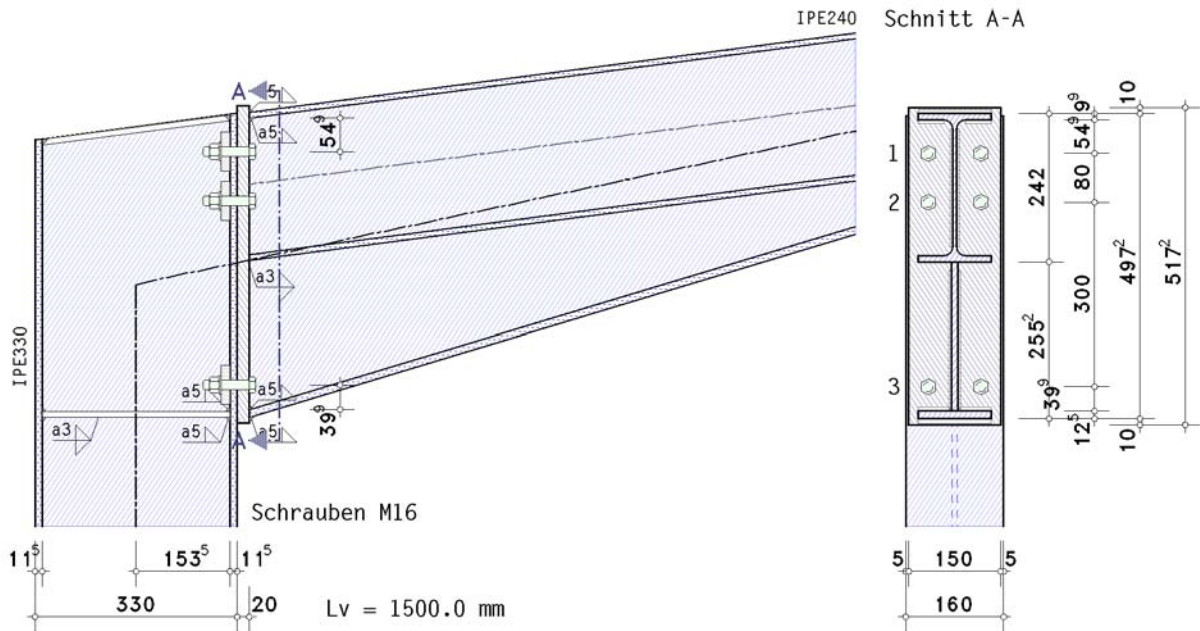


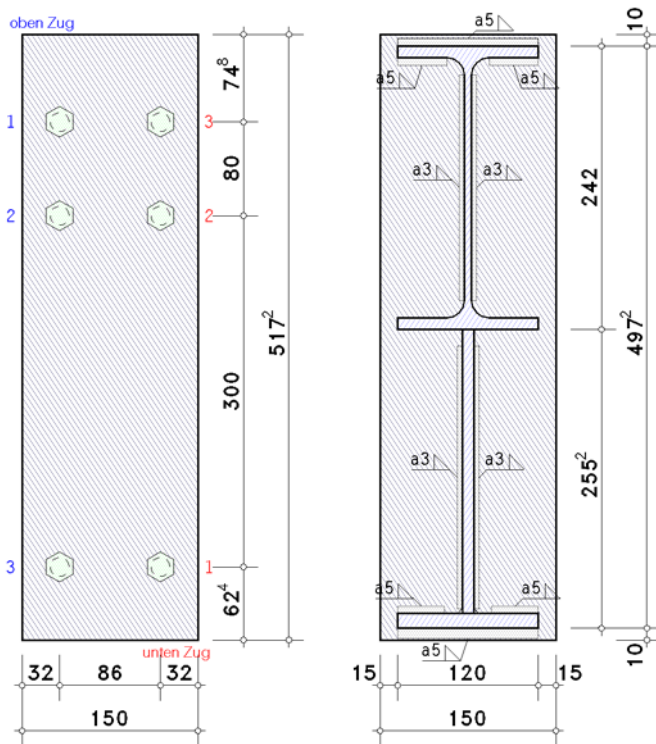
POS. 4: KINDMANN/STRACKE 3.9.6

Rahmenecke

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



Details



Stahlsorte

Stahlgüte S 235

Parameter der Stütze

Profil IPE330

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Stegsteifen in Höhe von Trägerzug- und -druckflansch, $d_{st} = 481.9$ mm):

