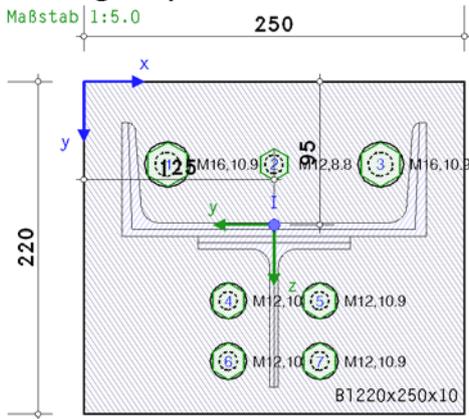


POS. 11: ZUSAMMENGESETZTE U + T-PROFILE

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

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

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

Gewinde in der Scherfuge

	FK	TP	Senk	Schlüss		FK	TP	Senk	Schlüss
--					--				
1	10.9	M16	nein	groß	5	10.9	M12	nein	groß
2	8.8	M12	nein	normal	6	10.9	M12	nein	groß
3	10.9	M16	nein	groß	7	10.9	M12	nein	groß
4	10.9	M12	nein	groß					

FK: Festigkeitsklasse; TP: Schraubengröße; Senk: Senkschraube; Schlüss: Schlüsselweite

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 10.0$ mm, Breite $b_p = 250.0$ mm, Länge $l_p = 220.0$ mm

Träger: $h = 175.0$ mm, $b = 200.0$ mm, $A = 46.45$ cm², $y_s = -100.0$ mm, $z_s = 67.9$ mm, $y_M = 0.0$ mm, $z_M = 26.6$ mm

$I_y = 445.06$ cm⁴, $I_z = 1983.90$ cm⁴, $I_T = 13.72$ cm⁴, $I_\omega = 9245.50$ cm⁶

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Schwerpunktskoordinaten des Trägerprofils bei $x_p = 125.0$ mm, $y_p = 95.0$ mm

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 125.0$ mm, $y_s = 95.0$ mm

Schrauben:

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd}$, $f_{t,f} = 0.950$

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

	x	y	c_f	$F_{t,f}$	$\epsilon_{t,f}$	$F_{p,C}$		x	y	c_f	$F_{t,f}$	$\epsilon_{t,f}$	$F_{p,C}$
	mm	mm	kN/cm	kN	%	kN		mm	mm	kN/cm	kN	%	kN
1	55.0	55.0	8346.8	107.4	2.25	98.9	5	155.0	145.0	5094.4	57.7	2.25	53.1
2	125.0	55.0	5472.3	46.1	3.00	--	6	95.0	185.0	5094.4	57.7	2.25	53.1
3	195.0	55.0	8346.8	107.4	2.25	98.9	7	155.0	185.0	5094.4	57.7	2.25	53.1
4	95.0	145.0	5094.4	57.7	2.25	53.1							

x,y: Koordinaten der Schraubenachse auf der Stirnplatte; c_f : Federsteifigkeit der Schraube (FEM); $F_{t,f}$: plastische Grenzkraft der Schraube (FEM)

$\epsilon_{t,f}$: wirksame Bruchdehnung der Schraube (FEM); $F_{p,C} \leq F_{t,Rk}$: Vorspannkraft der Schraube (FEM)

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Tragfähigkeitsnachweise

Nachweis der Stirnplatte mit dem plastischen Verfahren, Kontaktpressungen nachweisen

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet (c_f , $F_{t,Rk}$, $F_{t,f}$, $f_{t,f}$, $f_{t,e}$, $F_{p,C}$ s. Tabelle)

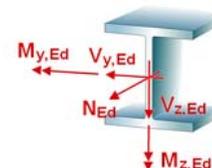
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 21000.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 62 / 4.0$ mm, $n_y / \Delta y = 55 / 4.0$ mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen bezogen auf die Querschnittsachsen

