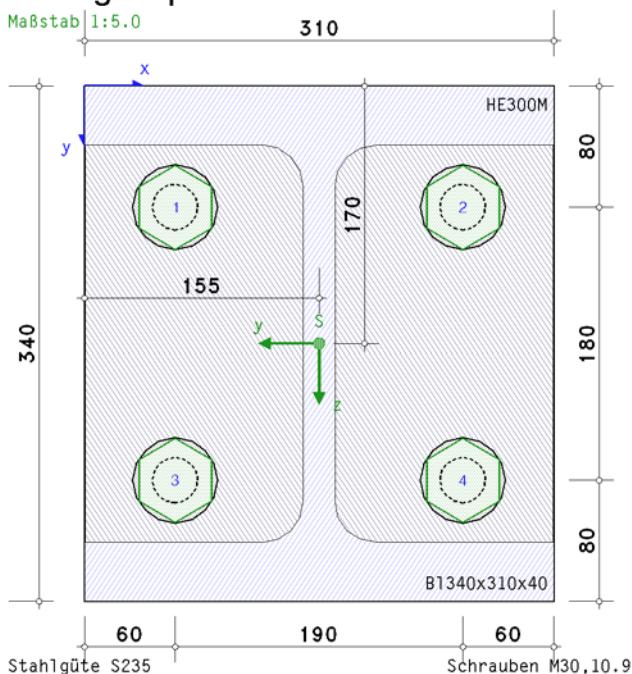


# POS. 1: DOPPEL-T-PROFIL

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

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

## 1. Eingabeprotokoll



### Stahlsorte

Stahlgüte S235

### Schrauben

Die Schrauben sind mit der Kraft  $F_{p,c} = 353.4 \text{ kN}$  vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M30

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft  $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 353.4 \text{ kN}$ )

Gewinde in der Scherfuge

### Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke  $t_p = 40.0 \text{ mm}$ , Breite  $b_p = 310.0 \text{ mm}$ , Länge  $l_p = 340.0 \text{ mm}$

Träger: Profil HE300M

Träger-Stirnplatte: umlaufende Stumpfnaht (nicht durchgeschweißt), Nahtdicke  $a = 8.0 \text{ mm}$

Trägerprofil mittig auf der Stirnplatte (Trägerschwerpunkt in Plattenmitte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte  $x_s = 155.0 \text{ mm}$ ,  $y_s = 170.0 \text{ mm}$

### Schrauben:

gleichmäßige Anordnung der Schrauben, 2 vertikale und 2 horizontale Reihen

Randabstände oben, unten  $e_o = e_u = 80.0 \text{ mm}$ , Schraubenabstände  $p_y = 180.0 \text{ mm}$

Randabstände links, rechts  $e_l = e_r = 60.0 \text{ mm}$ , Schraubenabstände  $p_x = 190.0 \text{ mm}$

### 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  $c_f = 10580.2 \text{ kN/cm}$

plastische Grenzkraft  $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 383.7 \text{ kN}$ ,  $f_{t,f} = 0.950$ ,  $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_M 2 = 403.92 \text{ kN}$ ,  $k_2 = 0.90$

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

Vorspannkraft der Schrauben  $F_{p,c} = 353.4 \text{ kN} < F_{t,f}$  ok

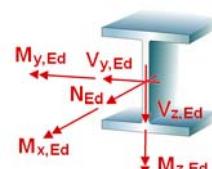
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte  $c_b = 5250.0 \text{ kN/cm}^3$

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung  $n_x / \Delta x = 30 / 10.3 \text{ mm}$ ,  $n_y / \Delta y = 33 / 10.3 \text{ mm}$

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	21.46	28.05	5.61	-66.94	-5.36	-0.05
2	-98.50	100.88	20.18	67.50	-13.50	0.08
3	-75.42	88.74	17.75	0.76	-0.15	0.00
4	-24.68	-1.45	-0.29	47.12	-9.42	0.03
5	-26.57	84.02	16.80	-67.21	-5.31	-0.06
6	-121.96	147.51	29.50	57.68	-11.54	0.08



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
7	-25.61	3.94	0.79	48.40	-9.68	0.04

### 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

In der Ausnutzung der Schrauben aus Zug U<sub>t,s</sub> ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung U<sub>pl</sub> sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte U<sub>pl,s</sub> enthalten.

