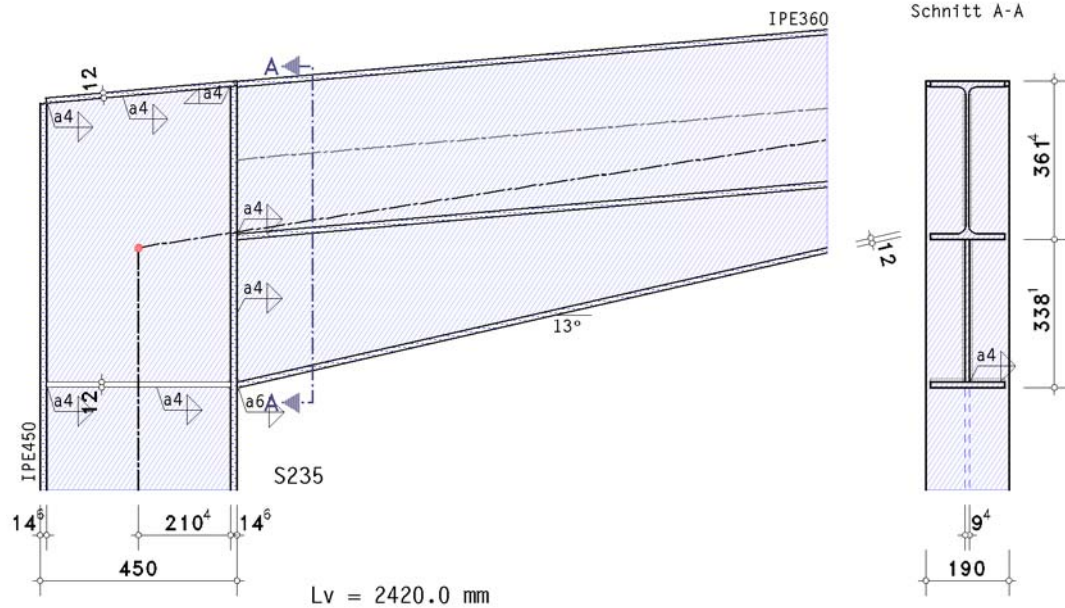
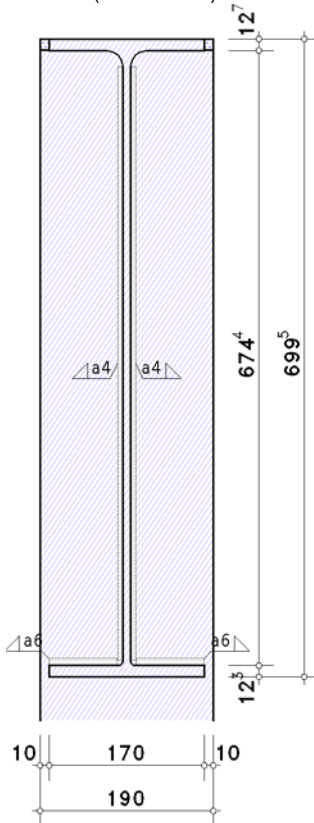


1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Parameter der Stütze

Profil IPE450

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Stegsteifen in Höhe von Trägerzug- und -druckflansch, $d_{st} = 686.0 \text{ mm}$):

Dicke $t_{st} = 12.0 \text{ mm}$, Breite $b_{st} = 90.3 \text{ mm}$, Länge $l_{st} = 420.8 \text{ mm}$

Aussparung an den Steifen $c_{st} = 31.5 \text{ mm}$

Schweißnähte $a_{st,f} = 4.0 \text{ mm}$, $a_{st,w} = 4.0 \text{ mm}$

Parameter des Trägers

Profil IPE360

Neigungswinkel des Profils gegen die Horizontale $\alpha_b = 5.00^\circ \Rightarrow$ Profilhöhe im Anschluss $h_b = h / \cos(\alpha_b) = 361.4 \text{ mm}$

Neigungswinkel der Voute gegen die Horizontale $\alpha_v = 12.80^\circ \Rightarrow$ Voutenwinkel gegen den Träger $\Delta\alpha_v = 7.80^\circ$

