 \text{ mm}$$

- für einen geschweißten Anschluss

$$b_{\text{eff},b,wc} = t_{f,v} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{f,b} + s) = 187,50 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,00$$

$$\Rightarrow \omega = \omega_1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{\text{eff},b,wc} * t_{w,b} / (A_{v,b} * 100))^2}} = 0,92$$

Reduktionsfaktor k_{wc} für gleichzeitig wirkende Druckspannungen im Steg infolge**Biegemoment und Normalkraft:**

maximale Längsdruckspannung im Steg (am Ende des Ausrundungsradius)

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{N_{j,b,Ed}}{A_b} + \frac{M_{j,b,Ed}}{I_{y,b}} * \frac{d_b}{2} * 10 = 18,24 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{wc} = \text{WENN}\left(\frac{\sigma_{com,Ed}}{0,7 * f_{y,wc}} > 1; 1,7 - \frac{\sigma_{com,Ed}}{f_{y,wc}}; 1,0\right) = 1,000$$

Reduktionsfaktor ρ für Stegbeulen:

- bei gewalztem I- oder H-Querschnitt

$$d_{wb} = h_b - 2 * (t_{f,b} + r_b) = 331,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_{quer,p} = 0,932 * \sqrt{\frac{b_{eff,b,wc} * d_{wb} * f_{y,wc}}{E * t_{w,b}^2}} = 0,35$$

$$\rho = \text{WENN}(\lambda_{quer,p} > 0,72; \frac{\lambda_{quer,p} - 0,2}{2}; 1,0) = 1,00$$

$$H_{b,wc,Rd} = \omega * k_{wc} * b_{eff,b,wc} * t_{w,b} / 100 = 14,84 \text{ cm}^2$$

$$F_{b,wc,Rd} = \text{MIN}\left(H_{b,wc,Rd} * \rho * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M1}}; H_{b,wc,Rd} * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}\right) = 526,8 \text{ kN}$$

Nachweis Einleitung der Kraft der Voute in den Trägersteg:

$$\frac{|D / \sqrt{2}|}{F_{b,wc,Rd}} = \underline{\underline{0,63 < 1}}$$

⇒ Aussteifen des Trägerstegs nicht erforderlich

Voutenflansch mit Zug- / Druckbeanspruchung:

$$N_{t,Rd} = \frac{t_{f,v} * b_v * f_{y,k}}{100 * \gamma_{M0}} = 958,50 \text{ kN}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{t_{f,v} * b_v * f_{y,k}}{100 * \gamma_{M0}} = 958,50 \text{ kN}$$

Nachweise:

$$\frac{|Z|}{N_{t,Rd}} = \underline{\underline{0,36 < 1}}$$

$$\frac{|D|}{F_{c,fb,Rd}} = \underline{\underline{0,49 < 1}}$$

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = 1,20$$

Voutensteg dicker als Träger- bzw. Stielsteg:

$$t_{w,v} = \text{MIN}(t_{w,b}; t_{w,c}) = 8,60 \text{ mm}$$

$$h_{w,v} = \frac{h_{v,-} - h_{b,-}}{\sqrt{2}} = 292,39 \text{ mm}$$

$$\frac{h_{w,v} / t_{w,v}}{72 * \varepsilon / \eta} = \underline{\underline{0,70 < 1}}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Tragfähigkeit der Schraubenverbindung:

Zur Aufnahme des Biegemomentes werden die Schrauben oberhalb, zur Aufnahme der Querkraft die Schrauben unterhalb der Riegelachse herangezogen.

Abscheren:

$$\begin{aligned} \text{Schrauben-Scherebenen } n_s &= 1 \\ A &= \text{WENN}(\text{ref}=0; A; A_s) = 4,52 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= \text{WENN}(\text{ref}=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"}; \alpha_v; \text{FK}=\text{FK};)) = 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * A / \gamma_{M2} = 108,48 \text{ kN} \\ F_{v,Ed} &= V_{b,Ed} / (n/2) = 15,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweis Abscheren:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,14 < 1}}$$

Lochleibung:

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,98 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_{f,c}; t_p) / 100 * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 455,82 \text{ kN} \\ F_{b,Ed} &= V_{b,Ed} / (n/2) = 15,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweis Lochleibung:

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{\underline{0,03 < 1}}$$

Zug:

Beiwert $k_2 = 0,63$ für Senkschrauben, sonst $k_2 = 0,9$

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 \\ A_s &= \text{TAB}(\text{"EC3d/Schra"}; A_s; \text{SG}=\text{Schr};) = 3,53 \text{ cm}^2 \\ F_{t,Rd} &= \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_{M2}} * k_2 * A_s = 127,08 \text{ kN} \\ F_{t,Ed} &= F_{t,1,Ed} = 92,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweis Zug:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \underline{\underline{0,73 < 1}}$$

Falls kombinierte Beanspruchung in und quer zur Schraubenachsrichtung:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,1,Ed}}{1,4 * F_{t,Rd}} = \underline{\underline{0,66 < 1}}$$

Nachweis der Schweißnaht a_6 :

am Voutenflansch

$$\sigma_{m,Ed} = \frac{Z}{b_v * t_{f,v}} * 100 = 12,80 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth,Ed}} = \frac{\sigma_{\text{m,Ed}} \cdot t_{\text{f,v}}}{a_6 \cdot \sqrt{2}} = 9,05 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth,Ed}} = \tau_{\text{orth,Ed}} = 9,05 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{w,Ed}} = \sqrt{\sigma_{\text{orth,Ed}}^2 + 3 \cdot (\tau_{\text{orth,Ed}})^2} = 18,10 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{\text{w,Ed}}}{f_{\text{w,Rd}}} = \underline{\underline{0,40 < 1}}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth,Ed}}}{0,9 \cdot f_{\text{u,k}} / \gamma_{\text{M2}}} = \underline{\underline{0,25 < 1}}$$

Nachweis der Schweißnaht a₅:

Die Kehlnähte am Voutendreieck werden vernachlässigt!

$$\text{Mindestnahtdicke } a_{\text{min}} = 3,00 \text{ mm}$$

$$a_5 / a_{\text{min}} = \underline{\underline{1,33 \geq 1}}$$

$$l_{\text{min}} = \text{MAX}(6 \cdot a_5; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{h_b - 2 \cdot t_{\text{f,b}}}{l_{\text{min}}} = \underline{\underline{12,43 > 1}}$$

$$l_{\text{eff,a5}} = h_b - 2 \cdot t_{\text{f,b}} - 2 \cdot r_b = 331,00 \text{ mm}$$

$$A_{\text{w,a5}} = 2 \cdot a_5 \cdot l_{\text{eff,a5}} / 100 = 26,48 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{\text{II,Ed}} = \frac{V_{\text{b,Ed}}}{A_{\text{w,a5}}} = 2,27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{w,Ed}} = \sqrt{3 \cdot (\tau_{\text{II,Ed}})^2} = 3,93 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{\text{w,Ed}}}{f_{\text{w,Rd}}} = \underline{\underline{0,09 < 1}}$$

Kopfplatte mit Biegebeanspruchung:

obere, 1. Schraubenreihe

innere Schraubenreihe neben Trägerzugflansch

Stirnblech schmäler als Stützenflansch

$$e_{\text{min}} = e_2 = 45,00 \text{ mm}$$

Randabstand quer

$$e = e_2 = 45,00 \text{ mm}$$

Abstand Schraube - Steg

$$m = \frac{p_2 - t_{\text{w,b}}}{2} - 0,8 \cdot a_5 \cdot \sqrt{2} = 51,17 \text{ mm}$$

Abstand Schraube - Voutenflansch

$$m_2 = 2 \cdot \left(\frac{h_b - t_{\text{f,b}}}{2} + \frac{h_{\text{v-}} - h_{\text{b-}}}{2} \right) - z_1 = 100,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = 0,53$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = 1,04$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Beanspruchbarkeit der Lagerplatte auf der Seite der Zugschrauben:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m / 10} = 805,24 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + (n_e / 10) * 2 * F_{t,Rd}}{(m + n_e) / 10} = 363,31 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * F_{t,Rd} = 254,16 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \text{MIN}(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 254,16 \text{ kN}$$

Nachweis Zug T-Stummel 2. Schraubenreihe

$$\frac{F_{t,2,Ed}}{F_{T,Rd}} = \underline{0,26 < 1}$$

1. und 2. Schraubenreihe von oben

innere Schraubenreihe neben Trägerzugflansch

Wirksame Längen für Schraubengruppen

$$l_{eff,nc} = l_{eff,nc1} + l_{eff,nc2} = 400,00 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = l_{eff,cp1} + l_{eff,cp2} = 800,00 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \text{MIN}(l_{eff,nc}; l_{eff,cp}) = 400,00 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 400,00 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{l_{eff,1}}{4} * t_{f,c}^2 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = 1281,55 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{l_{eff,2}}{4} * t_{f,c}^2 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = 1281,55 \text{ kNcm}$$

$$n_e = \text{MIN}(e_{min}; 1,25 * m) = 41,13 \text{ mm}$$

Beiwert $k_2 = 0,63$ für Senkschrauben, sonst $k_2 = 0,9$

$$k_2 = 0,90$$

$$F_{t,Rd} = \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_{M2}} * k_2 * A_s * 2 = 254,16 \text{ kN}$$

Beanspruchbarkeit der Lagerplatte auf der Seite der Zugschrauben:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m / 10} = 1558,12 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + (n_e / 10) * 2 * F_{t,Rd}}{(m + n_e) / 10} = 628,64 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * F_{t,Rd} = 508,32 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \text{MIN}(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 508,32 \text{ kN}$$

Nachweis Zug T-Stummel 1.+2. Schraubenreihe

$$\frac{F_{t,1,Ed} + F_{t,2,Ed}}{F_{T,Rd}} = \underline{0,31 < 1}$$

Steifen zur Krafteinleitung in den Stützensteg:

Druckkraft in der unteren Stielsteife

$$F_{s1} = 2 * (F_{t,1,Ed} + F_{t,2,Ed} + F_{t,3,Ed} + F_{t,4,Ed}) + N_{b,Ed} = 407,14 \text{ kN}$$

Aufteilung der einzuleitenden Kraft auf Steifen und Steg

Ein Teil der Kraft F_{s1} wird direkt in den Stielsteg eingeleitet. Die Restkraft F_s wird von den Lasteinleitungsrippen übernommen.

$$F_s = F_{s1} * 2 * \frac{b_{s1} - c_{s1}}{2 * b_{s1} + t_{w,c}} = 270,14 \text{ kN}$$

Kraft auf eine Steife (Rippe)

$$F_{s,1} = F_s / 2 = 135,07 \text{ kN}$$

Kraft auf den Steg

$$F_{w,c,s} = F_{s1} - 2 * F_{s,1} = 137,00 \text{ kN}$$

$$A_s = (b_{s1} - c_{s1}) * t_{s1} / 100 = 10,50 \text{ cm}^2$$

$$N_{c,Rd} = A_s * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = 372,75 \text{ kN}$$

Nachweis Druckbeanspruchung der Steife

$$\frac{|F_{s,1}|}{N_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,36 < 1}}$$

Nachweis der Steiffennähte a_1 (Flansch):

$$a_1 / a_{\min} = \underline{\underline{2,33 > 1}}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 * a_1; 30) = 42,00 \text{ mm}$$

$$l_w = 2 * b_{s1} - c_{s1} - 2 * a_1 = 156,00 \text{ mm}$$

$$l_w / l_{\min} = \underline{\underline{3,71 > 1}}$$

$$l_{\text{eff}} = l_w - 2 * a_1 = 142,00 \text{ mm}$$

$$f_{vw,Rd} = \frac{f_{u,k} / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 26,17 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_1 * l_{\text{eff}} / 100 = 260,13 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = F_{s1} / 2 = 203,57 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a_5 :

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{\underline{0,78 < 1}}$$

Nachweis der Steiffennähte a_2 (Steg):

$$M_s = \frac{b_{s1} + c_{s1}}{4 * 10} * F_s = 877,96 \text{ kNcm}$$

$$A_{w2} = 2 * a_2 * (l_{s2} - c_{s2}) / 100 = 27,84 \text{ cm}^2$$

$$W_{w2} = 2 * a_2 * (l_{s2} - c_{s2})^2 / (6 * 1000) = 161,47 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{F_s}{A_{w2}} = 9,70 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth},Ed} = \frac{M_s / \sqrt{2}}{W_{w2}} = 3,84 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth},Ed} = \tau_{\text{orth},Ed} = 3,84 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth},Ed}^2 + 3 * (\tau_{II,Ed}^2 + \tau_{\text{orth},Ed}^2)} = 18,47 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,41 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{orth,Ed}}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,10 < 1}$$

Steifen zur Krafteinleitung in den Trägersteg:

Druckkraft in der Riegelsteife

$$F_{s2} = \frac{D}{\sqrt{2}} = 334,46 \text{ kN}$$

Aufteilung der einzuleitenden Kraft auf Steifen und Steg

Ein Teil der Kraft F_{s2} wird direkt in den Trägersteg eingeleitet. Die Restkraft F_s wird von den Lasteinleitungsrippen übernommen.

$$F_s = F_{s2} * 2 * \frac{b_{s2} - c_{s2}}{2 * b_{s2} + t_{w,b}} = 224,72 \text{ kN}$$

Kraft auf eine Steife (Rippe)

$$F_{s,1} = F_s / 2 = 112,36 \text{ kN}$$

Kraft auf den Steg

$$F_{w,c,s} = F_{s2} - 2 * F_{s,1} = 109,74 \text{ kN}$$

$$A_s = (b_{s2} - c_{s2}) * t_{s2} / 100 = 9,00 \text{ cm}^2$$

$$N_{c,Rd} = A_s * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = 319,50 \text{ kN}$$

Nachweis Druckbeanspruchung der Steife

$$N_{Ed} = F_{s,1} = 112,36 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \underline{0,35 < 1}$$

Nachweis der Steifennähte a_3 (Flansch):

$$a_3 / a_{min} = \underline{2,33 > 1}$$

$$l_{min} = \text{MAX}(6 * a_3; 30) = 42,00 \text{ mm}$$

$$l_w = 2 * b_{s2} - c_{s2} - 2 * a_3 = 131,00 \text{ mm}$$

$$l_w / l_{min} = \underline{3,12 > 1}$$

$$l_{eff} = l_w - 2 * a_3 = 117,00 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_3 * l_{eff} = 21433,23 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = F_{s2} / 2 = 167,23 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a_5 :

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,01 < 1}$$

Nachweis der Steifennähte a_4 (Steg):

$$F_s = F_{s2} * 2 * \frac{b_{s2} - c_{s2}}{2 * b_{s2} + t_{w,b}} = 224,72 \text{ kN}$$

$$M_s = \frac{b_{s2} + c_{s2}}{4 * 10} * F_s = 617,98 \text{ kNcm}$$

$$A_{w4} = 2 * a_4 * (l_{s2} - c_{s2}) / 100 = 27,84 \text{ cm}^2$$

$$W_{w4} = 2 * a_4 * (l_{s2} - c_{s2})^2 / (6 * 1000) = 161,47 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{F_s}{A_{w4}} = 8,07 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{orth,Ed} = \frac{M_s / \sqrt{2}}{W_{w4}} = 2,71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{orth,Ed} = \tau_{orth,Ed} = 2,71 \text{ kN/cm}^2$$

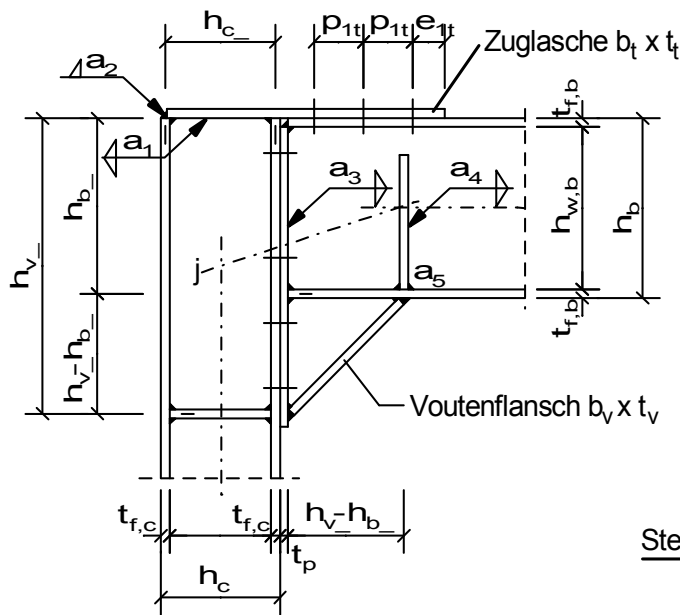
$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{orth,Ed}^2 + 3 * (\tau_{II,Ed}^2 + \tau_{orth,Ed}^2)} = 14,99 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

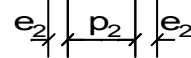
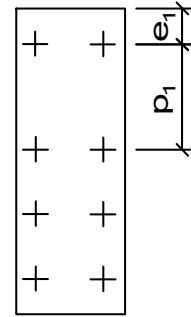
$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,33 < 1}}$$

$$\frac{\sigma_{orth,Ed}}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{\underline{0,07 < 1}}$$

Geschraubte Rahmenecke mit Voute



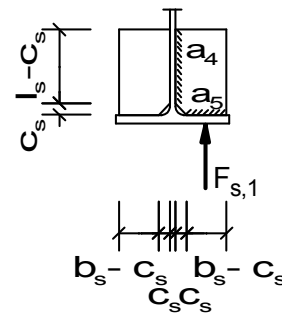
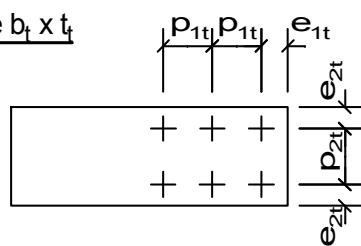
Stimplatte $b_p \times t_p$



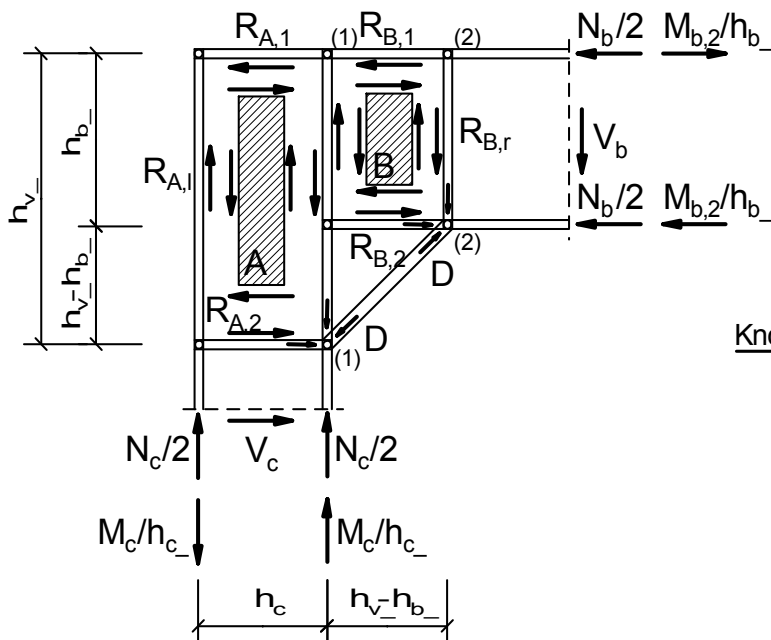
Steifen $b_s \times l_s \times t_s$



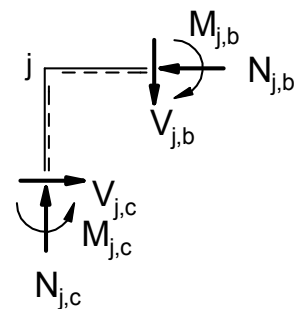
Zuglasche $b_t \times t_t$



Berechnungsmodell



Knotenschnittgrößen



positive Knotenschnittgrößen
Index "j": Systemknoten

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Grenzschweißnahtspannung

$$f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

Prüfung der Rand- und Lochabstände:**Stirnplatte:**

kleinste Abstände:

$$1,2 \cdot d_0 / e_1 = \underline{0,41 < 1}$$

$$1,2 \cdot d_0 / e_2 = \underline{0,68 < 1}$$

$$2,2 \cdot d_0 / p_1 = \underline{0,23 < 1}$$

$$2,4 \cdot d_0 / p_2 = \underline{0,37 < 1}$$

größte Abstände:

$$t = \text{MIN}(t_p; t_{f,c}) = 12,00 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 \cdot t + 40 = 88,00 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 \cdot t; 200) = 168,00 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\max} = \underline{0,57 < 1}$$

$$e_2 / e_{\max} = \underline{0,34 < 1}$$

$$p_1 / p_{\max} = \underline{0,98 < 1}$$

$$p_2 / p_{\max} = \underline{0,65 < 1}$$

Zuglasche:

kleinste Abstände:

$$1,2 \cdot d_0 / e_{1t} = \underline{0,45 < 1}$$

$$1,2 \cdot d_0 / e_{2t} = \underline{0,58 < 1}$$

$$2,2 \cdot d_0 / p_{1t} = \underline{0,36 < 1}$$

$$2,4 \cdot d_0 / p_{2t} = \underline{0,45 < 1}$$

größte Abstände:

$$t = \text{MIN}(t_t; t_{w,b}) = 7,50 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 \cdot t + 40 = 70,00 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 \cdot t; 200) = 105,00 \text{ mm}$$

$$e_{1t} / e_{\max} = \underline{0,64 < 1}$$

$$e_{2t} / e_{\max} = \underline{0,50 < 1}$$

$$p_{1t} / p_{\max} = \underline{1,00 < 1}$$

$$p_{2t} / p_{\max} = \underline{0,86 < 1}$$

Stützeneckfeld:

Konstante Schubspannungen:

$$\tau_p = \frac{R_{A,o} \cdot 100}{h_{c-} \cdot t_{w,c}} = 11,12 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_{A,r} \cdot 100}{h_{v-} \cdot t_{w,c}} = 11,12 \text{ kN/cm}^2$$

Stützensteg mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{d_c / t_{w,c}}{69 \cdot \varepsilon} = \underline{0,22 < 1}$$

$$\eta = 1,0$$

$$A_{v,c} = \text{MAX}(A_c \cdot 100 - 2 \cdot b_c \cdot t_{f,c} + (t_{w,c} + 2 \cdot r_c) \cdot t_{f,c}; \eta \cdot h_{w,c} \cdot t_{w,c}) / 100 = 24,85 \text{ cm}^2$$

$$V_{wpl,Rd} = 0,9 \cdot A_{v,c} \cdot \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 303,44 \text{ kN}$$

$$F_{wp,Ed} = R_{A,o} = 185,22 \text{ kN}$$

Nachweis des Stützenstegs mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{|F_{wp,Ed}|}{V_{wpl,Rd}} = \underline{0,61 < 1}$$

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = \frac{h_{w,c}/t_{w,c}}{72 * \varepsilon / \eta} = 1,20$$

$$\underline{0,31 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Riegeleckfeld:

Konstante Schubspannungen:

$$\tau_p = \frac{R_{B,o} * 100}{(h_{v,-} - h_{b,-}) * t_{w,b}} = 3,78 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_{B,r} * 100}{h_{b,-} * t_{w,b}} = 3,78 \text{ kN/cm}^2$$

Trägersteg mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{d_c / t_{w,c}}{69 * \varepsilon} = \underline{0,22 < 1}$$

$$\eta = 1,0$$

$$A_{v,b} = \frac{\text{MAX}(A_b * 100 - 2 * b_b * t_{f,b} + (t_{w,b} + 2 * r_b) * t_{f,b} * \eta * h_{w,b} * t_{w,b})}{100} = 30,80 \text{ cm}^2$$

$$V_{wpl,Rd} = 0,9 * A_{v,b} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 376,10 \text{ kN}$$

$$F_{wp,Ed} = D = 338,29 \text{ kN}$$

Nachweis des Trägerstegs mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{|F_{wp,Ed}|}{V_{wpl,Rd}} = \underline{0,90 < 1}$$

⇒ Aussteifen des Trägerstegs (Eckfeld) nicht erforderlich

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = \frac{h_{w,b}/t_{w,b}}{72 * \varepsilon / \eta} = 1,20$$

$$\underline{0,68 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Stützensteg mit Druckbeanspruchung:

$$f_{y,wc} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

Reduktionsfaktor ω für Schub:

$$s = r_c = 18,00 \text{ mm}$$

$$a_p = a_3 = 3,00 \text{ mm}$$

$$s_p = t_p = 12,00 \text{ mm}$$

- für eine geschraubte Stirnblechverbindung

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{f,b} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{f,c} + s) + s_p = 196,99 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,00$$

$$\Rightarrow \omega = \omega_1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{\text{eff},c,wc} * t_{w,c} / (A_{v,c} * 100))^2}} = 0,78$$

Reduktionsfaktor k_{wc} für gleichzeitig wirkende Druckspannungen im Stützensteg infolge

Biegemoment und Normalkraft in der Stütze:

maximale Längsdruckspannung im Steg (am Ende des Ausrundungsradius)

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{N_{j,c,Ed}}{A_c} + \frac{M_{j,c,Ed}}{I_{y,c}} * \frac{d_c}{2} * 10 = 16,61 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{wc} = \text{WENN}\left(\frac{\sigma_{\text{com,Ed}}}{0,7 * f_{y,wc}} > 1; 1,7 - \frac{\sigma_{\text{com,Ed}}}{f_{y,wc}}; 1,0\right) = 0,993$$

Reduktionsfaktor ρ für Stegbeulen:

- bei einer Stütze mit gewalztem I- oder H-Querschnitt

$$d_{wc} = h_c - 2 * (t_{f,c} + r_c) = 134,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{quer},\rho} = 0,932 * \sqrt{\frac{b_{\text{eff},c,wc} * d_{wc} * f_{y,wc}}{E * t_{w,c}^2}} = 0,18$$

$$\rho = \text{WENN}(\lambda_{\text{quer},\rho} > 0,72; \frac{\lambda_{\text{quer},\rho} - 0,2}{2}; 1,0) = 1,00$$

$$H_{c,wc,Rd} = \omega * k_{wc} * b_{\text{eff},c,wc} * t_{w,c} / 100 = 13,73 \text{ cm}^2$$

$$F_{c,wc,Rd} = \text{MIN}\left(H_{c,wc,Rd} * \rho * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M1}}; H_{c,wc,Rd} * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}\right) = 322,65 \text{ kN}$$

Nachweis Einleitung der Kraft des Trägers in den Stützensteg:

$$\frac{|D / \sqrt{2}|}{F_{c,wc,Rd}} = \underline{\underline{0,74 < 1}}$$

Trägersteg mit Druckbeanspruchung:

$$f_{y,wc} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

Reduktionsfaktor ω für Schub:

$$s = r_b = 18,00 \text{ mm}$$

$$a_p = a_5 = 5,00 \text{ mm}$$

- für einen geschweißten Anschluss

$$b_{\text{eff},b,wc} = t_{f,v} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{f,b} + s) = 176,64 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,00$$

$$\Rightarrow \omega = \omega_1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{\text{eff},b,wc} * t_{w,b} / (A_{v,b} * 100))^2}} = 0,90$$

Reduktionsfaktor k_{wc} für gleichzeitig wirkende Druckspannungen im Steg infolge**Biegemoment und Normkraft:**

maximale Längsdruckspannung im Steg (am Ende des Ausrundungsradius)

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{N_{j,b,Ed}}{A_b} + \frac{M_{j,b,Ed}}{I_{y,b}} * \frac{d_b}{2} * 10 = 15,60 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{wc} = \text{WENN}\left(\frac{\sigma_{com,Ed}}{0,7 * f_{y,wc}} > 1; 1,7 - \frac{\sigma_{com,Ed}}{f_{y,wc}}; 1,0\right) = 1,000$$

Reduktionsfaktor ρ für Stegbeulen:

- bei gewalztem I- oder H-Querschnitt

$$d_{wb} = h_b - 2 * (t_{f,b} + r_b) = 271,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_{quer,p} = 0,932 * \sqrt{\frac{b_{eff,b,wc} * d_{wb} * f_{y,wc}}{E * t_{w,b}^2}} = 0,29$$

$$\rho = \text{WENN}(\lambda_{quer,p} > 0,72; \frac{\lambda_{quer,p} - 0,2}{2}; 1,0) = 1,00$$

$$H_{b,wc,Rd} = \omega * k_{wc} * b_{eff,b,wc} * t_{w,b} / 100 = 11,92 \text{ cm}^2$$

$$F_{b,wc,Rd} = \text{MIN}\left(H_{b,wc,Rd} * \rho * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M1}}; H_{b,wc,Rd} * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}\right) = 280,12 \text{ kN}$$

Nachweis Einleitung der Kraft der Stütze in den Trägersteg:

$$\frac{|D/\sqrt{2}|}{F_{b,wc,Rd}} = \underline{\underline{0,85 < 1}}$$

Stützenflansch mit Biegebeanspruchung:

- für gewalzte I- oder H-Querschnitte

$$s = r_c = 18,00 \text{ mm}$$

Streckgrenze des Flansches des I- oder H-Querschnitts

$$f_{y,f} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

Streckgrenze des angeschweißten Trägers

$$f_{y,b} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$k = \text{MIN}\left(\frac{t_{f,c}}{t_p} * \frac{f_{y,f}}{f_{y,b}}; 1\right) = 1,00$$

$$b_{eff,b,fc} = t_{w,c} + 2 * s + 7 * k * t_p = 129,00 \text{ mm}$$

Zugfestigkeit des angeschweißten Trägers

$$f_{u,p} = f_{u,k} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

Streckgrenze des angeschweißten Trägers

$$f_{y,p} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_p = b_b = 160,00 \text{ cm}$$

Nachweis des Stützengurtes für die Zug- und Druckbeanspruchung:

$$\frac{f_{y,p}}{f_{u,p}} * \frac{b_p}{b_{eff,b,fc}} = \underline{\underline{0,81 < 1}}$$

$$b_{eff,b,fc} = \text{MIN}(b_{eff,b,fc}; b_p) = 129,00 \text{ mm}$$

$$F_{fc,Rd} = \text{MIN}\left(\frac{b_{eff,b,fc} * t_{f,b} * f_{y,k}}{100 * \gamma_{M0}}; 0,7 * \frac{b_b * t_{f,b} * f_{y,k}}{100 * \gamma_{M0}}\right) = 302,68 \text{ kN}$$

Nachweis des Stützengurtes für Biegebeanspruchung aus dem Träger:

$$\frac{|D/\sqrt{2}|}{F_{fc,Rd}} = \underline{0,79 < 1}$$

Voutenflansch mit Druckbeanspruchung:

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{t_{f,v} * b_v * f_{y,k}}{100 * \gamma_{MO}} = 528,75 \text{ kN}$$

Nachweis des Voutenflansches mit Druckbeanspruchung:

$$\frac{|D|}{F_{c,fb,Rd}} = \underline{0,64 < 1}$$

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = 1,20$$

Voutensteg dicker als Träger- bzw. Stielsteg:

$$t_{w,v} = \text{MIN}(t_{w,b}; t_{w,c}) = 7,50 \text{ mm}$$

$$h_{w,v} = \frac{h_{v-} - h_{b-}}{\sqrt{2}} = 163,70 \text{ mm}$$

$$\frac{h_{w,v} / t_{w,v}}{72 * \epsilon / \eta} = \underline{0,36 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Trägerflansch mit Biegebeanspruchung:

- für gewalzte I- oder H-Querschnitte

$$s = r_b = 18,00 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff},b,fc} = t_{w,b} + 2 * s = 43,50 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff},b,fc} = \text{MIN}(b_{\text{eff},b,fc}; b_b) = 43,50 \text{ mm}$$

$$F_{fc,Rd} = \text{MIN}\left(\frac{b_{\text{eff},b,fc} * t_{f,b} * f_{y,k}}{100 * \gamma_{MO}}; 0,7 * \frac{b_b * t_{f,b} * f_{y,k}}{100 * \gamma_{MO}}\right) = 117,56 \text{ kN}$$

Nachweis des Trägergurtes für Biegebeanspruchung aus der Stütze:

$$\frac{|D/\sqrt{2}|}{F_{fc,Rd}} = \underline{2,03 \text{ nicht } < 1}$$

⇒ Aussteifung des Anschlusses (Trägergurt) notwendig

Träger mit Querkraftbeanspruchung:

$$A_{v,b} = \frac{t_{w,b} * h_{w,b}}{100} = 23,02 \text{ cm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{MO}} * A_{v,b} = 312,33 \text{ kN}$$

Nachweis Träger mit Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V_{b,Ed}|}{V_{z,pl,Rd}} = \underline{0,39 < 1}$$

Stütze mit Querkraftbeanspruchung:

$$A_{v,c} = \frac{t_{w,c} * h_{w,c}}{100} = 15,30 \text{ cm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{MO}} * A_{v,c} = 207,59 \text{ kN}$$

Nachweis Stütze mit Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V_{c,Ed}|}{V_{z,pl,Rd}} = \underline{0,26 < 1}$$

Tragfähigkeit der Zuglasche:

$$A_{t,brut} = b_t * t_t / 100 = 19,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{t,net} = (b_t - 2 * d_{0t}) * t_t / 100 = 14,16 \text{ cm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * A_{t,brut} = 451,20 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 * A_{t,net} * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 367,03 \text{ kN}$$

Zugbeanspruchbarkeit des Querschnitts mit Löchern

$$N_{t,Rd} = \text{MIN}(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = 367,03 \text{ kN}$$

$$N_t = R_{A,o} = 185,22 \text{ kN}$$

Nachweis Zugbeanspruchung der Zuglasche

$$\frac{|N_t|}{N_{t,Rd}} = \underline{0,50 < 1}$$

Anschluss der Zuglasche:

Abscheren:

$$\text{Schrauben-Scherebenen } n_s = 1$$

$$A = \text{WENN}(\text{ref}_t=0; A_t; A_s) = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{ref}_t=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"}; \alpha_v; \text{FK}=\text{FK});) = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * A / \gamma_{M2} = 60,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = R_{A,o} / n_t = 46,31 \text{ kN}$$

Nachweis Abscheren:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,77 < 1}$$

Lochleibung:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_{1t}}{3 * d_{0t}}; \frac{p_{1t}}{3 * d_{0t}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,71$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 1,4 * \frac{p_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 * \alpha_b * d_t * \text{MIN}(t_{f,b}; t_t) / 100 * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 117,58 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = R_{A,o} / n_t = 46,31 \text{ kN}$$

Nachweis Lochleibung:

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{0,39 < 1}$$

Nachweis der Schweißnähte a_1 , a_2 :

$$\text{Mindestnahtdicke } a_{\min} = 3,00 \text{ mm}$$

$$\frac{a_1}{a_{\min}} = \underline{1,33 \geq 1}$$

$$\frac{l_{\min}}{h_c - 2 * t_{f,c}} = \frac{\text{MAX}(6 * a_1; 30)}{h_c - 2 * t_{f,c}} = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{\min}}{h_c - 2 * t_{f,c}} = \underline{5,67 > 1}$$

$$l_{\text{eff},a1} = h_c - 2 * t_{f,c} - 2 * a_1 = 162,00 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},a2} = b_t - 2 * a_2 = 152,00 \text{ mm}$$

$$A_{w,a1} = 2 * a_1 * l_{\text{eff},a1} / 100 = 12,96 \text{ cm}^2$$

$$A_{w,a2} = a_2 * l_{\text{eff},a2} / 100 = 6,08 \text{ cm}^2$$

Aufteilung der Kräfte entsprechend der Flächenanteile:

$$F_{w,a1} = \frac{l_{\text{eff},a1}}{l_{\text{eff},a1} + l_{\text{eff},a2}} * R_{A,o} = 95,56 \text{ kN}$$

$$F_{w,a2} = \frac{l_{\text{eff},a2}}{l_{\text{eff},a1} + l_{\text{eff},a2}} * R_{A,o} = 89,66 \text{ kN}$$

Schweißnaht a_1 :

$$\tau_{\parallel,Ed} = \frac{F_{w,a1}}{A_{w,a1}} = 7,37 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{\parallel,Ed}^2)} = 12,77 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,35 < 1}$$

