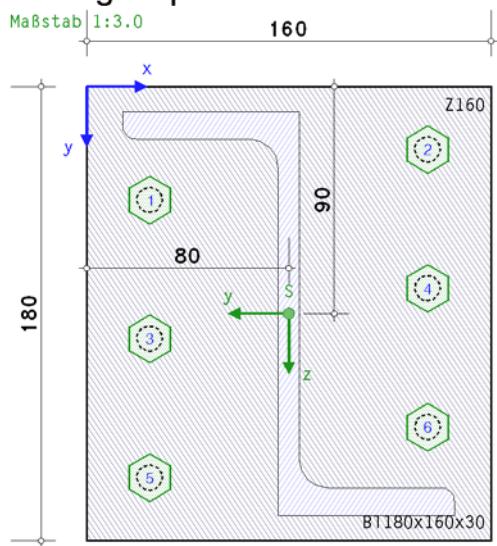


POS. 4: Z-PROFIL

geschraubter Stirnplattenstoß EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

4H-EC3FS Version: 2/2025-1b

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Festigkeitsklasse 8.8, Schraubengröße M10, normale Schlüsselweite

Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 30.0$ mm, Breite $b_p = 160.0$ mm, Länge $l_p = 180.0$ mm

Träger: Profil Z160

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 10.0$ mm

Trägerprofil mittig auf der Stirnplatte (Trägerschwerpunkt in Plattenmitte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 80.0$ mm, $y_s = 90.0$ mm

Schrauben:

Koordinaten der Schraubenachsen:

$$\begin{array}{lll} x_1 = 25.0 \text{ mm}, y_1 = 45.0 \text{ mm} & x_2 = 135.0 \text{ mm}, y_2 = 25.0 \text{ mm} & x_3 = 25.0 \text{ mm}, y_3 = 100.0 \text{ mm} \\ x_4 = 135.0 \text{ mm}, y_4 = 80.0 \text{ mm} & x_5 = 25.0 \text{ mm}, y_5 = 155.0 \text{ mm} & x_6 = 135.0 \text{ mm}, y_6 = 135.0 \text{ mm} \end{array}$$

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Tragfähigkeitsnachweise

Nachweis der Stirnplatte mit dem plastischen Verfahren, Kontaktpressungen nachweisen

Nachweis des Trägerquerschnitts mit dem plastischen Verfahren

Nachweis der Schweißnähte mit dem richtungsbezogenen Verfahren

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet, Federkonstante der Schrauben $c_f = 1741.2$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 31.7$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_M 2 = 33.41$ kN, $k_2 = 0.90$

wirksame Bruchdehnung $\epsilon_{t,f} = f_{t,e} \cdot \epsilon_{ub} = 3.0\%$, $f_{t,e} = 0.250$, $\epsilon_{ub} = 12.0\%$

ohne Vorspannung ($F_p,c = 0$)

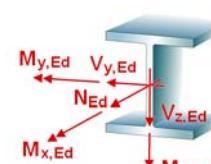
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 7000.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 26 / 6.2$ mm, $n_y / \Delta y = 30 / 6.0$ mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen bezogen auf die Querschnittsachsen

Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm
1	-9.61	-0.50	0.78	2.58	1.37	0.80
2	8.45	2.97	23.13	10.43	5.10	0.05
3	-3.69	0.01	0.58	-5.59	-2.87	0.78
4	2.96	2.77	23.19	12.14	6.00	0.05
5	-8.86	-0.02	0.69	3.28	1.68	0.01
6	5.44	2.39	23.19	6.24	3.00	1.17
7	-2.93	0.49	0.49	-4.90	-2.55	-0.01
8	1.88	2.08	23.32	11.15	5.55	1.18
9	-3.92	1.30	16.64	9.57	4.80	0.83
10	-3.17	1.78	16.55	10.26	5.12	0.04



Materialsicherheitsbeiwerte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten $\gamma_{M0} = 1.00$

Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung $\gamma_{M2} = 1.25$

Lokale Beanspruchungen insbesondere des Trägers und der Schweißnähte werden nicht berücksichtigt !

