



Programmausgabe

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

Position: SRE+\_001\_Handrechnung Beispiel Wagenknecht S.152 ff.

Rahmenecken Stahl (x64) SRE+ 01/23A (FRILO R-2023-1/P02)

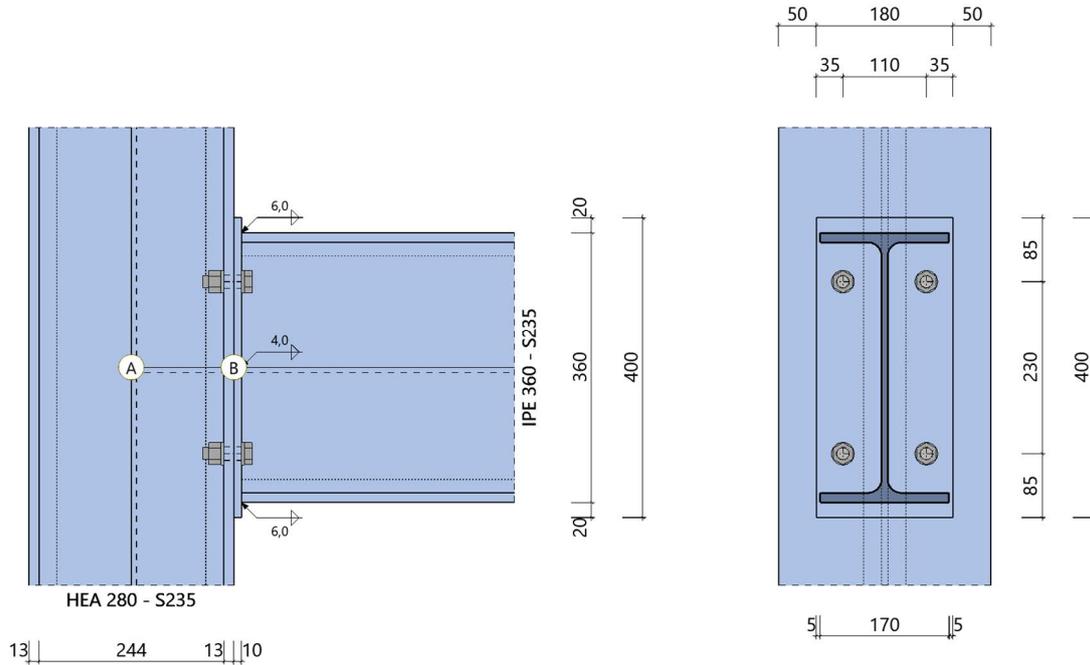
Grundparameter

- Bemessungsnorm : DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
- Nachweisverfahren : Komponentenmethode
- Tragwerksberechnung : plastisch
- Komponentenmethode : vertikal 2-reihig  
 ohne Berücksichtigung großer Normalkräfte  
 Schrauben für  $N_{Rd}$ Zug ohne Einschränkung ansetzen  
 Abstützkräfte im T-Stummel untersuchen  
 Längsdruck Stützenflansch unberücksichtigt  
 $F_{tRd}$ Versagensart 1 Standardverfahren  
 Faktor Zugbereich für  $M_{Rd}$ Anschlusshöhe  $f = 0.50$   
 Übertragungsfaktor  $\beta = 1.00$
- Klassifizierung : Rahmen seitlich verschieblich  
 $I_y$  für Steifigkeit aus Mittelwert der Aussteifung  
 Trägerlänge (Stützenachse - Stützenachse)  $l = 10.00$  m
- Querkraft : nur über zugfreie Schrauben abtragen  
 $V_{Rd}$ auf 50% vom Träger begrenzt
- Schweißnaht : vereinfachter Nachweis über Teilschnittgrößen