Schweißnaht a_2 :

$$\tau_{\text{orth},Ed} = \frac{F_{w,a2} / \sqrt{2}}{A_{w,a2}} = 10,43 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth},Ed} = \tau_{\text{orth},Ed} = 10,43 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth},Ed}^2 + 3 * (\tau_{\text{orth},Ed}^2)} = 20,86 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,58 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth},Ed}}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,40 < 1}$$

Tragfähigkeit der Schraubenverbindung der Stirnplatte:

Abscheren:

$$\text{Schrauben-Scherebenen } n_s = 1$$

$$A = \text{WENN}(\text{ref}=0; A; A_s) = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{ref}=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } \alpha_v; \text{FK=FK;})) = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * A / \gamma_{M2} = 60,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = V_{b,Ed} / n = 15,25 \text{ kN}$$

Nachweis Abscheren:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,25 < 1}$$

Lochleibung:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,98$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot \text{MIN}(t_{w,c}; t_p) / 100 \cdot \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 101,61 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = V_{b,Ed} / n = 15,25 \text{ kN}$$

Nachweis Lochleibung:

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{\underline{0,15 < 1}}$$

Nachweis der Schweißnaht a_3 :

Die Kehlnähte am Voutendreieck werden vernachlässigt!

$$\frac{a_3}{a_{\min}} = \underline{\underline{1,00 \geq 1}}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_3; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{h_b - 2 \cdot t_{f,b}}{l_{\min}} = \underline{\underline{10,23 > 1}}$$

$$l_{\text{eff},a3} = h_b - 2 \cdot t_{f,b} - 2 \cdot r_b = 271,00 \text{ mm}$$

$$A_{w,a3} = 2 \cdot a_3 \cdot l_{\text{eff},a3} / 100 = 16,26 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{b,Ed}}{A_{w,a3}} = 7,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 \cdot (\tau_{II,Ed}^2)} = 12,99 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,36 < 1}}$$

Steifen zur Krafteinleitung der Voutenkraft in den Trägersteg:

Aufteilung der einzuleitenden Kraft auf Steifen und Steg

Ein Teil der Kraft D wird direkt in den Stielsteg eingeleitet. Die Restkraft F_s wird von den Lasteinleitungsrippen übernommen.

$$F_s = \frac{D}{\sqrt{2}} \cdot 2 \cdot \frac{b_s - c_s}{2 \cdot b_s + t_{w,b}} = 162,17 \text{ kN}$$

$$M_s = \frac{b_s + c_s}{4 \cdot 10} \cdot F_s = 364,88 \text{ kNcm}$$

Kraft auf eine Steife (Rippe)

$$F_{s,1} = F_s / 2 = 81,08 \text{ kN}$$

Kraft auf den Steg

$$F_{w,b,s} = D / \sqrt{2} - 2 \cdot F_{s,1} = 77,05 \text{ kN}$$

$$A_s = (b_s - c_s) \cdot t_s / 100 = 7,50 \text{ cm}^2$$

$$N_{c,Rd} = A_s \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = 176,25 \text{ kN}$$

Nachweis Druckbeanspruchung der Steife

$$\frac{|F_{s,1}|}{N_{c,Rd}} = \underline{0,46 < 1}$$

Nachweis Einleitung der Untergurtkraft des Trägers in den Stützensteg:

$$\frac{|F_{w,b,s}|}{F_{c,w c,Rd}} = \underline{0,24 < 1}$$

Nachweis der Steiffennähte a₅:

$$\frac{a_5}{a_{min}} = \underline{1,67 \geq 1}$$

$$l_{min} = \text{MAX}(6 \cdot a_5; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$l_{w5} = 2 \cdot b_s - c_s = 120,00 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w5}}{l_{min}} = \underline{4,00 > 1}$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{w5} = a_5 \cdot (b_s - c_s) / 100 = 2,50 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{orth,Ed} = \frac{F_{s,1} / \sqrt{2}}{2 \cdot A_{w5}} = 11,47 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{orth,Ed} = \tau_{orth,Ed} = 11,47 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{orth,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{orth,Ed})^2} = 22,94 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,64 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{orth,Ed}}{0,9 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,44 < 1}$$

Nachweis der Steiffennähte a₄:

$$A_{w4} = 2 \cdot a_4 \cdot (l_s - c_s) / 100 = 10,80 \text{ cm}^2$$

$$W_{w4} = 2 \cdot a_4 \cdot (l_s - c_s)^2 / (6 \cdot 1000) = 32,40 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{ll,Ed} = \frac{F_s}{A_{w4}} = 15,02 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{orth,Ed} = \frac{M_s / \sqrt{2}}{W_{w4}} = 7,96 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{orth,Ed} = \tau_{orth,Ed} = 7,96 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{orth,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{ll,Ed}^2 + \tau_{orth,Ed}^2)} = 30,50 \text{ kN/cm}^2$$

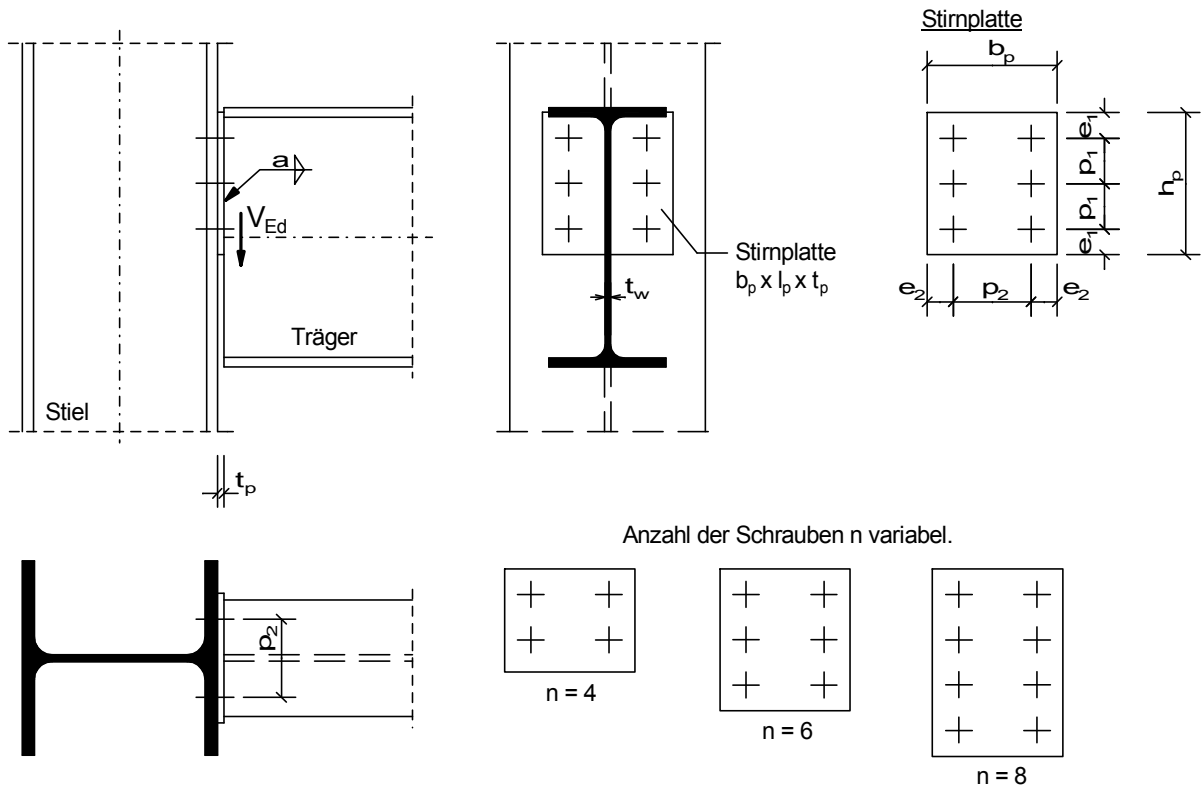
Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,85 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{orth,Ed}}{0,9 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,31 < 1}$$

Stirplattenanschluss an Stütze

Geschraubter Querkraft-Anschluss eines Trägerendes mit angeschweißter Stirnplatte an eine Stütze.

**Querschnitte / Geometrie:**

Schrauben:

Schraubengröße Schr =	GEW("EC3d/Schra"; SG;)	=	M 20
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC3d/FK"; FK;)	=	4.6
Anzahl der Schrauben (gerade) n =		=	6
Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung			
Lochspiel Δd =		=	1,0 mm
Schraubengewinde liegt <u>nicht</u> in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)			
Gewinde in Fuge ref =		=	0
Schaftdurchmesser d =	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr)	=	20,00 mm
Lochdurchmesser d_0 =	d + Δd	=	21,00 mm
Schaftquerschnitt A =	TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr;)	=	3,14 cm ²
Spannungsquer. A_s =	TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr;)	=	2,45 cm ²

Träger:

Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	IPE 400
Stegdicke t_w =	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	8,60 mm

Stütze:

Stütze Typ2 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEA
Stützen-Profil ID2 =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	=	HEA 180
Flanschdicke t_f =	TAB("EC3d/Typ2; tf; ID=ID2;)	=	9,50 mm

Stirnplatte:

Breite b_p =	200,00 mm
Höhe h_p =	220,00 mm
Dicke t_p =	10,00 mm

Lochabstände:

Vertikal p_1 =	70,00 mm
Horizontal p_2 =	120,00 mm

Schweißnähte:
Kehlnaht a = 4,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} = 1,0
 γ_{M2} = 1,25

Einwirkungen:

Anschlussquerkraft V_{Ed} = 220,00 kN

Material:

Stahl = GEW("EC3d/mat"; ID;) = S235
 $f_{y,k}$ = TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10 = 23,50 kN/cm²
 $f_{u,k}$ = TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10 = 36,00 kN/cm²
Schrauben:
 $f_{y,b,k}$ = TAB("EC3d/FK"; f_{ybk} ; FK=FK)/10 = 24,00 kN/cm²
 $f_{u,b,k}$ = TAB("EC3d/FK"; f_{ubk} ; FK=FK)/10 = 40,00 kN/cm²
 β_w = TAB("EC3d/mat"; β_{w} ; ID=Stahl) = 0,80

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

vord e₁ = $\left(h_p - \left(\frac{n}{2} - 1 \right) * p_1 \right) / 2$ = 40,00 mm

vord e₂ = $(b_p - p_2) / 2$ = 40,00 mm

kleinste Abstände:

$1,2 * d_0 / e_1$ = 0,63 < 1

$1,2 * d_0 / e_2$ = 0,63 < 1

$2,2 * d_0 / p_1$ = 0,66 < 1

$2,4 * d_0 / p_2$ = 0,42 < 1

größte Abstände:

t = MIN(t_p ; t_w) = 8,60 mm

e_{max} = 4 * t + 40 = 74,40 mm

p_{max} = MIN(14 * t; 200) = 120,40 mm

e_1 / e_{max} = 0,54 < 1

e_2 / e_{max} = 0,54 < 1

p_1 / p_{max} = 0,58 < 1

p_2 / p_{max} = 1,00 < 1

Tragfähigkeit der Schrauben:**Abscherbeanspruchbarkeit:**

Schrauben-Scherebenen n_s = 1

A = WENN(ref=0;A;As) = 3,14 cm²

α_v = WENN(ref=0;0,6;TAB("EC3d/FK"; α_v ;FK=FK;)) = 0,6

$F_{v,Rd}$ = $n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * A / \gamma_{M2}$ = 60,29 kN

$F_{v,Ed}$ = $\frac{V_{Ed}}{n}$ = 36,67 kN

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,63$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot \text{MIN}(t_p; t_f) \cdot \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 8618,40 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot \text{MIN}(t_p; t_f) / 100 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2} = 86,18 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = 36,67 \text{ kN}$$

Nachweise für Abscheren und Lochleibung:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,61 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Stirnplatte:

$$A_n = \left(h_p - \frac{n}{2} \cdot d_0\right) \cdot t_p \cdot 10^{-2} = 15,70 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_n = 213,01 \text{ kN}$$

$$V = \frac{V_{Ed}}{2} = 110,00 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,52 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit der Schweißnaht:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot h_p / 100 = 17,60 \text{ cm}^2$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = 12,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 \cdot (\tau_{II,Ed})^2} = 21,65 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,60 < 1}}$$

Tragfähigkeit des Trägersteiges:

$$A_{bp} = h_p \cdot t_w / 100 = 18,92 \text{ cm}^2$$

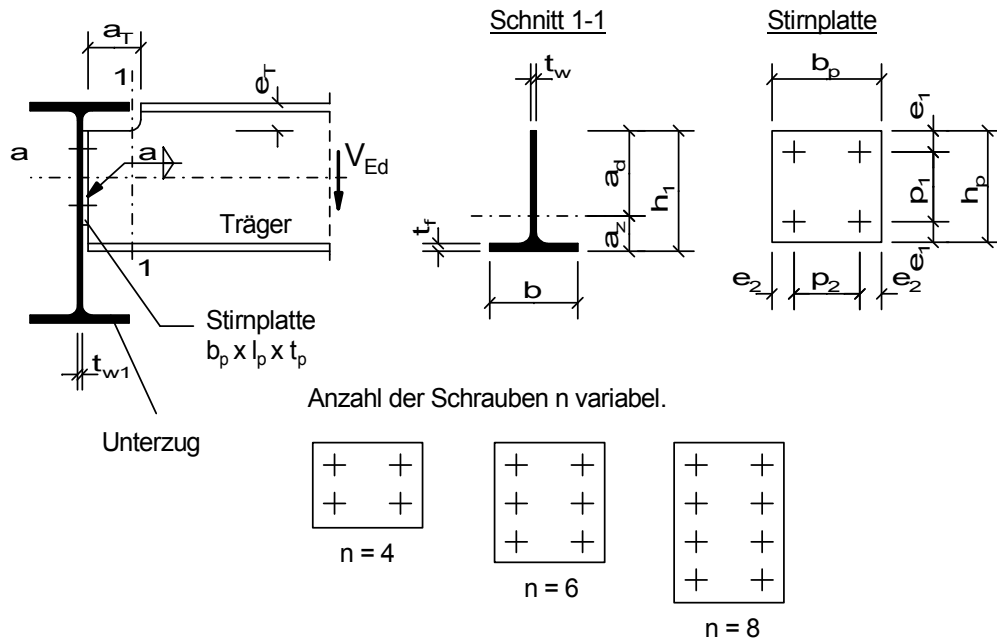
$$V_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{bp} = 256,70 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,86 < 1}}$$

Stirnplattenanschluss mit Ausklinkung

Geschraubter Querkraft-Anschluss eines Trägerendes mit angeschweißter Stirnplatte an einen Trägersteg.



Querschnitte / Geometrie:

Schrauben:			
Schraubgröße Schr =	GEW("EC3d/Schra"; SG;)	=	M 16
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC3d/FK"; FK;)	=	4.6
Anzahl der Schrauben (gerade) n =		=	4
Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung			
Lochspiel Δd =		=	2,0 mm
Schraubengewinde liegt <u>nicht</u> in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)			
Gewinde in Fuge ref =		=	0
Schaftdurchmesser d =	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr)	=	16,00 mm
Lochdurchmesser d ₀ =	d + Δd	=	18,00 mm
Schaftquerschnitt A =	TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr;)	=	2,01 cm ²
Spannungsquer. A _s =	TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr;)	=	1,57 cm ²
Haupt-Träger (Unterzug):			
Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d"/"Typ1; ID;)	=	IPE 300
Stegdicke t _{w1} =	TAB("EC3d"/"Typ1; tw; ID=ID1;)	=	7,10 mm
Quer-Träger (Deckenträger):			
Träger Typ2 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID2 =	GEW("EC3d"/"Typ2; ID;)	=	IPE 200
Höhe h =	TAB("EC3d"/"Typ2; h; ID=ID2;)	=	200,00 mm
Breite b =	TAB("EC3d"/"Typ2; b; ID=ID2;)	=	100,00 mm
Stegdicke t _w =	TAB("EC3d"/"Typ2; tw; ID=ID2;)	=	5,60 mm
Flanschdicke t _f =	TAB("EC3d"/"Typ2; tf; ID=ID2;)	=	8,50 mm
Stirnplatte:			
Breite b _p =		=	120,00 mm
Höhe h _p =		=	120,00 mm
Dicke t _p =		=	10,00 mm
Lochabstände:			
Vertikal p ₁ =		=	50,00 mm
Horizontal p ₂ =		=	60,00 mm

Ausklüpfung:	
Länge $a_T =$	70,00 mm
Höhe $e_T =$	30,00 mm
Schweißnähte:	
Kehlnaht $a =$	3,0 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M2} =$	1,25

Einwirkungen:

Anschlussquerkraft $V_{Ed} =$	56,00 kN
-------------------------------	----------

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
Schrauben:			
$f_{y,b,k} =$	TAB("EC3d/FK"; f_{yb} ; FK=FK)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k} =$	TAB("EC3d/FK"; f_{ub} ; FK=FK)/10	=	40,00 kN/cm ²
$\beta_w =$	TAB("EC3d/mat"; β_{w} ; ID=Stahl)	=	0,80

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

$$\text{vorh } e_1 = \frac{h_p - \left(\frac{n}{2} - 1\right) \cdot p_1}{2} = 35,00 \text{ mm}$$

$$\text{vorh } e_2 = \frac{b_p - p_2}{2} = 30,00 \text{ mm}$$

kleinste Abstände:

$$1,2 \cdot d_0 / e_1 = \underline{\underline{0,62 < 1}}$$

$$1,2 \cdot d_0 / e_2 = \underline{\underline{0,72 < 1}}$$

$$2,2 \cdot d_0 / p_1 = \underline{\underline{0,79 < 1}}$$

$$2,4 \cdot d_0 / p_2 = \underline{\underline{0,72 < 1}}$$

größte Abstände:

$$t = \text{MIN}(t_p; t_w) = 5,60 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 \cdot t + 40 = 62,40 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 \cdot t; 200) = 78,40 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\max} = \underline{\underline{0,56 < 1}}$$

$$e_2 / e_{\max} = \underline{\underline{0,48 < 1}}$$

$$p_1 / p_{\max} = \underline{\underline{0,64 < 1}}$$

$$p_2 / p_{\max} = \underline{\underline{0,77 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Schrauben:

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned} \text{Schrauben-Scherebenen } n_s &= 1 \\ A &= \text{WENN}(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= \text{WENN}(\text{ref}=0; 0,6; \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } \alpha_v; \text{FK}=\text{FK};)) = 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * \frac{A}{\gamma_{M2}} = 38,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = 14,00 \text{ kN}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,65$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_p; t_{w1}) / 100 * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 53,16 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = 14,00 \text{ kN}$$

Nachweise für Abscheren und Lochleibung:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,36 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Stirnplatte:

$$A_n = \left(h_p - \frac{n}{2} * d_0\right) * t_p * 10^{-2} = 8,40 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} * A_n = 113,97 \text{ kN}$$

$$V = \frac{V_{Ed}}{2} = 28,00 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,25 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit der Schweißnaht:

$$A_w = 2 * a * h_p / 100 = 7,20 \text{ cm}^2$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = 7,78 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed}^2)} = 13,48 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,37 < 1}}$$

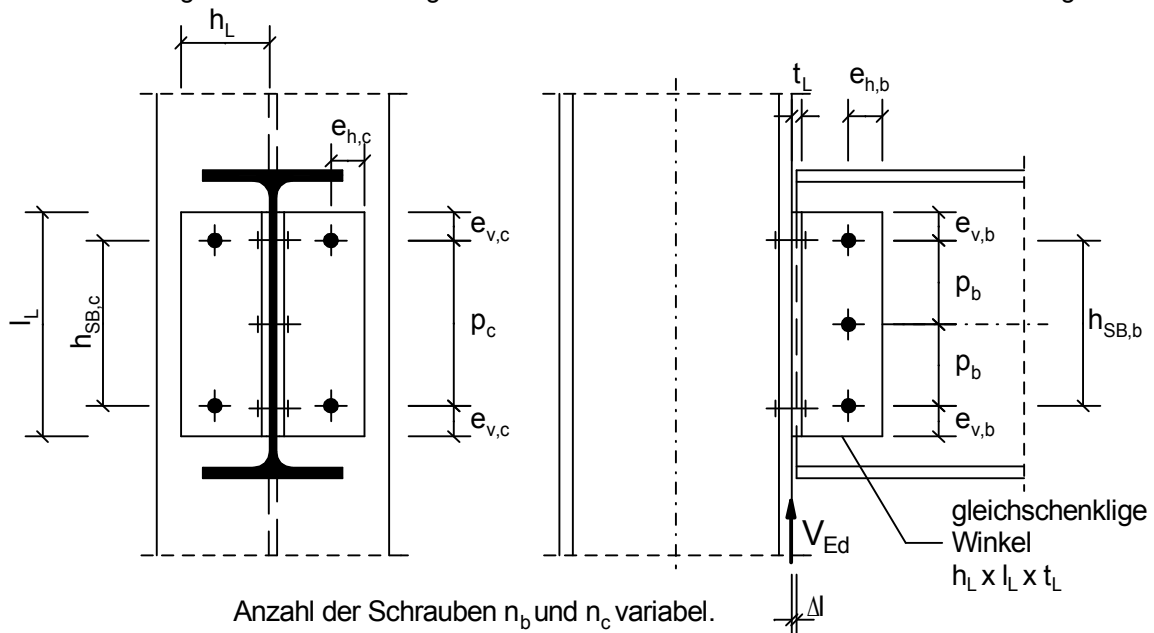
Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Trägeranschluss mit Winkeln

Querkraft-Anschlusses eines Trägerendes an eine Stütze mit zwei angeschraubten Winkeln.

Das Momentengelenk wird in der Fuge zwischen den Winkeln und dem Gurt der Stütze angenommen.

**Einwirkungen:**

Anschlussquerkraft $V_{Ed} = 240,00 \text{ kN}$

Querschnitte / Geometrie:

Träger:

Träger Typ1 = GEW("EC3d/Profile"; ID;) = HEB

Träger-Profil ID1 = GEW("EC3d"/"Typ1"; ID;) = HEB 360

Stütze:

Stütze Typ2 = GEW("EC3d/Profile"; ID;) = HEB

Stützen-Profil ID2 = GEW("EC3d"/"Typ2"; ID;) = HEB 400

Zwei gleichschenklige Winkel:

Winkel TypL = GEW("EC3d/WG"; ID;) = L 100x12

Länge $l_L = 250,00 \text{ mm}$

Schrauben (Träger):

Schraubengröße $Schr_b = GEW("EC3d/Schra"; SG;) = M 20$

Festigkeitsklasse $FK_b = GEW("EC3d/FK"; FK;) = 5.6$

Anzahl der Schrauben $n_b = 3$

Lochspiel $\Delta d_b = 1,0 \text{ mm}$

Schraubenabstand $p_b = 85,00 \text{ mm}$

Randabstand $e_{v,b} = 40,00 \text{ mm}$

Randabstand $e_{h,b} = 45,00 \text{ mm}$

Schrauben (Stütze):

Schraubengröße $Schr_c = GEW("EC3d/Schra"; SG;) = M 20$

Festigkeitsklasse $FK_c = GEW("EC3d/FK"; FK;) = 5.6$

Gesamtzahl Schrauben (gerade) $n_c = 4$

Lochspiel $\Delta d_c = 1,0 \text{ mm}$

Rand- und Lochabstände:

Schraubenabstand $p_c =$			170,00 mm
Randabstand $e_{v,c} =$	$e_{v,b}$	=	40,00 mm
Randabstand $e_{h,c} =$	$e_{h,b}$	=	45,00 mm
Spielraum $\Delta l =$			10,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} =$			1,0
$\gamma_{M2} =$			1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S 235
$f_{y,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
Schrauben:			
$f_{y,b,k,b} =$	TAB("EC3d/FK"; f_{ybk} ; FK=FK _b)/10	=	30,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k,b} =$	TAB("EC3d/FK"; f_{ubk} ; FK=FK _b)/10	=	50,00 kN/cm ²
$f_{y,b,k,c} =$	TAB("EC3d/FK"; f_{ybk} ; FK=FK _c)/10	=	30,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k,c} =$	TAB("EC3d/FK"; f_{ubk} ; FK=FK _c)/10	=	50,00 kN/cm ²

Querschnittswerte:

Träger:			
Stegdicke $t_{w,b} =$	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	=	12,50 mm
Querschnittsfläche $A_b =$	TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1;)	=	181,00 cm ²
Stütze:			
Flanschdicke $t_{f,c} =$	TAB("EC3d/Typ2; tf; ID=ID2;)	=	24,00 mm
Zwei gleichschenklige Winkel:			
$h_L =$	TAB("EC3d/WG"; h; ID=TypL)	=	100,00 mm
$t_L =$	TAB("EC3d/WG"; t; ID=TypL)	=	12,00 mm
Schrauben (Träger):			
Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung			
Gewinde in Fuge (0 nein, 1 ja) $ref_b =$			0
Schaftdurchmesser $d_b =$	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr _b)	=	20,00 mm
Lochdurchmesser $d_{0,b} =$	$d_b + \Delta d_b$	=	21,00 mm
Schraubenbildhöhe $h_{SB,b} =$	$(n_b - 1) * p_b$	=	170,00 mm
$\frac{h_{SB,b} + 2 * e_{v,b}}{l_L} =$			<u>1,00 ≤ 1</u>
Schrauben (Stütze):			
Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung			
Gewinde in Fuge (0 nein, 1 ja) $ref_c =$			0
Schaftdurchmesser $d_c =$	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr _c)	=	20,00 mm
Lochdurchmesser $d_{0,c} =$	$d_c + \Delta d_c$	=	21,00 mm
Schraubenbildhöhe $h_{SB,c} =$	$(n_c/2 - 1) * p_c$	=	170,00 mm
$\frac{h_{SB,c} + 2 * e_{v,c}}{l_L} =$			<u>1,00 ≤ 1</u>

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

Träger:

kleinste Abstände:

$$1,2 * d_{0,b} / e_{v,b} = \underline{0,63 < 1}$$

$$1,2 * d_{0,b} / e_{h,b} = \underline{0,56 < 1}$$

$$2,2 * d_{0,b} / p_b = \underline{0,54 < 1}$$

größte Abstände:

$$t = \text{MIN}(t_L; t_{w,b}) = 12,00 \text{ mm}$$

$$e_{\text{max}} = 4 * t + 40 = 88,00 \text{ mm}$$

$$p_{\text{max}} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 168,00 \text{ mm}$$

$$e_{v,b} / e_{\text{max}} = \underline{0,45 < 1}$$

$$e_{h,b} / e_{\text{max}} = \underline{0,51 < 1}$$

$$p_b / p_{\text{max}} = \underline{0,51 < 1}$$

Stütze:

kleinste Abstände:

$$1,2 * d_{0,c} / e_{v,c} = \underline{0,63 < 1}$$

$$1,2 * d_{0,c} / e_{h,c} = \underline{0,56 < 1}$$

$$2,2 * d_{0,c} / p_c = \underline{0,27 < 1}$$

größte Abstände:

$$t = \text{MIN}(t_L; t_{f,c}) = 12,00 \text{ mm}$$

$$e_{\text{max}} = 4 * t + 40 = 88,00 \text{ mm}$$

$$p_{\text{max}} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 168,00 \text{ mm}$$

$$e_{v,c} / e_{\text{max}} = \underline{0,45 < 1}$$

$$e_{h,c} / e_{\text{max}} = \underline{0,51 < 1}$$

$$p_c / p_{\text{max}} = \underline{1,01 < 1}$$

Ermittlung der maximalen Schraubenbeanspruchung (Schrauben am Träger):

Abstand des Schraubenbild-Schwerpunktes zum Stützengurt

$$e_{b,L} = e_{h,b} + \Delta l = 55,00 \text{ mm}$$

Schnittgrößen im Schraubenbild-Schwerpunkt

$$M_{s,b} = V_{Ed} * e_{b,L} / 10 = 1320,00 \text{ kNcm}$$

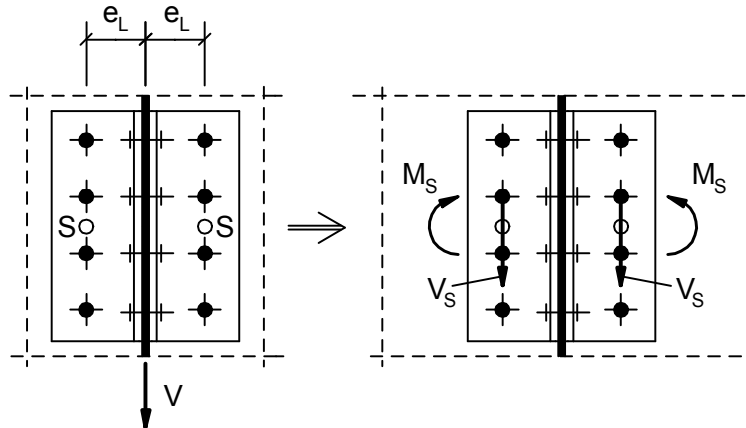
$$V_{s,b} = V_{Ed} = 240,00 \text{ kN}$$

$$I_{p-} = \left(\frac{n_b + 1}{n_b - 1} * h_{SB,b} \right)^2 * \frac{n_b}{12} * 10^{-2} = 144,50 \text{ cm}^2$$

$$V_{x,i,max,b} = \frac{|M_{s,b}| * h_{SB,b} / 10}{I_{p-}} = 77,65 \text{ kN}$$

$$V_{z,i,max,b} = \frac{|V_{s,b}|}{n_b} = 80,00 \text{ kN}$$

$$R_{i,max,b} = \sqrt{V_{x,i,max,b}^2 + V_{z,i,max,b}^2} = 111,49 \text{ kN}$$

Ermittlung der maximalen Schraubenbeanspruchung (Schrauben an der Stütze):

Abstand des Schraubenbild-Schwerpunktes eines Winkels zum Trägersteg

$$e_{c,L} = h_L - e_{h,c} = 55,00 \text{ mm}$$

Schnittgrößen im Schraubenbild-Schwerpunkt (ein Winkel)

$$M_{s,c} = V_{Ed}/2 * e_{c,L}/10 = 660,00 \text{ kNcm}$$

$$V_{s,c} = V_{Ed}/2 = 120,00 \text{ kN}$$

$$f_c = \frac{6 * (n_c/2) - 1}{(n_c/2) * (n_c/2) + 1} = 1,0000$$

$$I_{p-} = \frac{(h_{SB,c} / 10)^2}{2 * f_c} = 144,50 \text{ cm}^4$$

$$V_{x,i,max,c} = \frac{|M_{s,c}| * h_{SB,c} / 10}{I_{p-}} = 38,82 \text{ kN}$$

$$V_{z,i,max,c} = \frac{|V_{s,c}|}{n_c / 2} = 60,00 \text{ kN}$$

$$R_{i,max,c} = \sqrt{V_{x,i,max,c}^2 + V_{z,i,max,c}^2} = 71,46 \text{ kN}$$

Abscherbeanspruchbarkeit (Schrauben am Träger):

$$\text{Schrauben-Scherebenen } n_{s,b} = 2$$

$$F_{v,Rd} = \text{TAB}(\text{"EC3d/Schra"; } F_{vRd}; \text{SG=Schr}_b; \text{ref=ref}_b; \text{FK=FK}_b;) = 75,40 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n_{s,b} * F_{v,Rd} = 150,80 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = R_{i,max,b} = 111,49 \text{ kN}$$

Nachweis Abscherbeanspruchbarkeit

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0,74 < 1$$

Abscherbeanspruchbarkeit (Schrauben an der Stütze):

$$\text{Schrauben-Scherebenen } n_{s,c} = 1$$

$$F_{v,Rd} = \text{TAB}(\text{"EC3d/Schra"; } F_{vRd}; \text{SG=Schr}_c; \text{ref=ref}_c; \text{FK=FK}_c;) = 75,40 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n_{s,c} * F_{v,Rd} = 75,40 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = R_{i,max,c} = 71,46 \text{ kN}$$

Nachweis Abscherbeanspruchbarkeit

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0,95 < 1$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis Lochleibungsbeanspruchbarkeit

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{0,91 < 1}$$

Blockversagen der Schraubengruppe - Winkel:(Annahme: Schraubenzahl n_b (Träger) $\geq n_c$ (Stütze))

$$A_{nv} = (h_{SB,b} - (n_b - 0,5) * d_{0,b} + e_{v,b}) * t_L / 100 = 18,90 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_{h,b} - 0,5 * d_{0,b}) * t_L / 100 = 4,14 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 * A_{nt} * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} + A_{nv} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 316,05 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{|V_{Ed}| / 2}{V_{eff,2,Rd}} = \underline{0,38 < 1}$$

Blockversagen der Schraubengruppe - Träger:

$$A_{nv} = \frac{A_b}{2} + \frac{h_{SB,b}}{200} * t_{w,b} - \frac{(n_b - 0,5)}{100} * d_{0,b} * t_{w,b} = 94,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_{h,b} - 0,5 * d_{0,b}) * t_{w,b} / 100 = 4,31 \text{ cm}^2$$

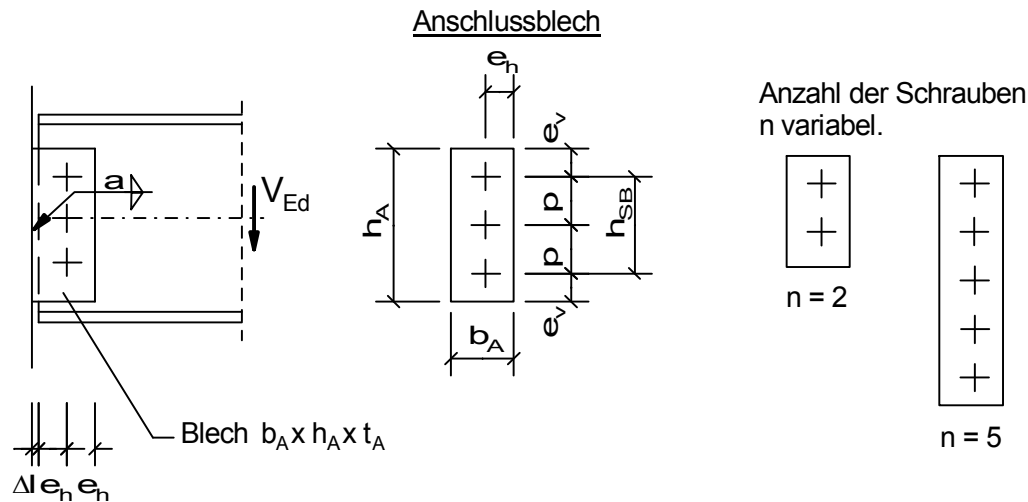
$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 * A_{nt} * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} + A_{nv} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 1345,03 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{eff,2,Rd}} = \underline{0,18 < 1}$$

Träger mit Anschlussblech

Geschraubter Querkraft-Anschluss eines Trägerendes mit einer Schrauben-Reihe an ein angeschweißtes Knotenblech (Fahnenblech).