Dicke $t_{st} = 9.8$ mm

Schweißnähte $a_{st,f} = 5.0$ mm, $a_{st,w} = 3.0$ mm

Parameter des Trägers

Profil IPE240

Neigungswinkel des Profils gegen die Horizontale $\alpha_b = 7.40^\circ \Rightarrow$ Profilhöhe im Anschluss $h_b = h / \cos(\alpha_b) = 242.0$ mm

Neigungswinkel der Voute gegen die Horizontale $\alpha_v = 16.70^\circ \Rightarrow$ Voutenwinkel gegen den Träger $\Delta\alpha_v = 9.30^\circ$

Länge der Voute $L_v = 1500.0$ mm, Voutenhöhe im Anschluss $h_v = L_v \cdot (\tan(\alpha_v) - \tan(\alpha_b)) = 255.2$ mm



Stegdicke $t_{w,v} = 10.0$ mm, Flanschbreite, -dicke $b_{f,v} = 120.0$ mm, $t_{f,v} = 12.0$ mm
 Gesamte Trägerhöhe im Anschluss $h_{ges} = h_b + h_v = 497.2$ mm

Schrauben

Schraube, Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M16
 Schaft liegt in der Scherfuge
 Stützenflanschverstärkung: Dicke $t_{bp} = 15.0$ mm

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss:

Dicke $t_p = 20.0$ mm, Länge $l_p = 517.2$ mm, Breite $b_p = 150.0$ mm
 Überstände $h_{p,o} = 10.0$ mm, $h_{p,u} = 10.0$ mm

Schrauben im Anschluss:

- 3 Schraubenreihe(n) mit je 2 Schrauben
- davon 2 Schraubenreihen oben (M^+) unter Zugbelastung (Reihen 1-2)
- und 1 Schraubenreihe zur Querkraftübertragung bei Zug oben (Reihe 3)
- davon 1 Schraubenreihe unten (M^-) unter Zugbelastung (Reihe 3)
- und 1 Schraubenreihe zur Querkraftübertragung bei Zug unten (Reihe 3)
- Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 32.0$ mm
- Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 74.8$ mm
- Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 62.4$ mm
- Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum freien Rand der Stütze (Endreihe) $e_1' = 60.7$ mm
- Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 80.0$ mm, $p_{2-3} = 300.0$ mm

Schweißnähte im Anschluss:

- Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 5.0$ mm, Öffnungswinkel $\varphi = 83^\circ$
- Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 3.0$ mm
- Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 5.0$ mm, Öffnungswinkel $\varphi = 107^\circ$

Schnittgrößen im Knotenpunkt der Systemachsen

Lk 1: $N_{j,b1,Ed} = -31.01$ kN $M_{j,b1,Ed} = -133.00$ kNm $V_{j,b1,Ed} = 44.49$ kN
 $N_{j,c1,Ed} = -50.00$ kN $M_{j,c1,Ed} = -133.00$ kNm $V_{j,c1,Ed} = -21.00$ kN

Teilsicherheitsbeiwerte

- Beanspruchbarkeit von Querschnitten $\gamma_{M0} = 1.00$
- Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen $\gamma_{M1} = 1.10$
- Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung $\gamma_{M2} = 1.25$

Hinweise

Bei gevouteten Trägern wird der untere Flansch des Walzprofils nicht berücksichtigt. Es wird ein fiktives geschweißtes Profil aus dem oberen Trägerflansch, dem Trägersteg und dem Voutenflansch gebildet.
 Es sind einzelne Grundkomponenten ausgewählt, die ggf. die Gesamttragfähigkeit der Verbindung nicht gewährleisten.
 Die Querschnittsprofile im Bereich des Anschlusses werden nicht nachgewiesen.
 Der Anschluss der Voute an den Träger wird nicht nachgewiesen.
 Die Schweißnähte der Verbindung werden nicht nachgewiesen.
 Platten- und Schubbeulen wird nicht untersucht.

