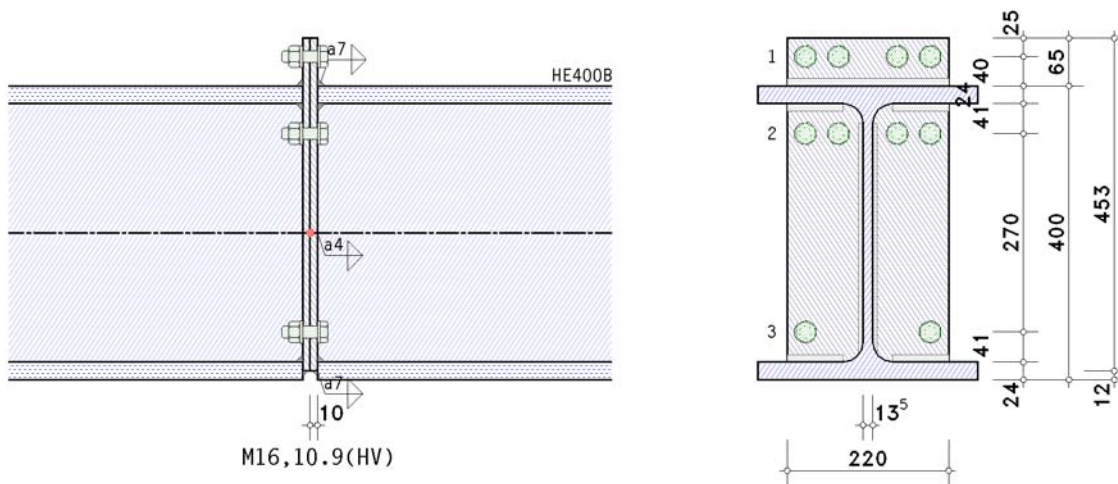
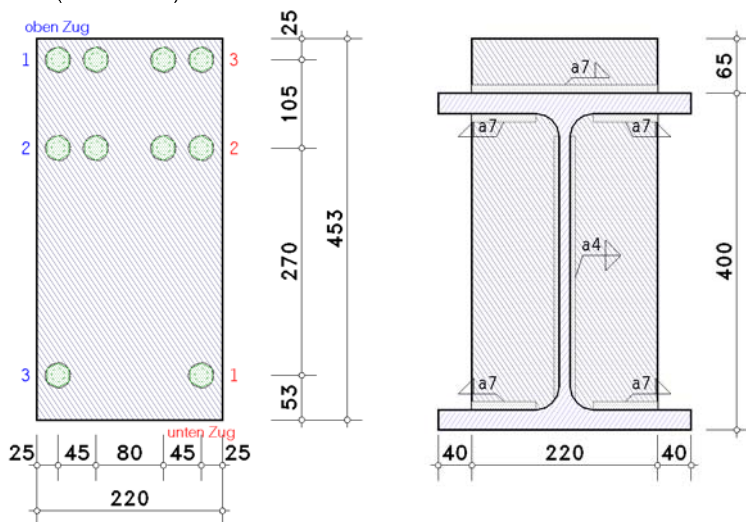


1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M16

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c^*} = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 98.7 \text{ kN}$)

Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil HE400B, Stahlgüte S235

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss

Dicke $t_p = 10.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 220.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 453.0 \text{ mm}$

Stahlparameter:

char. Streckgrenze $f_{yp} = 297.0 \text{ N/mm}^2$

char. Zugfestigkeit $f_{up} = 360.0 \text{ N/mm}^2$

Korrelationsbeiwert für Kehlnähte $\beta_{wp} = 0.80$

Elastizitätsmodul $E_p = 210000.0 \text{ N/mm}^2$

Überstände $h_{p,o} = 65.0 \text{ mm}$, $h_{p,u} = -12.0 \text{ mm}$

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihen mit je 4 Schrauben (maximal):

Reihe 1: 4 Schrauben, Reihe 2: 4 Schrauben, Reihe 3: 2 Außenschrauben

alle Schraubenreihen einzeln betrachtet

alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung (Reihen 1-3)

Berechnungsmethode (4 Schrauben je Reihe) nach dem Schlussbericht des AIF-Projekts 15059

Achsabstand zwischen Außen- und Innenschraube $w_2 = 45.0 \text{ mm}$

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 25.0 \text{ mm}$

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 25.0 \text{ mm}$

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 53.0 \text{ mm}$

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 105.0 \text{ mm}$, $p_{2-3} = 270.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 7.0$ mm
 Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm
 Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 7.0$ mm

Materialsicherheitsbeiwerte

Sicherheitsbeiwerte unabhängig von den Vorgaben des Eurocodes

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

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

Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung $\gamma_{M2} = 1.00$

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

Hinweise

Es sind einzelne Grundkomponenten ausgewählt, die ggf. die Tragfähigkeit der Verbindung nicht gewährleisten !

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

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

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

Die Schweißnähte werden nicht überprüft.

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 25.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,

horizontal: $p_2 = 45.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 43.2$ mm,

horizontal: $p_2 = 80.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 43.2$ mm,

oben-unten: $e_1 = 25.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,

oben-unten: $p_1 = 105.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 39.6$ mm,

oben-unten: $p_1 = 270.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 39.6$ mm,

oben-unten: $e_1 = 53.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,

$e_2 = 25.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 80.0 mm

$p_2 = 45.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 140.0 mm

$p_2 = 80.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 140.0 mm

$e_1 = 25.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 80.0 mm

$p_1 = 105.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 140.0 mm

$p_1 = 270.0$ mm $> \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 140.0 mm !!

