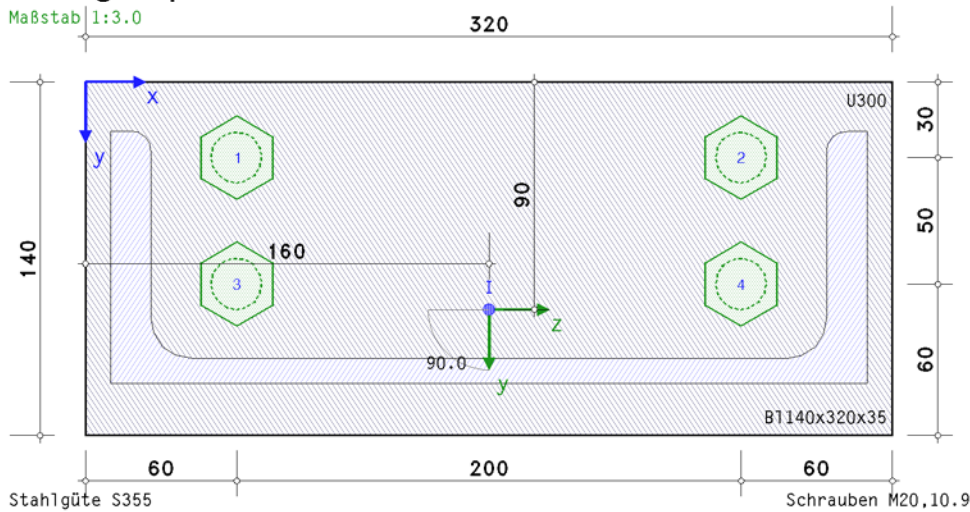


POS. 4: U

geschraubter Stirnplattenstoß EC 3-1-8 (04.25), NA: Deutschland

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:

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 $c_f = 5792.5$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 167.4$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26$ 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 ($F_{p,c} = 0$)

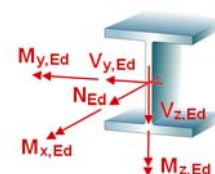
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 6000.0$ kN/cm³

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%.

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	-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 $\gamma_{M0} = 1.00$

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

Ausnutzungen

Lk	U_p	U_σ	U_b	U_{pl}	$U_{pl,s}$	$U_{wt,s}$	$U_{t,s}$	$U_{vt,s}$	$U_{b,s}$	U_q	$U_{c/t}$	U_w	U
1	0.779	0.779	0.718	0.745	0.989	0.962	0.206	0.711	0.026	0.713	0.353	0.949	0.989*
2	0.168	0.114	0.168	0.163	0.152	0.054	0.061	0.206	0.002	0.262	0.200	0.320	0.320
3	0.760	0.760	0.707	0.742	0.980	0.933	0.206	0.710	0.025	0.698	0.349	0.931	0.980
4	0.174	0.118	0.174	0.169	0.158	0.057	0.063	0.215	0.002	0.273	0.204	0.332	0.332
5	0.276	0.276	0.143	0.250	0.271	0.082	0.092	0.322	0.006	0.619	0.281	0.750	0.750
6	0.573	0.573	0.535	0.635	0.866	0.661	0.206	0.695	0.024	0.712	0.348	0.931	0.931
7	0.116	0.111	0.116	0.124	0.182	0.073	0.081	0.274	0.002	0.263	0.206	0.333	0.333
8	0.248	0.248	0.111	0.233	0.251	0.065	0.073	0.251	0.005	0.538	0.274	0.643	0.643

U_p : Ausnutzung der Stirnplatte; U_σ : Ausnutzung der Stirnplatte aus Spannung; U_b : Ausnutzung der Stirnplatte aus Kontaktpressung
 U_{pl} : min. plast. Ausnutzung der Verbindung; $U_{pl,s}$: 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; $U_{c/t}$: 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	19.20	29.50	27.46	21.49	-3608.67	2935.48	0.779

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); b_z : Kontaktpressungen (Druck positiv); m_{xx}, m_{yy}, m_{xy} : Momente
 q_x, q_y : Querkraften; q_x, q_y : Querkraften; 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	59.20	0.065	0.251	0.002	0.251
2	260.0	30.0	167.10	0.356	0.708	0.008	0.708
3	60.0	80.0	105.76	0.116	0.541	0.023	0.541
4	260.0	80.0	167.44	0.962	0.711	0.006	0.962