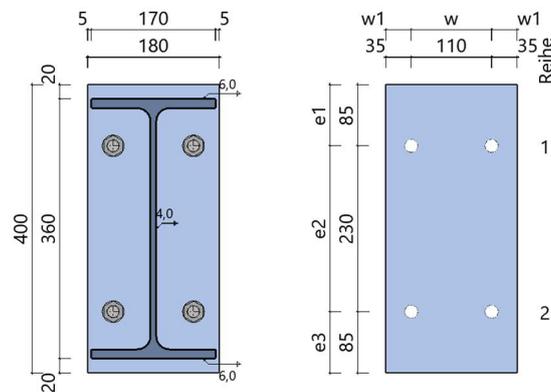


System

Systemgrafik 2D



Detailgrafik Stirnplatte



Modell : einseitiger Träger an durchgehende Stütze

Trägerneigung 0.0°

Schrauben :

4 x M16 - 10.9 (rohe Schraube)

Querschnitte

Bauteil	Name	Material	h mm	b <sub>o</sub> mm	t <sub>o</sub> mm	t <sub>s</sub> mm	r mm	b <sub>u</sub> mm	t <sub>u</sub> mm
Träger	IPE 360	S235	360.00	170.00	12.70	8.00	18.00	170.00	12.70
Stütze	HEA 280	S235	270.00	280.00	13.00	8.00	24.00	280.00	13.00



Stahlmaterialeigenschaften : 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	$t \leq 40.00 \text{ mm}$	$f_{yk} = 235.00 \text{ N/mm}^2$
	$t \leq 80.00 \text{ mm}$	$f_{yk} = 215.00 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit	$t \leq 40.00 \text{ mm}$	$f_{uk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$
	$t \leq 80.00 \text{ mm}$	$f_{uk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Schrauben

im Bauteil	Bezeichnung	Festigkeit	Art	Vorspannung	$F_{dc}^*$ kN	Scherfuge	$d_0$ mm
Stirnplatte	M16	10.9	rohe Schraube	nach Kategorie D	98.9	Gewinde	18.0

Schraubenkennwerte : M16 - 10.9 (rohe Schraube)

Zugfestigkeit	$F_{ub} = 100.00 \text{ N/mm}^2$	Streckgrenze	$F_{yb} = 90.00 \text{ N/mm}^2$
Gewindenennendurchmesser	$d = 16.0 \text{ mm}$	Schaftdurchmesser	$d_s = 16.0 \text{ mm}$
Spannungsquerschnitt	$A_{sp} = 1.57 \text{ cm}^2$	Schaftquerschnitt	$A = 2.01 \text{ cm}^2$
Scheibendurchmesser	$d_{sa} = 30.0 \text{ mm}$		

Stirnplatte

Material	Abstand OK Platte zu OK Träger	Abmessungen			Schweißnaht		
		a mm	h mm	b mm	t mm	$a_{wf,o}$ mm	$a_{w,s}$ mm
S235	20	400	180	10	6.0	4.0	6.0

Schraubenanordnung Stirnplatte - 2 x 2 = 4 Schrauben M16 - 10.9 (rohe Schraube)

quer - Reihenabstand			längs - Schraubenabstände in der Reihe		
w1 mm	w mm	w1 mm	e1 mm	e2 mm	e3 mm
35	110	35	85	230	85

**Belastung**

Schnittgrößen (Bemessungswerte) aus Lfk  $Lfk < 1 > \beta_1 = 1.00$

Situation	Schnittufer	Bezugspunkt	$N_d$ kN	$V_{zd}$ kN	$M_{vd}$ kNm
P/T	Träger rechts	A	15.0	25.0	-35.50
	Stütze oben	A	0.0	0.0	0.00
	Stütze unten <sup>g)</sup>	A	-25.0	15.0	-35.50

<sup>g)</sup>: markiertes Ufer ergibt sich aus dem Gleichgewicht am Knoten  
 A : Bezugspunkt im Schnitt der Stabachsen ohne Berücksichtigung der lokalen Aussteifung

