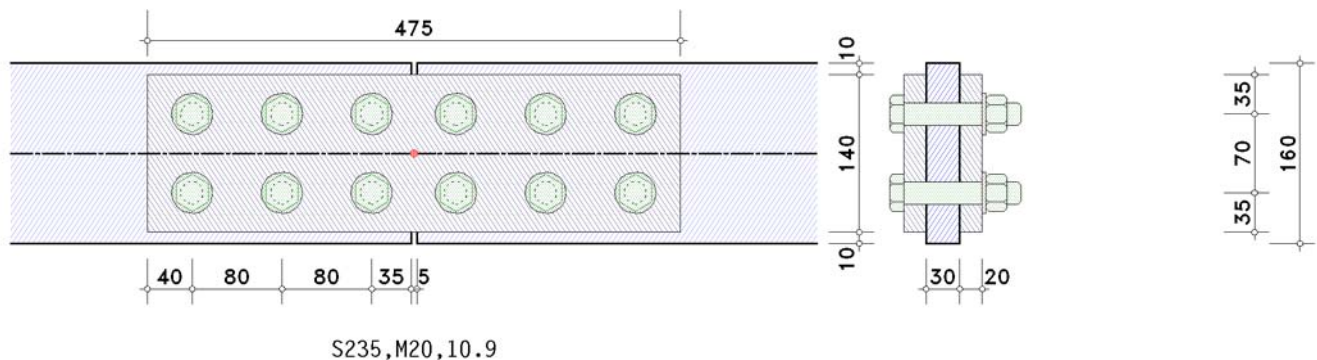


## Normalkraftverbindung

geschraubter Stoß (indirekt, beidseitige Laschen) EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

4H-EC3NV Version: 6/2018-1n

## 1. Eingabeprotokoll



### Stahlsorte

Stahlgüte S235

### Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20, normale Schlüsselweite

### Träger

Profilparameter (Flachstahl):

Höhe  $h = 160.0$  mm, Dicke  $t = 30.0$  mm

### Nachweisparameter

geschraubter Laschenanschluss:

Spalt zwischen den Trägern  $\Delta s = 5.0$  mm

Laschen am Träger:

2 Laschen: Dicke  $t = 20.0$  mm, Breite  $b = 140.0$  mm, Länge  $l = 475.0$  mm

Abstand Oberkante Lasche von Oberkante Träger (links)  $\Delta z_{Lw} = 10.0$  mm (Laschen mittig bzgl. der Systemlinie)

Schrauben im Träger:

3 x 2 Schrauben

Schaft in der Scherfuge

Achsabstände der Schrauben quer zum Zugrand  $e_2 = 35.0$  mm,  $e_{22} = 35.0$  mm

