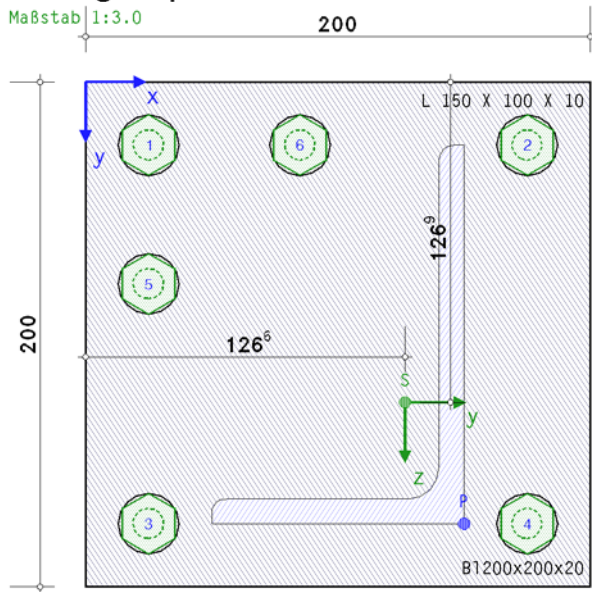


POS. 2: L

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Die Schrauben sind mit der Kraft $F_{p,c} = 37.8$ kN vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 8.8, Schraubengröße M12

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 37.8$ kN)

Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 20.0$ mm, Breite $b_p = 200.0$ mm, Länge $l_p = 200.0$ mm

Träger: gespiegeltes Profil L 150 X 100 X 10

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 7.0$ mm

Koordinaten links oben des umgebenden Rechtecks des Trägerprofils bei $x_p = 150.0$ mm, $y_p = 175.0$ mm

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 126.6$ mm, $y_s = 126.9$ mm

Schrauben:

Koordinaten der Schraubenachsen:

$x_1 = 25.0$ mm, $y_1 = 25.0$ mm

$x_2 = 175.0$ mm, $y_2 = 25.0$ mm

$x_3 = 25.0$ mm, $y_3 = 175.0$ mm

$x_4 = 175.0$ mm, $y_4 = 175.0$ mm

$x_5 = 25.0$ mm, $y_5 = 80.0$ mm

$x_6 = 85.0$ mm, $y_6 = 25.0$ 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 $c_f = 3210.0$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 46.1$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 48.56$ kN, $k_2 = 0.90$

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

Vorspannkraft der Schrauben $F_{p,c} = 37.8$ kN < $F_{t,f}$ ok

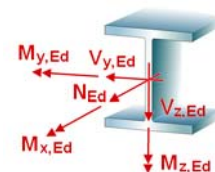
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 10500.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 32 / 6.3$ mm, $n_y / \Delta y = 32 / 6.3$ mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen bezogen auf die Querschnittsachsen

Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNcm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNcm	$V_{y,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNcm
1	-17.93	-88.20	16.35	-375.49	-1.70	-1.40
2	0.96	-29.92	0.62	-88.61	-0.36	111.34
3	-11.31	312.81	-0.14	-607.21	-2.90	78.95
4	-11.41	-722.87	24.36	424.73	2.24	-3.76
5	-5.17	-208.12	1.02	316.77	1.54	0.02
6	-14.33	-427.05	23.69	-191.51	-0.68	107.66
7	-11.20	-734.98	24.39	407.22	2.17	-4.79
8	-6.41	184.82	0.14	-398.30	-1.89	113.00



Lk	N _{Ed} kN	M _{y,Ed} kNm	V _{z,Ed} kN	M _{z,Ed} kNm	V _{y,Ed} kN	M _{x,Ed} kNm
9	-10.09	-751.73	24.41	318.09	1.80	106.69
10	-12.23	333.01	-0.18	-532.57	-2.59	1.63
11	-10.87	-629.33	17.55	473.84	2.43	-3.01

