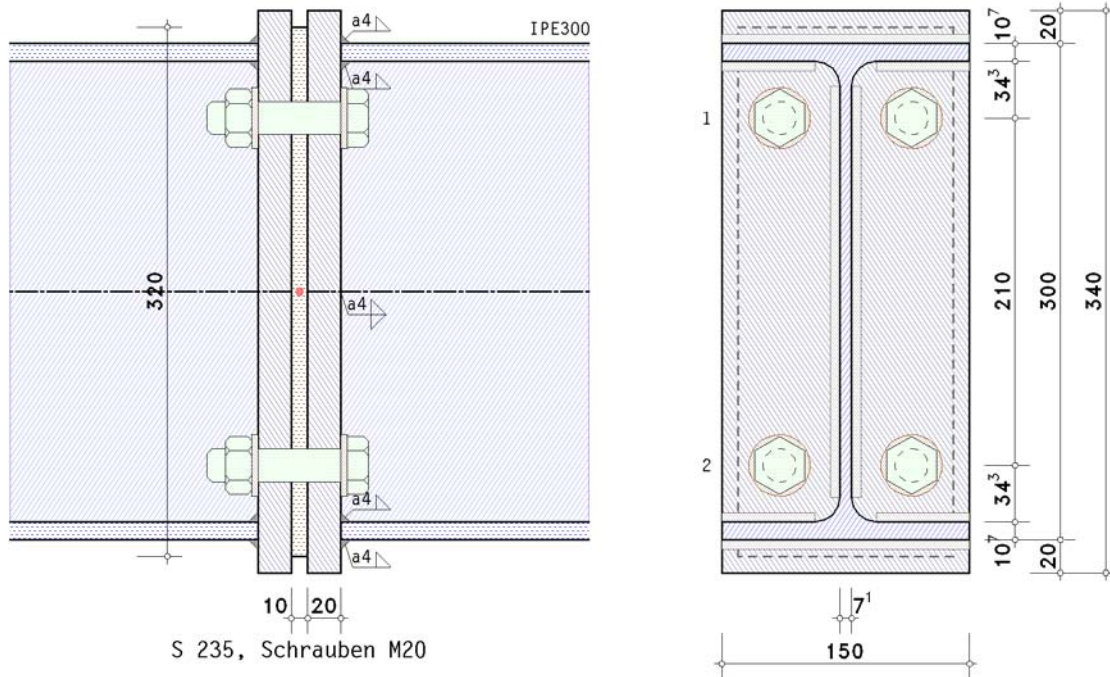


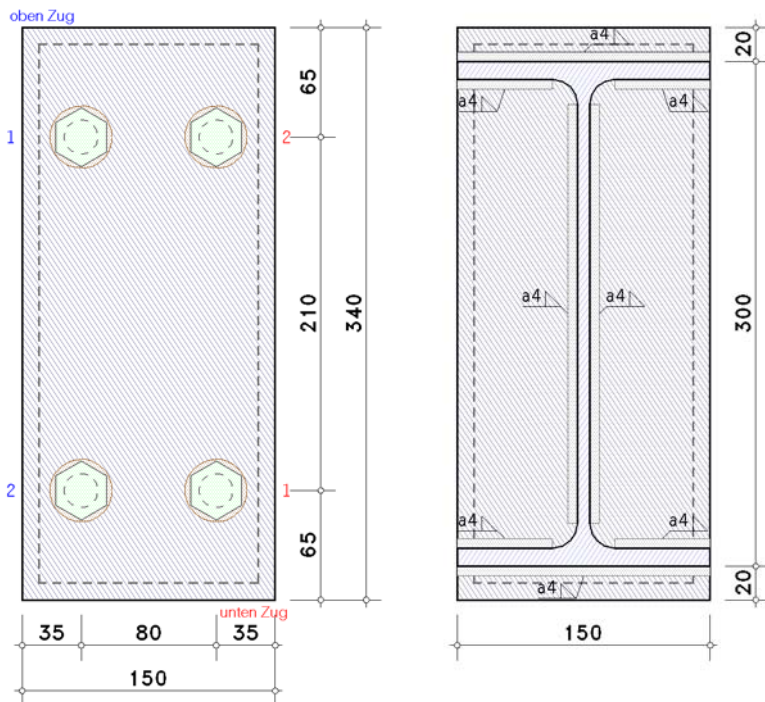
POS. 2: NASDALA 4-6

Biegestoß mit thermischer Trennschicht

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



Details



Stahlsorte

Stahlgüte S 235

Parameter des Trägers

Profil IPE300

Schrauben

Schraube: Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20

große Schlüsselweite (HV-Schraube)