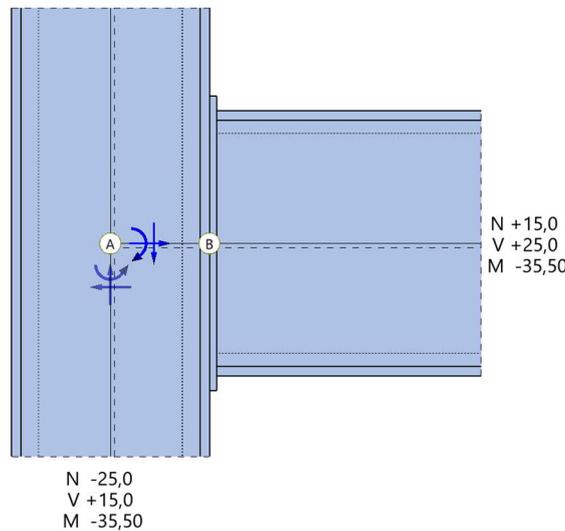
Bemessungssituationen

Situation	Beschreibung	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$
P/T	ständig/vorübergehend	1.00	1.10	1.25



Ergebnisse - Komponentenmethode für negatives Moment

Schnittgrößen im Bezugspunkt - als Bemessungswerte in kN bzw. kNm, Pfeile in



Anschlusschnittgrößen

Stelle	N <sub>d</sub> kN	V <sub>zd</sub> kN	M <sub>vd</sub> kNm
Schwerpunkt im lokalen System vom Anschnitt	15,0	25,0	-32,13
N <sub>d</sub> < 0,05 * N <sub>pld</sub> = 85,5 kN			

Schraubenstatus in Stirnplatte

Schrauben in der Reihe (von oben nach unten)	Reihe (von links nach rechts)	
	1	2
1	N	N
2	V	V

Biegetragfähigkeit MRd

äquivalente T-Stummel im Anschluss Stirnplatte

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Anzahl	e mm	e <sub>min</sub> mm	m mm	n mm	M <sub>pl,1,Rd</sub> <sup>(Mpl)</sup> kNm/m	min(F <sub>t,Rd</sub> , B <sub>t,Rd</sub> ) kN
1	1	35,0	35,0	46,5	35,0	5,88	113,0

<sup>(Mpl)</sup>: M<sub>pl,1,Rd</sub> = M<sub>pl,Rd</sub> / I<sub>eff</sub> im jeweiligen Fließmuster

effektive Längen, cp kreisförmig - Versagensmodus 1

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Nr	I <sub>eff</sub> einzel mm	I <sub>eff</sub> Gruppen		
			Ende oben mm	Mitte mm	Ende unten mm
1	1	292,0	-	-	-

effektive Längen, nc nichtkreisförmig - Versagensmodus 1 und 2

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Nr	I <sub>eff</sub> einzel mm	I <sub>eff</sub> Gruppen			Steifeneinfluß		
			Ende oben mm	Mitte mm	Ende unten mm	λ <sub>1</sub>	λ <sub>2</sub>	α
1	1	242,8	-	-	-	0,57	0,56	5,22



äquivalente T-Stummel im Anschluss Stützengurt

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Anzahl	e mm	e <sub>min</sub> mm	m mm	n mm	σ <sub>Ned</sub> kN/cm <sup>2</sup>	M <sub>pl,1,Rd</sub> <sup>Mpl</sup> kNm/m	min(F <sub>t,Rd</sub> , B <sub>t,Rd</sub> ) kN
1	1	85.0	35.0	31.8	35.0	-3.83	9.93	113.0