**Querschnitte / Geometrie:**

Schrauben:

Schraubengröße Schr = GEW("EC3d/Schra"; SG;) = M 20

Festigkeitsklasse FK = GEW("EC3d/FK"; FK;) = 4.6

Anzahl der Schrauben n = 5

Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung

Lochspiel Δd = 1,00 mm

Schaftdurchmesser d = TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr) = 20,00 mm

Lochdurchmesser d_0 = d + Δd = 21,00 mm

Träger:

Träger Typ1 = GEW("EC3d/Profile"; ID;) = IPE

Träger-Profil ID1 = GEW("EC3d/Typ1; ID;) = IPE 500

Stegdicke t_w = TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;) = 10,20 mmQuerschnittsfläche A = TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1;) = 116,00 cm²

Anschlussblech:

Breite b_A = 110,00 mmHöhe h_A = 370,00 mmDicke t_A = 12,00 mmSpielraum Δl = 10,00 mm

Schweißnähte:

Kehlnaht a = 4,00 mm

A: ENTWEDER

Schraubenbildhöhe h_{SB} = 280,00 mmSchraubenabstand p = $\frac{h_{SB}}{n-1}$ = 70,00 mm

A: ODER

Schraubenabstand p = 70,00 mm

Schraubenbildhöhe h_{SB} = (n - 1) * p = 280,00 mm**Teilsicherheitsbeiwerte:** γ_{M0} = 1,0 γ_{M2} = 1,25

Einwirkungen:

$$\text{Anschlussquerkraft } V_{Ed} = 215,50 \text{ kN}$$

Material:

$$\begin{aligned} \text{Stahl} &= \text{GEW}(\text{"EC3d/mat"; ID;}) &= & \text{S235} \\ f_{y,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{yk}; \text{ID=Stahl})/10 &= & 23,50 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{u,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{uk}; \text{ID=Stahl})/10 &= & 36,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Schrauben:} & & & \\ f_{y,b,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } f_{yb,k}; \text{FK=FK})/10 &= & 24,00 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{u,b,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } f_{ub,k}; \text{FK=FK})/10 &= & 40,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \beta_w &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } \beta_{w;}; \text{ID=Stahl}) &= & 0,80 \end{aligned}$$

Schraubenabstände:

zum Rand:

$$\begin{aligned} e_h &= (b_A - \Delta l)/2 &= & 50,00 \text{ mm} \\ e_v &= (h_A - h_{SB})/2 &= & 45,00 \text{ mm} \\ e_{\min} &= 1,2 * d_0 &= & 25,20 \text{ mm} \\ e_{\max} &= 4 * \text{MIN}(t_A; t_w) + 40 &= & 80,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

untereinander:

$$\begin{aligned} p &= \frac{h_{SB}}{n - 1} &= & 70,00 \text{ mm} \\ p_{\min} &= 2,2 * d_0 &= & 46,20 \text{ mm} \\ p_{\max} &= \text{MIN}(200; 14 * \text{MIN}(t_A; t_w)) &= & 142,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ermittlung der maximalen Schraubenbeanspruchung ($n_x = 1$):

Abstand des Schraubenbild-Schwerpunktes zum Anschnitt

$$e_{x,s} = e_h + \Delta l = 60,00 \text{ mm}$$

Schnittgrößen im Schraubenbild-Schwerpunkt

$$M_s = V_{Ed} * e_{x,s} / 10 = 1293,00 \text{ kNcm}$$

$$V_s = V_{Ed} = 215,50 \text{ kN}$$

$$\alpha = \frac{6}{n} * \frac{n-1}{n+1} = 0,8000$$

$$I_{p-} = \left(\frac{n+1}{n-1} * \frac{h_{SB}^2}{2} \right) * \frac{n}{6} * 10^{-2} = 490,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{x,i,\max} = \frac{|M_s| * h_{SB} / 10}{I_{p-} * 2} = 36,94 \text{ kN}$$

$$V_{z,i,\max} = \frac{|V_s|}{n} = 43,10 \text{ kN}$$

$$R_{i,\max} = \sqrt{V_{x,i,\max}^2 + V_{z,i,\max}^2} = 56,76 \text{ kN}$$

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\text{Schrauben-Scherebenen } n_s = 1$$

Schraubengewinde liegt nicht in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)

$$\text{Gewinde in Fuge ref} = 0$$

$$F_{v,Rd} = \text{TAB}(\text{"EC3d/Schra"; } F_{vRd}; \text{SG=Schr;ref=ref;FK=FK;}) = 60,30 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n_s * F_{v,Rd} = 60,30 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = R_{i,\max} = 56,76 \text{ kN}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Blockversagen der Schraubengruppe - Anschlussblech:

$$A_{nv} = (h_{SB} - (n-0,5) * d_0 + e_v) * t_A / 100 = 27,66 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_h - 0,5 * d_0) * t_A / 100 = 4,74 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{A_{nt} * f_{u,k}}{2 * \gamma_{M2}} + A_{nv} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 443,54 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{eff,2,Rd}} = \underline{\underline{0,49 < 1}}$$

Blockversagen der Schraubengruppe - Träger:

$$A_{nv} = \left(\frac{A * 100}{2} + \frac{h_{SB}}{2} * t_w - (n-0,5) * d_0 * t_w \right) * 10^{-2} = 62,64 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_h - 0,5 * d_0) * t_w / 100 = 4,03 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{A_{nt} * f_{u,k}}{2 * \gamma_{M2}} + A_{nv} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 907,91 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{eff,2,Rd}} = \underline{\underline{0,24 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit der Schweißnaht:

$$A_w = 2 * a * h_A / 100 = 29,60 \text{ cm}^2$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = 7,28 \text{ kN/cm}^2$$

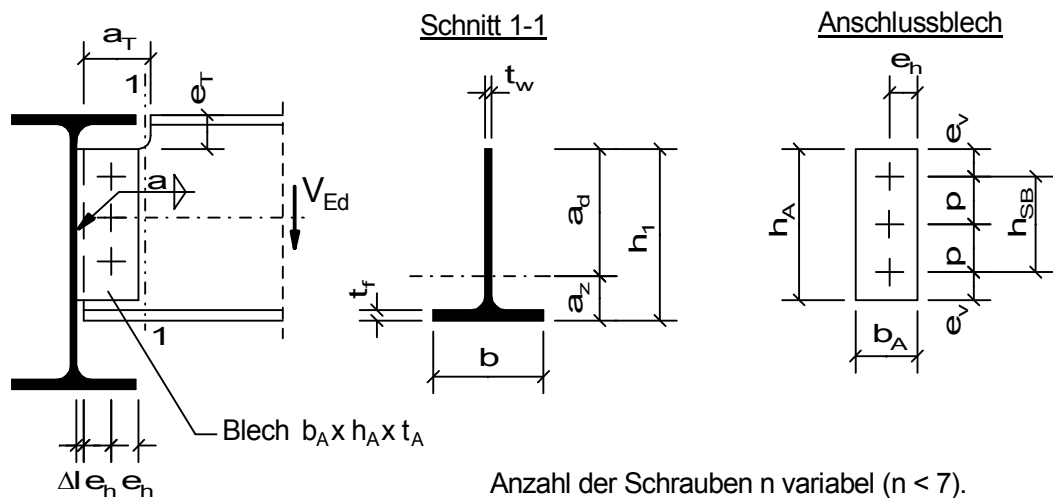
$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed}^2)} = 12,61 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,35 < 1}}$$

Träger mit Anschlussblech und Ausklinkung

Geschraubter Querkraft-Anschluss eines Trägerendes mit Ausklinkung mit einer Schrauben-Reihe an ein angeschweißtes Knotenblech (Fahnenblech).



Anzahl der Schrauben n variabel ($n < 7$).

Querschnitte / Geometrie:

Schrauben:		
Schraubengröße Schr =	GEW("EC3d/Schra"; SG;)	= M 20
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC3d/FK"; FK;)	= 4.6
Anzahl der Schrauben n =		= 5
Kategorie A: Scher-Lochleibungs (SL-) Verbindung		
Lochspiel Δd =		= 1,00 mm
Schaftdurchmesser d =	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr)	= 20,00 mm
Lochdurchmesser d_0 =	d + Δd	= 21,00 mm
Träger:		
Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	= IPE
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	= IPE 500
Höhe h =	TAB("EC3d/Typ1; h; ID=ID1;)	= 500,00 mm
Breite b =	TAB("EC3d/Typ1; b; ID=ID1;)	= 200,00 mm
Stegdicke t_w =	TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;)	= 10,20 mm
Flanschdicke t_f =	TAB("EC3d/Typ1; tf; ID=ID1;)	= 16,00 mm
Querschnittsfläche A =	TAB("EC3d/Typ1; A; ID=ID1;)	= 116,00 cm ²
Anschlussblech:		
Breite b_A =		= 110,00 mm
Höhe h_A =		= 370,00 mm
Dicke t_A =		= 12,00 mm
Spielraum Δl =		= 10,00 mm
Ausklinkung:		
Länge a_T =		= 150,00 mm
Höhe e_T =		= 60,00 mm
Schweißnähte:		
Kehlnaht a =		= 4,00 mm
A: ENTWEDER		
Schraubenbildhöhe h_{SB} =		= 280,00 mm
Schraubenabstand p =	$\frac{h_{SB}}{n - 1}$	= 70,00 mm
A: ODER		
Schraubenabstand p =		= 70,00 mm
Schraubenbildhöhe h_{SB} =	$(n - 1) * p$	= 280,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Einwirkungen:

$$\text{Anschlussquerkraft } V_{Ed} = 215,50 \text{ kN}$$

Material:

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"EC3d/mat"; ID;}) = \text{S235}$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{yk}; \text{ID=Stahl})/10 = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{uk}; \text{ID=Stahl})/10 = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

Schrauben:

$$f_{y,b,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } f_{yb}; \text{FK=FK})/10 = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{u,b,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } f_{ub}; \text{FK=FK})/10 = 40,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_w = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } \beta_{w}; \text{ID=Stahl}) = 0,80$$

Schraubenabstände:

zum Rand:

$$e_h = (b_A - \Delta l)/2 = 50,00 \text{ mm}$$

$$e_v = (h_A - h_{SB})/2 = 45,00 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 1,2 * d_0 = 25,20 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * \text{MIN}(t_A; t_w) + 40 = 80,80 \text{ mm}$$

untereinander:

$$p = \frac{h_{SB}}{n - 1} = 70,00 \text{ mm}$$

$$p_{\min} = 2,2 * d_0 = 46,20 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(200; 14 * \text{MIN}(t_A; t_w)) = 142,80 \text{ mm}$$

Ermittlung der maximalen Schraubenbeanspruchung ($n_x = 1$):

$$e_{x,s} = e_h + \Delta l = 60,00 \text{ mm}$$

Schnittgrößen im Schraubenbild-Schwerpunkt

$$M_s = V_{Ed} * e_{x,s} / 10 = 1293,00 \text{ kNcm}$$

$$V_s = V_{Ed} = 215,50 \text{ kN}$$

$$\alpha = \frac{6 * n - 1}{n * n + 1} = 0,8000$$

$$I_{p-} = \frac{(h_{SB} / 10)^2}{2 * \alpha} = 490,00 \text{ cm}^4$$

$$V_{x,i,\max} = \frac{|M_s| * h_{SB}}{I_{p-} * 2 * 10} = 36,94 \text{ kN}$$

$$V_{z,i,\max} = \frac{|V_s|}{n} = 43,10 \text{ kN}$$

$$R_{i,\max} = \sqrt{V_{x,i,\max}^2 + V_{z,i,\max}^2} = 56,76 \text{ kN}$$

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned} \text{Schrauben-Scherebenen } n_s &= 1 \\ \text{Schraubengewinde liegt nicht in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)} & \\ \text{Gewinde in Fuge ref} &= 0 \\ F_{v,Rd} &= \text{TAB("EC3d/Schra"; } F_{vRd}; \text{SG=Schr;ref=ref;FK=FK;)} = 60,30 \text{ kN} \\ F_{v,Rd} &= n_s * F_{v,Rd} = 60,30 \text{ kN} \\ F_{v,Ed} &= R_{i,max} = 56,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweis Abscherbeanspruchbarkeit

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,94 < 1}}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned} F_{v,Ed} &= R_{i,max} = 56,76 \text{ kN} \\ \text{Auf der sicheren Seite liegend wird für den Randabstand } e_1 \text{ der kleinere der beiden Randabstände } e_h \text{ und } e_v \text{ angesetzt.} \end{aligned}$$

$$e = \text{MIN}(e_h; e_v) = 45,00 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e}{3 * d_0}; \frac{p}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; 1,0\right) = 0,71$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_A; t_w) * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} * 10^{-2} = 104,28 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = R_{i,max} = 56,76 \text{ kN}$$

Nachweis Lochleibungsbeanspruchbarkeit

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{\underline{0,54 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit des Anschlussbleches:

In der Lochbruchlinie werden die Normal- und Schubbeanspruchungen infolge M und V am Nettoquerschnitt berechnet.

$$A_{net} = (h_A - n * d_0) * t_A / 100 = 31,80 \text{ cm}^2$$

$$I_{y,net} = \left(\frac{t_A}{12} * h_A^3 - \frac{t_A * d_0}{2 * \alpha} * h_{SB}^2 \right) * 10^{-4} = 3830,50 \text{ cm}^4$$

$$W_{eff,min} = \frac{I_{y,net} * 2}{h_A / 10} = 207,05 \text{ cm}^3$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} * A_{net} = 431,45 \text{ kN}$$

$$M_{y,c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * W_{eff,min} = 4865,68 \text{ kNcm}$$

$$M_{y,Ed} = V_{Ed} * (e_h + \Delta l) / 10 = 1293,00 \text{ kNcm}$$

Schnittgrößen infolge des exzentrischen Fahrenblech-Anschlusses

$$M_x = \frac{t_A + t_w}{2 * 10} * V_{Ed} = 239,21 \text{ kNcm}$$

$$V_1 = V_{Ed} + \frac{M_x}{W_{eff,min}} * A_{net} = 252,24 \text{ kN}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

$$S_y = t_w \cdot \frac{a_d^2}{2} \cdot 10^{-3} = 646,68 \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{eff,min}} = \frac{I_y}{a_d} \cdot 10 = 373,53 \text{ cm}^3$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{n1} = 875,66 \text{ kN}$$

$$M_{y,c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} \cdot W_{\text{eff,min}} = 8777,95 \text{ kNcm}$$

$$M_1 = V_{Ed} \cdot (e_h + \Delta l) / 10 = 1293,00 \text{ kNcm}$$

$$V_1 = \frac{V_{Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot t_w / 10} \cdot A_{n1} = 662,95 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V_1|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,76 < 1}}$$

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{M_1}{M_{y,c,Rd}} = \underline{\underline{0,15 < 1}}$$

Blockversagen der Schraubengruppe - Anschlussblech:

Anschlussblech

$$A_{nv} = (h_{SB} - (n-0,5) \cdot d_0 + e_v) \cdot t_A / 100 = 27,66 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_h - 0,5 \cdot d_0) \cdot t_A / 100 = 4,74 \text{ cm}^2$$

Widerstand gegen Blockversagen

$$V_{\text{eff},2,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_{u,k}}{2 \cdot \gamma_{M2}} + A_{nv} \cdot \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 443,54 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{\text{eff},2,Rd}} = \underline{\underline{0,49 < 1}}$$

Blockversagen der Schraubengruppe - Träger:

Träger

$$A_{nv} = (h_{SB} - (n-0,5) \cdot d_0 + e_v) \cdot t_w / 100 = 23,51 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_h - 0,5 \cdot d_0) \cdot t_w / 100 = 4,03 \text{ cm}^2$$

Widerstand gegen Blockversagen

$$V_{\text{eff},2,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_{u,k}}{2 \cdot \gamma_{M2}} + A_{nv} \cdot \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 377,01 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{\text{eff},2,Rd}} = \underline{\underline{0,57 < 1}}$$

Beanspruchbarkeit der Schweißnaht:

$$A_w = \frac{2 * a * h_A}{100} = 29,60 \text{ cm}^2$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = 7,28 \text{ kN/cm}^2$$

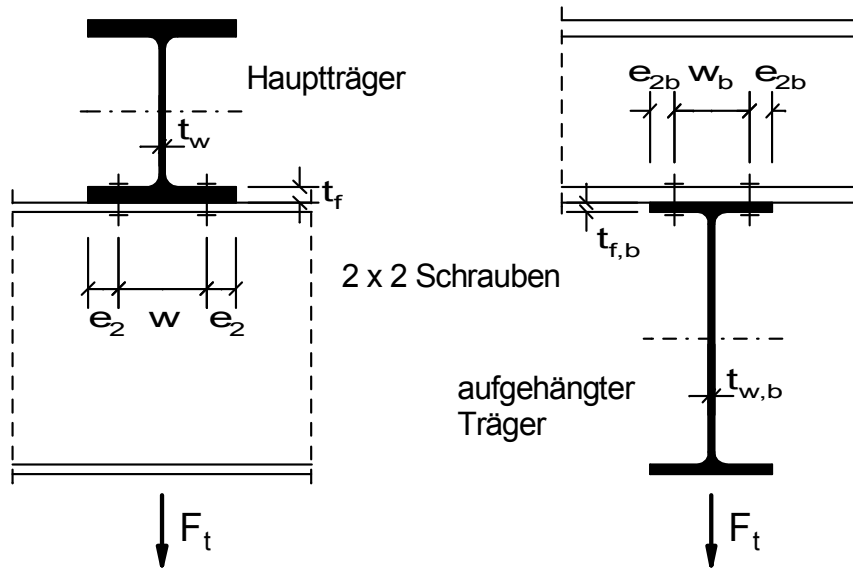
$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed}^2)} = 12,61 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,35 < 1}}$$

Aufgehängter Träger

Schraubenverbindung der Kategorie A: SL-Verbindung

**System / Geometrie:**

Hauptträger:

Hauptträger Typ1 = GEW("EC3d/Profile"; ID;) = HEB
 Träger-Profil ID1 = GEW("EC3d/Typ1; ID;) = HEB 300

Breite b = TAB("EC3d/Typ1; b; ID=ID1;) = 300,00 mm
 Steg t_w = TAB("EC3d/Typ1; tw; ID=ID1;) = 11,00 mm
 Flansch t_f = TAB("EC3d/Typ1; tf; ID=ID1;) = 19,00 mm
 Radius r = TAB("EC3d/Typ1; r; ID=ID1;) = 27,00 mm

aufgehängter Träger:

Hängeträger Typ2 = GEW("EC3d/Profile"; ID;) = IPE
 Träger-Profil ID2 = GEW("EC3d/Typ2; ID;) = IPE 400

Breite b_b = TAB("EC3d/Typ2; b; ID=ID2;) = 180,00 mm
 Steg $t_{w,b}$ = TAB("EC3d/Typ2; tw; ID=ID2;) = 8,60 mm
 Flansch $t_{f,b}$ = TAB("EC3d/Typ2; tf; ID=ID2;) = 13,50 mm
 Radius r_b = TAB("EC3d/Typ2; r; ID=ID2;) = 21,00 mm

Schrauben:

Schraubengröße Schr = GEW("EC3d/Schra"; SG;) = M 24
 Festigkeitsklasse FK = GEW("EC3d/FK"; FK;) = 10.9
 Schraubenzahl (gerade) n = 4

Kategorie A: SL-Verbindung

Lochspiel Δd = 1,0 mm
 Schaftdurchmesser d = TAB("EC3d/Schra"; d; SG=Schr) = 24,00 mm
 Lochdurchmesser d_0 = $d + \Delta d$ = 25,00 mm
 Spannungsquer. A_s = TAB("EC3d/Schra"; As; SG=Schr;) = 3,53 cm²

Schraubenabstände

Hauptträger quer w = 135,00 mm
 e_2 = $(b - w) / 2$ = 82,50 mm
 Hängeträger quer w_b = 114,00 mm
 e_{2b} = $(b_b - w_b) / 2$ = 33,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$$\begin{aligned}\gamma_{M0} &= 1,0 \\ \gamma_{M2} &= 1,25\end{aligned}$$

Material:

$$\begin{aligned}\text{Stahl} &= \text{GEW}(\text{"EC3d/mat"; ID; }) &= & \text{S 235} \\ f_{y,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{yk}; \text{ID=Stahl})/10 &= & 23,50 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{u,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{uk}; \text{ID=Stahl})/10 &= & 36,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Schrauben:} & & & \\ f_{y,b,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } f_{ybk}; \text{FK=FK})/10 &= & 90,00 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{u,b,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"; } f_{ubk}; \text{FK=FK})/10 &= & 100,00 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

Rand- und Lochabstände:

Schraubenabstände entsprechen den Mindest- bzw. Maximalwerten für die zu verbindenden Profile.

Einwirkungen:

$$F_t = 300,00 \text{ kN}$$

Zugtragfähigkeit der Schraubenverbindung:

$$\begin{aligned}\text{Senkschrauben (0,63 sonst 0,9) } k_2 &= 0,9 \\ A_s &= \text{TAB}(\text{"EC3d/Schra"; } A_s; \text{SG=Schr;}) &= & 3,53 \text{ cm}^2 \\ F_{t,Rd} &= k_2 * A_s * \frac{f_{u,b,k}}{\gamma_{M2}} &= & 254,2 \text{ kN} \\ F_{t,Ed} &= F_t / n &= & 75,0 \text{ kN}\end{aligned}$$

Nachweis Zug:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \underline{\underline{0,30 < 1}}$$

Tragfähigkeit der Schrauben auf Durchstanzen:

$$t_p = \text{MIN}(t_f; t_{f,b}) = 13,50 \text{ mm}$$

⇒ Nachweisführung der Profileile erfolgt für den äquivalenten T-Stummel des aufgehängten Trägers (mit $t_{f,b}$)

$$\begin{aligned}\text{Eckmaß } e &= \text{TAB}(\text{"EC3d/Schra"; } e; \text{SG=Schr;}) &= & 39,60 \text{ mm} \\ \text{Schlüsselweite } s &= \text{TAB}(\text{"EC3d/Schra"; } s; \text{SG=Schr;}) &= & 36,00 \text{ mm} \\ d_m &= (e + s) / 2 &= & 37,80 \text{ mm} \\ B_{p,Rd} &= 0,6 * \pi * d_m * t_p * f_{u,k} / \gamma_{M2} &= & 27702,49 \text{ kN} \\ F_{t,Ed} &= F_t / n &= & 75,00 \text{ kN}\end{aligned}$$

Nachweis Durchstanzen:

$$\frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} = \underline{\underline{0,00 < 1}}$$

Tragfähigkeit des äquivalenten T-Stummels:

$$e_{2,\min} = e_{2b} = 33,00 \text{ mm}$$

$$m = \frac{w_b - t_{w,b} - 2 \cdot 0,8 \cdot r_b}{2} = 35,90 \text{ mm}$$

$$n_e = \text{MIN}(e_{2,\min}; 1,25 \cdot m) = 33,00 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff}} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e_{2,\min} = 184,85 \text{ mm}$$

Da

$$\frac{w/2 + e_2}{l_{\text{eff}}} = 0,81 < 1$$

kann die gesamte überdeckte Breite herangezogen werden:

$$l_{\text{eff}} = b = 300,00 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = \frac{l_{\text{eff}}^2 \cdot t_{f,b} \cdot f_{y,k}}{4 \cdot 1000 \cdot \gamma_{M0}} = 321,22 \text{ kNcm}$$

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = 321,22 \text{ kNcm}$$

$$d_w = e = 39,60 \text{ mm}$$

$$e_w = d_w/4 = 9,90 \text{ mm}$$

Beanspruchbarkeit des Gurtes:

$$F_{T,1,\text{Rd}} = \frac{(8 \cdot n_e - 2 \cdot e_w) \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}} \cdot 10}{2 \cdot m \cdot n_e - e_w \cdot (m + n_e)} = 464,90 \text{ kN}$$

bzw.

$$F_{T,1,\text{Rd}} = \frac{4 \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}} \cdot 10}{m} = 357,91 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,\text{Rd}} = \frac{2 \cdot M_{\text{pl},2,\text{Rd}} \cdot 10 + n_e \cdot n \cdot F_{t,\text{Rd}}}{m + n_e} = 580,24 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,\text{Rd}} = n \cdot F_{t,\text{Rd}} = 1016,80 \text{ kN}$$

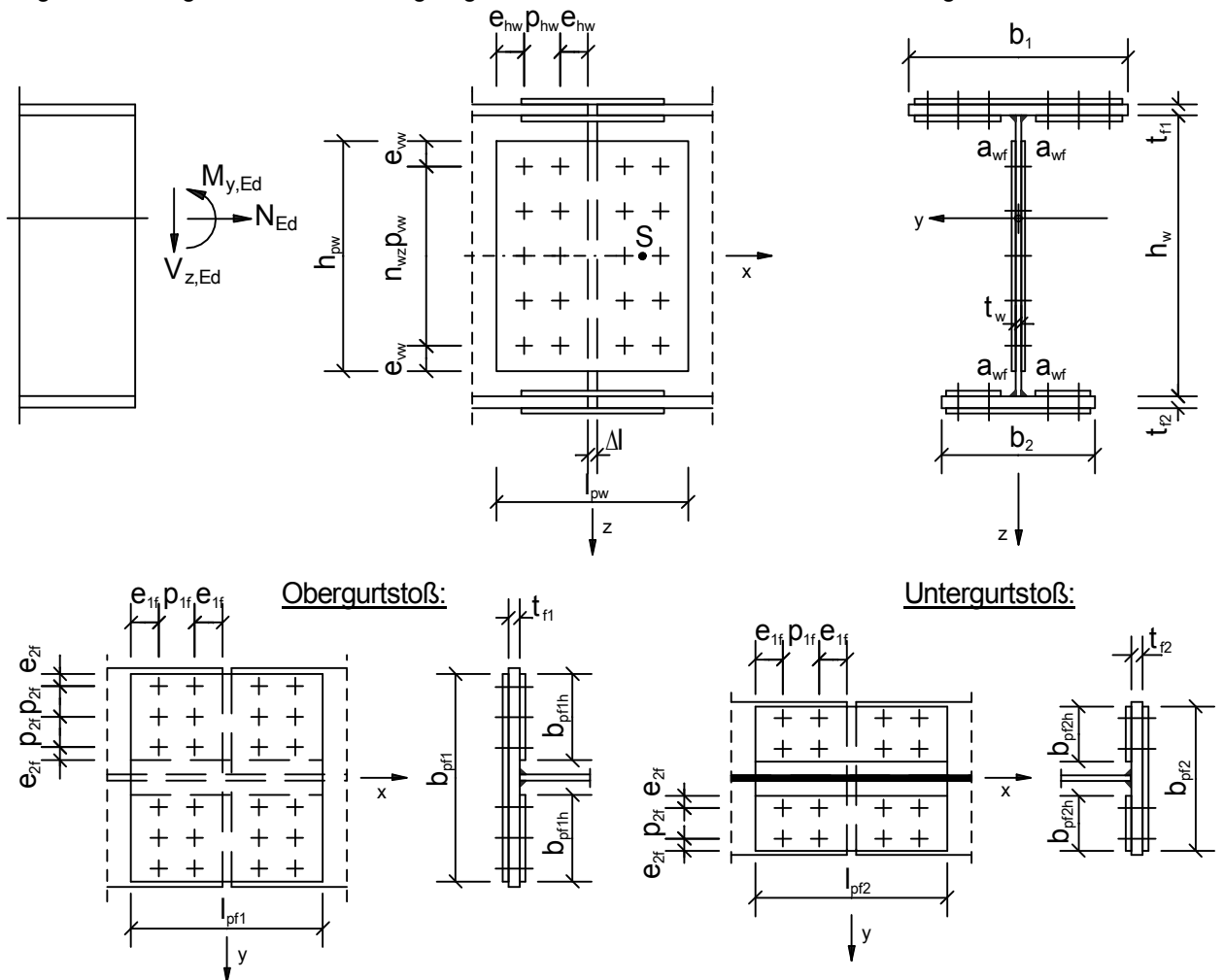
$$F_{T,\text{Rd}} = \text{MIN}(F_{T,1,\text{Rd}}; F_{T,2,\text{Rd}}; F_{T,3,\text{Rd}}) = 357,91 \text{ kN}$$

Nachweis Zug T-Stummel

$$\frac{F_t}{F_{T,\text{Rd}}} = 0,84 < 1$$

Biegesteifer Trägerstoß mit Laschen

Biegesteifer Trägerstoß mit beidseitig angeschraubten Laschen an Gurten und Steg.



Einwirkungen:

Normalkraft N_{Ed} =	-1372,0 kN
Querkraft V_{Ed} =	870,0 kN
Moment M_{Ed} =	308000,0 kNcm

Querschnitte / Geometrie:

Träger:	
Obergurtbreite b_1 =	600,0 mm
Flanschdicke t_{f1} =	20,0 mm
Steg h_w =	1206,0 mm
Stegdicke t_w =	10,0 mm
Untergurtbreite b_2 =	400,0 mm
Flanschdicke t_{f2} =	24,0 mm
Schweißnaht a_{wf} =	4,0 mm

Obergurtlaschen:

Obergurtlaschenbreite b_{pf1} =	570,0 mm
Breite (innen) b_{pf1h} =	260,0 mm
$(2 \cdot b_{pf1h} + t_w + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_{wf}) / b_{pf1}$ =	<u>0,95 < 1</u>

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Stoß des Obergurtes:

Abscherbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned}
 \text{Schrauben-Scherebenen } n_s &= 2 \\
 A &= \text{WENN}(\text{ref}=0; A; A_s) = 3,14 \text{ cm}^2 \\
 \alpha_{v,\text{tab}} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/FK"}; \alpha_v; \text{FK}=\text{FK};) = 0,6 \\
 \alpha_v &= \text{WENN}(\text{ref}=0; 0,6; \alpha_{v,\text{tab}}) = 0,6 \\
 F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{u,b,k} * \frac{A}{\gamma_{M2}} = 241,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned}
 \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_{1f}}{3 * d_0}; \frac{p_{1f}}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k,p}}; 1,0\right) = 0,66 \\
 k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{2f}}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_{2f}}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\
 F_{b,p,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * (2 * t_{pf1}) * f_{u,k,p} / \gamma_{M2} / 100 = 272,45 \text{ kN} \\
 F_{b,f,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_{f1} * f_{u,k} / \gamma_{M2} / 100 = 227,04 \text{ kN} \\
 F_{b,Rd} &= \text{MIN}(F_{b,p,Rd}; F_{b,f,Rd}) = 227,04 \text{ kN} \\
 F_{Rd} &= \text{MIN}(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 227,04 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

erforderliche Anzahl Schrauben:

$$n_{f1,\text{min}} = \frac{|N_{f1}|}{F_{Rd}} = 11,88$$

$$\frac{n_{f1,\text{min}}}{n_{f1y} * n_{f1x} / 2} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Tragsicherheit der Laschen (Obergurt):

$$\frac{A_{f1}}{A_{p1}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

⇒ Tragsicherheitsnachweis für die Steglaschen ist nicht erforderlich.

Stoß des Untergurtes:

Abscherbeanspruchbarkeit:

⇒ wie Obergurt

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

$$\begin{aligned}
 \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_{1f}}{3 * d_0}; \frac{p_{1f}}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k,p}}; 1,0\right) = 0,66 \\
 k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{2f}}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_{2f}}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\
 F_{b,p,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * (2 * t_{pf2}) * f_{u,k,p} / \gamma_{M2} / 100 = 272,45 \text{ kN} \\
 F_{b,f,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_{f2} * f_{u,k} / \gamma_{M2} / 100 = 272,45 \text{ kN} \\
 F_{b,Rd} &= \text{MIN}(F_{b,p,Rd}; F_{b,f,Rd}) = 272,45 \text{ kN} \\
 \text{Beanspruchbarkeit} &= \\
 F_{Rd} &= \text{MIN}(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 241,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

erforderliche Anzahl Schrauben:

$$n_{f2,\text{min}} = \frac{|N_{f2}|}{F_{Rd}} = 6,84$$

$$\frac{n_{f2,\text{min}}}{n_{f2y} * n_{f2x} / 2} = \underline{\underline{0,85 \leq 1}}$$

Tragsicherheit der Laschen (Untergurt):

$$A_{\text{net},p2} = A_{p2} - n_{f2y} \cdot d_0 \cdot 2 \cdot t_{pf2} / 100 = 61,68 \text{ cm}^2$$

$$N_{pl,p2,Rd} = A_{p2} \cdot f_{y,k,p} / \gamma_{M0} = 2277,00 \text{ kN}$$

$$N_{u,p2,Rd} = 0,9 \cdot A_{\text{net},p2} \cdot f_{u,k,p} / \gamma_{M2} = 1909,61 \text{ kN}$$

Zugbeanspruchbarkeit des Querschnitts mit Löchern

$$N_{t,p2,Rd} = \text{MIN}(N_{pl,p2,Rd}; N_{u,p2,Rd}) = 1909,61 \text{ kN}$$

Nachweis Zugbeanspruchung (Untergurtlaschen)

$$\frac{|N_{f2}|}{N_{t,p2,Rd}} = \underline{\underline{0,86 < 1}}$$

Stoß des Steges:

Abscherbeanspruchbarkeit:

⇒ wie Obergurt

Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Schraubenabstände so gewählt, dass Lochleibungsbeiwert $\alpha_b = 1,0$ (⇒ siehe oben)

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_{vw}}{3 \cdot d_0}; \frac{p_{vw}}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k}}; \frac{f_{u,b,k}}{f_{u,k,p}}; 1,0\right) = 1,00$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_{hw}}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_{hw}}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot \text{MIN}(t_w; (2 \cdot t_{pw})) / 100 \cdot \frac{f_{u,k,p}}{\gamma_{M2}} = 172,0 \text{ kN}$$

Beanspruchbarkeit

$$F_{Rd} = \text{MIN}(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 172,0 \text{ kN}$$

maximale Schraubenbeanspruchung ($n_{wh} > 1$):

(regelmäßige und symmetrische Anordnung der Schrauben)

$$e_{x,s} = \frac{(n_{wx} / 2 - 1) \cdot p_{hw}}{2} + e_{hw} + \Delta l / 2 = 112,5 \text{ mm}$$

$$n = n_{wz} \cdot n_{wx} / 2 = 20$$

$$\text{Schraubenbildbreite } b_{SB} = (n_{wx} / 2 - 1) \cdot p_{hw} = 85,0 \text{ mm}$$

$$\text{Schraubenbildhöhe } h_{SB} = (n_{wz} - 1) \cdot p_{vw} = 1008,0 \text{ mm}$$

Schnittgrößen im Schwerpunkt des Schraubenbildes

$$M_s = M_w + V_w \cdot e_{x,s} / 10 = 56978,4 \text{ kNcm}$$

$$N_s = N_w = -323,4 \text{ kN}$$

$$V_s = V_w = 870,0 \text{ kN}$$

$$I_{p-} = \left(\frac{n_{wz} + 1}{n_{wz} - 1} \cdot h_{SB}^2 + \frac{n_{wx} / 2 + 1}{n_{wx} / 2 - 1} \cdot b_{SB}^2 \right) \cdot \frac{n}{12} \cdot \frac{1}{100} = 21059 \text{ cm}^2$$

$$V_{x,i,max} = \frac{|N_s|}{n} + \frac{|M_s|}{I_{p-}} \cdot \frac{h_{SB}}{2} = 152,5 \text{ kN}$$

$$V_{z,i,max} = \frac{|V_s|}{n} + \frac{|M_s|}{I_{p-}} \cdot \frac{b_{SB}}{2} = 55,0 \text{ kN}$$

maximale Schraubenkraft

$$R_{i,max} = \sqrt{V_{x,i,max}^2 + V_{z,i,max}^2} = 162,1 \text{ kN}$$

Nachweis Stegschrauben

$$\frac{|R_{i,max}|}{F_{b,Rd}} = \underline{\underline{0,94 < 1}}$$

Tragsicherheit der Laschen (Steg):

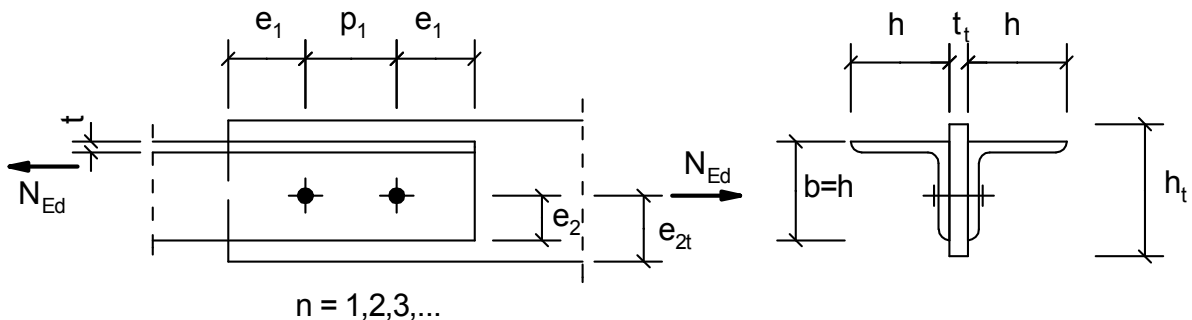
$$\frac{A_w}{A_{pw}} = \underline{0,66 < 1}$$

$$\frac{I_w}{I_{pw}} = \underline{0,74 < 1}$$

⇒ Tragsicherheitsnachweis für die Steglaschen ist nicht erforderlich.

