

Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel

EN 1995-1-1:2004

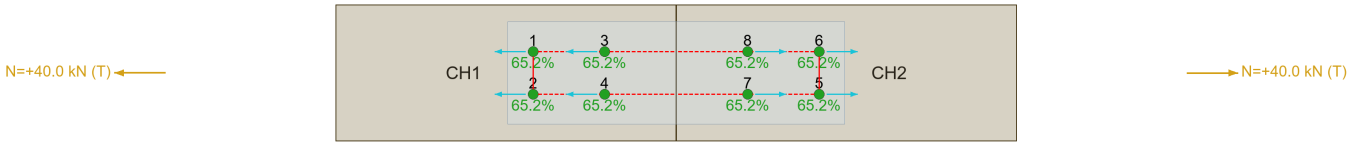
Datum: 2026-08-11
Lastfall: manual

Eingangsdaten

Festigkeitsklasse (Holz)	GL24h
Nutzungsklasse	1
Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED)	mittel
Erforderliche Feuerwiderstandsdauer	R30
Verbindungsmittelart	Bolzen
Durchmesser des Verbindungsmittels	12 mm
Festigkeitsklasse des Verbindungsmittels	6,8 (480/600)
Stahlblechdicke	10,0 mm
Stahlsorte	S355
Plattentyp	innen liegend
Anzahl der Stahlbleche	1
Schlitztoleranz	0,0 mm (je Seite)
Versenkung	0,0 mm je Ende
a3-Zuschlag (Hirnholzabstand)	0,0 mm

Ansichten der Verbindung

SEITENANSICHT (XZ)



• eta ≤ 70% • 70% < eta ≤ 90% • 90% < eta ≤ 100% • eta > 100% n. erf.

Bauteile

Name	Tragend	b [mm]	h [mm]	Querschnitt
CH1	Ja	160	160	160 x 160
CH2	Nein	160	160	160 x 160

Schnittgrößen (LF: manual)

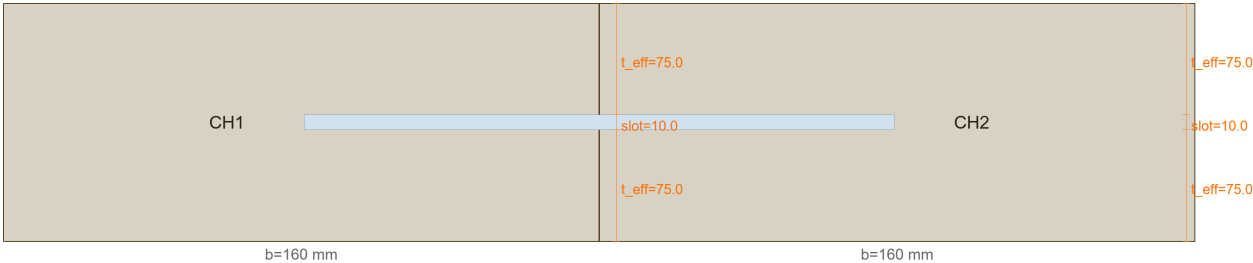
Bauteil	N [kN]	Z/D	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	T [kNm]
CH1 / Ende	40,00	Z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CH2 / Ende	40,00	Z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Gleichgewicht (Kräfte durch Knoten): X +0,00 Y +0,00 Z +0,00 kN Mx +0,00 My +0,00 Mz +0,00 kNm (im Gleichgewicht)

+ Hebelarm (Verbindungsmittel-Schwerpunkt x Vz): My -0,00 kNm

Gleichgewicht (Kräfte durch Verbindungsmittel-Schwerpunkt): X +0,00 Y +0,00 Z +0,00 kN Mx +0,00 My -0,00 Mz +0,00 kNm (im Gleichgewicht)

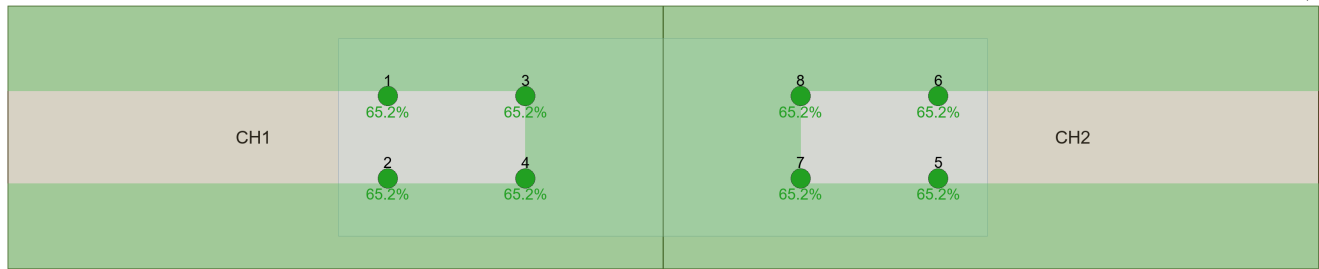
DRAUFSICHT (XY)



