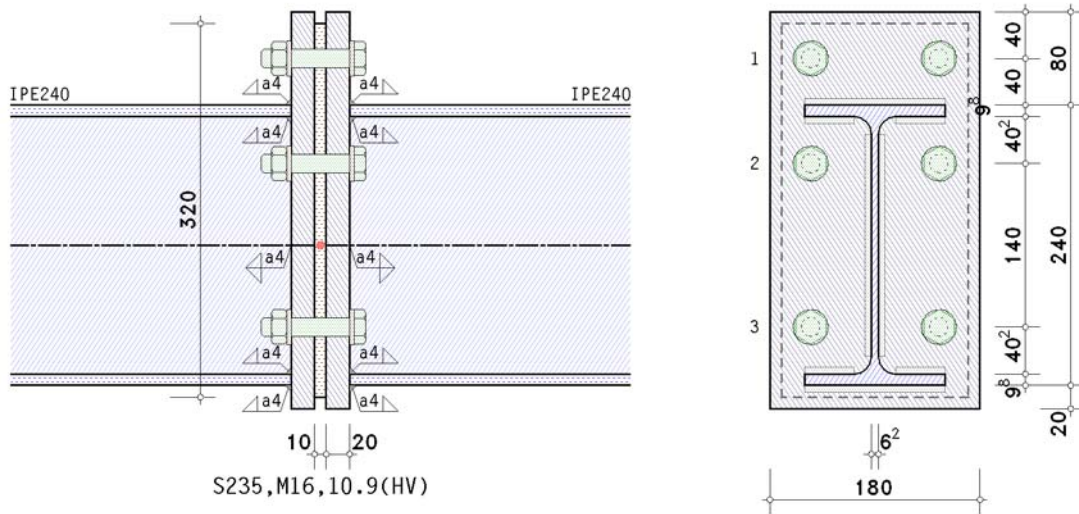
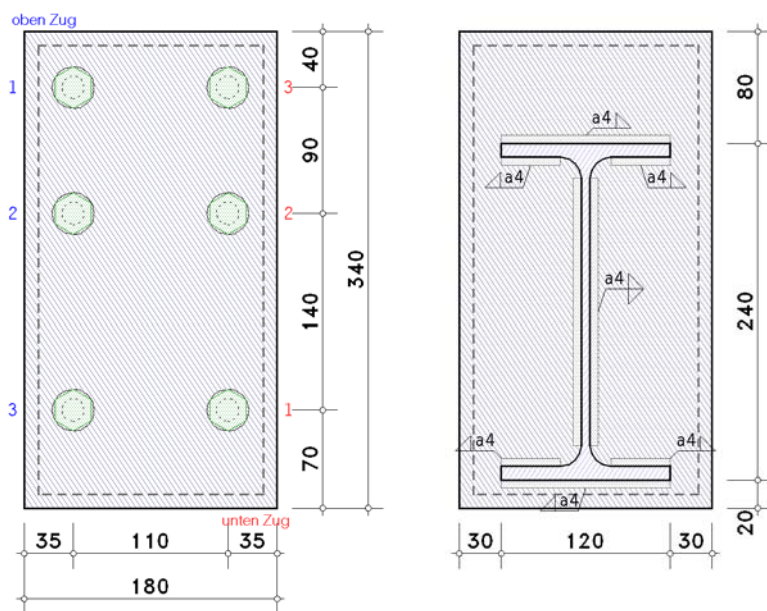


1. Eingabeprotokoll



Details



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M16

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 98.9 \text{ kN}$)

Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil IPE240

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss

Stirnblech: Dicke $t_p = 20.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 180.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 340.0 \text{ mm}$

Überstände $h_{p,o} = 80.0 \text{ mm}$, $h_{p,u} = 20.0 \text{ mm}$

thermische Trennschicht (nach Art des Kerncompactlagers der Calenberg Ingenieure GmbH, Zulassung bis 2029):