Zentrischer Anschluss eines Doppelwinkels

Anschluss eines zweiteiligen Zugstabes an ein Blech. Der Nachweis der Profile erfolgt unter Berücksichtigung der Nettoquerschnittskennwerte.

**Auswirkungen der Einwirkungen:**

Zugkraft N_{Ed} = 225,0 kN

Querschnitte / Geometrie:

Anschlussblech:
 Blechdicke t_t = 15,00 mm
 Blechbreite b_t = 100,00 mm

Zwei gleichschenklige Winkel:

Winkel WG Typ =	GEW("EC3d/WG"; ID;)	=	L 70x7
h =	TAB("EC3d/WG"; h; ID=Typ)	=	70,00 mm
b =	h	=	70,00 mm
t =	TAB("EC3d/WG"; t; ID=Typ)	=	7,00 mm
A_{brut} =	TAB("EC3d/WG"; A; ID=Typ)	=	9,40 cm ²

Schrauben:

Schraubengröße Schr =	GEW("EC3d/Schra"; SG;)	=	M 20
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC3d/FK"; FK;)	=	4.6

Kategorie A: SL-Verbindung

Lochspiel Δd =		=	1,0 mm
Schraubenzahl (gerade) n =		=	2

Schraubengewinde liegt nicht in der Scherebene (ref = 0), sonst (ref = 1)

Gewinde in Fuge ref =		=	0
Schaftdurchmesser d =	TAB("EC3d/Schra";d;SG=Schr)	=	20,00 mm
Lochdurchmesser d_0 =	d + Δd	=	21,00 mm
Schaftquerschnitt A =	TAB("EC3d/Schra";A;SG=Schr;)	=	3,14 cm ²
Spannungsquer. A_s =	TAB("EC3d/Schra";As;SG=Schr;)	=	2,45 cm ²

Schraubenabstände:

Randabstand e_1 =	50,00 mm
Lochabstand p_1 =	85,00 mm
Randabstand e_2 =	30,00 mm

(Blech-Randabstand $e_{2t} \geq e_2$)

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M2} =	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S 235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	23,5 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	36,0 kN/cm ²
Schrauben:			
$f_{y,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; $f_{y,b,k}$; FK=FK)/10	=	24,00 kN/cm ²
$f_{u,b,k}$ =	TAB("EC3d/FK"; $f_{u,b,k}$; FK=FK)/10	=	40,00 kN/cm ²

Prüfung der Rand- und Lochabstände:

kleinste Abstände:

$$1,2 * d_0 / e_1 = \underline{0,50 \leq 1}$$

$$1,2 * d_0 / e_2 = \underline{0,84 \leq 1}$$

$$2,2 * d_0 / p_1 = \underline{0,54 \leq 1}$$

größte Abstände:

$$t_1 = \text{MIN}(t_t ; t) = 7,00 \text{ mm}$$

$$e_{\text{max}} = 4 * t_1 + 40 = 68,00 \text{ mm}$$

$$p_{\text{max}} = \text{MIN}(14 * t_1 ; 200) = 98,00 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\text{max}} = \underline{0,74 \leq 1}$$

$$e_2 / e_{\text{max}} = \underline{0,44 \leq 1}$$

$$p_1 / p_{\text{max}} = \underline{0,87 \leq 1}$$

Winkelprofil:

$$A_{\text{net}} = A_{\text{brut}} - t * d_0 / 100 = 7,93 \text{ cm}^2$$

$$x = p_1 / d_0 = 4,05$$

Für Anschlüsse mit n = 2 Schrauben gilt:

$$\beta_2 = 0,4 + (p_1/d_0 - 2,5) * (0,7 - 0,4) / 2,5 = 0,59$$

$$\beta_2 = \text{WENN}(x \leq 2,5; 0,4; \text{WENN}(x \geq 5; 0,7; \beta_2)) = 0,59$$

Für Anschlüsse mit n = 3 oder mehr Schrauben gilt:

$$\beta_3 = 0,5 + (p_1/d_0 - 2,5) * (0,7 - 0,5) / 2,5 = 0,62$$

$$\beta_3 = \text{WENN}(x \leq 2,5; 0,5; \text{WENN}(x \geq 5; 0,7; \beta_3)) = 0,62$$

$$\beta = \text{WENN}(n=1; 1; \text{WENN}(n=2; \beta_2; \beta_3)) = 0,59$$

$$N_{u,Rd} = \beta * A_{\text{net}} * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 134,7 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd,1} = 2 * \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right) * \frac{t}{100} * \frac{f_{u,k}}{\gamma_{M2}} = 78,6 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \text{WENN}(n=1; N_{u,Rd,1}; N_{u,Rd}) = 134,70 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A_{\text{brut}} * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = 220,9 \text{ kN}$$

Zugbeanspruchbarkeit des Querschnitts mit Löchern

$$N_{t,Rd} = \text{MIN}(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = 134,70 \text{ kN}$$

Nachweis Winkelprofil (Zug):

$$\frac{N_{Ed} / n}{N_{t,Rd}} = \underline{0,84 < 1}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Widerstand gegen Blockversagen

$$V_{\text{eff},1,\text{Rd}} = A_{\text{nt}} \cdot \frac{f_{\text{u},\text{k}}}{\gamma_{\text{M}2}} + A_{\text{nv}} \cdot \frac{f_{\text{y},\text{k}}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{\text{M}0}} = 421,28 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{V_{\text{eff},1,\text{Rd}}} = \underline{\underline{0,53 < 1}}$$

Blockversagen der Schraubengruppe - Winkel:

2 Winkel

$$A_{\text{nv}} = 4 \cdot (e_1 + (n-1) \cdot p_1 - (n-0,5) \cdot d_0) \cdot t / 100 = 28,98 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{nt}} = 0,00 \text{ cm}^2$$

Widerstand gegen Blockversagen

$$V_{\text{eff},1,\text{Rd}} = A_{\text{nt}} \cdot \frac{f_{\text{u},\text{k}}}{\gamma_{\text{M}2}} + A_{\text{nv}} \cdot \frac{f_{\text{y},\text{k}}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{\text{M}0}} = 393,19 \text{ kN}$$

Nachweis Beanspruchung Blockversagen:

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{V_{\text{eff},1,\text{Rd}}} = \underline{\underline{0,57 < 1}}$$

Erweiterte Stahlbaubibliothek nach Eurocode 3

Schweißverbindungen

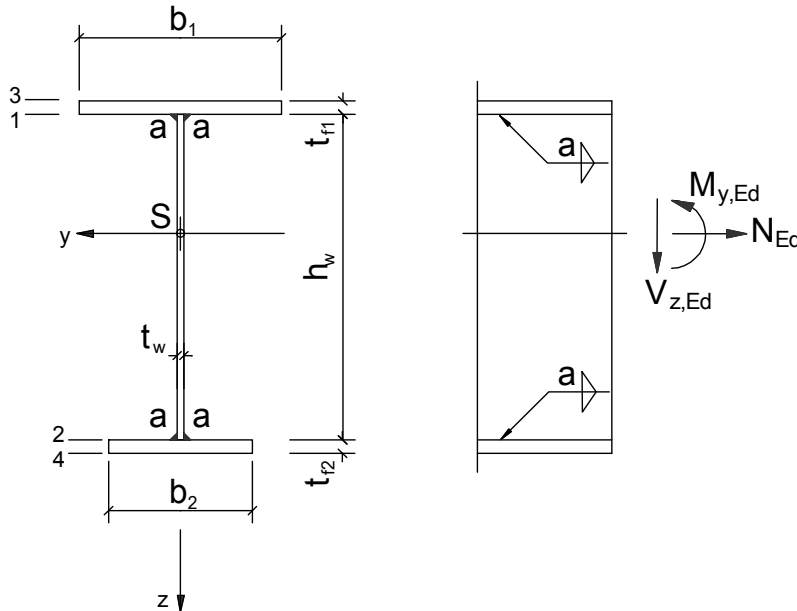
Geschweißter Biegeträger

Seitlich gehaltener Biegeträger, Querschnittsklasse 1

Nachweis der Schweißnähte nach {EC3-1-8: 4.5.3.2} (richtungsbezogenes Verfahren)

System / Geometrie:

Einfeldträger, geschweißt, einfach symmetrisch



Flansch oben $b_1 =$	250,0 mm
Flanschdicke oben $t_{f1} =$	20,0 mm
Steg $h_w =$	365,0 mm
Stegdicke $t_w =$	8,0 mm
Flansch unten $b_2 =$	150,0 mm
Flanschdicke unten $t_{f2} =$	15,0 mm
Kehlnaht $a =$	4,0 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M2} =$	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
$\varepsilon =$	$\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$	=	1,00
$\beta_w =$	TAB("EC3d/mat"; β_{w} ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{w,Rd} =$	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²

Auswirkung der Einwirkungen (E):

Moment $M_{y,Ed} =$	125,00 kNm
Normalkraft $N_{Ed} =$	-90,00 kN
Querkraft $V_{z,Ed} =$	180,00 kN

Querschnittswerte:

$$A = (h_w * t_w + b_1 * t_{f1} + b_2 * t_{f2}) / 100 = 101,70 \text{ cm}^2$$

Schwerpunkt:

$$z_s = \frac{b_1 * t_{f1} * \left(\frac{-t_{f1}}{2}\right) + h_w * t_w * \frac{h_w}{2} + b_2 * t_{f2} * \left(h_w + \frac{t_{f2}}{2}\right)}{A * 100} = 129,89 \text{ mm}$$

$$z_1 = -z_s = -129,89 \text{ mm}$$

$$z_2 = -z_s + h_w = 235,11 \text{ mm}$$

$$z_3 = -z_s - t_{f1} = -149,89 \text{ mm}$$

$$z_4 = -z_s + h_w + t_{f2} = 250,11 \text{ mm}$$

$$I_{y1} = \left(\frac{b_1 * t_{f1}^3}{12} + b_1 * t_{f1} * \left(-z_s - \frac{t_{f1}}{2}\right)^2 \right) * 10^{-4} = 9801,3 \text{ cm}^4$$

$$I_{yw} = \left(\frac{t_w * h_w^3}{12} + t_w * h_w * \left(-z_s + \frac{h_w}{2}\right)^2 \right) * 10^{-4} = 4050,0 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = \left(\frac{b_2 * t_{f2}^3}{12} + b_2 * t_{f2} * \left(-z_s + h_w + \frac{t_{f2}}{2}\right)^2 \right) * 10^{-4} = 13247,6 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_{y1} + I_{yw} + I_{y2} = 27099 \text{ cm}^4$$

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Steg:

$$d = h_w - 2 * a * \sqrt{2} = 353,69 \text{ mm}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * A = 2390 \text{ kN}$$

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = 0,04$$

$$\alpha = \left(\frac{n * A * 100}{d * t_w} + 1 \right) * \frac{1}{2} = 0,57$$

$$c = h_w - 2 * a * \sqrt{2} = 353,69 \text{ mm}$$

Kriterium für Querschnittsklasse 1:

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_w}{396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_w}{36 * \epsilon / \alpha}) = \underline{0,72 < 1}$$

⇒ **Steg: Klasse 1**

Einseitig gestützter Flansch, auf Druck beansprucht:

$$c = (b_1 - t_w - 2 * a * \sqrt{2}) / 2 = 115,34 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_{f1}}{9 * \epsilon} = \underline{0,64 < 1}$$

⇒ **Flansch: Klasse 1**⇒ **Gesamtquerschnitt: Klasse 1**

Momententragfähigkeit:

$$\sigma_3 = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} * z_3 * 10 = -7,80 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_4 = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} * z_4 * 10 = 10,65 \text{ kN/cm}^2$$

Querschnittsfaser mit der maximalen Normalspannung hier

$$z_{maxs} = \frac{z_4}{I_y * 10} = 250,11 \text{ mm}$$

$$W_{eff,min} = \frac{I_y * 10}{z_{maxs}} = 1083,48 \text{ cm}^3$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{eff,min} * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * 10^{-2} = 254,62 \text{ kNm}$$

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \underline{\underline{0,49 < 1}}$$

Querkrafttragfähigkeit:

$$\eta = 1,0$$

$$A_{v,z} = \eta * (h_w * t_w) / 100 = 29,20 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = A_{v,z} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 396,18 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,45 < 1}}$$

Außerdem ist

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,45 < 0,5}}$$

⇒ Momententragfähigkeit braucht nicht abgemindert werden

Nachweis der Schweißnähte a:

statisches Moment des im Betrachtungspunkt wegfallenden Querschnittsanteils:

$$S_{y1} = b_1 * t_{f1} * \frac{h_w + t_{f1}}{2} * 10^{-3} = 962,50 \text{ cm}^3$$

maximaler Schubfluss zwischen Steg und Flansch (Doppelkehlnaht)

$$\tau_{1,II,Ed} = \frac{V_{z,Ed} * S_{y1}}{I_y * 2 * a / 10} = 7,99 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{1,w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{1,II,Ed}^2)} = 13,84 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht a:

$$\frac{\sigma_{1,w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,38 < 1}}$$

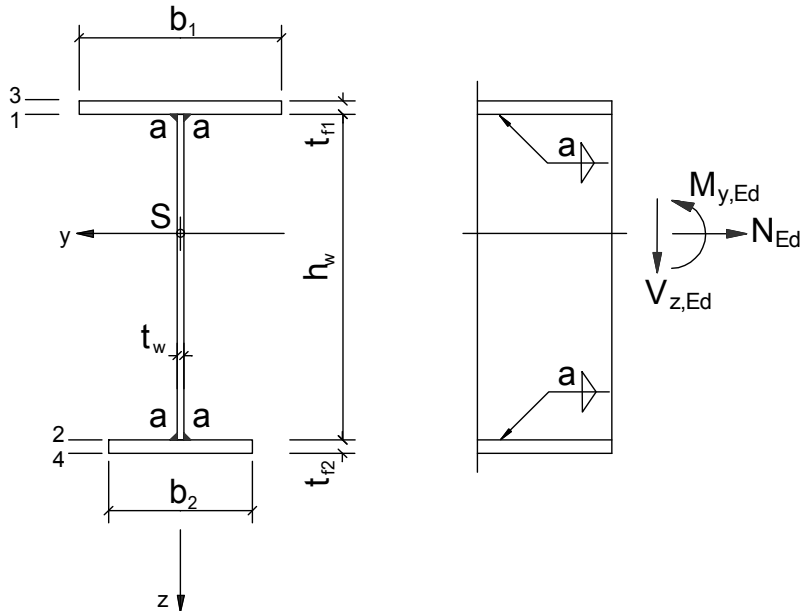
Geschweißter Biegeträger

Seitlich gehaltener Biegeträger, Querschnittsklasse 1

Nachweis der Schweißnähte nach {EC3-1-8: 4.5.3.3} (vereinfachtes Verfahren)

System / Geometrie:

Einfeldträger, geschweißt, einfach symmetrisch



Flansch oben b_1 =	250,0 mm
Flanschdicke oben t_{f1} =	20,0 mm
Steg h_w =	365,0 mm
Stegdicke t_w =	8,0 mm
Flansch unten b_2 =	150,0 mm
Flanschdicke unten t_{f2} =	15,0 mm
Kehlnaht a =	4,0 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M2} =	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
ϵ =	$\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$	=	1,00
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_w ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{vw,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k} / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	20,8 kN/cm ²

Auswirkung der Einwirkungen (E):

Moment $M_{y,Ed}$ =	125,00 kNm
Normalkraft N_{Ed} =	-90,00 kN
Querkraft $V_{z,Ed}$ =	170,00 kN

Querschnittswerte:

$$A = (h_w * t_w + b_1 * t_{f1} + b_2 * t_{f2}) / 100 = 101,70 \text{ cm}^2$$

Schwerpunkt:

$$z_s = \frac{b_1 * t_{f1} * \left(\frac{-t_{f1}}{2}\right) + h_w * t_w * \frac{h_w}{2} + b_2 * t_{f2} * \left(h_w + \frac{t_{f2}}{2}\right)}{A * 100} = 129,89 \text{ mm}$$

$$z_3 = -z_s - t_{f1} = -149,89 \text{ mm}$$

$$z_4 = -z_s + h_w + t_{f2} = 250,11 \text{ mm}$$

$$I_{y1} = \left(\frac{b_1 * t_{f1}^3}{12} + b_1 * t_{f1} * \left(-z_s - \frac{t_{f1}}{2}\right)^2 \right) * 10^{-4} = 9801,3 \text{ cm}^4$$

$$I_{yw} = \left(\frac{t_w * h_w^3}{12} + t_w * h_w * \left(-z_s + \frac{h_w}{2}\right)^2 \right) * 10^{-4} = 4050,0 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = \left(\frac{b_2 * t_{f2}^3}{12} + b_2 * t_{f2} * \left(-z_s + h_w + \frac{t_{f2}}{2}\right)^2 \right) * 10^{-4} = 13247,6 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_{y1} + I_{yw} + I_{y2} = 27099 \text{ cm}^4$$

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Steg: Beanspruchung: Biegung und Druck

$$d = h_w - 2 * a * \sqrt{2} = 353,69 \text{ mm}$$

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{A * f_{y,k} / \gamma_{M0}} = 0,04$$

$$\alpha = \left(\frac{n * A * 100}{d * t_w} + 1 \right) * \frac{1}{2} = 0,57$$

$$c = h_w - 2 * a * \sqrt{2} = 353,69 \text{ mm}$$

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_w}{396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_w}{36 * \epsilon / \alpha}) = \underline{0,72 < 1}$$

⇒ **Steg: Klasse 1**

Einseitig gestützter Flansch, auf Druck beansprucht:

$$c = (b_1 - t_w - 2 * a * \sqrt{2}) / 2 = 115,34 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_{f1}}{9 * \epsilon} = \underline{0,64 < 1}$$

⇒ **Flansch: Klasse 1**⇒ **Gesamtquerschnitt: Klasse 1****Momententragfähigkeit:**

$$\sigma_3 = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} * z_3 * 10 = -7,80 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_4 = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} * z_4 * 10 = 10,65 \text{ kN/cm}^2$$

Querschnittsfaser mit der maximalen Normalspannung hier

$$z_{\max} = z_4 = 250,11 \text{ mm}$$

$$W_{\text{eff,min}} = \frac{I_y \cdot 10}{z_{\max}} = 1083,48 \text{ cm}^3$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{\text{eff,min}} \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} \cdot 10^{-2} = 254,62 \text{ kNm}$$

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \underline{\underline{0,49 < 1}}$$

Querkräfttragfähigkeit:

$$\eta = 1,0$$

$$A_{v,z} = \eta \cdot (h_w \cdot t_w) / 100 = 29,20 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = A_{v,z} \cdot \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 396,18 \text{ kN}$$

Nachweis Querkräftbeanspruchung:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,43 < 1}}$$

Außerdem ist

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,43 < 0,5}}$$

⇒ Momententragungsfähigkeit braucht nicht abgemindert werden

Nachweis der Schweißnähte a:

Tragfähigkeit der Schweißnaht (Doppelkehlnaht)

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} \cdot 2 \cdot a / 10 = 16,64 \text{ kN/cm}$$

statisches Moment des im Betrachtungspunkt wegfallenden Querschnittsanteils:

$$S_{y1} = b_1 \cdot t_{f1} \cdot \frac{h_w + t_{f1}}{2} \cdot 10^{-3} = 962,50 \text{ cm}^3$$

maximaler Schubfluss zwischen Steg und Flansch

$$F_{vw,Ed} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y1}}{I_y} = 6,04 \text{ kN/cm}$$

Nachweis der Schweißnaht:

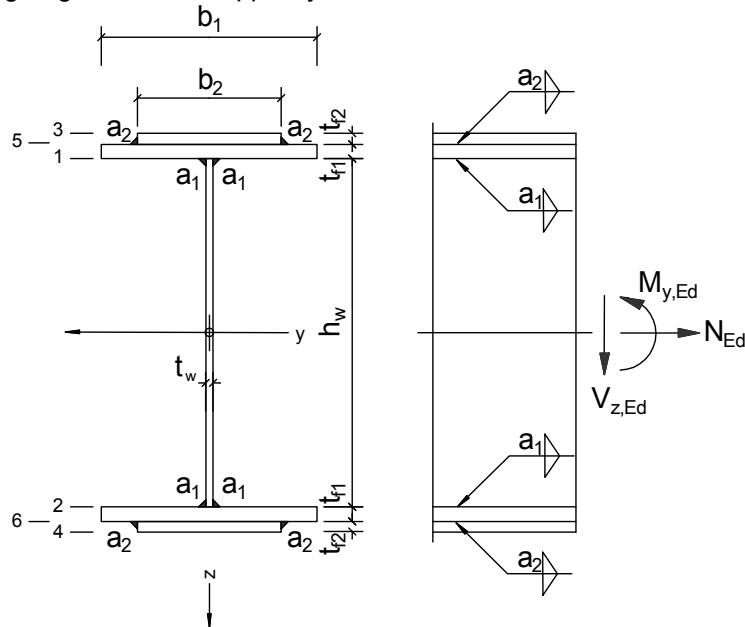
$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{\underline{0,36 < 1}}$$

Geschweißter Biegeträger mit Verstärkungslamellen

Seitlich gehaltener doppelsymmetrischer Biegeträger mit aufgeschweißten Verstärkungslamellen, Klasse 1

System / Geometrie:

Einfeldträger, geschweißt, doppelsymmetrisch



Steg h_w =	340,0 mm
Steg t_w =	8,0 mm
Flansch b_1 =	160,0 mm
Flansch t_{f1} =	12,0 mm
Verstärkung b_2 =	80,0 mm
Verstärkung t_{f2} =	8,0 mm
Schweißnaht a_1 =	3,0 mm
Schweißnaht a_2 =	3,0 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M2} =	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
ε =	$\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$	=	1,00
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_w ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{w,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²
$f_{vw,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k} / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	20,78 kN/cm ²

Auswirkung der Einwirkungen (E):

$$\begin{aligned} \text{Moment } M_{y,Ed} &= 161,25 \text{ kNm} \\ \text{Normalkraft } N_{Ed} &= 0,00 \text{ kN} \\ \text{Querkraft } V_{z,Ed} &= 65,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Einseitig gestützter Flansch, auf Druck beansprucht

$$c = (b_1 - t_w - 2 * a_1 * \sqrt{2}) / 2 = 71,76 \text{ mm}$$

$$\frac{c / t_{f1}}{9 * \epsilon} = \underline{0,66 < 1}$$

⇒ Flansch: Klasse 1

Beidseitig gestützter Steg, auf Biegung beansprucht:

$$c = h_w - 2 * a_1 * \sqrt{2} = 331,51 \text{ mm}$$

Kriterium für Querschnittsklasse 1:

$$\frac{c / t_w}{72 * \epsilon} = \underline{0,58 < 1}$$

⇒ Steg: Klasse 1

⇒ **Querschnitt: Klasse 1****Querschnittswerte:**

$$A = (h_w * t_w + 2 * (b_1 * t_{f1} + b_2 * t_{f2})) / 100 = 78,40 \text{ cm}^2$$

$$S_y = \left(t_w * \frac{h_w^2}{8} + b_1 * t_{f1} * \frac{h_w + t_{f1}}{2} + b_2 * t_{f2} * \left(\frac{h_w}{2} + t_{f1} + \frac{t_{f2}}{2} \right) \right) * 10^{-3} = 572,56 \text{ cm}^3$$

$$I_{y1} = \left(\frac{t_w * h_w^3}{12} + 2 * \left(\frac{b_1 * t_{f1}^3}{12} + b_1 * t_{f1} * \frac{(h_w + t_{f1})^2}{4} \right) \right) * 10^{-4} = 14519,66 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = 2 * \left(\frac{b_2 * t_{f2}^3}{12} + b_2 * t_{f2} * \frac{(h_w + 2 * t_{f1} + t_{f2})^2}{4} \right) * 10^{-4} = 4428,97 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} = 18948,63 \text{ cm}^4$$

Momententragfähigkeit:- für Querschnitte nach Klasse 1 und Klasse 2: $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$

$$M_{y,c,Rd} = 2 * S_y * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * 10^{-2} = 269,10 \text{ kNm}$$

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \underline{0,60 < 1}$$

Querkrafttragfähigkeit:

$$\eta = 1,0$$

$$A_{v,z} = \eta * (h_w * t_w) / 100 = 27,20 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = A_{v,z} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 369,04 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{0,18 < 1}$$

Außerdem ist

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{0,18 < 0,5}$$

⇒ Momententragfähigkeit braucht nicht abgemindert werden

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * 2 * a_1 / 10 = 12,47 \text{ kN/cm}$$

$$S_{y1} = \left(b_1 * t_{f1} * \frac{h_w + t_{f1}}{2} + b_2 * t_{f2} * \left(\frac{h_w}{2} + t_{f1} + \frac{t_{f2}}{2} \right) \right) * 10^{-3} = 456,96 \text{ cm}^3$$

$$F_{vw,Ed} = \frac{V_{z,Ed} * S_{y1}}{I_y} = 1,57 \text{ kN/cm}$$

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,13 < 1}$$

Nachweis der Schweißnähte a₂:

$$S_{y2} = b_2 * t_{f2} * \left(\frac{h_w}{2} + t_{f1} + \frac{t_{f2}}{2} \right) * 10^{-3} = 119,04 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{2,II,Ed} = \frac{V_{z,Ed} * S_{y2}}{I_y * a_2 / 10} = 1,36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{2,II,Ed}^2)} = 2,36 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht a₂:

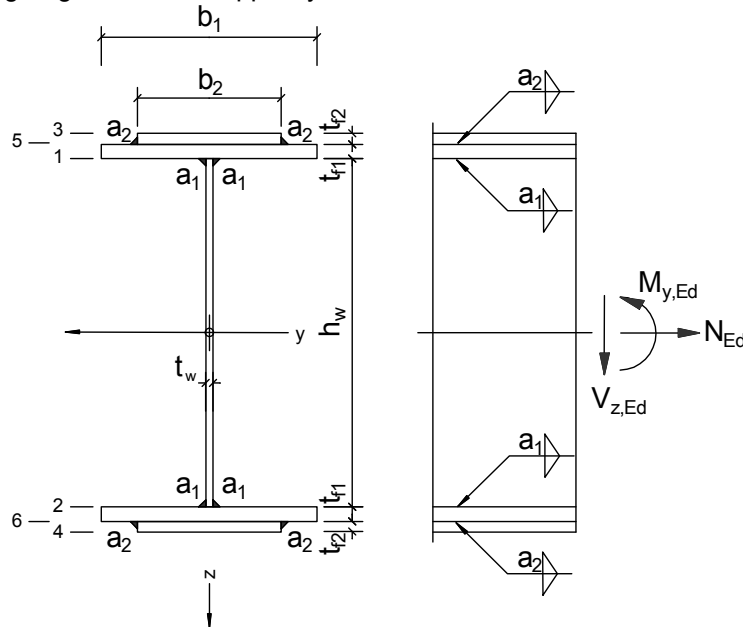
$$\frac{\sigma_{2,w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,07 < 1}$$

Geschweißter Biegeträger mit Verstärkungslamellen

Seitlich gehaltener doppelsymmetrischer Biegeträger mit aufgeschweißten Verstärkungslamellen, Klasse 4

System / Geometrie:

Einfeldträger, geschweißt, doppelsymmetrisch



Steg h_w =	1400,0 mm
Steg t_w =	10,0 mm
Flansch b_1 =	330,0 mm
Flansch t_{f1} =	20,0 mm
Verstärkung b_2 =	300,0 mm
Verstärkung t_{f2} =	18,0 mm
Schweißnaht a_1 =	4,0 mm
Schweißnaht a_2 =	4,0 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M2} =	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
ε =	$\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$	=	1,00
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_w ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{w,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²
$f_{vw,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k} / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	=	20,78 kN/cm ²

Auswirkung der Einwirkungen (E):

$$\begin{aligned} \text{Moment } M_{y,Ed} &= 4107,00 \text{ kNm} \\ \text{Normalkraft } N_{Ed} &= 0,00 \text{ kN} \\ \text{Querkraft } V_{z,Ed} &= 740,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Beidseitig gestützter Steg, auf Biegung beansprucht:

$$c = h_w - 2 * a_1 * \sqrt{2} = 1388,69 \text{ mm}$$

Kriterium für Querschnittsklasse 3:

$$\frac{c/t_w}{124 * \epsilon} = \underline{\underline{1,12 \text{ nicht} < 1}}$$

⇒ Steg: Klasse 4

⇒ **Querschnitt: Klasse 4****Querschnittswerte:**

$$A = (h_w * t_w + 2 * (b_1 * t_{f1} + b_2 * t_{f2})) / 100 = 380,0 \text{ cm}^2$$

$$S_y = \left(t_w * \frac{h_w^2}{8} + b_1 * t_{f1} * \frac{h_w + t_{f1}}{2} + b_2 * t_{f2} * \left(\frac{h_w}{2} + t_{f1} + \frac{t_{f2}}{2} \right) \right) * 10^{-3} = 11072,6 \text{ cm}^3$$

$$I_{y1} = \left(\frac{t_w * h_w^3}{12} + 2 * \left(\frac{b_1 * t_{f1}^3}{12} + b_1 * t_{f1} * \frac{(h_w + t_{f1})^2}{4} \right) \right) * 10^{-4} = 894122,7 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = 2 * \left(\frac{b_2 * t_{f2}^3}{12} + b_2 * t_{f2} * \frac{(h_w + 2 * t_{f1} + t_{f2})^2}{4} \right) * 10^{-4} = 573985,4 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} = 1468108,1 \text{ cm}^4$$

Momententragfähigkeit:

$$\text{- für Querschnitte nach Klasse 4: } M_{c,Rd} = W_{\text{eff,min}} * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}}$$

$$e_{z3} = \frac{h_w}{2} + t_{f1} + t_{f2} = 738,00 \text{ mm}$$

$$W_{\text{eff,min}} = \frac{I_y}{e_{z3} / 10} = 19893,06 \text{ cm}^3$$

$$M_{y,c,Rd} = W_{\text{eff,min}} * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * 10^{-2} = 4674,87 \text{ kNm}$$

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \underline{\underline{0,88 < 1}}$$

Querkrafttragfähigkeit:

$$\eta = 1,0$$

$$A_{v,z} = \eta * (h_w * t_w) / 100 = 140,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = A_{v,z} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 1899,48 \text{ kN}$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{0,39 < 1}$$

Außerdem ist

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{0,39 < 0,5}$$

⇒ Momententragfähigkeit braucht nicht abgemindert werden

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$S_{y1} = \left(b_1 * t_{f1} * \frac{h_w + t_{f1}}{2} + b_2 * t_{f2} * \left(\frac{h_w}{2} + t_{f1} + \frac{t_{f2}}{2} \right) \right) * 10^{-3} = 8622,60 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{1,II,Ed} = \frac{V_{z,Ed} * S_{y1}}{I_y * 2 * a_1 / 10} = 5,43 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{1,w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{1,II,Ed}^2)} = 9,41 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$\frac{\sigma_{1,w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,26 < 1}$$

Nachweis der Schweißnähte a₂:

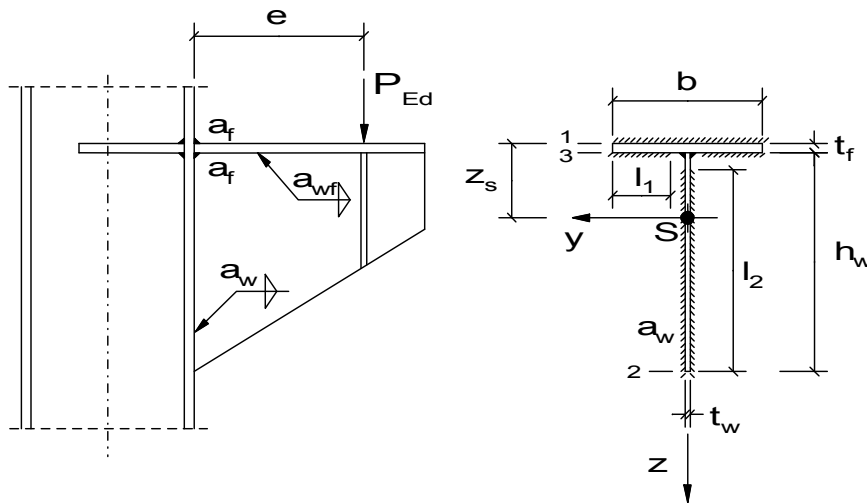
$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_2 / 10 = 8,31 \text{ kN/cm}$$

$$S_{y2} = b_2 * t_{f2} * \left(\frac{h_w}{2} + t_{f1} + \frac{t_{f2}}{2} \right) * 10^{-3} = 3936,60 \text{ cm}^3$$

$$F_{vw,Ed} = \frac{V_{z,Ed} * S_{y2}}{I_y} = 1,98 \text{ kN/cm}$$

Nachweis der Schweißnaht a₂:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,24 < 1}$$

Konsole mit T-Querschnitt**Material:**

Stahl = GEW("EC3d/mat"; ID;) = S355

Querschnitte / Geometrie:

Querschnitt:
 Flanschbreite $b = 120,00$ mm
 Flanschdicke $t_f = 10,00$ mm
 Steghöhe $h_w = 110,00$ mm
 Stegdicke $t_w = 10,00$ mm
 Schweißnähte:
 Flanschnähte $a_f = 4,00$ mm
 Stegnähte $a_w = 4,00$ mm
 Halskehlnähte $a_{wf} = 3,00$ mm
 Länge $l_1 = 50,00$ mm
 Länge $l_2 = 105,00$ mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} = 1,0$
 $\gamma_{M1} = 1,0$
 $\gamma_{M2} = 1,25$

Materialkennwerte:

$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{y,k}; \text{ID=Stahl})/10 = 35,50$ kN/cm²
 $f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{u,k}; \text{ID=Stahl})/10 = 51,00$ kN/cm²
 $\epsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}} = 0,81$
 $E = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } E; \text{ID=Stahl})/10 = 21000$ kN/cm²
 $\beta_w = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } \beta_w; \text{ID=Stahl}) = 0,90$
 $f_{w,Rd} = \frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 45,33$ kN/cm²
 Poissonzahl $\nu = 0,3$

Querschnittswerte:

$$A = (b \cdot t_f + h_w \cdot t_w) / 100 = 23,00 \text{ cm}^2$$

(Oberkante des Flansches als Bezug)

$$z_s = \left(h_w \cdot t_w \cdot \left(\frac{h_w}{2} + t_f \right) + b \cdot \frac{t_f^2}{2} \right) / (A \cdot 100) = 33,70 \text{ mm}$$

$$I_{y1} = \left(t_w \cdot \frac{h_w^3}{12} + t_w \cdot h_w \cdot \left(\frac{h_w}{2} + t_f - z_s \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 218,68 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = \left(b \cdot \frac{t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(z_s - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 99,84 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} = 318,52 \text{ cm}^4$$

$$W_1 = I_y / (z_s / 10) = 94,52 \text{ cm}^3$$

$$W_2 = \frac{I_y \cdot 10}{h_w + t_f - z_s} = 36,91 \text{ cm}^3$$

$$W_3 = \frac{I_y \cdot 10}{z_s - t_f} = 134,40 \text{ cm}^3$$

$$S_y = \left(t_w \cdot \frac{(z_s - t_f)^2}{2} + b \cdot t_f \cdot \left(z_s - \frac{t_f}{2} \right) \right) \cdot 10^{-3} = 37,25 \text{ cm}^3$$

$$S_3 = b \cdot t_f \cdot \left(z_s - \frac{t_f}{2} \right) \cdot 10^{-3} = 34,44 \text{ cm}^3$$

