

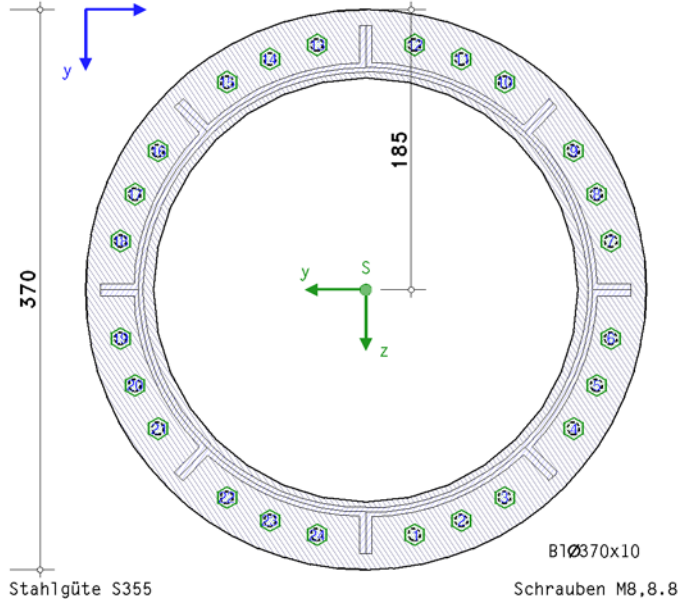
# POS. 9: ROHRFLANSCH MIT STEIFEN

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

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

## 1. Eingabeprotokoll

Maßstab 1:5.0x



### Stahlsorte

Stahlgüte S355

### Schrauben

Festigkeitsklasse 8.8, Schraubengröße M8, normale Schlüsselweite

Gewinde in der Scherfuge

### Verbindung

Stirnplatte (rund): Dicke  $t_p = 10.0$  mm, Durchmesser  $\varnothing_p = 370.0$  mm

Träger:  $h = 349.0$  mm,  $b = 350.0$  mm,  $A = 71.02$  cm<sup>2</sup>,  $y_s = -175.0$  mm,  $z_s = 174.5$  mm

$I_y = 8091.70$  cm<sup>4</sup>,  $I_z = 8174.31$  cm<sup>4</sup>,  $I_T = 12252.59$  cm<sup>4</sup>,  $I_\omega = 41.49$  cm<sup>6</sup>

Aussparung in der Stirnplatte (rund): Mittelpunkt  $x_{of} = 185.0$  mm,  $y_{of} = 185.0$  mm, Radius  $r_{of} = 140.0$  mm

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke  $a = 4.0$  mm

Trägerprofil mittig auf der Stirnplatte (Trägerschwerpunkt in Plattenmitte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte  $x_s = 185.0$  mm,  $y_s = 185.0$  mm

Schrauben:

Koordinaten der Schraubenachsen:

|                                         |                                          |                                          |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| $x_1 = 217.2$ mm, $y_1 = 346.8$ mm      | $x_2 = 248.1$ mm, $y_2 = 337.4$ mm       | $x_3 = 276.7$ mm, $y_3 = 322.2$ mm       |
| $x_4 = 322.2$ mm, $y_4 = 276.7$ mm      | $x_5 = 337.4$ mm, $y_5 = 248.1$ mm       | $x_6 = 346.8$ mm, $y_6 = 217.2$ mm       |
| $x_7 = 346.8$ mm, $y_7 = 152.8$ mm      | $x_8 = 337.4$ mm, $y_8 = 121.9$ mm       | $x_9 = 322.2$ mm, $y_9 = 93.3$ mm        |
| $x_{10} = 276.7$ mm, $y_{10} = 47.8$ mm | $x_{11} = 248.1$ mm, $y_{11} = 32.6$ mm  | $x_{12} = 217.2$ mm, $y_{12} = 23.2$ mm  |
| $x_{13} = 152.8$ mm, $y_{13} = 23.2$ mm | $x_{14} = 121.9$ mm, $y_{14} = 32.6$ mm  | $x_{15} = 93.3$ mm, $y_{15} = 47.8$ mm   |
| $x_{16} = 47.8$ mm, $y_{16} = 93.3$ mm  | $x_{17} = 32.6$ mm, $y_{17} = 121.9$ mm  | $x_{18} = 23.2$ mm, $y_{18} = 152.8$ mm  |
| $x_{19} = 23.2$ mm, $y_{19} = 217.2$ mm | $x_{20} = 32.6$ mm, $y_{20} = 248.1$ mm  | $x_{21} = 47.8$ mm, $y_{21} = 276.7$ mm  |
| $x_{22} = 93.3$ mm, $y_{22} = 322.2$ mm | $x_{23} = 121.9$ mm, $y_{23} = 337.4$ mm | $x_{24} = 152.8$ mm, $y_{24} = 346.8$ mm |

### Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Tragfähigkeitsnachweise

Nachweis der Stirnplatte mit dem plastischen Verfahren, Kontaktpressungen nachweisen

Nachweis des Trägerquerschnitts mit dem elastischen Verfahren

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet, Federkonstante der Schrauben  $\alpha_r = 2725.5$  kN/cm

plastische Grenzkraft  $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 20.0$  kN,  $f_{t,f} = 0.950$ ,  $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 21.08$  kN,  $k_2 = 0.90$

wirksame Bruchdehnung  $\epsilon_{t,f} = f_{t,\epsilon} \cdot \epsilon_{ub} = 3.0\%$ ,  $f_{t,\epsilon} = 0.250$ ,  $\epsilon_{ub} = 12.0\%$

ohne Vorspannung ( $F_{p,c} = 0$ )

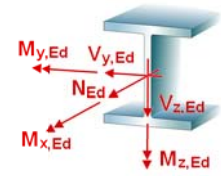
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte  $c_b = 21000.0$  kN/cm<sup>3</sup>

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung  $n_x / \Delta x = 174 / 2.1$  mm,  $n_y / \Delta y = 174 / 2.1$  mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%

**Schnittgrößen** bezogen auf die Querschnittsachsen

Lk 1:  $N_{Ed} = -75.63 \text{ kN}$ ,  $M_{y,Ed} = 20.01 \text{ kNm}$ ,  $V_{z,Ed} = -4.97 \text{ kN}$   
 $M_{z,Ed} = -7.59 \text{ kNm}$ ,  $V_{y,Ed} = -1.89 \text{ kN}$ ,  $M_{x,Ed} = -0.00 \text{ kNm}$   
Lk 2:  $N_{Ed} = -76.89 \text{ kN}$ ,  $M_{y,Ed} = 20.26 \text{ kNm}$ ,  $V_{z,Ed} = -5.04 \text{ kN}$   
 $M_{z,Ed} = -7.69 \text{ kNm}$ ,  $V_{y,Ed} = -1.91 \text{ kN}$ ,  $M_{x,Ed} = -0.00 \text{ kNm}$   
Lk 3:  $N_{Ed} = -16.41 \text{ kN}$ ,  $M_{y,Ed} = -41.41 \text{ kNm}$ ,  $V_{z,Ed} = 26.17 \text{ kN}$   
 $M_{z,Ed} = -7.60 \text{ kNm}$ ,  $V_{y,Ed} = -1.90 \text{ kN}$ ,  $M_{x,Ed} = -0.45 \text{ kNm}$   
Lk 4:  $N_{Ed} = -17.52 \text{ kN}$ ,  $M_{y,Ed} = -41.70 \text{ kNm}$ ,  $V_{z,Ed} = 26.19 \text{ kN}$   
 $M_{z,Ed} = -7.69 \text{ kNm}$ ,  $V_{y,Ed} = -1.92 \text{ kN}$ ,  $M_{x,Ed} = -0.45 \text{ kNm}$



### Material Sicherheitsbeiwerte

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 !

