



Programmausgabe

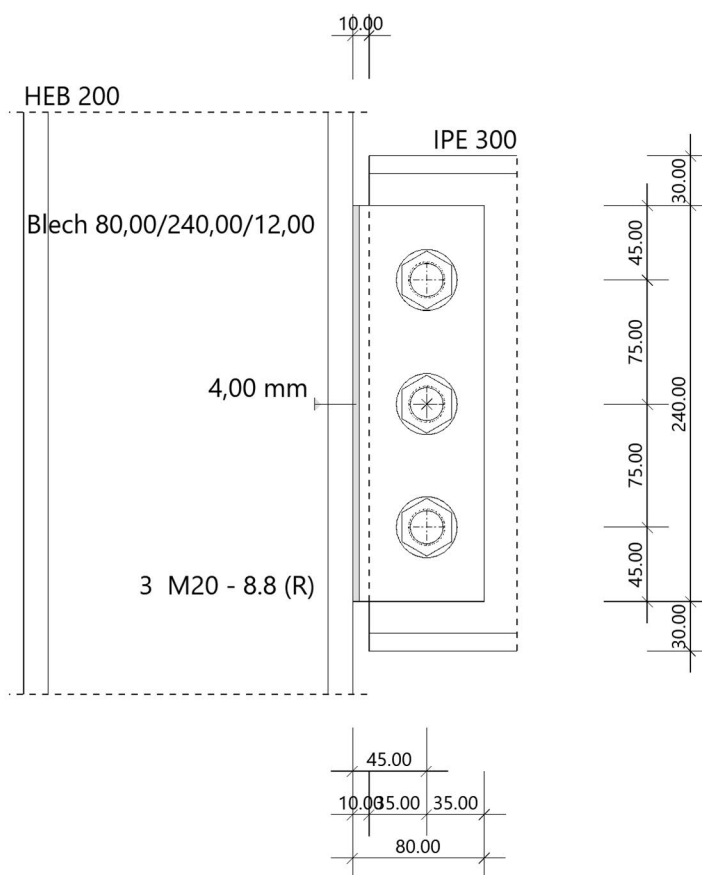
Position: SFB+_001_Handrechnung Beispiel Verbindungen im Stahl- und Verbundbau,
3. Auflage, S. 102 ff.

Fahnenblech (x64) SFB+ 1/23 (FRILO R-2023-1/P02)

Stütze HEB 200 - Nebenträger IPE 300

Systemgrafik

Die zur Handrechnung zugehörige Stelle im Programmausdruck finden Sie über einen Klick auf die blauen Nummernfelder.



System

Grundparameter

Bemessungsnorm : DIN EN 1993:2015

Der Anschluss ist biegesteif an der Schweißnaht.

Material S235

	$E_k = 210000 \text{ N/mm}^2$	$G_k = 80769 \text{ N/mm}^2$
	$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$	$\mu = 0.30$
Streckgrenze	$t \leq 40.00 \text{ mm}$	$f_{yk} = 235.00 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit	$t \leq 40.00 \text{ mm}$	$f_{uk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$



Stütze HEB 200

Profil	h = 200.00 mm		
Steg (lichte Höhe)	h ₁ = 134.00 mm	s = 9.00 mm	
Ober- und Untergurt	b = 200.00 mm	t = 15.00 mm	
Ausrundung	r = 18.00 mm		
Fläche	A = 78.08 cm ²		
Statische Werte	I _y = 5696.00 cm ⁴	W _y = 570.00 cm ³	
	I _z = 2003.00 cm ⁴	W _z = 200.00 cm ³	

Nebenträger IPE 300

Profil	h = 300.00 mm		
Steg (lichte Höhe)	h ₁ = 248.60 mm	s = 7.10 mm	
Ober- und Untergurt	b = 150.00 mm	t = 10.70 mm	
Ausrundung	r = 15.00 mm		
Fläche	A = 53.80 cm ²		
Statische Werte	I _y = 8356.00 cm ⁴	W _y = 557.00 cm ³	
	I _z = 603.80 cm ⁴	W _z = 80.50 cm ³	