Schweißnahtbild:

$$A_w = (a_f \cdot (b + 2 \cdot l_1) + 2 \cdot a_w \cdot l_2) / 100 = 17,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{wf} = a_f \cdot (b + 2 \cdot l_1) / 100 = 8,80 \text{ cm}^2$$

$$A_{ww} = 2 \cdot a_w \cdot l_2 / 100 = 8,40 \text{ cm}^2$$

$$z_{s,w} = \left(2 \cdot a_f \cdot l_1 \cdot t_f + 2 \cdot a_w \cdot l_2 \cdot \left(t_f + h_w - \frac{l_2}{2} \right) \right) / (A_w \cdot 100) = 35,29 \text{ mm}$$

$$I_{y,w,1} = \left(2 \cdot a_w \cdot \frac{l_2^3}{12} + 2 \cdot a_w \cdot l_2 \cdot \left(t_f + h_w - \frac{l_2}{2} - z_{s,w} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 164,32 \text{ cm}^4$$

$$I_{y,w,2} = (a_f \cdot b \cdot z_{s,w}^2 + 2 \cdot a_f \cdot l_1 \cdot (z_{s,w} - t_f)^2) \cdot 10^{-4} = 85,36 \text{ cm}^4$$

$$I_{y,w} = I_{y,w,1} + I_{y,w,2} = 249,68 \text{ cm}^4$$

$$W_{w,1} = \frac{I_{y,w}}{z_{s,w} / 10} = 70,75 \text{ cm}^3$$

$$W_{w,2} = \frac{I_{y,w} \cdot 10}{t_f + h_w - z_{s,w}} = 29,47 \text{ cm}^3$$

Einwirkungen:

$$\text{Einzellast } P_{Ed} = 15,00 \text{ kN}$$

$$\text{Lastangriff } e = 250,00 \text{ mm}$$

Auswirkungen der Einwirkungen:

$$V_{z,Ed} = P_{Ed} = 15,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -P_{Ed} \cdot \frac{e}{10} = -375,00 \text{ kNcm}$$

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Flansch auf Zug beansprucht, wird nicht weiter untersucht

Steg: einseitig gestützt, druckbeansprucht

$$c = \frac{h_w - 2 * a_f * \sqrt{2}}{2} = 98,69 \text{ mm}$$

Für elastische Spannungsverteilung ist

$$\psi = \frac{-z_s + t_f + a_f * \sqrt{2}}{h_w + t_f - z_s} = -0,209$$

$$1 \geq \psi \geq -3$$

$$\text{Beulwert } k_\sigma = 0,57 - 0,21 * \psi + 0,07 * \psi^2 = 0,62$$

$$\frac{c / t_w}{21 * \varepsilon * \sqrt{k_\sigma}} = \underline{0,74 < 1}$$

⇒ Steg: Klasse 3

Für plastische Spannungsverteilung steht der ganze Steg unter Druck

Kriterium für Querschnittsklasse 2:

$$\frac{c / t_w}{10 * \varepsilon} = \underline{1,22 \text{ nicht } < 1}$$

⇒ **Querschnitt: Klasse 3**

Momententragfähigkeit:

- für Querschnitte nach Klasse 3:

$$W_{el,min} = \text{MIN}(W_1; W_2; W_3) = 36,91 \text{ cm}^3$$

$$M_{y,c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * W_{el,min} = 1310,31 \text{ kNcm}$$

Nachweis Biegebeanspruchung:

$$\frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \underline{0,29 < 1}$$

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = \frac{h_w / t_w}{72 * \varepsilon / \eta} = 1,20$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Querkrafttragfähigkeit:

$$\tau_{Ed,3} = \frac{V_{z,Ed} * S_3}{I_y * t_w / 10} = 1,62 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{Ed,max} = \frac{V_{z,Ed} * S_y}{I_y * t_w / 10} = 1,75 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{\tau_{Ed,max}}{f_{y,k} / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})} = \underline{0,09 < 1}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis der Halskehlnaht a_{wf} :

$$\tau_{3,II,Ed} = \frac{V_{z,Ed} * S_3}{I_y * 2 * a_{wf} / 10} = 2,70 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{3,orth,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_3} = -2,79 \text{ kN/cm}^2$$

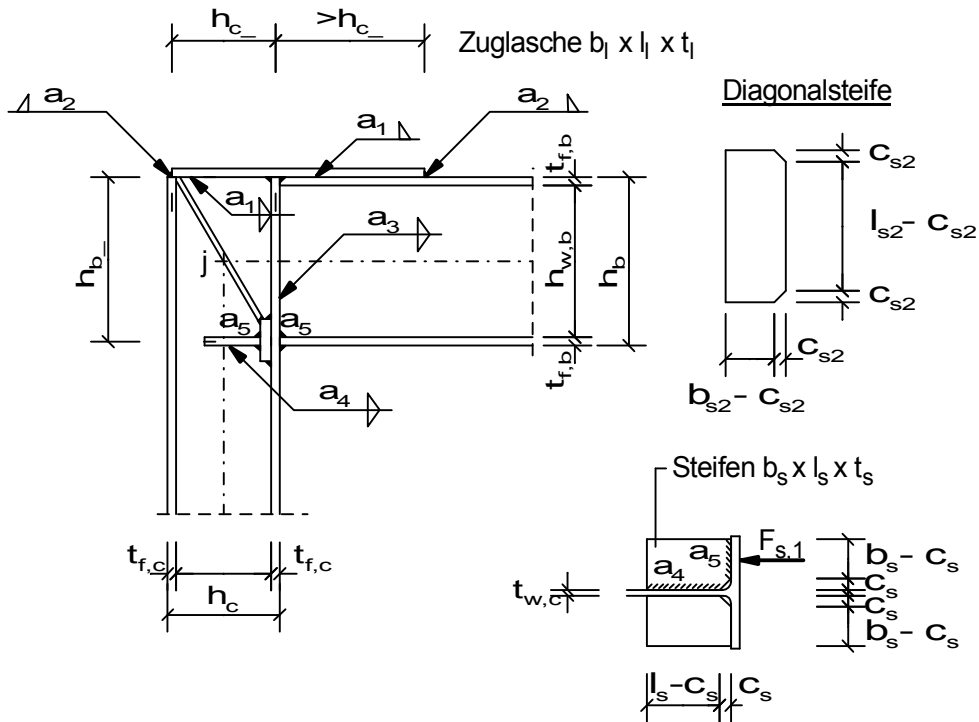
$$\sigma_{3,w,Ed} = \sqrt{\sigma_{3,orth,Ed}^2 + 3 * (\tau_{3,II,Ed})^2} = 5,45 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht a_{wf} :

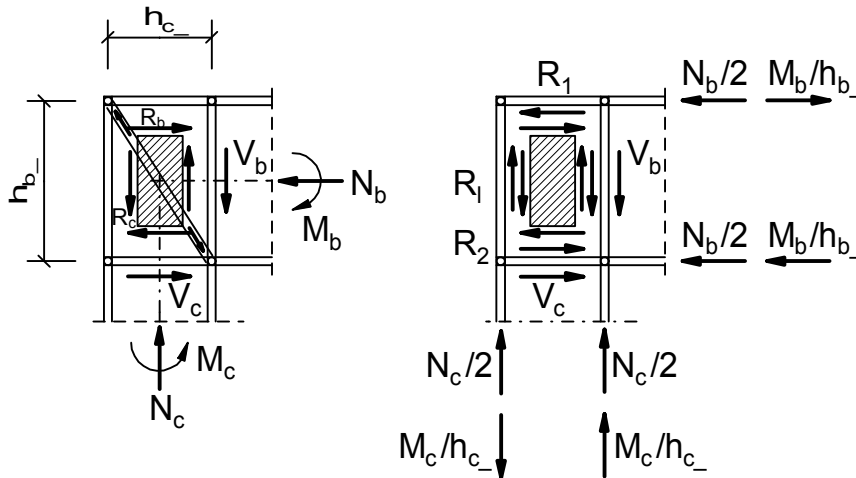
$$\frac{\sigma_{3,w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,12 < 1}$$

$$\frac{|\sigma_{3,orth,Ed}|}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,08 < 1}$$

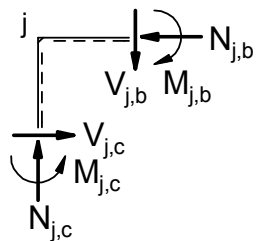
Biegesteife Rahmenecke mit Zuglasche und Schrägsteife



Berechnungsmodell



Knotenschnittgrößen



positive Knotenschnittgrößen
Index "j": Systemknoten

Querschnitt / Geometrie:

Träger:			
Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	IPE 270
Stütze:			
Stütze Typ2 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEB
Stütze-Profil ID2 =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	=	HEB 180
Zuglasche:			
Zuglaschenbreite b_l =	150,00 mm		
Länge l_l =	450,00 mm		
Dicke t_l =	10,00 mm		
Steifen:			
Steifenbreite b_{s1} =	65,00 mm		
Länge l_{s1} =	110,00 mm		
Dicke t_{s1} =	10,00 mm		
c_{s1} =	15,00 mm		
Diagonalsteifen:			
Diagonalst.-Breite b_{s2} =	80,00 mm		
Dicke t_{s2} =	10,00 mm		
Eckverschnitt c_{s2} =	15,00 mm		
Schweißnähte:			
Kehlnaht Zuglasche längs a_1 =	3,00 mm		
Kehlnaht Zuglasche quer a_2 =	6,00 mm		
Stegnaht Rahmenriegel a_3 =	3,00 mm		
Steiffennaht a_4 =	5,00 mm		
Steiffennaht a_5 =	7,00 mm		
Steiffennaht a_6 =	8,00 mm		

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M1} =	1,0
γ_{M2} =	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S 235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
ε =	$\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$	=	1,00
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	=	21000,00 kN/cm ²
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_w ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{w,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²
$f_{vw,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k} / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	20,78 kN/cm ²

Querschnittswerte:

Träger:			
Höhe h_b =	TAB("EC3d/"Typ1; h; ID=ID1;)	=	270,00 mm
Breite b_b =	TAB("EC3d/"Typ1; b; ID=ID1;)	=	135,00 mm
Steg $t_{w,b}$ =	TAB("EC3d/"Typ1; t_w ; ID=ID1;)	=	6,60 mm
Flansch $t_{f,b}$ =	TAB("EC3d/"Typ1; t_f ; ID=ID1;)	=	10,20 mm
Radius r_b =	TAB("EC3d/"Typ1; r; ID=ID1;)	=	15,00 mm
Fläche A_b =	TAB("EC3d/"Typ1; A; ID=ID1;)	=	45,90 cm ²
Trägheitsmoment $I_{y,b}$ =	TAB("EC3d/"Typ1; I_y ; ID=ID1;)	=	5790,00 cm ⁴
gerader Stegteil d_b =	$h_b - 2*t_{f,b} - 2*r_b$	=	219,60 mm
$h_{b_}$ =	$h_b - t_{f,b} / 2$	=	264,90 mm
$h_{w,b}$ =	$h_b - 2 * t_{f,b}$	=	249,60 mm
$N_{b,pl,Rd}$ =	$A_b * f_{y,k} / \gamma_{M0}$	=	1078,65 kN
Stütze:			
Höhe h_c =	TAB("EC3d/"Typ2; h; ID=ID2;)	=	180,00 mm
Breite b_c =	TAB("EC3d/"Typ2; b; ID=ID2;)	=	180,00 mm
Steg $t_{w,c}$ =	TAB("EC3d/"Typ2; t_w ; ID=ID2;)	=	8,50 mm
Flansch $t_{f,c}$ =	TAB("EC3d/"Typ2; t_f ; ID=ID2;)	=	14,00 mm
Radius r_c =	TAB("EC3d/"Typ2; r; ID=ID2;)	=	15,00 mm
Fläche A_c =	TAB("EC3d/"Typ2; A; ID=ID2;)	=	65,30 cm ²
Trägheitsmoment $I_{y,c}$ =	TAB("EC3d/"Typ2; I_y ; ID=ID2;)	=	3830,00 cm ⁴
gerade Stegteilhöhe d_c =	$h_c - 2*t_{f,c} - 2*r_c$	=	122,00 mm
$h_{c_}$ =	$h_c - t_{f,c}$	=	166,00 mm
$h_{w,c}$ =	$h_c - 2*t_{f,c}$	=	152,00 mm
$N_{c,pl,Rd}$ =	$A_c * f_{y,k} / \gamma_{M0}$	=	1534,55 kN

Auswirkungen der Einwirkungen

(Indizes: Systemknoten j, Träger b, Stütze c)

am Knotenpunkt:

$N_{j,c,Ed}$ =	75,00 kN
$V_{j,c,Ed}$ =	46,00 kN
$M_{j,c,Ed}$ =	86,00 kNm
$N_{j,b,Ed}$ =	46,00 kN
$V_{j,b,Ed}$ =	75,00 kN
$M_{j,b,Ed}$ =	86,00 kNm

am Anschnitt:

$N_{c,Ed}$ =	$N_{j,c,Ed}$	=	75,00 kN
$V_{c,Ed}$ =	$V_{j,c,Ed}$	=	46,00 kN
$M_{c,Ed}$ =	$M_{j,c,Ed} - V_{j,c,Ed} * h_{b_} / (2*1000)$	=	79,91 kNm
$N_{b,Ed}$ =	$N_{j,b,Ed}$	=	46,00 kN
$V_{b,Ed}$ =	$V_{j,b,Ed}$	=	75,00 kN
$M_{b,Ed}$ =	$M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} * h_{c_} / (2*1000)$	=	79,78 kNm

Schubkräfte im Stützeneckfeld: ($R_1 = R_2$, $R_l = R_r$)

Dicke des Eckbleches = Stegdicke des Stiels

R_1 =	$\frac{M_{b,Ed}}{h_{b_}} * 1000 - \frac{N_{b,Ed}}{2}$	=	278,17 kN
R_r =	$\frac{M_{c,Ed}}{h_{c_}} * 1000 - \frac{N_{c,Ed}}{2}$	=	443,89 kN

Normalkräfte Trägergurt (b) bzw. Stützengurt (c):

(1 = oben bzw. links, 2 = unten bzw. rechts)

$$F_{b,1} = \frac{N_{b,Ed}}{2} - \frac{M_{b,Ed}}{h_{b,-}} * 10^3 = -278,17 \text{ kN}$$

$$F_{b,2} = \frac{N_{b,Ed}}{2} + \frac{M_{b,Ed}}{h_{b,-}} * 10^3 = 324,17 \text{ kN}$$

$$\max F_b = \text{MAX}(\text{ABS}(F_{b,1}); \text{ABS}(F_{b,2})) = 324,17 \text{ kN}$$

$$F_{c,1} = \frac{N_{c,Ed}}{2} - \frac{M_{c,Ed}}{h_{c,-}} * 10^3 = -443,89 \text{ kN}$$

$$F_{c,2} = \frac{N_{c,Ed}}{2} + \frac{M_{c,Ed}}{h_{c,-}} * 10^3 = 518,89 \text{ kN}$$

$$\max F_c = \text{MAX}(\text{ABS}(F_{c,1}); \text{ABS}(F_{c,2})) = 518,89 \text{ kN}$$

Querkraft Trägersteg (b) bzw. Stützensteg (c):

$$V_{w,b} = V_{b,Ed} = 75,00 \text{ kN}$$

$$V_{w,c} = V_{c,Ed} = 46,00 \text{ kN}$$

Einstufung des Trägerquerschnitts in Querschnittklasse:

Steg:

$$c = d_b = 219,60 \text{ mm}$$

$$\eta_b = \frac{|N_{b,Ed}|}{N_{b,pl,Rd}} = 0,04$$

$$\alpha = \left(\frac{\eta_b * A_b * 100}{d_b * t_{w,b}} + 1 \right) * \frac{1}{2} = 0,56$$

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_{w,b}}{396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_{w,b}}{36 * \epsilon / \alpha}) = \underline{0,53 < 1}$$

⇒ **Steg: Klasse 1**

Flansch:

einseitig gestützt, auf Druck beansprucht:

$$c = (b_b - t_{w,b} - 2 * r_b) / 2 = 49,20 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_{f,b}}{9 * \epsilon} = \underline{0,54 < 1}$$

⇒ **Flansch: Klasse 1**⇒ **Gesamtquerschnitt Träger: Klasse 1****Einstufung des Stützenquerschnitts in Querschnittklasse:**

Steg:

$$c = d_c = 122,00 \text{ mm}$$

$$\eta_c = \frac{|N_{c,Ed}|}{N_{c,pl,Rd}} = 0,05$$

$$\alpha = \left(\frac{\eta_c * A_c * 100}{d_c * t_{w,c}} + 1 \right) * \frac{1}{2} = 0,66$$

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_{w,c}}{396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_{w,c}}{36 * \epsilon / \alpha}) = \underline{0,27 < 1}$$

⇒ **Steg: Klasse 1**

Flansch:

$$c = (b_c - t_{w,c} - 2 * r_c) / 2 = 70,75 \text{ mm}$$

$$\frac{c / t_{f,c}}{9 * \epsilon} = \underline{0,56 < 1}$$

⇒ Flansch: Klasse 1

⇒ Gesamtquerschnitt Stütze: Klasse 1Stützensteg mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{d_c / t_{w,c}}{69 * \epsilon} = \underline{0,21 < 1}$$

$$\eta = 1,0$$

$$A_{v,c} = \text{MAX}(A_c * 100 - 2 * b_c * t_{f,c} + (t_{w,c} + 2 * r_c) * t_{f,c} * \eta * h_{w,c} * t_{w,c}) / 100 = 20,29 \text{ cm}^2$$

plastische Schubtragfähigkeit des nicht ausgesteiften Stützenstegfeldes

$$V_{wp1,Rd} = 0,9 * A_{v,c} * \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 247,76 \text{ kN}$$

$$F_{wp,Ed} = \text{ABS}(R_1) = 278,17 \text{ kN}$$

Nachweis Stützensteg mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{|F_{wp,Ed}|}{V_{wp1,Rd}} = \underline{1,12 \text{ nicht } < 1}$$

⇒ Aussteifung des Stützenstegs erforderlich (siehe unten)

Prüfung Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche:

$$\eta = 1,20$$

$$\frac{h_{w,c} / t_{w,c}}{72 * \epsilon / \eta} = \underline{0,30 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Kräfte auf Steifen und Steg

Konstante Schubspannungen:

$$\tau_{p1} = \frac{R_1 * 100}{h_{c-} * t_{w,c}} = 19,71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_r * 100}{h_{b-} * t_{w,c}} = 19,71 \text{ kN/cm}^2$$

Normalspannungen am Beginn der Ausrundung

$$\sigma_x = \frac{N_{b,Ed}}{A_b} + \frac{M_{b,Ed} * 100}{I_{y,b} / (d_b / (2 * 10))} = 16,13 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{N_{c,Ed}}{A_c} + \frac{M_{c,Ed} * 100}{I_{y,c} / (d_c / (2 * 10))} = 13,88 \text{ kN/cm}^2$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis der Steifennähte a_5 (Flansch):

$$a_5 / a_{\min} = \underline{2,33 \geq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_5; 30) = 42,00 \text{ mm}$$

$$l_{w5} = 2 \cdot (b_{s1} - c_{s1}) = 100,00 \text{ mm}$$

$$l_{w5} / l_{\min} = \underline{2,38 > 1}$$

$$l_{\text{eff}} = l_{w5} - 2 \cdot a_5 = 86,00 \text{ mm}$$

$$A_w = a_5 \cdot l_{\text{eff}} / 100 = 6,02 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth,Ed}} = \frac{F_{s1} / \sqrt{2}}{A_w} = 6,02 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth,Ed}} = \tau_{\text{orth,Ed}} = 6,02 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth,Ed}}^2 + 3 \cdot (\tau_{\text{orth,Ed}}^2)} = 12,04 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,33 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth,Ed}}}{0,9 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,23 < 1}$$

Nachweis der Steifennähte a_4 (Steg):

$$a_w = a_4 = 5,00 \text{ mm}$$

$$N_w = F_{s1} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{c_{s1} + b_{s1}}{c_{s1} + 2 \cdot l_{s1}} = 26,15 \text{ kN}$$

$$V_w = F_{s1} = 51,22 \text{ kN}$$

(Annahme: Dreiecksförmige Spannungsverteilung mit σ_{orth} am unteren Rand gleich Null)

$$M_w = N_w \cdot (l_{s1} - c_{s1}) / (6 \cdot 10) = 41,40 \text{ kNcm}$$

$$A_w = 2 \cdot a_w \cdot (l_{s1} - c_{s1}) / 100 = 9,50 \text{ cm}^2$$

$$W_w = 2 \cdot a_w \cdot (l_{s1} - c_{s1})^2 / (6 \cdot 1000) = 15,04 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{\parallel,Ed} = \frac{V_w / A_w}{N_w / \sqrt{2} + V_w / \sqrt{2} + M_w / \sqrt{2}} = 5,39 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth,Ed}} = \frac{N_w / \sqrt{2} + V_w / \sqrt{2} + M_w / \sqrt{2}}{A_w} = 0,08 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth,Ed}} = \frac{N_w / \sqrt{2} + V_w / \sqrt{2} + M_w / \sqrt{2}}{A_w} = 7,71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth,Ed}}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel,Ed}^2 + \tau_{\text{orth,Ed}}^2)} = 12,11 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,34 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth,Ed}}}{0,9 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,30 < 1}$$

Stützensteg mit Druckbeanspruchung:

$$f_{y,wc} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

Reduktionsfaktor ω für Schub:

$$s = r_c = 15,00 \text{ mm}$$

$$a_b = a_5 = 7,00 \text{ mm}$$

- für einen geschweißten Anschluss

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{f,b} + 2 * \sqrt{2} * a_b + 5 * (t_{f,c} + s) = 175,00 \text{ mm}$$

$$\text{Übertragungsparameter } \beta = 1,00$$

$$\Rightarrow \omega = \omega_1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * (b_{\text{eff},c,wc} * t_{w,c} / (A_{v,c} * 100))^2}} = 0,77$$

Reduktionsfaktor k_{wc} für gleichzeitig wirkende Druckspannungen im Stützensteg infolge**Biegemoment und Normalkraft in der Stütze:**

maximale Längsdruckspannung im Steg (am Ende des Ausrundungsradius)

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{N_{j,c,Ed}}{A_c} + \frac{M_{j,c,Ed}}{I_{y,c}} * \left(\frac{h_{w,c}}{2} - r_c \right) * 10 = 14,85 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{wc} = \text{WENN} \left(\frac{\sigma_{\text{com,Ed}}}{0,7 * f_{y,wc}} > 1; 1,7 - \frac{\sigma_{\text{com,Ed}}}{f_{y,wc}} ; 1,0 \right) = 1,00$$

Reduktionsfaktor ρ für Stegbeulen:

- bei einer Stütze mit gewalztem I- oder H-Querschnitt

$$d_{wc} = h_c - 2 * (t_{f,c} + r_c) = 122,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{quer},\rho} = 0,932 * \sqrt{\frac{b_{\text{eff},c,wc} * d_{wc} * f_{y,wc}}{E * t_{w,c}^2}} = 0,54$$

$$\rho = \text{WENN}(\lambda_{\text{quer},\rho} > 0,72; \frac{\lambda_{\text{quer},\rho} - 0,2}{2}; 1) = 1,00$$

$$H_{c,wc,Rd} = \omega * k_{wc} * b_{\text{eff},c,wc} * t_{w,c} / 100 = 11,45 \text{ cm}^2$$

$$F_{c,wc,Rd} = \text{MIN} \left(H_{c,wc,Rd} * \rho * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M1}} ; H_{c,wc,Rd} * \frac{f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} \right) = 269,07 \text{ kN}$$

Nachweis Einleitung der Untergurtkraft des Trägers in den Stützensteg:

$$\frac{|F_{w,c,s}|}{F_{c,wc,Rd}} = \underline{0,33 < 1}$$

Stützensteg mit Zugbeanspruchung:

$$b_{\text{eff},t,wc} = b_{\text{eff},c,wc} = 175,00 \text{ mm}$$

$$F_{t,wc,Rd} = \omega * b_{\text{eff},t,wc} * t_{w,c} / 100 * f_{y,wc} / \gamma_{M0} = 269,16 \text{ kN}$$

Nachweis Einleitung der Obergurtkraft des Trägers in den Stützensteg:

$$\frac{0,6 * R_1}{F_{t,wc,Rd}} = \underline{0,62 < 1}$$

Stützenflansch mit Biegebeanspruchung:

- für gewalzte I- oder H-Querschnitte

$$s = r_c = 15,00 \text{ mm}$$

Streckgrenze des Flansches des I- oder H-Querschnitts

$$f_{y,f} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

Streckgrenze des angeschweißten Trägers

$$f_{y,b} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$k = \text{MIN}\left(\frac{t_{f,c}}{t_{f,b}} * \frac{f_{y,f}}{f_{y,b}}; 1\right) = 1,00$$

$$b_{\text{eff},b,fc} = t_{w,c} + 2 * s + 7 * k * t_{f,c} = 136,50 \text{ mm}$$

angeschweißter Träger

$$f_{u,p} = f_{u,k} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{y,p} = f_{y,k} = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_p = b_b = 135,00 \text{ mm}$$

Nachweis des Stützengurtes für die Zug- und Druckbeanspruchung:

$$\frac{f_{y,p} * b_p}{f_{u,p} * b_{\text{eff},b,fc}} = \underline{\underline{0,65 < 1}}$$

$$b_{\text{eff},b,fc} = \text{MIN}(b_{\text{eff},b,fc}; b_p) = 135,00 \text{ mm}$$

$$F_{fc,Rd} = \text{MIN}\left(b_{\text{eff},b,fc} * t_{f,b} / 100 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}}; \frac{f_{y,p}}{f_{u,p}} * b_p * t_{f,b} / 100 * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}}\right) = 211,24 \text{ kN}$$

Nachweis des Stützengurtes für Biegebeanspruchung aus dem Träger:

$$\frac{|F_{s1}|}{F_{fc,Rd}} = \underline{\underline{0,24 < 1}}$$

Nachweis der Stegnähte a_3 :

$$a_3 / a_{\text{min}} = \underline{\underline{1,00 \geq 1}}$$

$$l_{\text{min}} = \text{MAX}(6 * a_3; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$l_{w3} = h_b - 2 * t_{f,b} - 2 * r_b = 219,60 \text{ mm}$$

$$l_{w3} / l_{\text{min}} = \underline{\underline{7,32 > 1}}$$

$$l_{\text{eff}} = l_{w3} - 2 * a_3 = 213,60 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_3 * l_{\text{eff}} / 100 = 133,16 \text{ kN}$$

$$F_{vw,Ed} = V_{b,Ed} / 2 = 37,50 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a_3 :

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{\underline{0,28 < 1}}$$

Tragfähigkeit des Trägerquerschnitts am Anschnitt:

Trägerobergurt mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,fb,Rd} = \frac{t_{f,b} * b_b * f_{y,k}}{100 * \gamma_{M0}} = 323,60 \text{ kN}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis Druckbeanspruchung der Diagonalsteife

$$\frac{|F_{s2}|}{N_{c,Rd}} = \underline{0,81 < 1}$$

Prüfung Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche:

$$\eta = \frac{l_{s2}/t_{s2}}{72 * \varepsilon / \eta} = 1,20$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich

Nachweis der Schweißnaht a₆:

$$\sigma_{orth,Ed} = \frac{F_{s2} * 100}{a_6 * (b_{s2} - c_{s2})} = 23,8 \text{ kN/cm}^2$$

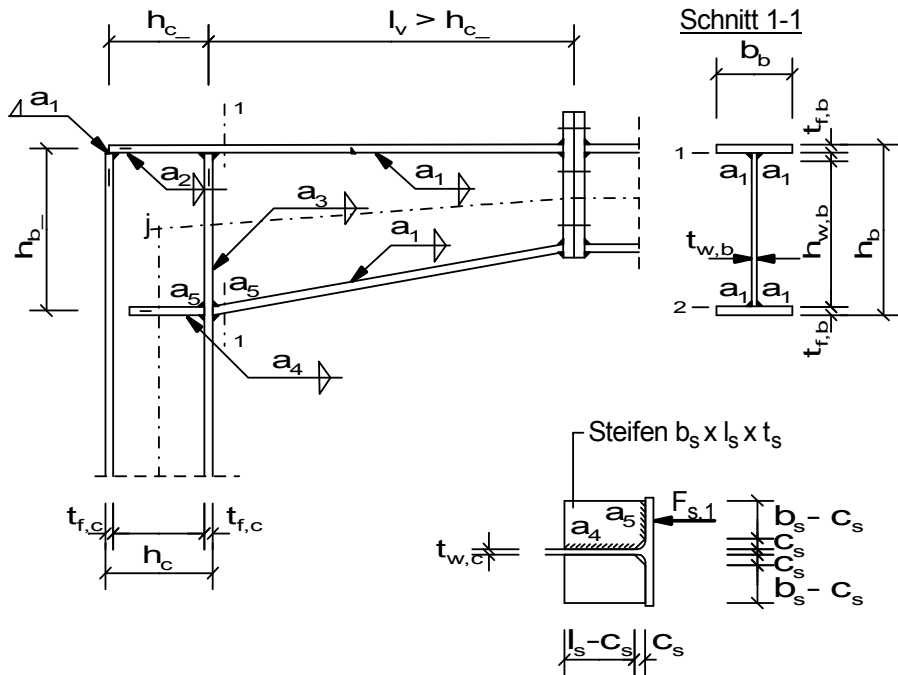
$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{orth,Ed}^2} = 23,8 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

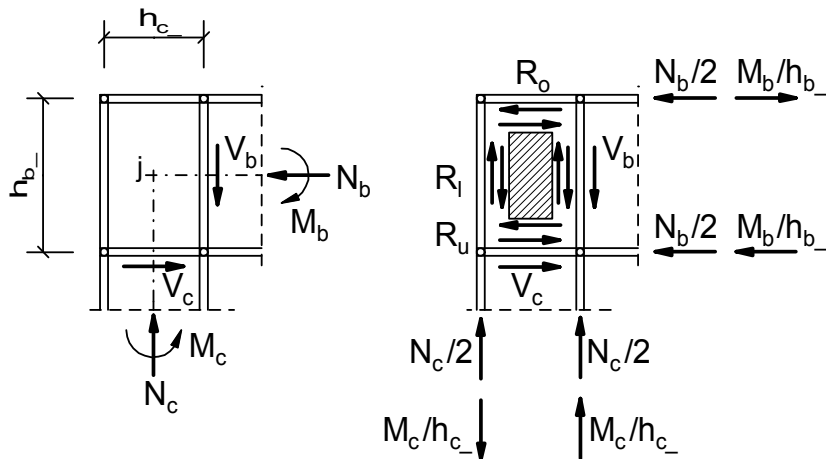
$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,66 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{orth,Ed}}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,92 < 1}$$

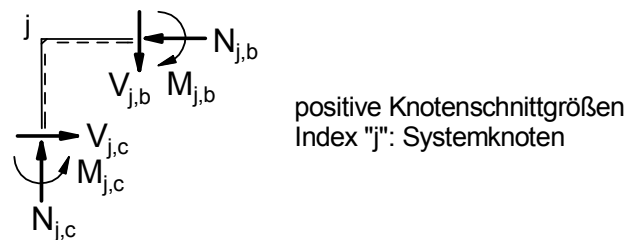
Biegesteife Rahmenecke mit Voute



Berechnungsmodell



Knotenschnittgrößen



Querschnitte / Geometrie:

Stütze:

Stütze Typ1 =

Stützen-Profil ID1 =

GEW("EC3d/Profile"; ID;)

GEW("EC3d/Typ1; ID;)

= HEA

= HEA 600

Voutenabmessungen:

Voutenflanschbreite $b_b =$	300,00 mm
Flanschdicke $t_{f,b} =$	20,00 mm
Voutenhöhe $h_b =$	1000,00 mm
Stegdicke $t_{w,b} =$	10,00 mm

Steifen:

Steifenbreite $b_s =$	140,00 mm
Länge $l_s =$	450,00 mm
Dicke $t_s =$	20,00 mm
Eckverschnitt $c_s =$	30,00 mm

Schweißnähte:

Halskehlnaht Voute $a_1 =$	4,00 mm
Stegnaht V.-flansch-Stiel $a_2 =$	4,00 mm
Stegnaht Rahmenriegel $a_3 =$	3,00 mm
Steifennaht $a_4 =$	8,00 mm
Steifennaht $a_5 =$	8,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,0
$\gamma_{M2} =$	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S 235
$f_{y,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,50 kN/cm ²
$f_{u,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10	=	36,00 kN/cm ²
$\varepsilon =$	$\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$	=	1,00
$E =$	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)	=	210000,00 N/mm ²
$\beta_w =$	TAB("EC3d/mat"; β_w ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{w,Rd} =$	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²
$f_{vw,Rd} =$	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{3}}$	=	20,78 kN/cm ²

Querschnittswerte:

Stiel (c):			
Höhe $h_c =$	TAB("EC3d/"Typ1; h; ID=ID1;)	=	590,00 mm
Breite $b_c =$	TAB("EC3d/"Typ1; b; ID=ID1;)	=	300,00 mm
Steg $t_{w,c} =$	TAB("EC3d/"Typ1; t_w ; ID=ID1;)	=	13,00 mm
Flansch $t_{f,c} =$	TAB("EC3d/"Typ1; t_f ; ID=ID1;)	=	25,00 mm
Radius $r_c =$	TAB("EC3d/"Typ1; r; ID=ID1;)	=	27,00 mm
Fläche $A_c =$	TAB("EC3d/"Typ1; A; ID=ID1)	=	226,00 cm ²
Trägheitsmoment $I_{y,c} =$	TAB("EC3d/"Typ1; I_y ; ID=ID1;)	=	141200,00 cm ⁴
$h_{c-} =$	$h_c - t_{f,c}$	=	565,00 mm
gerader Stegteil $d_c =$	$h_c - 2 * t_{f,c} - 2 * r_c$	=	486,00 mm
$h_{w,c} =$	$h_c - 2 * t_{f,c}$	=	540,00 mm

Voute (b):

$$\begin{aligned}
 h_{w,b} &= h_b - 2 * t_{f,b} &= & 960,00 \text{ mm} \\
 A_b &= (t_{w,b} * h_{w,b} + 2 * b_b * t_{f,b}) / 100 &= & 216,00 \text{ cm}^2 \\
 A_{bz} &= t_{w,b} * h_{w,b} / 100 &= & 96,00 \text{ cm}^2 \\
 I_{y,b} &= \left(t_{w,b} * \frac{h_{w,b}^3}{12} + 2 * \left(b_b * \frac{t_{f,b}^3}{12} + b_b * t_{f,b} * \frac{(h_{w,b} + t_{f,b})^2}{4} \right) \right) * 10^{-4} &= & 361888,00 \text{ cm}^4 \\
 W_{y,b} &= 2 * \frac{I_{y,b}}{h_b} * 10 &= & 7237,76 \text{ cm}^3 \\
 W_{y,1} &= 2 * \frac{I_{y,b}}{h_{w,b}} * 10 &= & 7539,33 \text{ cm}^3 \\
 W_{y,2} &= 2 * \frac{I_{y,b}}{h_{w,b}} * 10 &= & 7539,33 \text{ cm}^3 \\
 S_{y,a1} &= b_b * t_{f,b} * \frac{h_{w,b} + t_{f,b}}{2} * 10^{-3} &= & 2940,00 \text{ cm}^3 \\
 h_{b_} &= h_b - t_{f,b} &= & 980,00 \text{ mm} \\
 \text{gerader Stegteil } d_b &= h_b - 2 * t_{f,b} - 2 * a_1 * \sqrt{2} &= & 948,69 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Auswirkungen der Einwirkungen

(Indizes: Systemknoten j, Riegel b, Stiel c)

am Knotenpunkt:

$$\begin{aligned}
 N_{j,c,Ed} &= 264,60 \text{ kN} \\
 V_{j,c,Ed} &= 106,40 \text{ kN} \\
 M_{j,c,Ed} &= 895,50 \text{ kNm} \\
 N_{j,b,Ed} &= 106,40 \text{ kN} \\
 V_{j,b,Ed} &= 264,60 \text{ kN} \\
 M_{j,b,Ed} &= 895,50 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

am Anschnitt:

$$\begin{aligned}
 N_{c,Ed} &= N_{j,c,Ed} &= & 264,60 \text{ kN} \\
 V_{c,Ed} &= V_{j,c,Ed} &= & 106,40 \text{ kN} \\
 M_{c,Ed} &= M_{j,c,Ed} - V_{j,c,Ed} * h_{b_} / (2 * 1000) &= & 843,36 \text{ kNm} \\
 N_{b,Ed} &= N_{j,b,Ed} &= & 106,40 \text{ kN} \\
 V_{b,Ed} &= V_{j,b,Ed} &= & 264,60 \text{ kN} \\
 M_{b,Ed} &= M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} * h_{c_} / (2 * 1000) &= & 820,75 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Normalkräfte in den Trägersurten:

