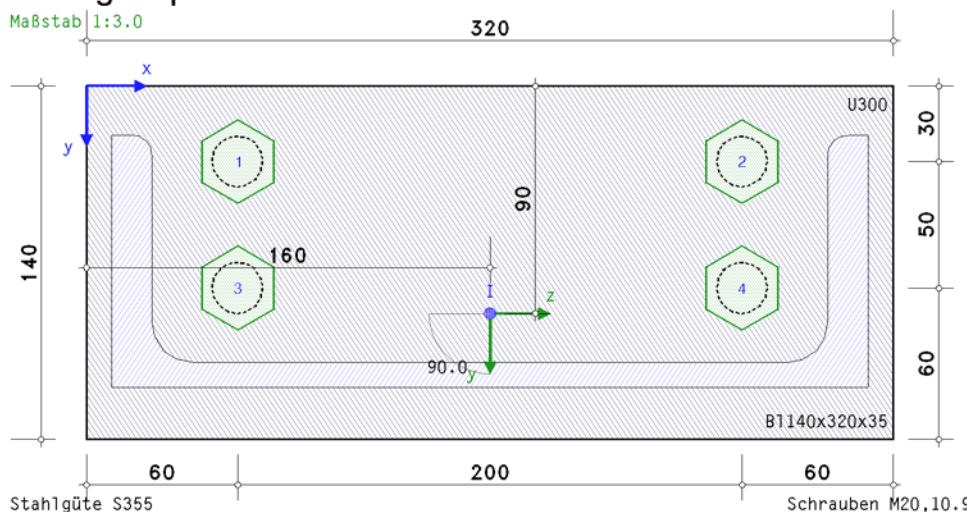


POS. 5: U-PROFIL

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

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20, normale Schlüsselweite

Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 35.0$ mm, Breite $b_p = 320.0$ mm, Länge $l_p = 140.0$ mm

Träger: Profil U300

Verdrehung des Querschnitts um den Profilschwerpunkt $\beta = 90.0^\circ$

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 6.0$ mm

Schwerpunktskoordinaten des Trägerprofils bei $x_p = 160.0$ mm, $y_p = 90.0$ mm

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 160.0$ mm, $y_s = 90.0$ mm

Schrauben:

gleichmäßige Anordnung der Schrauben, 2 vertikale und 2 horizontale Reihen

Randabstände oben $e_o = 30.0$ mm, unten $e_u = 60.0$ mm

Schraubenabstände $p_{y,1-2} = 50.0$ mm

Randabstände links $e_l = 60.0$ mm, rechts $e_r = 60.0$ mm

Schraubenabstände $p_{x,1-2} = 200.0$ mm

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittrößenermittlung (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 $c_f = 5797.2$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 167.6$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_M 2 = 176.40$ kN, $k_2 = 0.90$

wirksame Bruchdehnung $\epsilon_{t,f} = f_{t,e} \cdot \epsilon_{ub} = 2.3\%$, $f_{t,e} = 0.250$, $\epsilon_{ub} = 9.0\%$

ohne Vorspannung ($F_{p,c} = 0$)

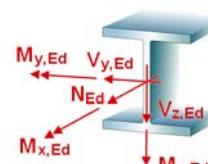
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 6000.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 98 / 3.3$ mm, $n_y / \Delta y = 43 / 3.3$ mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%

Schnittrößen 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	-33.47	81.25	-21.16	-6.13	-4.35	-0.92
2	0.27	4.66	1.34	-5.73	2.40	-0.00
3	-33.24	80.85	-21.38	-5.83	-4.16	-0.89
4	0.11	4.94	1.50	-5.93	2.27	-0.02
5	-7.75	7.83	-5.09	14.00	5.80	-0.07
6	-28.26	69.16	-19.97	-7.69	-5.39	-0.93
7	-3.37	13.12	0.51	-4.63	3.13	0.00
8	-4.11	-0.63	-4.25	12.91	5.07	-0.07



Materialsicherheitsbeiwerte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten $\gamma_M 0 = 1.00$

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

FEM: Der Schraubenabstand vom freien Blechrand ist zu gering (min e = 30.0 mm < 37.0 mm).
Die Genauigkeit der Ergebnisse kann nicht gewährleistet werden !!

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	$U_{pl,s}$	$U_{pl,t,s}$	$U_{wt,s}$	$U_{t,s}$	$U_{vt,s}$	$U_{bs,s}$	U_q	U_{ct}	U_w	U
1	0.778	0.778	0.717	0.745	0.988	0.960	0.206	0.709	0.056	0.583	0.614	0.968	0.988*
2	0.168	0.114	0.168	0.163	0.152	0.054	0.061	0.208	0.004	0.148	0.614	0.321	0.614
3	0.759	0.759	0.707	0.741	0.979	0.931	0.206	0.710	0.056	0.573	0.614	0.950	0.979
4	0.174	0.118	0.174	0.169	0.158	0.057	0.063	0.217	0.005	0.154	0.614	0.334	0.614
5	0.276	0.276	0.143	0.250	0.271	0.082	0.092	0.315	0.013	0.340	0.750	0.753	0.753
6	0.572	0.572	0.534	0.634	0.865	0.659	0.206	0.694	0.047	0.554	0.614	0.947	0.947
7	0.116	0.111	0.116	0.124	0.182	0.073	0.081	0.275	0.005	0.169	0.614	0.336	0.614
8	0.248	0.248	0.111	0.233	0.251	0.065	0.073	0.257	0.012	0.281	0.750	0.644	0.750

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

$U_{pl,s}$: 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; $U_{bs,s}$: 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 8 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
300	19.6	113.9	0.010	19.27	29.46	27.42	21.45	-3604.13	2931.14	0.778