4H-QUER-Querschnitte sind über ihre Mittellinien beschrieben.

Rand- und Schraubenabstände sind daher separat zu überprüfen !!

### 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  $U_{pl,t,s}$  enthalten.

| Lk | $U_p$ | $U_\sigma$ | $U_b$ | $U_{pl,s}$ | $U_{pl,t,s}$ | $U_{wt,s}$ | $U_{t,s}$ | $U_{vt,s}$ | $U_{b,s}$ | $U_q$ | $U_{c/t}$ | $U$    |
|----|-------|------------|-------|------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-------|-----------|--------|
| 1  | 0.172 | 0.172      | 0.053 | 0.071      | 0.273        | 0.055      | 0.089     | 0.315      | 0.004     | 0.153 | 0.106     | 0.315  |
| 2  | 0.174 | 0.174      | 0.054 | 0.071      | 0.276        | 0.056      | 0.090     | 0.318      | 0.004     | 0.155 | 0.106     | 0.318  |
| 3  | 0.598 | 0.598      | 0.089 | 0.454      | 0.792        | 0.378      | 0.199     | 0.685      | 0.025     | 0.259 | 0.137     | 0.792  |
| 4  | 0.605 | 0.605      | 0.089 | 0.455      | 0.798        | 0.390      | 0.199     | 0.685      | 0.025     | 0.261 | 0.138     | 0.798* |

$U_p$ : 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

$U_q$ : Spannungsausnutzung des Trägers;  $U_{c/t}$ : c/t-Ausnutzung des Trägers;  $U$ : Gesamtausnutzung

\*) maximale Ausnutzung

## 2. Endergebnis

### Maximale Ausnutzung der Stirnplatte aus 4 Lk: max $U_p$ mit Zugehörigen

| Kno   | x<br>mm | y<br>mm | $u_z$<br>mm | $b_z$<br>N/mm <sup>2</sup> | $m_{xx}$<br>kNm/m | $m_{yy}$<br>kNm/m | $m_{xy}$<br>kNm/m | $q_x$<br>kN/m | $q_y$<br>kN/m | $U_p$ |
|-------|---------|---------|-------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|-------|
| 15226 | 185.0   | 0.0     | 0.259       | 0.00                       | -5.76             | -0.92             | -0.05             | 2.13          | -53.04        | 0.605 |

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

$q_x, q_y$ : Querkraften;  $q_x, q_y$ : Querkraften;  $U_p$ : Ausnutzung der Stirnplatte