(Indizes: oben 1, unten 2)

$$\begin{aligned}
 F_{b,1} &= \frac{N_{b,Ed}}{2} - \frac{M_{b,Ed}}{h_{b_}} * 10^3 &= & -784,30 \text{ kN} \\
 F_{b,2} &= \frac{N_{b,Ed}}{2} + \frac{M_{b,Ed}}{h_{b_}} * 10^3 &= & 890,70 \text{ kN} \\
 \max F_b &= \text{MAX}(\text{ABS}(F_{b,1}); \text{ABS}(F_{b,2})) &= & 890,70 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Querkräfte in den Stegen:

$$\begin{aligned}
 V_{w,b} &= V_{b,Ed} &= & 264,60 \text{ kN} \\
 V_{w,c} &= V_{c,Ed} &= & 106,40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Einstufung des Trägerquerschnitts in Querschnittsklasse:

Steg:

Beanspruchung: Biegung und Druck

$$c = h_{w,b} - 2 * a_1 * \sqrt{2} = 948,69 \text{ mm}$$

$$N_{pl,Rd} = A_b * \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = 5076 \text{ kN}$$

$$\eta_b = \frac{|N_{b,Ed}|}{N_{pl,Rd}} = 0,02$$

$$\alpha = \left(\frac{\eta_b * A_b * 100}{d_b * t_{w,b}} + 1 \right) * \frac{1}{2} = 0,52$$

Kriterium für Querschnittsklasse 2:

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_{w,b}}{456 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_{w,b}}{41,5 * \epsilon / \alpha}) = \underline{\underline{1,20 \text{ nicht} < 1}}$$

Prüfung, ob Steg der Querschnittsklasse 3 angehört:

Annahme: Elastische Spannungsverteilung

$$e_{z1} = (h_b - 2 * t_{f,b}) / 2 = 480,00 \text{ mm}$$

Spannung am oberen Stegrand (Zug):

$$\sigma_1 = \frac{N_{b,Ed}}{A_b} - \frac{M_{b,Ed}}{I_{y,b}} * e_{z1} * 10 = -10,39 \text{ kN/cm}^2$$

Spannung am unteren Stegrand (Druck):

$$\sigma_2 = \frac{N_{b,Ed}}{A_b} + \frac{M_{b,Ed}}{I_{y,b}} * e_{z1} * 10 = 11,38 \text{ kN/cm}^2$$

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1,10$$

$$c = h_{w,b} - 2 * a_1 * \sqrt{2} = 948,69 \text{ mm}$$

Kriterium für Querschnittsklasse 3:

$$\text{WENN}(\psi > -1; \frac{c/t_{w,b}}{42 * \epsilon / (0,67 + 0,33 * \psi)}; \frac{c/t_{w,b}}{62 * \epsilon * (1 - \psi) * \sqrt{|\psi|}}) = \underline{\underline{0,69 < 1}}$$

⇒ Steg: Klasse 3

Flansch:

$$c = (b_b - t_{w,b} - 2 * a_1 * \sqrt{2}) / 2 = 139,34 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_{f,b}}{9 * \epsilon} = \underline{\underline{0,77 < 1}}$$

⇒ Flansch: Klasse 1

⇒ **Gesamtquerschnitt Träger: Klasse 3****Einstufung des Stützenquerschnitts in Querschnittsklasse:**

Steg:

Beanspruchung: Biegung und Druck

$$c = d_c = 486,00 \text{ mm}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * A_c = 5311,00 \text{ kN}$$

$$n_c = \frac{|N_{c,Ed}|}{N_{pl,Rd}} = 0,05$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{n_c \cdot A_c \cdot 100}{d_c \cdot t_{w,c}} + 1\right) \cdot \frac{1}{2}}{\frac{c/t_{w,c}}{396 \cdot \epsilon / (13 \cdot \alpha - 1)} \cdot \frac{c/t_{w,c}}{36 \cdot \epsilon / \alpha}} = 0,59$$

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_{w,c}}{396 \cdot \epsilon / (13 \cdot \alpha - 1)}; \frac{c/t_{w,c}}{36 \cdot \epsilon / \alpha}) = \underline{0,63 < 1}$$

⇒ **Steg: Klasse 1**

Flansch:

$$c = (b_c - t_{w,c} - 2 \cdot r_c) / 2 = 116,50 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_{f,c}}{9 \cdot \epsilon} = \underline{0,52 < 1}$$

⇒ **Flansch: Klasse 1**⇒ **Gesamtquerschnitt Stütze: Klasse 1****Nachweise für den Voutenquerschnitt:**

Trägerobergurt mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,fb,Rd} = \frac{t_{f,b} \cdot b_b \cdot f_{y,k}}{100 \cdot \gamma_{M0}} = 1410,00 \text{ kN}$$

Trägeruntergurt mit Druckbeanspruchung

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{t_{f,b} \cdot b_b \cdot f_{y,k}}{100 \cdot \gamma_{M0}} = 1410,00 \text{ kN}$$

Trägersteg mit Schubbeanspruchung

$$A_{v,b} = \frac{t_{w,b} \cdot h_{w,b}}{100} = 96,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{v,b} = 1302,50 \text{ kN}$$

Nachweis des Trägerquerschnitts am Anschnitt:

$$\frac{|F_{b,1}|}{F_{t,fb,Rd}} = \underline{0,56 < 1}$$

$$\frac{|F_{b,2}|}{F_{c,fb,Rd}} = \underline{0,63 < 1}$$

$$\frac{|V_{w,b}|}{V_{z,pl,Rd}} = \underline{0,20 < 1}$$

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$F_{vw,Rd} = \frac{f_{vw,Rd} \cdot 2 \cdot a_1}{10} = 16,62 \text{ kN/cm}$$

maximaler Schubfluss zwischen Steg und Flansch

$$F_{vw,Ed} = \frac{V_{b,Ed} \cdot S_{y,a1}}{I_{y,b}} = 2,15 \text{ kN/cm}$$

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,13 < 1}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Nachweis des Stützengurtes für die Zug- und Druckbeanspruchung:

$$\frac{f_{y,p}}{f_{u,p}} \cdot \frac{b_p}{b_{\text{eff},b,fc}} = \underline{0,81 < 1}$$

$$b_{\text{eff},b,fc} = \text{MIN}(b_{\text{eff},b,fc}; b_p) = 242,00 \text{ mm}$$

$$F_{fc,Rd} = b_{\text{eff},b,fc} \cdot t_{f,b} / 100 \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0} = 1137,40 \text{ kN}$$

$$F_{fc,Rd} = \text{MIN}\left(b_{\text{eff},b,fc} \cdot t_{f,b} / 100 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}}; 0,7 \cdot b_b \cdot t_{f,b} / 100 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}}\right) = 987,00 \text{ kN}$$

Nachweis des Stützengurtes für Biegebeanspruchung aus dem Träger:

$$\frac{|F_{b,2}|}{F_{fc,Rd}} = \underline{0,90 < 1}$$

Trägeruntergurt mit Druckbeanspruchung:

$$F_{c,fb,Rd} = t_{f,b} \cdot b_b / 100 \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0} = 1410,00 \text{ kN}$$

Nachweis des Trägergurtes mit Druckbeanspruchung:

$$\frac{|F_{b,2}|}{F_{c,fb,Rd}} = \underline{0,63 < 1}$$

Träger mit Querkraftbeanspruchung:

$$A_{v,b} = t_{w,b} \cdot h_{w,b} / 100 = 96,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{v,b} = 1302,50 \text{ kN}$$

Nachweis Träger mit Querkraftbeanspruchung:

$$\frac{|V_{w,b}|}{V_{z,pl,Rd}} = \underline{0,20 < 1}$$

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\eta = 1,20$$

$$\frac{h_{w,c} / t_{w,c}}{72 \cdot \varepsilon / \eta} = \underline{0,69 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Nachweis der Verlängerung des Zuggurtes und der Anschlussnähte:

Trägergurt:

$$A_{f,b} = b_b \cdot t_{f,b} / 100 = 60,00 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} \cdot A_{f,b} = 1410,00 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = R_o = 784,30 \text{ kN}$$

Nachweis Zugbeanspruchung des Trägergurtes

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \underline{0,56 < 1}$$

Kehlnähte a₁:

$$\text{Mindestnahtdicke } a_{\min} = 3,00 \text{ mm}$$

$$\frac{a_1}{a_{\min}} = \underline{1,33 \geq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_1; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{h_c - 2 \cdot t_{f,c}}{l_{\min}} = \underline{18,00 > 1}$$

$$l_{\text{eff}} = h_c - 2 \cdot t_{f,c} = 540,00 \text{ mm}$$

Naht rundum geführt

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} \cdot a_1 \cdot l_{\text{eff}} / 100 = 448,85 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = R_o / 2 = 392,15 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,87 < 1}$$

Kehlnähte a₂:

$$\frac{a_2}{a_{\min}} = \underline{1,33 \geq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_2; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{b_b}{l_{\min}} = \underline{10,00 > 1}$$

Naht rundum geführt

$$l_{\text{eff}} = b_b + 2 \cdot h_c = 1430,00 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} \cdot a_2 \cdot l_{\text{eff}} / 100 = 1188,62 \text{ kN}$$

$$F_{vw,Ed} = R_o = 784,30 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a₂:

$$\frac{|F_{vw,Ed}|}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,66 < 1}$$

Nachweis der Stegnähte a₃:

$$\frac{a_3}{a_{\min}} = \underline{1,00 \geq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_3; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$l_{w3} = h_b - 2 \cdot t_{f,b} - 2 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 948,69 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w3}}{l_{\min}} = \underline{31,62 > 1}$$

$$l_{\text{eff}} = l_{w3} - 2 \cdot a_3 = 942,69 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} \cdot a_3 \cdot l_{\text{eff}} / 100 = 587,67 \text{ kN}$$

$$F_{vw,Ed} = V_{b,Ed} / 2 = 132,30 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a₃:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,23 < 1}$$

Steifen zur Krafteinleitung der Untergurtkraft des Trägers in den Stützensteg:**Aufteilung der einzuleitenden Kraft auf Steifen und Steg**

Ein Teil der Kraft $F_{b,2}$ wird direkt in den Stielsteg eingeleitet. Die Restkraft F_s wird von den Lasteinleitungsrippen übernommen.

$$F_s = F_{b,2} * 2 * \frac{b_s - c_s}{2 * b_s + t_{w,c}} = 668,78 \text{ kN}$$

$$M_s = \frac{b_s + c_s}{4 * 10} * F_s = 2842,32 \text{ kNcm}$$

Kraft auf eine Steife (Rippe)

$$F_{s,1} = F_s / 2 = 334,39 \text{ kN}$$

Kraft auf den Steg

$$F_{w,c,s} = F_{b,2} - 2 * F_{s,1} = 221,92 \text{ kN}$$

$$A_s = (b_s - c_s) * t_s / 100 = 22,00 \text{ cm}^2$$

Tragfähigkeit Druckbeanspruchung einer Steife

$$N_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * A_s = 517,00 \text{ kN}$$

Nachweis Druckbeanspruchung der Steife

$$\frac{|F_{s,1}|}{N_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,65 < 1}}$$

Nachweis Einleitung der Untergurtkraft des Trägers in den Stützensteg:

$$\frac{|F_{w,c,s}|}{F_{c,w,c,Rd}} = \underline{\underline{0,27 < 1}}$$

Nachweis der Steifennähte a_5 :

$$\frac{a_5}{a_{\min}} = \underline{\underline{2,67 \geq 1}}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 * a_5; 30) = 48,00 \text{ mm}$$

$$l_{w5} = 2 * b_s - c_s - 2 * a_5 = 234,00 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w5}}{l_{\min}} = \underline{\underline{4,88 > 1}}$$

$$l_{\text{eff}} = l_{w5} - 2 * a_5 = 218,00 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_5 * l_{\text{eff}} / 100 = 362,40 \text{ kN}$$

Ein Teil der Kraft $F_{b,2}$ wird direkt in den Stielsteg eingeleitet. Die Restkraft F_s wird von den Lasteinleitungsrippen übernommen.

$$F_s = F_{b,2} * 2 * \frac{b_s - c_s}{2 * b_s + t_{w,c}} = 668,8 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = F_s / 2 = 334,4 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a_5 :

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

Nachweis der Trägernäht a_5 :

$$\frac{a_5}{a_{\min}} = \underline{2,67} \geq 1$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_5; 30) = 48,00 \text{ mm}$$

$$l_{w5} = 2 \cdot b_b - t_{f,b} = 580,00 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w5}}{l_{\min}} = \underline{12,08} > 1$$

$$l_{\text{eff}} = l_{w5} - 2 \cdot a_5 = 564,00 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} \cdot a_5 \cdot l_{\text{eff}} / 100 = 937,59 \text{ kN}$$

$$F_{vw,Ed} = F_{b,2} / 2 = 445,35 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnäht a_5 :

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,47} < 1$$

Nachweis der Steiffennähte a_4 :

Ein Teil der Kraft $F_{b,2}$ wird direkt in den Stielsteg eingeleitet. Die Restkraft F_s wird von den Lasteinleitungsrippen übernommen.

$$F_s = F_{b,2} \cdot 2 \cdot \frac{b_s - c_s}{2 \cdot b_s + t_{w,c}} = 668,78 \text{ kN}$$

$$M_s = \frac{b_s + c_s}{4 \cdot 10} \cdot F_s = 2842,32 \text{ kNcm}$$

$$A_{w4} = 2 \cdot a_4 \cdot (l_s - c_s) / 100 = 67,20 \text{ cm}^2$$

$$W_{w4} = 2 \cdot a_4 \cdot (l_s - c_s)^2 / (6 \cdot 1000) = 470,40 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{F_s}{A_{w4}} = 9,95 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth},Ed} = \frac{M_s / \sqrt{2}}{W_{w4}} = 4,27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{orth},Ed} = \tau_{\text{orth},Ed} = 4,27 \text{ kN/cm}^2$$

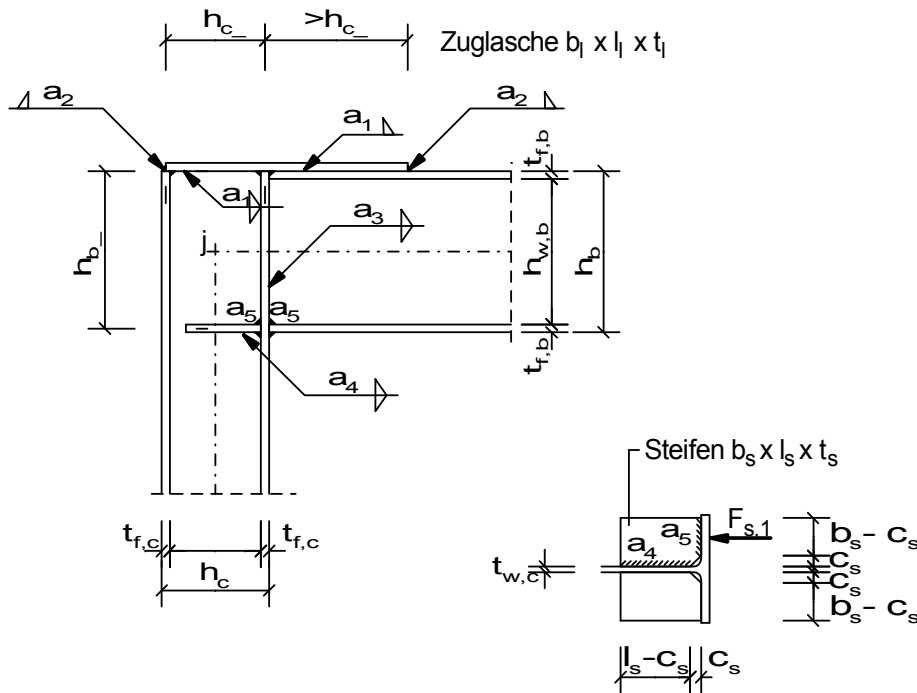
$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth},Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{II,Ed}^2 + \tau_{\text{orth},Ed}^2)} = 19,23 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnäht:

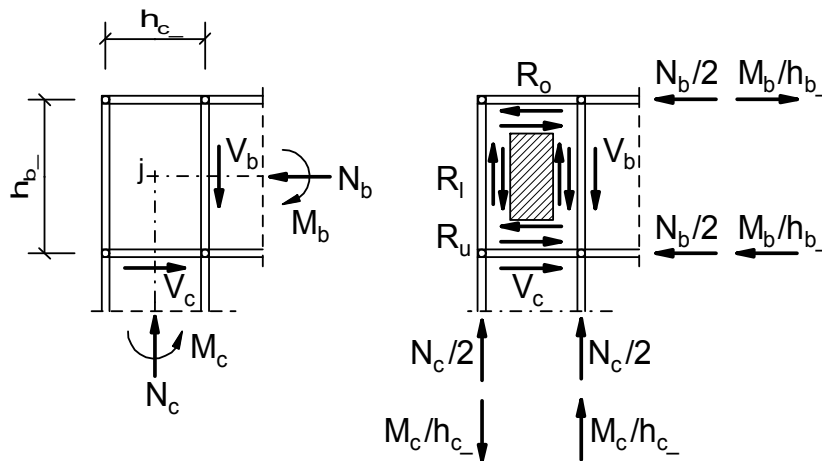
$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,53} < 1$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth},Ed}}{0,9 \cdot f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{0,16} < 1$$

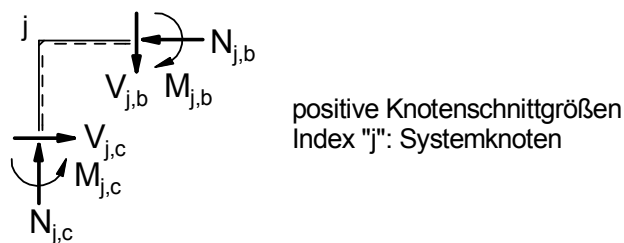
Biegesteife Rahmenecke mit Zuglasche



Berechnungsmodell



Knotenschnittgrößen



Querschnitte / Geometrie:

Träger:			
Träger Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	IPE
Träger-Profil ID1 =	GEW("EC3d"/Typ1; ID;)	=	IPE 270
Stütze:			
Stütze Typ2 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	=	HEB
Stützen-Profil ID2 =	GEW("EC3d"/Typ2; ID;)	=	HEB 180

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Stiel:			
Höhe h_c =	TAB("EC3d/"Typ2; h;ID=ID2;)	=	180,00 mm
Breite b_c =	TAB("EC3d/"Typ2; b;ID=ID2;)	=	180,00 mm
Steg $t_{w,c}$ =	TAB("EC3d/"Typ2; t_w;ID=ID2;)	=	8,50 mm
Flansch $t_{f,c}$ =	TAB("EC3d/"Typ2; t_f;ID=ID2;)	=	14,00 mm
Radius r_c =	TAB("EC3d/"Typ2; r;ID=ID2;)	=	15,00 mm
Fläche A_c =	TAB("EC3d/"Typ2; A; ID=ID2)	=	65,30 cm ²
Trägheitsmoment $I_{y,c}$ =	TAB("EC3d/"Typ2; I_y;ID=ID2;)	=	3830,00 cm ⁴
gerade Stegteilhöhe d_c =	$h_c - 2*t_{f,c} - 2*r_c$	=	122,00 mm
$h_{w,c}$ =	$h_c - 2*t_{f,c}$	=	152,00 mm
h_{c-} =	$h_c - t_{f,c}$	=	166,00 mm

Auswirkungen der Einwirkungen

(Indizes: Systemknoten j, Träger b, Stütze c, oben 1, unten 2)

am Knotenpunkt:

$N_{j,c,Ed}$ =	57,00 kN
$V_{j,c,Ed}$ =	36,00 kN
$M_{j,c,Ed}$ =	45,00 kNm
$N_{j,b,Ed}$ =	36,00 kN
$V_{j,b,Ed}$ =	57,00 kN
$M_{j,b,Ed}$ =	45,00 kNm

am Anschnitt:

$N_{c,Ed}$ =	$N_{j,c,Ed}$	=	57,00 kN
$V_{c,Ed}$ =	$V_{j,c,Ed}$	=	36,00 kN
$M_{c,Ed}$ =	$M_{j,c,Ed} - V_{j,c,Ed} * h_{b-} / (2*1000)$	=	40,32 kNm
$N_{b,Ed}$ =	$N_{j,b,Ed}$	=	36,00 kN
$V_{b,Ed}$ =	$V_{j,b,Ed}$	=	57,00 kN
$M_{b,Ed}$ =	$M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} * h_{c-} / (2*1000)$	=	40,27 kNm

Normalkräfte im Trägerturt:

$$F_{b,1} = \frac{N_{b,Ed}}{2} - \frac{M_{b,Ed}}{h_{b-}} * 10^3 = -137,00 \text{ kN}$$

$$F_{b,2} = \frac{N_{b,Ed}}{2} + \frac{M_{b,Ed}}{h_{b-}} * 10^3 = 173,00 \text{ kN}$$

$$\max F_b = \text{MAX}(\text{ABS}(F_{b,1}); \text{ABS}(F_{b,2})) = 173,00 \text{ kN}$$

Querkräfte in den Stegen:

$V_{w,b}$ =	$V_{b,Ed}$	=	57,00 kN
$V_{w,c}$ =	$V_{c,Ed}$	=	36,00 kN

Einstufung des Trägerquerschnitts in Querschnittklasse:**Steg:** Beanspruchung: Biegung und Druck

$$c = d_b = 219,60 \text{ mm}$$

$$\eta_b = \frac{|N_{b,Ed}|}{A_b * f_{y,k} / \gamma_{M0}} = 0,03$$

$$\alpha = \frac{1}{2} * \left(\frac{\eta_b * A_b}{d_b * t_{w,b}} + 1 \right) = 0,50$$

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_{w,b}}{396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_{w,b}}{36 * \epsilon / \alpha}) = \underline{0,46 < 1}$$

⇒ **Steg: Klasse 1**

Flansch: einseitig gestützt, auf Druck beansprucht:

$$c = \frac{(b_b - t_{w,b} - 2 * r_b)}{2} = 49,20 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_{f,b}}{9 * \epsilon} = \underline{0,54 < 1}$$

⇒ **Flansch: Klasse 1**

⇒ **Gesamtquerschnitt Träger: Klasse 1**

Einstufung des Stützenquerschnitts in Querschnittsklasse:

Steg: Biegung und Druck

$$c = d_c = 122,00 \text{ mm}$$

$$n_c = \frac{|N_{c,Ed}|}{A_c * f_{y,k} / \gamma_{M0}} = 0,04$$

$$\alpha = \left(\frac{n_c * A_c * 100}{d_c * t_{w,c}} + 1 \right) * \frac{1}{2} = 0,63$$

$$\text{WENN}(\alpha > 0,5; \frac{c/t_{w,c}}{396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1)}; \frac{c/t_{w,c}}{36 * \epsilon / \alpha}) = \underline{0,26 < 1}$$

⇒ **Steg: Klasse 1**

Flansch: einseitig gestützt, auf Druck beansprucht:

$$c = \frac{(b_c - t_{w,c} - 2 * r_c)}{2} = 70,75 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_{f,c}}{9 * \epsilon} = \underline{0,56 < 1}$$

⇒ **Flansch: Klasse 1**

⇒ **Gesamtquerschnitt Stütze: Klasse 1**

Stützeneckfeld:

Dicke des Eckbleches = Stegdicke des Stiels

Einleitungskräfte bzw. Schubkräfte: ($R_o = R_u$, $R_l = R_r$)

$$R_o = \frac{M_{b,Ed}}{h_{b-}} * 1000 - \frac{N_{b,Ed}}{2} = 137,00 \text{ kN}$$

$$R_r = \frac{M_{c,Ed}}{h_{c-}} * 1000 - \frac{N_{c,Ed}}{2} = 214,39 \text{ kN}$$

Konstante Schubspannungen:

$$\tau_p = \frac{R_o * 100}{h_{c-} * t_{w,c}} = 9,71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_r * 100}{h_{b-} * t_{w,c}} = 9,71 \text{ kN/cm}^2$$

Stützensteg mit Schubbeanspruchung:

$$\frac{d_c / t_{w,c}}{69 * \epsilon} = \underline{0,21 < 1}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Prüfung ob Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche erforderlich:

$$\frac{\eta = \frac{h_{w,c} / t_{w,c}}{72 * \varepsilon / \eta}}{1,20} = \underline{0,30 < 1}$$

⇒ kein Nachweis gegen Schubbeulen erforderlich.

Nachweis der Zuglasche und Anschlußnähte:

$$A_l = b_l * t_l / 100 = 15,00 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} * A_l = 352,50 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = R_o = 137,00 \text{ kN}$$

Nachweis Zugbeanspruchung der Zuglasche

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \underline{0,39 < 1}$$

Nachweis der Kehlnähte a₁:

$$\text{Mindestnahtdicke } a_{\min} = 3,00 \text{ mm}$$

$$\frac{a_1}{a_{\min}} = \underline{1,00 \geq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 * a_1; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{h_c - 2 * t_{f,c}}{l_{\min}} = \underline{5,07 > 1}$$

Naht rundum geführt

$$l_{\text{eff}} = h_c - 2 * t_{f,c} = 152,00 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_1 * l_{\text{eff}} / 100 = 94,85 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = R_o / 2 = 68,50 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a₁:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,72 < 1}$$

Nachweis der Kehlnähte a₂:

$$\frac{a_2}{a_{\min}} = \underline{1,67 \geq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 * a_2; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{b_l}{l_{\min}} = \underline{5,00 > 1}$$

Naht rundum geführt

$$l_{\text{eff}} = b_l - 2 * a_2 = 140,00 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_2 * l_{\text{eff}} / 100 = 145,60 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = R_o = 137,00 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a₂:

$$\frac{|F_{vw,Ed}|}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,94 < 1}$$

Nachweis der Stegnähte a_3 :

$$\frac{a_3}{a_{\min}} = \underline{1,00} \geq 1$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_3; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$l_{w3} = h_b - 2 \cdot t_{f,b} - 2 \cdot r_b = 219,60 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w3}}{l_{\min}} = \underline{7,32} > 1$$

$$l_{\text{eff}} = l_{w3} - 2 \cdot a_3 = 213,60 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} \cdot a_3 \cdot l_{\text{eff}} / 100 = 133,29 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = V_{b,Ed} / 2 = 28,50 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a_3 :

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,21} < 1$$

Steifen zur Kräfteinleitung der Untergurtkraft des Trägers in den Stützensteg:

Aufteilung der einzuleitenden Kraft auf Steifen und Steg

Ein Teil der Kraft $F_{b,2}$ wird direkt in den Stielsteg eingeleitet. Die Restkraft F_s wird von den Lasteinleitungsrippen übernommen.

$$F_s = F_{b,2} \cdot 2 \cdot \frac{b_s - c_s}{2 \cdot b_s + t_{w,c}} = 124,9 \text{ kN}$$

$$M_s = \frac{b_s + c_s}{4 \cdot 10} \cdot F_s = 249,80 \text{ kNcm}$$

Kraft auf eine Steife (Rippe)

$$F_{s,1} = F_s / 2 = 62,45 \text{ kN}$$

Kraft auf den Steg

$$F_{w,c,s} = F_{b,2} - 2 \cdot F_{s,1} = 48,10 \text{ kN}$$

$$A_s = (b_s - c_s) \cdot t_s / 100 = 5,00 \text{ cm}^2$$

Tragfähigkeit Druckbeanspruchung einer Steife

$$N_{c,Rd} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} \cdot A_s = 117,50 \text{ kN}$$

Nachweis Druckbeanspruchung der Steife

$$\frac{|F_{s,1}|}{N_{c,Rd}} = \underline{0,53} < 1$$

Nachweis Einleitung der Untergurtkraft des Trägers in den Stützensteg:

$$\frac{|F_{w,c,s}|}{F_{c,w,c,Rd}} = \underline{0,18} < 1$$

Nachweis der Steifennähte a_5 :

$$\frac{a_5}{a_{\min}} = \underline{1,67} \geq 1$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_5; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$l_{w5} = 2 \cdot b_s - c_s - 2 \cdot a_5 = 105,00 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w5}}{l_{\min}} = \underline{3,50} > 1$$

$$l_{\text{eff}} = l_{w5} - 2 * a_5 = 95,00 \text{ mm}$$

$$F_{vw,Rd} = f_{vw,Rd} * a_5 * l_{\text{eff}} / 100 = 98,80 \text{ kN}$$

Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte

$$F_{vw,Ed} = F_{b,2} / 2 = 86,50 \text{ kN}$$

Nachweis der Schweißnaht a₅:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{\underline{0,88 < 1}}$$

Nachweis der Steiffnähte a₄:

$$A_{w4} = 2 * a_4 * (l_s - c_s) / 100 = 11,50 \text{ cm}^2$$

$$W_{w4} = 2 * a_4 * (l_s - c_s)^2 / (6 * 1000) = 22,04 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{F_s}{A_{w4}} = 10,86 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{orth},Ed} = \frac{M_s / \sqrt{2}}{W_{w4}} = 8,01 \text{ kN/cm}^2$$

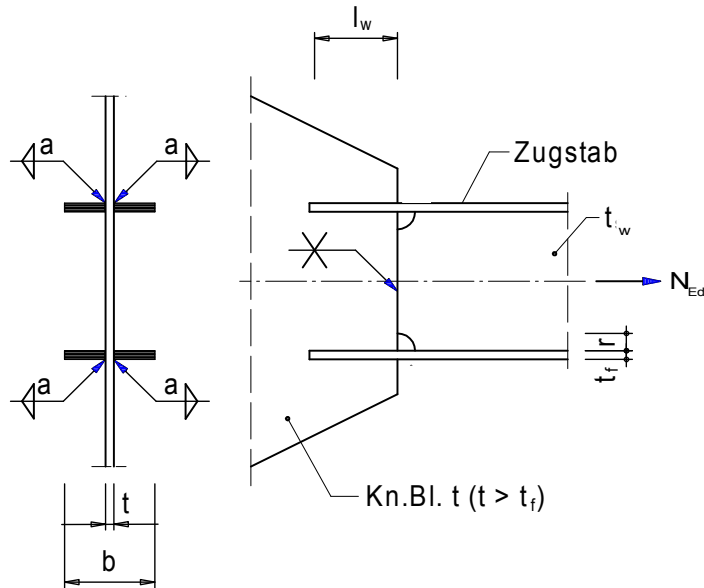
$$\sigma_{\text{orth},Ed} = \tau_{\text{orth},Ed} = 8,01 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\text{orth},Ed}^2 + 3 * (\tau_{II,Ed}^2 + \tau_{\text{orth},Ed}^2)} = 24,71 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,69 < 1}}$$

$$\frac{\sigma_{\text{orth},Ed}}{0,9 * f_{u,k} / \gamma_{M2}} = \underline{\underline{0,31 < 1}}$$

Zugstabanschluss an Knotenblech**Material:**

Stahl = GEW("EC3d/mat"; ID;) = S355

Querschnitte / Geometrie:

Träger:

Träger Typ1 = GEW("EC3d/Profile"; ID;) = IPE

Träger-Profil ID1 = GEW("EC3d/Typ1; ID;) = IPE 360

Ausrundungsradius r = 30,00 mm

Knotenblech:

Blechdicke t = 14,00 mm

Schweißnähte:

Kehlnähte a = 5,00 mm

Kehlnahtlänge l_w = 125,00 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} = 1,0

γ_{M1} = 1,0

γ_{M2} = 1,25

Materialkennwerte:

$f_{y,k}$ = TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10 = 35,50 kN/cm²

$f_{u,k}$ = TAB("EC3d/mat"; f_{uk} ; ID=Stahl)/10 = 51,00 kN/cm²

ϵ = $\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$ = 0,81

β_w = TAB("EC3d/mat"; β_{w} ; ID=Stahl) = 0,90

Querschnittswerte:

Zugstab:			
Höhe h =	TAB("EC3d"/"Typ1; h; ID=ID1;)	=	360,00 mm
Breite b =	TAB("EC3d"/"Typ1; b; ID=ID1;)	=	170,00 mm
Steg t_w =	TAB("EC3d"/"Typ1; tw; ID=ID1;)	=	8,00 mm
Flansch t_f =	TAB("EC3d"/"Typ1; tf; ID=ID1;)	=	12,70 mm
Stegfläche A_w =	$t_w * (h - 2 * (t_f + r)) / 100$	=	21,97 cm ²
Flanschfläche A_f =	$t_f * (b - t) / 100$	=	19,81 cm ²
Nettofläche A_n =	$A_w + 2 * A_f$	=	61,59 cm ²
Steghöhe h_w =	$h - 2 * t_f$	=	334,60 mm

Auswirkungen der Einwirkungen:

Zugkraft N_{Ed} =			1800,00 kN
---------------------	--	--	------------

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Einseitig gestützter Flansch, auf Druck beansprucht			
c =	$(b - t_w - 2 * r) / 2$	=	51,00 mm

$$\frac{c / t_f}{9 * \epsilon} = \underline{0,55 < 1}$$

⇒ Flansch: Klasse 1

Beidseitig gestützter Steg, auf Biegung beansprucht:

c =	$h_w - 2 * r$	=	274,60 mm
-------	---------------	---	-----------

$$\frac{c / t_w}{72 * \epsilon} = \underline{0,59 < 1}$$

⇒ Steg: Klasse 1

⇒ **Querschnitt: Klasse 1**

Zugbeanspruchung:

$N_{pl,Rd}$ =	$\frac{f_{y,k} * A_n}{\gamma_{M0}}$	=	2186,45 kN
---------------	-------------------------------------	---	------------

$N_{t,Rd}$ =	$N_{pl,Rd}$	=	2186,45 kN
--------------	-------------	---	------------

Nachweis Zugbeanspruchung

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \underline{0,82 < 1}$$

Nachweis der Schweißnähte:

anteilige Steg- und Flanschkräfte:

$F_{f,Ed}$ =	$\frac{A_f}{A_n} * N_{Ed}$	=	578,96 kN/cm
--------------	----------------------------	---	--------------

$F_{w,Ed}$ =	$\frac{A_w}{A_n} * N_{Ed}$	=	642,08 kN/cm
--------------	----------------------------	---	--------------

Nachweis der Kehlnähte a:

$$\begin{aligned} \text{Mindestnahtdicke } a_{\min} &= 3,00 \text{ mm} \\ \frac{a}{a_{\min}} &= \underline{1,67 > 1} \\ l_{\min} &= \text{MAX}(6*a;30) = 30,00 \text{ mm} \\ \frac{l_w}{l_{\min}} &= \underline{4,17 > 1} \\ l_{\text{eff}} &= \frac{l_w - 2 * a}{f_{u,k} / \sqrt{3}} = 115,00 \text{ mm} \\ f_{vw,Rd} &= \frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{f_{u,k} / \sqrt{3}} = 26,17 \text{ kN/cm}^2 \\ F_{vw,Rd} &= f_{vw,Rd} * a * l_{\text{eff}} / 100 = 150,48 \text{ kN/cm} \\ \text{Resultierende der auf eine Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte} \\ F_{vw,Ed} &= F_{f,Ed} / 4 = 144,74 \text{ kN/cm} \end{aligned}$$

Nachweis der Schweißnaht a:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,96 < 1}$$

Nachweis der Stumpfnah:

$$\begin{aligned} \text{Nahtdicke (Nahtgüte nachgewiesen!!)} \\ a &= t_f = 12,70 \text{ mm} \\ l_{\text{eff}} &= h_w - 2 * r - 2 * a = 249,20 \text{ mm} \\ F_{vw,Rd} &= f_{vw,Rd} * a * l_{\text{eff}} / 100 = 828,24 \text{ kN/cm} \\ F_{vw,Ed} &= F_{w,Ed} = 642,08 \text{ kN/cm} \end{aligned}$$

Nachweis der Schweißnaht:

$$\frac{F_{vw,Ed}}{F_{vw,Rd}} = \underline{0,78 < 1}$$

Zugbeanspruchung im Flansch:

$$N_{t,Rd} = \frac{f_{y,k} * A_f}{\gamma_{M0}} = 703,3 \text{ kN}$$

Nachweis Zugbeanspruchung

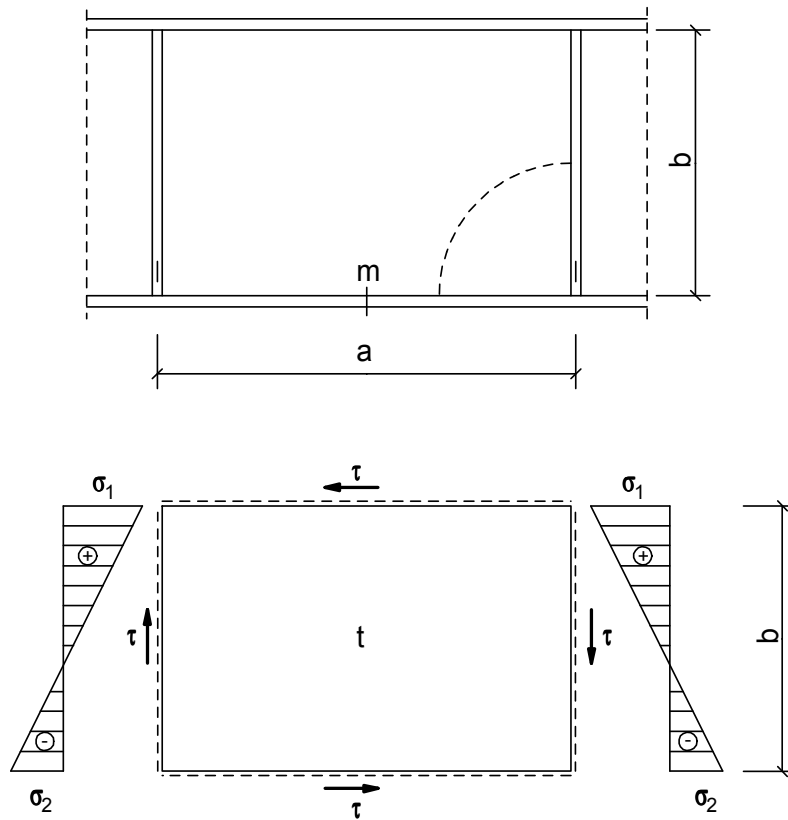
$$\frac{|F_{f,Ed}|}{N_{t,Rd}} = \underline{0,82 < 1}$$

Erweiterte Stahlbaubibliothek nach Eurocode 3

Stabilitätsnachweise

Unversteiftes Beulfeld nach EC3-1-5

Nachweis der Beulsicherheit eines nicht ausgesteiften Blechfeldes.

