

Futterblech (Flanschverstärkung): Dicke $t_{bp} = 15.0$ mm, Breite $b_{bp} = 64.0$ mm, Länge $l_{bp} = 64.0$ 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, Schweißnahtdicke $a_v = 3.0$ mm

Gesamte Trägerhöhe im Anschluss $h_{ges} = h_b + h_v = 497.2$ mm

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss

Dicke $t_p = 20.0$ mm, Breite $b_p = 150.0$ mm, Länge $l_p = 517.2$ mm

Überstände $h_{p,o} = 10.0$ mm, $h_{p,u} = 10.0$ mm

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben

davon 2 Schraubenreihen oben unter Zugbelastung (Reihen 1-2)

und 1 Schraubenreihe zur Querkraftübertragung oben (Reihe 3)

davon 1 Schraubenreihe unten unter Zugbelastung (Reihe 3)

und 1 Schraubenreihe zur Querkraftübertragung 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) $e_1' = 74.8$ 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 Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: $N_{j,b,Ed} = -31.01$ kN $M_{j,b,Ed} = -133.00$ kNm $V_{j,b,Ed} = 44.49$ kN

$N_{j,c1,Ed} = -49.98$ kN $M_{j,c1,Ed} = -133.00$ kNm $V_{j,c1,Ed} = -21.04$ kN (berechnet)

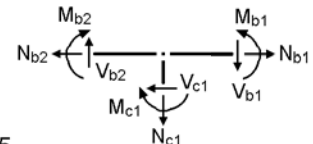
Materialsicherheitsbeiwerte

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 $\gamma_{M7} = 1.10$



Hinweise

Es sind einzelne Grundkomponenten abgewählt,

dadurch ist ggf. die Gesamttragfähigkeit der Verbindung nicht gewährleistet !

Der Nachweis der Verbindung nach EC 3-1-8 erfolgt ohne Berücksichtigung der Vorspannkräfte.

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

Bei gevouteten Trägern wird der untere Flansch des Trägerprofils nicht berücksichtigt. Es wird ein fiktives Profil aus dem oberen Trägerflansch, dem Trägersteg und dem Voutenflansch gebildet.

Lediglich bei der Berechnung des Stirnblechs geht der untere Trägerflansch als Zwischensteife ein.

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

Der Anschluss der Voute an den Träger wird nicht nachgewiesen.

Die Schweißnähte des Voutenprofils werden nicht nachgewiesen.

Die Schweißnähte werden bei Ermittlung der T-Stummel-Tragfähigkeit nicht berücksichtigt.

Die lokale Schweißnahttragfähigkeit wird nicht berücksichtigt.

Stegsteifen werden nicht nachgewiesen.

Platten- und Schubbeulen wird nicht untersucht.

Das Schubfeld wird nicht untersucht.

Die Berechnung der T-Stummel-Tragfähigkeit erfolgt mit dem Standard-Verfahren.

Die Kopfplatte ist statisch nicht wirksam.

Die lokale Schubtragfähigkeit des Stirnblechs wird nicht berücksichtigt.

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 32.0$ mm $> 1.2 \cdot d_o = 21.6$ mm,

horizontal: $p_2 = 86.0$ mm $> 2.4 \cdot d_o = 43.2$ mm,

oben-unten: $e_1 = 74.8$ mm $> 1.2 \cdot d_o = 21.6$ mm,

oben-unten: $e_1 = 74.8$ mm $> 1.2 \cdot d_o = 21.6$ mm,

oben-unten: $p_1 = 80.0$ mm $> 2.2 \cdot d_o = 39.6$ mm,

oben-unten: $p_1 = 300.0$ mm $> 2.2 \cdot d_o = 39.6$ mm,

oben-unten: $e_1 = 62.4$ mm $> 1.2 \cdot d_o = 21.6$ mm,

Schraubenabstand vom Stützenrand

horizontal: $e_2 = 37.0$ mm $> 1.2 \cdot d_o = 21.6$ mm,

$e_2 = 32.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 86.0 mm

$p_2 = 86.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 161.0 mm

$e_1 = 74.8$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 86.0 mm

$e_1 = 74.8$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 86.0 mm

$p_1 = 80.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 161.0 mm

$p_1 = 300.0$ mm $> \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 161.0 mm !!

$e_1 = 62.4$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 86.0 mm

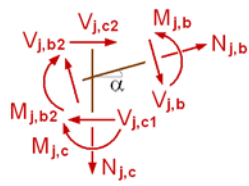
horizontal: $e_2 = 37.0$ mm $> 1.2 \cdot d_o = 21.6$ mm, $e_2 = 37.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 86.0 mm

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

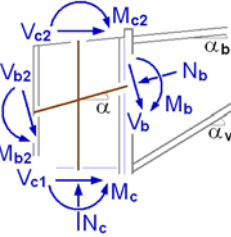
2. Lk 1

2.1. Bemessungsgrößen

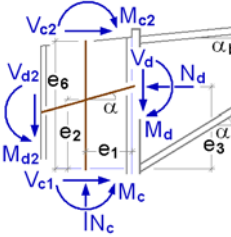
Knotenschnittgrößen



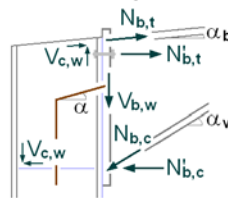
Anschnitt Anschluss



⊥ zur Anslussebene



Teilschnittgrößen



Neigungswinkel: $\alpha_b = 7.40^\circ$, $\alpha_v = 16.70^\circ \Rightarrow \alpha = (\alpha_b + \alpha_v)/2 = 12.05^\circ$

