



Vorbemerkungen

Inhalt

Vorlagen für statische Nachweise im Holzbau nach DIN EN 1995

Hinweise zu Anwendung

Die rechenfähigen Vorlagen können mit VCmaster interaktiv genutzt werden.

Alle Vorlagen sind mit hinterlegten Tabellen verknüpft. Das erfolgt mit der TAB()- oder GEW()-Funktion. In diesem Dokument werden die Verknüpfungen dargestellt. Beim Anwenden einer Vorlage können diese Funktionen ausgeblendet werden.

Was kann VCmaster?

VCmaster wurde speziell als Dokumentationswerkzeug für Ingenieure entwickelt. In das einzigartige Softwarekonzept werden sämtliche Statik- und CAD-Programme nahtlos eingebunden. Universelle Schnittstellen gewährleisten die Datenübertragung, so dass die Ausgaben sämtlicher Programme übernommen werden können.

VCmaster bietet neben den Funktionen zur Dokumentation ein intuitives Konzept, das Ingenieuren ermöglicht, Berechnungen auszuführen. Die Eingabe von mathematischen Formeln erfolgt in natürlicher Schreibweise direkt im Dokument. Hunderte vorgefertigte Berechnungsvorlagen ergänzen das Programm. Die ausführlich kommentierten Rechenblätter automatisieren das Erstellen von Einzelnachweisen.

Diese PDF-Datei wurde komplett mit VCmaster erstellt.

Systemvoraussetzung

VCmaster ab Version 2016
Windows 7 oder höher

Entwicklung und Rechte

Entwickelt in Deutschland
VCmaster ist eine registrierte Marke
© Veit Christoph GmbH
www.VCmaster.com



Inhalt

Vorbemerkungen	1
Inhalt	2
Kapitel Gelenkige Anschlüsse	6
Firstgelenk	6
Holz-Holz Nagelverbindung (Außendiagonalen)	8
Holz-Holz Nagelverbindung (Mitteldiagonale)	12
Holz-Holz Stabdübel und Bolzenverbindung (Aussendiagonale)	16
Holz-Holz Stabdübel und Bolzenverbindung (Mitteldiagonale)	20
Zugstab an Gurt mit aussenliegendem Stahlblech	23
Zugstab an Gurt mit zwei aussenliegenden Stahlblechen	26
Zugstab an Gurt mit innenliegendem Stahlblech	29
Stahlblech-Holz Verbindung mit Nägeln (ein Stahlblech)	31
Stahlblech-Holz Verbindung mit Nägeln (außenliegende Stahlbleche)	33
Kapitel Nebenträgeranschlüsse	35
Nebenträgeranschluß mit einer schräg angeordneten Schraube	35
Nebenträgeranschluß mit gekreuzten Schrauben	38
Anschluss mit selbstbohrenden Vollgewindeschrauben	42
Hirnholzanschluß mit Dübeltyp A1	44
Hirnholzanschluß mit Dübeltyp C1	46
Balkenschuh	48
Kapitel Zugstöße	50
Zugbelasteter Laschenstoß aus Nadelvollholz	50
Zugbelasteter Laschenstoß aus Nadelvollholz (Zugkraftanteil)	53
Zugbelasteter Laschenstoß aus Nadelvollholz (vorgebohrt)	56
Zugbelasteter Laschenstoß mit Dübeltyp A1	59
Zugbelasteter Laschenstoß mit Dübeltyp C1	62
Zugstoß einschnittig Holz-Holz Bolzenverbindung	65
Kapitel Queranschlüsse	67
Unverstärkter Queranschluss	67
Querzugverstärkung mit Gewindestab	69
Querzugverstärkung mit geklebten Platten	71
Kapitel Biegesteife Verbindungen	73
Biegesteifer Anschluss mit Schlitzblech	73



Biegesteifer Anschluss mit Schlitzblech (Kräftepaar)	76
Biegesteifer Anschluss mit außenliegenden Stahlblechen	79
Biegesteifer Anschluss mit außenliegendem Stahlblech (Kräftepaar)	82
Biegesteifer Anschluss zur Sanierung im Auflagerbereich	85
Gedübelte Rahmenecke	88
Keilgezinkte Rahmenecke	92
Stützenfußanschluss mit innenliegendem Kreuzblech	94
Kapitel Balkenverstärkung	97
Balkenverstärkung mit seitlichen U-Profilen	97
Verstärkter Balken mit Unterspannung	101
Kapitel Ausklinkungen und Durchbrüche	105
Ausklinkung mit Verstärkung (Spax Vollgewindeschrauben)	105
Ausklinkung mit seitlich geklebter Verstärkungsplatten	107
Ausklinkung mit Verstärkung (eingeklebte Gewindestäbe)	109
Ausklinkung ohne Verstärkung	111
Ausklinkung an der Oberseite ohne Verstärkung	112
Unverstärkte Durchbrüche	113
Runder Durchbruch mit Verstärkung aus Stahlstäben	116
Rechteckiger Durchbruch mit aussenliegender Verstärkung	119
Rechteckiger Durchbruch mit innenliegender Verstärkung	122
Kapitel Spannungs- und Stabilitätsnachweise	125
Balken mit Schub und Torsion	125
Balken mit Schub aus reduzierter Querkraft	127
Balken mit Doppelbiegung und Zug (Spannungsnachweis)	129
Balken mit Doppelbiegung und Zug (inkl. Stabilität)	131
Balken mit Doppelbiegung	133
Balken mit Doppelbiegung (Formel 6.31 aus EC5)	135
Balken mit Doppelbiegung und Druck (Spannungsnachweis)	137
Balken mit Doppelbiegung und Druck (inkl. Stabilität)	139
Quadratischen Vollholzstütze	142
Runde Vollholzstütze	144
Eingespannte Stütze mit Normalkraft und Biegung	145
Stabilitätsnachweis einer Stützenreihe	148
Geneigter Wandträger	150
Wandpfosten auf Einzelabstützung	154
Wandpfosten auf kontinuierlicher Stützung	155



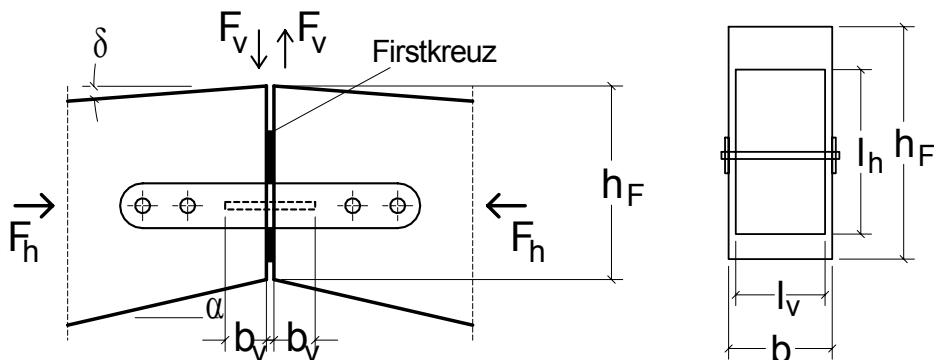
Zugstab mit exzentrischer Zugkraft durch Einschnitt	156
Kapitel Gebrauchstauglichkeit	157
Träger mit einer veränderlichen Einwirkung	157
Träger mit mehreren veränderlichen Einwirkung	159
Trägersystem mit unterschiedlichen Materialien	161
Kapitel Sonstige Nachweise im Holzbau	163
Befestigung Dachschalung mit glattschaftigen Nägeln	163
Befestigung Dachschalung mit profilierten Nägeln	165
Befestigung von Faserzement-Wellplatten durch Holzschrauben	167
Holzschraube auf Herausziehen	169
Schwinden und Quellen	171
Abstützung von Biegeträgern im Dachverband	173
Einzelabstützung von Druckstäben im Verband	176
Windrispenband	179
Kapitel Holzrahmenbau	181
Wandtafel ein-oder beidseitig beplankt	181
Wandtafel mit Sperrholz beplankt	186
Deckentafel	188
Genagelte offene Decke	191
Geklammerte geschlossene Decke	196
Kapitel Dachträger	203
Satteldachträger mit geradem unterem Rand	203
Fischbauchartiger Träger	207
Satteldachträger mit gekrümmtem Untergurt	211
Gekrümmter Träger mit konstanter Höhe	216
Pulldachträger	220
Kapitel Zusammengesetzte Stäbe	224
N-Gitterstab	224
V-Gitterstab	228
Zusammengesetzter Druckstab mit nachgiebigem Verbund	232
Mehrteiliger Druckstab, kontinuierlich verbunden ohne Spreizung	235
Zweiteiliger Rahmenstab	240
Dreiteiliger Rahmenstab	244
Genagelter I-Trägers	249
Mehrteiliger Biegeträger	256



Kastenträger geklebt	259
Kastenträger genagelt	263
Kapitel Zimmermannsmäßige Verbindungen	267
Druckanschluß mit einer Knagge	267
Fersenversatz	269
Stirn- Fersenversatz	271
Stirnversatz	274
Zweiseitiger Stirnversatz	276
Sparrenauflager	278

Kapitel Gelenkige Anschlüsse

Firstgelenk



System:

Rahmenbinderbreite $b =$	140,0 mm
Binderhöhe $h_F =$	350,0 mm
Dachneigung $\delta =$	5,00 °
Neigungswinkel $\alpha =$	15,00 °
Firstkreuz:	
Breite $b_v =$	70,0 mm
Blechdicke $t =$	10,0 mm
Blechhöhe $l_h =$	280,0 mm
Blechtiefe $l_v =$	130,0 mm

Einwirkungen:

$F_{v,d} =$	14,5 kN
$F_{h,d} =$	125,0 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,80
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	26,50 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	3,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fv_k; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Berechnung:

Tragfähigkeit der Verbindung:

Die horizontalen und vertikalen Kräfte werden durch Flächenpressung unter dem Winkel α übertragen.

$a =$	$2 \cdot b_v / 2 + t$	=	80,0 mm
$M_d =$	$F_{v,d} \cdot a \cdot 10^{-3}$	=	1,16 kNm
$V =$	$F_{v,d} \cdot \cos(\delta) + F_{h,d} \cdot \sin(\delta)$	=	25,34 kN

Querschnittswerte:

$A_v =$	$b_v \cdot l_v$	=	9100 mm ²
$A_h =$	$l_h \cdot l_v$	=	36400 mm ²
$W_h =$	$l_h^2 \cdot l_v / 6$	=	1,699 * 10 ⁶ mm ³
$k_{cr} =$	WENN(BS="Laubholz"; 0,67; WENN(BS="Nadelholz"; 2,0/f _{v,k} ; 2,5/f _{v,k}))	=	0,71
$A' =$	$k_{cr} \cdot b \cdot h_F \cdot \cos(\delta)$	=	34658 mm ²



Bemessungswert der Beanspruchung

vertikale Beanspruchung

$$\sigma_{c,\alpha,v,d} = F_{v,d} \cdot 10^3 / A_v = 1,59 \text{ N/mm}^2$$

horizontale Beanspruchung



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Bemessungswert der Tragfähigkeit

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 16,31 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit aus vertikaler Beanspruchung

$$\alpha = 90 - \delta = 85,0^\circ$$

$$k_{c,90} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Laubholz"}; 1,0; k_{c,90}) = 1,50$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 2,79 \text{ N/mm}^2$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,\alpha,v,d} / f_{c,\alpha,d} = \underline{\underline{0,57 \leq 1}}$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit aus horizontaler Beanspruchung

$$\alpha = \delta = 5,00^\circ$$

$$k_{c,90} = 1,00$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 15,40 \text{ N/mm}^2$$

Querschnittstragfähigkeit:

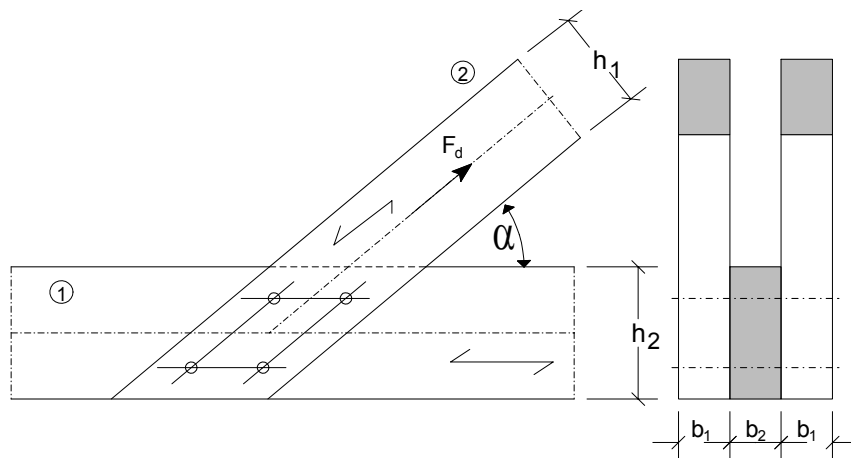
$$\sigma_{c,\alpha,d} / f_{c,\alpha,d} = \underline{\underline{0,27 \leq 1}}$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit auf Schub

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,51 \leq 1}}$$

Holz-Holz Nagelverbindung (Außendiagonalen)

Diagonalen unter Zug oder Druck



Eingaben:

Randhölzer:

Breite b_1 =	60 mm		
Höhe h_1 =	240 mm		
Material Mat_1 =	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat ₁)	=	C24
ρ_{k1} =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK ₁)	=	350 kg/m ³

Mittelholz:

Breite b_2 =	80 mm		
Höhe h_2 =	160 mm		
Material Mat_2 =	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat ₂)	=	C30
ρ_{k2} =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK ₂)	=	380 kg/m ³

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N<3)	=	Nagel
Größe d_{xl} =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.2x120
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM";d;Bez=d _{xl})	=	4,20 mm
Länge l_G =	TAB("EC5_de/VM";l;Bez=d _{xl})	=	120 mm
Länge des Gewindes l_G =	TAB("EC5_de/VM";lg;Bez=d _{xl})	=	0,00 mm
Anzahl VM (je Seite) n =	9		
davon nebeneinander n_n =	3		

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	=	0,90
Sicherheitsbeiwert γ_M =			1,30

Belastung:

Bemessungskraft F_d =	15,00 kN
Anschlusswinkel α =	38 °



Berechnung:

Das Holz ist in der Regel vorzubohren, wenn die Dicke des Holzteiles kleiner ist als

$$b_{1, \text{grenz}} = \text{MAX}(7 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \rho_{k1} / 400) = 29,4 \text{ mm}$$

$$b_{2, \text{grenz}} = \text{MAX}(7 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \rho_{k2} / 400) = 29,4 \text{ mm}$$

$$\text{Querschnitt A} = b_1 \cdot h_1 = 14400,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nettoquerschnitt } A_n = \text{WENN}(d > 6; b_1 \cdot h_1 - b_1 \cdot n_n \cdot d; A) = 14400,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Zugspannung } \sigma_{t,0,d} = \frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right) \cdot 10^3}{A_n} = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Druckspannung } \sigma_{c,0,d} = \frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right) \cdot 10^3}{A} = 0,52 \text{ N/mm}^2$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\text{Lochleibung } f_{h2k} = 0,082 \cdot \rho_{k,2} \cdot d^{-0,3} = 20,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Verhältniswert } \beta = \frac{f_{h2k}}{f_{h1k}} = 1,09$$

$$F_{v,Rk1} = (f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 4,7023 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} = (f_{h2k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 5,1055 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} = \frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left(\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right)} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) \cdot 10^{-3} = 2,0349 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk4} = \frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 1,7150 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk5} = \frac{f_{h1k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 1,8038 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk6} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h1k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 1,1082 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(F_{v,Rk1}; F_{v,Rk2}; F_{v,Rk3}; 1,05 \cdot F_{v,Rk4}; 1,05 \cdot F_{v,Rk5}; 1,15 \cdot F_{v,Rk6}) = 1,27 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0,88 \text{ kN}$$



Nachweis:

Anschluss:
Einwirkung $S_d =$ ABS(F_d) = 15,00 kN

Anschlussstragfähigkeit $R_d = F_{v,Rd} * 2 * n = 15,84$ kN

Nachweis: $\frac{S_d}{R_d} = \underline{0,95 < 1}$

Seitenhölzer:

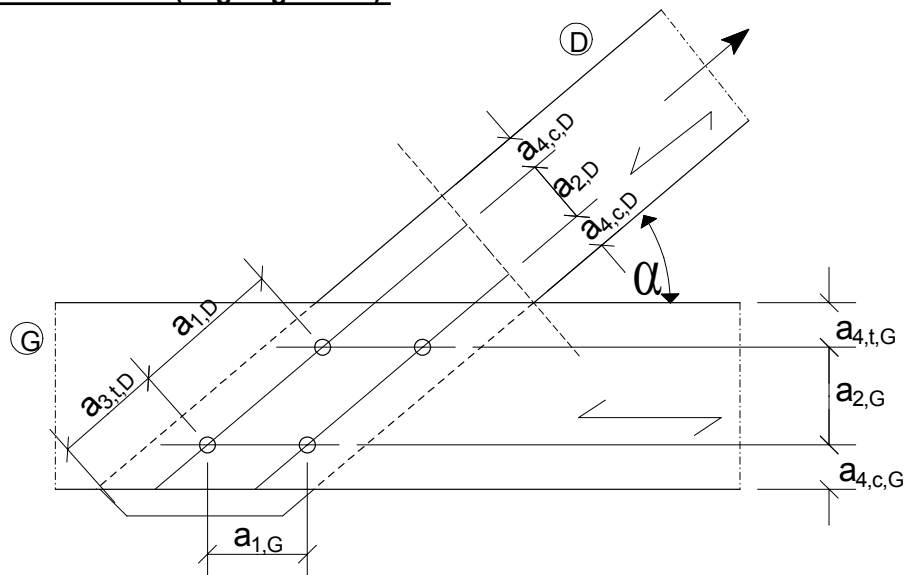
Beanspruchung $S_d =$ WENN($F_d < 0; \sigma_{c,0,d}; \sigma_{t,0,d}$) = 0,520 kN/cm²

Festigkeit $R_d =$ WENN($F_d < 0; f_{c,0,d}; f_{t,0,d}$) = 9,690 kN/cm²

Zugminderung $k_{te} =$ WENN($F_d < 0; 1; 2/3$) = 0,667

Nachweis: $\frac{S_d}{R_d * k_{te}} = \underline{0,08 < 1}$

Mindestrandabstände (Zugdiagonalen):



Gurt:

$\rho_k = \rho_{k,2} = 380$ kg/m³



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$a_{4,t,G} =$ WENN($d < 5; a_{41,min}; a_{42,min}$) = 26 mm



Querzugnachweis:

hier Nachweis für minimalen Randabstand!

$$F_{v,Ed} = F_d \cdot \sin(\alpha) = 9,23 \text{ kN}$$

$$h_e = h_2 - a_{4,c,G} = 139 \text{ mm}$$

Beanspruchbarkeit für Querzug
 $w = 1,0$

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b_2 \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{h_e \cdot 10^{-3}} \cdot \left(1 - \frac{h_e}{h_2}\right)^{-3}} = 36,45 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 25,23 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = \underline{\underline{0,37 \leq 1}}$$

Diagonale ($\alpha = 0$):

$$\rho_k = \rho_{k,1} = 350 \text{ kg/m}^3$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

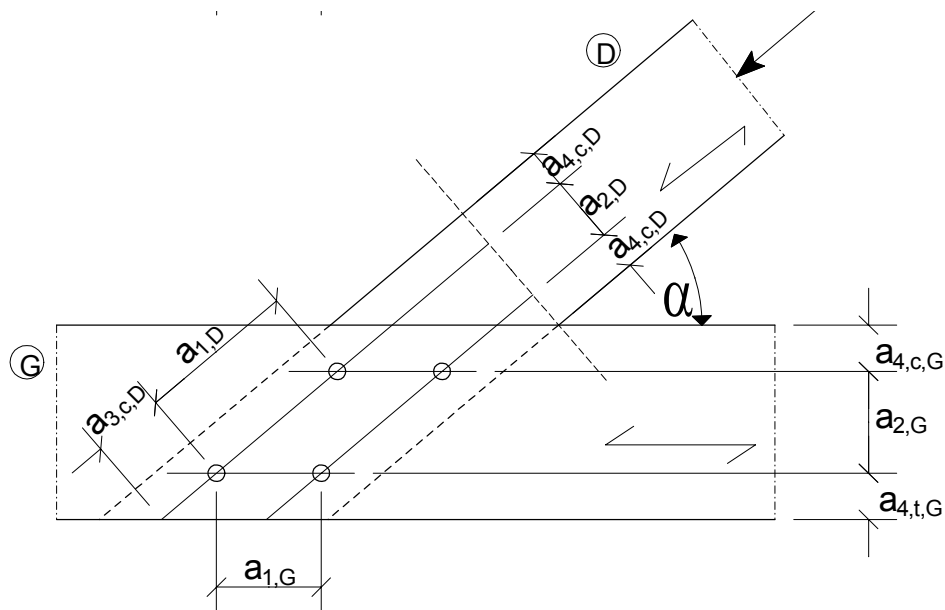
Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