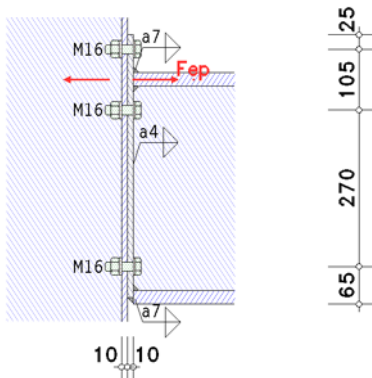
$e_1 = 53.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 80.0 mm

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

2. Lk 1

2.1. Grundkomponenten

2.1.1. Gk 5: Stirnblech mit Biegung



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

Verbindungen mit 4 Schrauben je Schraubenreihe werden im EC 3-1-8 nicht behandelt. Die Bemessung erfolgt nach dem Schlussbericht des AIF-Projekts 15059.

Überstehender Teil des Stirnblechs

Im überstehenden Teil des Stirnblechs wird nur eine Schraubenreihe ($n_b = 1$) betrachtet (4 Schrauben je Reihe).

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 110.0$ mm, $l_{eff,cp} = 240.8$ mm

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 110.0$ mm

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 0.82$ kNm

$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 141.03$ kN, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 564.12$ kN

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 127.96$ kN

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 275.69$ kN

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 564.12$ kN

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 127.96$ kN

Tragfähigkeit und effektive Länge eines Stirnblechs mit Biegung (Überstand)

$F_{t,ep,Rd,1} = 127.96$ kN, $l_{eff,1} = 110.0$ mm

Teil des Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 2 (4 Schrauben je Reihe)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 221.3 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 361.0 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 221.3 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 1.64 \text{ kNm}$

$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 141.03 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 564.12 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 282.43 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,p,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + 0.5 \cdot \Sigma F_{t,Rd} \cdot (n_1^2 + 2 \cdot n_2^2 + 2 \cdot n_1 \cdot n_2) / (n_1 + n_2)) / (m + n_1 + n_2) = 258.79 \text{ kN}$

$F_{T,2,np,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd} + 0.5 \cdot \Sigma F_{t,Rd} \cdot n_1) / (m + n_1) = 216.74 \text{ kN}$

$F_{T,2,Rd} = \min(F_{T,2,p,Rd}, F_{T,2,np,Rd}) = 216.74 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = 0.9 \cdot \Sigma F_{t,Rd} = 507.71 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 216.74 \text{ kN}$

Reihe 3 (2 Schrauben je Reihe)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 366.1 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 463.2 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 366.1 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2.72 \text{ kNm}$

$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 141.03 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 282.06 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 170.73 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 126.50 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 282.06 \text{ kN}$

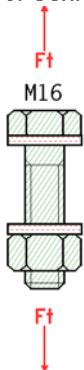
Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 126.50 \text{ kN}$

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

$F_{ep,Rd,2} = 216.74 \text{ kN}$, $l_{eff,2} = 221.3 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,3} = 126.50 \text{ kN}$, $l_{eff,3} = 366.1 \text{ mm}$

2.1.2. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung



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

Zugtragfähigkeit einer Schraube $F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 141.03 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

Durchstantragfähigkeit einer Schraube $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 191.90 \text{ kN}$, $t_p = 10.0 \text{ mm}$

Zug-/Durchstantragfähigkeit für 4 Schrauben: $\Sigma F_{tp,Rd} = 4 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 564.12 \text{ kN}$

je Reihe (Schub): $\Sigma F_{tp,Rd,1} = 564.1 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,2} = 564.1 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,3} = 282.1 \text{ kN}$

je Reihe (Biegung): $\Sigma F_{tp,Rd,1} = 564.1 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,2} = 564.1 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,3} = 282.1 \text{ kN}$

2.2. Anschlusstragfähigkeit

2.2.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 422.0 \text{ mm}$, $h_2 = 317.0 \text{ mm}$, $h_3 = 47.0 \text{ mm}$

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

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 128.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 216.7 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 126.5 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 128.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 216.7 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 126.5 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 471.2 \text{ kN}$

Kontrolle nach EC 3-1-8, B.3.2.2(9)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 128.0 \text{ kN}$



Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 216.7 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 128.0 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 216.7 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 126.5 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd} = 471.2 \text{ kN}$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

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

Biegetragfähigkeit

$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 128.7 \text{ kNm}$

Zugtragfähigkeit

$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 471.2 \text{ kN}$

2.3. Rotationssteifigkeit

Steifigkeitskoeffizienten

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient für 3 Zug-Schraubenreihen:

1: $k_5 = 3.00 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,1} = 1 / \Sigma(1/k_{i,1}) = 1.499 \text{ mm}$

2: $k_5 = 8.40 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,2} = 1 / \Sigma(1/k_{i,2}) = 4.202 \text{ mm}$

3: $k_5 = 0.82 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,3} = 1 / \Sigma(1/k_{i,3}) = 0.411 \text{ mm}$

äquivalenter innerer Hebelarm $z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 347.86 \text{ mm}$

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient $k_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) / z_{eq} = 5.703 \text{ mm}$

Rotationssteifigkeit

Anfangsrotationssteifigkeit: $S_{j,ini} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 144928.7 \text{ kNm/rad}$, $z = z_{eq} = 347.9 \text{ mm}$, $\Sigma(1/k_i) = 0.175 \text{ mm}^{-1}$

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 1993-1-1:2022, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe Oktober 2022

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 November 2020

Schlussbericht: Entwicklung eines Bemessungsmodells für geschraubte, momententragfähige

Kopfplattenverbindungen mit 4 Schrauben in einer Schraubenreihe auf Grundlage

der prEN 1993-1-8:2003, Forschungsprojekt, AIF-Nr. 15059