



Programmausgabe

Position: SPS+_001_Handrechnung, Beispiel Wagenknecht, S.53 ff.

Stirnplattenstoß (x64) SPS+ 01/23 (FRILO R-2023-1/P01)

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

Grundparameter

Bemessungsnorm : DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Nachweisverfahren : Komponentenmethode
Tragwerksberechnung : plastisch

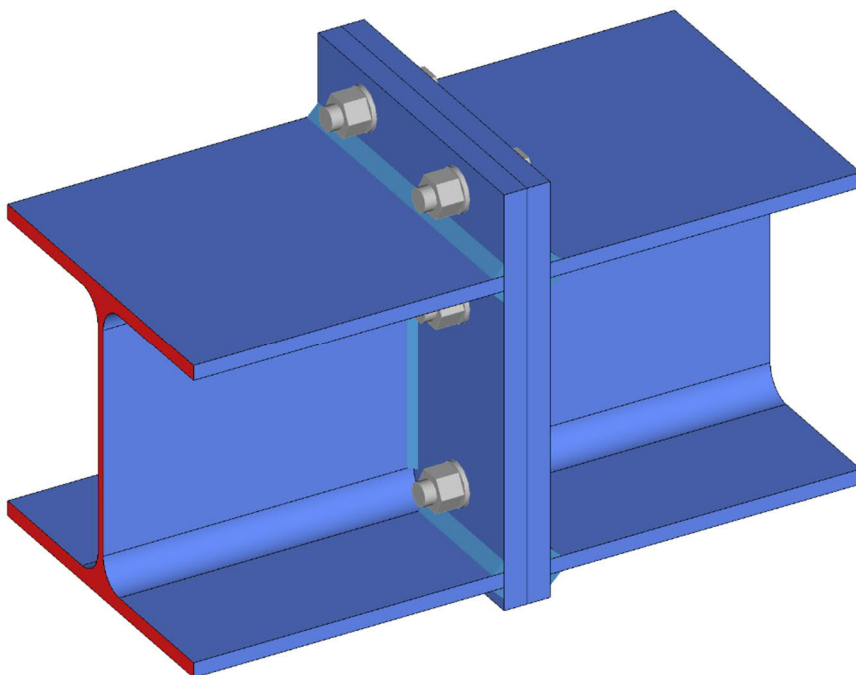
Komponentenmethode : vertikal 2-reihig
ohne Berücksichtigung großer Normalkräfte
Schrauben für N_{Rd} Zug ohne Einschränkung ansetzen
Abstützkräfte im T-Stummel untersuchen
 F_{tRd} Versagensart 1 Standardverfahren
Faktor Zugbereich für M_{Rd} Anschlusshöhe $f = 0.50$

Querkraft : nur über zugfreie Schrauben abtragen
 V_{Rd} auf 50% vom Träger begrenzt