Abstände: $e_1 = 165.0 \text{ mm}$, $e_3 = 248.4 \text{ mm}$, $e_2 = 213.2 \text{ mm}$, $e_6 = 487.9 \text{ mm}$

Schnittgrößen senkrecht zu den Anslussebenen

Anschnitt Träger

$N_d = 21.04 \text{ kN}$, $M_d = 125.49 \text{ kNm}$, $V_d = 49.98 \text{ kN}$

Anschnitt Stütze (unten, berechnet)

$N_c = 49.98 \text{ kN}$, $M_c = 128.52 \text{ kNm}$, $V_c = 21.04 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

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

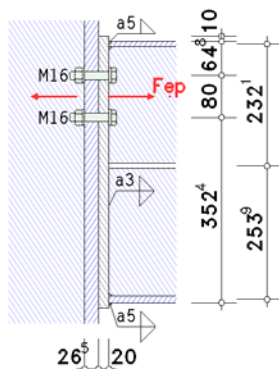
$N_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b) / \cos(\alpha_b) = 248.30 \text{ kN}$, $z_b = 486.0 \text{ mm}$, $z_{bu} = 233.5 \text{ mm}$

$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b) / \cos(\alpha_v) = 279.04 \text{ kN}$, $z_b = 486.0 \text{ mm}$, $z_{bo} = 252.5 \text{ mm}$

$V_{b,t} = -N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = -31.98 \text{ kN}$, $V_{b,c} = N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_v) = 80.18 \text{ kN}$, $V_{b,w} = V_d - V_{b,t} - V_{b,c} = 1.78 \text{ kN}$

2.2. Grundkomponenten

2.2.1. Gk 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):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 1

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 189.8 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 229.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 189.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.46 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 112.82 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 225.65 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 488.69 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 235.61 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 225.65 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 225.65 \text{ kN}$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 186.0 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 229.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 186.0 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.37 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 112.82 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 225.65 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 479.00 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 233.03 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 225.65 \text{ kN}$$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 225.65 \text{ kN}$

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

$$F_{ep,Rd,1} = 225.65 \text{ kN}, \quad l_{eff,1} = 189.8 \text{ mm}$$

$$F_{ep,Rd,2} = 225.65 \text{ kN}, \quad l_{eff,2} = 186.0 \text{ mm}$$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Gruppe von Schraubenreihen):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 2$ ($R1+R2$)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 216.8 \text{ mm}, \quad \Sigma l_{eff,cp} = 354.7 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 216.8 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1+2: } M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 5.09 \text{ kNm}$$

$$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 112.82 \text{ kN}, \quad k_2 = 0.90$$

$$\text{für Modus 3: } \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 451.30 \text{ kN}$$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 558.18 \text{ kN}$$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 359.53 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 451.30 \text{ kN}$$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 359.53 \text{ kN}$

effektive Länge: $\Sigma l_{eff} = 216.8 \text{ mm}$, 2 Reihen

2.3. Anschlusstragfähigkeit

2.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 426.2 \text{ mm}$, $h_2 = 346.2 \text{ mm}$

Tragfähigkeiten nach EC 3-1-8, B.3.2.2(6) für Schraubenreihen einzeln betrachtet

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 225.6 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 225.6 \text{ kN}$$

Abminderungen nach EC 3-1-8, B.3.2.2(8) für Schraubenreihen als Teil einer Gruppe (Stirnblech)

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 225.6 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 225.6 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 359.5 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 225.6 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 359.5 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$$\Sigma F_{c,Rd}^* = 0.0 \text{ kN}$$

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma (F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 142.5 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 359.5 \text{ kN}$$

2.4. Nachweise

2.4.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

$$\text{Normalkraft: } N_{b,Ed} = |N_d \cdot \cos(\alpha) + V_d \cdot \sin(\alpha)| = 31.01 \text{ kN} < 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 67.41 \text{ kN} \Rightarrow \text{Biegetragfähigkeit}$$

$$\text{Biegemoment: } M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 120.67 \text{ kNm}, \quad z_{bu} = 229.3 \text{ mm}$$

Tragfähigkeit nicht vorhanden (Druck) !!

2.4.2. Nachweisergebnis

Fehler bei der Berechnung !!

Fehler bei Berechnung der Biegetragfähigkeit !!

3. Endergebnis

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

Die Gesamtragfähigkeit der Verbindung ist ggf. nicht gewährleistet (s. Hinweise) !

Der Nachweis konnte nicht erbracht werden, s. Lk 1 !!

4. 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 1993-1-1:2022, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe April 2026

EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2024, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe April 2026

EN 1993-1-5, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile;

Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009 + A1:2017 + A2:2019, Ausgabe Oktober 2019

EN 1993-1-5/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-5, Ausgabe Dezember 2010