**Geometrie:**

Beulfeldlänge $a =$	200,0 mm
Beulfeldbreite $b =$	800,0 mm
Blechdicke $t_w =$	6,0 mm

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,0

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S355
$f_{y,k} =$	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	35,5 kN/cm ²
$\epsilon =$	$\sqrt{\frac{235}{f_{y,k} * 10}}$	=	0,81
$E =$	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)	=	210000 N/mm ²
Poissonzahl $\nu =$			0,3

Einwirkungen:

Spannungen:

 σ_1 , σ_2 und τ sind die mit γ_F -fachen Schnittgrößen ermittelten Spannungen. σ_1 : betragsmäßig größte Druckspannung (Druck positiv) σ_2 : Spannung am gegenüberliegenden Rand (Zug negativ) τ : Schubspannungen (immer positiv)

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Abminderungsfaktor Interaktion

$$\rho_c = (\rho - \chi_c) \cdot \xi \cdot (2 - \xi) + \chi_c = 0,612$$

wirksame Querschnittswerte

$$b_{\text{eff}} = \text{WENN}(\psi < 0; \frac{\rho_c \cdot b}{1 - \psi}; \rho_c \cdot b) = 489,60 \text{ mm}$$

$$b_{e1} = \text{WENN}(\psi < 0; 0,4 \cdot b_{\text{eff}}; \frac{2}{5 - \psi} \cdot b_{\text{eff}}) = 230,40 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = b_{\text{eff}} - b_{e1} = 259,20 \text{ mm}$$

$$A_{c,\text{eff}} = b_{\text{eff}} \cdot t_w / 100 = 29,38 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = A_{c,\text{eff}} = 29,38 \text{ cm}^2$$

$$z_s = \frac{t_w \cdot \frac{b_{e1}^2}{2} + t_w \cdot b_{e2} \cdot \left(b - \frac{b_{e2}}{2}\right)}{A_{\text{eff}} \cdot 1000} = 40,91 \text{ cm}$$

Verschiebung der Schwerpunktlage

$$e_N = z_s - (b/10)/2 = 0,91 \text{ cm}$$

Trägheitsmoment um die Schwerpunktlage des wirksamen Querschnitts

$$I_{y1} = \left(\frac{t_w \cdot b_{e1}^3}{12} + t_w \cdot b_{e1} \cdot \left(z_s \cdot 10 - \frac{b_{e1}}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 12552 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = \left(\frac{t_w \cdot b_{e2}^3}{12} + t_w \cdot b_{e2} \cdot \left(-z_s \cdot 10 + b - \frac{b_{e2}}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 11489 \text{ cm}^4$$

$$I_{y,\text{eff}} = I_{y1} + I_{y2} = 24041 \text{ cm}^4$$

$$z_{\text{max}} = \text{MAX}(b/10 - z_s; z_s) = 40,91 \text{ cm}$$

$$W_{\text{eff}} = I_{y,\text{eff}} / z_{\text{max}} = 587,66 \text{ cm}^3$$

Nachweis Plattenbeulen bei Längsspannungen

$$\eta_1 = \frac{N_{\text{Ed}}}{\gamma_{\text{M0}} \cdot f_{y,k} \cdot A_{\text{eff}}} + \frac{M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot e_N}{\gamma_{\text{M0}} \cdot f_{y,k} \cdot W_{\text{eff}}} = \underline{\underline{0,37 < 1}}$$

Interaktion Normalspannungs- und Schubbeulen

(keine Spannungen in Querrichtung)

$$\sigma_{x,\text{Ed}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{eff}}} + \frac{M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot e_N}{W_{\text{eff}}} = 13,05 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\text{Ed}} = \frac{V_{\text{Ed}}}{A_{\text{eff}}} = 3,27 \text{ kN/cm}^2$$

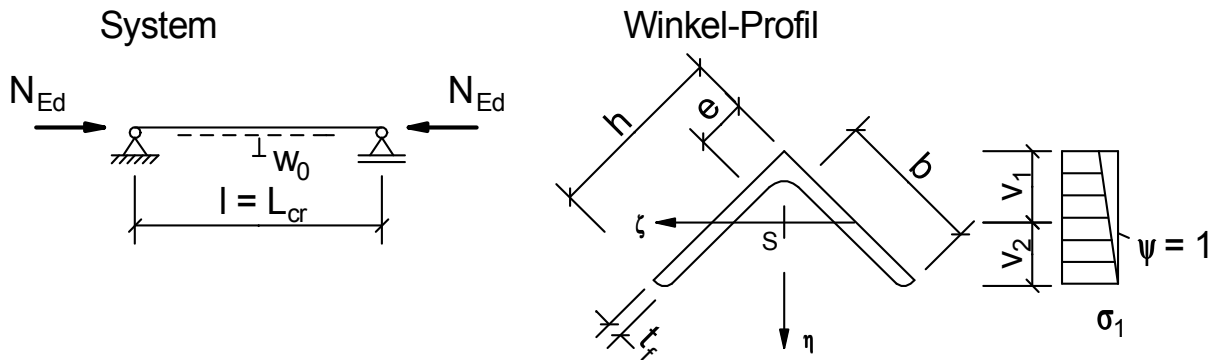
$$\rho = \text{MIN}(\rho_c; \chi_w) = 0,612$$

Nachweis Normalspannungs- und Schubbeulen

$$\frac{1}{\rho^2} \cdot \left(\left(\frac{\sigma_{x,\text{Ed}}}{f_{y,k} / \gamma_{\text{M1}}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{\text{Ed}}}{f_{y,k} / \gamma_{\text{M1}}} \right)^2 \right) = \underline{\underline{0,43 < 1}}$$

Winkel-Profil Druckstab

Beidseitig gelenkig gelagerter Druckstab mit einfach-symmetrischem Winkel-Profil-Querschnitt.

**Querschnitte / Geometrie:**

Gleichschenkliger Winkel:

Typ = GEW("EC3d/WG"; ID;) = L 200x16

Knicklänge L_{cr} = 3000,00 mm

Abmessungen:

 h = TAB("EC3d/WG"; h; ID=Typ) = 200,00 mm t = TAB("EC3d/WG"; t; ID=Typ) = 16,00 mm r_1 = TAB("EC3d/WG"; r1; ID=Typ) = 18,00 mm r_2 = TAB("EC3d/WG"; r2; ID=Typ) = 9,00 mm b = $h - t - r_1$ = 166,00 mm e = TAB("EC3d/WG"; e; ID=Typ) = 5,52 cm v_1 = TAB("EC3d/WG"; v1; ID=Typ) = 7,80 cm v_2 = TAB("EC3d/WG"; v2; ID=Typ) = 7,09 cm z_M = $\left(e - \frac{t}{2 \cdot 10}\right) \cdot \sqrt{2}$ = 6,68 cm

Fläche:

 A = TAB("EC3d/WG"; A; ID=Typ) = 61,80 cm²

Trägheitsmomente, Trägheitsradien:

 I_ζ = TAB("EC3d/WG"; Izeta; ID=Typ) = 943,00 cm⁴ I_η = TAB("EC3d/WG"; Ieta; ID=Typ) = 3740,00 cm⁴ i_ζ = TAB("EC3d/WG"; izeta; ID=Typ) = 3,91 cm i_η = TAB("EC3d/WG"; ieta; ID=Typ) = 7,78 cm i_p = $\sqrt{i_r^2 + i_n^2}$ = 8,71 cm i_M = $\sqrt{i_p^2 + z_M^2}$ = 10,98 cm

Drillwiderstand:

 β = $0,07 + 0,08 \cdot \frac{r_1}{t}$ = 0,1600 D = $0,82843 \cdot ((r_1 + t) \cdot \sqrt{2} - r_1) / 10$ = 2,492 cm I_T = $\frac{2}{3} \cdot (h - 0,815 \cdot t) \cdot t^3 \cdot 10^{-4} + \beta \cdot D^4$ = 57,22 cm⁴verdrehweicher Querschnitt ($I_w = 0$ cm⁶)

Teilsicherheitsbeiwerte:

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

Auswirkungen der Einwirkungen:

Normalkraft (Druck positiv)
Druckkraft $N_{Ed} = 950,0 \text{ kN}$

Material:

$$\begin{aligned} \text{Stahl} &= \text{GEW}(\text{"EC3d/mat"; ID;}) &= & \text{S355} \\ f_{y,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{y,k}; \text{ID=Stahl})/10 &= & 35,5 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{u,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{u,k}; \text{ID=Stahl})/10 &= & 51,0 \text{ kN/cm}^2 \\ \varepsilon &= \sqrt{\frac{235 / 10}{f_{y,k}}} &= & 0,81 \\ E &= \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; E; ID=Stahl})/10 &= & 21000 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Poissonzahl } \nu &= &= & 0,3 \\ G &= \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} &= & 8077 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Einstufung des Querschnitts:

Wenn $h/t \leq 15\varepsilon$ dann Kriterium für Klasse 3: $\frac{(h+h)/(2 \cdot t)}{11,5 \cdot \varepsilon} < 1$

$$\frac{h/t}{15 \cdot \varepsilon} = \underline{\underline{1,03 \text{ nicht} < 1}}$$

⇒ **Querschnittsklasse 4**

Wirksamer Querschnitt

Spannungsverhältnis $\psi = 1$
Beulwert $k_{\sigma} = 0,43$

$$\lambda_{\text{quer,p}} = \frac{b/t}{\sqrt{\frac{E \cdot \pi^2}{23,5 \cdot 12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\sigma}}}} = 0,687$$

$$\rho = \text{WENN}(\lambda_{\text{quer,p}} > 0,673; \frac{\lambda_{\text{quer,p}}^{-0,055 \cdot (3 + \psi)}}{2}; 1) = 0,989$$

$$\rho = \text{MIN}(\rho; 1) = 0,989$$

$$b_{\text{eff}} = \text{WENN}(\psi < 0; \frac{\rho \cdot h}{1 - \psi}; \rho \cdot h) = 197,80 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} + 0,5 \cdot (h - b_{\text{eff}}) = 198,90 \text{ mm}$$

$$A_{\text{eff}} = (2 \cdot b_{\text{eff}} \cdot t - t^2) \cdot 10^{-2} = 61,09 \text{ cm}^2$$

Schwerpunkt des wirksamen Querschnitts:

$$\eta_{s,\text{eff}} = \frac{2 \cdot b_{\text{eff}}^2 \cdot \frac{t}{2 \cdot \sqrt{2}} - t^2 \cdot \frac{t \cdot \sqrt{2}}{2}}{(2 \cdot b_{\text{eff}} \cdot t - t^2) \cdot 10} = 7,28 \text{ cm}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

$$\lambda_{\text{quer},\eta} = \frac{L_{\text{cr}}}{i \cdot 10} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 0,507$$

$$\lambda_{\text{quer}} = \frac{L_{\text{cr}}}{i \cdot 10} \cdot \frac{\sqrt{A_{\text{eff}} / A}}{\lambda_1} = 0,504$$

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{\text{quer}} - 0,2) + \lambda_{\text{quer}}^2) = 0,679$$

$$\chi_{\eta} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{\text{quer}}^2}}; 1,0\right) = 0,882$$

$$\lambda_{\text{quer,max}} = \text{MAX}(\lambda_{\text{quer},\zeta}; \lambda_{\text{quer},\eta}) = 1,009$$

$$N_{\text{cr}} = \text{MIN}(N_{\text{cr},\zeta}; N_{\text{cr},\eta}) = 2171,64 \text{ kN}$$

Abminderungsfaktor der maßgebenden Biegeknickrichtung

$$\chi_{\text{min}} = \text{MIN}(\chi_{\zeta}; \chi_{\eta}) = 0,595$$

Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken χ_{LT}

Schlankheitsgrad für Drillknicken oder Biegedrillknicken:

$$\lambda_{\text{quer,LT}} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0}}{N_{\text{cr}}}} = 0,999$$

$$\text{Knicklinie d } \alpha_{\text{LT}} = 0,76$$

$$\text{empfohlen max } 0,4 \lambda_{\text{quer,LT},0} = 0,4$$

$$\text{empfohlen min } 0,75 \beta = 0,75$$

$$\Phi_{\text{LT}} = 0,5 \cdot (1 + \alpha_{\text{LT}} \cdot (\lambda_{\text{quer,LT}} - \lambda_{\text{quer,LT},0}) + \beta \cdot \lambda_{\text{quer,LT}}^2) = 1,102$$

$$\chi_{\text{LT}} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{\text{LT}} + \sqrt{\Phi_{\text{LT}}^2 - \beta \cdot \lambda_{\text{quer,LT}}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{\text{quer,LT}}^2}\right) = 0,560$$

Imperfektionen:

L-Querschnitt, Ausweichen rechtwinklig zu jeder Achse \Rightarrow **Knicklinie b**

$$\chi = \chi_{\text{min}} = 0,595$$

$$\lambda_{\text{quer}} = \lambda_{\text{quer,p}} = 0,687$$

Vorkrümmung

$$e_{0,d} = \text{WENN}(\lambda_{\text{quer}} > 0,2; \alpha \cdot (\lambda_{\text{quer}} - 0,2) \cdot \frac{W_{\text{eff}}}{A_{\text{eff}}} \cdot \frac{1 - \chi \cdot \lambda_{\text{quer}}^2 / \gamma_{M1}}{1 - \chi \cdot \lambda_{\text{quer}}^2}; 0) = 0,32 \text{ cm}$$

Biegemoment

$$M_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed}} \cdot (e_N + e_{0,d}) = 342,00 \text{ kNcm}$$

Interaktionsfaktoren

offener Querschnitt \Rightarrow verdrehweiches Bauteil (ohne Verdrehbehinderung)

$$N_{\text{cr,zeta}} = N_{\text{cr},\zeta} = 2171,6 \text{ kN}$$

$$N_{\text{cr,eta}} = N_{\text{cr},\eta} = 8612,9 \text{ kN}$$

$$\mu_{\zeta} = \frac{1 - N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr,zeta}}}{1 - \chi_{\zeta} \cdot N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr,zeta}}} = 0,76$$

$$\mu_{\eta} = \frac{1 - N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr,eta}}}{1 - \chi_{\eta} \cdot N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr,eta}}} = 0,99$$

$$C_{m\zeta,0} = 1 + 0,03 \cdot N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr,zeta}} = 1,013$$

$$C_{m\eta,0} = 1 + 0,03 \cdot N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr,eta}} = 1,003$$

$$M\text{-Verlauf Interaktion } C_1 = 1,0$$

$$i_0 = \sqrt{i_\zeta^2 + i_\eta^2 + \eta_s^2} = 129,40 \text{ cm}$$

Bauteil-Knicklänge für Drillknicken

$$L_{cr,T} = \frac{L_{cr}}{G * I_T} = 3000,00 \text{ mm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{G * I_T}{i_0} = 3571,61 \text{ kN}$$

$$\lambda_{quer,0} = \lambda_{quer,LT} = 0,999$$

Grenzwert von $\lambda_{quer,0}$

$$\lambda_{q0} = 0,2 * \sqrt{C_1} * \left(\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,eta}} \right) * \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}} \right) \right)^{0,25} = 0,180$$

$$\frac{\lambda_{q0}}{\lambda_{quer,0}} = \underline{0,18 < 1}$$

Für $\lambda_{quer,0} \leq \lambda_0$ gilt:

$$C_{my} = C_{my,0}$$

$$C_{mz} = C_{mz,0}$$

$$C_{mLT} = 1,000$$

Für $\lambda_{quer,0} > \lambda_0$ gilt:

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_T}{I_\zeta} = 0,94$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} * \frac{A_{eff}}{W_{eff}} = 0,18$$

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) * \frac{\sqrt{\varepsilon_y} * a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} * a_{LT}} = 1,009$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 1,003$$

$$C_{mLT} = \frac{MAX(C_{my}^2 * \frac{a_{LT}}{\sqrt{(1 - N_{Ed}/N_{cr,eta}) * (1 - N_{Ed}/N_{cr,T})}}; 1)}{1} = 1,184$$

Interaktionsbeiwerte nach Anhang A
- für Klasse3, Klasse 4

$$k_{yy} = C_{my} * C_{mLT} * \frac{\mu_\zeta}{1 - N_{Ed}/N_{cr,zeta}} = 1,614$$

$$k_{zy} = C_{my} * C_{mLT} * \frac{\mu_\eta}{1 - N_{Ed}/N_{cr,eta}} = 1,329$$

Nachweise Knickbeanspruchbarkeit:

$$\frac{|N_{Ed}|}{\chi_\zeta * A_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} + k_{yy} * \frac{N_{Ed} * (e_N + e_{0,d})}{\chi_{LT} * W_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} = \underline{0,97 < 1}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{\chi_\eta * A_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} + k_{zy} * \frac{N_{Ed} * (e_N + e_{0,d})}{\chi_{LT} * W_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} = \underline{0,69 < 1}$$

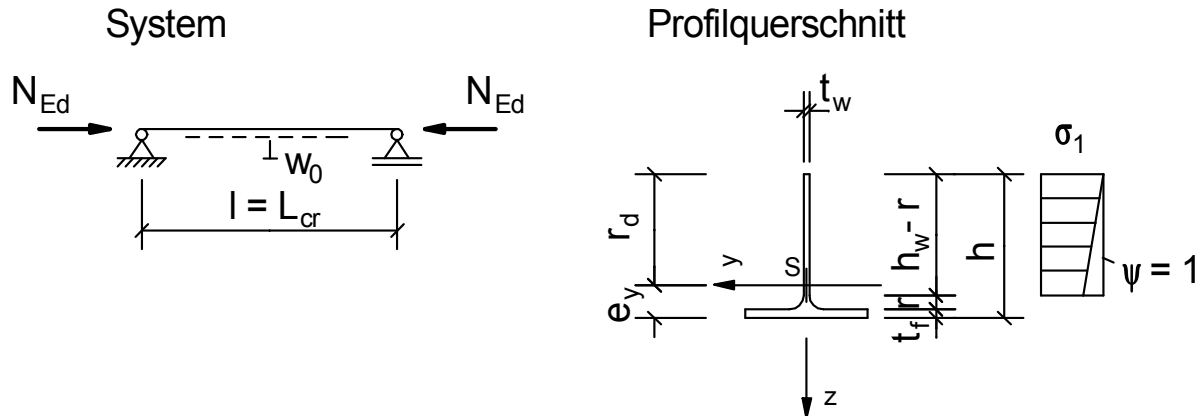
Beanspruchbarkeit des Querschnitts**Nachweis Querschnittsbeanspruchung**

$$\frac{|N_{Ed}|}{A_{eff} \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0}} + \frac{|M_{Ed}|}{W_{eff} \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0}} = \underline{0,52 < 1}$$

T-Profil Druckstab

Beidseitig gelenkig gelagerter Druckstab mit Querschnitt aus geteiltem I-Profil.

Ideales Biegedrillknickmoment M_{cr} aus externer Berechnung (siehe z. B. Vorlage Kippmoment_Mcr.hed).

**Querschnitte / Geometrie:**

Stahlprofil:

Typ1 = GEW("EC3d/Profile";ID;) = HEA
 Profil Typ = GEW("EC3d/Typ1; ID;) = HEA 200
 Profilhöhe h = 162,00 mm

Knicklänge L_{cr} = 3750,00 mm

Abmessungen:

b = TAB("EC3d/Typ1; b; ID=Typ) = 200,00 mm
 t_f = TAB("EC3d/Typ1; t_f ; ID=Typ) = 10,00 mm
 t_w = TAB("EC3d/Typ1; t_w ; ID=Typ) = 6,50 mm
 r = TAB("EC3d/Typ1; r; ID=Typ) = 18,00 mm
 h_w = h - t_f = 152,00 mm

Fläche:

A_1 = $t_w * h_w / 100$ = 9,88 cm²
 A_2 = $t_f * b / 100$ = 20,00 cm²
 A_3 = $0,4292 * r^2 / 100$ = 1,39 cm²
 A = $A_1 + A_2 + A_3$ = 31,27 cm²

Schwerpunkt:

S = $0,5 * A_1 * h / 10 + A_3 * (t_f / 20 + 0,2234 * r / 10)$ = 81,28 cm³

z_s = $\frac{S}{A}$ = 2,60 cm

e_y = $z_s + \frac{t_f}{2 * 10}$ = 3,10 cm

z_1 = $0,5 * h / 10 - z_s$ = 5,50 cm

z_2 = z_s = 2,60 cm

z_3 = $z_s - 0,5 * t_f / 10 - 0,2234 * r / 10$ = 1,70 cm

Trägheitsmomente:

I_{y1} = $\left(\frac{t_w * h_w^3 + b * t_f^3}{12} + 0,015 * r^4 \right) * 10^{-4}$ = 192,05 cm⁴

I_{y2} = $A_1 * z_1^2 + A_2 * z_2^2 + A_3 * z_3^2$ = 438,09 cm⁴

I_y = $I_{y1} + I_{y2}$ = 630,14 cm⁴

$$I_{z1} = \frac{h_w \cdot t_w^3 + t_f \cdot b^3}{12} \cdot 10^{-4} = 667,01 \text{ cm}^4$$

$$I_{z2} = \left(0,015 \cdot r^4 + A_3 \cdot 100 \cdot \left(\frac{t_w}{2} + 0,2234 \cdot r \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 0,89 \text{ cm}^4$$

$$I_z = I_{z1} + I_{z2} = 667,90 \text{ cm}^4$$

Trägheitsradien:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 4,49 \text{ cm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 4,62 \text{ cm}$$

$$i_p = \sqrt{i_y^2 + i_z^2} = 6,44 \text{ cm}$$

$$i_M = \sqrt{i_p^2 + Z_s} = 6,95 \text{ cm}$$

Drillwiderstand:

$$\alpha = \left(0,145 + 0,1 \cdot \frac{r}{t_f} \right) \cdot \frac{t_w}{t_f} = 0,2112$$

$$D = \frac{(r + t_f)^2 + t_w \cdot \left(r + \frac{t_w}{4} \right)}{2 \cdot r + t_f} = 19,817 \text{ mm}$$

$$I_T = \left(\left(1 - 0,63 \cdot \frac{t_f}{b} \right) \cdot b \cdot \frac{t_f^3}{3} + (h - t_f) \cdot \frac{t_w^3}{3} + \alpha \cdot D^4 \right) \cdot 10^{-4} = 11,11 \text{ cm}^4$$

verdrehweicher Querschnitt ($I_w = 0 \text{ cm}^6$)**Teilsicherheitsbeiwerte:**

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

Auswirkungen der Einwirkungen:

Normalkraft (Druck positiv)

$$\text{Druckkraft } N_{Ed} = 200,00 \text{ kN}$$

Material:

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"EC3d/mat"; ID;}) = \text{S355}$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } f_{yk}; \text{ ID=Stahl})/10 = 35,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} = 0,81$$

$$E = \text{TAB}(\text{"EC3d/mat"; } E; \text{ ID=Stahl})/10 = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Poissonzahl } \nu = 0,3$$

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

Einstufung des Querschnitts:

Flansch: einseitig gestützt, auf Druck beansprucht:

$$c = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 78,75 \text{ mm}$$

$$\frac{c / t_f}{10 \cdot \varepsilon} = \underline{0,97 < 1}$$

⇒ Flansch: Klasse 2

Steg: einseitig gestützt, auf Druck beansprucht:

$$c = h - t_f - r = 134,00 \text{ mm}$$

Kriterium für Querschnittsklasse 3:

$$\frac{c / t_w}{14 \cdot \varepsilon} = \underline{1,82 \text{ nicht } < 1}$$

⇒ Steg: Klasse 4

⇒ Gesamtquerschnitt: Klasse 4

Wirksamer Querschnitt:

einseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1$$

$$\text{Beulwert } k_\sigma = 0,43$$

$$\lambda_{\text{quer,p}} = \frac{c / t_w}{\sqrt{\frac{E \cdot \pi^2}{23,5 \cdot 12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}}} = 1,366$$

Abminderungsfaktor Plattenbeulen

$$\rho = \text{WENN}(\lambda_{\text{quer,p}} > 0,673; \frac{\lambda_{\text{quer,p}} - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{2}; 1) = 0,614$$

$$\rho = \text{MIN}(\rho; 1) = 0,614$$

$$b_{\text{eff}} = \text{WENN}(\psi < 0; \frac{\rho \cdot c}{1 - \psi}; \rho \cdot c) = 82,28 \text{ mm}$$

$$h_{\text{eff,1}} = b_{\text{eff}} + r = 100,28 \text{ mm}$$

$$A_{1e} = h_{\text{eff,1}} \cdot t_w / 100 = 6,52 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = A_{1e} + A_2 + A_3 = 27,91 \text{ cm}^2$$

$$\beta_A = A_{\text{eff}} / A = 0,89$$

Schwerpunkt des wirksamen Querschnitts:

$$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} + r + t_f = 110,28 \text{ mm}$$

$$S_{\text{eff}} = 0,5 \cdot A_{1e} \cdot h_{\text{eff}} / 10 + A_3 \cdot (t_f / 20 + 0,2234 \cdot r / 10) = 37,21 \text{ cm}^3$$

$$z_{s,\text{eff}} = \frac{S_{\text{eff}}}{A_{\text{eff}}} = 1,33 \text{ cm}$$

$$e_{y,\text{eff}} = z_{s,\text{eff}} + \frac{t_f}{2 \cdot 10} = 1,83 \text{ cm}$$

Verschiebung der Schwerpunktschse:

$$e_N = z_s - z_{s,\text{eff}} = 1,27 \text{ cm}$$

⇒ zusätzliches Biegemoment

$$z_{1e} = 0,5 \cdot h_{\text{eff}} / 10 - z_{s,\text{eff}} = 4,18 \text{ cm}$$

$$z_{2e} = z_{s,\text{eff}} = 1,33 \text{ cm}$$

$$z_{3e} = z_{s,\text{eff}} - 0,5 \cdot t_f / 10 - 0,2234 \cdot r / 10 = 0,43 \text{ cm}$$

Trägheitsmomente des wirksamen Querschnitts:

$$I_{y1e} = \left(\frac{t_w \cdot h_{\text{eff},1}^3 + b \cdot t_f^3}{12} + 0,015 \cdot r^4 \right) \cdot 10^{-4} = 56,45 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2e} = A_{1e} \cdot z_{1e}^2 + A_2 \cdot z_{2e}^2 + A_3 \cdot z_{3e}^2 = 149,56 \text{ cm}^4$$

$$I_{ye} = I_{y1e} + I_{y2e} = 206,01 \text{ cm}^4$$

$$I_{z1e} = \frac{h_{\text{eff},1} \cdot t_w^3 + t_f \cdot b^3}{12} \cdot 10^{-4} = 666,90 \text{ cm}^4$$

$$I_{z2e} = \left(0,015 \cdot r^4 + A_3 \cdot 100 \cdot \left(\frac{t_w}{2} + 0,2234 \cdot r \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 0,89 \text{ cm}^4$$

$$I_{ze} = I_{z1e} + I_{z2e} = 667,79 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{eff}} = I_{ye} = 206,01 \text{ cm}^4$$

Widerstandsmoment des wirksamen Querschnitts:

$$W_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{eff}}}{e_{y,\text{eff}}} = 112,57 \text{ cm}^3$$

Knickbeanspruchbarkeit:**Abminderungsbeiwerte für Biegeknicke $\chi_y \chi_z$**

$$\text{Knicklinie } c \alpha = 0,49$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E / 235 / 10 \cdot \varepsilon} = 76,07$$

Knicken um die y-Achse:

$$I = I_y = 630,14 \text{ cm}^4$$

$$i = i_y = 4,49 \text{ cm}$$

$$N_{\text{cr},y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(L_{\text{cr}} / 10)^2} = 928,74 \text{ kN}$$

$$\lambda_{\text{quer},y} = \frac{L_{\text{cr}}}{i \cdot 10} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1,098$$

$$\lambda_{\text{quer}} = \frac{L_{\text{cr}}}{i \cdot 10} \cdot \frac{\sqrt{A_{\text{eff}} / A}}{\lambda_1} = 1,037$$

$$\Phi = \frac{0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{\text{quer}} - 0,2) + \lambda_{\text{quer}}^2)}{1} = 1,243$$

$$\chi_y = \frac{\text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{\text{quer}}^2}}; 1,0\right)}{1} = 0,519$$

Knicken um die z-Achse:

$$i = i_z = 4,62 \text{ cm}$$

$$I = I_z = 667,90 \text{ cm}^4$$

$$N_{\text{cr},z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(L_{\text{cr}} / 10)^2} = 984,39 \text{ kN}$$

$$\lambda_{\text{quer},z} = \frac{L_{\text{cr}}}{i \cdot 10} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1,067$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

verdrehweicher Querschnitt ($I_w = 0 \text{ cm}^6$):

$$N_{cr,T} = \frac{G * I_T}{i_0} = 1859,42 \text{ kN}$$

$$\lambda_{quer,0} = \lambda_{quer,LT} = 0,512$$

Grenzwert von $\lambda_{quer,0}$

$$\lambda_{q0} = 0,2 * \sqrt{C_1} * \left(\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) * \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}} \right) \right)^{0,25} = 0,184$$

$$\frac{\lambda_{q0}}{\lambda_{quer,0}} = \underline{0,36 < 1}$$

Für $\lambda_{quer,0} \leq \lambda_0$ gilt:

$$C_{my} = C_{my,0}$$

$$C_{mz} = C_{mz,0}$$

$$C_{mLT} = 1,000$$

Für $\lambda_{quer,0} > \lambda_0$ gilt:

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_T}{I_y} = 0,98$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} * \frac{A_{eff}}{W_{eff}} = 0,78$$

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) * \frac{\sqrt{\varepsilon_y} * a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} * a_{LT}} = 1,003$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 1,006$$

$$C_{mLT} = \text{MAX} \left(C_{my}^2 * \frac{a_{LT}}{\sqrt{(1 - N_{Ed}/N_{cr,z}) * (1 - N_{Ed}/N_{cr,T})}}; 1 \right) = 1,169$$

Interaktionsbeiwerte nach Anhang A

$$k_{yy} = C_{my} * C_{mLT} * \frac{\mu_y}{1 - N_{Ed}/N_{cr,y}} = 1,315$$

$$k_{zy} = C_{my} * C_{mLT} * \frac{\mu_z}{1 - N_{Ed}/N_{cr,y}} = 1,330$$

Nachweise Knickbeanspruchbarkeit:

$$\frac{|N_{Ed}|}{\chi_y * A_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} + k_{yy} * \frac{N_{Ed} * (e_N + e_{0,d})}{\chi_{LT} * W_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} = \underline{0,62 < 1}$$

$$\frac{|N_{Ed}|}{\chi_z * A_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} + k_{zy} * \frac{N_{Ed} * (e_N + e_{0,d})}{\chi_{LT} * W_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M1}} = \underline{0,61 < 1}$$

Beanspruchbarkeit des Querschnitts

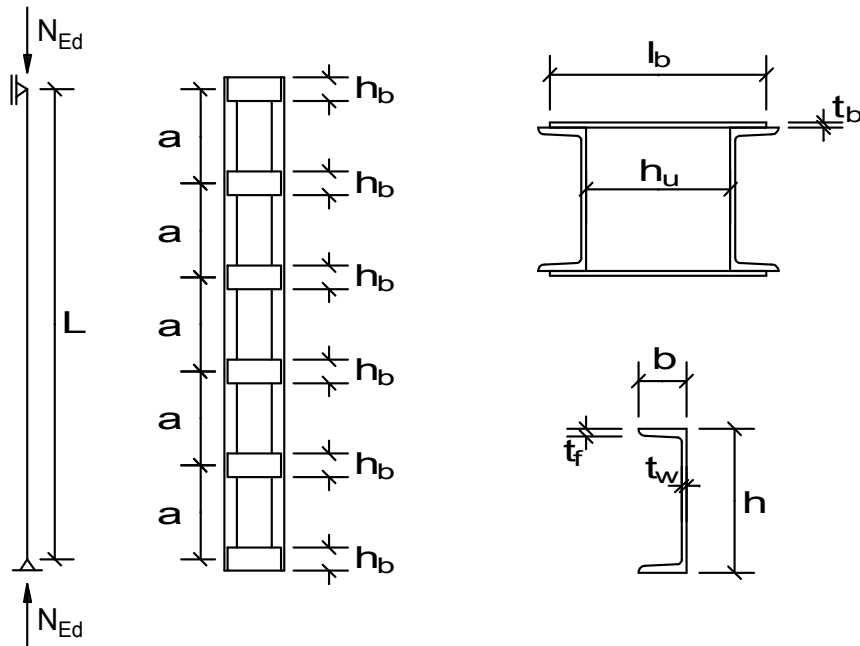
Nachweis Querschnittsbeanspruchung

$$\frac{|N_{Ed}|}{A_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M0}} + \frac{|M_{Ed}|}{W_{eff} * f_{y,k} / \gamma_{M0}} = \underline{0,36 < 1}$$

Stütze als mehrteiliger Druckstab - Rahmenstab

Hochbaustütze, ausgeführt als mehrteiliger Druckstab (Rahmenstab) mit zwei gleichen Gurtstäben, oben und unten gelenkig gehalten.

Anschluss der Bindebleche mit jeweils an drei Seiten geführten Schweißnähten.