<sup>Mpl</sup>: M<sub>pl,1,Rd</sub> = M<sub>pl,Rd</sub> / I<sub>eff</sub> im jeweiligen Fließmuster

effektive Längen, cp kreisförmig - Versagensmodus 1

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Nr	I <sub>eff</sub> einzeln mm	I <sub>eff</sub> Gruppen		
			Ende oben mm	Mitte mm	Ende unten mm
1	1	199.8	-	-	-

effektive Längen, nc nichtkreisförmig - Versagensmodus 1 und 2

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Nr	I <sub>eff</sub> einzeln mm	I <sub>eff</sub> Gruppen			Steifeneinfluß		
			Ende oben mm	Mitte mm	Ende unten mm	λ <sub>1</sub>	λ <sub>2</sub>	α
1	1	233.5	-	-	-	-	-	-

plastische Grenzzugkraft wirksamer Schraubenreihen, von OK Platte gezählt

Schraubenreihe Nr	T-Stummel Nr		F <sub>t,Rd</sub> kN	Versagensmodus
	Gurt	Platte		
1	1	1	122.7	Stirnplatte auf Biegung

globale Komponenten Stütze

Stützensteg	ρ <sub>Beulen</sub>	b <sub>eff.c.w</sub> mm	F <sub>c.w,Rd</sub> kN	k <sub>w</sub>
Druck	0.91	234.7	302.8	1.00

Trägergurt	Querschnittsklasse	V <sub>nl,Rd</sub> kN	M <sub>c,Rd</sub> kNm	M <sub>c,Rd,red</sub> kNm	F <sub>c,F,Rd</sub> kN
Druck	1	476.7	240.13	240.13	691.4

Stützensteg	A <sub>v</sub> mm <sup>2</sup>	F <sub>v,w,Rd</sub> kN
Schub	3178.0	388.1

Momentenbeanspruchung Gesamtanschluss

h <sub>druck</sub> mm	F <sub>t,Rd,zug,plastisch</sub> kN	F <sub>c,Rd,zug,plastisch</sub> kN
373.7	122.7	122.7

Ma <sub>Sd</sub> kNm	Ma <sub>Rd,elastisch</sub> kNm	Ma <sub>Rd,plastisch</sub> kNm	η
34.73	23.62	35.43	0.98

zuerst versagende Komponente : Stirnplatte auf Biegung

Schubbeanspruchung im Stützensteg (Gl. 5.3 und 6.7)

Schlankheit	h <sub>w</sub> /t <sub>w</sub>	A <sub>v</sub> mm <sup>2</sup>	V <sub>wd,Ed</sub> kN	V <sub>wd,Rd</sub> kN	η
	30.5	3178.0	118.8	388.1	0.31



Querkraftbeanspruchung Gesamtanschluss  
wirksame Schraubenreihen

Reihe Nr	Randabstand				Lochabstand			Tragfähigkeit				
	Platte		Gurt		Platte	Gurt	e <sub>3</sub>	Platte		Gurt		
	e <sub>1</sub> mm	e <sub>2</sub> mm	e <sub>1</sub> mm	e <sub>2</sub> mm	e mm	e mm	e <sub>3</sub> mm	k <sub>1</sub> *α	V <sub>I,Rd</sub> kN	k <sub>1</sub> *α	V <sub>I,Rd</sub> kN	V <sub>a,Rd</sub> kN
2	315	35	54	85	230	230	110	2.50	230.4	2.50	299.5	125.6
Träger A <sub>v</sub> mm <sup>2</sup>		Träger V <sub>w,Rd</sub> kN					V <sub>Ed</sub> kN	V <sub>Rd</sub> kN	η			
3510.8		476.3					25.0	125.6	0.20			

Nachweis Schweißnähte aus Teilschnittgrößen im Anschluss Träger-Stirnplatte

f <sub>w,d</sub> kN/cm <sup>2</sup>	Zuggurt (konstruktiv) Träger oben		Steg		Druckgurt	
	erf. a <sub>w</sub> mm	η	σ <sub>w</sub> kN/cm <sup>2</sup>	η	σ <sub>w</sub> kN/cm <sup>2</sup>	η
20.78	3.0	-	6.28	0.31	-6.35	0.31