⇒ maßgebende Abstände untereinander

$$a_{2,G} = \text{MAX}(a_{2,G}; a_{1,D} \cdot \sin(\alpha)) = 25,9 \text{ mm}$$

$$a_{2,D} = \text{MAX}(a_{2,D}; a_{1,G} \cdot \sin(\alpha)) = 23,4 \text{ mm}$$

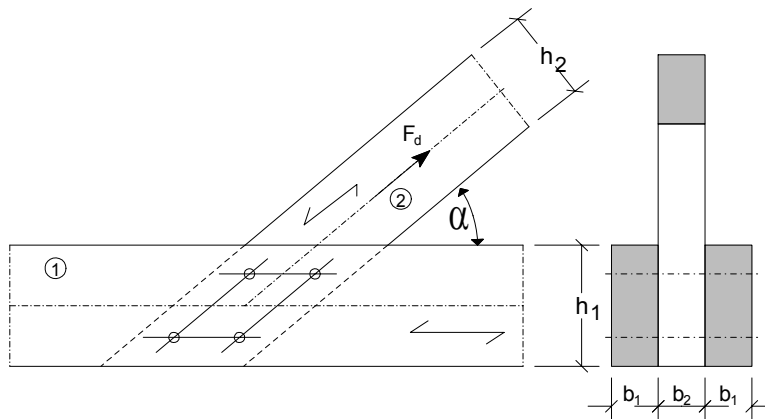
Mindestrandabstände für Nägel (Druckdiagonalen):



$$a_{3,c,D} = \text{WENN}(\rho_k \leq 420; 10 \cdot d; \text{WENN}(\rho_k \leq 500; 15 \cdot d)) = 42 \text{ mm}$$

Holz-Holz Nagelverbindung (Mitteldiagonale)

Zugdiagonale



Eingaben:

Randhölzer:

Breite $b_1 =$	60 mm	
Höhe $h_1 =$	240 mm	
Material $Mat_1 =$	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK_1 =$	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat_1)	= C24
$\rho_{k1} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK_1)	= 350 kg/m ³

Mittelholz:

Breite $b_2 =$	80 mm	
Höhe $h_2 =$	160 mm	
Material $Mat_2 =$	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK_2 =$	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat_2)	= C24
$\rho_{k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK_2)	= 350 kg/m ³

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N<3)	= Nagel
Größe $d_{xl} =$	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	= 4.2x120
Durchmesser $d =$	TAB ("EC5_de/VM";d;Bez=d_{xl})	= 4,20 mm
Länge $l_S =$	TAB ("EC5_de/VM";l;Bez=d_{xl})	= 120 mm
Länge des Gewindes $l_G =$	TAB ("EC5_de/VM";l_g;Bez=d_{xl})	= 0,00 mm
Anzahl VM (je Seite) $n =$	24	
davon nebeneinander $n_n =$	4	

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30

Belastung:

Bemessungskraft $F_d =$	30,00 kN
Anschlusswinkel $\alpha =$	38 °

**Berechnung:**

Das Holz ist in der Regel vorzubohren, wenn die Dicke des Holzteiles kleiner ist als

$$b_{1,\text{grenz}} = \text{MAX}(7 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \rho_{k1} / 400) = 29,4 \text{ mm}$$

$$b_{2,\text{grenz}} = \text{MAX}(7 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \rho_{k2} / 400) = 29,4 \text{ mm}$$

$$\text{Querschnitt } A_2 = b_2 \cdot h_2 = 12800,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nettoquerschnitt } A_n = \text{WENN}(d > 6; b_1 \cdot h_1 - b_1 \cdot n_n \cdot d; A_2) = 12800,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Zugspannung } \sigma_{t,0,d} = \frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right) \cdot 10^3}{A_n} = 1,17 \text{ N/mm}^2$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$F_{v,Rk3} = \frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left(\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right)} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) \cdot 10^{-3} = 1,9478 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk4} = \frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 1,6902 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk5} = \frac{f_{h1k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 1,6902 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk6} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h1k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 1,0851 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(F_{v,Rk1}; F_{v,Rk2}; F_{v,Rk3}; 1,05 \cdot F_{v,Rk4}; 1,05 \cdot F_{v,Rk5}; 1,15 \cdot F_{v,Rk6}) = 1,25 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0,87 \text{ kN}$$

Nachweis:

Anschluss:

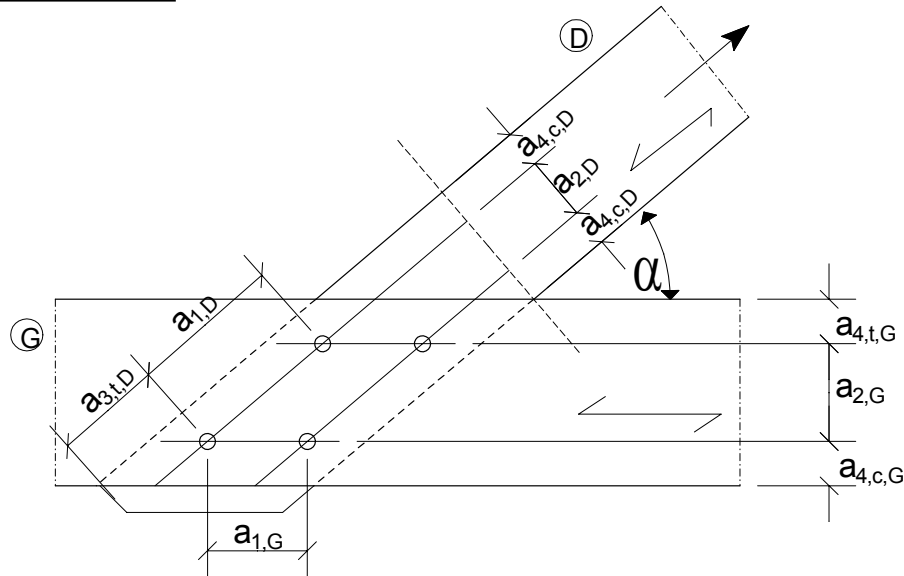
$$\text{Einwirkung } S_d = \text{ABS}(F_d) = 30,00 \text{ kN}$$

$$\text{Anschlussstragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} \cdot 2 \cdot n = 41,76 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{\underline{0,72 < 1}}$$



Mindestrandabstände:



Gurt:

$$\rho_k = \rho_{k,2} = 350 \text{ kg/m}^3$$



$$a_{4,t,G} = \text{WENN}(d < 5; a_{41,\text{min}}; a_{42,\text{min}}) = 26 \text{ mm}$$

Querzugnachweis:

hier Nachweis für minimalen Randabstand!

$$F_{v,Ed} = F_d \cdot \sin(\alpha) / 2 = 9,23 \text{ kN}$$

$$h_e = h_1 - a_{4,c,G} = 219 \text{ mm}$$

Beanspruchbarkeit für Querzug

$$w = 1,0$$

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b_1 \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h_1}}} \cdot 10^{-3} = 42,02 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 29,09 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = \underline{\underline{0,32 \leq 1}}$$



Diagonale ($\alpha = 0$):

$$\rho_k = \rho_{k,1} = 350 \text{ kg/m}^3$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie
Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

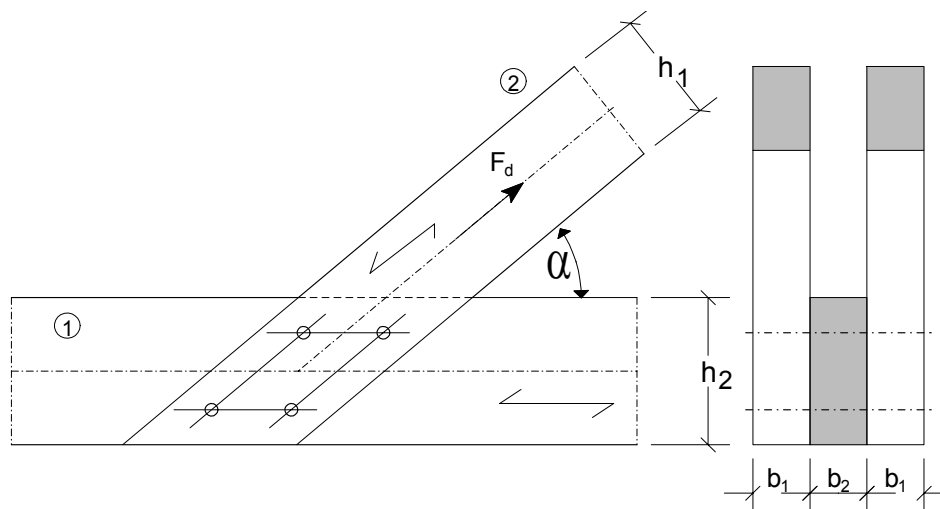
⇒ maßgebende Abstände untereinander

$$a_{2,G} = \text{MAX}(a_{2,G}; a_{1,D} * \text{SIN}(\alpha)) = 25,9 \text{ mm}$$

$$a_{2,D} = \text{MAX}(a_{2,D}; a_{1,G} * \text{SIN}(\alpha)) = 23,4 \text{ mm}$$

Holz-Holz Stabdübel und Bolzenverbindung (Aussendiagonale)

Verbindung mittels Stabdübel / Passbolzen; Diagonalen unter Zug oder Druck



Eingaben:

Randhölzer (Diagonalen):

Breite $b_1 =$	100 mm	
Höhe $h_1 =$	240 mm	
Material $Mat_1 =$	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse $FK_1 =$	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat_1;)	= GL24h
$\rho_{k1} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK_1)	= 380 kg/m ³

Mittelholz (Gurt):

Breite $b_2 =$	80 mm	
Höhe $h_2 =$	160 mm	
Material $Mat_2 =$	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse $FK_2 =$	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat_2;)	= GL24h
$\rho_{k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK_2)	= 380 kg/m ³

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N>2,5)	= Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	= S 235
Durchmesser d =		12,0 mm

Anzahl hintereinander in Faserrichtung

in Richtung Diagonale $n_D =$		3
in Richtung Gurt $n_G =$		3
Gesamtanzahl $n =$	$n_D * n_G$	= 9

Abstand untereinander in Faserrichtung

in Richtung Diagonale $a_1 =$	60,00 mm
-------------------------------	----------

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30

Belastung:

Bemessungskraft $F_d =$	50,00 kN
Anschlusswinkel $\alpha =$	40 °



Holzbau nach EN 1995

Kapitel Gelenkige Anschlüsse

DIN
EN 1995

Seite: 17

Berechnung:

$f_{t,0,k} =$	$TAB("EC5_de/mat";ft0k;FK=FK_1)$	$=$	16,50 N/mm ²
$f_{t,0,d} =$	$f_{t,0,k} * k_{mod} / \gamma_M$	$=$	11,42 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	$TAB("EC5_de/mat";fc0k;FK=FK_1)$	$=$	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,d} =$	$f_{c,0,k} * k_{mod} / \gamma_M$	$=$	16,62 N/mm ²
Zugfestigkeit $f_{u,k} =$	$TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=S)$	$=$	360,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k} =$	$0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$	$=$	69070,88 Nmm
Diagonalen (parallel zur Faser)			
Holzdicke $t_1 =$	b_1	$=$	100 mm
Rohdichte $\rho_{k,1} =$	$TAB("EC5_de/mat";rhok;FK=FK_1)$	$=$	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,1,k} =$	$0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_{k,1}$	$=$	27,42 N/mm ²
Querschnitt $A =$	$b_1 * h_1$	$=$	24,00 * 10 ³ mm ²
Nettoquerschnitt $A_n =$	$b_1 * (h_1 - n_G * d / 10)$	$=$	23,64 * 10 ³ mm ²



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\text{Lochleibung } f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{g0} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 22,49 \text{ N/mm}^2$$

charakteristische Tragfähigkeit (zweischrittige Holz-Holz-Verbindung)

$$\text{Verhältniswert } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,82$$

$$R_{k1} = (f_{h,1,k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 32,90 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (0,5 * f_{h,2,k} * t_2 * d) * 10^{-3} = 10,80 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = 1,05 * \frac{f_{h,1,k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,k}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 11,80 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,1,k} * d} * 10^{-3} = 7,36 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}) = 7,36 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} * k_{mod} / \gamma_M = 5,10 \text{ kN}$$



wirksame Dübel- / Bolzenanzahl

$$n_{ef,D} = \text{WENN}(n_D=1;1; \text{MIN}(n_D; n_D^{0,9} * \left(\frac{a_1}{13*d}\right)^{1/4})) = 2,12$$

$$n_{ef,G} = \text{WENN}(n_G=1;1; (\text{MIN}(n_G; n_G^{0,9} * 0,5^{1/4}) * \frac{90-\alpha}{90} + \frac{n_G * \alpha}{90})) = 2,59$$

$$n_{ef} = \text{MIN}(n_G * n_{ef,D}; n_D * n_{ef,G}; n) = 6,36$$

Nachweis:

Anschluss:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{ABS}(F_d) = 50,00 \text{ kN}$$

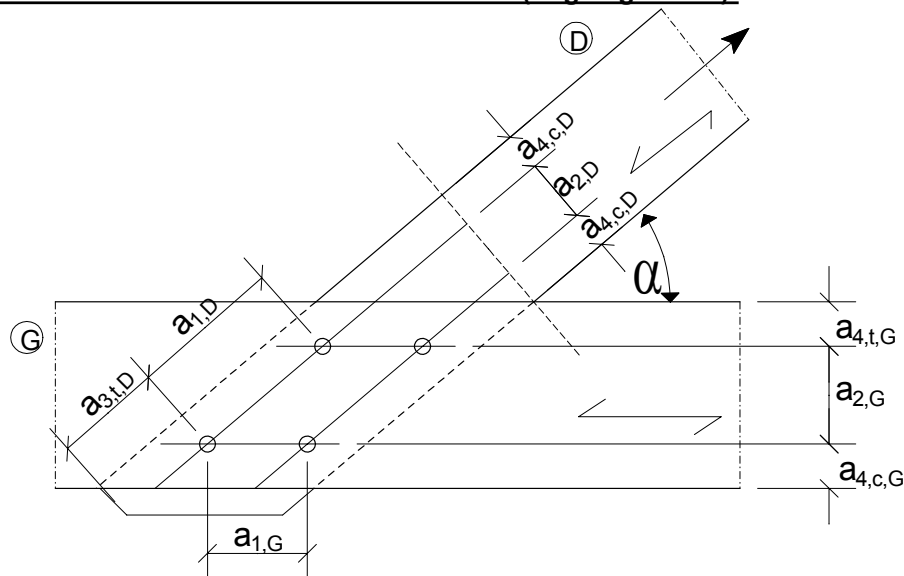
$$\text{Anschluss Tragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} * 2 * n_{ef} = 64,87 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{0,77 < 1}$$

Diagonalen (einseitig beanspruchtes Bauteil):



Mindestrandabstände für Stabdübel / Passbolzen (Zugdiagonalen):



Gurt

$$a_{1,G} = (3+2*\text{COS}(\alpha))*d = 54,4 \text{ mm}$$

$$a_{2,G} = 3*d = 36,0 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,G} = \text{MAX}((2+2*\text{SIN}(\alpha))*d; 3*d) = 39,4 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,G} = 3*d = 36,0 \text{ mm}$$



Querzugnachweis:

hier Nachweis für minimalen Randabstand bei Zug in Diagonalen!

$$F_{v,Ed} = F_d \cdot \sin(\alpha) = 32,14 \text{ kN}$$

$$h_e = h_2 - a_{4,c,G} = 124 \text{ mm}$$

Beanspruchbarkeit für Querzug

$$w = 1,0$$

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b_2 \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{h_e \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{h_e}{h_2}}} = 26,29 \text{ kN}$$

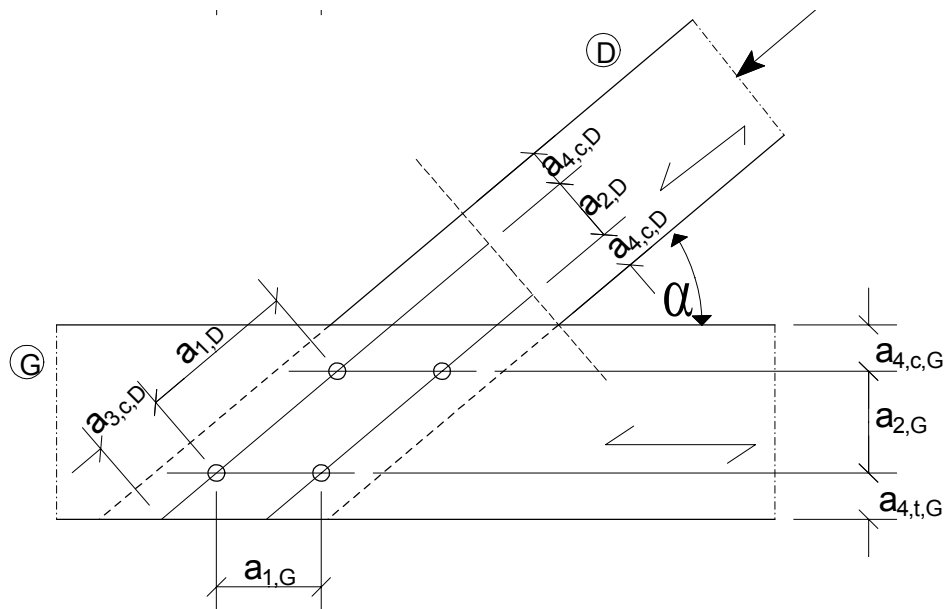
$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 18,20 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = \underline{1,77 \leq 1}$$

Diagonalen



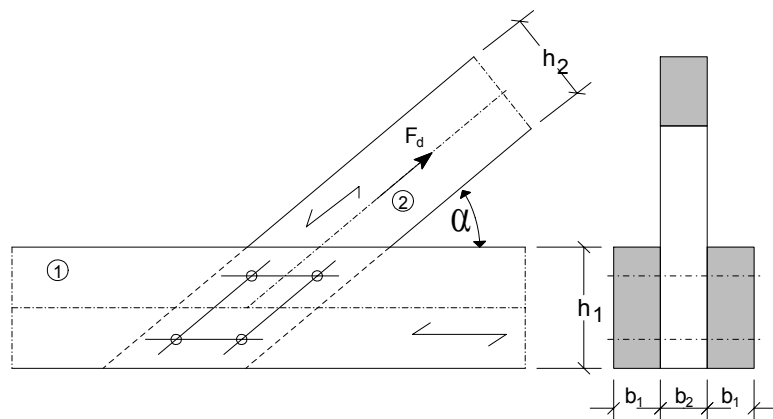
Mindestrandabstände für Stabdübel / Passbolzen (Druckdiagonalen):



$$a_{3,c,D} = 3 \cdot d = 36,0 \text{ mm}$$

Holz-Holz Stabdübel und Bolzenverbindung (Mitteldiagonale)

Verbindung mittels Stabdübel / Passbolzen



Eingaben:

Randhölzer (Diagonalen):

Breite $b_1 =$	100 mm	
Höhe $h_1 =$	240 mm	
Material $Mat_1 =$	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse $FK_1 =$	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat_1)	= GL24h
$\rho_{k1} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK_1)	= 380 kg/m ³

Mittelholz (Gurt):

Breite $b_2 =$	80 mm	
Höhe $h_2 =$	160 mm	
Material $Mat_2 =$	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse $FK_2 =$	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat_2)	= GL24h
$\rho_{k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK_2)	= 380 kg/m ³

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N>2,5)	= Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	= S 235
Durchmesser d =		= 12,0 mm

Anzahl hintereinander in Faserrichtung

in Richtung Diagonale $n_D =$		3
in Richtung Gurt $n_G =$		3
Gesamtanzahl $n =$	$n_D \cdot n_G$	= 9

Abstand untereinander in Faserrichtung

in Richtung Diagonale $a_1 =$	60,00 mm
-------------------------------	----------

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30

Belastung:

Bemessungskraft $F_d =$	50,00 kN
Anschlusswinkel $\alpha =$	40 °

**Berechnung:**

$$\text{Zugfestigkeit } f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";fuk;Bez=S}) = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 69070,88 \text{ Nmm}$$

Gurtstäbe

$$\text{Holzdicke } t_1 = b_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Rohdichte } \rho_{k,1} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";rhok;FK=FK}_1) = 380,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k,1} = 27,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beiwert } k_{90} = \text{WENN}(\text{Mat}_1 = \text{"Laubholz";0,9;1,35}) + 0,015 \cdot d = 1,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 22,49 \text{ N/mm}^2$$