Lk	U <sub>p</sub>	U <sub>σ</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>pl,s</sub>	U <sub>pl,t,s</sub>	U <sub>w,t,s</sub>	U <sub>t,s</sub>	U <sub>vt,s</sub>	U <sub>bs,s</sub>	U <sub>q</sub>	U <sub>c/t</sub>	U <sub>w</sub>	U
1	0.486	0.486	0.472	0.311	---	0.134	0.316	0.647	0.003	0.154	0.301	0.455	0.647
2	0.687	0.687	0.513	0.339	0.180	0.180	0.334	0.690	0.012	0.201	0.301	0.677	0.690
3	0.358	0.358	0.267	0.306	---	0.133	0.310	0.646	0.006	0.097	0.301	0.265	0.646
4	0.297	0.297	0.271	0.192	---	0.133	0.309	0.636	0.005	0.107	0.301	0.274	0.636
5	0.665	0.665	0.507	0.320	0.170	0.170	0.332	0.684	0.008	0.186	0.301	0.608	0.684
6	0.767	0.767	0.437	0.510	0.361	0.283	0.335	0.697	0.016	0.230	0.301	0.754	0.767*
7	0.308	0.308	0.283	0.197	---	0.133	0.309	0.636	0.005	0.110	0.301	0.288	0.636

U<sub>p</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte; U<sub>σ</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte aus Spannung; U<sub>b</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte aus Kontaktspannung

U<sub>pl,s</sub>: minimale plast. Ausnutzung der Verbindung; U<sub>pl,t,s</sub>: plast. Ausnutzung der Schraubenzugkräfte; U<sub>w,t,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung

U<sub>t,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Zug; U<sub>vt,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Abscheren; U<sub>bs,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Lochleibung

U<sub>q</sub>: Spannungsausnutzung des Trägers; U<sub>c/t</sub>: c/t-Ausnutzung des Trägers; U<sub>w</sub>: Ausnutzung der Schweißnähte

U: Gesamtausnutzung

\*) maximale Ausnutzung

## 2. Endergebnis

### Maximale Ausnutzung der Stirnplatte aus 7 Lk: max U<sub>p</sub> mit Zugehörigen

Kno	x mm	y mm	u <sub>z</sub> mm	b <sub>z</sub> N/mm <sup>2</sup>	m <sub>xx</sub> kNm/m	m <sub>yy</sub> kNm/m	m <sub>xy</sub> kNm/m	q <sub>x</sub> kN/m	q <sub>y</sub> kN/m	U <sub>p</sub>
876	258.3	257.6	0.121	0.00	47.33	75.81	15.80	-361.90	-116.00	0.767

x,y: Knotenkoordinaten; u<sub>z</sub>: Verformungen (abhebend positiv); b<sub>z</sub>: Kontaktspannungen (Druck positiv); m<sub>xx</sub>,m<sub>yy</sub>,m<sub>xy</sub>: Momente

q<sub>x</sub>,q<sub>y</sub>: Querkräfte; q<sub>x</sub>,q<sub>y</sub>: Querkräfte; U<sub>p</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte

### Maximale Ausnutzung der Schrauben aus 7 Lk: max U<sub>s</sub> mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F <sub>t</sub> kN	U <sub>wt</sub>	U <sub>vt</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>s</sub>
1	60.0	80.0	353.43	0.133	0.672	0.016	0.672
2	250.0	80.0	353.43	0.133	0.669	0.015	0.669
3	60.0	260.0	370.95	0.148	0.687	0.011	0.687
4	250.0	260.0	383.72	0.283	0.697	0.006	0.697

x,y: Schraubenkoordinaten; F<sub>t</sub>: Schraubenkraft; U<sub>wt</sub>: Ausnutzung aus Dehnung; U<sub>vt</sub>: Ausnutzung aus Abscheren

U<sub>b</sub>: Ausnutzung aus Lochleibung; U<sub>s</sub>: Ausnutzung der Schrauben