Nebenträger Lage am Träger : mittig
Abstand zur Stütze = 10,00 mm

Fahnenblech Länge = 80,00 mm Höhe = 240,00 mm
Dicke = 12,00 mm

Schweißnaht aw = 4,00 mm

1 x 3 = 3 Schrauben M20 - 8.8 (R)

f_{ybk} = 640,00 N/mm² Lochdurchmesser = 22,00 mm
f_{ubk} = 800,00 N/mm² Gewinde in Scherfuge

Schraubenabstände

Lochabstand p1 = 75,00 mm
Randabstand Profil e1 = 75,00 mm e2 = 35,00 mm
Blech e1 = 45,00 mm e2 = 35,00 mm

Bemessungsschnittgrößen

Nr	Bezeichnung	N _d [kN]	V _{z,d} [kN]	M _{x,Vz,d} [kNm]	M _{y,Vz,d} [kNm]
1	Kombination 1	0.0	85.0	0.81	3.83

Ergebnisse

Schrauben

Schraubenbild I_p = 112,50 cm² polares Trägheitsmoment
xl = 45,00 mm Hebelarm

Bezeichnung	M _{v,d} [kNm]	T _d [kN]	T _{z,d} [kN]	T _{v,d} [kN]	η _b	η _v
Kombination 1	-3.83	28.3	28.3	0.0	0.31	0.30



Lochleibung	Lage	Richtung	α_d	k1	$F_{b,Rd}$ [kN]	T_d [kN]	η_b	$\eta_{b,max}$
Nebenträger	Rand	vertikal	1.00	2.50	102.2	28.3	0.28	0.28
		horizontal	0.53	2.50	54.2	0.0	0.00	
Fahnenblech	Rand	vertikal	0.89	2.50	90.6	28.3	0.31	0.31
		horizontal	0.68	2.50	117.8	28.3	0.24	
	Mitte	vertikal	0.53	2.50	91.6	0.0	0.00	0.24
	Mitte	vertikal	0.89	2.50	153.2	28.3	0.18	0.18
		horizontal						

Abscheren	α_v	$F_{v,Rd}$ [kN]	T_d [kN]	η_v
	0.60	94.1	28.3	0.30

Schweißnaht Richtungsbezogenes Verfahren

<div>10</div> A_w [cm ²]	$I_{v,w}$ [cm ⁴]	$I_{z,w}$ [cm ⁴]	$W_{t,w}$ [cm ³]	β_w	v_{M2}	$f_{w2,Rd}$ [N/mm ²]	$f_{w1,Rd}$ [N/mm ²]
19.20	<div>12</div> 921.60	<div>13</div> 7.17	23.04	0.80	1.25	259.20	360.00
<div>1</div> $\sigma_{wd,l}$ [N/mm ²]	$\tau_{wd,l}$ [N/mm ²]	$\tau_{wd,II,z}$ [N/mm ²]	$\sigma_{wd,Val}$ [N/mm ²]	η_{Val} [$\sigma_{wd,Vgl}/f_{w1,Rd}$]	$\sigma_{wd,l,max}$ [N/mm ²]	η_{σ} [$\sigma_{wd,l,max}/f_{w2,Rd}$]	
35.22	35.22	79.50	154.67	<div>15</div> 0.43	35.22	<div>16</div> 0.14	
$\tau_z = 79.50 \text{ N/mm}^2 (V_{z,d}/A_w + M_{x,Vz,d}/W_{t,w})$							
			<div>14</div>				