Komponentenmethode

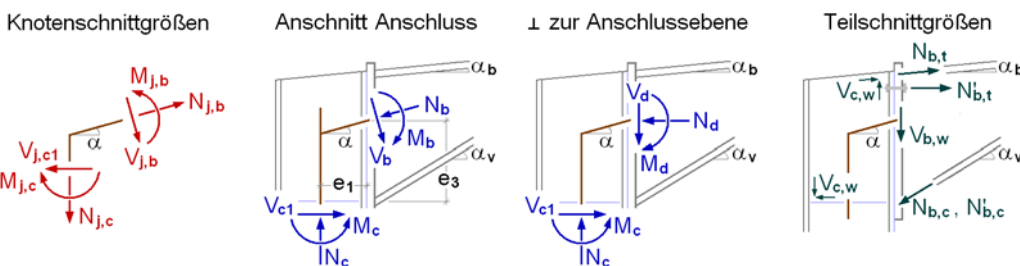
Abstände der Schraubenreihen am Stirnblech

Randabstand:	$e_2 = 32.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,	$e_2 = 32.0$ mm $< 4 \cdot t_{min} + 40$ mm = 86.0 mm
Lochabstand:	$p_2 = 150.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 43.2$ mm,	$p_2 = 150.0$ mm $< \min(14 \cdot t_{min}, 200$ mm) = 161.0 mm
Randabstand:	$e_1 = 74.8$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,	$e_1 = 74.8$ mm $< 4 \cdot t_{min} + 40$ mm = 86.0 mm
Lochabstand:	$p_1 = 80.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 39.6$ mm,	$p_1 = 80.0$ mm $< \min(14 \cdot t_{min}, 200$ mm) = 161.0 mm
Lochabstand:	$p_1 = 300.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 39.6$ mm,	$p_1 = 300.0$ mm $> \min(14 \cdot t_{min}, 200$ mm) = 161.0 mm !!
Randabstand:	$e_1 = 62.4$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,	$e_1 = 62.4$ mm $< 4 \cdot t_{min} + 40$ mm = 86.0 mm

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

Lk 1:

Bemessungsgrößen



Neigungswinkel: $\alpha_b = 7.4^\circ$, $\alpha_v = 16.7^\circ \Rightarrow \alpha = (\alpha_b + \alpha_v) / 2 = 12.1^\circ$

Schnittgrößen im Anschluss bezogen auf die Systemachsen

$$N_{b,Ed} = -N_{j,b,Ed} = 31.01 \text{ kN}$$

$$M_{b,Ed} = -M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} \cdot e_1 / \cos(\alpha) = 125.49 \text{ kNm}, \quad e_1 = 165.0 \text{ mm}$$

$$V_{b,Ed} = V_{j,b,Ed} = 44.49 \text{ kN}$$

Anschnitt Stütze (unten):

$$N_{c,Ed} = N_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) + V_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) = 49.98 \text{ kN}$$

$$V_{c,Ed} = N_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) - V_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) = 21.04 \text{ kN}$$

$$M_{c,Ed} = M_{b,Ed} - V_{c,Ed} \cdot e_3 + N_{c,Ed} \cdot e_1 = 129.00 \text{ kNm}, \quad e_1 = 165.0 \text{ mm}, \quad e_3 = 225.4 \text{ mm}$$

Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene

$$N_d = N_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) - V_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) = 21.04 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{b,Ed} = 125.49 \text{ kNm}$$

$$V_d = N_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) + V_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) = 49.98 \text{ kN}$$

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d + N_d \cdot t_{ep} \cdot \tan(\alpha) - V_d \cdot t_{ep} = 124.58 \text{ kNm}$

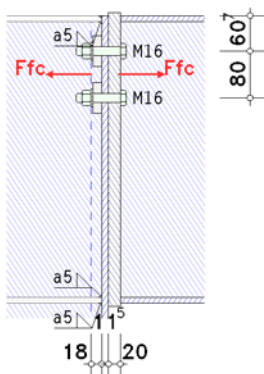
$$N_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b) / \cos(\alpha_b) = 248.47 \text{ kN}, \quad z_b = 486.0 \text{ mm}, \quad z_{bu} = 229.7 \text{ mm}$$

$$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b) / \cos(\alpha_v) = 279.21 \text{ kN}, \quad z_b = 486.0 \text{ mm}, \quad z_{bo} = 256.4 \text{ mm}$$

Grundkomponenten

Stirnblechanschluss: gewählte Grundkomponente(n): 4

Grundkomponente 4: Stützenflansch mit Biegung



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

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe maßgebend):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 1