Zugdiagonale (parallel zur Faser)

$$\text{Holzdicke } t_2 = b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Rohdichte } \rho_{k,2} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";rhok;FK=FK}_2) = 380,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k,2} = 27,42 \text{ N/mm}^2$$

charakteristische Tragfähigkeit (zweischrittige Holz-Holz-Verbindung)

$$\text{Verhältniswert } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1,22$$

$$R_{k1} = (f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 26,99 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 13,16 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 10,49 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 7,36 \text{ kN}$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Nachweis:

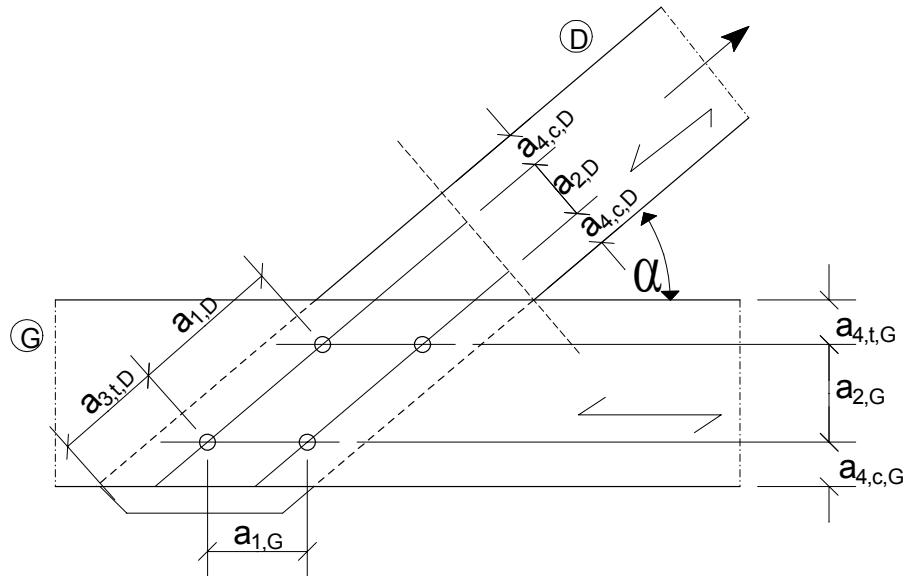
Anschluss:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{ABS}(F_d) = 50,00 \text{ kN}$$

$$\text{Anschluss Tragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} \cdot 2 \cdot n_{ef} = 64,87 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{\underline{0,77 < 1}}$$

Mindestrandabstände für Stabdübel / Passbolzen:



Gurte

$$a_{1,G} = (3+2*\cos(\alpha))*d = 54,4 \text{ mm}$$

$$a_{2,G} = 3*d = 36,0 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,G} = \text{MAX}((2+2*\sin(\alpha))*d; 3*d) = 39,4 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,G} = 3*d = 36,0 \text{ mm}$$

Diagonale

$$a_{1,D} = (3+2*\cos(0))*d = 60,0 \text{ mm}$$

$$a_{3,t,D} = \text{MAX}(7*d; 80) = 84,00 \text{ cm}$$

$$a_{2,D} = 3*d = 36,0 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,D} = 3*d = 36,0 \text{ mm}$$

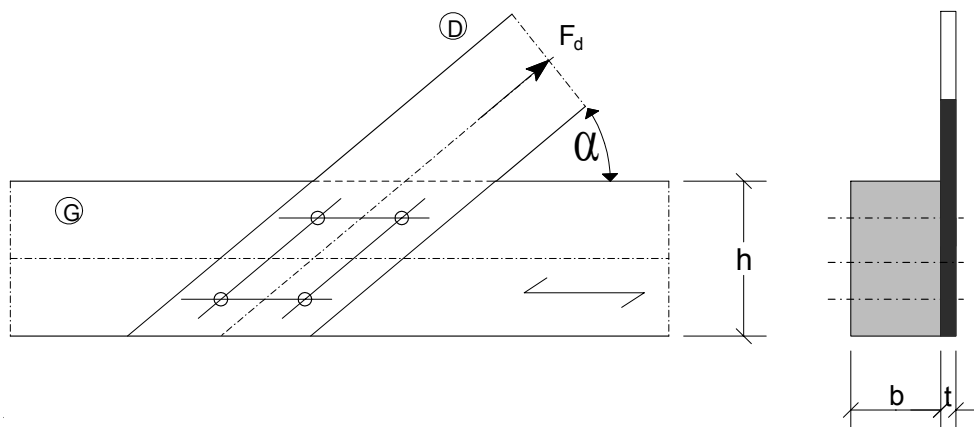
⇒ maßgebende Abstände untereinander

$$a_{2,G} = \text{MAX}(a_{2,G}; a_{1,D} * \sin(\alpha)) = 38,6 \text{ mm}$$

$$a_{2,D} = \text{MAX}(a_{2,D}; a_{1,G} * \sin(\alpha)) = 36,0 \text{ mm}$$

Zugstab an Gurt mit aussenliegendem Stahlblech

einschnittige Stahlblech-Holz Verbindung mit Passbolzen



Eingaben:

Gurtstab:

Breite b =	60 mm	
Höhe h =	160 mm	
Material Mat =	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= C24
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 350 kg/m ³

Stahlblech:

Dicke t =		10,0 mm
-----------	--	---------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/MM";Typ;N=4)	= Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/MM";Bez;Typ=Typ)	= 5.6 / 5.8
Durchmesser d =		10,0 mm

Anzahl hintereinander

in Richtung Diagonale n_D =		2
in Richtung Gurt n_G =		2
Gesamtanzahl n =	$n_D * n_G$	= 4

Abstand untereinander in Faserrichtung

in Gurtrichtung a_1 =	60,00 mm
-------------------------	----------

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Belastung:

Bemessungskraft F_d =	20,00 kN
Anschlusswinkel α =	35 °



Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\text{Zugfestigkeit } f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";fuk;Bez=S}) = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 59716,08 \text{ Nmm}$$

Gurtstab

$$\text{Holzdicke } t_1 = b = 60,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 25,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beiwert } k_{90} = \text{WENN}(\text{Mat}=\text{"Laubholz";0,9;1,35}) + 0,015 \cdot d = 1,50 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{bzw. VM-Durchmesser } k_{90} = \text{WENN}(d \leq 8; 1; k_{90}) = 1,50$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 22,18 \text{ N/mm}^2$$

charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl -Holz-Verbindung)
für ein dünnes Stahlblech, einschnittig:

$$R_{k11} = (0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 5,32 \text{ kN}$$

$$R_{k12} = 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 5,92 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,1} = \text{MIN}(R_{k11}; R_{k12};) = 5,32 \text{ kN}$$

für ein dickes Stahlblech, einschnittig:

$$R_{k13} = (f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 13,31 \text{ kN}$$

$$R_{k14} = \left(f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) \right) \cdot 10^{-3} = 6,87 \text{ kN}$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie
Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

wirksame Bolzenanzahl

$$n_{ef,G} = \text{WENN}(n_G=1;1;(\text{MIN}(n_G; n_G^{0,9} \cdot (a_1 / (13 \cdot d))^{1/4} \cdot (90 - \alpha) / 90 + n_G \cdot \alpha / 90))) = 1,72$$

$$n_{ef} = \text{MIN}(n_D \cdot n_{ef,G}; n) = 3,44$$

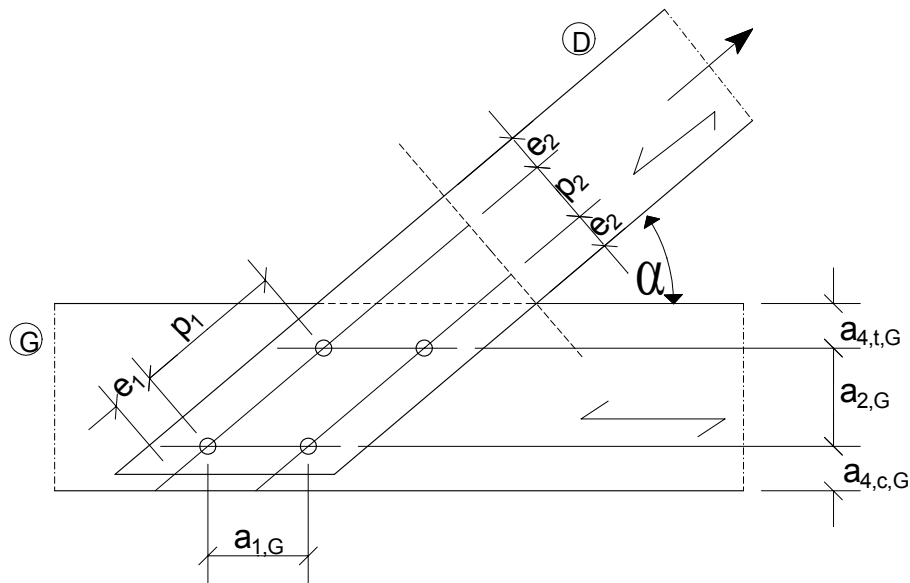
Nachweis:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{ABS}(F_d) = 20,00 \text{ kN}$$

$$\text{Anschlusstragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} \cdot n_{ef} = 16,37 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{\underline{1,22 < 1}}$$

Mindestrandabstände:



Gurtstab



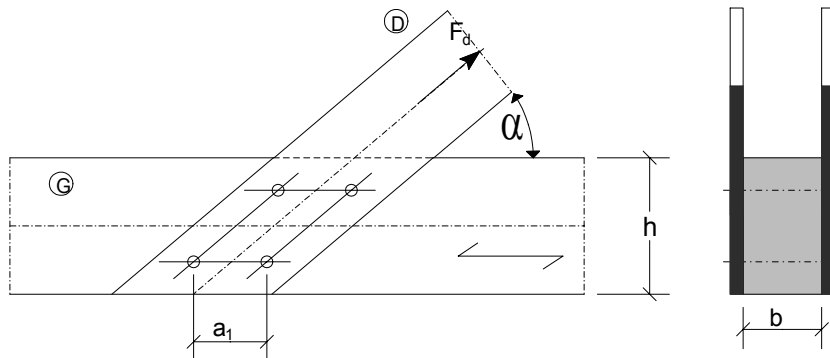
Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$a_{4,t,G} =$	$\text{MAX}((2+2*\text{SIN}(\alpha))*d; 3*d)$	$=$	31,5 mm
$a_{4,c,G} =$	$3*d$	$=$	30,0 mm
Blech			
$e_2 =$	$1,5*(d+1)$	$=$	16,5 mm
$p_2 =$	$a_{1,G}*\text{SIN}(\alpha)$	$=$	26,61 cm

Zugstab an Gurt mit zwei aussenliegenden Stahlblechen



Eingaben:

Gurtstab:

Breite b =	60 mm	
Höhe h =	160 mm	
Material Mat =	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= C24
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 350 kg/m ³

Stahlbleche:

Dicke t =		8,0 mm
-----------	--	--------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N=4)	= Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	= 4.6 / 4.8
Durchmesser d =		10,0 mm

Anzahl hintereinander

in Richtung Diagonale n_D = 2

in Richtung Gurt n_G = 2

Gesamtanzahl n = $n_D \cdot n_G$ = 4

Abstand untereinander in Faserrichtung

in Gurtrichtung a_1 = 60,00 mm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Belastung:

Bemessungskraft F_d = 29,00 kN

Anschlusswinkel α = 35 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$ = TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=S) = 400,00 N/mm²

Fließmoment $M_{y,k}$ = $0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$ = 47772,86 Nmm

Gurtstab

Holzdicke t_2 = b = 60,00 mm

Lochleibung $f_{h,0,k}$ = $0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ = 25,83 N/mm²

Beiwert k_{90} = WENN(Mat="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d = 1,50 N/mm²

bzw. VM-Durchmesser k_{90} = WENN(d ≤ 8; 1; k_{90}) = 1,50

Lochleibung $f_{h,2,k}$ = $\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$ = 22,18 N/mm²



charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl -Holz-Verbindung)
für dünne Stahlbleche als Seitenteile einer zweiseitigen Verbindung:

$$R_{k19} = (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 6,65 \text{ kN}$$

$$R_{k20} = 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 5,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,1} = \text{MIN}(R_{k19}; R_{k20}) = 5,29 \text{ kN}$$

für dicke Stahlbleche als Seitenteile einer zweiseitigen Verbindung:



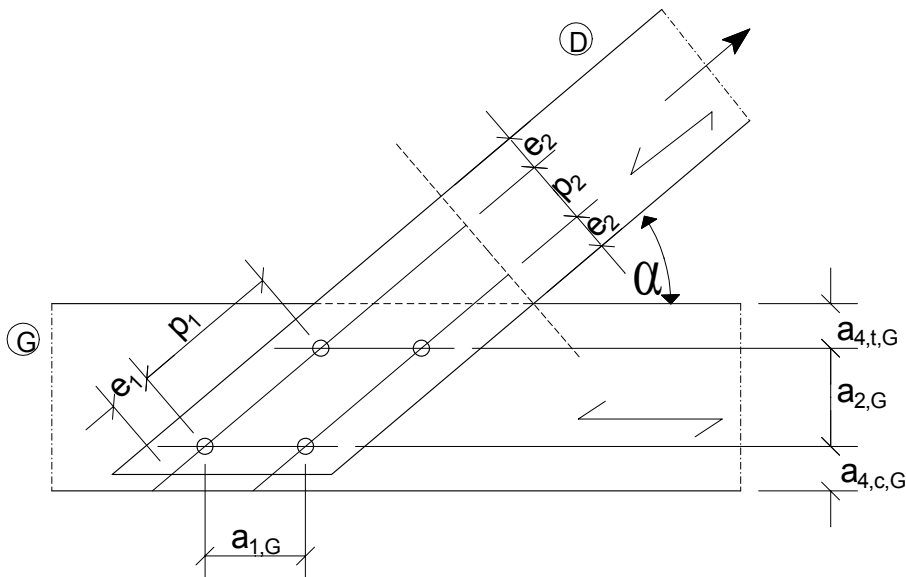
Nachweis:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{ABS}(F_d) = 29,00 \text{ kN}$$

$$\text{Anschluss Tragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} \cdot 2 \cdot n_{ef} = 29,10 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{\underline{1,00 < 1}}$$

Mindestrandabstände für Stabdübel / Passbolzen:



Gurt

$$a_{1,G} = (3 + 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d = 46,4 \text{ mm}$$

$$a_{2,G} = 3 \cdot d = 30,0 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,G} = \text{MAX}((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d; 3 \cdot d) = 31,5 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,G} = 3 \cdot d = 30,0 \text{ mm}$$

Blech

$$e_2 = 1,5 \cdot (d + 1) = 16,5 \text{ mm}$$

$$p_2 = a_{1,G} \cdot \sin(\alpha) = 26,61 \text{ cm}$$



Querzugnachweis:

hier Nachweis für minimalen Randabstand bei Zug in Diagonalen!



Beanspruchbarkeit für Querzug

$w =$

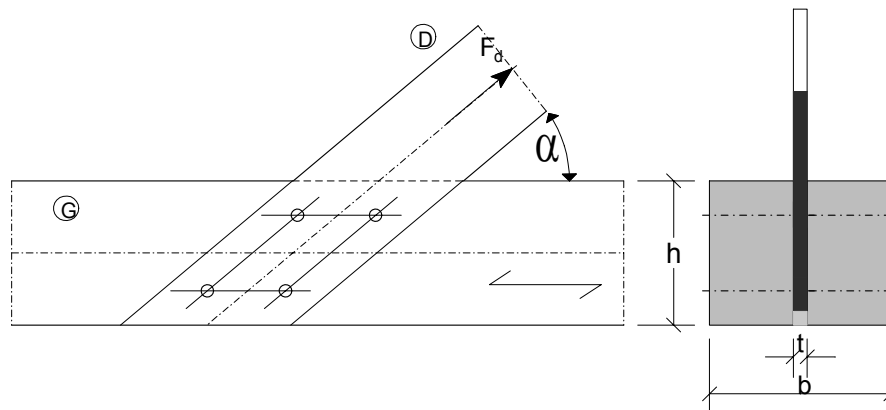
1,0

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \cdot 10^{-3} = 22,12 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 15,31 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = \underline{\underline{1,09 \leq 1}}$$

Zugstab an Gurt mit innenliegendem Stahlblech



Eingaben:

Gurtstab:

Breite b =	120 mm		
Höhe h =	240 mm		
Material Mat =	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat;)	=	GL24h
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³

Stahlblech:

Dicke t =	10,0 mm
Anzahl n_S =	1

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N>2,5)	=	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	S 235
Durchmesser d =		=	12,0 mm

Anzahl hintereinander in Faserrichtung

in Richtung Diagonale n_D =		3
in Richtung Gurt n_G =		3
Gesamtanzahl n =	$n_D * n_G$	= 9

Abstand untereinander in Faserrichtung

in Gurtrichtung a_1 =	60,00 mm
-------------------------	----------

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	=	0,90
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30

Belastung:

Bemessungskraft F_d =	60,00 kN
Anschlusswinkel α =	45 °

Berechnung:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=S)	=	360,0 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$ =	$0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$	=	69070,9 Nmm
Gurtstab			
Holzdicke t_1 =	$\frac{b - t * n_S}{n_S + 1}$	=	55,0 mm
Lochleibung $f_{h,0,k}$ =	$0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k$	=	27,42 N/mm ²



$$\text{Beiwert } k_{90} = \text{WENN}(\text{Mat}="Laubholz"; 0,9; 1,35) + 0,015 * d = 1,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{bzw. VM-Durchmesser } k_{90} = \text{WENN}(d \leq 8; 1; k_{90}) = 1,53$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 21,68 \text{ N/mm}^2$$

charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl-Holz-Verbindung) für Stahlbleche jeder Dicke als Mittelteil einer zweischnittigen Verbindung:

$$R_{k1} = (f_{h,1,k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 14,31 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = \left(f_{h,1,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,k}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2} - 1} \right) \right) * 10^{-3} = 7,63 \text{ kN}$$



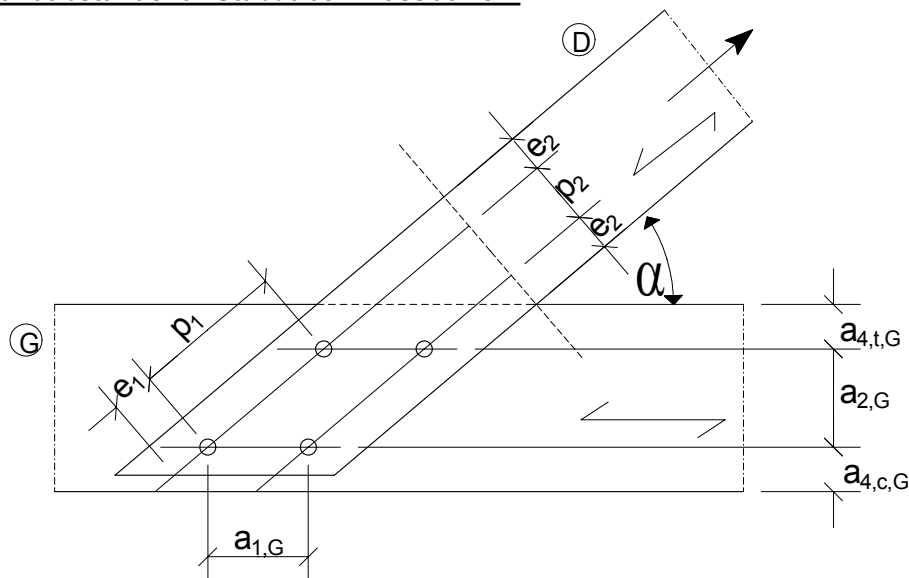
Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Nachweis: $\frac{S_d}{R_d} = \underline{0,74 < 1}$

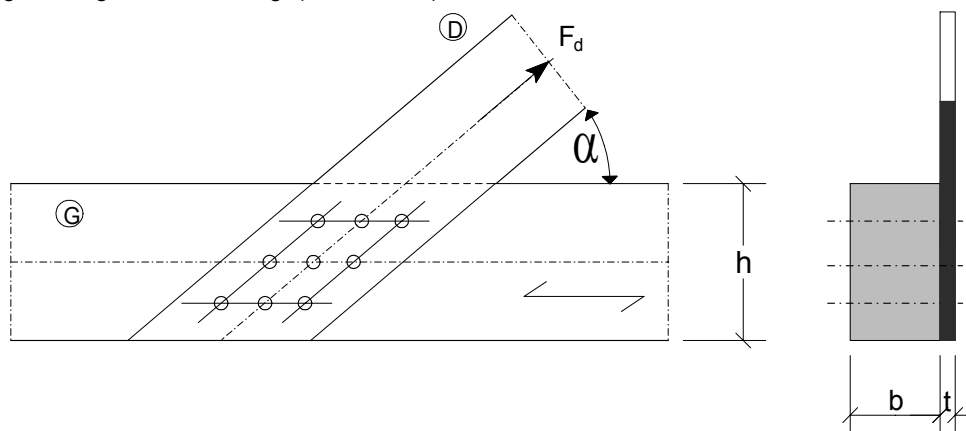
Mindestrandabstände für Stabdübel / Passbolzen:



Gurtstab			
$a_{1,G} =$	$(3 + 2 * \cos(\alpha)) * d$	$=$	53,0 mm
$a_{2,G} =$	$3 * d$	$=$	36,0 mm
$a_{4,t,G} =$	$\text{MAX}((2 + 2 * \sin(\alpha)) * d; 3 * d)$	$=$	41,0 mm
$a_{4,c,G} =$	$3 * d$	$=$	36,0 mm
Blech			
$e_2 =$	$1,5 * (d + 1)$	$=$	19,5 mm
$p_2 =$	$a_{1,G} * \sin(\alpha)$	$=$	37,5 mm

Stahlblech-Holz Verbindung mit Nägeln (ein Stahlblech)

einschnittige Stahlblech-Holz Verbindung mit runden Nägeln; Nägel um mind. $1 \cdot d$ versetzt angeordnet, Anteil aus Seilwirkung der Nägel vernachlässigt (sicher Seite)



Eingaben:

Gurtstab:

Breite b =	120 mm	
Höhe h =	160 mm	
Material Mat =	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= C24
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 350 kg/m ³

Stahlblech:

Dicke t =		8,0 mm
-----------	--	--------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N<2)	= Nagel
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ;d≤6)	= 3.1x65
Anzahl Nägel n =		16
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM";d;Bez=dxl)	= 3,10 mm
Länge l_G =	TAB("EC5_de/VM";l;Bez=dxl)	= 65 mm
Länge Profilierung l_G =	TAB("EC5_de/VM";lg;Bez=dxl)	= 0,00 mm
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl)	= 600 N/mm ²

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Belastung:

Bemessungskraft F_d =	10,00 kN
Anschlusswinkel α =	45 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

Nägel		
$M_{y,k} =$	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	= 3410 Nmm
$f_{h,k} =$	$0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$	= 20,44 N/mm ²
Eindringtiefe $t_1 =$	$\text{MIN}(b; l_G - t)$	= 57,0 mm

charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl -Holz-Verbindung) für ein dünnes Stahlblech, einschnittig *unter Vernachlässigung der Seilwirkung* ($F_{ax,Rk}$):

$R_{k11} =$	$(0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3}$	= 1,44 kN
$R_{k12} =$	$1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \cdot 10^{-3}$	= 0,76 kN



$$F_{v,Rk,1} = \text{MIN}(R_{k11}; R_{k12};) = 0,76 \text{ kN}$$

für ein dickes Stahlblech, einschnittig:

$$R_{k13} = (f_{h,k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 3,61 \text{ kN}$$

$$R_{k14} = \left(f_{h,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,k}}{f_{h,k} * d * t_1^2} - 1} \right) \right) * 10^{-3} = 1,58 \text{ kN}$$

$$R_{k15} = 2,3 * \sqrt{M_{y,k} * f_{h,k} * d} * 10^{-3} = 1,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2} = \text{MIN}(R_{k13}; R_{k14}; R_{k15}) = 1,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{WENN}(t < 0,5 * d; F_{v,Rk,1}; \text{WENN}(t > d; F_{v,Rk,2}; F_{v,Rk,1} + (F_{v,Rk,2} - F_{v,Rk,1}) * (1 - 0,5) * (t/d - 0,5))) = 1,07 \text{ kN}$$

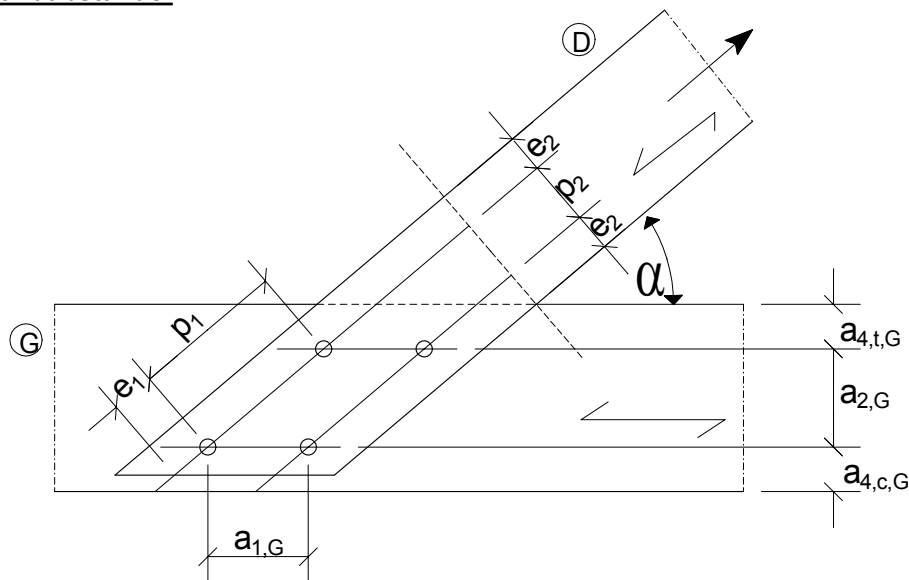
$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} * k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0,74 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\text{Einwirkung } S_d = F_d = 10,00 \text{ kN}$$

$$\text{Anschlussstragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} * n = 11,84 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{\underline{0,84 < 1}}$$

Mindestrandabstände:

Nagelanordnung:

Software zur Dokumentation und Berechnung



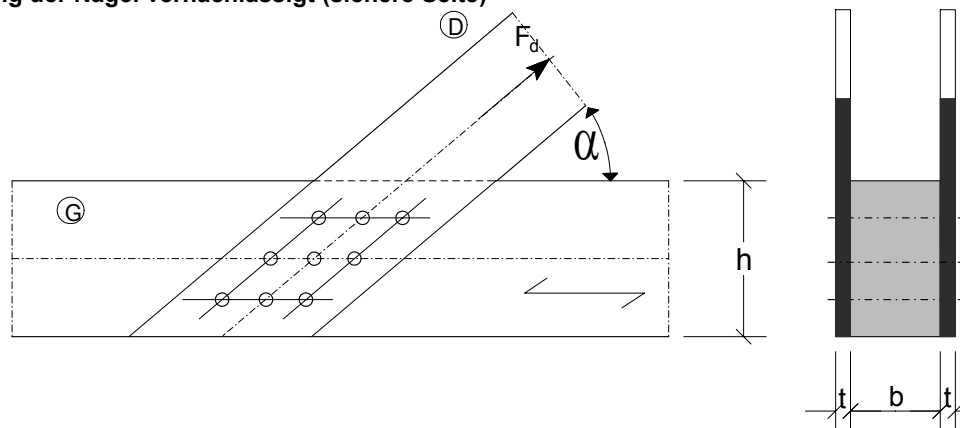
Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\text{Blech } e_2 = 1,5 * (d + 1) = 6,2 \text{ mm}$$

$$p_2 = a_{1,G} * \text{SIN}(\alpha) = 12,7 \text{ mm}$$

Stahlblech-Holz Verbindung mit Nägeln (außenliegende Stahlbleche)

einschnittige Stahlblech-Holz Verbindung mit runden Nägeln; Nägel um mind. $1 \cdot d$ versetzt angeordnet, Anteil aus Seilwirkung der Nägel vernachlässigt (sichere Seite)



Eingaben:

Gurtstab:

Breite b =	240 mm	
Höhe h =	160 mm	
Material Mat =	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= C24
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 350 kg/m ³

Stahlblech:

Dicke t =		8,0 mm
-----------	--	--------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N<2)	= Nagel
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ;d≤6)	= 3.1x70
Anzahl Nägel n =		20
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM";d;Bez=dxl)	= 3,10 mm
Länge l_S =	TAB("EC5_de/VM";l;Bez=dxl)	= 70 mm
Länge Profilierung l_G =	TAB("EC5_de/VM";lg;Bez=dxl)	= 0,00 mm
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl)	= 600 N/mm ²

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Belastung:

Bemessungskraft F_d =	30,00 kN
Anschlusswinkel α =	45 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

Nägel		
$M_{y,k} =$	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	= 3410 Nmm
$f_{h,k} =$	$0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$	= 20,44 N/mm ²
Eindringtiefe $t_1 =$	MIN(b; l_S -t)	= 62,0 mm

charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl -Holz-Verbindung) unter Vernachlässigung der Seilwirkung ($F_{ax,Rk}$):

für ein dünnes Stahlblech, einschnittig		
$R_{k11} =$	$(0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3}$	= 1,57 kN
$R_{k12} =$	$1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \cdot 10^{-3}$	= 0,76 kN



$$F_{v,Rk,1} = \text{MIN}(R_{k11}; R_{k12};) = 0,76 \text{ kN}$$

für ein dickes Stahlblech, einschnittig:

$$R_{k13} = (f_{h,k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 3,93 \text{ kN}$$

$$R_{k14} = \left(f_{h,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,k}}{f_{h,k} * d * t_1^2} - 1} \right) \right) * 10^{-3} = 1,70 \text{ kN}$$

$$R_{k15} = 2,3 * \sqrt{M_{y,k} * f_{h,k} * d} * 10^{-3} = 1,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2} = \text{MIN}(R_{k13}; R_{k14}; R_{k15}) = 1,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{WENN}(t < 0,5 * d; F_{v,Rk,1}; \text{WENN}(t > d; F_{v,Rk,2}; F_{v,Rk,1} + (F_{v,Rk,2} - F_{v,Rk,1}) * (1 - 0,5) * (t/d - 0,5))) = 1,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} * k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0,74 \text{ kN}$$

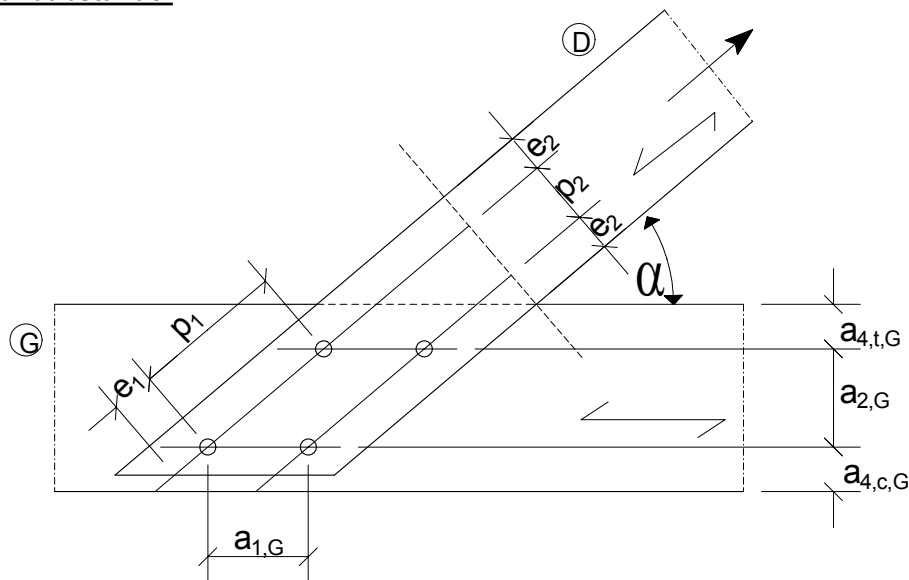
Nachweis:

$$\text{Einwirkung } S_d = F_d = 30,00 \text{ kN}$$

$$\text{Anschlussstragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} * 2 * n = 29,60 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{\underline{1,01 < 1}}$$

Mindestrandabstände:



Nagelanordnung:

Software zur Dokumentation und Berechnung

Cmaster

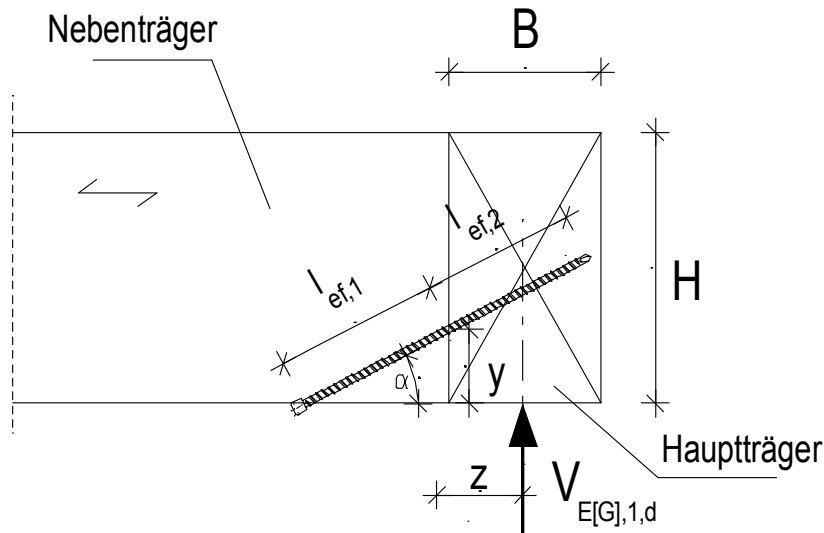
Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\text{Blech } e_2 = 1,5 * (d + 1) = 6,2 \text{ mm}$$

$$p_2 = a_{1,G} * \text{SIN}(\alpha) = 12,7 \text{ mm}$$

Kapitel Nebenträgeranschlüsse

Nebenträgeranschluß mit einer schräg angeordneten Schraube



Material:

Baustoff BS = GEW("EC5_de/mat"; B;) = Nadelholz
 Festigkeitsklasse FK = GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS) = C24

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK = GEW("EC5_de/mod"; N;) = 1
 KLED = GEW("EC5_de/mod"; K;) = mittel
 k_{mod} = TAB("EC5_de/mod"; kmod; N=NK; K=KLED) = 0,80
 Sicherheitsbeiwert γ_M = 1,30

Reibwert zwischen den zu verbindenden Teilen mit einer Schraube!
 μ = 0,25

Querschnitt:

Breite B = 200 mm
 Höhe H = 300 mm

System:

Der Nebenträger ist über eine Schraube mit dem Hauptträger kraftschlüssig verbunden.
aufzunehmende Querkraft

V_d = 2,00 kN

Schnitthöhe Schraube/Scherfuge
 y = 150 mm

für gelenkig gelagerte Hauptträger ist $z = B/2$ und bei eingespannt gelagerten Hauptträgern ist $z = 0$.
 $z = B/2 = 100$ mm

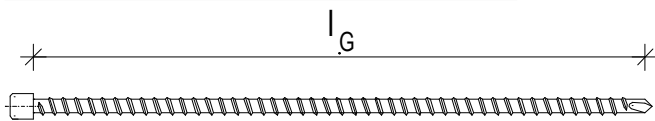
Voraussetzung $\alpha \leq \alpha_2$, wenn der Hauptträger gelenkig gelagert ist :

$\alpha_2 = \text{ATAN}((H - y)/z) = 56,31^\circ$

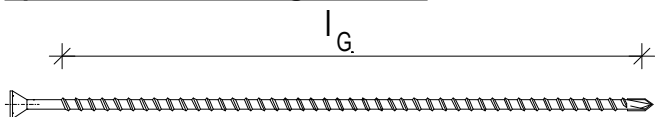
Winkel zwischen Schraubenachse und Faserrichtung des Nebenträgers
 gewählt $\alpha = 35,00^\circ$

Verbindungsmittel:

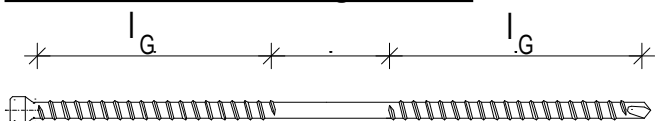
ASSY VG plus nach Zulassung Z-9.1-614



Spax-S nach Zulassung Z-9.1-519



SFS-WT-T nach Zulassung Z-9.1-472



gewählte Vollgewindeschraube :

Typ = GEW("EC5_de/VG"; Typ;) = Spax-S

Außendurchmesser
 $d = \text{GEW}(\text{"EC5_de/VG"}; d_1; \text{Typ}=\text{Typ}) = 8,0 \text{ mm}$

Innendurchmesser
 $d_1 = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VG"}; d_2; \text{Typ}=\text{Typ}; d_1=d) = 5,0 \text{ mm}$

Schraubenlänge
 $l_S = \text{GEW}(\text{"EC5_de/VG"}; l_S; \text{Typ}=\text{Typ}; d_1=d) = 400 \text{ mm}$

Gewindelänge Schraube
 $l_G = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VG"}; l_G; \text{Typ}=\text{Typ}; l_S=l_S) = 375 \text{ mm}$

Gewindelängen im Holzteil für **Spax-S** und **ASSY-VG plus** Schrauben
(bei SFS-WT-T Schrauben ist die gewindefreie Schaftlänge noch zu berücksichtigen!)

$$l_{\text{ef},1} = \frac{y}{\sin(\alpha)} - (l_S - l_G) = 237 \text{ mm}$$

maximal mögliche Einschraubtiefe im Hauptträger

$$l_{\text{ef},2,\text{max}} = \frac{B}{\cos(\alpha)} = 244 \text{ mm}$$

$$l_{\text{ef},2} = l_G - l_{\text{ef},1} = 138 \text{ mm}$$

$$l_{\text{ef},2} / l_{\text{ef},2,\text{max}} = \underline{\underline{0,57 \leq 1}}$$

kleinere Länge ist maßgebend

$$l_{\text{ef}} = \text{MIN}(l_{\text{ef},1}; l_{\text{ef},2}) = 138 \text{ mm}$$



Berechnung:

Charakteristischer Wert des Ausziehparameters (Herstellerangabe!)
 $f_{ax,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/AP"}; f1,k; \text{Typ}=\text{Typ}; \text{FK}=\text{FK}) = 9,80 \text{ N/mm}^2$



⇒ charakteristische Ausziehresistenz des Gewindes aus dem Holz

$$k_d = \text{MIN}(0,125 * d; 1) = 1,000$$

$$R_{ax,\alpha,k} = \text{MIN}\left(\frac{1 * f_{ax,k} * d * l_{ef} * k_d}{1,2 * \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2}\right) * 10^{-3}; R_{t,u,d} = 9,54 \text{ kN}$$

$$R_{ax,\alpha,d} = R_{ax,\alpha,k} * k_{mod} / \gamma_M = 5,871$$

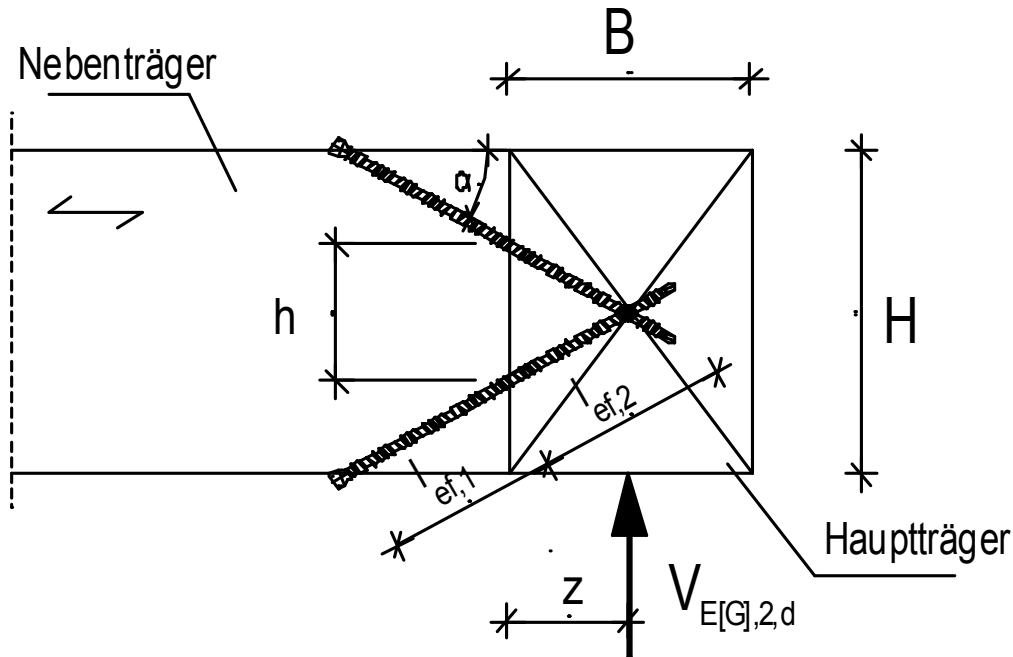
Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft

$$V_{E[G],1,d} = R_{ax,\alpha,d} * (\text{SIN}(\alpha) + \mu * \text{COS}(\alpha)) = 4,57 \text{ kN}$$

Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel

$$\frac{V_d}{V_{E[G],1,d}} = \underline{\underline{0,44 \leq 1}}$$

Nebenträgeranschluß mit gekreuzten Schrauben



Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= C30
Rohdichte ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; ρ_k ; FK=FK)	= 380 kg/m ³

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= mittel
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; k_{mod} ; N=NK; K=KLED)	= 0,80
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Reibwert zwischen den zu verbindenden Teilen mit einer Schraube!