Dicke $t_e = 10.0 \text{ mm}$, Breite $b_e = 160.0 \text{ mm}$, Länge $l_e = 320.0 \text{ mm}$

Randabstand $\bar{u}_e = 10.0 \text{ mm}$, Materialsicherheit $\gamma_e = 1.00$, Vorspannkraft je Schraube $F_{p,c} = 0.0 \text{ kN}$

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben

alle Schraubenreihen einzeln betrachtet

alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung (Reihen 1-3)

Schraubengruppen automatisch bilden, Berücks. der maßgebenden Gruppe

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 35.0 \text{ mm}$

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 40.0$ mm
 Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 70.0$ mm
 Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 90.0$ mm, $p_{2-3} = 140.0$ 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

Lk 1: $N_{j,b,Ed} = -20.61$ kN $M_{j,b,Ed} = -16.76$ kNm $V_{j,b,Ed} = 8.68$ kN

Lk 2: $N_{j,b,Ed} = -15.77$ kN $M_{j,b,Ed} = -17.14$ kNm $V_{j,b,Ed} = -2.71$ kN

Lk 3: $N_{j,b,Ed} = -21.38$ kN $M_{j,b,Ed} = -16.72$ kNm $V_{j,b,Ed} = 16.60$ kN

Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

Hinweis

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

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 35.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,

$e_2 = 35.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm $= 120.0$ mm

horizontal: $p_2 = 110.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 43.2$ mm,

$p_2 = 110.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0$ mm

oben-unten: $e_1 = 40.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,

$e_1 = 40.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm $= 120.0$ mm

oben-unten: $p_1 = 90.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 39.6$ mm,

$p_1 = 90.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0$ mm

oben-unten: $p_1 = 140.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 39.6$ mm,

$p_1 = 140.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0$ mm

oben-unten: $e_1 = 70.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 21.6$ mm,

$e_1 = 70.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm $= 120.0$ mm

2. Ergebnistabelle

Ausnutzung

Lk	$U_{\sigma,b}$	U_m	U_v	U_{sb}	U	U_{tt}	U_{ts}
1	0.206	0.306	0.016	0.322	0.322	0.288	0.193
2	0.211	0.335	0.005	0.324	0.335	0.301	0.060
3	0.207	0.302	0.030	0.322	0.369*	0.286	0.369

$U_{\sigma,b}$: Spannungsausnutzung am Träger; U_m : Ausnutzung aus Biegung; U_v : Ausnutzung aus Abscheren/Lochleibung

U_{sb} : Ausnutzung aus Schweißnaht; U: Ausnutzung der Verbindung; U_{tt} : Auslastung der thermischen Trennschicht

U_{ts} : Auslastung der Schrauben (Trennschicht)

*) maximale Ausnutzung

3. Endergebnis

Thermische Trennschicht [Lk 3]: $\max U_e = 0.369 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung [Lk 3]: $\max U = 0.369 < 1$ ok

Nachweis erbracht

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 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2018

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

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;

Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

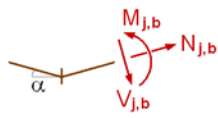
Druckschrift Kerncompactlager, Calenberg Ingenieure GmbH, Salzhemmendorf,

www.calenberg-ingenieure.de

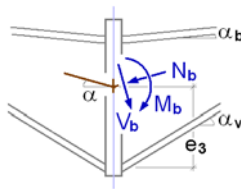
5. Lk 3 (maßgebend)

5.1. Bemessungsgrößen

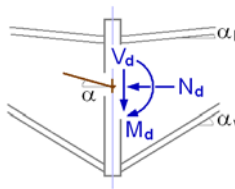
Knotenschnittgrößen



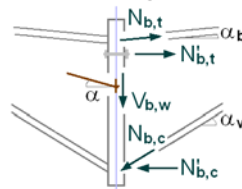
Anschnitt Anschluss



⊥ zur Anslussebene



Teilschnittgrößen



Neigungswinkel: $\alpha_b = \alpha = \alpha_v = 0^\circ$

Schnittgrößen senkrecht zu den Anslussebenen

Anschnitt Träger

$N_d = 21.38 \text{ kN}$, $M_d = 16.63 \text{ kNm}$, $V_d = 16.60 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_p = 16.30 \text{ kNm}$