Schweißnaht : vereinfachter Nachweis über Teilschnittgrößen

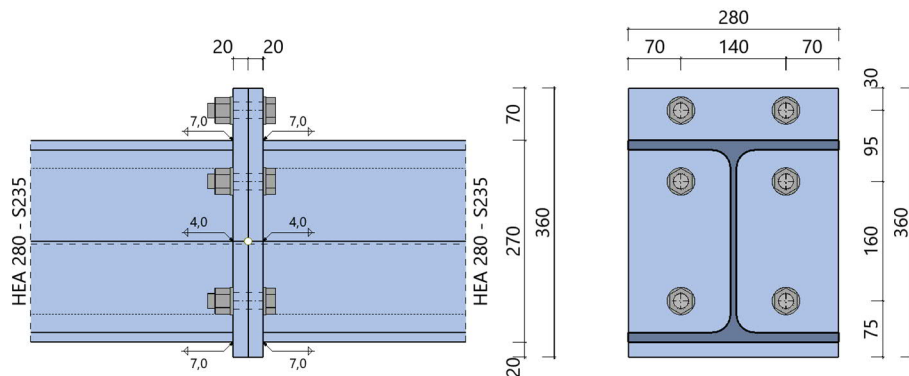
System

Systemgrafik 3D

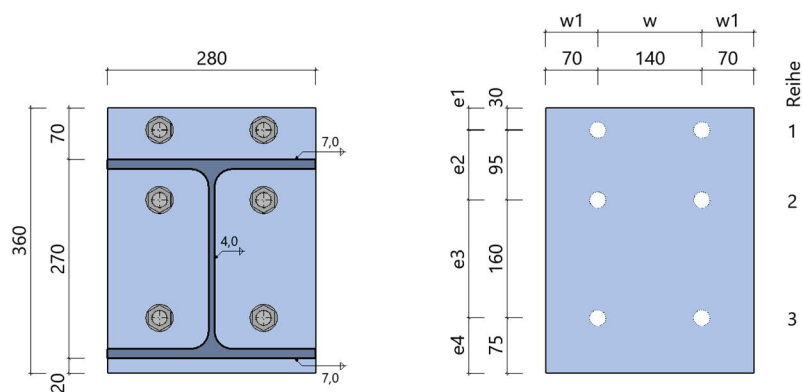




Systemgrafik 2D



Detailgrafik Stirnplatte



Modell : Stirnplattenstoß Trägerneigung 0.0°
 Schrauben : 6 x M20 - 10.9 (rohe Schraube)

Querschnitte

Bauteil	Name	Material	h mm	b _o mm	t _o mm	t _s mm	r mm	b _u mm	t _u mm
Träger	HEA 280	S235	270.0	280.0	13.0	8.0	24.0	280.0	13.0

Schrauben

im Bauteil	Bezeichnung	Festigkeit	Art	Vorspannung	F _{DC} kN	Scherfuge	d ₀ mm
Stirnplatte	M20	10.9	rohe Schraube	nach Kategorie E	171.5	Gewinde	22.0

Schraubenkennwerte : M20 - 10.9 (rohe Schraube)

Zugfestigkeit	F _{ub} = 1000.0 N/mm ²	Streckgrenze	F _{yb} = 900.0 N/mm ²
Gewindenenddurchmesser	d = 20.0 mm	Schaftdurchmesser	d _s = 20.0 mm
Spannungsquerschnitt	A _{sp} = 2.45 cm ²	Schaftquerschnitt	A = 3.14 cm ²
Scheibendurchmesser	d _{sa} = 37.0 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	a _{wf,u} mm
S235	70	360	280	20	7.0	4.0	7.0

Schraubenanordnung Stirnplatte - 2 x 3 = 6 Schrauben M20 - 10.9 (rohe Schraube)

quer - Reihenabstand			längs - Schraubenabstände in der Reihe			
w1 mm	w mm	w1 mm	e1 mm	e2 mm	e3 mm	e4 mm
70	140	70	30	95	160	75

Belastung

Schnittgrößen (Bemessungswerte) aus Lfk Lfk<1>

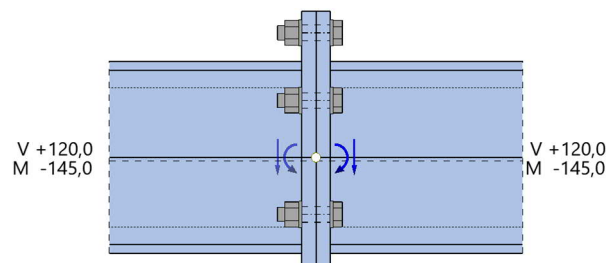
Situation	N _d kN	V _{zd} kN	M _{vd} kNm
P/T	0.0	120.0	-145.0

Bemessungssituationen

Situation	Beschreibung	Y _{M0}	Y _{M1}	Y _{M2}
P/T	ständig/vorübergehend	1.00	1.10	1.25

Ergebnisse - Komponentenmethode für negatives Moment

Schnittgrößen - als Bemessungswerte in kN bzw. kNm, Pfeile in Wirkungsrichtung



Anschlusschnittgrößen

Stelle	N _d kN	V _{zd} kN	M _{vd} kNm
Schwerpunkt im lokalen System vom Anschnitt	0.0	120.0	-145.0