Schaft liegt in der Scherfuge

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss:

Stirnblech: Dicke $t_p = 20.0$ mm, Länge $l_p = 340.0$ mm, Breite $b_p = 150.0$ mm



Überstände $h_{p,o} = 20.0$ mm, $h_{p,u} = 20.0$ mm

thermische Trennschicht (Kerncompactlager der Calenberg Ingenieure GmbH):

Dicke $t_e = 10.0$ mm, Länge $l_e = 320.0$ mm, Breite $b_e = 130.0$ mm

Materialsicherheit $\gamma_e = 1.00$, Vorspannkraft je Schraube $F_{p,c} = 160.0$ kN

Schrauben im Anschluss:

2 Schraubenreihe(n) mit je 2 Schrauben

alle Schraubenreihen werden einzeln betrachtet

keine Schraubenreihen oben (M^+) in einer Schraubengruppe

und alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung bei Zug oben (Reihen 1-2)

keine Schraubenreihen unten (M^-) in einer Schraubengruppe

und alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung bei Zug unten (Reihen 1-2)

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 35.0$ mm

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 65.0$ mm

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 65.0$ mm

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 210.0$ mm

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen (Statik-KOS)

Lk 1: $M_{j,b1,Ed} = 14.00$ kNm

Lk 2: $M_{j,b1,Ed} = 28.00$ kNm

Lk 3: $N_{j,b1,Ed} = -28.00$ kN $M_{j,b1,Ed} = 28.00$ kNm

Materialsicherheitsbeiwerte

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

Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen $\gamma_{M1} = 1.10$

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

Vorspannung hochfester Schrauben $\gamma_{M7} = 1.10$

Komponentenmethode

Hinweise

HV-Schrauben sind kontrolliert vorzuspannen, Schraubenkategorie D (für Zug), A (für Abscheren).

Die Querschnittsprofile im Bereich des Anschlusses werden nicht nachgewiesen.

Die Schweißnähte der Verbindung werden nicht nachgewiesen.

Abstände der Schraubenreihen am Stirnblech

Randabstand: $e_2 = 35.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm, $e_2 = 35.0$ mm $< 4 \cdot t_{\min} + 40$ mm = 120.0 mm

Lochabstand: $p_2 = 80.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 52.8$ mm, $p_2 = 80.0$ mm $< \min(14 \cdot t_{\min}, 200$ mm) = 200.0 mm

Randabstand: $e_1 = 65.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm, $e_1 = 65.0$ mm $< 4 \cdot t_1 + 40$ mm = 120.0 mm

Lochabstand: $p_1 = 210.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 48.4$ mm, $p_1 = 210.0$ mm $> \min(14 \cdot t_{\min}, 200$ mm) = 200.0 mm !!

Randabstand: $e_1 = 65.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm, $e_1 = 65.0$ mm $< 4 \cdot t_1 + 40$ mm = 120.0 mm

Maximale Rand- und Lochabstände müssen nur zur Vermeidung von Korrosion sowie zur Verhinderung lokalen Beulens eingehalten werden.

Ausnutzungen

Lk	U
--	---
1	0.406
2	0.684
3	0.582

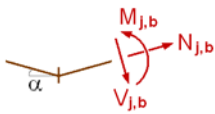
Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 2]: $\max U = 0.684 < 1$ **ok.**