■ Holzbauteil ■ Stahlplatte

Nachweis der Mindestabstände - Abschn. 8.5.1.1(3)

SEITENANSICHT (XZ)



• eta ≤ 70% • 70% < eta ≤ 90% • 90% < eta ≤ 100% • eta > 100% n. erf.

a3-Hirnholz- und a4-Randabstandszonen, dargestellt wie in der Seitenansicht der Anwendung (grün = erfüllt, rot = nicht erfüllt).

Bauteil CH1

a1 ABSTAND IN FASERRICHTUNG

$a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = 60,0 \text{ mm}$ vorh. = 84,0 mm ✓ erfüllt

a2 ABSTAND RECHTWINKLIG ZUR FASER

$a_{2,min} = 48,0 \text{ mm}$ vorh. = 50,0 mm ✓ erfüllt

a3,t HIRNHOLZABSTAND (beansprucht)

$a_{3,t,min} = \max(7d, 80) = 84,0 \text{ mm}$ vorh. = 84,0 mm ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht, Höhe+)

$a_{4,c,min} = 3d + a_{fi} = 36,0 + 15,8 = 51,8 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht, Höhe-)

$a_{4,c,min} = 3d + a_{fi} = 36,0 + 15,8 = 51,8 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

Bauteil CH2

a1 ABSTAND IN FASERRICHTUNG

$a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = 60,0 \text{ mm}$ vorh. = 84,0 mm ✓ erfüllt

a2 ABSTAND RECHTWINKLIG ZUR FASER

$a_{2,min} = 48,0 \text{ mm}$ vorh. = 50,0 mm ✓ erfüllt

a3,t HIRNHOLZABSTAND (beansprucht)

$a_{3,t,min} = \max(7d, 80) = 84,0 \text{ mm}$ vorh. = 84,0 mm ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht, Höhe+)

$a_{4,c,min} = 3d + a_{fi} = 36,0 + 15,8 = 51,8 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht, Höhe-)

$a_{4,c,min} = 3d + a_{fi} = 36,0 + 15,8 = 51,8 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel - EN 1995-1-1:2004

VM	a[°]	t [mm]	f_ha	V_Ed,Σ	F_vRd,Σ	ηΣ%	V_Ed,pl	F_vRd,pl	ηpl%	Kompat.	LF	Status	Md
B1	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g
B2	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g
B3	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g
B4	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g
B5	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g
B6	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g
B7	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g
B8	0	75/10/75	27,8	10,00	15,34	65,2	5,00	7,67	65,2	-	man...	erf.	g

Grau dargestellte Werte sind ergänzende Angaben und sind für den Nachweis der Zeile nicht maßgebend.

Verbindungsmittel mit kompatiblen Versagensarten: $\eta = V_{Ed,\Sigma} / F_{v,Rd,\Sigma}$

Verbindungsmittel mit inkompatiblen Versagensarten: $\eta = V_{Ed,gov} / F_{v,Rd,gov}$ je Abschn. 8.1.3(2)

Tragfähigkeiten je Scherfuge dürfen nicht über Lochleibungs- und Fließgelenk-Familien hinweg aufsummiert werden.

Johansen-Herleitung des Verbindungsmittels - EN 1995-1-1:2004

Maßgebendes Verbindungsmittel B2 (Bauteil CH1)

EN 1995-1-1:2004 · Bolzen · maßgebend in LF manual

LOCHLEIBUNGSFESTIGKEIT IN FASERRICHTUNG - EC5 (8,32)

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12,0) \cdot 385 = \mathbf{27,78 \text{ MPa}}$$

BEIWERTE K90 (NADELHOLZ) - EC5 (8,33)

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12,0 = \mathbf{1,530}$$

LOCHLEIBUNGSFESTIGKEIT UNTER DEM WINKEL α - EC5 (8,31)

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 27,78 / (1,530 \cdot 0,0000 + 1,0000) = \mathbf{27,78 \text{ MPa}}$$

CHARAKTERISTISCHES FLIESSMOMENT - EC5 (8,30)

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 12,0^{2,6} = \mathbf{115118 \text{ N}\cdot\text{mm}}$$

JOHANSEN-VERSAGENSART (f) - EC5 (8,11)