Rotationssteifigkeit unter Momentenbeanspruchung

Steifigkeitskoeffizienten wirksamer Schraubenreihen

Reihe Nr	k <sub>3</sub> mm	k <sub>4</sub> mm	k <sub>5</sub> mm	k <sub>10</sub> mm		
1	5.709	12.286	2.177	5.911		
k <sub>1</sub> mm	k <sub>2</sub> mm	Z <sub>ea</sub> mm	k <sub>ea</sub> mm	η	S <sub>i,ini</sub> kNm/rad	S <sub>i,n</sub> kNm/rad
4.184	6.705	288.7	1.130	2.00	13740.7	6870.3

Klassifizierung aus Momentenbeanspruchung

nach Tragfähigkeit			nach Steifigkeit		
Klassifizierung	M <sub>bldTräger</sub> kNm	M <sub>bldStütze</sub> kNm	Klassifizierung	L <sub>Träger</sub> m	I <sub>vTräger</sub> cm <sup>4</sup>
gelenkig	239.51	261.37	verformbar	10.00	16265.63
Rahmen seitlich verschieblich					

**Zusammenfassung**

Maximale Ausnutzung aus allen Nachweisen

Verbindung N+M	η = 0.98	Tragfähigkeit M <sub>Rd</sub>
Verbindung V	η = 0.20	Tragfähigkeit V <sub>Rd</sub>
Verbindung Schweißnaht	η = 0.31	Stirnplatte Druckgurt
Schubfeld	η = 0.31	



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

## Handrechnung

Bemessung einer geschraubten Rahmenecke nach der Komponentenmethode DIN EN 1993-1-8:

Die Handrechnung der Rahmenecke erfolgt anhand des Beispiels aus „Stahlbau-Praxis nach Eurocode, Band 3, Komponentenmethode, 2. Auflage, Beispiel 4.6.1, S. 152

### 1) Tragfähigkeit in der Zugzone

Erste Schraubenreihe in der Zugzone

Stirnblech mit Biegebeanspruchung (DIN EN 1993-1-8, 6.2.6.5)

$$m = m_1 = \frac{110}{2} - \frac{8}{2} - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 46,5 \text{ mm}$$

$$e = 35 \text{ mm}$$

$$m_2 = 85 - 20 - 12,7 - 0,8 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} = 45,5 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{46,5}{46,5 + 35} = 0,57$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{45,5}{46,5 + 35} = 0,56$$

$$\alpha = 5,22$$

$$l_{\text{eff,cp}} = l_{4,\text{cp}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 46,5 \text{ mm} = 292 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = l_{4,\text{cp}} = \alpha \cdot m = 5,22 \cdot 46,5 = 243 \text{ mm}$$

$$\text{Modus 1: } l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff,nc}} = 243 \text{ mm} \leq l_{\text{eff,cp}} = \mathbf{292 \text{ mm}}$$

$$\text{Modus 2: } l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff,nc}} = 243 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummels:

$$m = 46,5 \text{ mm}$$

$$n = e_{\text{min}} = \mathbf{35 \text{ mm}} \leq 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 46,5 \text{ mm} = 58,1 \text{ mm}$$

$$n = n_1 = 35 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff},1} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 24,3 \text{ cm} \cdot (1,0 \text{ cm})^2 \cdot \frac{23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,0} = 143 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff},2} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 24,3 \text{ cm} \cdot (1,0 \text{ cm})^2 \cdot \frac{23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,0} = 143 \text{ kNcm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 143 \text{ kNcm}}{4,65 \text{ cm}} = 123 \text{ kN}$$



$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 143kNcm + 3,5cm \cdot 2 \cdot 113kN}{4,65cm + 3,5cm} = 132kN$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 113kN = 226kN$$

4

Kleinste Tragfähigkeit Stirnblech auf Biegung:

$$F_{T,1,Rd} = 123kN$$

Stützenflansch mit Biegung

$$m = m_2 = \frac{110}{2} - \frac{8}{2} - 0,8 \cdot 24 = 31,8mm$$

$$e = 85mm$$

$$l_{eff,cp} = l_{2,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 31,8mm = 200mm$$

$$l_{eff,nc} = l_{2,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 31,8 + 1,25 \cdot 85 = 233,5mm$$

$$\text{Modus 1: } l_{eff,1} = l_{eff,1,2} = l_{eff,nc} = 233mm \leq l_{eff,cp} = \mathbf{200mm}$$