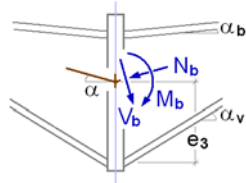
Nachweis erbracht

Bemessungsgrößen

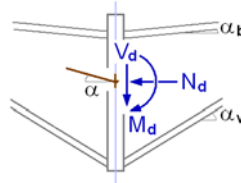
Knotenschnittgrößen



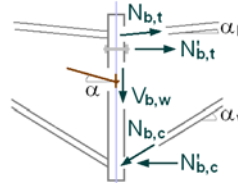
Anschnitt Anschluss



⊥ zur Anschlussebene



Teilschnittgrößen



Schnittgrößen im Anschnitt

$$M_{b,Ed} = -M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} \cdot e_1 = -28.00 \text{ kNm}, \quad e_1 = 5.0 \text{ mm}$$

Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene

$$M_d = M_{b,Ed} = -28.00 \text{ kNm}$$

Negatives Biegemoment $M_d \Rightarrow$ Modell des Anschlusses wird gespiegelt

$$M_d = 28.00 \text{ kNm}$$

Teilschnittgrößen bezogen auf das gespiegelte Modell

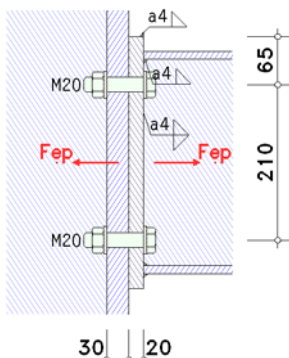
Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_{ep} = 28.00 \text{ kNm}$

$$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b = 96.79 \text{ kN}, \quad z_b = 289.3 \text{ mm}, \quad z_{bu} = 144.6 \text{ mm}$$

$$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b = 96.79 \text{ kN}, \quad z_b = 289.3 \text{ mm}, \quad z_{bo} = 144.6 \text{ mm}$$

Grundkomponenten

Grundkomponente 5: Stirnblech mit Biegung



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Teil des Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe maßgebend):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 1

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 193.0 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 200.6 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 193.0 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1+2: } M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.54 \text{ kNm}$$

$$\text{für Modus 3: } \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,1,Rd} = (8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd} / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 734.08 \text{ kN}$$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 320.05 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 320.05 \text{ kN}$

Tragfähigkeiten der Schweißnähte: $f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$, $f_{2,w,Rd} = 25.92 \text{ kN/cm}^2$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2 \cdot f_{2,w,Rd} \cdot a \cdot l_{eff} = 400.21 \text{ kN}$ (nicht maßgebend)

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 193.0 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 200.6 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 193.0 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1+2: } M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.54 \text{ kNm}$$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd} / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 734.08 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 320.05 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 320.05 \text{ kN}$

Tragfähigkeiten der Schweißnähte: $f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$, $f_{2,w,Rd} = 25.92 \text{ kN/cm}^2$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2 \cdot f_{2,w,Rd} \cdot a \cdot l_{eff} = 400.21 \text{ kN}$ (nicht maßgebend)

Tragfähigkeiten und effektive Längen eines Stirnblechs mit Biegung (je Schraubenreihe):

$F_{ep,Rd,1} = 320.0 \text{ kN}$, zugeh. $l_{eff,1} = 193.0 \text{ mm}$

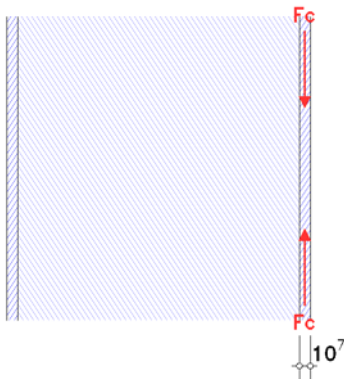
$F_{ep,Rd,2} = 320.0 \text{ kN}$, zugeh. $l_{eff,1} = 193.0 \text{ mm}$

Grundkomponente 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

Flansch unten: Querschnittsklasse für $c/(\varepsilon \cdot t) = 5.28: 1$

Steg: Querschnittsklasse für $\alpha = 0.50$ und $c/(\varepsilon \cdot t) = 35.01: 1$

Querschnittsklasse des Trägers in der Anschlussebene: 1



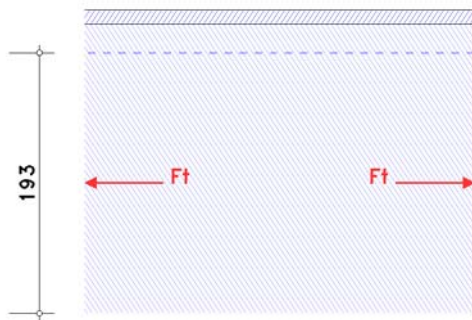
In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Biegetragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 147.58 \text{ kNm}$