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 27,78 \cdot 75,0 \cdot 12,0 = \mathbf{25,00 \text{ kN}}$$



JOHANSEN-VERSAGENSART (g) - EC5 (8,11) ← MASSGEBEND

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot [\sqrt{(2 + 4M_{y,Rk} / (f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2))} - 1] = 25003 \cdot 0,4985 = \mathbf{12,46 \text{ kN}}$$



JOHANSEN-VERSAGENSART (h) - EC5 (8,11)

$$F_{v,Rk} = 2,30 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 2,30 \cdot \sqrt{115118 \cdot 27,78 \cdot 12,0} = \mathbf{14,25 \text{ kN}}$$



CHARAKTERISTISCHE GESAMTTTRAGFÄHIGKEIT (2 Scherfugen) - EC5 Abschn. 8.2.3

$$F_{v,Rk} = n_{sp} \cdot F_{v,Rk,plane} = 2 \cdot 12,46 = \mathbf{24,93 \text{ kN}}$$

BEMESSUNGSWERT DER TRAGFÄHIGKEIT - EC5 Abschn. 2.4.1 (2,17)

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = (0,80 \cdot 24,93) / 1,30 = \mathbf{15,34 \text{ kN}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD - EC5 (2,17)

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = (2 \cdot 5,00) / 15,34 = \mathbf{0,65 \leq 1,0 \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Wirksame Anzahl der Verbindungsmittel (n_{ef}) - Abschn. 8.5.1.1(4)

Bauteil CH1

ZUORDNUNG DER VERBINDUNGSMITTELFAMILIE

Zuordnung der Familie: Bolzen -> 8.5.1.1(4)

WIRKSAME ANZAHL DER VERBINDUNGSMITTEL - je Reihe ($\alpha = 0,0^\circ$) - EC5 (8,34/8,35)

Reihe 1 (n=2): $\min(2, 2^{0,9 \cdot 4} \sqrt{84/(13 \cdot 12)})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = \mathbf{1,60}$

Reihe 2 (n=2): $\min(2, 2^{0,9 \cdot 4} \sqrt{84/(13 \cdot 12)})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = \mathbf{1,60}$

$\Sigma n_{ef} = 1,60 + 1,60 = \mathbf{3,20}$ **wirksame Verbindungsmittel**

N_{EF}-ABMINDERUNG DEAKTIVIERT

Querzugverstärkung mit Vollgewindeschrauben vorhanden.

Die EC5-Reihenabminderung wird für die Gruppentragfähigkeit nicht angesetzt.

Begründung: Querzugverstärkung mit Vollgewindeschrauben

Vor Override $\Sigma n_{ef} = 3,20$; angesetzt $\Sigma n_{ef} = 4,00$

CHARAKTERISTISCHE TRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rk,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rk,fast} = 4,00 \cdot 24,93 = \mathbf{99,7 \text{ kN}}$

BEMESSUNGSTRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rd,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 4,00 \cdot 15,34 = \mathbf{61,4 \text{ kN}}$

AUSNUTZUNGSGRAD DER GRUPPE (EC5) - EC5 (8.1.1) / (2,17)

$\eta = F_{Ed} / (\Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd}) = 40,00 / (4,00 \cdot 15,34) = \mathbf{0,65} \leq \mathbf{1,0} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$

Bauteil CH2

ZUORDNUNG DER VERBINDUNGSMITTELFAMILIE

Zuordnung der Familie: Bolzen -> 8.5.1.1(4)

WIRKSAME ANZAHL DER VERBINDUNGSMITTEL - je Reihe ($\alpha = 0,0^\circ$) - EC5 (8,34/8,35)

Reihe 1 (n=2): $\min(2, 2^{0,9 \cdot 4} \sqrt{84/(13 \cdot 12)})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = \mathbf{1,60}$

Reihe 2 (n=2): $\min(2, 2^{0,9 \cdot 4} \sqrt{84/(13 \cdot 12)})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = \mathbf{1,60}$

$\Sigma n_{ef} = 1,60 + 1,60 = \mathbf{3,20}$ **wirksame Verbindungsmittel**

CHARAKTERISTISCHE TRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rk,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rk,fast} = 3,20 \cdot 24,93 = \mathbf{79,8 \text{ kN}}$

BEMESSUNGSTRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rd,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 3,20 \cdot 15,34 = \mathbf{49,1 \text{ kN}}$

AUSNUTZUNGSGRAD DER GRUPPE (EC5) - EC5 (8.1.1) / (2,17)

$\eta = F_{Ed} / (\Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd}) = 40,00 / (3,20 \cdot 15,34) = \mathbf{0,81} \leq \mathbf{1,0} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$