Fahnenblech

$$\sigma_d = -33,21 \text{ N/mm}^2 / \sigma_{Rd} = 235,00 \text{ N/mm}^2 \quad \eta = 0,14$$

$$\tau_d = 116,96 \text{ N/mm}^2 / \tau_{Rd} = 135,68 \text{ N/mm}^2 \quad \eta = 0,86$$

$$\tau_{Mx,d} = 72,69 \text{ N/mm}^2 \quad I_t = 13,40 \text{ cm}^4$$

$$\tau_{Vz,d} = 44,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Vgl,d} = 202,59 \text{ N/mm}^2 / \sigma_{Rd} = 235,00 \text{ N/mm}^2 \quad \eta = 0,86 \quad Q_{kl} = 1$$

Nebenträger

$$\tau_d = 43,90 \text{ N/mm}^2 / \tau_{Rd} = 135,68 \text{ N/mm}^2 \quad \eta = 0,32$$

$$\sigma_{Vgl,d} = 76,05 \text{ N/mm}^2 / \sigma_{Rd} = 235,00 \text{ N/mm}^2 \quad \eta = 0,32 \quad Q_{kl} = 1$$

Blockversagen	Belastung	A_{nt} [cm ²]	A_{nv} [cm ²]	$V_{eff,Rd}$ [kN]	F_d [kN]	η
Nebenträger	exzentrisch	1.70	12.07	188.3	85.0	0.45
Fahnenblech	exzentrisch	2.88	16.80	269.4	85.0	0.32

Nachweis Einzelschnittgrößen

Nachweis der Querkraft brutto für das Fahnenblech

$$A_v = 28,80 \text{ cm}^2 \quad V_{Rd} = 307,7 \text{ kN} \quad A_v \cdot f_v / (1,27 \cdot v_3 \cdot \gamma_{M0})$$

$$V_d = 85,0 \text{ kN} \quad \eta = 0,28$$



Nachweis der Querkraft netto für das Fahnenblech

$$\begin{array}{llll} A_{v,net} = 20,88 \text{ cm}^2 & A_v \cdot dL \cdot n \cdot t & V_{Rd,net} = 347,2 \text{ kN} & A_{net,u} \cdot f_u / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}) \\ V_d = 85,0 \text{ kN} & & \eta = 0,24 & \end{array}$$

33

Nachweis der Querkraft brutto für den Nebenträger

$$\begin{array}{llll} A_v = 25,67 \text{ cm}^2 & V_{Rd} = 348,3 \text{ kN} & A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) \\ V_d = 85,0 \text{ kN} & \eta = 0,24 & \end{array}$$

34

Nachweis der Querkraft netto für den Nebenträger

$$\begin{array}{llll} A_{v,net} = 20,98 \text{ cm}^2 & A_v \cdot dL \cdot n \cdot t & V_{Rd,net} = 348,9 \text{ kN} & A_{net,u} \cdot f_u / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}) \\ V_d = 85,0 \text{ kN} & & \eta = 0,24 & \end{array}$$

35

Rotationskapazität

$$\text{Rotationskapazität} = 67,2 \text{ mrad} = 3,85 \text{ Grad}$$

36

Zusammenfassung

Lochleibung	$\eta = 0,31$
Abscheren	$\eta = 0,30$
Nebenträger	$\eta = 0,32$
Fahnenblech	$\eta = 0,86$
Schweißnaht	$\eta = 0,43$
Blockversagen	$\eta = 0,45$
Querkraft brutto	$\eta = 0,28$
Querkraft netto	$\eta = 0,24$



Handrechnung

Die zur Handrechnung zugehörige Stelle im Programmausdruck finden Sie über einen Klick auf die blauen Nummernfelder.