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte [Lk 6]

max U<sub>p</sub> = 0.767 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 6]

max U<sub>w,t,s</sub> = 0.283 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 6]

max U<sub>s</sub> = 0.697 < 1 ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 1]

max (U<sub>q</sub>,U<sub>c/t</sub>) = 0.301 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 6]

max U<sub>w</sub> = 0.754 < 1 ok

Maximale Ausnutzung [Lk 6]

max U = 0.767 < 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 -

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

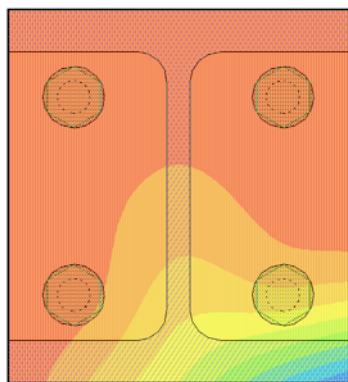
## 4. Lk 6 (maßgebend)

### 4.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen:  $N = -121.96 \text{ kN}$ ,  $M_y = 147.51 \text{ kNm}$ ,  $M_z = 57.68 \text{ kNm}$

#### Verformungen $u_z$ [mm]

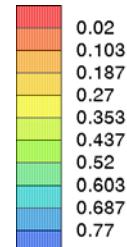
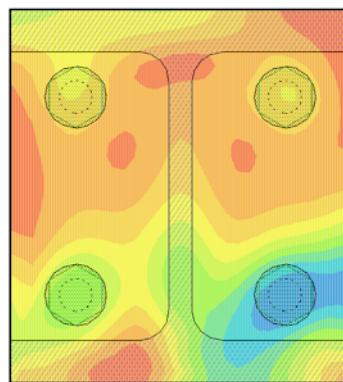
min  $u_z = -0.0253 \text{ mm}$ , max  $u_z = 0.5797 \text{ mm}$



Verformungen abhebend positiv

#### Ausnutzung der Stirnplatte $U_p$

min  $U_p = 0.020$ , max  $U_p = 0.767$



#### Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	$u_z$ mm	$U_p$
876	258.3	257.6	0.121	0.767
1054	310.0	340.0	0.580	0.160

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	$\epsilon_{wt}$ %	$U_{wt}$
1	60.0	80.0	-0.000	353.43	0.300	0.133
2	250.0	80.0	-0.000	353.43	0.300	0.133
3	60.0	260.0	0.013	370.95	0.333	0.148
4	250.0	260.0	0.135	383.72	0.637	0.283

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 876]  $U_{max} = 0.767 < 1$  ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 4]  $U_{s,max} = 0.283 < 1$  ok

minimale plastische Ausnutzung der Schrauben  $U_{pl,s,min} = 0.510 < 1$  ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte  $U_{pl,t,s} = 0.361 < 1$  ok

### 4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min  $F_t = 353.43 \text{ kN}$ , max  $F_t = 383.72 \text{ kN}$ ,  $V_z = 29.50 \text{ kN}$ ,  $V_y = -11.54 \text{ kN}$ ,  $M_x = 0.08 \text{ kNm}$

#### Nachweis der Schrauben

$U_p$ : Ausnutzung aus Durchstanzen,  $U_v$ : Ausnutzung aus Abscheren mit Zug,  $U_b$ : Ausnutzung aus Lochleibung,  $U$ : Ausnutzung der Schrauben

Schraube 1	$U_{tp,1} = 0.309$	$U_{vt,1} = 0.672$	$U_{b,1} = 0.016$	$U_1 = 0.672$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.309$	$U_{vt,2} = 0.669$	$U_{b,2} = 0.015$	$U_2 = 0.669$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.324$	$U_{vt,3} = 0.687$	$U_{b,3} = 0.011$	$U_3 = 0.687$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.335$	$U_{vt,4} = 0.697$	$U_{b,4} = 0.006$	$U_4 = 0.697$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.335$	$U_{vt} = 0.697$	$U_b = 0.016$	$U = 0.697 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben max  $U_s$  ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben min  $U_{pl,s} = 0.510$  sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte  $U_{pl,t,s} = 0.361$  enthalten.