Blockscherversagen (CH1) - EC5 Anhang A

Einstellungen: Pfropfscheren = EIN Blockscher-Summe = EIN

NETTO-BRUCHLÄNGEN + MATERIAL - EC5 Anhang A

$$L_{\text{net},v} = \sum l_{v,i} = \mathbf{300,0 \text{ mm}}$$

$$L_{\text{net},t} = \text{brutto} - \sum \text{Bohrlöcher} = \mathbf{38,0 \text{ mm}}$$

$$f_{t,0,k} = 19,2 \text{ MPa} \quad f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa} \quad k_{cr} = 0,67 \quad k_{mod} = 0,80 \quad \gamma_M = 1,25$$

SEGMENT 0 (außen, t_seg = 75,0 mm) ← MASSGEBEND - EC5 Anhang A

$$A_{\text{net},v} = \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 32,7) \cdot 0,67 = \mathbf{10388 \text{ mm}^2}$$

$$A_{\text{net},t} = L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 75,0 = \mathbf{2850 \text{ mm}^2}$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(82,1, 25,5) = \mathbf{82,08 \text{ kN (Zug)}}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 82,08 / 1,25 = \mathbf{52,53 \text{ kN}}$$

$$\eta_{\text{seg}} = \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 52,53 = \mathbf{0,38 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

SEGMENT 1 (außen, t_seg = 75,0 mm) - EC5 Anhang A

$$A_{\text{net},v} = \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 32,7) \cdot 0,67 = \mathbf{10388 \text{ mm}^2}$$

$$A_{\text{net},t} = L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 75,0 = \mathbf{2850 \text{ mm}^2}$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(82,1, 25,5) = \mathbf{82,08 \text{ kN (Zug)}}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 82,08 / 1,25 = \mathbf{52,53 \text{ kN}}$$

$$\eta_{\text{seg}} = \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 52,53 = \mathbf{0,38 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

BLOCKSCHER-SUMME (plastische Umlagerung, MASSGEBEND) - EC5 Anhang A

$$\Sigma F_{bs,Rk} = 82,08 + 82,08 = \mathbf{164,16 \text{ kN}}$$

$$\Sigma F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot \Sigma F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 164,16 / 1,25 = \mathbf{105,06 \text{ kN}}$$

$$\eta = N_{Ed} / \Sigma F_{bs,Rd} = 40,00 / 105,06 = \mathbf{0,38 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Blockscherversagen (CH2) - EC5 Anhang A

Einstellungen: Pfropfscheren = EIN Blockscher-Summe = EIN

NETTO-BRUCHLÄNGEN + MATERIAL - EC5 Anhang A

$$L_{\text{net},v} = \sum l_{v,i} = \mathbf{300,0 \text{ mm}}$$

$$L_{\text{net},t} = \text{brutto} - \sum \text{Bohrlöcher} = \mathbf{38,0 \text{ mm}}$$

$$f_{t,0,k} = 19,2 \text{ MPa} \quad f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa} \quad k_{cr} = 0,67 \quad k_{mod} = 0,80 \quad \gamma_M = 1,25$$

SEGMENT 0 (außen, $t_{\text{seg}} = 75,0 \text{ mm}$) ← MASSGEBEND - EC5 Anhang A

$$A_{\text{net},v} = \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 32,7) \cdot 0,67 = \mathbf{10388 \text{ mm}^2}$$

$$A_{\text{net},t} = L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 75,0 = \mathbf{2850 \text{ mm}^2}$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(82,1, 25,5) = \mathbf{82,08 \text{ kN (Zug)}}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 82,08 / 1,25 = \mathbf{52,53 \text{ kN}}$$

$$\eta_{\text{seg}} = \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 52,53 = \mathbf{0,38 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

SEGMENT 1 (außen, $t_{\text{seg}} = 75,0 \text{ mm}$) - EC5 Anhang A

$$A_{\text{net},v} = \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 32,7) \cdot 0,67 = \mathbf{10388 \text{ mm}^2}$$

$$A_{\text{net},t} = L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 75,0 = \mathbf{2850 \text{ mm}^2}$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(82,1, 25,5) = \mathbf{82,08 \text{ kN (Zug)}}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 82,08 / 1,25 = \mathbf{52,53 \text{ kN}}$$

$$\eta_{\text{seg}} = \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 52,53 = \mathbf{0,38 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