Bemessungsschnittgrößen

$$V_{z,Ed} = 85kN$$

$$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} \cdot x_L = 85kN \cdot 0,045m = 3,8kNm$$

$$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \frac{t_{pl} + t_w}{2} = 85kN \cdot (0,012m + 0,0071m) \cdot \frac{1}{2} = 0,81kNm$$

Polares Trägheitsmoment

$$I_p = \sum_i r_i^2 = \sum_i (y_i^2 + z_i^2) = 0 + (7,5cm)^2 + 0 + 0 + (7,5cm)^2 = 112,5cm^2$$

Nachweis auf Lochleibung

Nebenträger

Rand:

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{75}{3 \cdot 22}; \frac{800}{235}; 1,0 \right\} = \min \{1,13; 3,4; 1,0\} = \mathbf{1,0}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{35}{22} - 1,7 = 2,75 \\ 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{0}{22} - 1,7 = 0 \end{array} \right\} = \mathbf{2,5}$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t = 2,5 \cdot 0,68 \cdot 36 \frac{kN}{cm^2} \cdot 2,0cm \cdot 0,71cm \cdot \frac{1}{1,25} = 102,2kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{28,3kN}{102,2N} = 0,28$$

Mitte:

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{75}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{235}; 1,0 \right\} = \min \{0,89; 3,4; 1,0\} = \mathbf{0,89}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{0}{22} - 1,7 = 0 \end{array} \right\} = \mathbf{2,5}$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t = 2,5 \cdot 0,89 \cdot 36 \frac{kN}{cm^2} \cdot 2,0cm \cdot 0,71cm \cdot \frac{1}{1,25} = 90,6kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{28,3kN}{90,6N} = 0,31$$



Fahnenblech

Rand:

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{45}{3 \cdot 22}; \frac{800}{235}; 1,0 \right\} = \min \{0,68; 3,4; 1,0\} = \mathbf{0,68}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{35}{22} - 1,7 = 2,75 \\ 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{0}{22} - 1,7 = 0 \end{array} \right\} = \mathbf{2,5}$$

6

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t = 2,5 \cdot 0,68 \cdot 36 \frac{kN}{cm^2} \cdot 2,0cm \cdot 1,2cm \cdot \frac{1}{1,25} = 117,5kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{28,3kN}{117,5kN} = 0,24$$

Mitte:

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{75}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{235}; 1,0 \right\} = \min \{0,89; 3,4; 1,0\} = \mathbf{0,89}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{0}{22} - 1,7 = 0 \end{array} \right\} = \mathbf{2,5}$$

7

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t = 2,5 \cdot 0,89 \cdot 36 \frac{kN}{cm^2} \cdot 2,0cm \cdot 1,2cm \cdot \frac{1}{1,25} = 153,2kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{28,3kN}{153,2kN} = 0,18$$

Nachweis auf Abscheren

$$F_{VRd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 80 \frac{kN}{cm^2} \cdot \frac{2,45cm^2}{1,25} = 94,1kN$$

8

$$F_{vEd} = \frac{85kN}{3} = 28,3kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{28,3kN}{94,1kN} = 0,30$$

9



Nachweis der Schweißnaht nach dem richtungsbezogenen Verfahren

$$A_w = 24\text{cm} \cdot 0,4\text{cm} \cdot 2 = 19,2\text{cm}^2 \quad 10$$

11

$$\sigma_{wd,I} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} \cdot 0,707 = \frac{M_{y,Ed}}{\frac{2 \cdot a_w \cdot l_w^2}{6}} \cdot 0,707 = \frac{383}{\frac{2 \cdot 0,4 \cdot 24^2}{6}} \cdot 0,707 = 3,53 \frac{kN}{cm^2} \triangleq 35,3 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{wd,I} = \sigma_{wd,I} = 35,3 \frac{N}{mm^2} \quad 12$$

$$\tau_{wd,paral.,V} = \frac{V_{zd}}{A_w} = \frac{85}{19,2} = 4,43 \frac{kN}{cm^2} \triangleq 44,3 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{wd,paral.,Mx} = \frac{M_{x,Vz,d}}{W_{t,w}} = \frac{M_{x,Vz,d}}{t_f \cdot l \cdot a_w \cdot 2} = \frac{81}{1,2 \cdot 24 \cdot 0,4 \cdot 2} = \frac{81}{23,04} = 3,52 \frac{kN}{cm^2} \triangleq 35,2 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{wd,II,z} = \tau_{wd,paral.,V} + \tau_{wd,paral.,V} = 44,3 + 35,2 = 79,5 \frac{N}{mm^2} \quad 13$$

$$\sigma_{wd,Vgl} = \sqrt{35,3^2 + 3 \cdot (35,3^2 + 79,5^2)} = 154,7 \frac{N}{mm^2} \quad 14$$

