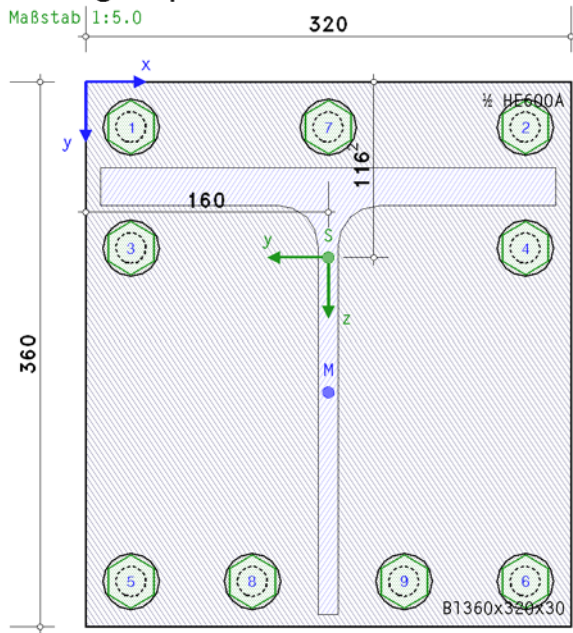


# POS. 3: T-PROFIL

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  $F_{p,c} = 154.3$  kN vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft  $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 154.3$  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

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke  $a = 10.0$  mm

umlaufende Schweißnaht: kurze Nahtstücke werden vernachlässigt

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  $c_f = 6255.3$  kN/cm

plastische Grenzkraft  $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 167.6$  kN,  $f_{t,f} = 0.950$ ,  $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40$  kN,  $k_2 = 0.90$

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

Vorspannkraft der Schrauben  $F_{p,c} = 154.3$  kN <  $F_{t,f}$  ok

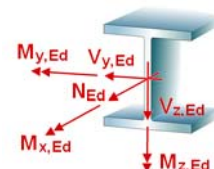
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte  $c_b = 7000.0$  kN/cm<sup>3</sup>

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



Lk	N <sub>Ed</sub> kN	M <sub>y,Ed</sub> kNm	V <sub>z,Ed</sub> kN	M <sub>z,Ed</sub> kNm	V <sub>y,Ed</sub> kN	M <sub>x,Ed</sub> kNm
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 !**

FEM: Der Schraubenabstand vom freien Blechrand ist zu gering (min  $e = 30.0 \text{ mm} < 37.0 \text{ mm}$ ).

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	$U_p$	$U_\sigma$	$U_b$	$U_{pl,s}$	$U_{pl,t,s}$	$U_{wt,s}$	$U_{t,s}$	$U_{vt,s}$	$U_{b,s}$	U
1	0.747	0.747	0.428	0.652	0.801	0.508	0.226	0.912	0.124	0.912*
2	0.532	0.532	0.400	0.394	0.182	0.182	0.226	0.699	0.022	0.699
3	0.504	0.504	0.245	0.283	0.176	0.176	0.226	0.707	0.033	0.707
4	0.748	0.748	0.582	0.398	0.568	0.402	0.226	0.771	0.063	0.771
5	0.746	0.746	0.560	0.389	0.541	0.392	0.226	0.709	0.035	0.746
6	0.322	0.322	0.190	0.322	0.141	0.141	0.216	0.794	0.073	0.794
7	0.281	0.281	0.212	0.217	0.135	0.135	0.212	0.658	0.014	0.658
8	0.740	0.740	0.398	0.633	0.584	0.416	0.226	0.912	0.124	0.912
9	0.549	0.549	0.406	0.396	0.188	0.188	0.226	0.698	0.023	0.698

$U_p$ : Ausnutzung der Stirnplatte;  $U_\sigma$ : 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 9 Lk: max $U_p$ mit Zugehörigen

Kno	x mm	y mm	$u_z$ mm	$b_z$ N/mm <sup>2</sup>	$m_{xx}$ 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	0.267	0.00	-5.60	-60.90	-0.46	1009.43	21.67	0.748

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

$q_x, q_y$ : Querkkräfte;  $q_x, q_y$ : Querkkräfte;  $U_p$ : 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	167.58	0.385	0.796	0.051	0.796
2	290.0	30.0	159.41	0.138	0.767	0.053	0.767
3	30.0	110.0	167.58	0.496	0.791	0.024	0.791
4	290.0	110.0	160.04	0.140	0.746	0.023	0.746
5	30.0	330.0	154.35	0.133	0.912	0.124	0.912
6	290.0	330.0	154.35	0.133	0.773	0.064	0.773
7	160.0	30.0	167.58	0.364	0.769	0.031	0.769
8	110.0	330.0	154.35	0.133	0.868	0.086	0.868
9	210.0	330.0	154.35	0.133	0.814	0.066	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  $U_{wt,s} = 0.508 < 1$  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. 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 -