BLOCKSCHER-SUMME (plastische Umlagerung, MASSGEBEND) - EC5 Anhang A

$$\Sigma F_{bs,Rk} = 82,08 + 82,08 = \mathbf{164,16 \text{ kN}}$$

$$\Sigma F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot \Sigma F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 164,16 / 1,25 = \mathbf{105,06 \text{ kN}}$$

$$\eta = N_{Ed} / \Sigma F_{bs,Rd} = 40,00 / 105,06 = \mathbf{0,38 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Netto-Querschnitt des Bauteils - Abschn. 5.2 / 6.1

Bauteil CH1

NETTOBREITE + LOCHDURCHMESSER - EC5 Abschn. 5.2

$$b_{\text{net}} = W - n_{\text{pl}} \cdot (t_{\text{steel}} + 2 \cdot \text{slot}) = 160,0 - 1 \cdot (10,0 + 2 \cdot 0,0) = \mathbf{150,0 \text{ mm}} \quad (\text{Stahlblech-Schlitz abgezogen})$$
$$d_0 = d + \text{Übermaß} = 12 + 0 = \mathbf{12 \text{ mm}} \quad (\text{gebohrtes Loch im Holz})$$

NETTOQUERSCHNITTSFLÄCHE - EC5 Abschn. 5.2

$$A_{\text{net}} = A_{\text{gross}} - n \cdot d_0 \cdot b = 24000 - 2 \cdot 12 \cdot 150 = \mathbf{20400 \text{ mm}^2}$$

BEMESSUNGSZUGFESTIGKEIT (parallel) - EC5 Abschn. 6.1.2

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,80 \cdot 1,1000 \cdot 19,2 / 1,30 = \mathbf{12,997 \text{ MPa}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT ZUG - EC5 Abschn. 6.1.2

$$\eta = \sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} = 1,961 / 12,997 = \mathbf{0,15} \leq \mathbf{1,0} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

Bauteil CH2

NETTOBREITE + LOCHDURCHMESSER - EC5 Abschn. 5.2

$$b_{\text{net}} = W - n_{\text{pl}} \cdot (t_{\text{steel}} + 2 \cdot \text{slot}) = 160,0 - 1 \cdot (10,0 + 2 \cdot 0,0) = \mathbf{150,0 \text{ mm}} \quad (\text{Stahlblech-Schlitz abgezogen})$$
$$d_0 = d + \text{Übermaß} = 12 + 0 = \mathbf{12 \text{ mm}} \quad (\text{gebohrtes Loch im Holz})$$

NETTOQUERSCHNITTSFLÄCHE - EC5 Abschn. 5.2

$$A_{\text{net}} = A_{\text{gross}} - n \cdot d_0 \cdot b = 24000 - 2 \cdot 12 \cdot 150 = \mathbf{20400 \text{ mm}^2}$$

BEMESSUNGSZUGFESTIGKEIT (parallel) - EC5 Abschn. 6.1.2

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,80 \cdot 1,1000 \cdot 19,2 / 1,30 = \mathbf{12,997 \text{ MPa}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT ZUG - EC5 Abschn. 6.1.2

$$\eta = \sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} = 1,961 / 12,997 = \mathbf{0,15} \leq \mathbf{1,0} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

Bemessung für den Brandfall - EN 1995-1-2

Hinweis: Die Bemessung für den Brandfall nach EN 1995-1-2 ist eine neue Funktion. Die auf dieser Seite ausgewiesenen Tragfähigkeiten, Abminderungen und Ergebnisse sind vorläufig und sollten vor der Verwendung durch den verantwortlichen Ingenieur unabhängig geprüft werden.