Nachweis:

$$\sigma_{wd,Vgl} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$154,74 \frac{N}{mm^2} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \frac{N}{mm^2}$$

$$\eta = \frac{154,74 \frac{N}{mm^2}}{360 \frac{N}{mm^2}} = 0,43 \quad 15$$

$$\sigma_{wd,I} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$35,3 \frac{N}{mm^2} \leq \frac{0,9 \cdot 360}{1,25} = 259,2 \frac{N}{mm^2}$$

$$\eta = \frac{35,3 \frac{N}{mm^2}}{259,2 \frac{N}{mm^2}} = 0,14 \quad 16$$

Nachweis des Fahnenblechs

$$\sigma_d = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = -3,83 kNm \cdot \frac{100}{1,2\text{cm} \cdot \frac{(24\text{cm})^2}{6}} = -3,32 \frac{kN}{cm^2} \triangleq -33,2 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{Rd} = 235 \frac{N}{cm^2}$$

$$\eta = \frac{33,2}{235} = 0,14 \quad 17$$



$$\tau_{Vz,d} = 1,5 \cdot \frac{V_{Ed}}{A} = 1,5 \cdot \frac{85kN}{1,2cm \cdot 24cm} = 4,43 \frac{kN}{cm^2} \triangleq 44,3 \frac{N}{mm^2}$$

18

$$\tau_{Mx,Ed} = \frac{M_{x,Ed}}{I_T} \cdot t = \frac{0,81 \cdot 100}{0,333 \cdot 24 \cdot 1,2^3} \cdot 1,2 = 7,04 \frac{kN}{cm^2} \triangleq 70,4 \frac{N}{mm^2}$$

19

20

$$\tau_{Ed} = \tau_{Vz,d} + \tau_{Mx,Ed} = 44,3 \frac{N}{mm^2} + 70,4 \frac{N}{mm^2} = 114,7 \frac{N}{mm^2} < \tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 135,68 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{Vgl,d} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2} = \sqrt{33,2^2 + 3 \cdot 114,7^2} = 202 \frac{N}{mm^2} < f_y = 235 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{202 \frac{N}{mm^2}}{235 \frac{N}{mm^2}} = 0,86$$

21

Nachweis des Nebenträgers

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{A_w} = \frac{85kN}{19,78cm^2} = 4,3 \frac{kN}{cm^2} \triangleq 43,0 \frac{N}{mm^2} < \tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 135,68 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{mit } A_w = t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f) = 0,71cm \cdot (30cm - 2 \cdot 1,07cm) = 19,78cm^2$$

22

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{43 \frac{N}{mm^2}}{135,68 \frac{N}{mm^2}} = 0,32$$

$$\sigma_{Vgl,d} = \sqrt{3 \cdot 43^2} = 74,5 \frac{N}{mm^2} < f_y = 235 \frac{N}{mm^2}$$

23

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{74,5 \frac{N}{mm^2}}{235 \frac{N}{mm^2}} = 0,32$$

Blockversagen

exzentrische Belastung

Fahnenblech:

$$A_{nt} = t_w \cdot ((n_t - 1) \cdot p_2 + e_2 - (n_t - 0,5) \cdot d_0)$$

$$A_{nt} = 1,2(0 + 3,5 - (1 - 0,5) \cdot 2,2) = 2,88cm^2$$

24

$$A_{nv} = t_w \cdot ((n_v - 1) \cdot p_1 + e_1 - (n_v - 0,5) \cdot d_0)$$

$$A_{nv} = 1,2((3 - 1) \cdot 7,5 + 4,5 - (3 - 0,5) \cdot 2,2) = 16,8m^2$$

25

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{2 \cdot \gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2,88 \cdot 36}{2 \cdot 1,25} + \frac{16,8 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 269,4kN$$