Lk	N_{Ed}	$M_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{z,Ed}$	$V_{y,Ed}$
	kN	kNm	kN	kNm	kN
1	-0.35	0.38	0.23	0.00	0.00
2	-2.36	11.22	-5.40	-0.03	-0.02
3	-7.50	7.51	4.45	0.04	0.02
4	-3.19	18.89	-9.28	0.02	0.01
5	-10.12	10.42	6.34	-0.02	-0.01
6	-0.88	0.29	0.17	0.04	0.02
7	-8.98	18.43	-1.12	-0.03	-0.02



Lk	N _{Ed} kN	M _{y,Ed} kNm	V _{z,Ed} kN	M _{z,Ed} kNm	V _{y,Ed} kN
8	-0.88	0.07	0.28	-0.03	-0.02
9	-10.20	10.47	6.31	0.00	0.00
10	-2.83	18.95	-9.25	0.00	0.00

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 !

4H-QUER-Querschnitte sind über ihre Mittellinien beschrieben.

Rand- und Schraubenabstände sind daher separat zu überprüfen !!

Minimale Abstände der Schrauben auf der Stirnplatte

Schraube 1: $e_1 = 55.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 55.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Schraube 1: $p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Schraube 2: $e_1 = 55.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 15.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 55.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Schraube 2: $p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 28.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Schraube 3: $e_1 = 55.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 55.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Schraube 3: $p_1 = 98.5 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 98.5 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Schraube 4: $e_1 = 75.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 15.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 75.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Schraube 4: $p_1 = 40.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 28.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 40.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Schraube 5: $e_1 = 75.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 15.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 75.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Schraube 5: $p_1 = 40.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 28.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 40.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Schraube 6: $e_1 = 35.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 15.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 35.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Schraube 6: $p_1 = 60.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 28.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 60.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Schraube 7: $e_1 = 35.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 15.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 35.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$

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
1	0.354	0.109	0.354	0.007	0.133	0.133	0.473	0.625	---	0.625
2	0.484	0.484	0.360	0.221	0.135	0.135	0.473	0.651	0.024	0.651
3	0.355	0.304	0.355	0.137	0.133	0.133	0.473	0.638	0.019	0.638
4	0.923	0.923	0.366	0.374	0.228	0.228	0.473	0.678	0.044	0.923
5	0.440	0.440	0.357	0.191	0.133	0.133	0.473	0.649	0.028	0.649
6	0.354	0.109	0.354	0.004	0.133	0.133	0.473	0.625	---	0.625
7	0.890	0.890	0.364	0.354	0.217	0.217	0.473	0.668	0.005	0.890
8	0.355	0.110	0.355	---	---	0.133	0.473	0.626	0.001	0.626
9	0.443	0.443	0.357	0.191	0.133	0.133	0.473	0.649	0.028	0.649
10	0.927	0.927	0.366	0.376	0.229	0.229	0.473	0.678	0.043	0.927*

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; $U_{b,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Lochleibung

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
1783	125.0	184.0	0.142	0.00	-9.21	-2.59	-0.00	0.22	-1.32	0.927

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 10 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F _t kN	U_{wt}	U_{vt}	U_b	U_s
1	55.0	55.0	98.91	0.133	0.645	0.008	0.645
2	125.0	55.0	3.26	0.010	0.206	0.043	0.473
3	195.0	55.0	98.91	0.133	0.645	0.008	0.645
4	95.0	145.0	55.80	0.168	0.670	0.005	0.670
5	155.0	145.0	55.80	0.168	0.670	0.005	0.670
6	95.0	185.0	56.75	0.229	0.678	0.004	0.678
7	155.0	185.0	56.75	0.229	0.678	0.004	0.678

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 10]

max $U_p = 0.927 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 10]

max $U_{wt,s} = 0.229 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 10]

max $U_s = 0.678 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung [Lk 10]

max $U = 0.927 < 1$ ok

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

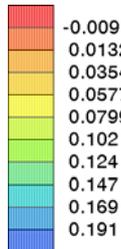
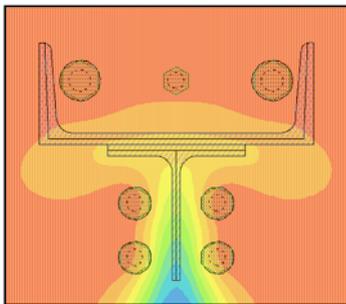
EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
 Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;
 Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010
 EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