Achsabstände der Schrauben zum Zugrand  $e_1 = 40.0$  mm,  $e_{11} = 35.0$  mm

Achsabstand der Schraubenreihen in Zugrichtung  $p_1 = 80.0$  mm

Achsabstand der Schraubenreihen quer zur Zugrichtung  $p_2 = 70.0$  mm

mittiger Achsabstand der Schraubenreihen in Zugrichtung  $w_1 = 75.0$  mm

### Materialsicherheitsbeiwerte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten  $\gamma_{M0} = 1.00$

Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung  $\gamma_{M2} = 1.25$

### Schnittgrößen

Lk 1:  $N_{Ed} = 400.00$  kN

### Datencheck

ok

### Schraubenabstände

|             |                                              |                                                         |
|-------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| vertikal:   | $e_2 = 35.0$ mm > $1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm, | $e_2 = 35.0$ mm < $4 \cdot t + 40$ mm = 120.0 mm        |
| vertikal:   | $p_2 = 70.0$ mm > $2.4 \cdot d_0 = 52.8$ mm, | $p_2 = 70.0$ mm < $\min(14 \cdot t, 200$ mm) = 200.0 mm |
| vertikal:   | $e_2 = 35.0$ mm > $1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm, | $e_2 = 35.0$ mm < $4 \cdot t + 40$ mm = 120.0 mm        |
| horizontal: | $e_1 = 40.0$ mm > $1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm, | $e_1 = 40.0$ mm < $4 \cdot t + 40$ mm = 120.0 mm        |
| horizontal: | $p_1 = 80.0$ mm > $2.2 \cdot d_0 = 48.4$ mm, | $p_1 = 80.0$ mm < $\min(14 \cdot t, 200$ mm) = 200.0 mm |
| horizontal: | $p_1 = 75.0$ mm > $2.2 \cdot d_0 = 48.4$ mm, | $p_1 = 75.0$ mm < $\min(14 \cdot t, 200$ mm) = 200.0 mm |
| horizontal: | $e_1 = 35.0$ mm > $1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm, | $e_1 = 35.0$ mm < $4 \cdot t + 40$ mm = 120.0 mm        |

## 2. Lk 1

Es wird nur eine Trägerseite betrachtet.

Träger rechts

## 2.1. Elastische Spannungen am Nettoquerschnitt

$N_{Ed} = 400.00 \text{ kN}$

Querschnittswerte:  $A = 48.00 \text{ cm}^2$ ,  $z_s = 80.0 \text{ mm}$ ,  $I_y = 1024.00 \text{ cm}^4$ ,  $y_s = 0.0 \text{ mm}$ ,  $I_z = 36.00 \text{ cm}^4$

### Spannungen in den Querschnittspunkten

Pkt. 1:  $y = 0.0 \text{ mm}$        $z = 0.0 \text{ mm}$        $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2$

Pkt. 2:  $y = 0.0 \text{ mm}$        $z = 160.0 \text{ mm}$        $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2$

## 2.2. Träger

Schnittgrößen im Träger:  $N = N_w = 400.00 \text{ kN}$

Lastanteile: Je Lasche  $f_a = 50\%$

### Träger

#### Zug (Netto)

Lochabzug wird berücksichtigt.

maximale Normalspannung:  $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2$  (s.o.)

zulässige Normalspannung:  $\sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2$

Nachweis:  $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma x} = 0.489 < 1$  **ok**

### Laschen

#### Zug

Nettoquerschnitt  $b_{net} = b - \Delta b = 96.0 \text{ mm}$ ,  $t_{net} = 20.0 \text{ mm}$  mit  $\Delta b = n_2 \cdot d_0 = 44.0 \text{ mm}$ ,  $d_0 = d + \Delta d$

Tragfähigkeit eines Blechs mit Zugbeanspruchung:

$N_{pl,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 658.00 \text{ kN}$

$N_{u,Rd} = (0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 497.66 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit  $N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = 497.66 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = 400.00 \text{ kN} < F_{t,Rd}/f_a = 995.33 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.402 < 1$  **ok**

Träger (Modellannahme:  $b = 140.0 \text{ mm}$ )

#### Zug (Brutto)

Tragfähigkeit eines Blechs mit Zugbeanspruchung:

Zugtragfähigkeit  $N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 987.00 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = 400.00 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 987.00 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.405 < 1$  **ok**

### Schrauben

#### Punktequerschnitt

Schnittgrößen:  $N = 400.00 \text{ kN}$ ,  $M = 0.00 \text{ kNm}$ ,  $V = 0.00 \text{ kNm}$

Schwerpunktskoordinaten  $y_s' = -117.5 \text{ mm}$ ,  $z_s' = 70.0 \text{ mm}$

Querschnittsfläche  $A' = n_x \cdot n_z = 6$ , polares Trägheitsmoment  $I_p' = \sum y_i'^2 + \sum z_i'^2 = 329.50 \text{ cm}^2$

Schnittgrößen im Schwerpunkt  $V_y' = 400.0 \text{ kN}$ ,  $V_z' = -0.0 \text{ kN}$ ,  $M_x' = 0.00 \text{ kNm}$