### Maximale Ausnutzung der Schrauben aus 4 Lk: max $U_s$ mit Zugehörigen

|    | x<br>mm | y<br>mm | $F_t$<br>kN | $U_{wt}$ | $U_{vt}$ | $U_b$ | $U_s$ |
|----|---------|---------|-------------|----------|----------|-------|-------|
| 1  | 217.2   | 346.8   | 8.18        | 0.050    | 0.288    | 0.002 | 0.288 |
| 2  | 248.1   | 337.4   | 0.33        | 0.002    | 0.135    | 0.023 | 0.199 |
| 3  | 276.7   | 322.2   | 0.35        | 0.002    | 0.137    | 0.024 | 0.199 |
| 4  | 322.2   | 276.7   | 0.27        | 0.002    | 0.138    | 0.024 | 0.199 |
| 5  | 337.4   | 248.1   | 0.02        | ---      | 0.132    | 0.025 | 0.199 |
| 6  | 346.8   | 217.2   | 0.51        | 0.003    | 0.146    | 0.024 | 0.199 |
| 7  | 346.8   | 152.8   | 3.13        | 0.019    | 0.219    | 0.021 | 0.219 |
| 8  | 337.4   | 121.9   | 5.64        | 0.034    | 0.288    | 0.018 | 0.288 |
| 9  | 322.2   | 93.3    | 12.61       | 0.077    | 0.480    | 0.010 | 0.480 |
| 10 | 276.7   | 47.8    | 18.06       | 0.122    | 0.631    | 0.004 | 0.631 |
| 11 | 248.1   | 32.6    | 19.71       | 0.175    | 0.676    | 0.002 | 0.676 |
| 12 | 217.2   | 23.2    | 20.03       | 0.352    | 0.685    | 0.001 | 0.685 |
| 13 | 152.8   | 23.2    | 20.03       | 0.390    | 0.685    | 0.001 | 0.685 |
| 14 | 121.9   | 32.6    | 20.03       | 0.243    | 0.685    | 0.001 | 0.685 |
| 15 | 93.3    | 47.8    | 20.03       | 0.228    | 0.685    | 0.001 | 0.685 |
| 16 | 47.8    | 93.3    | 19.75       | 0.156    | 0.676    | 0.001 | 0.676 |
| 17 | 32.6    | 121.9   | 13.35       | 0.082    | 0.494    | 0.008 | 0.494 |
| 18 | 23.2    | 152.8   | 8.41        | 0.051    | 0.353    | 0.013 | 0.353 |
| 19 | 23.2    | 217.2   | 2.99        | 0.018    | 0.198    | 0.018 | 0.199 |
| 20 | 32.6    | 248.1   | 0.00        | ---      | 0.113    | 0.021 | 0.199 |
| 21 | 47.8    | 276.7   | 7.87        | 0.048    | 0.278    | 0.002 | 0.278 |
| 22 | 93.3    | 322.2   | 8.86        | 0.054    | 0.311    | 0.002 | 0.311 |
| 23 | 121.9   | 337.4   | 7.76        | 0.047    | 0.274    | 0.002 | 0.274 |
| 24 | 152.8   | 346.8   | 9.08        | 0.056    | 0.318    | 0.002 | 0.318 |

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  $U_p = 0.605 < 1$  ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 4]

max  $U_{wt,s} = 0.390 < 1$  ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 4]

max  $U_s = 0.798 < 1$  ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 4]

max  $(U_q, U_{ct}) = 0.261 < 1$  ok

Maximale Ausnutzung [Lk 4]

max  $U = 0.798 < 1$  ok

### 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

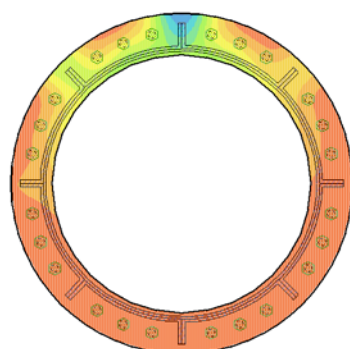
### 4. Lk 4 (maßgebend)

#### 4.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen:  $N = -17.52 \text{ kN}$ ,  $M_y = -41.70 \text{ kNm}$ ,  $M_z = -7.69 \text{ kNm}$

**Verformungen  $u_z$  [mm]**

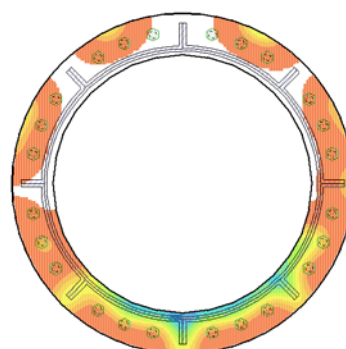
min  $u_z = -0.0149 \text{ mm}$ , max  $u_z = 0.2593 \text{ mm}$



Verformungen abhebend positiv

**Kontaktpressungen  $b_z$  [N/mm²]**

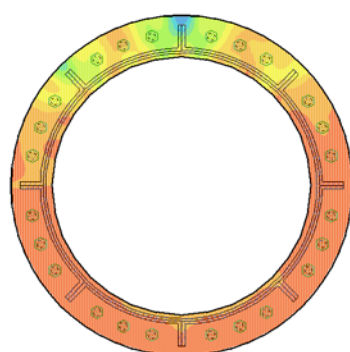
min  $b_z = 0.00 \text{ N/mm}^2$ , max  $b_z = 31.74 \text{ N/mm}^2$