4. Lk 10 (maßgebend)

4.1. Stirnplatte

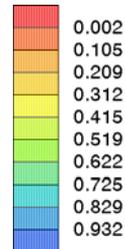
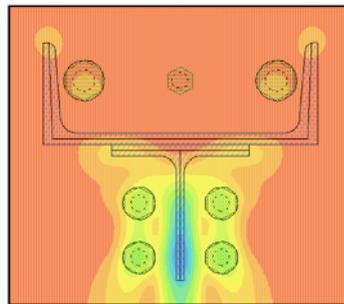
Bemessungsgrößen: $N = -2.83 \text{ kN}$, $M_y = 18.95 \text{ kNm}$

Verformungen u_z [mm]
 min $u_z = -0.0085 \text{ mm}$, max $u_z = 0.1896 \text{ mm}$

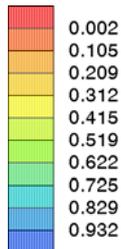
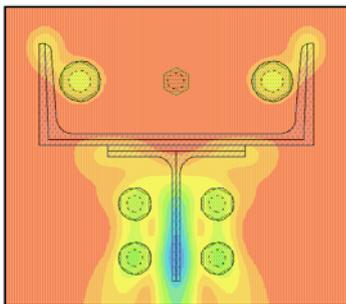


Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung aus Spannung U_σ
 min $U_\sigma = 0.002$, max $U_\sigma = 0.927$



Ausnutzung der Stirnplatte U_p
 min $U_p = 0.002$, max $U_p = 0.927$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_σ	U_b	U_p
1783	125.0	184.0	0.142	0.927	---	0.927
1792	125.0	220.0	0.190	0.637	---	0.637

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); U_σ : Ausnutzung aus Moment mit Querkraft; U_b : Ausnutzung aus Kontaktpressung
 U_p : Ausnutzung der Stirnplatte

Ausnutzung der Schrauben

	x mm	y mm	w _t mm	F_t kN	ϵ_{wt} %	U_{wt}
1	55.0	55.0	-0.005	98.91	0.300	0.133
2	125.0	55.0	0.003	3.26	0.030	0.010
3	195.0	55.0	-0.005	98.91	0.300	0.133
4	95.0	145.0	0.008	55.80	0.379	0.168
5	155.0	145.0	0.008	55.80	0.379	0.168

	x mm	y mm	w _t mm	F _t kN	ε _{w_t} %	U _{w_t}
6	95.0	185.0	0.022	56.75	0.516	0.229
7	155.0	185.0	0.022	56.75	0.516	0.229

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

FEM-Berechnung

Anzahl Iterationsschritte 10 von 50, Genauigkeit 5.0%

6 Schrauben vorgespannt, keine Schraube plastiziert

Summe der Kräfte aus äußeren Lasten -2.8 kN

Summe der Schraubenkräfte 426.2 kN

Summe der Bettungsreaktionen 429.0 kN

Pressungsfläche 82.7 cm² = 15.05% der Stirnplattenfläche

Rotationsebene bzgl. des Profilschwerpunkts u_{z,m} = 0.033 mm, φ_y = 0.056°, φ_z = -0.000°

Rotationswinkel des Stirnplattenstoßes 2·φ_y = 0.113°, 2·φ_z = -0.000°

untere Grenze der plastischen Ausnutzung der Schrauben U_{pl,min} = 0.376

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 1783] U_{max} = 0.927 < 1 ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 6] U_{s,max} = 0.229 < 1 ok

minimale plastische Ausnutzung der Schrauben U_{pl,s,min} = 0.376 < 1 ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte U_{pl,t,s} = 0.229 < 1 ok

4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min F_t = 3.26 kN, max F_t = 98.91 kN, V_z = -9.25 kN

Punktequerschnitt

y_i,z_i Koordinaten bezogen auf den Lasteinleitungspunkt (Trägerschwerpunkt), F_{t,i} Zugkräfte, f_{vt,i} Wichtungsfaktoren