Beanspruchung  $T_{y,i} = V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i'$ ,  $T_{z,i} = V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i'$ ,  $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$

Punkt 1:  $y_1' = 80.0 \text{ mm}$        $z_1' = -35.0 \text{ mm}$        $T_1 = T_{y,1} = 66.67 \text{ kN}$

Punkt 2:  $y_2' = 80.0 \text{ mm}$        $z_2' = 35.0 \text{ mm}$        $T_2 = T_{y,2} = 66.67 \text{ kN}$

Punkt 3:  $y_3' = 0.0 \text{ mm}$        $z_3' = -35.0 \text{ mm}$        $T_3 = T_{y,3} = 66.67 \text{ kN}$

Punkt 4:  $y_4' = 0.0 \text{ mm}$        $z_4' = 35.0 \text{ mm}$        $T_4 = T_{y,4} = 66.67 \text{ kN}$

Punkt 5:  $y_5' = -80.0 \text{ mm}$        $z_5' = -35.0 \text{ mm}$        $T_5 = T_{y,5} = 66.67 \text{ kN}$

Punkt 6:  $y_6' = -80.0 \text{ mm}$        $z_6' = 35.0 \text{ mm}$        $T_6 = T_{y,6} = 66.67 \text{ kN}$

#### Abscheren

Abschertragfähigkeit je Scherfuge  $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 150.80 \text{ kN}$ ,  $\alpha_v = 0.60$

Abschertragfähigkeit je Schraube (2-schnittig):  $\Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 301.59 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = T_1 = 66.67 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 301.59 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.221 < 1$  **ok**

#### Lochleibung (getrennt nach den Richtungen)

##### Schraube 1:

###### Träger

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.81$

###### je Lasche

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 174.55 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.61$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 349.09 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,1}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 349.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.191 < 1$  **ok**

##### Schraube 2:

###### Träger

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.81$

###### je Lasche

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 174.55 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.61$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 349.09 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,2}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 349.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.191 < 1$  **ok**

##### Schraube 3:

#### Träger

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.81$

je Lasche

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 415.64 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,3}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 415.64 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.160 < 1$  **ok**

Schraube 4:

#### Träger

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.81$

je Lasche

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 415.64 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,4}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 415.64 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.160 < 1$  **ok**

Schraube 5:

#### Träger

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 229.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.81$

je Lasche

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 229.09 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,5}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 229.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.291 < 1$  **ok**

Schraube 6:

#### Träger

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 229.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.81$

je Lasche

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 229.09 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,6}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 229.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.291 < 1$  **ok**

#### max. Schubbeanspruchung in Mitte des Schraubenbilds

plastischer Nachweis bezogen auf die Laschenbreite  $h = 140.0 \text{ mm}$

$\max V_{Ed} \approx \Sigma(T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2} / 2 = 200.00 \text{ kN}$

Träger: Schubtragfähigkeit  $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 569.84 \text{ kN}$  mit  $A_v = h \cdot t = 42.00 \text{ cm}^2$ ,  $h = 140.0 \text{ mm}$

je Lasche: Schubtragfähigkeit  $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 379.90 \text{ kN}$  mit  $A_v = h \cdot t = 28.00 \text{ cm}^2$ ,  $h = 140.0 \text{ mm}$

Minimale Schubtragfähigkeit:  $\min V_{Rd} = \min(569.84, 2 \cdot 379.90) = 569.84 \text{ kN}$

Nachweis:  $\max V_{Ed} = 200.00 \text{ kN} < \min V_{Rd} = 569.84 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.351 < 1$  **ok**

### 2.3. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung:  $\max U = 0.489 < 1$  **ok**

Spannungen

Träger links

### 2.4. Elastische Spannungen am Nettoquerschnitt

$N_{Ed} = 400.00 \text{ kN}$

Querschnittswerte:  $A = 48.00 \text{ cm}^2$ ,  $z_s = 80.0 \text{ mm}$ ,  $I_y = 1024.00 \text{ cm}^4$ ,  $y_s = 0.0 \text{ mm}$ ,  $I_z = 36.00 \text{ cm}^4$