Ausnutzungen

In der Ausnutzung der Schrauben aus Zug $U_{t,s}$ ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung U_{pl} sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,s}$ enthalten.

Lk	U_p	U_σ	U_b	$U_{pl,s}$	$U_{pl,t,s}$	$U_{wt,s}$	$U_{t,s}$	$U_{vt,s}$	$U_{b,s}$	U_q	U_{ct}	U_w	U
1	0.146	0.146	0.097	0.125	0.136	0.023	0.018	0.237	0.010	0.389	0.460	0.204	0.460
2	0.537	0.537	0.396	0.767	0.663	0.224	0.082	0.711	0.035	0.695	0.479	0.747	0.767
3	0.309	0.309	0.205	0.366	0.327	0.061	0.050	0.463	0.011	0.529	0.462	0.419	0.529
4	0.657	0.657	0.490	0.856	0.746	0.294	0.082	0.741	0.046	0.820	0.476	0.874	0.874
5	0.181	0.181	0.121	0.177	0.179	0.032	0.026	0.227	0.002	0.235	0.469	0.250	0.469
6	0.289	0.289	0.216	0.462	0.414	0.091	0.074	0.626	0.030	0.648	0.487	0.440	0.648
7	0.276	0.276	0.178	0.322	0.291	0.052	0.042	0.359	0.002	0.355	0.455	0.372	0.455
8	0.607	0.607	0.420	0.781	0.708	0.199	0.082	0.690	0.034	0.916	0.473	0.807	0.916*
9	0.520	0.520	0.350	0.640	0.594	0.128	0.082	0.685	0.023	0.749	0.471	0.700	0.749
10	0.558	0.558	0.378	0.692	0.649	0.155	0.082	0.698	0.024	0.701	0.474	0.746	0.746

U_p : Ausnutzung der Stirnplatte; U_σ : Ausnutzung der Stirnplatte aus Spannung; U_b : Ausnutzung der Stirnplatte aus Kontaktspannung

$U_{pl,s}$: minimale plast. Ausnutzung der Verbindung; $U_{pl,t,s}$: plast. Ausnutzung der Schraubenzugkräfte; $U_{wt,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung

$U_{t,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Zug; $U_{vt,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Abscheren; $U_{b,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Lochleibung

U_q : Spannungsausnutzung des Trägers; U_{ct} : c/t-Ausnutzung des Trägers; U_w : Ausnutzung der Schweißnähte

U : Gesamtausnutzung

*) maximale Ausnutzung

2. Endergebnis

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte aus 10 Lk: max U_p mit Zugehörigen

Kno	x mm	y mm	u_z mm	b_z N/mm ²	m_{xx} kNm/m	m_{yy} kNm/m	m_{xy} kNm/m	q_x kN/m	q_y kN/m	U_p
431	80.0	162.0	0.122	0.00	33.15	11.11	14.81	-2685.97	403.43	0.657

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); b_z : Kontaktspannungen (Druck positiv); m_{xx}, m_{yy}, m_{xy} : Momente
 q_x, q_y : Querkräfte; q_x, q_y : Querkräfte; U_p : Ausnutzung der Stirnplatte

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus 10 Lk: max U_s mit Zugehörigen

x mm	y mm	F _t kN	U_{wt}	U_{vt}	U_b	U_s
1	25.0	45.0	19.18	0.061	0.463	0.004
2	135.0	25.0	29.95	0.096	0.741	0.010
3	25.0	100.0	5.96	0.019	0.415	0.023
4	135.0	80.0	31.74	0.161	0.725	0.004
5	25.0	155.0	4.16	0.013	0.550	0.046
6	135.0	135.0	31.74	0.294	0.727	0.004

x,y: Schraubenkoordinaten; F_t: Schraubenkraft; U_{wt} : Ausnutzung aus Dehnung; U_{vt} : Ausnutzung aus Abscheren
 U_b : Ausnutzung aus Lochleibung; U_s : Ausnutzung der Schrauben