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

Lk	U _p	U _σ	U _b	U _{pl}	U _{pl,s}	U _{wt,s}	U _{ts}	U _{vt,s}	U _{b,s}	U _q	U _{c/t}	U _w	U
1	0.278	0.278	0.156	0.081	0.076	0.076	0.159	0.677	0.029	0.757	0.498	0.494	0.757
2	0.123	0.106	0.123	0.032	---	0.071	0.152	0.635	0.019	1.039	0.231	0.108	1.039!
3	0.572	0.572	0.159	0.174	0.177	0.113	0.185	0.700	0.025	1.538	0.639	0.889	1.538*
4	0.302	0.302	0.168	0.210	0.080	0.080	0.166	0.779	0.054	1.188	0.163	0.879	1.188!
5	0.170	0.170	0.141	0.113	---	0.071	0.152	0.573	0.004	0.710	0.142	0.461	0.710
6	0.190	0.190	0.167	0.105	---	0.071	0.153	0.682	0.031	1.157	0.341	0.205	1.157!
7	0.311	0.311	0.172	0.215	0.081	0.081	0.167	0.782	0.055	1.175	0.162	0.869	1.175!
8	0.322	0.322	0.142	0.117	0.081	0.081	0.166	0.673	0.026	1.363	0.515	0.577	1.363!
9	0.328	0.328	0.176	0.223	0.082	0.082	0.168	0.707	0.036	1.494	0.153	0.793	1.494!
10	0.468	0.468	0.149	0.147	0.114	0.098	0.182	0.674	0.007	1.224	0.629	0.797	1.224!
11	0.248	0.248	0.153	0.181	0.076	0.076	0.159	0.712	0.038	1.177	0.170	0.866	1.177!

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_{ts}: 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 11 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
292	50.0	168.8	0.052	0.00	-14.07	-9.34	0.66	572.62	-123.16	0.572

x,y: Knotenkoordinaten; u_z: Verformungen (abhebend positiv); b_z: Kontaktpressungen (Druck positiv); m_{xx},m_{yy},m_{xy}: Momente

q_x,q_y: Querkkräfte; q_x,q_y: Querkkräfte; U_p: Ausnutzung der Stirnplatte

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus 11 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F _t kN	U _{wt}	U _{vt}	U _b	U _s
1	25.0	25.0	37.77	0.071	0.685	0.032	0.685
2	175.0	25.0	41.56	0.081	0.750	0.034	0.750
3	25.0	175.0	46.00	0.113	0.700	0.006	0.700
4	175.0	175.0	37.77	0.071	0.782	0.055	0.782
5	25.0	80.0	37.77	0.071	0.686	0.020	0.686
6	85.0	25.0	38.15	0.071	0.700	0.033	0.700

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 3]

max U_p = 0.572 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 3]

max U_{wt,s} = 0.113 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 7]

max U_s = 0.782 < 1 ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 3]

max (U_q,U_{c/t}) = 1.538 > 1 nicht ok !!

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 3]

max U_w = 0.889 < 1 ok

Maximale Ausnutzung [Lk 3]

max U = 1.538 > 1 nicht ok !!

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

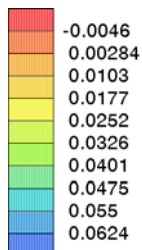
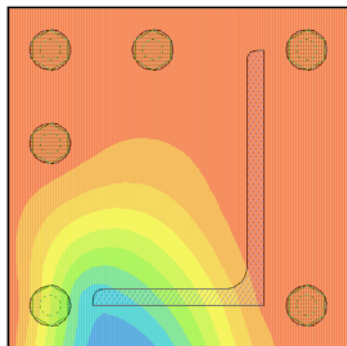
3. Lk 3 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: N = -11.31 kN, M_y = 3.13 kNm, M_z = -6.07 kNm

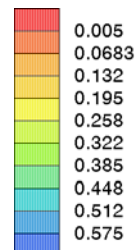
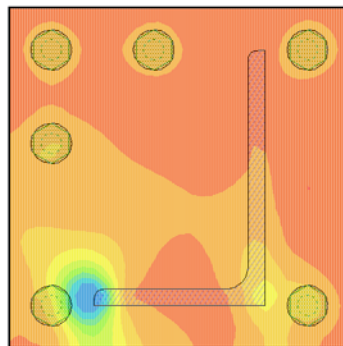
Verformungen u_z [mm]

min $u_z = -0.0046$ mm, max $u_z = 0.0627$ mm



Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.005$, max $U_p = 0.572$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
292	50.0	168.8	0.052	0.572
363	62.5	200.0	0.063	0.246