Erforderliche Feuerwiderstandsdauer: R30

Einstufung des Stahlblechs: innen liegend

SCHUTZZUSTAND - EN 1995-1-2 (6.2.1.3) $d_g = (b - t_{\text{steel}})/2 = (160,0 - 10,0)/2 = \mathbf{0,0\text{ mm}}$ → UNPROTECTED (Spaltkriterium Stahlblech); durch Bekleidung geschützt (siehe unten)
SEITENHOLZDICKE - EN 1995-1-2 (6,4) $t_{1,\text{min}} = \max(50, 50+1,25(d-12)) = \mathbf{50,0\text{ mm}}$ vorh. = 75,0 mm ✓ erfüllt
ABMINDERUNG DER BEANSPRUCHUNG IM BRANDFALL - EN 1995-1-2 (2.4.2) $\eta_{fi} = \mathbf{0,60}$ → $E_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot E_d = 0,60 \cdot 40,0 = \mathbf{24,0\text{ kN}}$
TRAGFÄHIGKEIT DER VERBINDUNG BEI NORMALTEMPERATUR (Gruppe) - EC5 (8.1.1 / 2.4.1) $F_{v,Rk} = \Sigma \eta_{ef} \cdot F_{v,Rk,\text{fast}} = 3,20 \cdot 24,93 = \mathbf{79,8\text{ kN}}$ $F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 79,8 / 1,30 = \mathbf{49,1\text{ kN}}$ $\eta_0 = E_d / F_{v,Rd} = 40,0 / 49,1 = \mathbf{0,81}$
PARAMETER k - EN 1995-1-2 (Tabelle 6.3) $k = \mathbf{0,085}$ (Tabelle 6.3, Bolzen Stahl-Holz, $d \geq 12\text{ mm}$; max. ungeschützt 30 min)
TRAGFÄHIGKEITSABMINDERUNG η IM BRANDFALL - EN 1995-1-2 (Gl. 6.5/6.6) $\eta = e^{-k \cdot t_{d,fi}} = e^{-0,085 \cdot 30} = \mathbf{0,0781}$
TRAGFÄHIGKEIT IM BRANDFALL $F_{v,Rd,fi}$ (Gruppe) - EN 1995-1-2 (Gl. 6.5/6.6) $F_{v,Rd,fi} = \eta \cdot F_{v,Rk} \cdot k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 0,078 \cdot 79,8 \cdot 1,15 / 1,0 = \mathbf{7,2\text{ kN}}$ Nachweis ungeschützt $E_{d,fi} / F_{v,Rd,fi} = 24,0 / 7,2 = \mathbf{335\%}$
WIRKSAME ABBRANDTIEFE d_{ef} - EN 1995-1-2 (Abschn. 4.2.2) $d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 30 + 1,00 \cdot 7 = \mathbf{28,0\text{ mm}}$ je brandbeanspruchter Seite
ABSTANDSZUSCHLAG IM BRANDFALL a_{fi} - EN 1995-1-2 (Gl. 6.1) $a_{fi} = \beta_n \cdot k_{\text{flux}} \cdot (t_{\text{req}} - t_{d,fi}) = \mathbf{15,7\text{ mm}}$
BRANDSCHUTZBEKLEIDUNG (Gipsplatte Typ F) - EN 1995-1-2 (6.2.1.2 / 3,12) Gipsplatte Typ F $h_p = 12,5\text{ mm}$ → $t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 23 = \mathbf{12,0\text{ min}}$ $t_{d,fi,\text{prot}} = t_{ch} + 1,2 \cdot t_{d,fi} = 12,0 + 1,2 \cdot 15,8 = \mathbf{30,9\text{ min}} \geq R30$ → Ausn. 92% (min $h_p \geq 12,2\text{ mm}$)
ERREICHBARE FEUERWIDERSTANDSDAUER - EN 1995-1-2 (Gl. 6.7) $t_{d,fi} = -(1/k) \cdot \ln(\eta_{fi} \cdot \eta_0 \cdot k_{\text{mod}} \cdot \gamma_{M,fi} / (\gamma_M \cdot k_{fi})) = \mathbf{15,8\text{ min}}$ → mit Bekleidung 30,9 min (erforderlich 30 min)
ERGEBNIS BRANDFALL - EN 1995-1-2 Abschn. 6.2 Nachweis Brandfall: ✓ erf. (gesch.) ($\eta_{fi} = 0,60$, Ausn. 92,4%, erreicht 30,9 min)

Brandbeanspruchte Seiten (je Bauteil)

Bauteil	Breite	Höhe +	Höhe -	Hirnholz
CH1	brandbeansprucht	brandbeansprucht	brandbeansprucht	geschützt
CH2	brandbeansprucht	brandbeansprucht	brandbeansprucht	geschützt

Verkohelter Restquerschnitt (SCHRITT 7, Abschn. 4.2.2)

Tragfähigkeit des Restquerschnitts bei Normaltemperatur (d_{ef} je brandbeanspruchter Seite abgezogen); die Brandfall-Werte $R_{fi} = R_{\text{cold}} \cdot k_{fi} \cdot \gamma_M / k_{\text{mod}}$ und die Beanspruchung $E_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot E_d$ ($\gamma_{M,fi} = 1,0$) stehen im Brandfall-Ergebnis oben.