#### Spannungen in den Querschnittspunkten

Pkt. 1:  $y = 0.0 \text{ mm}$   $z = 0.0 \text{ mm}$   $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2$

Pkt. 2:  $y = 0.0 \text{ mm}$   $z = 160.0 \text{ mm}$   $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2$

### 2.5. Träger

Schnittgrößen im Träger:  $N = N_w = 400.00 \text{ kN}$

Lastanteile: Je Lasche  $f_a = 50\%$

#### Träger

##### Zug (Netto)

Lochabzug wird berücksichtigt.

maximale Normalspannung:  $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2$  (s.o.)

zulässige Normalspannung:  $\sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2$

Nachweis:  $\sigma_x = 114.94 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma x} = 0.489 < 1$  **ok**

#### Laschen

##### Zug

Nettoquerschnitt  $b_{net} = b - \Delta b = 96.0 \text{ mm}$ ,  $t_{net} = 20.0 \text{ mm}$  mit  $\Delta b = n_2 \cdot d_0 = 44.0 \text{ mm}$ ,  $d_0 = d + \Delta d$





Tragfähigkeit eines Blechs mit Zugbeanspruchung:

$$N_{pl,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 658.00 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = (0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 497.66 \text{ kN}$$

$$\text{Zugtragfähigkeit } N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = 497.66 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } F_{Ed} = 400.00 \text{ kN} < F_{t,Rd}/f_a = 995.33 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.402 < 1 \text{ ok}$$

Träger (Modellannahme:  $b = 140.0 \text{ mm}$ )

Zug (Brutto)

Tragfähigkeit eines Blechs mit Zugbeanspruchung:

$$\text{Zugtragfähigkeit } N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 987.00 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } F_{Ed} = 400.00 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 987.00 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.405 < 1 \text{ ok}$$

## Schrauben

Punktequerschnitt

$$\text{Schnittgrößen: } N = 400.00 \text{ kN}, M = 0.00 \text{ kNm}, V = 0.00 \text{ kNm}$$

$$\text{Schwerpunktskoordinaten } y_s' = 117.5 \text{ mm}, z_s' = 70.0 \text{ mm}$$

$$\text{Querschnittsfläche } A' = n_x \cdot n_z = 6, \text{ polares Trägheitsmoment } I_p' = \sum y_i'^2 + \sum z_i'^2 = 329.50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Schnittgrößen im Schwerpunkt } V_y' = -400.0 \text{ kN}, V_z' = 0.0 \text{ kN}, M_x' = 0.00 \text{ kNm}$$

$$\text{Beanspruchung } T_{y,i} = V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i', T_{z,i} = V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i', T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$$

$$\text{Punkt 1: } y_1' = -80.0 \text{ mm}, z_1' = -35.0 \text{ mm}, T_1 = T_{y,1} = 66.67 \text{ kN}$$

$$\text{Punkt 2: } y_2' = -80.0 \text{ mm}, z_2' = 35.0 \text{ mm}, T_2 = T_{y,2} = 66.67 \text{ kN}$$

$$\text{Punkt 3: } y_3' = 0.0 \text{ mm}, z_3' = -35.0 \text{ mm}, T_3 = T_{y,3} = 66.67 \text{ kN}$$

$$\text{Punkt 4: } y_4' = 0.0 \text{ mm}, z_4' = 35.0 \text{ mm}, T_4 = T_{y,4} = 66.67 \text{ kN}$$

$$\text{Punkt 5: } y_5' = 80.0 \text{ mm}, z_5' = -35.0 \text{ mm}, T_5 = T_{y,5} = 66.67 \text{ kN}$$

$$\text{Punkt 6: } y_6' = 80.0 \text{ mm}, z_6' = 35.0 \text{ mm}, T_6 = T_{y,6} = 66.67 \text{ kN}$$