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 149.1 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 156.1 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 149.1 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1+2: } M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 1.16 \text{ kNm}$$

$$\text{Flanschverstärkung: } M_{bp,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_{bp}^2 \cdot f_{y,bp}) / \gamma_{M0} = 1.97 \text{ kNm}$$

$$\text{für Modus 3: } \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 226.08 \text{ kN}$$

$$L_b = 62.5 \text{ mm} \leq 93.5 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow \text{Abstützkräfte können auftreten!}$$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs (Verfahren 1)

$$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd} + 2 \cdot M_{bp,Rd}) / m = 345.10 \text{ kN}$$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 167.04 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 226.08 \text{ kN}$$

$$\text{Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: } F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 167.04 \text{ kN}$$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 145.7 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 156.1 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 145.7 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1+2: } M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 1.13 \text{ kNm}$$

$$\text{Flanschverstärkung: } M_{bp,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_{bp}^2 \cdot f_{y,bp}) / \gamma_{M0} = 1.93 \text{ kNm}$$

$$\text{für Modus 3: } \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 226.08 \text{ kN}$$

$$L_b = 62.5 \text{ mm} \leq 95.7 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow \text{Abstützkräfte können auftreten!}$$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs (Verfahren 1)

$$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd} + 2 \cdot M_{bp,Rd}) / m = 337.11 \text{ kN}$$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 166.08 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 226.08 \text{ kN}$$

$$\text{Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: } F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 166.08 \text{ kN}$$

Tragfähigkeiten eines Stützenflanschs mit Biegung (je Schraubenreihe)



$F_{t,Rd,1} = 167.0 \text{ kN}$, zugeh. $l_{eff} = 149.1 \text{ mm}$
 $F_{t,Rd,2} = 166.1 \text{ kN}$, zugeh. $l_{eff} = 145.7 \text{ mm}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Gruppe von Schraubenreihen maßgebend):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 2$ (zwischen den Steifen)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 229.1 \text{ mm}$, $\Sigma l_{eff,cp} = 316.1 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 229.1 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 1.78 \text{ kNm}$

Flanschverstärkung: $M_{bp,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_{bp}^2 \cdot f_{y,bp}) / \gamma_{M0} = 3.03 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 452.16 \text{ kN}$

$L_b = 62.5 \text{ mm} \leq 121.7 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs (Verfahren 1)

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd} + 2 \cdot M_{bp,Rd}) / m = 530.26 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 314.87 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 452.16 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 314.87 \text{ kN}$

Tragfähigkeit eines Stützenflanschs mit Biegung (Schraubengruppe, 2 Reihen)

$F_{t,Rd} = 314.9 \text{ kN}$, zugeh. $l_{eff} = 229.1 \text{ mm}$

Anschluss­tragfähigkeit

Biege-/Zugtragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihe(n) vom Druckpunkt:

$h_1 = 426.2 \text{ mm}$, $h_2 = 346.2 \text{ mm}$

Tragfähigkeiten nach 6.2.7.2(6) für Schraubenreihen einzeln betrachtet

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 167.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 166.1 \text{ kN}$

Abminderungen nach 6.2.7.2(8) für Schraubenreihen als Teil einer Gruppe (Stütze)

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

Gk 4: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{t,fc,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 314.9 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 167.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 167.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 167.0 \text{ kN}$ (Reihe 1)

Gk 4: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{t,fc,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 147.8 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 166.1 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 147.8 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (endgültig)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 167.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 147.8 \text{ kN}$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 4

Biegetragfähigkeit

$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 122.4 \text{ kNm}$

Zugtragfähigkeit

$N_{j,Rd} = M_{j,Rd} / z_{bu} = 542.9 \text{ kN}$

Nachweise

äquivalenter Hebelarm für 2 Schraubenreihen: $z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 390.9 \text{ mm}$

Nachweis der Anschluss­tragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Normalkraft: $N_{b,Ed} = |N_d \cdot \cos(\alpha) + V_d \cdot \sin(\alpha)| = 31.01 \text{ kN} < 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 68.46 \text{ kN} \Rightarrow$ Biegung ohne Normalkraft
bez. der Trägerachse

Biegemoment: $M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 120.75 \text{ kNm}$, $z_{bu} = 225.4 \text{ mm}$

$M_{Ed} / M_{j,Rd} = 0.987 < 1$ **ok.**

Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.987 < 1$ **ok.**

Endergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.987 < 1$ ok.

Nachweis erbracht