Kontaktpressungen Druck positiv

**Ausnutzung der Stirnplatte  $U_p$**

min  $U_p = 0.000$ , max  $U_p = 0.605$



**Ausnutzung der Stirnplatte**

| Kno   | x<br>mm | y<br>mm | $u_z$<br>mm | $b_z$<br>N/mm² | $U_p$ |
|-------|---------|---------|-------------|----------------|-------|
| 15051 | 182.9   | 0.0     | 0.259       | 0.00           | 0.600 |
| 15226 | 185.0   | 0.0     | 0.259       | 0.00           | 0.605 |
| 15379 | 185.0   | 325.3   | -0.002      | 31.74          | 0.089 |

x,y: Knotenkoordinaten;  $u_z$ : Verformungen (abhebend positiv);  $b_z$ : Kontaktpressungen (Druck positiv);  $U_p$ : Ausnutzung der Stirnplatte

**Ausnutzung der Schrauben**

|    | x<br>mm | y<br>mm | wt<br>mm | F <sub>t</sub><br>kN | ε <sub>wt</sub><br>% | U <sub>wt</sub> |
|----|---------|---------|----------|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1  | 217.2   | 346.8   | 0.001    | 0.40                 | 0.007                | 0.002           |
| 2  | 248.1   | 337.4   | 0.001    | 0.33                 | 0.006                | 0.002           |
| 3  | 276.7   | 322.2   | 0.001    | 0.35                 | 0.006                | 0.002           |
| 4  | 322.2   | 276.7   | 0.000    | 0.27                 | 0.005                | 0.002           |
| 5  | 337.4   | 248.1   | -0.000   | 0.02                 | 0.000                | ---             |
| 6  | 346.8   | 217.2   | 0.001    | 0.51                 | 0.009                | 0.003           |
| 7  | 346.8   | 152.8   | 0.006    | 3.13                 | 0.057                | 0.019           |
| 8  | 337.4   | 121.9   | 0.010    | 5.64                 | 0.103                | 0.034           |
| 9  | 322.2   | 93.3    | 0.023    | 12.61                | 0.231                | 0.077           |
| 10 | 276.7   | 47.8    | 0.037    | 18.06                | 0.367                | 0.122           |
| 11 | 248.1   | 32.6    | 0.053    | 19.71                | 0.525                | 0.175           |
| 12 | 217.2   | 23.2    | 0.106    | 20.03                | 1.057                | 0.352           |
| 13 | 152.8   | 23.2    | 0.117    | 20.03                | 1.170                | 0.390           |
| 14 | 121.9   | 32.6    | 0.073    | 20.03                | 0.729                | 0.243           |
| 15 | 93.3    | 47.8    | 0.069    | 20.03                | 0.685                | 0.228           |
| 16 | 47.8    | 93.3    | 0.047    | 19.75                | 0.467                | 0.156           |
| 17 | 32.6    | 121.9   | 0.025    | 13.35                | 0.247                | 0.082           |
| 18 | 23.2    | 152.8   | 0.015    | 8.41                 | 0.154                | 0.051           |
| 19 | 23.2    | 217.2   | 0.005    | 3.00                 | 0.055                | 0.018           |
| 20 | 32.6    | 248.1   | -0.000   | 0.00                 | 0.000                | ---             |
| 21 | 47.8    | 276.7   | 0.000    | 0.05                 | 0.001                | 0.000           |
| 22 | 93.3    | 322.2   | 0.001    | 0.30                 | 0.005                | 0.002           |
| 23 | 121.9   | 337.4   | 0.001    | 0.30                 | 0.005                | 0.002           |
| 24 | 152.8   | 346.8   | 0.001    | 0.41                 | 0.008                | 0.003           |

x,y: Schraubenkoordinaten; wt: Verformung (Zug positiv); F<sub>t</sub>: Schraubenkraft; ε<sub>wt</sub>: Dehnung  
U<sub>wt</sub>: Ausnutzung aus Dehnung

**Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 15226]** U<sub>max</sub> = 0.605 < 1 **ok**

**Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 13]** U<sub>s,max</sub> = 0.390 < 1 **ok**

**minimale plastische Ausnutzung der Schrauben** U<sub>pl,s,min</sub> = 0.455 < 1 **ok**

**plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte** U<sub>pl,t,s</sub> = 0.798 < 1 **ok**

## 4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: max F<sub>t</sub> = 20.03 kN, V<sub>z</sub> = 26.19 kN, V<sub>y</sub> = -1.92 kN, M<sub>x</sub> = -0.45 kNm

### Nachweis der Schrauben

U<sub>tp</sub> Ausnutzung aus Durchstanzen, U<sub>vt</sub> Ausnutzung aus Abscheren mit Zug, U<sub>b</sub> Ausnutzung aus Lochleibung, U Ausnutzung der Schrauben

|             |                            |                            |                           |                         |
|-------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Schraube 1  | U <sub>tp,1</sub> = 0.004  | U <sub>vt,1</sub> = 0.136  | U <sub>b,1</sub> = 0.025  | U <sub>1</sub> = 0.136  |
| Schraube 2  | U <sub>tp,2</sub> = 0.003  | U <sub>vt,2</sub> = 0.136  | U <sub>b,2</sub> = 0.024  | U <sub>2</sub> = 0.136  |
| Schraube 3  | U <sub>tp,3</sub> = 0.004  | U <sub>vt,3</sub> = 0.138  | U <sub>b,3</sub> = 0.024  | U <sub>3</sub> = 0.138  |
| Schraube 4  | U <sub>tp,4</sub> = 0.003  | U <sub>vt,4</sub> = 0.138  | U <sub>b,4</sub> = 0.024  | U <sub>4</sub> = 0.138  |
| Schraube 5  | U <sub>tp,5</sub> = 0.000  | U <sub>vt,5</sub> = 0.133  | U <sub>b,5</sub> = 0.025  | U <sub>5</sub> = 0.133  |
| Schraube 6  | U <sub>tp,6</sub> = 0.005  | U <sub>vt,6</sub> = 0.147  | U <sub>b,6</sub> = 0.025  | U <sub>6</sub> = 0.147  |
| Schraube 7  | U <sub>tp,7</sub> = 0.031  | U <sub>vt,7</sub> = 0.219  | U <sub>b,7</sub> = 0.021  | U <sub>7</sub> = 0.219  |
| Schraube 8  | U <sub>tp,8</sub> = 0.056  | U <sub>vt,8</sub> = 0.288  | U <sub>b,8</sub> = 0.018  | U <sub>8</sub> = 0.288  |
| Schraube 9  | U <sub>tp,9</sub> = 0.125  | U <sub>vt,9</sub> = 0.480  | U <sub>b,9</sub> = 0.010  | U <sub>9</sub> = 0.480  |
| Schraube 10 | U <sub>tp,10</sub> = 0.180 | U <sub>vt,10</sub> = 0.631 | U <sub>b,10</sub> = 0.004 | U <sub>10</sub> = 0.631 |
| Schraube 11 | U <sub>tp,11</sub> = 0.196 | U <sub>vt,11</sub> = 0.676 | U <sub>b,11</sub> = 0.002 | U <sub>11</sub> = 0.676 |
| Schraube 12 | U <sub>tp,12</sub> = 0.199 | U <sub>vt,12</sub> = 0.685 | U <sub>b,12</sub> = 0.001 | U <sub>12</sub> = 0.685 |
