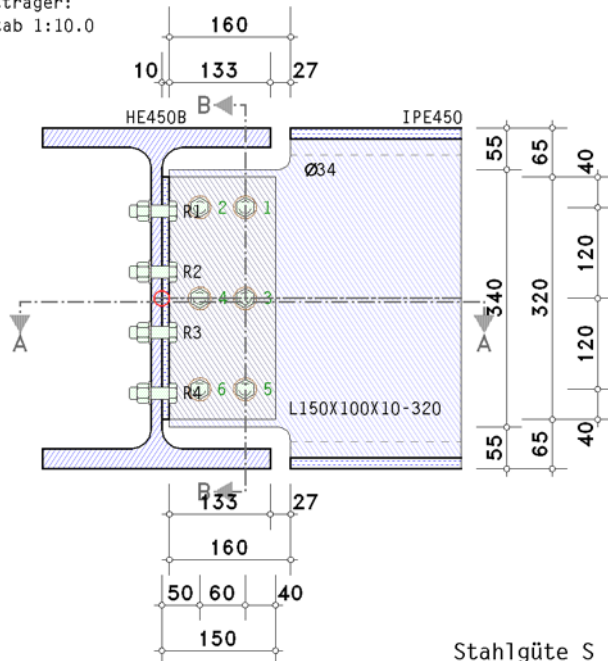


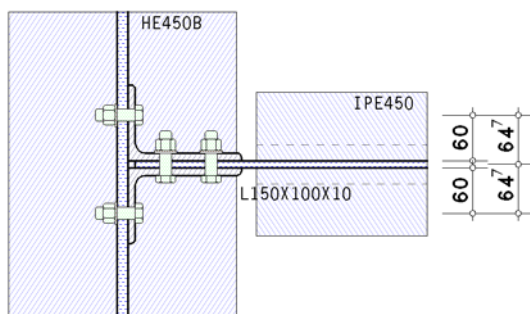
Gelenkiger Trägeranschluss

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

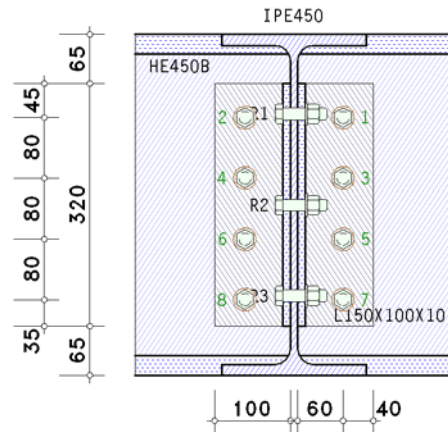
Hauptträger:
Maßstab 1:10.0



○ Gelenk
Schnitt A-A:



Schnitt B-B:



Stahlgüte S 235
Schrauben M16-5.6

Nebenträgeranschluss mit zwei angeschraubten Winkelprofilen, Anschluss an einen Trägersteg

Stahlsorte

Stahlgüte S 235

Schrauben

Schraube: Festigkeitsklasse 5.6, Schraubengröße M16

Schaft liegt in der Scherfuge

Geometrie

Hauptträger

Profil HE450B

Nebenträger

Profil IPE450

Anschlusskonfiguration

2 x Winkel: Profil L150X100X10

Breite der Winkel $b_a = 320.0$ mm

Blechabstände: $h_o = 0.0$ mm, $\ddot{u}_o = 65.0$ mm ($h_u = 0.0$ mm, $\ddot{u}_u = 65.0$ mm), $s = 10.0$ mm

Ausklinkungen: $a_o = 160.0$ mm, $e_o = 55.0$ mm, $a_u = 160.0$ mm, $e_u = 55.0$ mm

Ausgerundete Ausklinkungen (Ausrundungsradius $r_a = 17.0$ mm)

Schraubenabstände am Hauptträger: $e_{z,0} = 45.0$ mm, $p_{z,1-2} = 80.0$ mm, $p_{z,2-3} = 80.0$ mm, $p_{z,3-4} = 80.0$ mm
 $e_{x,0} = 40.0$ mm

Schraubenabstände am Nebenträger: $e_{z,0} = 40.0$ mm, $p_{z,1-2} = 120.0$ mm, $p_{z,2-3} = 120.0$ mm, $e_{x,0} = 40.0$ mm
 $p_{x,1-2} = 60.0$ mm

Tragfähigkeit

Nachweis der Schweißnähte mit dem richtungsbezogenen Verfahren

Elastischer Querschnittsnachweis der Nebenträger

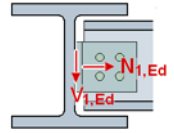
Schnittgrößen

Lk 1: $V_{1,Ed} = 260.00 \text{ kN}$

Materialsicherheitsbeiwerte

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

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



Gelenkiger Trägeranschluss

Abstände der Schraubenreihen am Hauptträger (rechts)