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); b_z : Kontaktpressungen (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 8 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F_t kN	U_{wt}	U_{vt}	U_b	U_s
1	60.0	30.0	59.21	0.065	0.257	0.009	0.257
2	260.0	30.0	167.02	0.343	0.709	0.017	0.709
3	60.0	80.0	105.57	0.116	0.494	0.032	0.494
4	260.0	80.0	167.58	0.960	0.709	0.015	0.960

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 1]

max $U_p = 0.778 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 1]

max $U_{wt,s} = 0.960 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 1]

max $U_s = 0.988 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 5]

max $(U_q, U_{ct}) = 0.750 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 1]

max $U_w = 0.968 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung [Lk 1]

max $U = 0.988 < 1$ 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

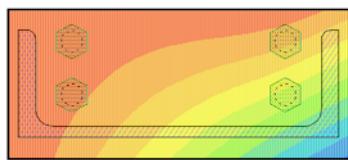
4. Lk 1 (maßgebend)

4.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: $N = -33.47 \text{ kN}$, $M_y = 81.25 \text{ kNm}$, $M_z = -6.13 \text{ kNm}$

Verformungen u_z [mm]

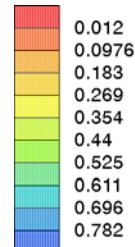
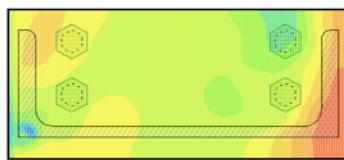
min $u_z = -0.0534 \text{ mm}$, max $u_z = 1.6839 \text{ mm}$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.012$, max $U_p = 0.778$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
300	19.6	113.9	0.010	0.778
4356	320.0	140.0	1.684	0.026

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

Ausnutzung der Schrauben

	x mm	y mm	Wt mm	Ft kN	ϵ_{wt} %	U_{wt}
1	60.0	30.0	0.018	21.11	0.052	0.023
2	260.0	30.0	0.279	167.22	0.798	0.355
3	60.0	80.0	0.091	105.57	0.260	0.116
4	260.0	80.0	0.756	167.58	2.161	0.960

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 300] $U_{max} = 0.778 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 4] $U_{s,max} = 0.960 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Schrauben $U_{pl,s,min} = 0.745 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.988 < 1$ ok

4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 21.11 \text{ kN}$, max $F_t = 167.58 \text{ kN}$, $V_z = -21.16 \text{ kN}$, $V_y = -4.35 \text{ kN}$, $M_x = -0.92 \text{ kNm}$

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	$U_{p,1} = 0.026$	$U_{v,1} = 0.192$	$U_{b,1} = 0.056$	$U_1 = 0.192$
Schraube 2	$U_{p,2} = 0.205$	$U_{v,2} = 0.708$	$U_{b,2} = 0.017$	$U_2 = 0.708$
Schraube 3	$U_{p,3} = 0.130$	$U_{v,3} = 0.494$	$U_{b,3} = 0.032$	$U_3 = 0.494$
Schraube 4	$U_{p,4} = 0.206$	$U_{v,4} = 0.709$	$U_{b,4} = 0.015$	$U_4 = 0.709$
Gesamt:	$U_p = 0.206$	$U_v = 0.709$	$U_b = 0.056$	$U = 0.709 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben max U_s ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben min $U_{pl,s} = 0.745$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.988$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{max} = 0.988 < 1$ ok

4.3. Träger

plastischer Spannungsnachweis für $N = -33.47 \text{ kN}$, $M_y = 81.25 \text{kNm}$, $V_z = -21.16 \text{ kN}$, $M_z = -6.13 \text{ kNm}$

$V_y = -4.35 \text{ kN}$, $T_t = -0.92 \text{ kNm}$

Schnittgrößen bzgl. yz-Richtung in kN, m: $M_y = 81.25$, $M_z = -6.13$, $V_y = -4.35$, $V_z = -21.16$

Teilschnittgrößen der Linien des Querschnitts in kN, m:

- 1: $N = -299.69$, $M_y = -0.00$, $M_z = 0.00$, $V_y = -4.69$, $V_z = -0.19$, $T = -0.34$
- 2: $N = 50.67$, $M_y = 8.18$, $M_z = -0.00$, $V_y = 0.00$, $V_z = -20.96$, $T = -0.24$
- 3: $N = 215.55$, $M_y = -0.13$, $M_z = -3.24$, $V_y = 0.33$, $V_z = -0.01$, $T = -0.34$

Ausnutzungen der Linien des Querschnitts

- 1: $U_\sigma = 0.562$, $U_\tau = 0.154$, $U = 0.583$
- 2: $U_\sigma = 0.133$, $U_\tau = 0.096$, $U = 0.164$
- 3: $U_\sigma = 0.552$, $U_\tau = 0.153$, $U = 0.573$

max. Lastfaktor (plast.): $f_{pl} = 1.716$

Ausnutzung: $U_{pl} = 0.583$

Nachweis: $U_{pl} = 0.583 < 1$ **ok**

c/t-Nachweis: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.614 < 1$ **ok**

Ausnutzung des Trägers $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.614 < 1$ **ok**

4.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = -33.47 \text{ kN}$, $M_y = 81.25 \text{ kNm}$, $V_z = -21.16 \text{ kN}$, $M_z = -6.13 \text{ kNm}$,
 $V_y = -4.35 \text{ kN}$, $M_x = -0.92 \text{ kNm}$



Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 421.53 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 435.56 \text{ N/mm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 210.75 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 352.80 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.968 < 1$ **ok**

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{max} = 0.968 < 1$ **ok**

4.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 1 $U_{max} = 0.988 < 1$ **ok**