26

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{85kN}{269,4kN} = 0,32$$

27



Nebenträger:

$$A_{nt} = t_w \cdot ((n_t - 1) \cdot p_2 + e_2 - (n_t - 0,5) \cdot d_0)$$

$$A_{nt} = 0,71(0 + 4,5 - (1 - 0,5) \cdot 2,2) = 1,7cm^2$$

28

$$A_{nv} = t_w \cdot ((n_v - 1) \cdot p_1 + e_1 - (n_v - 0,5) \cdot d_0)$$

$$A_{nv} = 1,2((3 - 1) \cdot 7,5 + 7,5 - (3 - 0,5) \cdot 2,2) = 12,07cm^2$$

29

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{2 \cdot \gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1,7 \cdot 36}{2 \cdot 1,25} + \frac{12,07 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 188,3kN$$

30

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{85kN}{188,3kN} = 0,45$$

31

Nachweis der Einzelschnittgrößen

Nachweis Querkraft Fahnenblech (brutto)

$$A_v = 24cm \cdot 1,2cm = 28,8cm^2$$

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\gamma_{M0}} = 28,8 \cdot \frac{23,5}{1,27 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1,0} = 307,7kN$$

32

$$V_d = 85kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{85kN}{307,7kN} = 0,28$$

Nachweis Querkraft Fahnenblech (netto)

$$A_{v,net} = A_v - d_L \cdot n \cdot t = 28,8 - 2,2 \cdot 3 \cdot 1,2 = 20,88cm^2$$

$$V_{Rd,net} = \frac{A_{v,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{20,88 \cdot 36}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 347,2kN$$

33

$$V_d = 85kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{85kN}{347,2kN} = 0,24$$

Nachweis Querkraft Nebenträger (brutto)

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \geq h_w \cdot t_w$$

$$A_v = 53,81 - 2 \cdot 15 \cdot 1,07 + (0,71 + 2 \cdot 1,5) \cdot 1,07 = 25,67cm^2 \geq 24,86 \cdot 0,71 = 17,65cm^2$$

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\gamma_{M0}} = 25,67 \cdot \frac{23,5}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1,0} = 348,3kN$$

34

$$V_d = 85kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{85kN}{348,3kN} = 0,24$$



Nachweis Querkraft Nebenträger (netto)

$$A_{v,net} = A_v - d_L \cdot n \cdot t = 25,67 - 2,2 \cdot 3 \cdot 0,71 = 20,98 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd,net} = \frac{A_{v,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{20,98 \cdot 36}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 348,9 \text{ kN}$$

$$V_d = 85 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{85 \text{ kN}}{348,9 \text{ kN}} = 0,24$$

35

Rotationskapazität

$$Z > \sqrt{(z - g_h)^2 + \left(\frac{h_p}{2} + h_e\right)^2} = \sqrt{(4,5 - 1,0)^2 + \left(\frac{24}{2} + 3\right)^2} = 15,4$$

$$\phi = \arcsin\left(\frac{z}{\sqrt{(z - g_h)^2 + \left(\frac{h_p}{2} + h_e\right)^2}}\right) - \arctan\left(\frac{z - g_h}{\frac{h_p}{2} + h_e}\right)$$

$$\phi = \arcsin\left(\frac{4,5}{\sqrt{(4,5 - 1,0)^2 + \left(\frac{24}{2} + 3\right)^2}}\right) - \arctan\left(\frac{4,5 - 1,0}{\frac{24}{2} + 3}\right) = 3,85 \text{ Grad}$$

36