Schraubenstatus in Stirnplatte

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



Biegetragfähigkeit MRd

äquivalente T-Stummel im Anschluss Stirnplatte

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Anzahl	e mm	e _{min} mm	m mm	n mm	M _{bl.1.Rd} ^(Mpl) kNm/m	min(F _{t,Rd} , B _{t,Rd}) kN
1	1	30.0	30.0	32.1	30.0	23.50	176.4
2	1	70.0	70.0	61.5	70.0	23.50	176.4

^(Mpl): $M_{pl,1,Rd} = M_{pl,Rd} / I_{eff}$ im jeweiligen Fließmuster

effektive Längen, cp kreisförmig - Versagensmodus 1

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Nr	I _{eff} einzeln mm	I _{eff} Gruppen Ende oben mm	I _{eff} Gruppen Mitte mm	I _{eff} Gruppen Ende unten mm
1	1	201.6	-	-	-
2	2	386.3	-	-	-

effektive Längen, nc nichtkreisförmig - Versagensmodus 1 und 2

T-Stummel Nr	Schraubenreihen Nr	I _{eff} einzeln mm	I _{eff} Gruppen Ende oben mm	I _{eff} Gruppen Mitte mm	I _{eff} Gruppen Ende unten mm	Steifeneinfluss λ ₁	Steifeneinfluss λ ₂	Steifeneinfluss α
1	1	140.0	-	-	-	-	-	-
2	2	427.3	-	-	-	0.47	0.26	6.95

plastische Grenzzugkraft wirksamer Schraubenreihen, von OK Platte gezählt

Schraubenreihe Nr	T-Stummel Nr Gurt	T-Stummel Nr Platte	F _{t,Rd} kN	Versagensmodus
1	0	1	276.5	Stirnplatte auf Biegung
2	0	2	340.6	Stirnplatte auf Biegung

globale Komponente Träger

Trägerquert	Querschnittsklasse	V _{dl,Rd} kN	M _{c,Rd} kNm	M _{c,Rd,red} kNm	F _{c,F,Rd} kN
Druck	1	430.7	262.2	262.2	1020.1

Momentenbeanspruchung Gesamtanschluss

h,druck mm	F _{t,Rd} ,zug,plastisch kN	F _{c,Rd} ,zug,plastisch kN
333.5	617.1	617.1

Ma _{Sd} kNm	Ma _{Rd} ,elastisch kNm	Ma _{Rd} ,plastisch kNm	η
145.0	103.3	154.9	0.94

zuerst versagende Komponente : Stirnplatte auf Biegung

Querkraftbeanspruchung Gesamtanschluss

wirksame Schraubenreihen

Reihe Nr	Randabstand e ₁ mm	Randabstand e ₂ mm	Lochabstand e mm	Lochabstand e ₃ mm	Tragfähigkeit k ₁ * α	V _{I,Rd} kN	V _{a,Rd} kN
3	285	70	160	140	2.50	576.0	196.0



16

Träger A_v mm ²	Träger $V_{w,Rd}$ kN	V_{Fd} kN	V_{Rd} kN	η
3178.0	431.2	120.0	196.0	0.61

Nachweis Schweißnähte aus Teilschnittgrößen im Anschluss Träger-Stirnplatte

$f_{vw,d}$ N/mm ²	Zugquert (konstruktiv)		Steg		Druckquert	
	erf. a_w mm	η	σ_w N/mm ²	η	σ_w N/mm ²	η
207.8	5.4	-	114.9	0.56	-161.4	0.77

Rotationssteifigkeit unter Momentenbeanspruchung

Steifigkeitskoeffizienten wirksamer Schraubenreihen

Reihe Nr	k_3 mm	k_4 mm	k_5 mm	k_{10} mm
1	-	30.531	30.531	6.272
2	-	11.971	11.971	6.272

z_{eq} mm	k_{eq} mm	η	$S_{i,ini}$ kNm/rad	$S_{i,n}$ kNm/rad
273.0	7.282	3.00	113951.7	37983.9