5

$$\text{Modus 2: } l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 233,5mm$$

6

Grenzzugkraft des T-Stummels:

$$m = 31,8mm$$

$$n = e_{min} = \mathbf{35mm} \leq 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 31,8mm = 39,8mm$$

$$n = n_2 = 35mm$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 20cm \cdot (1,3cm)^2 \cdot \frac{23,5 kN/cm^2}{1,0} = 199kNcm$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 20cm \cdot (1,3cm)^2 \cdot \frac{23,5 kN/cm^2}{1,0} = 232kNcm$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 199kNcm}{3,18cm} = 250kN$$



$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 232kNcm + 3,5cm \cdot 2 \cdot 113kN}{3,18cm + 3,5cm} = 188kN$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 113kN = 226kN$$

Kleinste Tragfähigkeit Stützenflansch auf Biegung:

$$F_{T,2,Rd} = 188kN$$

Kleinste Tragfähigkeit der ersten Schraubenreihe:

$$F_{T,1,Rd} = 123kN$$

7

## 2) Tragfähigkeit der Druckzone

Stützensteg mit Schubbeanspruchung (DIN EN 1993-1-8, 6.2.6.1)

$$\frac{d_{wc}}{t_{wc}} = \frac{196}{8} = 24,5 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{y,wc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 23,5 \cdot 31,7}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 387kN$$

8

$$V_{wp,Ed} = \frac{M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}}{z} - \frac{V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}}{2} = \frac{32,13kNm}{0,289m} + \frac{15}{2} = 118,7 kN$$

9

mit  $z = 400mm - 85mm - 20mm - 12,7mm \cdot 0,5 = 289mm$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} = \frac{118,7}{387} = 0,31$$

Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung (DIN EN 1993-1-8, 6.2.6.2)

$$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p + s_p + 5 \cdot (t_{fc} + r_c)$$

$$b_{eff,c,wc} = 12,7 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 6 + 20 + 5 \cdot (13 + 24) = 235mm$$

10

$$\beta = 1$$

$$\omega = \omega_1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc}}{A_{vc}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{23,5 \cdot 0,8}{31,7}\right)^2}} = 0,83$$

$$k_{wc} = 1$$

$$\bar{\lambda}_p = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc} \cdot d_{wc} \cdot f_{y,wc}}{E \cdot t_{wc}^2}} = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{23,5 \cdot 19,6 \cdot 23,5}{21000 \cdot 0,8^2}} = 0,836$$



$\bar{\lambda}_p > 0,72 \rightarrow$  Plattenbeulen

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,2}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{0,836 - 0,2}{0,836^2} = 0,91$$

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,83 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 23,5 \cdot 0,8 \cdot 23,5}{1,1} = 303kN$$

11

Tragerflansch mit Druckbeanspruchung (DIN EN 1993-1-8, 6.2.6.7)

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h - t_{fb}} = \frac{24000}{36 - 1,27} = 691kN$$

12

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = 239,5kNm \approx 240kNm$$

$$F_{c,min,Rd} = 303kN$$

$$F_{t1,Rd} = 123kN \leq F_{c,min,Rd} = 303kN \rightarrow \text{keine Abminderung}$$

3) Momententragfähigkeit  $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_r \cdot F_{t1,Rd} + h_2 \cdot F_{t2,Rd} = 28,87 \cdot 123 = 3551kNcm$$

$$M_{j,Rd} = 35,5kNm$$

13

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{M_{Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{34,73}{35,5} = 0,98$$

4) Nachweis der Schrauben

Nachweis auf Abscheren

Schraube M16 10.9 (Gewinde in der Scherfuge):