| Schraube 13 | U <sub>tp,13</sub> = 0.199 | U <sub>vt,13</sub> = 0.685 | U <sub>b,13</sub> = 0.001 | U <sub>13</sub> = 0.685 |
| Schraube 14 | U <sub>tp,14</sub> = 0.199 | U <sub>vt,14</sub> = 0.685 | U <sub>b,14</sub> = 0.001 | U <sub>14</sub> = 0.685 |
| Schraube 15 | U <sub>tp,15</sub> = 0.199 | U <sub>vt,15</sub> = 0.685 | U <sub>b,15</sub> = 0.001 | U <sub>15</sub> = 0.685 |
| Schraube 16 | U <sub>tp,16</sub> = 0.197 | U <sub>vt,16</sub> = 0.676 | U <sub>b,16</sub> = 0.001 | U <sub>16</sub> = 0.676 |
| Schraube 17 | U <sub>tp,17</sub> = 0.133 | U <sub>vt,17</sub> = 0.494 | U <sub>b,17</sub> = 0.008 | U <sub>17</sub> = 0.494 |
| Schraube 18 | U <sub>tp,18</sub> = 0.084 | U <sub>vt,18</sub> = 0.353 | U <sub>b,18</sub> = 0.013 | U <sub>18</sub> = 0.353 |
| Schraube 19 | U <sub>tp,19</sub> = 0.030 | U <sub>vt,19</sub> = 0.198 | U <sub>b,19</sub> = 0.018 | U <sub>19</sub> = 0.198 |
| Schraube 20 | U <sub>tp,20</sub> = 0.000 | U <sub>vt,20</sub> = 0.113 | U <sub>b,20</sub> = 0.021 | U <sub>20</sub> = 0.113 |
| Schraube 21 | U <sub>tp,21</sub> = 0.000 | U <sub>vt,21</sub> = 0.116 | U <sub>b,21</sub> = 0.022 | U <sub>21</sub> = 0.116 |
| Schraube 22 | U <sub>tp,22</sub> = 0.003 | U <sub>vt,22</sub> = 0.125 | U <sub>b,22</sub> = 0.022 | U <sub>22</sub> = 0.125 |
| Schraube 23 | U <sub>tp,23</sub> = 0.003 | U <sub>vt,23</sub> = 0.127 | U <sub>b,23</sub> = 0.022 | U <sub>23</sub> = 0.127 |
| Schraube 24 | U <sub>tp,24</sub> = 0.004 | U <sub>vt,24</sub> = 0.132 | U <sub>b,24</sub> = 0.025 | U <sub>24</sub> = 0.132 |
| Gesamt:     | U <sub>tp</sub> = 0.199    | U <sub>vt</sub> = 0.685    | U <sub>b</sub> = 0.025    | U = 0.685 < 1 <b>ok</b> |

In der Ausnutzung der Schrauben max U<sub>s</sub> ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben min U<sub>pl,s</sub> = 0.455 sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte U<sub>pl,t,s</sub> = 0.798 enthalten.

**Ausnutzung der Schrauben** U<sub>max</sub> = 0.798 < 1 **ok**

### 4.3. Träger

elastischer Spannungsnachweis für  $N = -17.52 \text{ kN}$ ,  $M_y = -41.70 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 26.19 \text{ kN}$ ,  $M_z = -7.69 \text{ kNm}$

$V_y = -1.92 \text{ kN}$ ,  $T_t = -0.45 \text{ kNm}$

Nachweis:  $\sigma_v = 92.77 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{v,Rd} = 355.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 0.261 < 1$  ok

c/t-Nachweis: Ausnutzung  $U_{c/t} = 0.138 < 1$  ok

**Ausnutzung des Trägers**  $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.261 < 1$  ok

### 4.4. Gesamt

Ausnutzung Lk 4  $U_{\max} = 0.798 < 1$  ok