Nachweis des Trägers nach Gl(6.2)

Qkl	N_d kN	N_{Rd} kN	η_N	$V_{z,d}$ kN	$V_{z,Rd}$ kN	η_{Vz}	$M_{v,d}$ kNm	$M_{v,Rd}$ kNm	η_{Mv}	η
1	-	2286.6	0.00	120.0	431.2	0.28	-145.0	262.2	0.55	0.55

Zusammenfassung

Maximale Ausnutzung aus allen Nachweisen

Verbindung N+M	$\eta = 0.94$	Tragfähigkeit M_{Rd}
Verbindung V	$\eta = 0.61$	Tragfähigkeit V_{Rd}
Verbindung Schweißnaht	$\eta = 0.77$	Stirnplatte Druckquert
Querschnitt	$\eta = 0.55$	



Handrechnung

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

Bemessung eines Stirnplattenstoßes nach der Komponentenmethode DIN EN 1993-1-8:

Die Handrechnung des Stirnplattenstoßes erfolgt anhand des Beispiels aus „Stahlbau-Praxis nach Eurocode, Band 3, Komponentenmethode, 2. Auflage, S. 8.53

1) Tragfähigkeit in der Zugzone

Erste Schraubenreihe in der Zugzone

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

$$m_x = 40 - 0,8 \cdot 7 \cdot \sqrt{2} = 32,1\text{mm}$$

$$e_x = 30\text{mm}$$

$$e = 70\text{mm}$$

$$w = 140\text{mm}$$

$$b_p = 280\text{mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 \cdot \pi \cdot m_x = 2 \cdot \pi \cdot 32,1\text{mm} = 202\text{mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = \pi \cdot m_x + w = \pi \cdot 32,1\text{mm} + 140\text{mm} = 241\text{mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = \pi \cdot m_x + 2 \cdot e = \pi \cdot 32,1\text{mm} + 2 \cdot 70 = 241\text{mm}$$

Somit maßgebend: $l_{\text{eff,cp}} = \mathbf{202\text{mm}}$ 1

$$l_{\text{eff,nc}} = 4 \cdot m_x + 1,25 \cdot e_x = 4 \cdot 32,1\text{mm} + 1,25 \cdot 30\text{mm} = 166\text{mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = e + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x = 70\text{mm} + 32,1\text{mm} + 0,625 \cdot 30\text{mm} = 153\text{mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = 0,5 \cdot b_p = 0,5 \cdot 280\text{mm} = 140\text{mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = 0,5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x = 0,5 \cdot 140\text{mm} + 2 \cdot 32,1\text{mm} + 0,625 \cdot 30\text{mm} = 153\text{mm}$$

Somit maßgebend: $l_{\text{eff,nc}} = \mathbf{140\text{mm}}$ 2

Modus 1: $l_{\text{eff,1}} = l_{\text{eff,nc}} = \mathbf{140\text{mm}} \leq l_{\text{eff,cp}} = 202\text{mm}$

Modus 2: $l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 140\text{mm}$



Grenzzugkraft des T-Stummels:

$$m = m_x = 32,1\text{mm}$$

$$n = e_x = \mathbf{30\text{mm}} \leq 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 32,1\text{mm} = 40,1\text{mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 14\text{cm} \cdot (2,0\text{cm})^2 \cdot \frac{23,5\text{ kN/cm}^2}{1,0} = 329\text{kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 14\text{cm} \cdot (2,0\text{cm})^2 \cdot \frac{23,5\text{ kN/cm}^2}{1,0} = 329\text{kNcm}$$

Modus 1 (ohne Futterplatten):

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 329\text{kNcm}}{3,21\text{cm}} = 410\text{kN}$$

Modus 2:

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 329\text{kNcm} + 3,0\text{cm} \cdot 2 \cdot 176\text{kN}}{3,21\text{cm} + 3,0\text{cm}} = 276\text{kN}$$