**Querschnitte / Geometrie:**

Systemlänge $L =$ 5000,00 mm

Gurte:

U-Profil Typ = GEW("EC3d/U"; ID;) = U 300

Abstand der U-Profile

U-Abstand $h_u =$ 250,00 mm

Bindebleche:

Bindeblechhöhe $h_b =$ 200,00 mm

Länge $l_b =$ 410,00 mm

Dicke $t_b =$ 14,00 mm

Bindeblechabstand $a =$ 1000,00 mm

Anzahl parallele Ebenen mit Bindeblechen

parallele Ebenen $n =$ 2

Schweißnähte Bindebleche:

3-seitige Nähte $a_w =$ 3,00 mm

Auswirkungen der Einwirkungen:

Normalkraft (Druck positiv)

Druckkraft $N_{Ed} =$ 1750,0 kN

Querschnittswerte:

Knicklängen entsprechen der Systemlänge

Knicklänge $L_{cr,y} =$ L = 5000,00 mm

Knicklänge $L_{cr,z} =$ L = 5000,00 mm

Gurte:

Höhe h =	TAB("EC3d/U"; h; ID=Typ)	=	300,00 mm
Breite b =	TAB("EC3d/U"; b; ID=Typ)	=	100,00 mm
Flanschdicke t_f =	TAB("EC3d/U"; t_f ; ID=Typ)	=	16,00 mm
Stegdicke t_w =	TAB("EC3d/U"; t_w ; ID=Typ)	=	10,00 mm
Steghöhe d =	TAB("EC3d/U"; d; ID=Typ)	=	232,00 mm
Radius r =	TAB("EC3d/U"; r; ID=Typ)	=	8,00 mm
Fläche A =	TAB("EC3d/U"; A; ID=Typ)	=	58,80 cm ²
I_y =	TAB("EC3d/U"; I_y ; ID=Typ)	=	8030,00 cm ⁴
I_z =	TAB("EC3d/U"; I_z ; ID=Typ)	=	495,00 cm ⁴
W_z =	TAB("EC3d/U"; W_z ; ID=Typ)	=	67,80 cm ³
i_y =	TAB("EC3d/U"; i_y ; ID=Typ)	=	11,70 cm
i_z =	TAB("EC3d/U"; i_z ; ID=Typ)	=	2,90 cm
Schwerpunktlage e_z =	TAB("EC3d/U"; e_z ; ID=Typ)	=	2,70 cm
U-Schwerpunktstand $h_0 = h_u + 2 * e_z * 10$		=	304,00 mm

Abstand der Flächenhalbierenden zur Außenkante des Steges

$$y_{\text{semiA1}} = \frac{A * 100 / 2}{h} = 9,80 \text{ mm}$$

Abstand der Resultierenden der gleichsinnig beanspruchten Querschnittsteile (Druckkraft, Zugkraft) von der Schwerlinie (hier: Flächenhalbierende im Steg)

$$e_1 = \frac{h * y_{\text{semiA1}} * \left(e_z * 10 - \frac{y_{\text{semiA1}}}{2} \right)}{A * 100 / 2} = 22,10 \text{ mm}$$

plastisches Widerstandsmoment

$$W_{z,pl} = \frac{A * (2 * |e_1|)}{2 * 10} = 129,95 \text{ cm}^3$$

Bindebleche:

A_b =	$h_b * t_b / 100$	=	28,00 cm ²
$I_{y,b}$ =	$\frac{t_b}{12} * h_b^3 * 10^{-4}$	=	933,33 cm ⁴

Teilsicherheitsbeiwerte:

γ_{M0} =	1,0
γ_{M1} =	1,0
γ_{M2} =	1,25

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S 235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{y,k}$; ID=Stahl)/10	=	23,5 kN/cm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC3d/mat"; $f_{u,k}$; ID=Stahl)/10	=	36,0 kN/cm ²
ε =	$\sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}}$	=	1,00
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	=	21000 kN/cm ²
β_w =	TAB("EC3d/mat"; β_w ; ID=Stahl)	=	0,80
$f_{w,Rd}$ =	$\frac{f_{u,k}}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²

Einstufung des Querschnitts in Querschnittsklasse:

Steg:

$$\frac{d/t_w}{33 \cdot \epsilon} = \underline{0,70 < 1}$$

Flansch:

$$c = b - t_w - r = 82,00 \text{ mm}$$

$$\frac{c/t_f}{9 \cdot \epsilon} = \underline{0,57 < 1}$$

⇒ U-Querschnitt: Klasse 1

$$A_{\text{eff}} = A = 58,80 \text{ cm}^2$$

Nachweis um die Stoffachse y-y:

Imperfektionsbeiwert für die maßgebende Knicklinie:

$$\text{Knicklinie c } \alpha = 0,49$$

$$\lambda_1 = \frac{\pi \cdot \sqrt{E / 23,5 \cdot \epsilon}}{L_{\text{cr},y}} = 93,91$$

$$\lambda_{\text{quer}} = \frac{L_{\text{cr},y} \cdot \sqrt{A_{\text{eff}} / A}}{i_y \cdot 10 \cdot \lambda_1} = 0,455$$

$$\Phi = \frac{0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{\text{quer}} - 0,2) + \lambda_{\text{quer}}^2)}{1} = 0,666$$

$$\chi_y = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{\text{quer}}^2}}; 1,0\right) = 0,868$$

Grenzkraft gegen Biegeknicken von druckbeanspruchten Bauteilen

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot 2 \cdot A \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M1}} = 2398,80 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{N_{b,Rd}} = \underline{0,73 < 1}$$

Nachweis um die stofffreie Achse z-z:Ermittlung des Wirkungsgrads μ in Abhängigkeit von λ :

$$I_1 = 0,5 \cdot (h_0 / 10)^2 \cdot A + 2 \cdot I_z = 28160,30 \text{ cm}^4$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_1}{2 \cdot A}} = 15,47 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_{\text{cr},z}}{i_0 \cdot 10} = 32,321$$

$$\mu = \text{WENN}(\lambda \leq 75; 1; \text{WENN}(\lambda \geq 150; 0; 2 - \frac{\lambda}{75})) = 1,00$$

$$I_{z,\text{eff}} = 0,5 \cdot (h_0 / 10)^2 \cdot A + 2 \cdot \mu \cdot I_z = 28160,30 \text{ cm}^4$$

Schubsteifigkeit

$$S_v = \text{MIN}\left(\frac{24 \cdot E \cdot I_z}{(a/10)^2 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot I_z \cdot h_0}{n \cdot I_{y,b} \cdot a}\right)}; \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(a/10)^2}\right) = 20518,87 \text{ kN}$$

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (2 * \lambda_{\text{quer},z} - 0,6) * \frac{N_{\text{Ed},1}}{\chi_z * N_{\text{Rk}} / \gamma_{\text{M1}}} \right) = 0,437$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz}; C_{mz} * \left(1 + 1,4 * \frac{N_{\text{Ed}}}{\chi_z * N_{\text{Rk}} / \gamma_{\text{M1}}} \right)) = 0,437$$

Nachweis Biegung und Druck (Gurtstäbe)

$$\frac{N_{\text{Ed},1}}{\chi_z * N_{\text{Rk}} / \gamma_{\text{M1}}} + k_{zz} * \frac{M_{z,\text{Ed}}}{M_{z,\text{Rk}} / \gamma_{\text{M1}}} = \underline{0,74 < 1}$$

Nachweise für die Bindebleche

pro Bindeblech

$$V_{b,\text{Ed},1} = \frac{V_{\text{Ed}} * a}{n * h_0} = 21,53 \text{ kN}$$

$$M_{b,\text{Ed},1} = V_{b,\text{Ed},1} * \frac{h_0}{2 * 10} = 327,26 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_{\text{Ed}} = \frac{M_{b,\text{Ed},1}}{I_{y,b}} * \frac{h_b}{2 * 10} = 3,51 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{\text{Ed}}}{f_{y,k} / \gamma_{\text{M0}}} = \underline{0,15 < 1}$$

$$\tau_{\text{Ed}} = 1,5 * \frac{V_{b,\text{Ed},1}}{A_b} = 1,15 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\tau_{\text{Ed}}}{f_{y,k} / (\gamma_{\text{M0}} * \sqrt{3})} = \underline{0,08 < 1}$$

Nachweis für den Anschluss der Bindebleche

Anschluss des Bindeblechs mit einer an drei Seiten geführten Schweißnaht

Aus der in der Mitte des Bindeblechs angreifenden Beanspruchung $V_{b,\text{Ed},1}$ ergibt sich:

$$V_{z,\text{Ed}} = V_{b,\text{Ed},1} = 21,53 \text{ kN}$$

$$M_{T,\text{Ed}} = V_{b,\text{Ed},1} * \frac{l_b}{2 * 10} = 441,37 \text{ kNcm}$$

anteilige Schubflüsse

$$T_{\text{MT},\text{Ed}} = \frac{M_{T,\text{Ed}} * 100}{h_b * ((l_b - h_u) / 2)} = 2,76 \text{ kN/cm}$$

$$T_{V,\text{Ed}} = \frac{V_{z,\text{Ed}} * 10}{h_b} = 1,08 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Mindestnahtdicke } a_{\text{min}} = 3,00 \text{ mm}$$

$$a_w / a_{\text{min}} = \underline{1,00 \geq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_w; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$l_w = 2 \cdot (l_b - h_u) / 2 + h_b - 2 \cdot a_w = 354,00 \text{ mm}$$

$$l_w / l_{\min} = \underline{\underline{11,80 > 1}}$$

Flankenkehlnähte - Beanspruchung mit $T_{MT,Ed}$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{T_{MT,Ed}}{a_w / 10} = 9,20 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 \cdot (\tau_{II,Ed}^2)} = 15,93 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis der Flankenkehlnähte:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,44 < 1}}$$

Stirnkehlnähte - Beanspruchung mit $T_{V,Ed}$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{T_{V,Ed}}{a_w / 10} = 3,60 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 \cdot (\tau_{II,Ed}^2)} = 6,24 \text{ kN/cm}^2$$

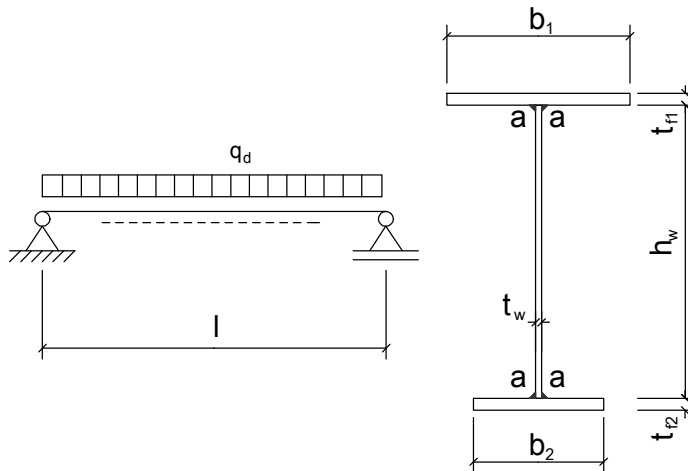
Nachweis der Stirnkehlnähte:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,17 < 1}}$$

Ideales Biegedrillknickmoment M_{cr}

Berechnung des idealen Biegedrillknickmomentes M_{cr} eines Trägers nach der Elastizitätstheorie.

Querschnitt unveränderlich, symmetrisch in Bezug auf die schwache Achse, Endauflager gabelgelagert.

**Systemmaße:**

Stützweite $l =$		3750,00 mm
obere Profilbreite $b_1 =$		200,00 mm
untere Profilbreite $b_2 =$		0,00 mm
obere Flanschdicke $t_{f1} =$		10,00 mm
untere Flanschdicke $t_{f2} =$		0,00 mm
Stegdicke $t_w =$		6,50 mm
Steghöhe $h_w =$		152,00 mm
Profilhöhe $h_p =$	$t_{f1} + h_w + t_{f2} =$	162,00 mm
Schweißnahtstärke $a =$		18,00 mm

Vorwerte:

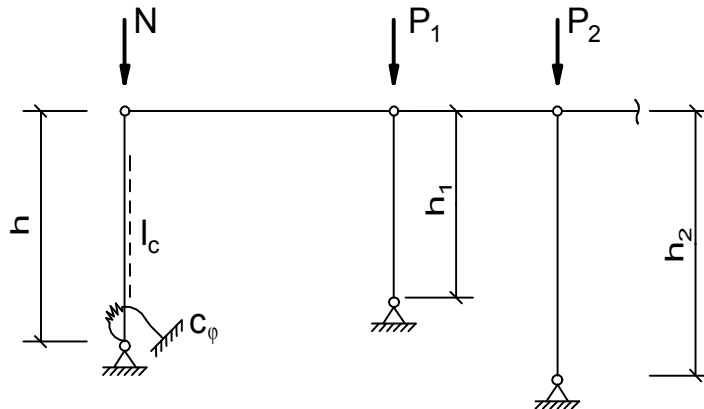
Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S355
$f_{y,k} =$	TAB("EC3d/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	35,5 kN/cm ²
$\varepsilon =$	$\sqrt{\frac{235}{f_{y,k} * 10}}$	=	0,81
$E =$	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	=	21000 kN/cm ²
Poissonzahl $\nu =$	$\frac{E}{E}$	=	0,3
$G =$	$\frac{E}{2 * (1 + \nu)}$	=	8077 kN/cm ²
$A =$	$(b_1 * t_{f1} + b_2 * t_{f2} + h_w * t_w) / 100$	=	29,88 cm ²
Lage der plastischen Nulllinie:			
$x =$	$\frac{A * 100}{2} - b_1 * t_{f1}$	=	-7,78 cm
$x_s =$	$h_w / 10 - x$	=	22,98 cm
Lage des Schwerpunktes:			
$e =$	$\frac{b_2 * t_{f2} * \left(h_w + \frac{t_{f1}}{2} + \frac{t_{f2}}{2} \right) + h_w * t_w * \frac{(h_w + t_{f1})}{2}}{A * 1000}$	=	2,68 cm

Für die kostenfreie Ansicht wurden an dieser Stelle

Seiten entfernt.

Erweiterte Stahlbaubibliothek nach Eurocode 3

Knickbeiwerte

Elastisch eingespannter Stab mit n Pendelstützen**System:**

Rahmenhöhe h =	6000,00 mm
Normalkraft N =	160,00 kN
$P = P_1 h/h_1 + P_2 h/h_2 + \dots$	
Normalkraft P =	90,00 kN
Drehfeder c_φ =	40000,00 kNm/rad

Stahlprofil:

Stiel:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	= HEA
Profil Typ =	GEW("EC3d"/"Typ1"; ID;)	= HEA 260
$I_{y,c}$ =	TAB("EC3d"/"Typ1"; I_y ; ID=Typ;)	= 10450 cm ⁴

Material:

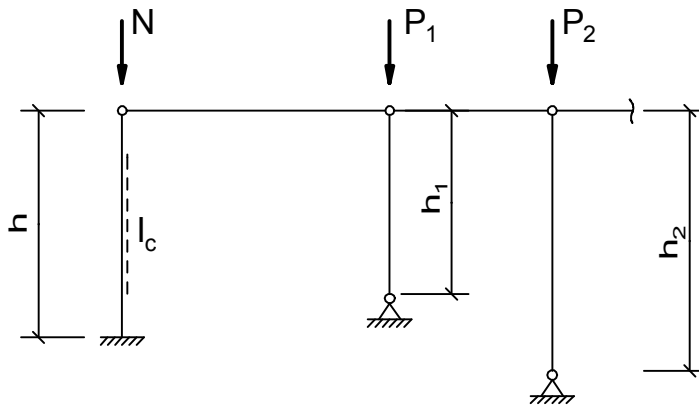
Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

$c =$	$\frac{E \cdot I_{y,c}}{c_\varphi \cdot h \cdot 10}$	= 0,091
$v =$	$\frac{1}{3 \cdot c + 1}$	= 0,786
$n =$	P/N	= 0,563
$\eta_{Ki} =$	$\frac{3 \cdot v}{0,216 \cdot v^2 + 1 + n}$	= 1,390
$\beta =$	$\pi / \sqrt{\eta_{Ki}}$	= 2,665
$L_{cr} =$	$\beta \cdot h$	= 15990 mm

ideale Verzweigungslast:

$N_{cr} =$	$\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr}/10)^2}$	= 847,11 kN
------------	---	-------------

Kragstütze mit n Pendelstützen**System:**

Rahmenhöhe h =	6000,00 mm
Normalkraft N =	100,00 kN
$P = P_1 h/h_1 + P_2 h/h_2 + \dots$	
Normalkraft P =	300,00 kN

Stahlprofil:

Stiel:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	= HEA
Profil Typ =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	= HEA 300
$I_{y,c}$ =	TAB("EC3d/Typ1; ID=Typ;)	= 18260 cm ⁴

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

$$n = \frac{P}{N} = 3,000$$

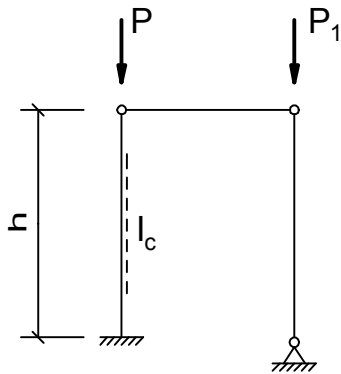
$$\beta = \pi \sqrt{\frac{5 + 4 \cdot n}{12}} = 3,739$$

Für alle Pendelstützen gilt: $\beta = 1,0$

$$L_{cr} = \beta \cdot h = 22434 \text{ mm}$$

ideale Verzweigungslast:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr} / 10)^2} = 751,98 \text{ kN}$$

Kragstütze mit Pendelstütze**System:**

Rahmenhöhe h =	6000,00 mm
Normalkraft P=	100,00 kN
Normalkraft P ₁ =	300,00 kN

Stahlprofil:

Stiel:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile"; ID;)	= HEA
Profil Typ =	GEW("EC3d/"Typ1; ID;)	= HEA 300
I _{y,c} =	TAB("EC3d/"Typ1; I _y ; ID=Typ;)	= 18260 cm ⁴

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S355
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

$$n = \frac{P_1}{P} = 3,000$$

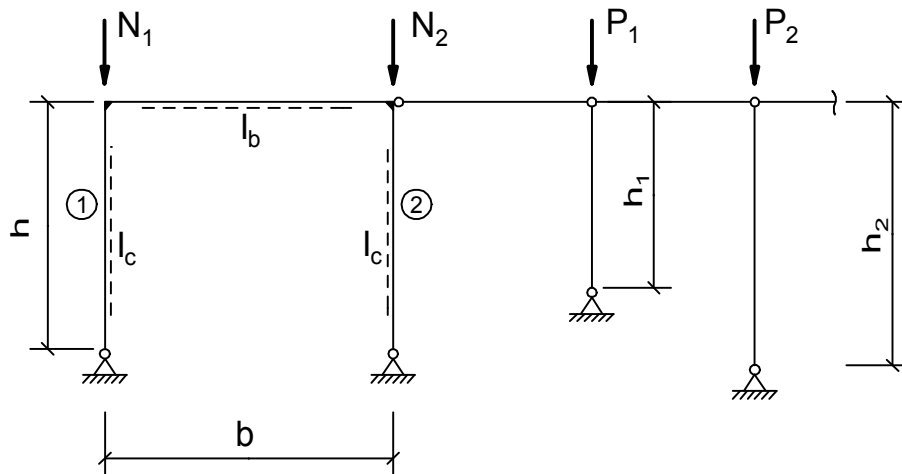
$$\beta = \pi \sqrt{\frac{5 + 4 \cdot n}{12}} = 3,739$$

Für die Pendelstütze gilt: $\beta = 1,0$

$$L_{cr} = \beta \cdot h = 22434 \text{ mm}$$

ideale Verzweigungslast:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr} / 10)^2} = 751,98 \text{ kN}$$

Zweigenkrahmen mit n PendelstützenSystem:

Rahmenhöhe h =	7500,00 mm
Rahmenbreite b =	12000,00 mm
Normalkraft N_1 =	100,00 kN
Normalkraft N_2 =	150,00 kN
$P = P_1 h/h_1 + P_2 h/h_2 + \dots$	
Normalkraft P =	210,00 kN

Stahlprofil:

Stiel:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _c =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	= HEA 240
$I_{y,c}$ =	TAB("EC3d/Typ1; I_y ; ID=Typ _c ;))	= 7760 cm ⁴
Riegel:		
Typ2 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= IPE
Profil Typ _b =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	= IPE 300
$I_{y,b}$ =	TAB("EC3d/Typ2; I_y ; ID=Typ _b ;))	= 8360 cm ⁴

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

c =	$\frac{I_{y,c} \cdot b}{I_{y,b} \cdot h}$	= 1,485
v =	$\frac{2}{2 + c}$	= 0,574
n_1 =	$\frac{P}{N_1}$	= 2,100
n_2 =	$\frac{N_2}{N_1}$	= 1,500

$$\eta_{Ki} = \frac{6 \cdot v}{(0,216 \cdot v^2 + 1) \cdot (1 + \eta_2) + \eta_1} = 0,721$$

$$\beta_1 = \frac{\pi}{\sqrt{\eta_{Ki}}} = 3,700$$

$$\beta_2 = \frac{\pi}{\sqrt{\eta_{Ki} \cdot \eta_2}} = 3,021$$

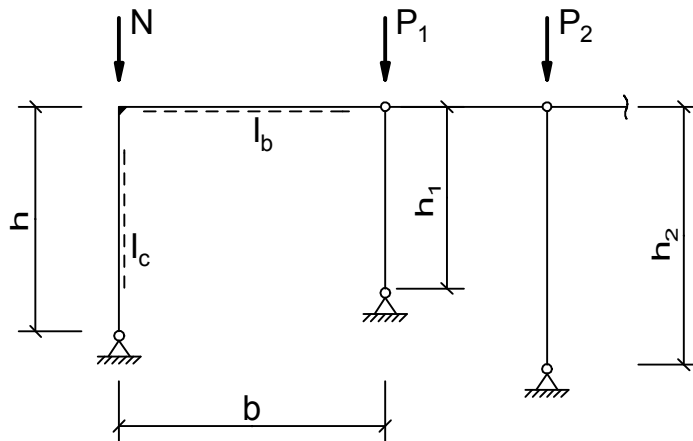
$$L_{cr,1} = \beta_1 \cdot h = 27750 \text{ mm}$$

$$L_{cr,2} = \beta_2 \cdot h = 22658 \text{ mm}$$

ideale Verzweigungslasten:

$$N_{cr,1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr,1} / 10)^2} = 208,86 \text{ kN}$$

$$N_{cr,2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr,2} / 10)^2} = 313,28 \text{ kN}$$

Gelenkrahmen mit n Pendelstützen**System:**

Rahmenhöhe h =	6000,00 mm
Rahmenbreite b =	5000,00 mm
Normalkraft N =	100,00 kN
$P = P_1 h/h_1 + P_2 h/h_2 + \dots$	
Normalkraft P =	300,00 kN

Stahlprofil:

Stiel:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _c =	GEW("EC3d"/"Typ1; ID;)	= HEA 300
$I_{y,c}$ =	TAB("EC3d"/"Typ1; ID=Typ _c ;))	= 18260 cm ⁴
Riegel:		
Typ2 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _b =	GEW("EC3d"/"Typ1; ID;)	= HEA 300
$I_{y,b}$ =	TAB("EC3d"/"Typ2; ID=Typ _b ;))	= 18260 cm ⁴

Material:

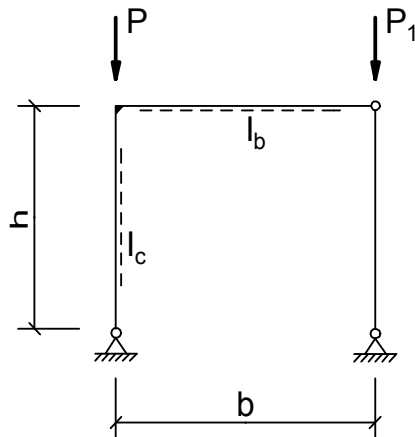
Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

$c =$	$\frac{I_{y,c} \cdot b}{I_{y,b} \cdot h}$	= 0,833
$v =$	$\frac{1}{1+c}$	= 0,546
$n =$	P/N	= 3,000
$\eta_{Ki} =$	$\frac{3 \cdot v}{0,216 \cdot v^2 + 1 + n}$	= 0,403
$\beta =$	$\pi / \sqrt{\eta_{Ki}}$	= 4,949
$L_{cr} =$	$\beta \cdot h$	= 29694 mm

ideale Verzweigungslast:

$N_{cr} =$	$\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr}/10)^2}$	= 429,22 kN
------------	---	-------------

Gelenkrahmen mit Pendelstütze**System:**

Rahmenhöhe h =	6000,00 mm
Rahmenbreite b =	5000,00 mm
Normalkraft P =	100,00 kN
Normalkraft P ₁ =	300,00 kN

Stahlprofil:

Stiel:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _c =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	= HEA 300
I _{y,c} =	TAB("EC3d/Typ1;I _y ; ID=Typ _c ;))	= 18260 cm ⁴
Riegel:		
Typ2 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _b =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	= HEA 300
I _{y,b} =	TAB("EC3d/Typ2;I _y ; ID=Typ _b ;))	= 18260 cm ⁴

Material:

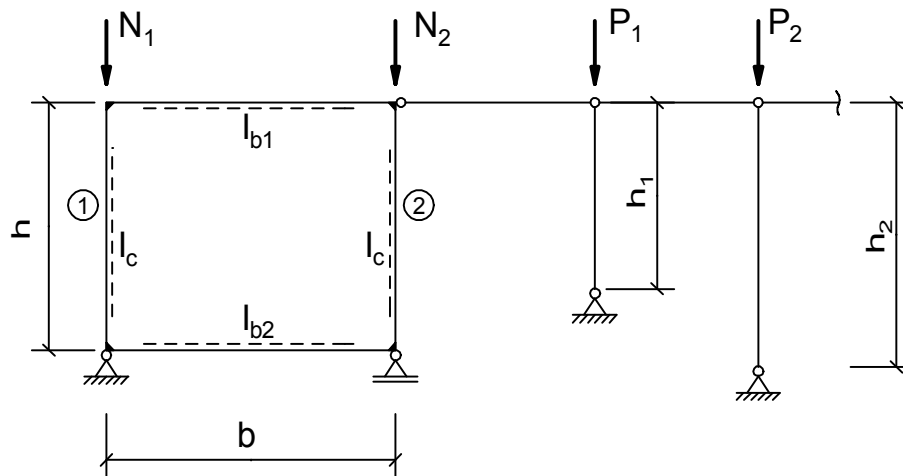
Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

c =	$\frac{I_{y,c} \cdot b}{I_{y,b} \cdot h}$	= 0,833
v =	$\frac{1}{1+c}$	= 0,546
n =	P_1 / P	= 3,000
η _{Ki} =	$\frac{3 \cdot v}{0,216 \cdot v^2 + 1 + n}$	= 0,403
β =	$\pi / \sqrt{\eta_{Ki}}$	= 4,949
L _{cr} =	β * h	= 29694 mm

ideale Verzweigungslast:

N _{cr} =	$\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr} / 10)^2}$	= 429,22 kN
-------------------	---	-------------

Geschlossener Rahmen mit n Pendelstützen**System:**

Rahmenhöhe h =	6000,00 mm
Rahmenbreite b =	8000,00 mm
Normalkraft N_1 =	1500,00 kN
Normalkraft N_2 =	1200,00 kN
$P = P_1 h/h_1 + P_2 h/h_2 + \dots$	
Normalkraft P =	2500,00 kN

Stahlprofil:

Stiel:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _c =	GEW("EC3d/"Typ1; ID;)	= HEA 320
$I_{y,c}$ =	TAB("EC3d/"Typ1; I_y ; ID=Typ _c ;))	= 22930 cm ⁴
Riegel oben:		
Typ2 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _{b1} =	GEW("EC3d/"Typ2; ID;)	= HEA 340
$I_{y,b1}$ =	TAB("EC3d/"Typ2; I_y ; ID=Typ _{b1} ;))	= 27690 cm ⁴
Riegel unten:		
Typ3 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEA
Profil Typ _{b2} =	GEW("EC3d/"Typ3; ID;)	= HEA 280
$I_{y,b2}$ =	TAB("EC3d/"Typ3; I_y ; ID=Typ _{b2} ;))	= 13670 cm ⁴

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

N =	$N_1 + N_2$	= 2700,00 kN
n =	$\frac{P}{N}$	= 0,926
n_1 =	$\frac{N}{N_1}$	= 1,800
n_2 =	$\frac{N}{N_2}$	= 2,250

$$v_a = \frac{6 \cdot \frac{I_{y,b2} \cdot h}{I_{y,c} \cdot b}}{6 \cdot \frac{I_{y,b2} \cdot h}{I_{y,c} \cdot b}} = 2,683$$

$$v_b = \frac{6 \cdot \frac{I_{y,b1} \cdot h}{I_{y,c} \cdot b}}{6 \cdot \frac{I_{y,b1} \cdot h}{I_{y,c} \cdot b}} = 5,434$$

$$\vartheta_a = \frac{v_a}{2 + v_a} = 0,573$$

$$\vartheta_b = \frac{v_b}{2 + v_b} = 0,731$$

$$\rho = \frac{1 + 0,218 \cdot \frac{4 \cdot (\vartheta_a - \vartheta_b)^2 + \vartheta_a \cdot \vartheta_b}{(3 - \vartheta_a - \vartheta_b)^2}}{4} = 1,039$$

$$\eta_{Ki} = \frac{4}{\left(\frac{1}{\vartheta_a + \vartheta_b} - \frac{1}{3}\right) \cdot (\rho + n)} = 4,695$$

$$\beta_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{n_1}{\eta_{Ki}}} = 1,945$$

$$\beta_2 = \pi \cdot \sqrt{\frac{n_2}{\eta_{Ki}}} = 2,175$$

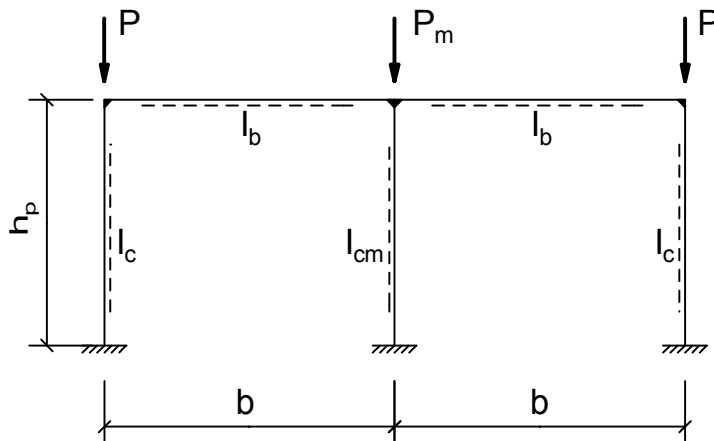
$$L_{cr,1} = \beta_1 \cdot h = 11670 \text{ mm}$$

$$L_{cr,2} = \beta_2 \cdot h = 13050 \text{ mm}$$

ideale Verzweigungslasten:

$$N_{cr,1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr,1} / 10)^2} = 3489,64 \text{ kN}$$

$$N_{cr,2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr,2} / 10)^2} = 2790,62 \text{ kN}$$

2-schiffiger Rahmen eingespannt**System:**

Rahmenhöhe h =	7500,00 mm
Rahmenbreite b =	12000,00 mm
Normalkraft P =	1200,00 kN
Normalkraft P _m =	2400,00 kN

Stahlprofil:

Stütze außen:		
Typ1 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEB
Profil Typ _c =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	= HEB 300
I _{y,c} =	TAB("EC3d/Typ1;I _y ; ID=Typ _c ;))	= 25170 cm ⁴
Stütze innen:		
Typ2 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= HEB
Profil Typ _{cm} =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	= HEB 300
I _{y,cm} =	TAB("EC3d/Typ2;I _y ; ID=Typ _{cm} ;))	= 25170 cm ⁴
Riegel:		
Typ3 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	= IPE
Profil Typ _b =	GEW("EC3d/Typ3; ID;)	= IPE 500
I _{y,b} =	TAB("EC3d/Typ3;I _y ; ID=Typ _b ;))	= 48200 cm ⁴

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	= S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	= 21000 kN/cm ²

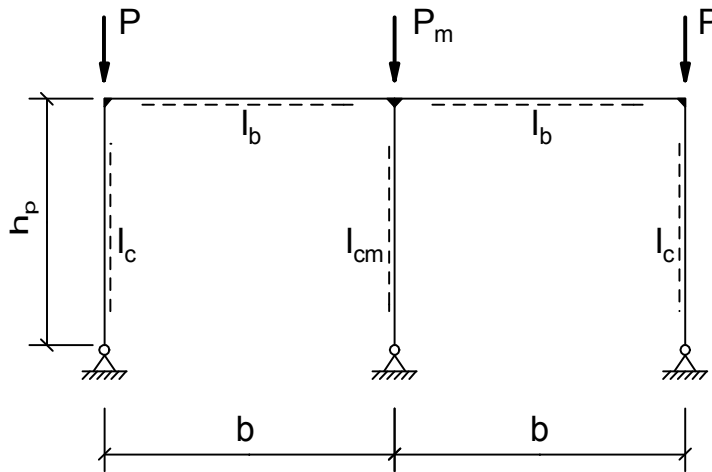
Knickbeiwert β und Knicklänge:

c =	$\frac{I_{y,c} \cdot b}{I_{y,b} \cdot h}$	= 0,836
p =	$\frac{P_m}{P}$	= 2,000
t =	$\frac{I_{y,cm}}{I_{y,c}}$	= 1,000
β =	$\frac{1 + 0,4 \cdot c}{1 + 0,2 \cdot c} \cdot \sqrt{\frac{2 + p}{2 + t}}$	= 1,320 < 3,0
β _m =	$\beta \cdot \sqrt{\frac{t}{p}}$	= 0,933

$$\begin{aligned}L_{cr} &= \beta \cdot h &= 9900 \text{ mm} \\L_{cr,m} &= \beta_m \cdot h &= 6998 \text{ mm}\end{aligned}$$

ideale Verzweigungslasten:

$$\begin{aligned}N_{cr} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr} / 10)^2} &= 5322,69 \text{ kN} \\N_{cr,m} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,cm}}{(L_{cr,m} / 10)^2} &= 10652,55 \text{ kN}\end{aligned}$$

2-schiffiger Rahmen gelenkig**System:**

Rahmenhöhe h =	7500,00 mm
Rahmenbreite b =	12000,00 mm
Normalkraft P =	1200,00 kN
Normalkraft P _m =	2400,00 kN

Stahlprofil:

Stütze außen:

Typ1 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	=	HEB
Profil Typ _c =	GEW("EC3d/Typ1; ID;)	=	HEB 300
I _{y,c} =	TAB("EC3d/Typ1;I _y ; ID=Typ _c ;))	=	25170 cm ⁴

Stütze innen:

Typ2 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	=	HEB
Profil Typ _{cm} =	GEW("EC3d/Typ2; ID;)	=	HEB 450
I _{y,cm} =	TAB("EC3d/Typ2;I _y ; ID=Typ _{cm} ;))	=	79890 cm ⁴

Riegel:

Typ3 =	GEW("EC3d/Profile";ID;)	=	IPE
Profil Typ _b =	GEW("EC3d/Typ3; ID;)	=	IPE 500
I _{y,b} =	TAB("EC3d/Typ3;I _y ; ID=Typ _b ;))	=	48200 cm ⁴

Material:

Stahl =	GEW("EC3d/mat"; ID;)	=	S235
E =	TAB("EC3d/mat"; E; ID=Stahl)/10	=	21000 kN/cm ²

Knickbeiwert β und Knicklänge:

c =	$\frac{I_{y,c} \cdot b}{I_{y,b} \cdot h}$	=	0,836
p =	$\frac{P_m}{P}$	=	2,000
t =	$\frac{I_{y,cm}}{I_{y,c}}$	=	3,174
β =	$\frac{6 + 1,2 \cdot c}{3 + 0,1 \cdot c} \cdot \sqrt{\frac{2 + p}{2 + t}}$	=	1,997 < 6,0

$$\beta_m = \beta \cdot \sqrt{\frac{t}{p}} = 2,516$$

$$L_{cr} = \beta \cdot h = 14978 \text{ mm}$$

$$L_{cr,m} = \beta_m \cdot h = 18870 \text{ mm}$$

ideale Verzweigungslasten:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr} / 10)^2} = 2325,38 \text{ kN}$$

$$N_{cr,m} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,cm}}{(L_{cr,m} / 10)^2} = 4650,15 \text{ kN}$$