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 $U_p = 0.779 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 1]

max $U_{wt,s} = 0.962 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 1]

max $U_s = 0.989 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 1]

max $(U_q, U_{ct}) = 0.713 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 1]

max $U_w = 0.949 < 1$ ok

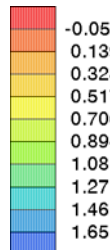
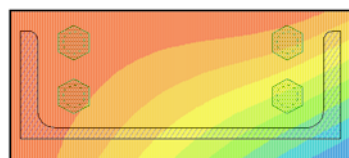
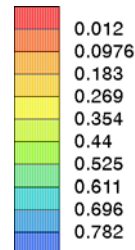
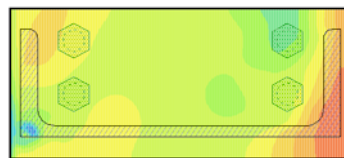
Maximale Ausnutzung [Lk 1]

max U = 0.989 < 1 ok

Nachweis erbracht

3. Lk 1 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: N = -33.47 kN, $M_y = 81.25$ kNm, $M_z = -6.13$ kNmVerformungen u_z [mm]min $u_z = -0.0535$ mm, max $u_z = 1.6871$ mmAusnutzung der Stirnplatte U_p min $U_p = 0.012$, max $U_p = 0.779$ 

Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
300	19.6	113.9	0.010	0.779
4356	320.0	140.0	1.687	0.026

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	60.0	30.0	0.018	21.16	0.052	0.023
2	260.0	30.0	0.280	167.10	0.801	0.356
3	60.0	80.0	0.091	105.76	0.261	0.116
4	260.0	80.0	0.758	167.44	2.165	0.962

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 300] $U_{\max} = 0.779 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 4] $U_{s,\max} = 0.962 < 1$ ok

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

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.989 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min F_t = 21.16 kN, max F_t = 167.44 kN, V_z = -21.16 kN, V_y = -4.35 kN,
M_x = -0.92 kNm

Nachweis der Schrauben

U_{tp} Ausnutzung aus Durchstanzen, U_{vt} Ausnutzung aus Abscheren mit Zug, U_b Ausnutzung aus Lochleibung, U Ausnutzung der Schrauben

Schraube 1	U _{tp,1} = 0.026	U _{vt,1} = 0.201	U _{b,1} = 0.026	U ₁ = 0.201
Schraube 2	U _{tp,2} = 0.205	U _{vt,2} = 0.708	U _{b,2} = 0.008	U ₂ = 0.708
Schraube 3	U _{tp,3} = 0.130	U _{vt,3} = 0.541	U _{b,3} = 0.023	U ₃ = 0.541
Schraube 4	U _{tp,4} = 0.206	U _{vt,4} = 0.711	U _{b,4} = 0.006	U ₄ = 0.711
Gesamt:	U _{tp} = 0.206	U _{vt} = 0.711	U _b = 0.026	U = 0.711 < 1 ok

In der Ausnutzung der Schrauben U_{max} ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung U_{pl,min} = 0.745 sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte U_{pl,s} = 0.989 enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{\max} = 0.989 < 1$ ok

3.3. Träger

Berechnung nach EC 3-1-1, 8.2 für dieses Profil nicht möglich !!

Der Querschnitt ist plastisch nicht nachweisbar !!

elastischer Spannungsnachweis für N = -33.47 kN, M_y = 81.25 kNm, V_z = -21.16 kN, M_z = -6.13 kNm

V_y = -4.35 kN, T_t = -0.92 kNm

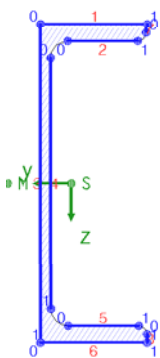
Nachweis: $\sigma_v = 253.12 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{v,Rd} = 355.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 0.713 < 1$ ok

c/t-Nachweis: Ausnutzung U_{c/t} = 0.353 < 1 ok

Ausnutzung des Trägers max(U_σ, U_{c/t}) = 0.713 < 1 ok

3.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: N = -33.47 kN, M_y = 81.25 kNm, V_z = -21.16 kN, M_z = -6.13 kNm,
V_y = -4.35 kN, M_x = -0.92 kNm



Naht 1:	a _w = 6.0 mm	l _w = 100.0 mm
Naht 2:	a _w = 6.0 mm	l _w = 66.0 mm
Naht 3:	a _w = 6.0 mm	l _w = 300.0 mm
Naht 4:	a _w = 6.0 mm	l _w = 236.0 mm
Naht 5:	a _w = 6.0 mm	l _w = 66.0 mm
Naht 6:	a _w = 6.0 mm	l _w = 100.0 mm
Naht 7:	a _w = 6.0 mm	l _w = 8.0 mm
Naht 8:	a _w = 6.0 mm	l _w = 8.0 mm

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 413.48 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 435.56 \text{ N/mm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 206.73 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 352.80 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.949 < 1$ ok

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{\max} = 0.949 < 1$ ok

3.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 1 $U_{\max} = 0.989 < 1$ ok

4. 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 1993-1-1:2022, Ausgabe April 2025
EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe April 2026

EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2024, Ausgabe April 2025
EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe April 2026

prEN 1993-1-14, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
Teil 1-14: Bemessung mithilfe von Finite-Element-Berechnung;
Deutsche und englische Fassung prEN 1993-1-14:2023, Ausgabe September 2023