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b = 60.12 \text{ kN}$, $z_b = 230.2 \text{ mm}$, $z_{bu} = 115.1 \text{ mm}$

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b = 81.50 \text{ kN}$, $z_b = 230.2 \text{ mm}$, $z_{bo} = 115.1 \text{ mm}$

$V_{b,t} = -N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = 0.00 \text{ kN}$, $V_{b,c} = N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_v) = 0.00 \text{ kN}$, $V_{b,w} = V_d - V_{b,t} - V_{b,c} = 16.60 \text{ kN}$

5.2. Querschnittstragfähigkeit im Anschnitt

plastischer Spannungsnachweis für $N = -21.38 \text{ kN}$, $M_y = -16.30 \text{ kNm}$, $V_z = 16.60 \text{ kN}$

Hauptbieg.: $N = -21.38 \text{ kN}$, Grenznormalkräfte $N_{\max} = 886.89 \text{ kN}$, $N_{\min} = -886.89 \text{ kN} \Rightarrow U_N = 0.024$

$M_y = -16.30 \text{ kNm}$, Grenzmomente $M_{y,\max} = 82.77 \text{ kNm}$, $M_{y,\min} = -82.77 \text{ kNm} \Rightarrow U_{M_y} = 0.197$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): $\max U = 0.207 < 1$ ok

c/t-Verhältnis: einseitig gestützt: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.148 < 1$ ok

beidseitig gestützt: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.135 < 1$ ok

5.3. Anslusstragfähigkeit

5.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 275.1 \text{ mm}$, $h_2 = 185.1 \text{ mm}$, $h_3 = 45.1 \text{ mm}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 175.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 226.1 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 205.9 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 607.8 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 170.7 \text{ kN}$

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

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd} = 170.7 \text{ kN}$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5, 15

Tragfähigkeit der Flansche

$\Sigma F_{c,Rd}^* = 341.5 \text{ kN}$

Biegetragfähigkeit

$M_{j,Rd} = \Sigma (F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 47.0 \text{ kNm}$

Zugtragfähigkeit

$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 607.8 \text{ kN}$

Drucktragfähigkeit

$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 341.5 \text{ kN}$

5.3.2. Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

Reihe 1: $F_{vr,Rd} = 88.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$

$\Sigma F_{vr,Rd} = 474.9 \text{ kN}$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 474.9 \text{ kN}$

5.3.3. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 47.0 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 607.8 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 341.5 \text{ kN} \quad V_{j,Rd} = 474.9 \text{ kN}$$

5.4. Nachweise

5.4.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Normalkraft: $N_{b,Ed} = |N_d| = 21.38 \text{ kN} < 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 45.96 \text{ kN} \Rightarrow$ Biegetragfähigkeit
 Biegemoment: $M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 14.17 \text{ kNm}, \quad z_{bu} = 115.1 \text{ mm}$
 Querkraft: $V_{Ed} = |V_d| = 16.60 \text{ kN}$
 Schubkraft: $V_{b,w,Ed} = 16.60 \text{ kN}$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.302 < 1 \quad \text{ok}$$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit bei nur 30.2%-iger Ausnutzung der Biegetragfähigkeit $V_{j,Rd} = 547.6 \text{ kN}$

$$V_{Ed}/V_{j,Rd} = 0.030 < 1 \quad \text{ok}$$

5.4.2. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

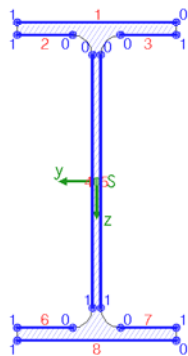
Nahte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nahte 4,5: Trägersteg beidseitig