Randabstand:	$e_2 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_2 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_2 = 129.4 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 43.2 \text{ mm}$,	$p_2 = 129.4 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 45.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 45.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 96.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 80.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 80.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 80.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 80.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 80.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 80.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 35.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 35.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 96.0 \text{ mm}$

Abstände der Schraubenreihen am Nebenträger (rechts)

Randabstand:	$e_2 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_2 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 77.6 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_2 = 60.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 43.2 \text{ mm}$,	$p_2 = 60.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 131.6 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_2 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_2 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 77.6 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 77.6 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 120.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 120.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 131.6 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 120.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 120.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 131.6 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 77.6 \text{ mm}$

Annahme: Drehpunkt (Gelenk) befindet sich im Anschnitt zum Hauptträgersteg

Lk 1:

Bemessungsgrößen

Transformation der Schnittgrößen in den Bezugspunkt (Schnittpunkt der Trägerachsen)

$$M_{1,Ed} = V_{j1,Ed} \cdot e_1 = -1.82 \text{ kNm}, \quad e_1 = -7.0 \text{ mm}$$

$$V_{1,Ed} = V_{j1,Ed} = 260.00 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit der Verbindung

Winkelschenkel am Hauptträger:

Kontaktpressung

Abmessungen der Kontaktfläche $h_D = 20.0 \text{ mm}$, $b_D = 11.3 \text{ mm}$, Druckkraft in der Kontaktfläche $D = 37.75 \text{ kN}$

Kontrolle: $D / (A_D \cdot f_{yD}) = 0.713 < 1$ ok. $\Rightarrow$ Kontaktpressung vorhanden

Berechnung des Punktequerschnitts:

$$\text{Schraube 1} \quad T_{y,1} = 2.13 \text{ kN}, \quad T_{z,1} = 32.50 \text{ kN}, \quad T_1 = 32.57 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 2} \quad T_{y,2} = 7.00 \text{ kN}, \quad T_{z,2} = 32.50 \text{ kN}, \quad T_2 = 33.25 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 3} \quad T_{y,3} = 11.87 \text{ kN}, \quad T_{z,3} = 32.50 \text{ kN}, \quad T_3 = 34.60 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 4} \quad T_{y,4} = 16.74 \text{ kN}, \quad T_{z,4} = 32.50 \text{ kN}, \quad T_4 = 36.56 \text{ kN}$$

Querkrafttragfähigkeit

Schrauben mit Abscheren:

$$U_i = T_i / F_{v,Rd}, \quad V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i, \quad V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 48.25 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$

$$\text{Schraube 1:} \quad U_1 = 0.675 \quad V_{Rd,1} = 385.2 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 2:} \quad U_2 = 0.689 \quad V_{Rd,2} = 377.4 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 3:} \quad U_3 = 0.717 \quad V_{Rd,3} = 362.6 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 4:} \quad U_4 = 0.758 \quad V_{Rd,4} = 343.2 \text{ kN}$$

Abschertragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = 343.2 \text{ kN}$

Winkelschenkel 2 mit Lochleibung:

$$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}, \quad U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}, \quad U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i}), \quad V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i, \quad V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$$

$$\text{Schraube 1:} \quad F_{b,z,1} = 96.00 \text{ kN} \quad F_{b,y,1} = 85.33 \text{ kN} \quad U_1 = 0.343 \quad V_{Rd,1} = 758.5 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 2:} \quad F_{b,z,2} = 115.20 \text{ kN} \quad F_{b,y,2} = 85.33 \text{ kN} \quad U_2 = 0.282 \quad V_{Rd,2} = 921.6 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 3:} \quad F_{b,z,3} = 115.20 \text{ kN} \quad F_{b,y,3} = 85.33 \text{ kN} \quad U_3 = 0.282 \quad V_{Rd,3} = 921.6 \text{ kN}$$

$$\text{Schraube 4:} \quad F_{b,z,4} = 74.67 \text{ kN} \quad F_{b,y,4} = 85.33 \text{ kN} \quad U_4 = 0.435 \quad V_{Rd,4} = 597.3 \text{ kN}$$

Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = 597.3 \text{ kN}$

Trägersteg mit Lochleibung:



$$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}, \quad U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}, \quad U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i}), \quad V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i, \quad V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$$