Abscheren

$$\text{Abschertragfähigkeit je Scherfuge } F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 150.80 \text{ kN}, \alpha_v = 0.60$$

$$\text{Abschertragfähigkeit je Schraube (2-schnittig): } \Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 301.59 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } F_{Ed} = T_1 = 66.67 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 301.59 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.221 < 1 \text{ ok}$$

Lochleibung (getrennt nach den Richtungen)

Schraube 1:

Träger

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.96$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.81$$

je Lasche

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 174.55 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.61$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.53$$

$$\text{Minimale Lochleibungstragfähigkeit: } \min F_{b,h,Rd} = 349.09 \text{ kN}, \min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } F_{Ed} = |T_{y,1}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 349.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.191 < 1 \text{ ok}$$

Schraube 2:

Träger

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.96$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.81$$

je Lasche

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 174.55 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.61$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.53$$

$$\text{Minimale Lochleibungstragfähigkeit: } \min F_{b,h,Rd} = 349.09 \text{ kN}, \min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } F_{Ed} = |T_{y,2}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 349.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.191 < 1 \text{ ok}$$

Schraube 3:

Träger

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.96$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.81$$

je Lasche

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.96$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.53$$

$$\text{Minimale Lochleibungstragfähigkeit: } \min F_{b,h,Rd} = 415.64 \text{ kN}, \min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } F_{Ed} = |T_{y,3}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 415.64 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.160 < 1 \text{ ok}$$

Schraube 4:

Träger

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.96$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.81$$

je Lasche

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.96$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.53$$

$$\text{Minimale Lochleibungstragfähigkeit: } \min F_{b,h,Rd} = 415.64 \text{ kN}, \min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } F_{Ed} = |T_{y,4}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 415.64 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.160 < 1 \text{ ok}$$

Schraube 5:

Träger

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 229.09 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.53$$

$$\text{vertikal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.81$$

je Lasche

$$\text{horizontal: Lochleibungstragfähigkeit } F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}, k_1 = 2.50, \alpha_b = 0.96$$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$   
Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 229.09 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$   
Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,5}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 229.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.291 < 1$  **ok**

Schraube 6:

Träger

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 229.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.81$   
je Lasche

horizontal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 277.09 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.96$

vertikal: Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73 \text{ kN}$ ,  $k_1 = 2.50$ ,  $\alpha_b = 0.53$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit:  $\min F_{b,h,Rd} = 229.09 \text{ kN}$ ,  $\min F_{b,v,Rd} = 305.45 \text{ kN}$

Nachweis:  $F_{Ed} = |T_{y,6}| = 66.67 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 229.09 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.291 < 1$  **ok**

max. Schubbeanspruchung in Mitte des Schraubenbilds

plastischer Nachweis bezogen auf die Laschenbreite  $h = 140.0 \text{ mm}$

$\max V_{Ed} \approx \sqrt{(T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}} / 2 = 200.00 \text{ kN}$

Träger: Schubtragfähigkeit  $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 569.84 \text{ kN}$  mit  $A_v = h \cdot t = 42.00 \text{ cm}^2$ ,  $h = 140.0 \text{ mm}$

je Lasche: Schubtragfähigkeit  $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 379.90 \text{ kN}$  mit  $A_v = h \cdot t = 28.00 \text{ cm}^2$ ,  $h = 140.0 \text{ mm}$

Minimale Schubtragfähigkeit:  $\min V_{Rd} = \min(569.84, 2 \cdot 379.90) = 569.84 \text{ kN}$

Nachweis:  $\max V_{Ed} = 200.00 \text{ kN} < \min V_{Rd} = 569.84 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.351 < 1$  **ok**

## 2.6. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung:  $\max U = 0.489 < 1$  **ok**

Spannungen

## 3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung:  $\max U = 0.489 < 1$  **ok**

Nachweis erbracht

## 4. Vorschriften

DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

DIN 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

DIN EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014

DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2018

DIN 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

DIN EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010