Länge der Voute $L_v = 2420.0 \text{ mm}$, Voutenhöhe im Anschluss $h_v = L_v \cdot (\tan(\alpha_v) - \tan(\alpha_b)) = 338.1 \text{ mm}$

Stegdicke $t_{w,v} = 10.0 \text{ mm}$, Flanscbreite, -dicke $b_{f,v} = 170.0 \text{ mm}$, $t_{f,v} = 12.0 \text{ mm}$, Schweißnahtdicke $a_v = 4.0 \text{ mm}$
 Gesamte Trägerhöhe im Anschluss $h_{ges} = h_b + h_v = 699.5 \text{ mm}$

Nachweisparameter

geschweißter Anschluss

Zugblech: Dicke $t_z = 12.0 \text{ mm}$, Breite $b_z = 190.0 \text{ mm}$

Schweißnähte $a_{z,f} = 4.0 \text{ mm}$, $a_{z,w} = 4.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

Kehlnaht, Nahtdicke $a = 0.0 \text{ mm}$

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm}$

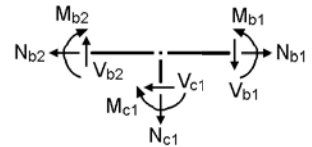
Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 6.0 \text{ mm}$, Öffnungswinkel $\varphi = 103^\circ$

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: $N_{j,b,Ed} = -58.20 \text{ kN}$ $M_{j,b,Ed} = -301.00 \text{ kNm}$ $V_{j,b,Ed} = 78.80 \text{ kN}$

$V_{j,b2,Ed} = -23.00 \text{ kN}$ (Kragarm)

$N_{j,c1,Ed} = -109.58 \text{ kN}$ $M_{j,c1,Ed} = -301.00 \text{ kNm}$ $V_{j,c1,Ed} = -41.75 \text{ kN}$ (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 $\gamma_{M2} = 1.25$

Hinweise

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 lokale Schweißnahttragfähigkeit wird nicht berücksichtigt.

Platten- und Schubbeulen wird nicht untersucht.

Datencheck

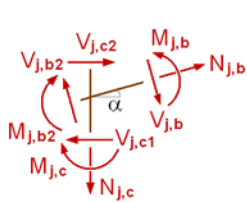
Voutenflanschdicke $t_{f,v} = 12.0 \text{ mm} < \text{Trägerflanschdicke } t_{f,b} = 12.7 \text{ mm}$ **EC 3-Bedingung !!**

ok

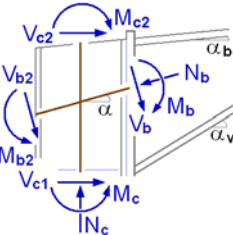
2. Lk 1

2.1. Bemessungsgrößen

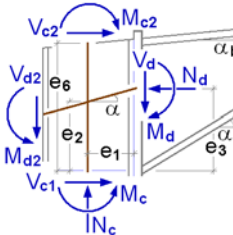
Knotenschnittgrößen



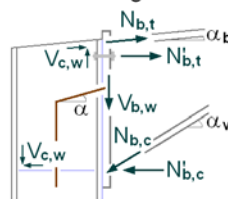
Anschnitt Anschluss



⊥ zur Anschlussebene



Teilschnittgrößen



Neigungswinkel: $\alpha_b = 5.00^\circ$, $\alpha_v = 12.80^\circ \Rightarrow \alpha = (\alpha_b + \alpha_v)/2 = 8.90^\circ$

Abstände: $e_1 = 225.0 \text{ mm}$, $e_3 = 347.3 \text{ mm}$, $e_2 = 312.1 \text{ mm}$, $e_6 = 686.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$N_d = 45.31 \text{ kN}$, $M_d = 283.05 \text{ kNm}$, $V_d = 86.86 \text{ kN}$

Anschnitt Träger

$N_{d2} = 3.56 \text{ kN}$, $M_{d2} = -5.24 \text{ kNm}$, $V_{d2} = 22.72 \text{ kN}$

Anschnitt Stütze (unten, berechnet)

$N_c = 109.58 \text{ kN}$, $M_c = 287.97 \text{ kNm}$, $V_c = 41.75 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

$N_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu}/z_b + M_d/z_b) / \cos(\alpha_b) = 390.43 \text{ kN}$, $z_b = 686.9 \text{ mm}$, $z_{bu} = 350.3 \text{ mm}$