Ausnutzung der Schrauben  $U_{max} = 0.697 < 1$  ok

### 4.3. Träger

plastischer Spannungsnachweis für  $N = -121.96 \text{ kN}$ ,  $M_y = 147.51 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 29.50 \text{ kN}$ ,  $M_z = 57.68 \text{ kNm}$

$V_y = -11.54 \text{ kN}$ ,  $T_t = 0.08 \text{ kNm}$

Schnittrößen bzgl. yz-Richtung in kN, m:  $M_y = 147.51$ ,  $M_z = 57.68$ ,  $V_y = -11.54$ ,  $V_z = 29.50$

Teilschnittgrößen der Linien des Querschnitts in kN, m:

- 1:  $N = -323.46$ ,  $M_y = -0.00$ ,  $M_z = -0.00$ ,  $V_y = -6.38$ ,  $V_z = 0.00$ ,  $T = 0.02$
- 2:  $N = -96.85$ ,  $M_y = -0.00$ ,  $M_z = 11.07$ ,  $V_y = 0.61$ ,  $V_z = 0.00$ ,  $T = 0.02$
- 3:  $N = -121.96$ ,  $M_y = 20.97$ ,  $M_z = -0.00$ ,  $V_y = 0.00$ ,  $V_z = 29.50$ ,  $T = 0.01$
- 4:  $N = 96.85$ ,  $M_y = 0.00$ ,  $M_z = 11.07$ ,  $V_y = 0.61$ ,  $V_z = 0.00$ ,  $T = 0.02$

5:  $N = 323.46$ ,  $M_y = -0.00$ ,  $M_z = 0.00$ ,  $V_y = -6.38$ ,  $V_z = 0.00$ ,  $T = 0.02$

Ausnutzungen der Linien des Querschnitts

1:  $U_\sigma = 0.230$ ,  $U_\tau = 0.009$ ,  $U = 0.230$

2:  $U_\sigma = 0.224$ ,  $U_\tau = 0.002$ ,  $U = 0.224$

3:  $U_\sigma = 0.217$ ,  $U_\tau = 0.034$ ,  $U = 0.220$

4:  $U_\sigma = 0.224$ ,  $U_\tau = 0.002$ ,  $U = 0.224$

5:  $U_\sigma = 0.230$ ,  $U_\tau = 0.009$ ,  $U = 0.230$

max. Lastfaktor (plast.):  $f_{pl} = 4.345$

Ausnutzung:  $U_{pl} = 0.230$

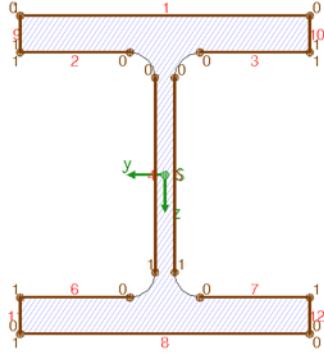
Nachweis:  $U_{pl} = 0.230 < 1$  **ok**

c/t-Nachweis: Ausnutzung  $U_{c/t} = 0.301 < 1$  **ok**

**Ausnutzung des Trägers**  $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.301 < 1$  **ok**

#### 4.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen:  $N = -121.96$  kN,  $M_y = 147.51$  kNm,  $V_z = 29.50$  kN,  $M_z = 57.68$  kNm,  $V_y = -11.54$  kN,  $M_x = 0.08$  kNm



Naht 1:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 310.0$ mm
Naht 2:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 3:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 4:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 208.0$ mm
Naht 5:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 208.0$ mm
Naht 6:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 7:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 8:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 310.0$ mm
Naht 9:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm
Naht 10:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm
Naht 11:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm
Naht 12:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm

Max:  $\sigma_{1,w,Ed} = 271.56 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2$ ,  
 $\sigma_{2,w,Ed} = 135.77 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.754 < 1$  **ok**

**Ausnutzung der Schweißnähte**  $U_{max} = 0.754 < 1$  **ok**

#### 4.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 6  $U_{max} = 0.767 < 1$  **ok**