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

Ausnutzung der Schrauben

	x mm	y mm	w_t mm	F_t kN	ε_{wt} %	U_{wt}
1	25.0	25.0	-0.000	37.77	0.213	0.071
2	175.0	25.0	-0.000	37.77	0.213	0.071
3	25.0	175.0	0.025	46.00	0.340	0.113
4	175.0	175.0	-0.000	37.77	0.213	0.071
5	25.0	80.0	-0.002	37.77	0.213	0.071
6	85.0	25.0	-0.000	37.77	0.213	0.071

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 292] $U_{max} = 0.572 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 3] $U_{s,max} = 0.113 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.174 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.177 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 37.77$ kN, max $F_t = 46.00$ kN, $V_z = -0.14$ kN, $V_y = -2.90$ kN,
 $M_x = 0.79$ 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	$U_{tp,1} = 0.152$	$U_{vt,1} = 0.603$	$U_{b,1} = 0.012$	$U_1 = 0.603$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.152$	$U_{vt,2} = 0.613$	$U_{b,2} = 0.014$	$U_2 = 0.613$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.185$	$U_{vt,3} = 0.700$	$U_{b,3} = 0.006$	$U_3 = 0.700$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.152$	$U_{vt,4} = 0.659$	$U_{b,4} = 0.025$	$U_4 = 0.659$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.152$	$U_{vt,5} = 0.607$	$U_{b,5} = 0.009$	$U_5 = 0.607$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.152$	$U_{vt,6} = 0.570$	$U_{b,6} = 0.003$	$U_6 = 0.570$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.185$	$U_{vt} = 0.700$	$U_b = 0.025$	$U = 0.700 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben U_{max} ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.174$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,s} = 0.177$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{max} = 0.700 < 1$ 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 $N = -11.31$ kN, $M_y = 3.13$ kNm, $V_z = -0.14$ kN, $M_z = -6.07$ kNm

$V_y = -2.90$ kN, $T_t = 0.79$ kNm

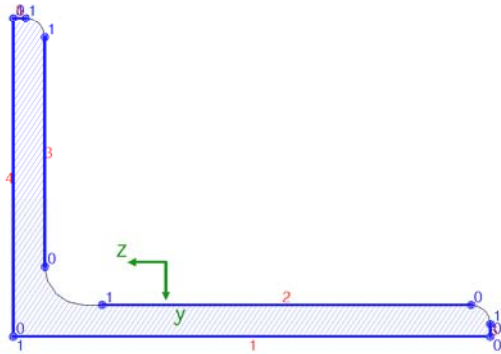
Nachweis: $\sigma_v = 361.35$ N/mm² $>$ $\sigma_{v,Rd} = 235.00$ N/mm² $\Rightarrow U_\sigma = 1.538 > 1$ nicht ok !!

c/t-Nachweis: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.639 < 1$ ok

Ausnutzung des Trägers $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 1.538 > 1$ nicht ok !!

3.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = -11.31 \text{ kN}$, $M_y = 3.13 \text{ kNm}$, $V_z = -0.14 \text{ kN}$, $M_z = -6.07 \text{ kNm}$,
 $V_y = -2.90 \text{ kN}$, $M_x = 0.79 \text{ kNm}$



Naht 1:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 150.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 116.0 \text{ mm}$
Naht 3:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 72.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 100.0 \text{ mm}$
Naht 5:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 4.0 \text{ mm}$
Naht 6:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 4.0 \text{ mm}$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 319.94 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 159.97 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.889 < 1 \text{ ok}$

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{max} = 0.889 < 1 \text{ ok}$

3.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 3 $U_{max} = 1.538 > 1 \text{ nicht ok !!}$

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