μ = 0,25

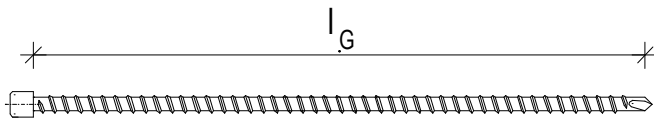
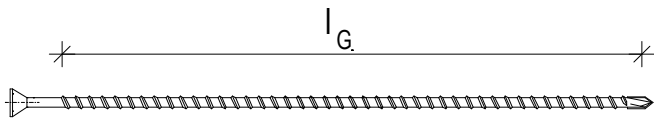
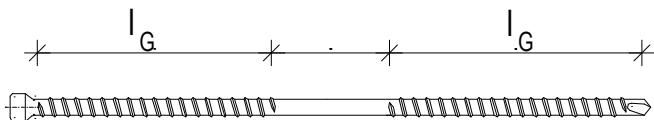
Querschnitt:

Höhe H =	300 mm
Breite B =	200 mm

System:

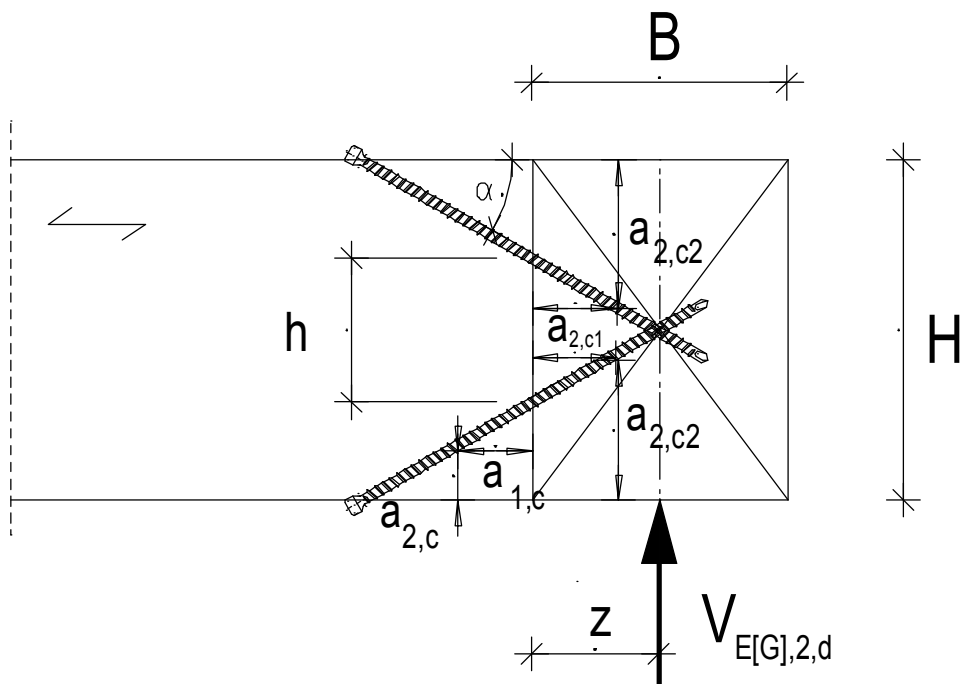
Nebenträger ist über gekreuzte selbstbohrende Schrauben mit dem Hauptträger verbunden.
aufzunehmende Querkraft

V_d = 6,20 kN

Verbindungsmittel:
ASSY VG plus nach Zulassung Z-9.1-614

Spax-S nach Zulassung Z-9.1-519

SFS-WT-T nach Zulassung Z-9.1-472

gewählte selbstbohrende Gewindeschraube

Typ =	GEW("EC5_de/VG"; Typ;)	ASSY VG plus
Außendurchmesser	d = GEW("EC5_de/VG"; d1; Typ=Typ)	= 8,0 mm
Innendurchmesser	d ₁ = TAB("EC5_de/VG"; d ₂ ; Typ=Typ;d ₁ =d)	= 4,9 mm
Schraubenlänge	l _S = GEW("EC5_de/VG"; l _S ; Typ=Typ; d ₁ =d)	= 150 mm
Gewindelänge Schraube	l _G = TAB("EC5_de/VG"; l _G ; Typ=Typ;l _S =l _S)	= 150 mm
Für ein gelenkig gelagerten Hauptträger errechnet sich z mit:		
z =	$\frac{B}{2}$	= 100 mm

Für torsionssteife Hauptträger gilt z:z = 0.





Ermittlung von l_{ef} und den Schraubenabständen nur für den Schraubentyp ASSY VG plus

$$\alpha_1 = \operatorname{atan} \left(\frac{4 \cdot d - \frac{1}{4} \cdot H}{-2 \cdot \frac{z}{4}} \right) = 40,70^\circ$$

$$\alpha_2 = \operatorname{atan} \left(\frac{H}{4 \cdot \left(5 \cdot d + \frac{z}{2} \right)} \right) = 39,81^\circ$$

Der gewählte Einschraubwinkel beträgt:

gewählt $\alpha = 39,00^\circ$

$$h = 2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) = 162 \text{ mm}$$

$$a_{1,c,vorh} = \frac{1}{4} \cdot \frac{(H-h)}{\tan(\alpha)} = 43 \text{ mm}$$

$$a_{2,c,vorh} = \frac{1}{4} \cdot (H-h) = 35 \text{ mm}$$

Gewindelänge im Nebenträger

$$l_{ef,1} = \sqrt{(2 \cdot a_{1,c,vorh})^2 + (2 \cdot a_{2,c,vorh})^2} = 111 \text{ mm}$$

maximal mögliche Einschraubtiefe im Hauptträger

$$l_{ef,2,max} = \frac{B}{\cos(\alpha)} = 257 \text{ mm}$$

Gewindelänge im Hauptträger

$$l_{ef,2} = l_G - l_{ef,1} = 39 \text{ mm}$$

kleinere Länge ist maßgebend

$$l_{ef} = \operatorname{MIN}(l_{ef,1}; l_{ef,2}) = 39 \text{ mm}$$

Überprüfung, ob die auf Hineindrücken beanspruchte Schraube knickgefährdet ist.

$$l_{ef,K} = 11500 \cdot \left(\frac{d}{\rho_k} \right)^{1,1} = 165 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{ef,1}}{l_{ef,K}} = \underline{\underline{0,67 \leq 1}}$$

$$\frac{l_{ef,2}}{l_{ef,K}} = \underline{\underline{0,24 \leq 1}}$$

Überprüfung der Abstände im Nebenträger

Abstand des Schwerpunktes im Holz eingedrehten Gewindeteils von der Hirnholzfläche

$$a_{1,c,vorh} = \frac{1}{4} \cdot \frac{(H-h)}{\tan(\alpha)} = 43 \text{ mm}$$

$$a_{1,c,min} = 5 \cdot d = 40 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunktes im Holz eingedrehten Gewindeteils von der Seitenholzfläche

$$a_{2,c,vorh} = \frac{1}{4} \cdot (H-h) = 35 \text{ mm}$$

$$a_{2,c,min} = 4 \cdot d = 32 \text{ mm}$$



Kontrolle:

$$\frac{a_{1,c,min}}{a_{1,c,vorh}} = \underline{0,93 \leq 1}$$

$$\frac{a_{2,c,min}}{a_{2,c,vorh}} = \underline{0,91 \leq 1}$$

Überprüfung der Abstände im Haupträger



Berechnung:

Charakteristischer Wert des Ausziehparameters (Herstellerangabe!)

$$f_{ax,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/AP"}; f1,k; \text{Typ}=\text{Typ}; \text{FK}=\text{FK}) = 11,55 \text{ N/mm}^2$$

Zugtragfähigkeit des Schraubenstahls $R_{t,u,d}$

$$R_{t,u,d} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VG"}; R_{ud}; \text{Typ}=\text{Typ}; d_1=d) = 15,10 \text{ kN}$$

wenn gilt:

$$6 / d = 0,75 \leq 1$$

$$d / 12 = 0,67 \leq 1$$

$$0,6 / (d_1/d) = 0,98 \leq 1$$

$$(d_1/d) / 0,75 = 0,82 \leq 1$$

⇒ charakteristische Ausziehwanstand des Gewindes aus dem Holz

$$k_d = \text{MIN}(0,125 * d; 1) = 1,000$$

$$R_{ax,\alpha,k} = \text{MIN}\left(\frac{1 * f_{ax,k} * d * l_{ef} * k_d}{1,2 * \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2}\right) * 10^{-3}; R_{t,u,d} = 3,22 \text{ kN}$$

$$R_{ax,\alpha,d} = R_{ax,\alpha,k} * k_{mod} / \gamma_M = 1,982$$

Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft

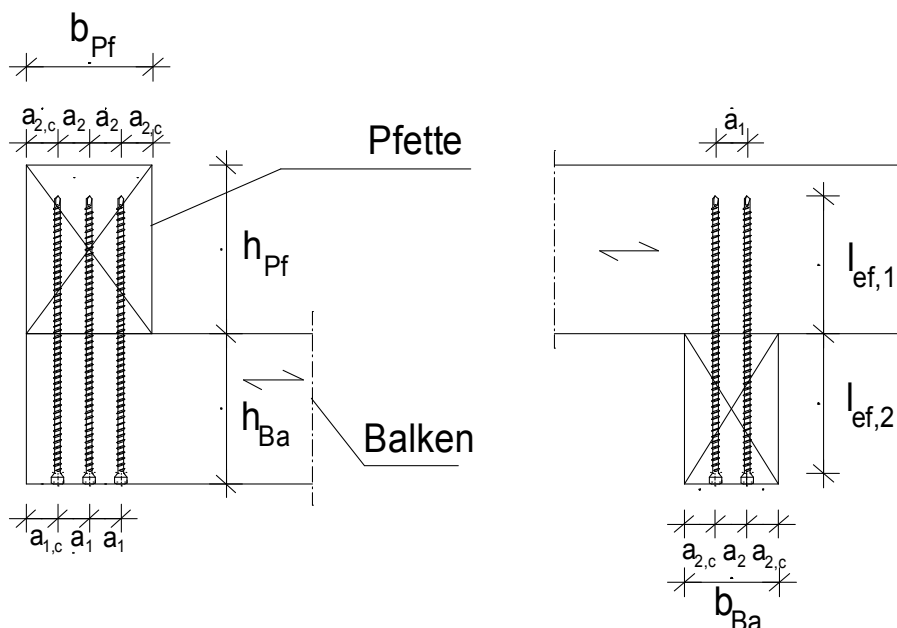
$$V_{E[G],2,d} = 2 * R_{ax,\alpha,d} * \text{SIN}(\alpha) = 2,49 \text{ kN}$$

Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel

$$\frac{V_d}{V_{E[G],2,d}} = \underline{2,49 \leq 1}$$

Anschluss mit selbstbohrenden Vollgewindeschrauben

Bemessung nach EC5-1-1, 8.7.2 \Rightarrow siehe auch aktuelle Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen der Hersteller (z.B. Spax: Z-9.1-519), evtl. abweichende Angaben vorhanden!



Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL28c
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30

Querschnitt:

Pfettenbreite b_{Pf} =	180 mm
Pfettenhöhe h_{Pf} =	240 mm
Balkenbreite b_{Ba} =	80 mm
Balkenhöhe h_{Ba} =	160 mm

System:

aufzunehmende Kraft F_d =	25,0 kN
Anzahl der Schrauben	
auf Pfettenbreite $n_{n,P}$ =	2
auf Balkenbreite $n_{n,B}$ =	1

Verbindungsmittel:

gewählte Vollgewindeschraube

Typ =	GEW("EC5_de/VG"; Typ;)	=	Spax-S
Aussendurchmesser			
d =	GEW("EC5_de/VG"; d1; Typ=Typ)	=	8 mm
Innendurchmesser			
d_1 =	TAB("EC5_de/VG"; d2; Typ=Typ; d1=d)	=	5 mm
Schraubenlänge			
l_S =	GEW("EC5_de/VG"; l_S; Typ=Typ; d_1=d)	=	400 mm
Gewindelänge Schraube			
l_G =	TAB("EC5_de/VG"; l_G; Typ=Typ; l_S=l_S)	=	375 mm



Gewindelänge im Holzteil (gewindefreie Schaftlänge bei SFS-WT-T berücksichtigen)

$$l_{ef,1} = l_S - h_{Ba} = 240 \text{ mm}$$
$$l_{ef,2} = l_G - l_{ef,1} = 135 \text{ mm}$$

Mindesteinbindetiefe nach DIN EN 1995-1-1, 8.7.2(3)

$$6 * d / l_{ef,1} = \underline{\underline{0,20 \leq 1}}$$

Für Verbindungen mit Schrauben nach EN 14592 muss gelten:

$$6 * d / l_{ef,1} = \underline{\underline{0,20 \leq 1}}$$

$$0,6 / (d_1 / d) = \underline{\underline{0,96 \leq 1}}$$

$$(d_1 / d) / 0,75 = \underline{\underline{0,83 \leq 1}}$$

Mindestabstände der Schrauben



Kontrolle

$$b_{min,Pf} / b_{Pf} = \underline{\underline{0,58 \leq 1}}$$

$$b_{min,Ba} / b_{Ba} = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit:

$$f_{1,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/AP"; } f_{1,k}; \text{Typ=Typ;FK=FK}) = 11,55 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ax,k} = 0,52 * d^{-0,5} * l_{ef,1}^{-0,1} * \rho_k^{0,8} = 12,31 \text{ N/mm}^2$$

$$k_d = \text{MIN}(d / 8; 1) = 1,00$$

$$n_{ef} = (n_{n,B} * n_{n,P})^{0,9} = 1,87$$

Auszieh Widerstand der Verbindung

$$F_{ax,90,Rk} = n_{ef} * f_{ax,k} * d * l_{ef,1} * k_d * 10^{-3} = 44,20 \text{ kN}$$

$$F_{ax,90,Rd} = F_{ax,90,Rk} * k_{mod} / \gamma_M = 27,20 \text{ kN}$$

Zugtragfähigkeit der Schrauben

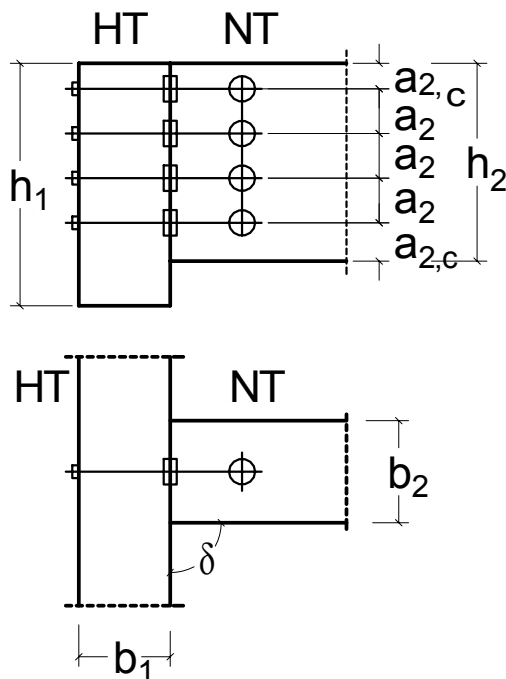
$$R_{u,d} = n_{n,B} * n_{n,P} * \text{TAB}(\text{"EC5_de/VG"; } R_{u,d}; \text{Typ=Typ;d}_1=d) = 27,20 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$F_d / \text{MIN}(F_{ax,90,Rd}; R_{u,d}) = \underline{\underline{0,92 \leq 1}}$$

Hirnholzanschluß mit Dübeltyp A1

NCI NA.8.11 (NA.1) Das Vollholz muss bei Herstellung der Verbindung eine Feuchte unterhalb 20 % besitzen.



System:

Hauptträgerhöhe h_1 =	40 mm
Hauptträgerbreite b_1 =	16 mm
Nebenträgerhöhe h_2 =	36 mm
Nebenträgerbreite b_2 =	12 mm
Anschlußwinkel δ =	$90,00^\circ \geq 45$
Anzahl der Dübel hintereinander n_c =	4

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,80
$f_{t,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	16,50 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30
Dübel besonderer Bauart A1:			
Durchmesser d_c =	GEW("EC5_de/A1"; dc; dc≤130)	=	65 mm
erf. Bolzendurchmesser :	TAB("EC5_de/A1"; d; dc=dc)	=	12 bis 24
Einbindetiefe h_e =	TAB("EC5_de/A1"; he; dc=dc)	=	15,0 mm
Dübelfehlfäche ΔA =	TAB("EC5_de/A1"; dA; dc=dc)	=	980 mm ²
Bolzen:			
Ø Bolzen d_b =	12,0 mm (12≤d≤24)		
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; N=4)	=	3.6

Belastung:

$F_{la,d}$ =	26,40 kN
--------------	----------



Berechnung:

charakteristische Tragfähigkeit in Faserrichtung $F_{v,0,Rk}$ je Verbindungseinheit:

$$F_{v,0,Rk} = \text{MIN}(35 \cdot d_c^{1,5}; h_e \cdot 31,5 \cdot d_c) \cdot 10^{-3} = 18,34 \text{ kN}$$

$$k_H = \text{WENN}(n_c \leq 2; 0,65; 0,8) = 0,80$$

$$F_{v,H,Rk} = \frac{k_H}{1,3 + 0,001 \cdot d_c} \cdot F_{v,0,Rk} = 10,75 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit des Hirnholzanschlusses:



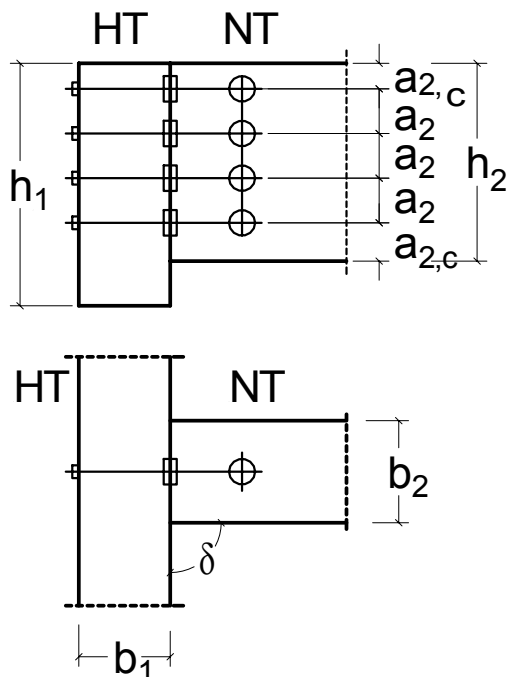
$$\frac{F_{la,d}}{F_{v,H,Rd}} = \underline{\underline{1,00 \leq 1}}$$

Tabelle NA.19 — Anforderungen an die Holzmaße und die Dübelabstände bei Hirnholzanschlüssen mit Dübeln besonderer Bauart:

	1	2	3	4	5
1	Dübeltyp	Dübeldurchmesser d_c mm	Breite des anzuschließenden Trägers mm min.	Randabstand $a_{2,c}$ mm min.	Abstand der Dübel untereinander a_2 mm min.
2	A1	65	110	55	80
3		80	130	65	95
4		95	150	75	110
5		126	200	100	145

Hirnholzanschluß mit Dübeltyp C1

NCI NA.8.11 (NA.1) Das Vollholz muss bei Herstellung der Verbindung eine Feuchte unterhalb 20 % besitzen.