Nahte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 120.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 41.9 \text{ mm}$
Naht 3:	siehe Naht 2	
Naht 4:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 190.4 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 41.9 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 120.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$$N_{Ed} = -21.38 \text{ kN}, \quad M_{y,Ed} = -16.63 \text{ kNm}, \quad V_{z,Ed} = 16.60 \text{ kN}$$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$$\Sigma A_w = 31.54 \text{ cm}^2, \quad A_{w,z} = 15.23 \text{ cm}^2, \quad \Sigma l_w = 78.8 \text{ cm}$$

$$I_{w,y} = 2656.70 \text{ cm}^4, \quad I_{w,z} = 228.70 \text{ cm}^4, \quad \Delta z_w = 0.0 \text{ mm}$$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 68.35 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.268 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 2, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 62.21 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.244 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 4, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 52.82 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 10.90 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.214 < 1 \quad \text{ok}$
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -66.38 \text{ N/mm}^2 \quad \tau_{w,z} = 10.90 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.266 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 6, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -75.77 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.298 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 8, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -81.91 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.322 < 1 \quad \text{ok}$

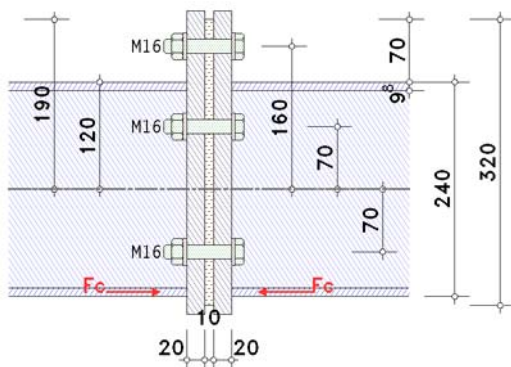
Ergebnis:

$$\text{Naht 8, Pkt. 0: } \sigma_{w,x} = -81.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Max: } \sigma_{1,w,Ed} = 115.83 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2,$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 57.92 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.322 < 1 \quad \text{ok}$$

5.4.3. Gk 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 Baulager nach Art des Kerncompactlagers der Calenberg Ingenieure GmbH, Zulassung als Baulager bis 2029.

Das Berechnungsverfahren gilt ebenso für den Anschluss eines Stahlträgers an eine Stahlbetonstütze. Die Schrauben werden mit dem Gewinde in der Scherfuge nachgewiesen.

effektive Trennschichtlänge $h_m = 75.0 \text{ mm}$

mittlere Druckspannung $\sigma_m = 5.50 \text{ N/mm}^2$

Nachweis der Trennschicht:

Formfaktor $S = 1.970$ für 2 Schrauben im Druckbereich
zulässige mittlere Druckspannung $\sigma_{md,zul} = 26.94 \text{ N/mm}^2$

Auslastung der Trennschicht $0.286 < 1$ **ok**

Nachweis der Schrauben:

Abscherkraft: $F_{Ed} = V_{Ed} / n_d = 8.3 \text{ kN}$

Biegemoment: $M_{Ed} = V_{Ed} \cdot t_e / n_d = 0.08 \text{ kNm}$

Abscheren

Abschertragfähigkeit je Scherfuge $F_{v,Rd} = (0.5 \cdot f_{up} \cdot A) / \gamma_{M2} = 62.80 \text{ kN}$

$F_{v,Ed} = F_{Ed} = 8.3 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 62.80 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.132 < 1$ **ok**

Biegung

Biegezugwiderstand $M_{Rd} = (0.9 \cdot f_{yp} \cdot W_{el}) / \gamma_{M0} = 0.225 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 0.08 \text{ kNm} < M_{Rd} = 0.225 \text{ kNm} \Rightarrow U = 0.369 < 1$ **ok**

Kombination von Abscheren und Biegung

$(F_{v,Ed}/F_{v,Rd})^2 + (M_{Ed}/M_{Rd})^2 = 0.154 < 1$ **ok**

5.4.4. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.369 < 1$ **ok**