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} = 0,5 \cdot 100kN/cm^2 \cdot \frac{1,57cm^2}{1,25} = 62,8kN$$

$$\text{Für zwei Schrauben: } V_{a,Rd} = 2 \cdot 62,8kN = 125,6kN$$

14

Nachweis auf Lochleibung

Stirnplatte:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot \frac{t}{\gamma_{M2}} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 36 \cdot 1,6 \cdot \frac{1,0}{1,25} = 115,2kN$$

$$\text{Für zwei Schrauben: } V_{l,Rd} = 2 \cdot 115,2kN = 230,4kN$$

15



Gurt:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot \frac{t}{\gamma_{M2}} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 36 \cdot 1,6 \cdot \frac{1,3}{1,25} = 149,76kN$$

Für zwei Schrauben:  $V_{l,Rd} = 2 \cdot 149,76kN = 299,5kN$

16

4) Nachweis Querkrafttragfähigkeit des Anschlusses:

Maßgebende Querkraft ergibt sich aus der Abschertragfähigkeit:

$$V_{Rd} = 125,6kN$$

$$V_{Ed} = 25kN$$

Nachweis:  $\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{25kN}{125,6kN} = 0,2$

17

5) Ermittlung der Rotationssteifigkeit unter Momentenbeanspruchung

1. Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung

$$k_1 = \frac{0,38 \cdot A_{vc}}{\beta \cdot z} = \frac{0,38 \cdot 31,7}{1,0 \cdot 28,87} = 0,417cm = 4,17mm$$

18

2. Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung

$$k_2 = \frac{0,7 \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc}}{d_c} = \frac{0,7 \cdot 23,5 \cdot 0,8}{19,6} = 0,671cm = 6,71mm$$

19

3. Stützensteg mit Querzugbeanspruchung

$$k_3 = \frac{0,7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c} = \frac{0,7 \cdot 20 \cdot 0,8}{19,6} = 0,571cm = 5,71mm$$

20

mit  $b_{eff,t,wc} = l_{effmin} = 200mm$

4. Stützenflansch mit Biegebeanspruchung

$$k_4 = \frac{0,9 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^3}{m^3} = \frac{0,9 \cdot 20,0 \cdot 1,3^3}{3,18^3} = 1,23cm = 12,3mm$$

21

mit  $l_{eff} = 200mm$

5. Stirnblech mit Biegebeanspruchung

$$k_5 = \frac{0,9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3} = \frac{0,9 \cdot 24,3 \cdot 1,0^3}{4,65^3} = 0,218cm = 2,18mm$$

22

mit  $l_{eff} = 243mm$

6. Schrauben mit Zugbeanspruchung

$$k_{10} = 1,6 \cdot \frac{A_s}{L_b} = 1,6 \cdot \frac{1,57}{4,25} = 0,591cm = 5,91mm$$

23



Effektiver Steifigkeitskoeffizient:

$$\frac{1}{k_{\text{eff},r}} = \frac{1}{\sum_r k_{\text{eff},r}}$$

$$\frac{1}{k_{\text{eff}}} = \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_4} + \frac{1}{k_5} + \frac{1}{k_{10}} = \frac{1}{0,571} + \frac{1}{1,23} + \frac{1}{0,218} + \frac{1}{0,591} = 8,84$$

somit:  $k_{\text{eff}} = 0,113 \text{ cm}$

24

$z_{\text{eq}} = z = 28,87 \text{ cm}$

25

$$S_{j,\text{ini}} = \frac{E \cdot z_{\text{eq}}^2}{\frac{1}{k_i}} = \frac{21000 \cdot 28,87^2 \cdot 10^{-2}}{\frac{1}{0,417} + \frac{1}{0,671} + \frac{1}{0,113}} = 13740 \text{ kNm/rad}$$

26

$$S_{j,n} = \frac{S_{j,\text{ini}}}{n} = \frac{13740}{2} = 6870 \text{ kNm/rad}$$

27

mit  $n=2$  für Träger-Stützenanschlüsse