Schraube 1	y ₁ = 70.0 mm	z ₁ = -40.0 mm	F _{t,1} = 98.9 kN	f _{vt,1} = 0.187
Schraube 2	y ₂ = 0.0 mm	z ₂ = -40.0 mm	F _{t,2} = 3.3 kN	f _{vt,2} = 0.748
Schraube 3	y ₃ = -70.0 mm	z ₃ = -40.0 mm	F _{t,3} = 98.9 kN	f _{vt,3} = 0.187
Schraube 4	y ₄ = 30.0 mm	z ₄ = 50.0 mm	F _{t,4} = 55.8 kN	f _{vt,4} = 0.065
Schraube 5	y ₅ = -30.0 mm	z ₅ = 50.0 mm	F _{t,5} = 55.8 kN	f _{vt,5} = 0.065
Schraube 6	y ₆ = 30.0 mm	z ₆ = 90.0 mm	F _{t,6} = 56.8 kN	f _{vt,6} = 0.052
Schraube 7	y ₇ = -30.0 mm	z ₇ = 90.0 mm	F _{t,7} = 56.8 kN	f _{vt,7} = 0.052

Berechnung des Punktequerschnitts

Schubkräfte

Punkt 1:	y ₁ ' = 70.0 mm	z ₁ ' = -18.6 mm	T _{y,1} = 0.00 kN	T _{z,1} = -1.27 kN	T ₁ = 1.27 kN
Punkt 2:	y ₂ ' = -0.0 mm	z ₂ ' = -18.6 mm	T _{y,2} = 0.00 kN	T _{z,2} = -5.10 kN	T ₂ = 5.10 kN
Punkt 3:	y ₃ ' = -70.0 mm	z ₃ ' = -18.6 mm	T _{y,3} = 0.00 kN	T _{z,3} = -1.27 kN	T ₃ = 1.27 kN
Punkt 4:	y ₄ ' = 30.0 mm	z ₄ ' = 71.4 mm	T _{y,4} = -0.00 kN	T _{z,4} = -0.44 kN	T ₄ = 0.44 kN
Punkt 5:	y ₅ ' = -30.0 mm	z ₅ ' = 71.4 mm	T _{y,5} = -0.00 kN	T _{z,5} = -0.44 kN	T ₅ = 0.44 kN
Punkt 6:	y ₆ ' = 30.0 mm	z ₆ ' = 111.4 mm	T _{y,6} = -0.00 kN	T _{z,6} = -0.36 kN	T ₆ = 0.36 kN
Punkt 7:	y ₇ ' = -30.0 mm	z ₇ ' = 111.4 mm	T _{y,7} = -0.00 kN	T _{z,7} = -0.36 kN	T ₇ = 0.36 kN

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} = 0.473	U _{vt,1} = 0.645	U _{b,1} = 0.008	U ₁ = 0.645
Schraube 2	U _{tp,2} = 0.023	U _{vt,2} = 0.206	U _{b,2} = 0.043	U ₂ = 0.206
Schraube 3	U _{tp,3} = 0.473	U _{vt,3} = 0.645	U _{b,3} = 0.008	U ₃ = 0.645
Schraube 4	U _{tp,4} = 0.329	U _{vt,4} = 0.670	U _{b,4} = 0.005	U ₄ = 0.670
Schraube 5	U _{tp,5} = 0.329	U _{vt,5} = 0.670	U _{b,5} = 0.005	U ₅ = 0.670
Schraube 6	U _{tp,6} = 0.335	U _{vt,6} = 0.678	U _{b,6} = 0.004	U ₆ = 0.678
Schraube 7	U _{tp,7} = 0.335	U _{vt,7} = 0.678	U _{b,7} = 0.004	U ₇ = 0.678
Gesamt:	U _{tp} = 0.473	U _{vt} = 0.678	U _b = 0.043	U = 0.678 < 1 ok

In der Ausnutzung der Schrauben max U_s ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben min U_{pl,s} = 0.376 sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte U_{pl,t,s} = 0.229 enthalten.

Ausnutzung der Schrauben U_{max} = 0.678 < 1 ok

4.3. Gesamt

Ausnutzung Lk 10 U_{max} = 0.927 < 1 ok