## 4. Lk 1 (maßgebend)

### 4.1. Stirnplatte

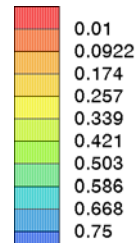
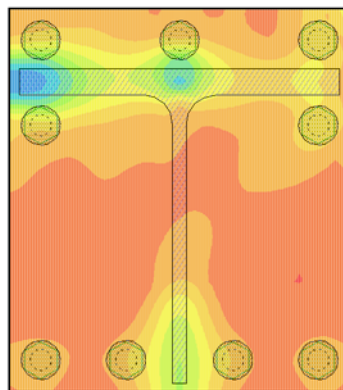
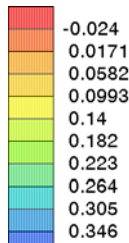
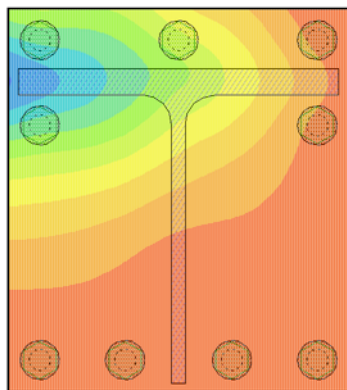
Bemessungsgrößen:  $N = -45.81 \text{ kN}$ ,  $M_y = -178.34 \text{ kNm}$ ,  $M_z = -24.25 \text{ kNm}$

Verformungen  $u_z$  [mm]

min  $u_z = -0.0236 \text{ mm}$ , max  $u_z = 0.3497 \text{ mm}$

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	0.350	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	$\varepsilon_{wt}$ %	$U_{wt}$
1	30.0	30.0	0.253	167.58	1.144	0.508
2	290.0	30.0	0.008	161.55	0.326	0.145
3	30.0	110.0	0.245	167.58	1.115	0.496
4	290.0	110.0	0.008	161.98	0.328	0.146
5	30.0	330.0	-0.000	154.35	0.300	0.133
6	290.0	330.0	-0.000	154.35	0.300	0.133
7	160.0	30.0	0.156	167.58	0.819	0.364
8	110.0	330.0	-0.000	154.35	0.300	0.133
9	210.0	330.0	-0.000	154.35	0.300	0.133

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

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

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 1]  $U_{s,max} = 0.508 < 1$  ok

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

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte  $U_{pl,t,s} = 0.801 < 1$  ok

### 4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min  $F_t = 154.35 \text{ kN}$ , max  $F_t = 167.58 \text{ kN}$ ,  $V_z = 125.70 \text{ kN}$ ,  $V_y = -9.67 \text{ kN}$ ,  
 $M_x = 10.34 \text{ kNm}$

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	$U_{tp,1} = 0.226$	$U_{vt,1} = 0.796$	$U_{b,1} = 0.051$	$U_1 = 0.796$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.217$	$U_{vt,2} = 0.763$	$U_{b,2} = 0.047$	$U_2 = 0.763$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.226$	$U_{vt,3} = 0.791$	$U_{b,3} = 0.024$	$U_3 = 0.791$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.218$	$U_{vt,4} = 0.746$	$U_{b,4} = 0.021$	$U_4 = 0.746$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.208$	$U_{vt,5} = 0.912$	$U_{b,5} = 0.124$	$U_5 = 0.912$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.208$	$U_{vt,6} = 0.773$	$U_{b,6} = 0.064$	$U_6 = 0.773$
Schraube 7	$U_{tp,7} = 0.226$	$U_{vt,7} = 0.769$	$U_{b,7} = 0.031$	$U_7 = 0.769$
Schraube 8	$U_{tp,8} = 0.208$	$U_{vt,8} = 0.868$	$U_{b,8} = 0.086$	$U_8 = 0.868$
Schraube 9	$U_{tp,9} = 0.208$	$U_{vt,9} = 0.814$	$U_{b,9} = 0.066$	$U_9 = 0.814$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.226$	$U_{vt} = 0.912$	$U_b = 0.124$	$U = 0.912 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben max  $U_s$  ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben min  $U_{pl,s} = 0.652$

sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte  $U_{pl,t,s} = 0.801$  enthalten.

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

#### 4.3. Gesamt

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