3

Modus 2:

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176\text{kN} = 352\text{kN}$$

Kleinste Tragfähigkeit der 1. Schraubenreihe

$$F_{T,Rd} = 276\text{kN}$$

Zweite Schraubenreihe in der Zugzone

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

$$m = \frac{140}{2} - \frac{8}{2} - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 61,5\text{mm}$$

$$e = 70\text{mm}$$

$$n = e_{min} = 70\text{mm}$$

$$m_2 = 95 - 40 - 13 - 0,8 \cdot 7 \cdot \sqrt{2} = 34,1\text{mm}$$



$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{61,5}{61,5+70} = 0,47$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{34,1}{61,5+70} = 0,26$$

$$\alpha = 6,95$$

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61,5\text{mm} = 386\text{mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = \alpha \cdot m = 6,95 \cdot 61,5 = 427\text{mm}$$

$$\text{Modus 1: } l_{\text{eff,1}} = l_{\text{eff,nc}} = 427\text{mm} \leq l_{\text{eff,cp}} = \mathbf{386\text{mm}}$$

$$\text{Modus 2: } l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 427\text{mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummels:

$$m = 61,5\text{mm}$$

$$n = e = \mathbf{70\text{mm}} \leq 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 61,5\text{mm} = 76,9\text{mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff,1}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 38,6\text{cm} \cdot (2,0\text{cm})^2 \cdot \frac{23,5\text{ kN/cm}^2}{1,0} = 907\text{kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff,2}} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 42,7\text{cm} \cdot (2,0\text{cm})^2 \cdot \frac{23,5\text{ kN/cm}^2}{1,0} = 1003\text{kNcm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 907\text{kNcm}}{6,15\text{cm}} = 590\text{kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 1003\text{kNcm} + 7,0\text{cm} \cdot 2 \cdot 176\text{kN}}{6,15\text{cm} + 7,0\text{cm}} = 340\text{kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176\text{kN} = 352\text{kN}$$

Kleinste Tragfähigkeit Stirnblech auf Biegung:

$$F_{T,2,Rd} = 340\text{kN}$$



Trägersteg auf Zug (DIN EN 1993-1-8, 6.2.6.8):

$$b_{\text{eff},t,wb} = l_{\text{eff},2} = 427\text{mm} \text{ (Modus 2 maßgebend)}$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{\text{eff},t,wb} \cdot t_{wb} \cdot \frac{f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = 42,7 \cdot 0,8 \cdot \frac{23,5}{1,0} = 803\text{kN}$$

Kleinste Tragfähigkeit der 2. Schraubenreihe:

$$F_{2,Rd} = 340\text{kN} \quad \text{7}$$

$$F_{1,Rd} = 276\text{kN} \leq 1,9 \cdot F_{t,Rd} = 1,9 \cdot 176\text{kN} = 334\text{kN}$$

→ keine Reduktion nötig (siehe DIN EN 1993-1-8, 6.2.7.2(9))

2) Tragfähigkeit der Druckzone (DIN EN 1993-1-8, 6.2.6.7)

Trägerflansch auf Druck

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h - t_{fb}} = \frac{26100}{27 - 1,3} = 1016\text{kN} \quad \text{8}$$

3) Momententragfähigkeit $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_r \cdot F_{t1,Rd} + h_2 \cdot F_{t2,Rd} = 30,35 \cdot 276 + 20,85 \cdot 340 = 15466\text{kNcm}$$

$$M_{j,Rd} = 155\text{kNm} \quad \text{9}$$

4) Nachweis Stirnplattenanschluss:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{145}{155} = 0,94 < 1,0 \quad \text{10}$$

5) Nachweis der Schrauben

Nachweis auf Abscheren

Schraube M20 10.9 (Gewinde in der Scherfuge):

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} = 0,5 \cdot 100\text{kN/cm}^2 \cdot \frac{2,45\text{cm}^2}{1,25} = 98\text{kN}$$

$$\text{Für zwei Schrauben: } V_{a,Rd} = 2 \cdot 98\text{kN} = 196\text{kN} \quad \text{11}$$