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte [Lk 4]

max $U_p = 0.657 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 4]

max $U_{wt,s} = 0.294 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 4]

max $U_s = 0.856 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 8]

max $(U_q, U_{ct}) = 0.916 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 4]

max $U_w = 0.874 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung [Lk 8]

max $U = 0.916 < 1$ ok

Nachweis erbracht

3. Vorschriften

EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;

Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2018

EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;

Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

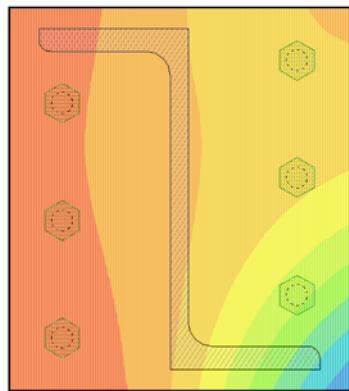
4. Lk 8 (maßgebend)

4.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: $N = 1.88 \text{ kN}$, $M_y = 2.08 \text{ kNm}$, $M_z = 11.15 \text{ kNm}$

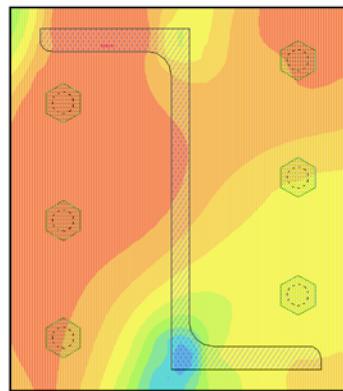
Verformungen u_z [mm]

min $u_z = -0.0234 \text{ mm}$, max $u_z = 0.3640 \text{ mm}$



Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.039$, max $U_p = 0.607$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
431	80.0	162.0	0.069	0.607
837	160.0	180.0	0.364	0.200

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); U_p : Ausnutzung der Stirnplatte

Ausnutzung der Schrauben

	x mm	y mm	wt mm	F_t kN	ϵ_{wt} %	U_{wt}
1	25.0	45.0	0.010	3.39	0.032	0.011
2	135.0	25.0	0.068	23.60	0.226	0.075
3	25.0	100.0	0.010	3.43	0.033	0.011
4	135.0	80.0	0.095	31.40	0.315	0.105
5	25.0	155.0	0.002	0.76	0.007	0.002
6	135.0	135.0	0.179	31.74	0.598	0.199

x,y: Schraubenkoordinaten; wt: Verformung (Zug positiv); F_t : Schraubenkraft; ϵ_{wt} : Dehnung
 U_{wt} : Ausnutzung aus Dehnung

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 431] $U_{max} = 0.607 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 6] $U_{s,max} = 0.199 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Schrauben $U_{pl,s,min} = 0.781 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.708 < 1$ ok

4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 0.76 \text{ kN}$, max $F_t = 31.74 \text{ kN}$, $V_z = 23.32 \text{ kN}$, $V_y = 5.55 \text{ kN}$, $M_x = 1.18 \text{ kNm}$

Nachweis der Schrauben

U_p : Ausnutzung aus Durchstanzen, U_v : Ausnutzung aus Abscheren mit Zug, U_b : Ausnutzung aus Lochleibung, U : Ausnutzung der Schrauben

Schraube 1	$U_{p,1} = 0.009$	$U_{v,1} = 0.401$	$U_{b,1} = 0.026$	$U_1 = 0.401$
Schraube 2	$U_{p,2} = 0.061$	$U_{v,2} = 0.586$	$U_{b,2} = 0.008$	$U_2 = 0.586$
Schraube 3	$U_{p,3} = 0.009$	$U_{v,3} = 0.388$	$U_{b,3} = 0.024$	$U_3 = 0.388$
Schraube 4	$U_{p,4} = 0.082$	$U_{v,4} = 0.686$	$U_{b,4} = 0.001$	$U_4 = 0.686$
Schraube 5	$U_{p,5} = 0.002$	$U_{v,5} = 0.352$	$U_{b,5} = 0.034$	$U_5 = 0.352$
Schraube 6	$U_{p,6} = 0.082$	$U_{v,6} = 0.690$	$U_{b,6} = 0.000$	$U_6 = 0.690$
Gesamt:	$U_p = 0.082$	$U_v = 0.690$	$U_b = 0.034$	$U = 0.690 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben max U_s ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben min $U_{pl,s} = 0.781$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.708$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{max} = 0.781 < 1$ ok