Blockscherversagen am Restquerschnitt (Anhang A) - CH1

NETTO-BRUCHLÄNGEN + MATERIAL - EC5 Anhang A

$$L_{\text{net},v} = \sum l_{v,i} = \mathbf{300,0 \text{ mm}}$$

$$L_{\text{net},t} = \text{brutto} - \sum \text{Bohrlöcher} = \mathbf{38,0 \text{ mm}}$$

$$f_{t,0,k} = 19,2 \text{ MPa} \quad f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa} \quad k_{cr} = 0,67 \quad k_{mod} = 0,80 \quad \gamma_M = 1,25$$

SEGMENT 0 (außen, $t_{\text{seg}} = 47,0 \text{ mm}$) ← MASSGEBEND - EC5 Anhang A

$$A_{\text{net},v} = \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 22,0) \cdot 0,67 = \mathbf{8244 \text{ mm}^2}$$

$$A_{\text{net},t} = L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 47,0 = \mathbf{1786 \text{ mm}^2}$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(51,4, 20,2) = \mathbf{51,44 \text{ kN (Zug)}}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 51,44 / 1,25 = \mathbf{32,92 \text{ kN}}$$

$$\eta_{\text{seg}} = \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 32,92 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

SEGMENT 1 (außen, $t_{\text{seg}} = 47,0 \text{ mm}$) - EC5 Anhang A

$$A_{\text{net},v} = \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 22,0) \cdot 0,67 = \mathbf{8244 \text{ mm}^2}$$

$$A_{\text{net},t} = L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 47,0 = \mathbf{1786 \text{ mm}^2}$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(51,4, 20,2) = \mathbf{51,44 \text{ kN (Zug)}}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 51,44 / 1,25 = \mathbf{32,92 \text{ kN}}$$

$$\eta_{\text{seg}} = \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 32,92 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

BLOCKSCHER-SUMME (plastische Umlagerung, MASSGEBEND) - EC5 Anhang A

$$\Sigma F_{bs,Rk} = 51,44 + 51,44 = \mathbf{102,87 \text{ kN}}$$

$$\Sigma F_{bs,Rd} = k_{mod} \cdot \Sigma F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 102,87 / 1,25 = \mathbf{65,84 \text{ kN}}$$

$$\eta = N_{Ed} / \Sigma F_{bs,Rd} = 40,00 / 65,84 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Blockscherversagen am Restquerschnitt (Anhang A) - CH2

NETTO-BRUCHLÄNGEN + MATERIAL - EC5 Anhang A

$$\begin{aligned}L_{\text{net},v} &= \sum l_{v,i} = \mathbf{300,0 \text{ mm}} \\L_{\text{net},t} &= \text{brutto} - \sum \text{Bohrlöcher} = \mathbf{38,0 \text{ mm}} \\f_{t,0,k} &= 19,2 \text{ MPa} \quad f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa} \quad k_{cr} = 0,67 \quad k_{mod} = 0,80 \quad \gamma_M = 1,25\end{aligned}$$

SEGMENT 0 (außen, $t_{\text{seg}} = 47,0 \text{ mm}$) ← MASSGEBEND - EC5 Anhang A

$$\begin{aligned}A_{\text{net},v} &= \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 22,0) \cdot 0,67 = \mathbf{8244 \text{ mm}^2} \\A_{\text{net},t} &= L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 47,0 = \mathbf{1786 \text{ mm}^2} \\F_{bs,Rk} &= \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(51,4, 20,2) = \mathbf{51,44 \text{ kN (Zug)}} \\F_{bs,Rd} &= k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 51,44 / 1,25 = \mathbf{32,92 \text{ kN}} \\\eta_{\text{seg}} &= \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 32,92 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}\end{aligned}$$

SEGMENT 1 (außen, $t_{\text{seg}} = 47,0 \text{ mm}$) - EC5 Anhang A

$$\begin{aligned}A_{\text{net},v} &= \frac{1}{2} \cdot L_{\text{net},v} \cdot (L_{\text{net},t} + 2 \cdot t_{\text{ef}}) \cdot k_{cr} = \frac{1}{2} \cdot 300,0 \cdot (38,0 + 2 \cdot 22,0) \cdot 0,67 = \mathbf{8244 \text{ mm}^2} \\A_{\text{net},t} &= L_{\text{net},t} \cdot t_{\text{seg}} = 38,0 \cdot 47,0 = \mathbf{1786 \text{ mm}^2} \\F_{bs,Rk} &= \max(1,5 \cdot A_{\text{net},t} \cdot f_{t,0,k}, 0,7 \cdot A_{\text{net},v} \cdot f_{v,k}) = \max(51,4, 20,2) = \mathbf{51,44 \text{ kN (Zug)}} \\F_{bs,Rd} &= k_{mod} \cdot F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 51,44 / 1,25 = \mathbf{32,92 \text{ kN}} \\\eta_{\text{seg}} &= \text{Beanspruchung} / F_{bs,Rd} = 20,00 / 32,92 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}\end{aligned}$$