System:

Hauptträgerhöhe h_1 =	40 mm
Hauptträgerbreite b_1 =	16 mm
Nebenträgerhöhe h_2 =	36 mm
Nebenträgerbreite b_2 =	12 mm
Anschlußwinkel δ =	$90,00^\circ \geq 45$
Anzahl der Dübel hintereinander n_c =	4

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,80
$f_{t,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	16,50 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =			1,30
Dübel besonderer Bauart C1:			
Dübeltyp T =	GEW("EC5_de/DüC"; Typ;)	=	C1
Durchmesser d_c =	GEW("EC5_de/DüC"; dc; Typ=T; dc≤140)	=	62 mm
Einbindetiefe h_e =	TAB("EC5_de/DüC"; he; dc=dc)	=	7,4 mm
Dübelfehlfläche ΔA =	TAB("EC5_de/DüC"; dA; dc=dc; Typ=T)	=	300 mm ²
Bolzen:			
Ø Bolzen d_b =			12,0 mm (12≤d≤24)
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; N=4)	=	3.6
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=S)	=	300 N/mm ²

Belastung:

$F_{la,d}$ =	26,40 kN
--------------	----------



Holzbau nach EN 1995

Kapitel Nebenträgeranschlüsse

DIN
EN 1995

Seite: 47

Berechnung:

Tragfähigkeit des Bolzens:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_b) \cdot \rho_k = 27,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beiwert } k_{90} = \text{WENN}(\text{BS} = \text{"Laubholz"}; 0,9; 1,35) + 0,015 \cdot d_b = 1,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(90) + \cos(90)} = 17,92 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_b^{2,6} = 57559 \text{ Nmm}$$

$$F_{b,90,Rk} = \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_b} = 4975,44 \text{ N}$$

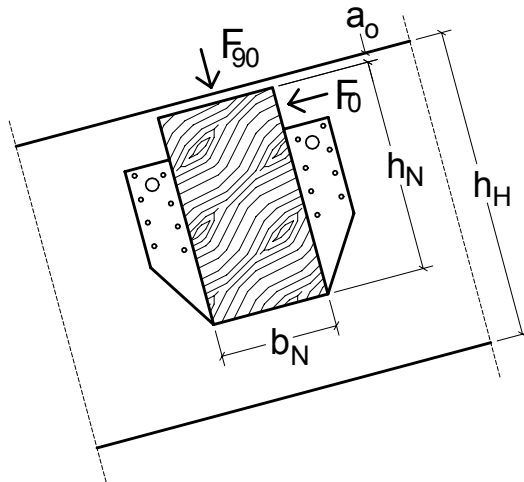


$$\frac{F_{la,d}}{F_{v,H,Rd}} = 0,99 \leq 1$$

Tabelle NA.19 — Anforderungen an die Holzmaße und die Dübelabstände bei Hirnholzanschlüssen mit Dübeln besonderer Bauart:

	1	2	3	4	5
1	Dübeltyp	Dübeldurchmesser d_c mm	Breite des anzuschließenden Trägers mm min.	Rand- abstand $a_{2,c}$ mm min.	Abstand der Dübel untereinander a_2 mm min.
6	C1	50	100	50	55
7		62	115	55	70
8		75	125	60	90
9		95	140	70	110
10		117	170	85	130
11		140	200	100	155
12	C10	50	100	50	65
13		65	115	60	85
14		80	130	65	100
15		95	150	75	115
16		115	170	85	130

Balkenschuh



System:

Breite Nebenträger b_N =	100 mm
Höhe Nebenträger h_N =	200 mm
Breite Hauptträger b_H =	140 mm
Höhe Hauptträger h_H =	380 mm

oberer Abstand zwischen Haupt- und Nebenträger:
 a_0 = 0,00 mm

Belastung:

$F_{0,d}$ =	2,90 kN
$F_{90,d}$ =	10,70 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24c
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	lang

Nägel:

Verbindungsmedium Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N<3)	=	Rillennagel
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	4.0x50

Balkenschuh:

Beanspruchungsrichtung			
B =	GEW("EC5_de/BSR1"; B;)	=	zum Bodenblech
Ausnagelung A =	GEW("EC5_de/BSR1"; A;)	=	voll
Balkenschuh Typ =	GEW("EC5_de/BSR1"; BxH;b=b _N)	=	100x140

d =	TAB ("EC5_de/VM"; d; Bez=dxl)	=	4,0 mm
l_S =	TAB ("EC5_de/VM"; l; Bez=dxl)	=	50,0 mm
$R_{1,d}$ =	TAB("EC5_de/BSR1"; R1.d; A=A; B=B; BxH=Typ; l= l_S)	=	16,80 kN
$R_{2,d}$ =	TAB("EC5_de/BSR2"; R2.d; BxH=Typ; HN= h_N ; l= l_S)	=	4,91 kN
B =	TAB("EC5_de/BSR1"; b; BxH=Typ)	=	100,0 mm
H =	TAB("EC5_de/BSR1"; h; BxH=Typ)	=	140,0 mm



Berechnung:

$$\text{Grundform } G = B + 2 \cdot H = 380,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Abstand oberster Nagel:} \\ e = \text{WENN}(G < 260; 6; \text{WENN}(G < 500; 7; 10)) = 7,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Korrekturfaktor:} \\ f = \text{TAB}(\text{"EC5_de/BSKor"}; f; K_n = \text{KLED}) = 0,88 \end{aligned}$$

Abstand oberster Nagel bis Oberkante Hauptträger:



$$\begin{aligned} \text{Abstand oberster Nagel bis Unterkante Hauptträger:} \\ a = h_H - H_T = 313,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{a}{h_H} = 0,82 > 0,7$$

-> kein Quersugnachweis erforderlich.

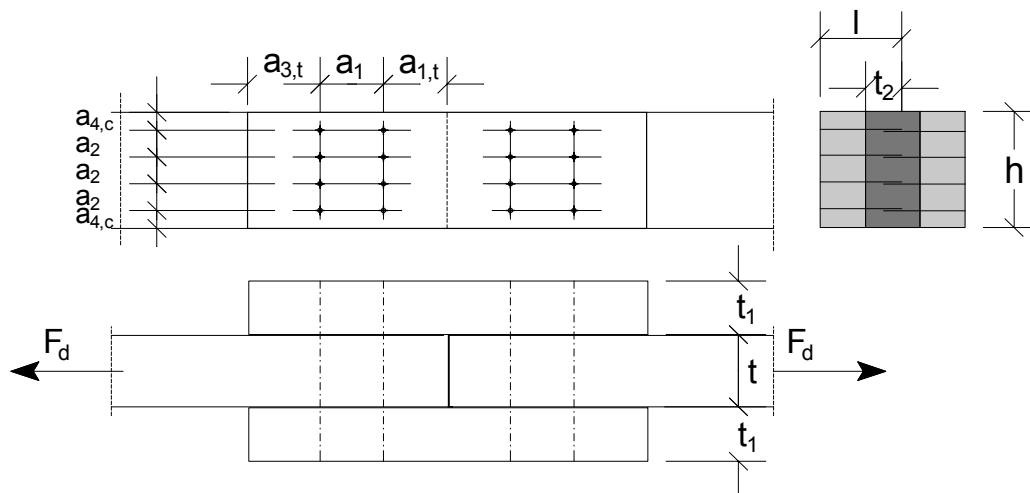
Nachweis:

$$\left(\frac{F_{90,d}}{f \cdot R_{1,d}} \right)^2 + \left(\frac{F_{0,d}}{f \cdot R_{2,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,97 \leq 1}}$$

Kapitel Zugstöße

Zugbelasteter Laschenstoß aus Nadelvollholz

gleiches Material für Zugstab und Laschen; Nägel nicht vorgebohrt mit $d \leq 6\text{ mm}$; versetzte Anordnung



System:

Höhe Zugstab $h =$	100 mm
Dicke Zugstab $t =$	60 mm
Dicke Lasche $t_1 =$	50 mm

$a_1 =$	40 mm
$a_2 =$	20 mm
$a_{3,t} =$	55 mm
$a_{4,c} =$	20 mm

Einwirkungen:

$F_d =$	9,00 kN
---------	---------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Nadelholz;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
$f_{t,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	18,00 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		=	1,30
Nägel:			
Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N<2)	=	Nagel
Größe $dxl =$	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ; d≤6)	=	3.4x90
Durchmesser $d =$	TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	3,40 mm
Nagellänge $l =$	TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	90,0 mm
$f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	600 N/mm ²

Überprüfung der Geometrie:

Mindestholzdicke zur Vermeidung der Spaltgefahr			
$t_{min} =$	$\text{MAX}(7 * d; (13 * d - 30) * \rho_k / 400)$	=	23,8 mm
$t_{min} / \text{MIN}(t_1; t) =$	$=$	0,48 ≤ 1	
Begrenzung der Übergreifungslänge von nicht vorgebohrten Nägeln			



Einbindetiefe in Mittelholz (Zugstab)
 $t_2 = l - t_1 = 40,0 \text{ mm}$
 $4 \cdot d / (t - t_2) = \underline{0,68 \leq 1}$

Nagelanordnung:



Tragfähigkeitsberechnung

Mindestdicken in der einschnittigen Holz-Holz-/Holz-Holzwerkstoff-Verbindung

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 4336 \text{ Nmm}$$
$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 21,59 \text{ N/mm}^2$$

bei gleichem Material gilt:

$$\beta = 1,00$$

Laschen

$$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 30,18 \text{ mm}$$

Stab

$$t_{req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 30,18 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} / t_1 = 0,60$$

$$t_{req} / t = 0,50$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = 1,0 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \cdot \text{MIN}(\text{MIN}(t_1/t_{1,req}; t/t_{req}); 1) = 797,9 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / 1,1 = 653 \text{ N}$$

a) erforderliche Nagelanzahl, (Zugbeanspruchbarkeit der Nägel nicht berücksichtigt)

⇒ Nägel in einer Reihe in Faserrichtung, rechtwinklig zur Faserrichtung sind um mind. 1*d versetzt angeordnet!

$$n_{erf} = \text{MAX}((0,5 \cdot F_d \cdot 10^3) / F_{v,Rd}; 2) = 6,9$$

gewählte Nagelanzahl je Scherfläche

$$\text{Nagelanzahl gewählt } n = 8$$

$$n_{erf} / n = \underline{0,86 \leq 1}$$



b) Tragfähigkeitsnachweis der Hölzer im Anschlussbereich:
⇒ Nägel $d < 6$ mm ohne Vorbohren: keine Querschnittsschwächung zu berücksichtigen

Zugstab:



$$f_{t,0,d} = k_{ht} \cdot k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 14,97 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = F_d \cdot 10^3 / A_n = 1,50 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} = \underline{\underline{0,10 \leq 1}}$$

Außen liegende Laschen, einseitig beansprucht, nicht vorgebohrte Nägel:

$$A_n = t_1 \cdot h = 5000 \text{ mm}^2$$

$$k_{ht} = \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } t_1 < 150; \text{MIN}((150/t_1)^{0,2}; 1,3); 1) = 1,246$$

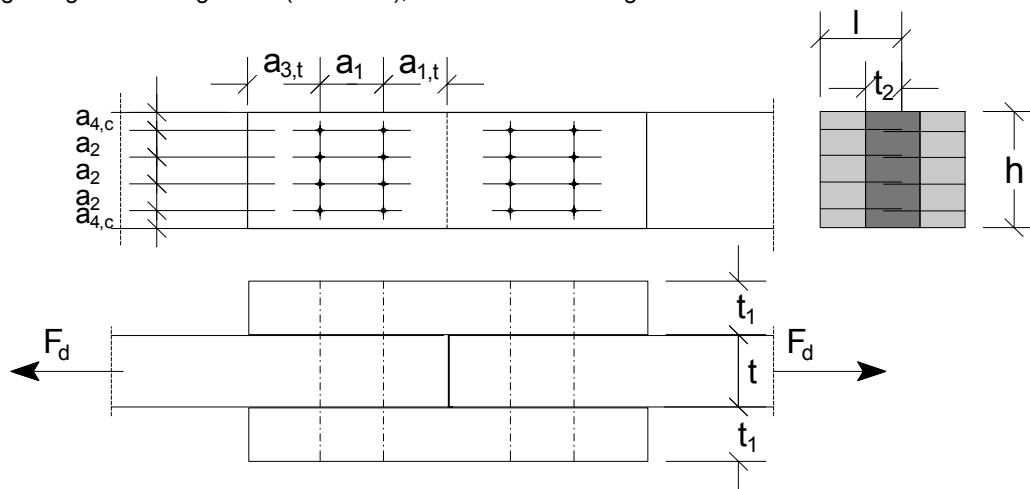
$$f_{t,0,d} = k_{ht} \cdot k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 15,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = 0,5 \cdot F_d \cdot 10^3 / A_n = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} / (2/3 \cdot f_{t,0,d}) = \underline{\underline{0,09 \leq 1}}$$

Zugbelasteter Laschenstoß aus Nadelvollholz (Zugkraftanteil)

einschnittige Nägel nicht vorgebohrt ($d \leq 6\text{mm}$); versetzte Anordnung



System:

Höhe Zugstab h =	100 mm
Dicke Zugstab t =	50 mm
Dicke Lasche t_1 =	30 mm

a_1 =	30 mm
a_2 =	15 mm
$a_{1,t}$ =	45 mm
$a_{3,t}$ =	45 mm
$a_{4,c}$ =	20 mm

Einwirkungen:

F_d =	20,00 kN
---------	----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Nadelholz;")	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	ständig
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,60
$f_{t,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	14,00 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30

Nägel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N<2)	=	Nagel
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ; d≤6)	=	3.1x65
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	3,10 mm
Nagellänge l =	TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	65,0 mm
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	600 N/mm ²
$M_{y,k}$ =	TAB("EC5_de/VM"; Myk; Bez=dxl)	=	3410 Nmm

Überprüfung der Geometrie:

Mindestholzdicke zur Vermeidung der Spaltgefahr		
t_{min} =	$\text{MAX}(7 * d; (13 * d - 30) * \rho_k / 400)$	= 21,7 mm
$t_{min} / \text{MIN}(t_1; t)$	=	<u>0,72 ≤ 1</u>
Begrenzung der Übergreifungslänge von nicht vorgebohrten Nägeln		
Einbindetiefe in Mittelholz (Zugstab)		



$$t_2 = \frac{l - t_1}{4 \cdot d / (t - t_2)} = 35,0 \text{ mm}$$

$$= \underline{0,83 \leq 1}$$

Nagelanordnung:



Tragfähigkeitsberechnung

Zugtragfähigkeit eines glattschaftigen Nagels, Kopfdurchmesser unbekannt, daher

$$d_h = 2 \cdot d = 6,2 \text{ mm}$$

$$t_{pen} = t_2 = 35,0 \text{ mm}$$

$$\text{Faktor} = \text{WENN}(t_{pen} < 12 \cdot d; t_{pen} / (4 \cdot d) - 2; 1) = 0,82$$

$$f_{ax,k} = \text{Faktor} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 2,01 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 8,57 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{ax,Rk} = \text{MIN}(f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen}; f_{ax,k} \cdot d \cdot t_1 + f_{head,k} \cdot d_h^2) = 218,1 \text{ N}$$

$$F_{ax,Rd} = k_{mod} \cdot F_{ax,Rk} / \gamma_M = 100,7 \text{ N}$$

Mindestdicken in der einschnittigen Holz-Holz-/Holz-Holzwerkstoff-Verbindung

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 3410 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 20,44 \text{ N/mm}^2$$

bei gleichem Material gilt:

$$\beta = 1,00$$

Laschen

$$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 28,80 \text{ mm}$$

Stab

$$t_{req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 28,80 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} / t_1 = 0,96$$

$$t_{req} / t = 0,58$$

Johansen-Anteil der Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk,Joh} = 1,0 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \cdot \text{MIN}(\text{MIN}(t_1/t_{1,req}; t/t_{req}); 1) = 657,4 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,Joh} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk,Joh} / 1,1 = 359 \text{ N}$$

Tragfähigkeit der Nägel (rund, glattschaftig)

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} + \text{MIN}(0,25 \cdot F_{ax,Rd}; 0,15 \cdot F_{v,Rd,Joh}) = 384 \text{ N}$$



a) Tragfähigkeitsnachweis der Hölzer im Anschlussbereich:
⇒ Nägel $d < 6$ mm ohne Vorbohren: keine Querschnittsschwächung zu berücksichtigen

Zugstab:



Außen liegende Laschen, einseitig beansprucht, nicht vorgebohrte Nägel:

$$\begin{aligned} A_n &= t_1 \cdot h &= & 3000 \text{ mm}^2 \\ k_{ht} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } t_1 < 150; \text{MIN}((150/t_1)^{0,2}; 1,3); 1) &= & 1,300 \\ f_{t,0,d} &= k_{ht} \cdot k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M &= & 8,40 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} &= 0,5 \cdot F_d \cdot 10^3 / A_n &= & 3,33 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} / (2/3 \cdot f_{t,0,d}) &= &= & \underline{\underline{0,59 \leq 1}} \end{aligned}$$

b) erforderliche Nagelanzahl je Scherfläche

⇒ **Nägel in einer Reihe in Faserrichtung, rechtwinklig zur Faserrichtung sind um mind. $1 \cdot d$ versetzt angeordnet!**

$$n_{\text{req}} = \text{MAX}((0,5 \cdot F_d \cdot 10^3) / F_{v,Rd}; 2) = 26,0$$

gewählte Nagelanzahl

$$\text{Nagelanzahl gewählt } n_{\text{ges}} = 30$$

maximal mögliche Anzahl \perp zur Krafftrichtung:

$$n_{\text{max}} = \frac{h - 2 \cdot a_{4,c}}{a_2} + 1 = 5,0 \text{ Reihen}$$

gewählt $n = 5$ Reihen

Anzahl der Nagel pro Reihe:

$$n_{\text{req},R} = n_{\text{req}} / n = 5,2 \text{ Nagel/Reihe}$$

gewählt $n_{\text{gew}} = 6$ Nagel/Reihe

wirksame Nagelanzahl in Faserrichtung:

$$k_{\text{ef}} = 1,0$$

$$n_{\text{ef}} = n_{\text{gew}}^{\text{kef}} = 6,0$$

Tragfähigkeit des Zugstoßes:

Nachweis der Nagel:

$$R_d = 2 \cdot n \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_{v,Rd} = 23040 \text{ N}$$

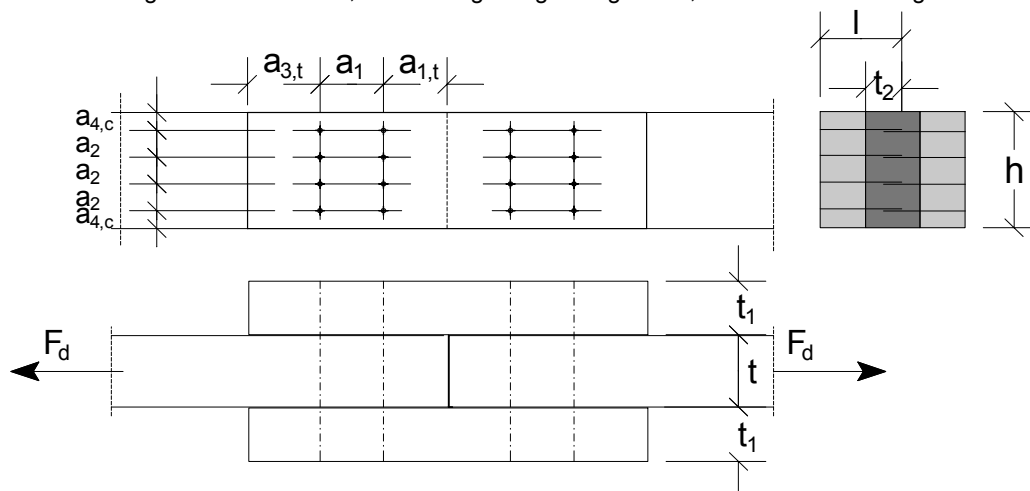
$$F_d \cdot 10^3 / R_d = \underline{\underline{0,87 \leq 1}}$$

Anzahl der Nägel pro Scherfläche

$$\text{erf. } n_{\text{ges}} = n \cdot n_{\text{gew}} = \underline{\underline{30 \text{ Nägel}}}$$

Zugbelasteter Laschenstoß aus Nadelvollholz (vorgebohrt)

gleiches Material für Zugstab und Laschen; einschnittige Nägel vorgebohrt; versetzte Anordnung



System:

Höhe Zugstab $h =$	120 mm
Dicke Zugstab $t =$	50 mm
Dicke Laschen $t_1 =$	45 mm

$a_1 =$	55 mm
$a_2 =$	30 mm
$a_{3,t} =$	70 mm
$a_{4,c} =$	25 mm

Einwirkungen:

$F_d =$	48,00 kN
---------	----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Nadelholz;")	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,80

$f_{t,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	18,00 N/mm ²
---------------	--------------------------------	---	-------------------------

$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
------------	--------------------------------	---	-----------------------

Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		=	1,30
---------------------------------	--	---	------

Nägel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N<2)	=	Nagel
Größe $dxl =$	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ; $d \leq 8$)	=	3.4x80
Durchmesser $d =$	TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	3,40 mm
Nagellänge $l =$	TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	80,0 mm
$f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	600 N/mm ²

Überprüfung der Geometrie:

Einbindetiefe in Mittelholz (Zugstab)		=	
$t_2 =$	$l - t_1$	=	35,0 mm

$$4 \cdot d / (t - t_2) = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$



Nagelanordnung:



Tragfähigkeitsberechnung

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 4336 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 30,10 \text{ N/mm}^2$$

bei gleichem Material gilt:

$$\beta = 1,00$$

Mindestdicken in der einschnittigen Holz-Holz-Verbindung
Laschen

$$t_{1,req} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d}} = 25,56 \text{ mm}$$

