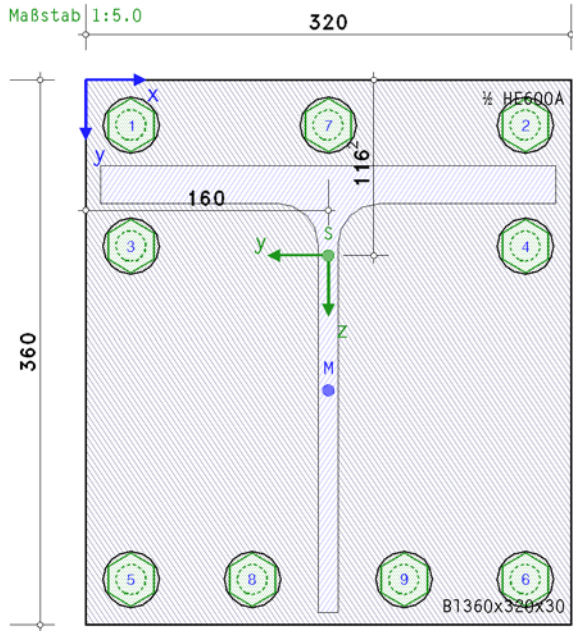


POS. 3: T

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Die Schrauben sind mit der Kraft $F_{p,c} = 154.2$ kN vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 154.2$ kN)

Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 30.0$ mm, Breite $b_p = 320.0$ mm, Länge $l_p = 360.0$ mm

Träger: Profil 1/2 HE600A

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 160.0$ mm, $y_s = 116.2$ mm

Schrauben:

Koordinaten der Schraubenachsen:

$x_1 = 30.0$ mm, $y_1 = 30.0$ mm	$x_2 = 290.0$ mm, $y_2 = 30.0$ mm	$x_3 = 30.0$ mm, $y_3 = 110.0$ mm
$x_4 = 290.0$ mm, $y_4 = 110.0$ mm	$x_5 = 30.0$ mm, $y_5 = 330.0$ mm	$x_6 = 290.0$ mm, $y_6 = 330.0$ mm
$x_7 = 160.0$ mm, $y_7 = 30.0$ mm	$x_8 = 110.0$ mm, $y_8 = 330.0$ mm	$x_9 = 210.0$ mm, $y_9 = 330.0$ mm

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, Federkonstante der Schrauben $c_f = 6175.1$ 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 $\epsilon_{t,f} = f_{t,f} \cdot \epsilon_{ub} = 2.3\%$, $f_{t,s} = 0.250$, $\epsilon_{ub} = 9.0\%$

Vorspannkraft der Schrauben $F_{p,c} = 154.2$ kN < $F_{t,f}$ ok

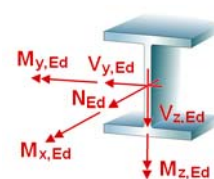
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 7000.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 46 / 7.0$ mm, $n_y / \Delta y = 52 / 6.9$ 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	-45.81	-178.34	125.70	-24.25	-9.67	10.34
2	3.62	17.74	0.37	89.86	39.12	-3.27
3	-15.63	-76.27	43.37	-49.85	-17.49	2.27
4	-14.97	-39.91	48.47	93.76	39.76	3.08
5	-8.00	-44.37	36.57	90.43	38.31	-3.65
6	-29.22	-89.61	73.99	-25.08	-8.51	10.88
7	-4.02	-14.16	7.17	-50.43	-16.68	2.65
8	-45.53	-173.45	125.19	-24.94	-8.68	10.62
9	3.42	14.32	0.73	90.34	38.43	-3.46



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}	$U_{pl,s}$	$U_{wt,s}$	$U_{t,s}$	$U_{vt,s}$	$U_{b,s}$	U
1	0.747	0.747	0.430	0.652	0.799	0.512	0.225	0.912	0.088	0.912*
2	0.533	0.533	0.401	0.395	0.182	0.182	0.225	0.699	0.016	0.699
3	0.505	0.505	0.245	0.283	0.177	0.177	0.225	0.707	0.024	0.707
4	0.748	0.748	0.584	0.399	0.569	0.405	0.225	0.771	0.045	0.771
5	0.746	0.746	0.562	0.389	0.542	0.395	0.225	0.709	0.025	0.746
6	0.322	0.322	0.190	0.322	0.141	0.141	0.216	0.794	0.052	0.794
7	0.281	0.281	0.212	0.217	0.135	0.135	0.212	0.658	0.010	0.658
8	0.740	0.740	0.399	0.634	0.587	0.420	0.225	0.912	0.088	0.912
9	0.549	0.549	0.407	0.397	0.189	0.189	0.225	0.698	0.016	0.698

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: Gesamtausnutzung

*) maximale Ausnutzung

2. Endergebnis

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte aus 9 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
2449	320.0	69.2	0.270	0.00	-5.59	-60.91	-0.47	1006.91	14.89	0.748