$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo}/z_b + M_d/z_b) / \cos(\alpha_v) = 445.32 \text{ kN}$, $z_b = 686.9 \text{ mm}$, $z_{bo} = 336.6 \text{ mm}$

$V_{b,t} = -N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = -34.03 \text{ kN}$, $V_{b,c} = N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_v) = 98.66 \text{ kN}$, $V_{b,w} = V_d - V_{b,t} - V_{b,c} = 22.22 \text{ kN}$

2.2. Nachweise

2.2.1. Nachweis der Stegsteifen / des Zugblechs

Drucksteife (unten)

$F_{c,Ed} = 435.26 \text{ kN}$

Kräfte je Rippe

$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w)/b_f = 158.75 \text{ kN}$, $H = F \cdot e_F/e_H = 22.98 \text{ kN}$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet: Q-Klasse 1, Q-Klasse $1 \leq 3$ **ok**

Querschnitt am Flansch

Drucktragfähigkeit $N_{c,Rd} = 165.82 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 163.67 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 163.67 \text{ kN} < F_{Rd} = 165.82 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.987 < 1$ **ok**

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 582.54 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = F = 158.75 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 158.75 \text{ kN} < F_{Rd} = 582.54 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.273 < 1$ **ok**

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 1349.95 \text{ kN/m}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 195.37 \text{ kN/m}$, $b_1 = 58.8 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 347.9 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.966 < 1$ **ok**

$\sigma_{2,w,Ed} = 337.5 \text{ N/mm}^2 > f_{2w,d} = 259.2 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 1.302 > 1$ **nicht ok !!**

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 221.85 \text{ kN/m}$, $l_1 = 357.8 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 96.1 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.267 < 1$ **ok**

Zugblech

$F_{t,Ed} = 391.44 \text{ kN}$

Querschnitt

Zugtragfähigkeit $N_{t,Rd} = 535.80 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 391.44 \text{ kN} < F_{Rd} = 535.80 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.731 < 1$ **ok**

Schweißnähte Flansch

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\sigma_s) = 0.5 \cdot F / b_z = 751.43 \text{ kN/m}$, $F = 285.5 \text{ kN}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 187.9 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.522 < 1$ **ok**

$\sigma_{2,w,Ed} = 187.9 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.2 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.725 < 1$ **ok**

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot d_w) = 376.90 \text{ kN/m}$, $F = 285.5 \text{ kN}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 163.2 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.453 < 1$ **ok**

2.2.2. Elastischer Schubfeldnachweis

Stützensteg

Anforderungen an die Steifen: s. Nachweis der Stegsteifen

Anforderungen an das Schubfeld: Schubbeulen: $h_p/t_p = 44.77 \leq 72 \cdot \epsilon/\eta = 60.00$ **ok**

Schnittgrößen am Stegfeld (Statik-Vorzeichen):

$N_1 = -3.56 \text{ kN}$, $M_1 = 5.07 \text{ kNm}$, $V_1 = -22.72 \text{ kN}$

$N_3 = -109.58 \text{ kN}$, $M_3 = -287.97 \text{ kNm}$, $V_3 = -41.75 \text{ kN}$

$N_4 = -45.31 \text{ kN}$, $M_4 = -283.64 \text{ kNm}$, $V_4 = 86.86 \text{ kN}$

Abmessungen des Schubfelds: $h_b = 420.8 \text{ mm}$, $h_t = 422.4 \text{ mm}$, $h_l = 635.3 \text{ mm}$, $h_r = 673.3 \text{ mm}$

Spannungen im Schubfeld:

$\tau_b = 101.3 \text{ N/mm}^2$, $\tau_t = 101.3 \text{ N/mm}^2$, $\tau_l = 105.2 \text{ N/mm}^2$, $\tau_r = 104.8 \text{ N/mm}^2$

Nachweis des Schubfelds:

$\max \tau_{Ed} = 105.2 \text{ N/mm}^2 < \tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.776 < 1$ **ok**

2.2.3. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 1.302 > 1$ **nicht ok !!**

Versagen beim Nachweis der Stegsteifen: $U = 1.302$

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 1.302 > 1$ **nicht ok !!**

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

Bedingung nach EC 3-1-8 sollte eingehalten werden

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