Stab

$$t_{req} = 1,15 * \left(2 * \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d}} = 25,56 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} / t_1 = 0,57$$

$$t_{req} / t = 0,51$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = 1,0 * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,k} * d} * \text{MIN}(\text{MIN}(t_1/t_{1,req}; t/t_{req}); 1) = 942,1 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * F_{v,Rk} / 1,1 = 685 \text{ N}$$

a) erforderliche Nagelanzahl je Scherfläche**⇒ Nägel in einer Reihe in Faserrichtung, rechtwinklig zur Faserrichtung sind um mind. 1*d versetzt angeordnet!**

$$n_{req} = \text{MAX}((0,5 * F_d * 10^3) / F_{v,Rd}; 2) = 35,0$$

maximal mögliche Anzahl \perp zur Krafrichtung:

$$n_{max} = \frac{h - 2 * a_{4,c}}{a_2} + 1 = 3,3 \text{ Reihen}$$

gewählt n = 4 Reihen

Anzahl der Nägel pro Reihe:

$$n_{req,R} = n_{req} / n = 8,8 \text{ Nagel/Reihe}$$

gewählt $n_{gew} = 9 \text{ Nagel/Reihe}$

Anzahl der Nägel pro Scherfläche

$$\text{erf. } n_{ges} = n * n_{gew} = \underline{\underline{36 \text{ Nägel}}}$$

Tragfähigkeit des Zugstoßes, Nachweis der Nägel:

$$R_d = 2 * n * n_{gew} * F_{v,Rd} = 49320 \text{ N}$$

$$F_d * 10^3 / R_d = \underline{\underline{0,97 \leq 1}}$$



b) Tragfähigkeitsnachweis der Hölzer im Anschlussbereich:

Querschnittsschwächung zu berücksichtigen

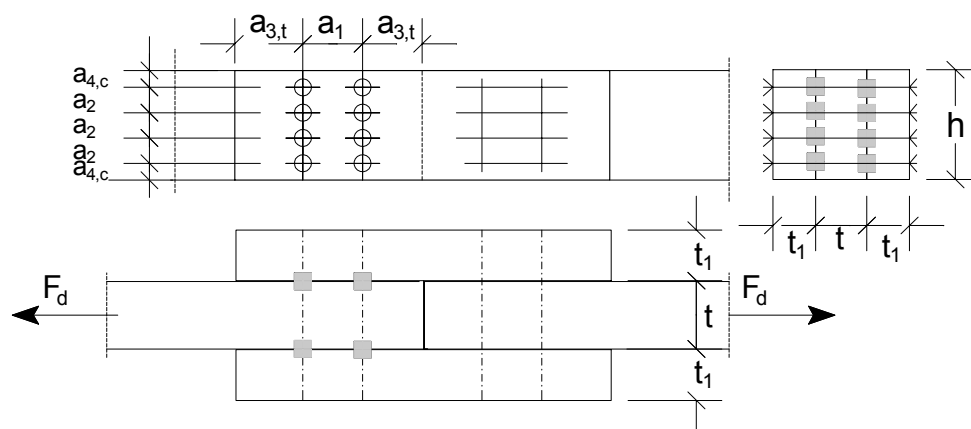
Zugstab:



$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= F_d \cdot 10^3 / A_n &= & 9,02 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} &= & \underline{0,65 \leq 1} & \\ \text{Außen liegende Laschen, einseitig beansprucht, vorgebohrte Nägel:} & & & \\ A_n &= t \cdot (h - n \cdot d) &= & 5320 \text{ mm}^2 \\ k_{ht} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } t_1 < 150; \text{MIN}((150/t_1)^{0,2}; 1,3); 1) &= & 1,272 \\ f_{t,0,d} &= k_{ht} \cdot k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M &= & 14,09 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} &= 0,5 \cdot F_d \cdot 10^3 / A_n &= & 4,51 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} / (2/3 \cdot f_{t,0,d}) &= & \underline{0,48 \leq 1} & \end{aligned}$$

Zugbelasteter Laschenstoß mit Dübeltyp A1

Dübeltyp A1 nicht versetzt, gleiche Laschendicke



System:

Höhe h =	200 mm
Dicke t ₂ =	120 mm
Dicke t ₁ =	80 mm

Einwirkungen:

F _d =	147,30 kN
------------------	-----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
f _{t,0,k} =	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	14,00 N/mm ²
ρ _k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ _M =			1,30
Dübel besonderer Bauart A1:			
Durchmesser d _c =	GEW("EC5_de/A1"; dc;)	=	65 mm
erf. Bolzendurchmesser :	TAB("EC5_de/A1"; d; dc=dc)	=	12 bis 24
Einbindetiefe h _e =	TAB("EC5_de/A1"; he; dc=dc)	=	15,0 mm
Dübelfehlfläche ΔA =	TAB("EC5_de/A1"; dA; dc=dc)	=	980 mm ²
Mind.holzdicke t _{1,min} =	2,25 * h _e	=	34 mm
Mind.holzdicke t _{2,min} =	3,75 * h _e	=	56 mm
Mind.randabstand a _{3,t,min} =	1,5 * d _c	=	98 mm
∅ Bolzen d _S =	12,0 mm		
gew. Randabstand a _{3,t} =	130 mm		

Berechnung:

Kontrolle der Mindestholzdicken, Randabstand:

$$f_{t,0,d,L} = \frac{2}{3} * k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 6,46 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{req} = \frac{F_d * 10^3}{2 * f_{t,0,d,L}} = 11400,93 \text{ mm}^2$$



$$t_{1,erf} = \text{MAX}\left(\frac{A_{req}}{h}; t_{1,min}\right) = 57,00 \text{ mm}$$
$$t_{1,erf} / t_1 = \underline{0,71 \leq 1}$$
$$t_{2,min} / t_2 = \underline{0,47 \leq 1}$$
$$a_{3,t,min} / a_{3,t} = \underline{0,75 \leq 1}$$

charakteristische Tragfähigkeit in Faserrichtung $F_{V,0,Rk}$ je Dübel und Scherfuge:



maximal mögliche Anzahl \perp zur Krafrichtung:

$$n_{max} = \frac{h - 2 * a_{4,c}}{a_2} + 1 = 2,56 \text{ Reihen}$$

gewählt $n =$ **2 Reihen**

Anzahl der Dübel pro Reihe:

$$n_{req,R} = n_{req} / n = 2,90 \text{ Dübel/Reihe}$$

gewählt $n_{gew} =$ **4 Dübel/Reihe**

wirksame Stabdübelanzahl:

$$n_{ef} = (2 + (1 - n_{gew} / 20) * (n_{gew} - 2)) = 3,60 \text{ Dübel}$$

Tragfähigkeit des Zugstoßes:

Nachweis der Dübel:

$$R_d = 2 * n * n_{ef} * F_{V,0,Rd} = 182,88 \text{ kN}$$

$$F_d / R_d = \underline{0,81 \leq 1}$$

Nachweise des Zugstabes und der Laschen

Laschen:

$$k_{ht} = \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } t_1 < 150; \text{MIN}((150/t_1)^{0,2}; 1,3); 1) = 1,134$$

$$f_{t,0,d,L} = k_{ht} * k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 10,99 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{net,L} = h * t_1 - n * (d_S + 1) * t_1 - n * d_c * h_e = 11970,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d,L} = \frac{F_d * 10^3}{2 * A_{net,L}} = 6,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,L}}{f_{t,0,d,L}} = \underline{0,56 \leq 1}$$



Mittelholz:

$$\begin{aligned}k_{ht} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } t_2 < 150; \text{MIN}((150/t_2)^{0,2}; 1,3); 1) &= & 1,046 \\f_{t,0,d} &= k_{ht} * k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M &= & 10,14 \text{ N/mm}^2 \\A_{net} &= h * t_2 - n * (d_S + 1) * t_2 - 2 * (n * d_c * h_e) &= & 16980,00 \text{ mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} &= \frac{F_d * 10^3}{A_{net}} &= & 8,67 \text{ N/mm}^2 \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} &= &= & \underline{\underline{0,86 \leq 1}}\end{aligned}$$

Sicherung der Zuglaschen gemäß NCI NA.8.1.6:

Die Sicherung erfolgt mit Holzschrauben

Tragfähigkeitsklasse $TK_1 = 2$

Tragfähigkeitsklasse $TK_2 = A$

Durchmesser $d = 12,00 \text{ mm}$

Länge $l = 140,00 \text{ mm}$

Unterlegscheibe $d_U = 58,00 \text{ mm}$

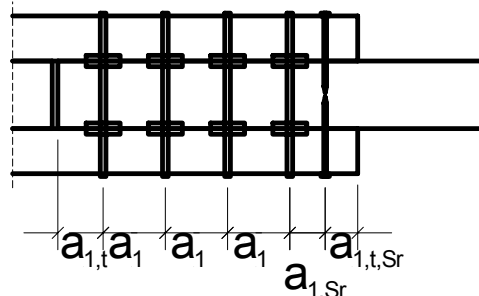


erforderliche Schraubenzahl:

$$n_{req,S} = \frac{F_{t,d}}{R_{ax,d}} = 1,44$$

gewählt $n_{req,S} = 2$ Schrauben

in jeder Dübelreihe am Ende der Zuglaschen



Abstände in Krafrichtung:

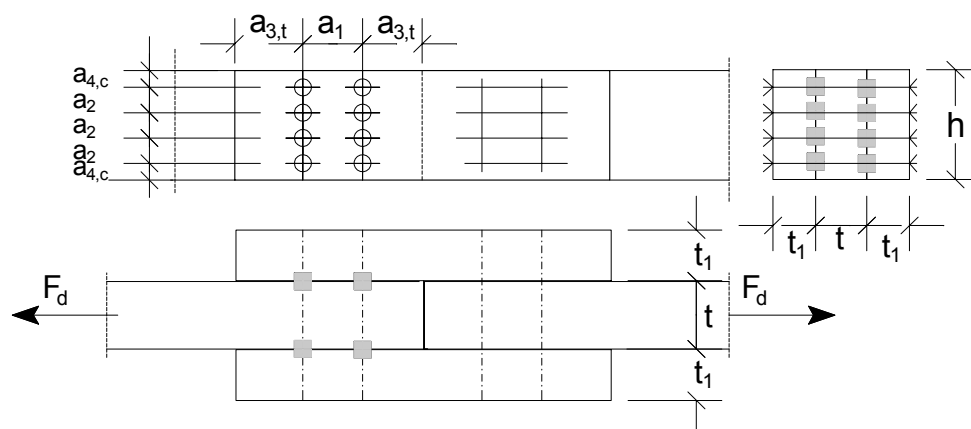
$$\begin{aligned}a_{2,vorh} &= h - 2 * (n - 1) / 2 \\ a_1 &= (1,2 + 0,8) * d_c &= & 130,0 \text{ mm} \\ a_{1,Sr} &= 5 * d &= & 60,0 \text{ mm} \\ a_{1,t,Sr} &= 7 * d &= & 84,0 \text{ mm}\end{aligned}$$

Mindestlaschenlänge:

$$l_{req} = 2 * (a_{1,t,Sr} + a_{1,Sr} + (n_{gew} - 1) * a_1 + a_{3,t}) = 1328 \text{ mm}$$

Zugbelasteter Laschenstoß mit Dübeltyp C1

Dübeltyp C1 nicht versetzt, gleiche Laschendicke



System:

Höhe $h =$	200 mm
Dicke $t_2 =$	120 mm
Dicke $t_1 =$	60 mm

Einwirkungen:

$F_d =$	147,30 kN
---------	-----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
$f_{t,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	14,00 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30
Dübel besonderer Bauart C:			
Dübeltyp T =	GEW("EC5_de/DüC"; Typ;)	=	C1
Durchmesser $d_c =$	GEW("EC5_de/DüC"; dc;)	=	50 mm
Einbindtiefe $h_e =$	TAB("EC5_de/DüC"; he; dc=dc)	=	6,0 mm
Dübelfehlfläche $\Delta A =$	TAB("EC5_de/DüC"; dA; dc=dc; Typ=T)	=	170 mm ²
Mind.holzdicke $t_{1,min} =$	$2,25 \cdot h_e$	=	14 mm
Mind.holzdicke $t_{2,min} =$	$3,75 \cdot h_e$	=	23 mm
Mind.randabstand $a_{3,t,min} =$	$2,0 \cdot d_c$	=	100 mm
Bolzen:			
VM Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N>3)	=	Passbolzen
Größe $dxl =$	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	3.6
$f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	300 N/mm ²
Ø Bolzen $d_S =$	10,0 mm		
gew. Randabstand $a_{3,t} =$	130 mm		

**Berechnung:**

Kontrolle der Mindestholzdicken, Randabstand:

$$f_{t,0,d,L} = \frac{2}{3} \cdot k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 6,46 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{\text{req}} = \frac{F_d \cdot 10^3}{2 \cdot f_{t,0,d,L}} = 11400,93 \text{ mm}^2$$

$$t_{1,\text{erf}} = \text{MAX}\left(\frac{A_{\text{req}}}{h}; t_{1,\text{min}}\right) = 57,00 \text{ mm}$$

$$t_{1,\text{erf}} / t_1 = \underline{\underline{0,95 \leq 1}}$$

$$t_{2,\text{min}} / t_2 = \underline{\underline{0,19 \leq 1}}$$

$$a_{3,t,\text{min}} / a_{3,t} = \underline{\underline{0,77 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit pro Scheibendübel mit Zähnen



Tragfähigkeit pro Bolzen

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_S^{2,6} = 35829,6 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_S) \cdot \rho_k = 25,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 1,00$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,0,k} = 25,83 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{1,\text{req}} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2\right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_S}} = 46,24 \text{ mm}$$

$$t_{2,\text{req}} = 1,15 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{1+\beta}}\right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_S}} = 38,31 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1+\beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_S} = 4302,28 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,B} = F_{v,Rk} \cdot \text{MIN}(\text{MIN}(t_1/t_{1,\text{req}}; t_2/t_{2,\text{req}}); 1) = 4302,28 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,B} = F_{v,Rk,B} \cdot k_{\text{mod}} / 1,1 = 3520,05 \text{ N}$$

Tragfähigkeit wird für die Verbindungseinheit (Dübel + Bolzen)

$$F_{v,0,Rd} = F_{v,Rd,D} + F_{v,Rd,B} = 7925,87 \text{ N}$$

Erforderliche Dübelanzahl

Gesamt pro Anschluß:

$$n_{\text{req}} = F_d \cdot 10^3 / F_{v,0,Rd} = 18,58 \text{ Dü.}$$



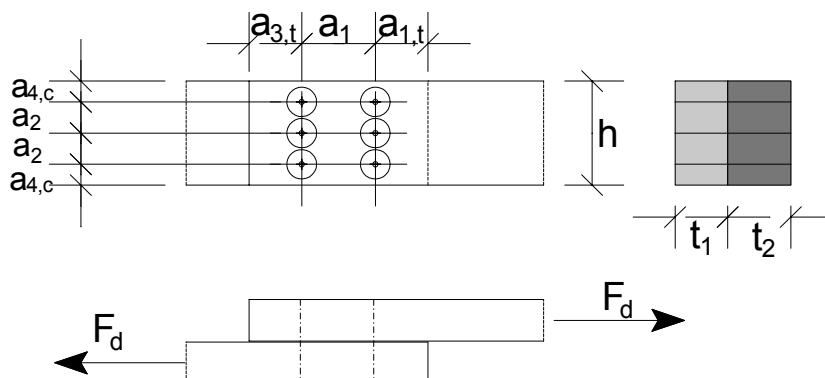
Kraft je zur Hälfte über die Laschen:			
$n_{\text{req,L}} =$	$n_{\text{req}} / 2$	$=$	9,29 Dübel
erforderliche Mindestabstände der Dübel:			
$a_2 =$	$1,2 * d_c$	$=$	60,00 mm
$a_{4,c} =$	$0,6 * d_c$	$=$	30,00 mm
maximal mögliche Anzahl \perp zur Krafrichtung:			
$n_{\text{max}} =$	$\frac{h - 2 * a_{4,c}}{a_2} + 1$	$=$	3,33 Reihen
gewählt n =			3 Reihen
Anzahl der Dübel pro Reihe:			
$n_{\text{req,R}} =$	$n_{\text{req,L}} / n$	$=$	3,10 Dübel/Reihe
gewählt $n_{\text{gew}} =$			4 Dübel/Reihe
wirksame Dübelanzahl:			
$n_{\text{ef}} =$	$(2 + (1 - n_{\text{gew}} / 20) * (n_{\text{gew}} - 2))$	$=$	3,60 Dübel
Tragfähigkeit des Zugstoßes:			
Nachweis der Dübel:			
$R_d =$	$2 * n * n_{\text{ef}} * F_{v,0,Rd}$	$=$	171198,79 N
$F_d * 10^3 / R_d$		$=$	<u>0,86 ≤ 1</u>

Nachweise des Zugstabes und der Laschen



Mittelholz:			
$k_{ht} =$	$\text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } t_2 < 150; \text{MIN}((150/t_2)^{0,2}; 1,3); 1)$	$=$	1,046
$f_{t,0,d} =$	$k_{ht} * k_{\text{mod}} * f_{t,0,k} / \gamma_M$	$=$	10,14 N/mm ²
$A_{\text{net,M}} =$	$h * t_2 - n * (d_S + 1) * t_2 - 2 * (n * \Delta A)$	$=$	19020 mm ²
$\sigma_{t,0,d} =$	$\frac{F_d * 10^3}{A_{\text{net,M}}}$	$=$	7,74 N/mm ²
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}}$		$=$	<u>0,76 ≤ 1</u>
Dübelabstände:			
gew. $a_1 =$			80 mm
gew. $a_{3,t} =$			100 mm
$((1,2 + 0,3) * d_c) / a_1$		$=$	<u>0,94 ≤ 1</u>
$(2 * d_c) / a_{3,t}$		$=$	<u>1,00 ≤ 1</u>
Mindestlaschenlänge:			
$l_{\text{req}} =$	$2 * (a_{3,t} + (n_{\text{gew}} - 1) * a_1 + a_{3,t})$	$=$	880 mm

Zugstoß einschnittig Holz-Holz Bolzenverbindung



Dicke Stab (1) $t_1 =$	80 mm
Dicke Stab (2) $t_2 =$	80 mm
Stabhöhe $h =$	240 mm
Tragfähigkeit eines Bolzens für Zugbeanspruchung, Querdruck Unterlegscheibe $F_{ax,Rk} =$	20,60 kN

Belastung

$F_d =$	120,00 kN
---------	-----------

Material

Material BS:	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=BS)	=	GL28h

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod";N;B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod";K;B=BS)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=BS)	=	0,80
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat";fmk;FK=FK)	=	28,00 N/mm ²
$f_{t,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat";ft0k;FK=FK)	=	19,50 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat";rhok;FK=FK)	=	410 kg/m ³
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat";E0mean;FK=FK)	=	12600 N/mm ²
$k_{def} =$	TAB("EC5_de/mod";kdef;B=BS;N=NK)	=	0,60

Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$	1,30
---------------------------------	------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	Bolzen
Durchmesser $d =$	16,0 mm
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ="Passbolzen") = 4.6 / 4.8

Abstand untereinander in Faserrichtung

Abstand $a_1 =$	80 mm
-----------------	-------

Tragfähigkeit einer Bolzenscherfläche für Scherbeanspruchung nach NCI NA.8.2.4

Zugfestigkeit $f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=S)	=	400,0 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,Rk} =$	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	162141,13 Nmm
Lochleibung $f_{h,1,k} =$	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	=	28,24 N/mm ²

bei gleichem Material gilt:

$\beta =$	1,00
-----------	------

$t_{req} =$	$1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d}}$	=	74,38 mm
-------------	--	---	----------



Tragfähigkeit je Scherfuge

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 12104,70 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = F_{v,Rk} \cdot \text{MIN}(\text{MIN}(t_1; t_2) / t_{req}; 1) = 12104,70 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,B} = F_{v,Rk} \cdot k_{mod} / 1,1 = 8803,42 \text{ N}$$

+ evtl. Anteil aus Seilwirkung nach EC5-1-1, 8.2.2 (2)

$$F_{v,Rk,Seil} = \text{MIN}(0,25 \cdot F_{ax,Rk} \cdot 10^3; 0,25 \cdot F_{v,Rk}) = 3026,18 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = \text{WENN}(F_{ax,Rk} = 0; F_{v,Rd,B}; (F_{v,Rk} + F_{v,Rk,Seil}) \cdot k_{mod} / \gamma_M) = 9311,3 \text{ N}$$

erforderliche Bolzenanzahl bei der vorhandenen Lastrichtung:

$$n_{req} = F_d \cdot 10^3 / F_{v,Rd} = 12,89$$

Ermittlung der Bolzenanordnung



Tragfähigkeit des Zugstoßes bei gewählter Bolzenanzahl + Anordnung:

$$F_{Rd} = n \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} \cdot 10^{-3} = 126,82 \text{ kN}$$

$$F_d / F_{Rd} = \underline{\underline{0,95 \leq 1}}$$

Maximale aufnehmbare Kraft der Hölzer im Anschlussbereich:

$$t = \text{MIN}(t_1; t_2) = 80 \text{ mm}$$

$$k_{ht} = \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } t < 150; \text{MIN}((150/t)^{0,2}; 1,3); 1) = 1,134$$

$$f_{t,0,d} = k_{ht} \cdot k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 13,61 \text{ N/mm}^2$$