4.3. Träger

plastischer Spannungsnachweis für $N = 1.88 \text{ kN}$, $M_y = 2.08 \text{ kNm}$, $V_z = 23.32 \text{ kN}$, $M_z = 11.15 \text{ kNm}$

$$V_y = 5.55 \text{ kN}, T_t = 1.18 \text{ kNm}$$

Schnittgrößen bzgl. yz-Richtung in kN, m: $M_y = 2.08$, $M_z = 11.15$, $V_y = 5.55$, $V_z = 23.32$

Teilschnittgrößen der Linien des Querschnitts in kN, m:

- 1: $N = -108.54$, $M_y = 0.00$, $M_z = 2.06$, $V_y = 2.77$, $V_z = 0.00$, $T = 0.39$
- 2: $N = 0.50$, $M_y = -14.20$, $M_z = 0.00$, $V_y = 0.00$, $V_z = 23.32$, $T = 0.41$
- 3: $N = 109.92$, $M_y = -0.00$, $M_z = 2.05$, $V_y = 2.77$, $V_z = 0.00$, $T = 0.39$

Ausnutzungen der Linien des Querschnitts

- 1: $U_\sigma = 0.728$, $U_\tau = 0.518$, $U = 0.894$
- 2: $U_\sigma = 0.828$, $U_\tau = 0.390$, $U = 0.916$
- 3: $U_\sigma = 0.731$, $U_\tau = 0.518$, $U = 0.896$

max. Lastfaktor (plast.): $f_{pl} = 1.092$

Ausnutzung: $U_{pl} = 0.916$

Nachweis: $U_{pl} = 0.916 < 1$ **ok**

c/t-Nachweis: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.473 < 1$ **ok**

Ausnutzung des Trägers $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.916 < 1$ **ok**

4.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = 1.88 \text{ kN}$, $M_y = 2.08 \text{ kNm}$, $V_z = 23.32 \text{ kN}$, $M_z = 11.15 \text{ kNm}$,

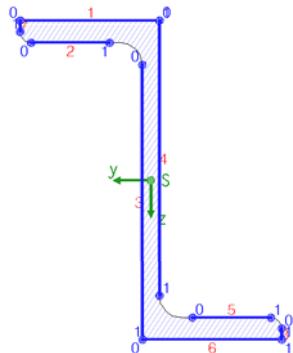
$$V_y = 5.55 \text{ kN}, M_x = 1.18 \text{ kNm}$$

Naht 1: Nahtdicke $a = 10.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 7.7 \text{ mm}$ (Schweißtechnik, s. DIN 18800) **!!**

Naht 3: Nahtdicke $a = 10.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 5.9 \text{ mm}$ (Schweißtechnik, s. DIN 18800) **!!**

Naht 4: Nahtdicke $a = 10.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 5.9 \text{ mm}$ (Schweißtechnik, s. DIN 18800) **!!**

Naht 6: Nahtdicke $a = 10.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 7.7 \text{ mm}$ (Schweißtechnik, s. DIN 18800) **!!**



Naht 1:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 70.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 39.5 \text{ mm}$
Naht 3:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 138.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 138.0 \text{ mm}$
Naht 5:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 39.5 \text{ mm}$
Naht 6:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 70.0 \text{ mm}$
Naht 7:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 5.5 \text{ mm}$
Naht 8:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 5.5 \text{ mm}$

$$\text{Max: } \sigma_{1,w,Ed} = 351.39 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 435.56 \text{ N/mm}^2,$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 175.70 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 352.80 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.807 < 1 \text{ **ok**}$$

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{max} = 0.807 < 1$ **ok**

4.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 8 $U_{max} = 0.916 < 1$ **ok**