Tragfähigkeit eines Flanschs und Stegs mit Druck

$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 510.13 \text{ kN}$

Grundkomponente 8: Trägersteg mit Zugbeanspruchung



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Jede einzelne Schraubenreihe maßgebend:

Reihe 1

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 193.0 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 322.0 \text{ kN}$

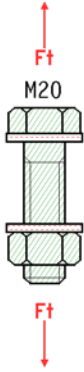
Reihe 2

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 193.0 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 322.0 \text{ kN}$

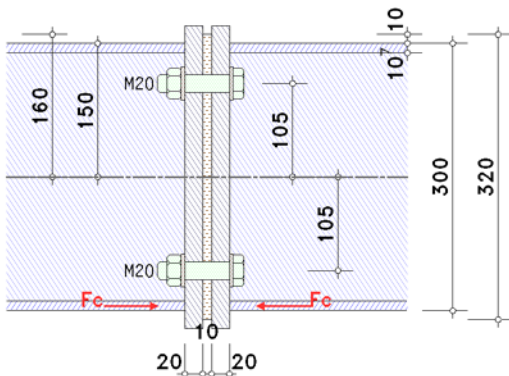
Grundkomponente 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Zugtragfähigkeit einer Schraube: $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$
 Durchstanztragfähigkeit: $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 363.88 \text{ kN}$, $t_p = 20.0 \text{ mm}$
 Zug-/Durchstanztragfähigkeit für 2 Schrauben: $\Sigma F_{tp,Rd} = 2 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 352.80 \text{ kN}$

Grundkomponente 15: Stirnblech mit thermischer Trennschicht



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Die Berechnung erfolgt für Kerncompactlager der Calenberg Ingenieure GmbH.

effektive Trennschichtlänge $h_m = 257.5 \text{ mm}$
 mittlere Druckspannung $\sigma_m = 19.12 \text{ N/mm}^2$

Nachweis der Trennschicht:

Formfaktor $S = 3.582$ für 2 Schrauben im Druckbereich

zulässige mittlere Druckspannung $\sigma_{m,zul} = 24.88 \text{ N/mm}^2$

Auslastung der Trennschicht $0.768 < 1$ **ok.**

Tragfähigkeit eines Stirnblechstoßes mit thermischer Trennschicht:

$F_{c,e,Rd} = A_{eff} \cdot f_e / \gamma_{Me} = 164.0 \text{ kN}$, $A_{eff} = 65.91 \text{ cm}^2$, $f_e = \sigma_{m,zul} = 24.88 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{Me} = 1.00$

Anschluss­tragfähigkeit

Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 249.6 \text{ mm}$, $h_2 = 39.6 \text{ mm}$

Tragfähigkeiten nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(6) für Schraubenreihen einzeln betrachtet

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN}$

Abminderungen nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(7)

maßgebende Grundkomponente: 7, 15

Reihe 1: $\Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Gk 7: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,f,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 510.1 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN}$

Gk 15: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,e,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 164.0 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 164.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 164.0 \text{ kN}$ (Reihe 1)

Gk 7: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,f,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 346.2 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN}$

Gk 15: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,e,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 320.0 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Kontrolle nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(9)

maßgebende Grundkomponente: 10

Reihe 1: $F_{tx,Rd} = 164.0 \text{ kN}$, $h_x = 249.6 \text{ mm} \Rightarrow F_{tx,Rd} \leq 0.95 \cdot \Sigma F_{t,Rd} = 335.2 \text{ kN}$, keine Abminderung

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (endgültig)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 164.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5, 15

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 40.9 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd} = 164.0 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = \min F_{c,Rd} = 164.0 \text{ kN}$$

Nachweise

Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Biegemoment: $M_{Ed} = M_d = 28.00 \text{ kNm}$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.684 < 1 \text{ ok.}$$

Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.684 < 1 \text{ ok.}$