Nachweis auf Lochleibung

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot \frac{t}{\gamma_{M2}} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 36 \cdot 2,0 \cdot \frac{2,0}{1,25} = 288kN$$

Für zwei Schrauben: $V_{l,Rd} = 2 \cdot 288kN = 576kN$

12

6) Nachweis des Trägers:

Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_y \cdot \gamma_{M0} = 97,26cm^2 \cdot \frac{23,5 \frac{kN}{cm^2}}{1,0} = 2286kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{0kN}{2286N} = 0$$

13

Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\gamma_{M0}} = 31,8cm^2 \cdot \frac{23,5 \frac{kN}{cm^2}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1,0} = 431 kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{120kN}{431kN} = 0,28$$

14

Bemessungswert der Momentenbeanspruchbarkeit:

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1112cm^3 \cdot \frac{23,5 \frac{kN}{cm^2}}{1,0} = 26132kNcm = 262kNm$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{145kN}{262kN} = 0,55$$

15

7) Nachweis Querkrafttragfähigkeit des Anschlusses:

Maßgebende Querkraft ergibt sich aus der Abschertragfähigkeit:

$$V_{Rd} = 196kN$$

$$V_{Ed} = 120kN$$

$$\text{Nachweis: } \eta = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{120kN}{196kN} = 0,61$$

16



8) Ermittlung der Rotationssteifigkeit unter Momentenbeanspruchung

1. Schraubenreihe

$$k_5 = \frac{0,9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3} = \frac{0,9 \cdot 14 \cdot 2^3}{3,21^3} = 3,05cm \quad 17$$

$$k_{10} = 1,6 \cdot \frac{A_s}{L_b} = 1,6 \cdot \frac{2,45}{6,25} = 0,627cm \quad 18$$

2. Schraubenreihe

$$k_5 = \frac{0,9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3} = \frac{0,9 \cdot 38,6 \cdot 2^3}{6,15^3} = 1,197cm \quad 19$$

$$k_{10} = 1,6 \cdot \frac{A_s}{L_b} = 1,6 \cdot \frac{2,45}{6,25} = 0,627cm \quad 20$$

Effektiver Steifigkeitskoeffizient:

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

$$\frac{1}{k_{eff,1}} = \frac{1}{k_{5,1}} + \frac{1}{k_{5,1}} + \frac{1}{k_{10,1}} = \frac{1}{30,531} + \frac{1}{30,531} + \frac{1}{6,272} = 0,225$$

somit: $k_{eff,1} = 4,44$

$$\frac{1}{k_{eff,2}} = \frac{1}{k_{5,2}} + \frac{1}{k_{5,2}} + \frac{1}{k_{10,2}} = \frac{1}{11,971} + \frac{1}{11,971} + \frac{1}{6,272} = 0,327$$

somit: $k_{eff,1} = 3,06$

$$z_{eq} = \frac{k_{eff,1} \cdot h_1^2 + k_{eff,2} \cdot h_2^2}{k_{eff,1} \cdot h_1 + k_{eff,2} \cdot h_2} = \frac{4,44 \cdot 303,5^2 + 3,06 \cdot 208,5^2}{4,44 \cdot 303,5 + 3,06 \cdot 208,5} = 273mm \quad 21$$

$$k_{eq} = \frac{k_{eff,1} \cdot h_1 + k_{eff,2} \cdot h_2}{z_{eq}} = \frac{4,44 \cdot 303,5 + 3,06 \cdot 208,5}{273} = 7,28mm \quad 22$$

$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z_{eq}^2}{\frac{1}{k_{eq}}} = \frac{21000 \cdot 27,3^2 \cdot 10^{-2}}{\frac{1}{0,728}} = 113940 \text{ kNm/rad} \quad 23$$

$$S_{j,n} = \frac{S_{j,ini}}{n} = \frac{113940}{3} = 37980 \text{ kNm/rad} \quad 24$$

mit n= 3 für Trägeranschlüsse