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 9 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F_t kN	U_{wt}	U_{vt}	U_b	U_s
1	30.0	30.0	167.44	0.389	0.796	0.036	0.796
2	290.0	30.0	159.30	0.139	0.767	0.037	0.767
3	30.0	110.0	167.44	0.500	0.792	0.025	0.792
4	290.0	110.0	159.97	0.140	0.746	0.023	0.746
5	30.0	330.0	154.22	0.133	0.912	0.088	0.912
6	290.0	330.0	154.22	0.133	0.773	0.045	0.773
7	160.0	30.0	167.44	0.365	0.769	0.026	0.769
8	110.0	330.0	154.22	0.133	0.868	0.073	0.868
9	210.0	330.0	154.22	0.133	0.814	0.056	0.814

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 $U_p = 0.748 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 1]

max $U_{wt,s} = 0.512 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 1]

max $U_s = 0.912 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung [Lk 1]

max U = 0.912 < 1 ok

Nachweis erbracht

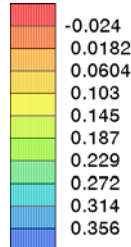
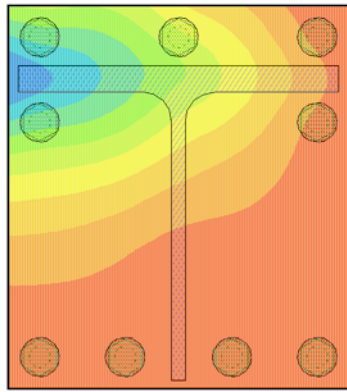
3. Lk 1 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: N = -45.81 kN, M_y = -178.34 kNm, M_z = -24.25 kNm

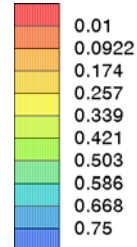
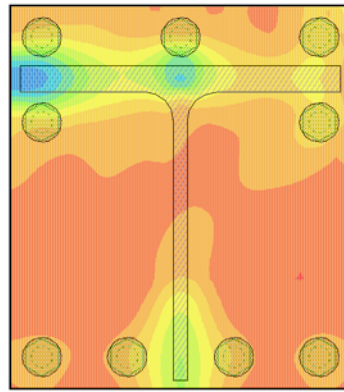
Verformungen u_z [mm]

min $u_z = -0.0237$ mm, max $u_z = 0.3528$ mm



Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.010$, max $U_p = 0.747$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
11	0.0	69.2	0.353	0.747

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	30.0	30.0	0.256	167.44	1.153	0.512
2	290.0	30.0	0.008	161.43	0.326	0.145
3	30.0	110.0	0.247	167.44	1.124	0.500
4	290.0	110.0	0.008	161.90	0.328	0.146
5	30.0	330.0	-0.000	154.22	0.300	0.133
6	290.0	330.0	-0.000	154.22	0.300	0.133
7	160.0	30.0	0.156	167.44	0.821	0.365
8	110.0	330.0	-0.000	154.22	0.300	0.133
9	210.0	330.0	-0.000	154.22	0.300	0.133

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 11] $U_{max} = 0.747 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 1] $U_{s,max} = 0.512 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.652 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.799 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 154.22$ kN, max $F_t = 167.44$ kN, $V_z = 125.70$ kN, $V_y = -9.67$ kN,
 $M_x = 10.34$ 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	$U_{tp,1} = 0.225$	$U_{vt,1} = 0.796$	$U_{b,1} = 0.036$	$U_1 = 0.796$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.217$	$U_{vt,2} = 0.763$	$U_{b,2} = 0.033$	$U_2 = 0.763$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.225$	$U_{vt,3} = 0.792$	$U_{b,3} = 0.025$	$U_3 = 0.792$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.218$	$U_{vt,4} = 0.746$	$U_{b,4} = 0.021$	$U_4 = 0.746$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.208$	$U_{vt,5} = 0.912$	$U_{b,5} = 0.088$	$U_5 = 0.912$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.208$	$U_{vt,6} = 0.773$	$U_{b,6} = 0.045$	$U_6 = 0.773$
Schraube 7	$U_{tp,7} = 0.225$	$U_{vt,7} = 0.769$	$U_{b,7} = 0.026$	$U_7 = 0.769$
Schraube 8	$U_{tp,8} = 0.208$	$U_{vt,8} = 0.868$	$U_{b,8} = 0.073$	$U_8 = 0.868$
Schraube 9	$U_{tp,9} = 0.208$	$U_{vt,9} = 0.814$	$U_{b,9} = 0.056$	$U_9 = 0.814$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.225$	$U_{vt} = 0.912$	$U_b = 0.088$	$U = 0.912 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben U_{max} ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.652$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,s} = 0.799$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{max} = 0.912 < 1$ ok

3.3. Gesamt

Ausnutzung Lk 1 $U_{\max} = 0.912 < 1$ **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