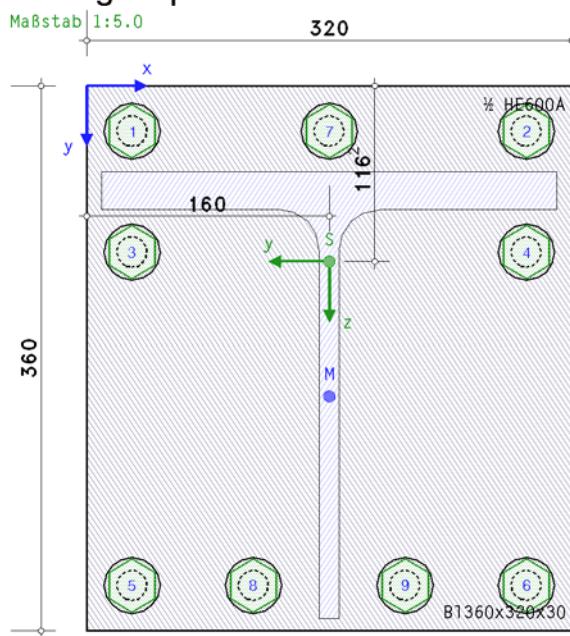


POS. 3: T-PROFIL

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 $\frac{1}{2}$ 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:

$$\begin{array}{lll} x_1 = 30.0 \text{ mm}, y_1 = 30.0 \text{ mm} & x_2 = 290.0 \text{ mm}, y_2 = 30.0 \text{ mm} & x_3 = 30.0 \text{ mm}, y_3 = 110.0 \text{ mm} \\ x_4 = 290.0 \text{ mm}, y_4 = 110.0 \text{ mm} & x_5 = 30.0 \text{ mm}, y_5 = 330.0 \text{ mm} & x_6 = 290.0 \text{ mm}, y_6 = 330.0 \text{ mm} \\ x_7 = 160.0 \text{ mm}, y_7 = 30.0 \text{ mm} & x_8 = 110.0 \text{ mm}, y_8 = 330.0 \text{ mm} & x_9 = 210.0 \text{ mm}, y_9 = 330.0 \text{ mm} \end{array}$$

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, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_M = 176.40$ 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**

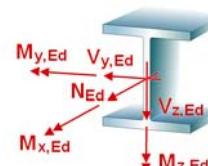
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 7000.0$ kN/cm³

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 |



| Lk | N _{Ed} kN | M _{y,Ed} kNm | V _{z,Ed} kN | M _{z,Ed} kNm | V _{y,Ed} kN | M _{x,Ed} 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 mm < 37.0 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 _σ | U _b | U _{pl,s} | U _{pl,t,s} | U _{wt,s} | U _{t,s} | U _{vt,s} | U _{b,s} | U |
|----|----------------|----------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 1 | 0.747 | 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_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 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 | 0.267 | 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: 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 | 167.58 | 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 -

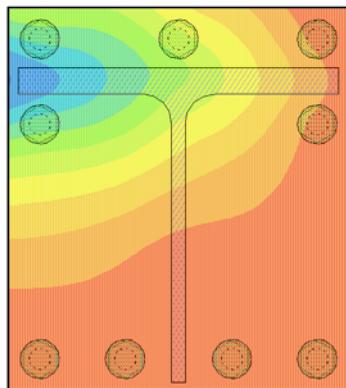
4. Lk 1 (maßgebend)

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]

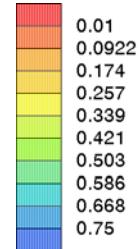
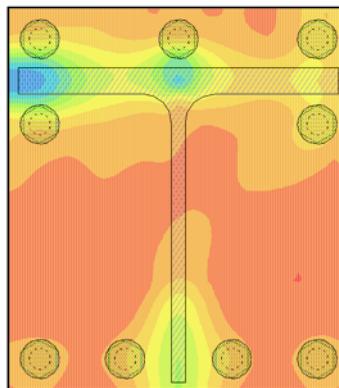
min $u_z = -0.0236 \text{ mm}$, max $u_z = 0.3497 \text{ mm}$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte U_p

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



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 | wt mm | Ft kN | ε_{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; wt: Verformung (Zug positiv); Ft: 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] $U_{s,max} = 0.508 < 1$ 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_p Ausnutzung aus Durchstanzen, U_v Ausnutzung aus Abscheren mit Zug, U_b Ausnutzung aus Lochleibung, U Ausnutzung der Schrauben

| | | | | |
|------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Schraube 1 | $U_{tp,1} = 0.226$ | $U_{vt,1} = 0.796$ | $U_{b,1} = 0.051$ | $U_1 = 0.796$ |
| 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**