Schraube 1:	$F_{b,z,1} = 161.28 \text{ kN}$	$F_{b,y,1} = 161.28 \text{ kN}$	$U_1 = 0.202$	$V_{Rd,1} = 1290.2 \text{ kN}$
Schraube 2:	$F_{b,z,2} = 161.28 \text{ kN}$	$F_{b,y,2} = 161.28 \text{ kN}$	$U_2 = 0.202$	$V_{Rd,2} = 1290.2 \text{ kN}$
Schraube 3:	$F_{b,z,3} = 161.28 \text{ kN}$	$F_{b,y,3} = 161.28 \text{ kN}$	$U_3 = 0.202$	$V_{Rd,3} = 1290.2 \text{ kN}$
Schraube 4:	$F_{b,z,4} = 161.28 \text{ kN}$	$F_{b,y,4} = 161.28 \text{ kN}$	$U_4 = 0.202$	$V_{Rd,4} = 1290.2 \text{ kN}$
Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 1290.2 \text{ kN}$				

Schubtragfähigkeit: $\min V_{Rd,a2} = V_{Rd,1} = 343.2 \text{ kN}$

Winkelschenkel am Nebenträger:

Berechnung des Punktequerschnitts:

Schraube 1	$T_{y,1} = 39.62 \text{ kN}$	$T_{z,1} = 33.43 \text{ kN}$	$T_1 = 51.84 \text{ kN}$
Schraube 2	$T_{y,2} = 39.62 \text{ kN}$	$T_{z,2} = 53.24 \text{ kN}$	$T_2 = 66.36 \text{ kN}$
Schraube 3	$T_{y,3} = -0.00 \text{ kN}$	$T_{z,3} = 33.43 \text{ kN}$	$T_3 = 33.43 \text{ kN}$
Schraube 4	$T_{y,4} = -0.00 \text{ kN}$	$T_{z,4} = 53.24 \text{ kN}$	$T_4 = 53.24 \text{ kN}$
Schraube 5	$T_{y,5} = -39.62 \text{ kN}$	$T_{z,5} = 33.43 \text{ kN}$	$T_5 = 51.84 \text{ kN}$
Schraube 6	$T_{y,6} = -39.62 \text{ kN}$	$T_{z,6} = 53.24 \text{ kN}$	$T_6 = 66.36 \text{ kN}$

Querkrafttragfähigkeit

Schrauben mit Abscheren:

$$U_i = T_i / (2 \cdot F_{v,Rd}), \quad V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i, \quad V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 48.25 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$

Schraube 1:	$U_1 = 0.537$	$V_{Rd,1} = 484.1 \text{ kN}$
Schraube 2:	$U_2 = 0.688$	$V_{Rd,2} = 378.1 \text{ kN}$
Schraube 3:	$U_3 = 0.346$	$V_{Rd,3} = 750.6 \text{ kN}$
Schraube 4:	$U_4 = 0.552$	$V_{Rd,4} = 471.3 \text{ kN}$
Schraube 5:	$U_5 = 0.537$	$V_{Rd,5} = 484.1 \text{ kN}$
Schraube 6:	$U_6 = 0.688$	$V_{Rd,6} = 378.1 \text{ kN}$

Abschertragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = 378.1 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Lochleibung:

$$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}, \quad U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}, \quad U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i}), \quad V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i, \quad V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$$

Schraube 1:	$F_{b,z,1} = 85.33 \text{ kN}$	$F_{b,y,1} = 85.33 \text{ kN}$	$U_1 = 0.232$	$V_{Rd,1} = 1120.0 \text{ kN}$
Schraube 2:	$F_{b,z,2} = 85.33 \text{ kN}$	$F_{b,y,2} = 85.33 \text{ kN}$	$U_2 = 0.312$	$V_{Rd,2} = 833.5 \text{ kN}$
Schraube 3:	$F_{b,z,3} = 115.20 \text{ kN}$	$U_3 = 0.145$	$V_{Rd,3} = 1792.0 \text{ kN}$	
Schraube 4:	$F_{b,z,4} = 115.20 \text{ kN}$	$U_4 = 0.231$	$V_{Rd,4} = 1125.2 \text{ kN}$	
Schraube 5:	$F_{b,z,5} = 85.33 \text{ kN}$	$F_{b,y,5} = 85.33 \text{ kN}$	$U_5 = 0.232$	$V_{Rd,5} = 1120.0 \text{ kN}$
Schraube 6:	$F_{b,z,6} = 85.33 \text{ kN}$	$F_{b,y,6} = 85.33 \text{ kN}$	$U_6 = 0.312$	$V_{Rd,6} = 833.5 \text{ kN}$
Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = 833.5 \text{ kN}$				

Winkelschenkel 1 mit Zug und Schub (Blockversagen):

$$\text{Schubwiderstand } V_{eff,Rd} = (0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/3}) / \gamma_{M0} = 399.54 \text{ kN}$$

Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 399.5 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Biegung und Schub:

$$(A_{f,net} \cdot 0.9 \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 368.1 \text{ kN} < (A_f \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 376.0 \text{ kN} \Rightarrow \text{der Lochabzug wird berücksichtigt.}$$

$$\text{Schubtragfähigkeit } V_{Rd} = f_y / \gamma_{M0} / ((b' / W_{el})^2 + 3 \cdot (1/A)^2)^{1/2} = 240.38 \text{ kN}$$

Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 2 \cdot 240.38 = 480.8 \text{ kN}$

Trägersteg mit Lochleibung:

$$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}, \quad U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}, \quad U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i}), \quad V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i, \quad V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$$

Schraube 1:	$F_{b,z,1} = 100.27 \text{ kN}$	$F_{b,y,1} = 80.21 \text{ kN}$	$U_1 = 0.494$	$V_{Rd,1} = 526.4 \text{ kN}$
Schraube 2:	$F_{b,z,2} = 100.27 \text{ kN}$	$F_{b,y,2} = 80.21 \text{ kN}$	$U_2 = 0.531$	$V_{Rd,2} = 489.7 \text{ kN}$
Schraube 3:	$F_{b,z,3} = 108.29 \text{ kN}$	$U_3 = 0.309$	$V_{Rd,3} = 842.2 \text{ kN}$	
Schraube 4:	$F_{b,z,4} = 108.29 \text{ kN}$	$U_4 = 0.492$	$V_{Rd,4} = 528.8 \text{ kN}$	
Schraube 5:	$F_{b,z,5} = 100.27 \text{ kN}$	$F_{b,y,5} = 80.21 \text{ kN}$	$U_5 = 0.494$	$V_{Rd,5} = 526.4 \text{ kN}$
Schraube 6:	$F_{b,z,6} = 100.27 \text{ kN}$	$F_{b,y,6} = 80.21 \text{ kN}$	$U_6 = 0.531$	$V_{Rd,6} = 489.7 \text{ kN}$
Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = 489.7 \text{ kN}$				

Trägersteg mit Zug und Schub (Blockversagen):

$$\text{Schubwiderstand } V_{eff,Rd} = (0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/3}) / \gamma_{M0} = 411.28 \text{ kN}$$

Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,6} = 411.3 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit: $\min V_{Rd,a1} = V_{Rd,1} = 378.1 \text{ kN}$

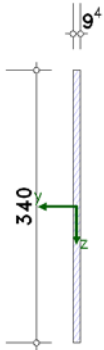
Tragfähigkeit: $\min V_{Rd} = 343.2 \text{ kN}$

Nachweis der Verbindung

$V_{Ed} = 260.0 \text{ kN}$; $V_{Ed} / \min V_{Rd} = 0.758 < 1$ **ok.**

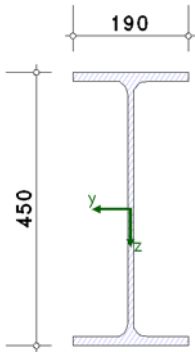
Querschnittsnachweis des Nebenträgers

Nachweis bei $\Delta x = 177.0 \text{ mm}$ mit 2 Ausklinkungen



elastischer Querschnittsnachweis für $M_{Ed} = 44.20 \text{ kNm}$, $V_{Ed} = 260.00 \text{ kN}$
elastische Spannungen: $\max \sigma_x = 24.41 \text{ kN/cm}^2$, $\min \sigma_x = -24.41 \text{ kN/cm}^2$, $\max \tau = 12.20 \text{ kN/cm}^2$, $\max \sigma_v = 32.29 \text{ kN/cm}^2$
Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 1.374 > 1$ **nicht ok. !!**

Nachweis bei $\Delta x = 177.0 \text{ mm}$



elastischer Querschnittsnachweis für $M_{Ed} = 44.20 \text{ kNm}$, $V_{Ed} = 260.00 \text{ kN}$
elastische Spannungen: $\max \sigma_x = 2.95 \text{ kN/cm}^2$, $\min \sigma_x = -2.95 \text{ kN/cm}^2$, $\max \tau = 6.98 \text{ kN/cm}^2$, $\max \sigma_v = 12.09 \text{ kN/cm}^2$
Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.514 < 1$ **ok.**, c/t -Verhältnis $U_{c/t} = 0.120 < 1$ **ok.**

Fehler bei der Berechnung der Querschnittstragfähigkeit !!

Endergebnis

Maximale Ausnutzung: Tragfähigkeit $\max U = 1.374 > 1$ **nicht ok. !!**
 c/t -Verhältnis $\max U = 0.120 < 1$ **ok.**

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

Vorschriften

DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;
Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010
DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

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

DIN 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

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

ECCS Document No. 126: European Recommendations for the Design of Simple Joints in Steel Structures.
ECCS TC10 - Structural Connections, 2009. J.P. Jaspart, J.F. Démonceau, S. Renkin, M.L. Guillaume