BLOCKSCHER-SUMME (plastische Umlagerung, MASSGEBEND) - EC5 Anhang A

$$\begin{aligned}\Sigma F_{bs,Rk} &= 51,44 + 51,44 = \mathbf{102,87 \text{ kN}} \\\Sigma F_{bs,Rd} &= k_{mod} \cdot \Sigma F_{bs,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 102,87 / 1,25 = \mathbf{65,84 \text{ kN}} \\\eta &= N_{Ed} / \Sigma F_{bs,Rd} = 40,00 / 65,84 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}\end{aligned}$$

Aufspalten am Restquerschnitt (Abschn. 8.1.4)

CH1: nicht erforderlich - automatisch: $|V_z| = 0,00 \text{ kN} < \text{Schwellenwert } 0,10 \text{ kN}$

CH2: nicht erforderlich - automatisch: $|V_z| = 0,00 \text{ kN} < \text{Schwellenwert } 0,10 \text{ kN}$

Nicht geführte Nachweise

Aufspalten infolge Querkzugkraft - Abschn. 8.1.4

CH1: nicht bewertet (automatisch: $|V_z|=0,00 \text{ kN} < \text{Schwellenwert } 0,10 \text{ kN}$)

CH2: nicht bewertet (automatisch: $|V_z|=0,00 \text{ kN} < \text{Schwellenwert } 0,10 \text{ kN}$)

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel

EN 1993-1-8:2005 + AC:2009 (Nachweis Stahlblech)

Unabhängig vom EC5/FprEN-Johansen-Nachweis
Konservativer Ansatz F4 (Stahl-/Bolzennachweis)
Minimale Rand- und Endabstände, resultierender Kraftbetrag

VM	Klasse	V_Ed,pl[kN]	F_b,Rd[kN]	etaB%	V_Ed,pn[kN]	F_v,Rd[kN]	etaV%	maßg.	Status
B1	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.
B2	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.
B3	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.
B4	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.
B5	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.
B6	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.
B7	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.
B8	Hirn/Rand	10,00	122,40	8,2	5,00	20,23	24,7	Absch.	erf.

Blech S355, t = 10,0 mm, gamma_M2 = 1,25, Gewinde in der Scherfuge. 8 Verbindungsmittel geprüft, 0 EC3-Nachweise nicht erfüllt.
Nur die Statuszelle ist entsprechend dem Ergebnis eingefärbt (grün = erfüllt / rot = nicht erfüllt); alle übrigen Werte sind neutral.
Für die Beanspruchung je Blech werden die Kräfte der beiden angrenzenden Kontaktflächen summiert (Mehrblech-Regel Q5).
Der EC3-Nachweis ist ein UNABHÄNGIGER Nachweis - sowohl der Johansen-Nachweis (Holz) als auch dieser Stahlnachweis müssen unabhängig voneinander erfüllt sein.

Netto-Querschnitt des Stahlblechs (EN 1993-1-1 Abschn. 6.2.3 / 6.2.4)

Nettobruch / Fließen des Bruttoquerschnitts der lastübertragenden Bleche je Bauteil-Normalkraft

Bauteil	Typ	N_Ed[kN]	A_net[mm2]	N_Rd[kN]	eta%	Status
CH1	Zug	40,0	940	345,2	11,6	erf.
CH2	Zug	40,0	940	345,2	11,6	erf.

Zug: min(Fließen $A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$, Nettobruch $0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$); Druck verwendet den Bruttoquerschnitt.

Zusammenfassung der Nachweise

Bauteil	Nachweis	eta [%]	Status
CH1	Maßgebendes Verbindungsmittel (B2)	65,2	erfüllt
CH2	Maßgebendes Verbindungsmittel (B5)	65,2	erfüllt
CH1	Gruppentragfähigkeit (n_ef)	65,2	erfüllt
CH2	Gruppentragfähigkeit (n_ef)	81,5	erfüllt
CH1	Blockscheren / Pfropfscheren	38,1	erfüllt
CH2	Blockscheren / Pfropfscheren	38,1	erfüllt
CH1	Netto-Querschnitt	15,1	erfüllt
CH2	Netto-Querschnitt	15,1	erfüllt
CH1	Blockscheren am Restquerschnitt (Brandfall)	60,8	erfüllt
CH2	Blockscheren am Restquerschnitt (Brandfall)	60,8	erfüllt

Nachweis Brandfall: ✓ erf. (gesch.)

GESAMTERGEBNIS: NACHWEIS ERFÜLLT

Maßgebender Ausnutzungsgrad: eta = 81,5% (CH2 Gruppentragfähigkeit (n_ef))