Zugstab einseitig beansprucht wie außen liegende Laschen, Schraubenbolzen verhindern die Krümmung:

$$A_n = t \cdot (h - n \cdot (d+1)) = 15120 \text{ mm}^2$$

$$F_{d,Holz,max} = 2/3 \cdot f_{t,0,d} \cdot A_n \cdot 10^{-3} = 137,19 \text{ kN}$$

$$F_d / F_{d,Holz,max} = \underline{\underline{0,87 \leq 1}}$$

Überprüfung der Bolzenanordnung:

$$\alpha = 0,00^\circ$$

$$a_{1,min} = (4 + \text{COS}(\alpha)) \cdot d = 80,0 \text{ mm}$$

$$a_{1,min} / a_1 = 1,00 \leq 1$$

$$a_{2,min} = 4 \cdot d = 64,0 \text{ mm}$$

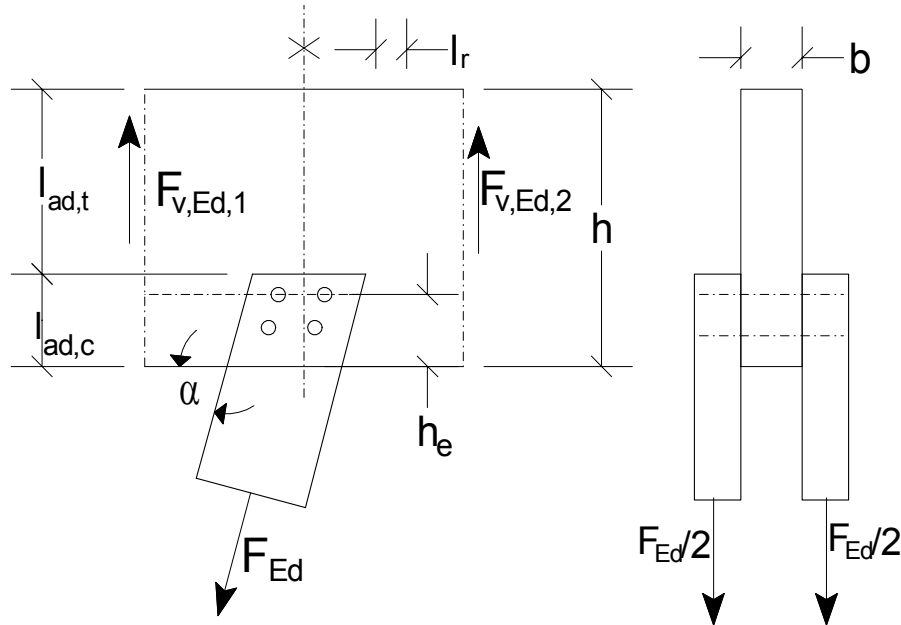
$$a_{3,t,min} = \text{MAX}(7 \cdot d; 80) = 112,0 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,min} = 3 \cdot d = 48,0 \text{ mm}$$

Kapitel Queranschlüsse

Unverstärkter Queranschluss

Die nachfolgenden Regelungen gelten für unverstärkte Queranschlüsse, bei denen der Anschlussmittelpunkt zwischen der Balkenachse und dem beanspruchten Rand des Last aufnehmenden Querschnitts liegen; Hauptträger aus Nadelholz!!!



Eingaben:

Geometrie + Material:

Breite $b =$ 400,0 mm
 Höhe $h =$ 1200,0 mm
 Anschlusswinkel $\alpha =$ 60,00 °

größter Abstand Verbindungsmittel vom beanspruchten Holzrand in mm
 Abstand $h_e =$ 400,0 mm

Material Mat: GEW("EC5_de/mat";B;) = Brettschichtholz
 Festigkeitsklasse FK: GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat) = GL32h
 Nutzungsklasse NK = GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat) = 1
 Lasteinwirkungsdauer KLED = GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat) = kurz
 Modifikationsbeiwert $k_{mod} =$ TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat) = 0,90

Belastung:

Querzugkraft $F_{Ed} =$ 150,00 kN
 Bemessungswert der Querkräfte auf beiden Seiten des Anschlusses
 Querkraft links $F_{v,Ed,1} =$ 129,90 kN
 Querkraft rechts $F_{v,Ed,2} =$ 0,00 kN
 Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$ 1,30

Nachweis:

Beanspruchbarkeit für Querzug
 $w =$ 1,0

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{h_e \cdot 10^{-3} \cdot \left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 137,17 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 94,96 \text{ kN}$$



Maximaler Bemessungswert der Querkräfte auf beiden Seiten des Anschlusses

$$F_{v,Ed} = \text{MAX}(F_{v,Ed,1}; F_{v,Ed,2}) = 129,90 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = \underline{1,37 \leq 1}$$

max aufnehmbare Querkzugkraft



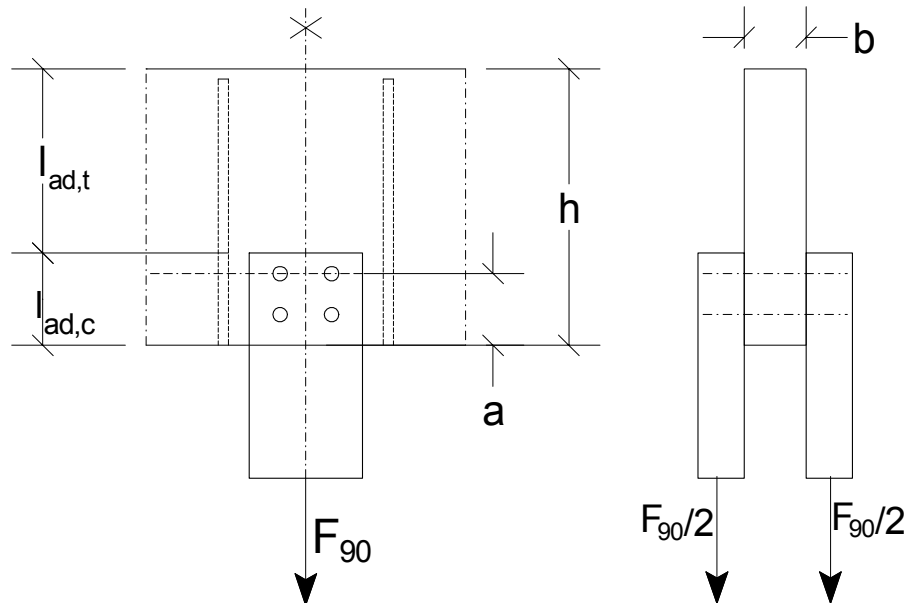
Bestimmung des Minimalwertes von h_e zur Aufnahme von F_{Ed}

$$F_{90,Rk} = \frac{F_{Ed} \cdot \text{SIN}(\alpha) \cdot \gamma_M / k_{mod}}{10^3} = 187,64 \text{ kN}$$

$$h_{e,max} = \frac{\left(F_{90,Rk} \cdot \frac{10^3}{14 \cdot b \cdot w} \right)^2}{1 + \frac{\left(F_{90,Rk} \cdot \frac{10^3}{14 \cdot b \cdot w} \right)^2}{h}} = 580 \text{ mm}$$

Querzugverstärkung mit Gewindestab

gedübelter Anschluss; Verstärkung mittels Gewindestäbe



Eingaben:

Geometrie + Material:

Breite b =	180,0 mm	
Höhe h =	800,0 mm	
größter Abstand Verbindungsmittel vom beanspruchten Holzrand in mm		
Abstand a =	80,0 mm	
Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= GL24h
Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat)	= 0,90

Belastung:

Querzugkraft $F_{90,d}$ =	30,00 kN
Bemessungswert der Querkräfte auf beiden Seiten des Anschlusses	
Querkraft links $F_{v,Ed,1}$ =	30,00 kN
Querkraft rechts $F_{v,Ed,2}$ =	0,00 kN
Sicherheitsbeiwert γ_M =	1,30

Nachweis ohne Verstärkung:

Beanspruchbarkeit für Querzug		
$w =$		1,0
$F_{90,Rk} =$	$14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{\frac{a}{1 - \frac{a}{h}}} \cdot 10^{-3}$	= 23,76 kN
$F_{90,Rd} =$	$k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M$	= 16,45 kN
Maximaler Bemessungswert der Querkräfte auf beiden Seiten des Anschlusses		
$F_{v,Ed} =$	$\text{MAX}(F_{v,Ed,1}; F_{v,Ed,2})$	= 30,00 kN
$F_{v,Ed} / F_{90,Rd}$	=	<u>1,82 ≤ 1</u>
⇒ sofern nicht eingehalten, Verstärkung notwendig		



Gewählte Verstärkung:

Bemessungswert der Anschlusskraft rechtwinklig zur Faserrichtung		
$\alpha =$	a / h	$= 0,10$
$F_{t,90,d} =$	$(1 - 3 * \alpha^2 + 2 * \alpha^3) * F_{90,d}$	$= 29,16 \text{ kN}$
Verstärkung Bez =	GEW("EC5_de/Gew"; Bez,)	= Gewindestange
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/Gew"; FK;Bez=Bez)	= 4,8
Durchmesser $d_r =$	GEW("EC5_de/Gew"; d;FK=FK)	= 8 mm
Streckgrenze $f_{y,k} =$	TAB("EC5_de/Gew"; fybk;FK=FK;d=dr)	= 320 N/mm ²
Spannungsquerschnitt $A_{ef} =$	TAB("EC5_de/Gew"; A;d=dr;Bez=Bez)	= 48,1 mm ²
Tragfähigkeit $N_{Rd} =$	TAB("EC5_de/Gew"; NRd;FK=FK;d=dr;Bez=Bez)*10 ³	= 12,3*10 ³ N



$$l_{ad,min} / l_{ad} = \underline{1,00 \leq 1}$$

Tragfähigkeit der Klebefuge:

$$f_{k1,k} = \text{WENN}(l_{ad} \leq 250; 4; \text{WENN}(l_{ad} \leq 500 \text{ UND } l_{ad} > 250; 5,25 - 0,005 * l_{ad}; 3,5 - 0,0015 * l_{ad})) = 4,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{k1,d} = f_{k1,k} * k_{mod} / \gamma_M = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

Tragfähigkeit der Klebefuge einer Gewindestange

$$\max_F_{t,90,d} = f_{k1,d} * \pi * d_r * l_{ad} = 5,6 * 10^3 \text{ N}$$

Benötigte Anzahl von Gewindestangen:

$$n_{erf} = F_{t,90,d} * 10^3 / \text{MIN}(\max_F_{t,90,d}; N_{Rd}) = \underline{5,21}$$

6 x eingeklebte Gewindestangen M8, Festigkeitsklasse 4.8,

Mindestabstände:

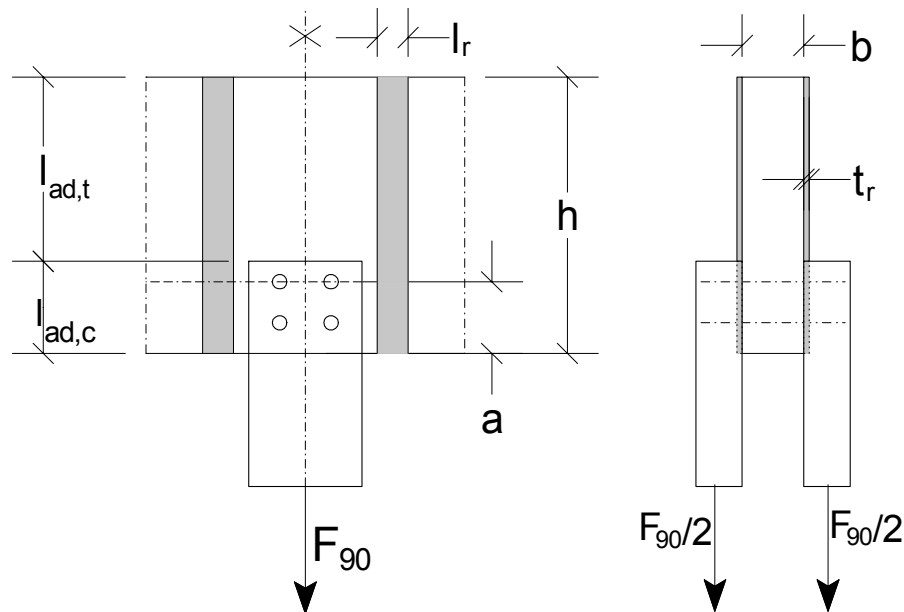
$$\text{Randabst. in Trägerrichtung } a_{1,c} = 2,5 * d_r = 20,0 \text{ mm}$$

$$\text{Abst. untereinander } a_2 = 3 * d_r = 24,0 \text{ mm}$$

$$\text{Randabstand in Trägerbreite } a_{2,c} = 2,5 * d_r = 20,0 \text{ mm}$$

Querzugverstärkung mit geklebten Platten

gedübelter Anschluss; Verstärkung mittels seitlich geklebter Verstärkungsplatten



Eingaben:

Geometrie + Material:

Breite $b = 180,0$ mm
Höhe $h = 800,0$ mm

größter Abstand Verbindungsmittel vom beanspruchten Holzrand in mm
Abstand $a = 80,0$ mm

Material Mat: GEW("EC5_de/mat";B;) = Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK: GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat) = GL24h
Nutzungsstufe NK = GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat) = 1
Lasteinwirkungsdauer KLED = GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat) = kurz
Modifikationsbeiwert $k_{mod} = \text{TAB}("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat) = 0,90$

Belastung:

Querzugkraft $F_{90,d} = 30,00$ kN
Bemessungswert der Querkräfte auf beiden Seiten des Anschlusses
Querkraft links $F_{v,Ed,1} = 30,00$ kN
Querkraft rechts $F_{v,Ed,2} = 0,00$ kN
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,30$

Nachweis:

Beanspruchbarkeit für Querzug
 $w = 1,0$

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{\frac{a}{a \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{a}{h}\right)}} = 23,76 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 16,45 \text{ kN}$$

Maximaler Bemessungswert der Querkräfte auf beiden Seiten des Anschlusses
 $F_{v,Ed} = \text{MAX}(F_{v,Ed,1}; F_{v,Ed,2}) = 30,00$ kN

$$F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = \underline{\underline{1,82 \leq 1}}$$

⇒ *sofern nicht eingehalten, Verstärkung notwendig*



Gewählte Verstärkung:

gewählt: **Außen aufgeklebte Verstärkung mit Sperrholz F20/10 E40/20**

Dicke Verst.-Platte $t_r = 15,0$ mm

Bemessungswert der Anschlusskraft rechtwinklig zur Faserrichtung



Mindestbreite der 4 Sperrholzstreifen aus der Tragfähigkeit der Klebefuge

$$l_{r,min} = \frac{F_{t,90,d} \cdot 10^3}{4 \cdot l_{ad} \cdot f_{k2,d}} = \underline{\underline{175 \text{ mm}}}$$

Zulässigkeit dieser Mindestbreite der Verstärkungsplatten

$$0,25 / (l_{r,min} / l_{ad}) = \underline{\underline{0,11 \leq 1}}$$

$$(l_{r,min} / l_{ad}) / 0,5 = \underline{\underline{4,4 \leq 1}}$$

max aufnehmbare Last der Klebefuge

$$l_{r,max} = 0,5 \cdot l_{ad} = 40 \text{ mm}$$

$$F_{t,90,d,max} = l_{r,max} \cdot 4 \cdot l_{ad} \cdot f_{k2,d} = 6656 \text{ N}$$

$$F_{90,d,max} = \frac{F_{t,90,d,max}^2}{1 - 3 \cdot \alpha^2 + 2 \cdot \alpha^3} \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{6,85 \text{ kN}}}$$

Nachweis der Zugspannungen in der Sperrholzplatte

$$\text{Zugfestigkeit } f_{t,k} = 9,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,d} = f_{t,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 6,23 \text{ N/mm}^2$$

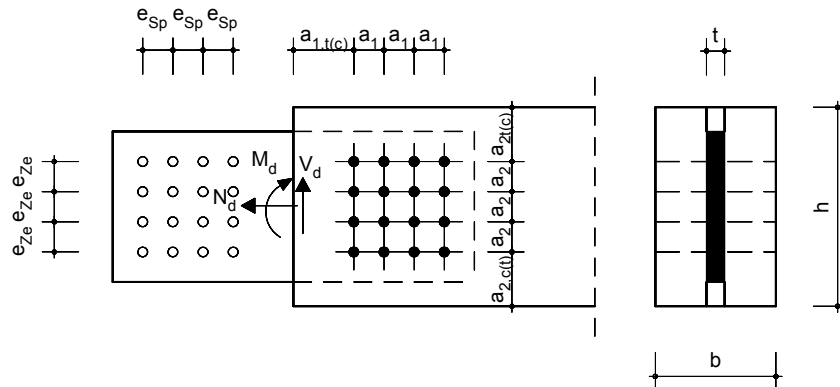
$$k_k = 1,5$$

$$\text{Plattenzugspannung } \sigma_{t,d} = \frac{F_{90,d,max}}{4 \cdot t_r \cdot l_{r,max}} \cdot 10^3 = 2,85 \text{ N/mm}^2$$

$$k_k \cdot \sigma_{t,d} / f_{t,d} = \underline{\underline{0,69 \leq 1}}$$

Kapitel Biegesteife Verbindungen

Biegesteifer Anschluss mit Schlitzblech



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite $b =$	140,0 mm	
Höhe $h =$	240,0 mm	
Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= GL24h
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 380 kg/m ³

Stahlbleche:

Dicke $t =$	10,0 mm
-------------	---------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N>2)	= Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	= S 235
Durchmesser $d =$	10,0 mm	
Spalten (\perp zur FR) $n_{Sp} =$	4	
Spaltenabstand (a_1) $e_{Sp} =$	50,0 mm	
Zeilen (in FR) $n_{Ze} =$	4	
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$	50,0 mm	
Gesamtanzahl VM $n =$	$n_{Sp} \cdot n_{Ze} =$	16

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30

Belastung:

Normalkraft $N_d =$	10,00 kN
Exzentrizität $e_N =$	0 mm
Querkraft $V_d =$	10,00 kN
Abstand $a_{1,t} =$	80,0 mm
Moment $M_d =$	5,00 kNm

Berechnung der Beanspruchung:

Abst. der äußeren Spalten $a_{Sp} =$	$(n_{Sp} - 1) \cdot e_{Sp}$	= 150 mm
Abst. der äußeren Zeilen $a_{Ze} =$	$(n_{Ze} - 1) \cdot e_{Ze}$	= 150 mm

Polares Trägheitsmoment:

Flächenmoment $I_p =$	$n/12 \cdot ((n_{Ze}^2 - 1) \cdot e_{Ze}^2 + (n_{Sp}^2 - 1) \cdot e_{Sp}^2)$	= 100000 mm ²
-----------------------	--	--------------------------

**Moment im Anschlußschwerpunkt:**

$$\begin{aligned} \text{Querkraftexzentrizität } e_V &= a_{1,t} + a_{Sp}/2 &= & 155,0 \text{ mm} \\ \text{Anschlussmoment } M_{A,d} &= M_d \cdot 10^3 + N_d \cdot e_N + V_d \cdot e_V &= & 6550,0 \text{ kNmm} \end{aligned}$$

Kraftkomponenten je VM:

$$\begin{aligned} \text{aus der Normalkraft: } & N_d / n &= & 0,63 \text{ kN} \\ \text{aus dem Moment: } & M_{A,d} \cdot (a_{Ze}/2) / I_p &= & 4,91 \text{ kN} \\ & \text{Horizontalkomponente } F_{H,d} &= & 5,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{aus der Querkraft: } & V_d / n &= & 0,63 \text{ kN} \\ \text{aus dem Moment: } & M_{A,d} \cdot (a_{Sp}/2) / I_p &= & 4,91 \text{ kN} \\ & \text{Vertikalkomponente } F_{V,d} &= & 5,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resultierende } F_d &= \sqrt{F_{H,d}^2 + F_{V,d}^2} &= & \mathbf{7,83 \text{ kN}} \\ \text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha &= \text{atan}\left(\frac{F_{V,d}}{F_{H,d}}\right) &= & 45,0^\circ \end{aligned}$$

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\text{Lochleibung } f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 22,43 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,\alpha,k} = 22,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Holzdicke } t_1 = (b - t) / 2 = 65 \text{ mm}$$

charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl -Holz-Verbindung)
für Stahlbleche jeder Dicke als Mittelteil einer zweischnittigen Verbindung:

$$R_{k1} = (f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 14,58 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = \left(f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2} - 1} \right) \right) \cdot 10^{-3} = 6,95 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 7,14 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3};) = 6,95 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 4,81 \text{ kN}$$



Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen

$$\eta_{\text{nef}} = 0,85$$

Nachweis:

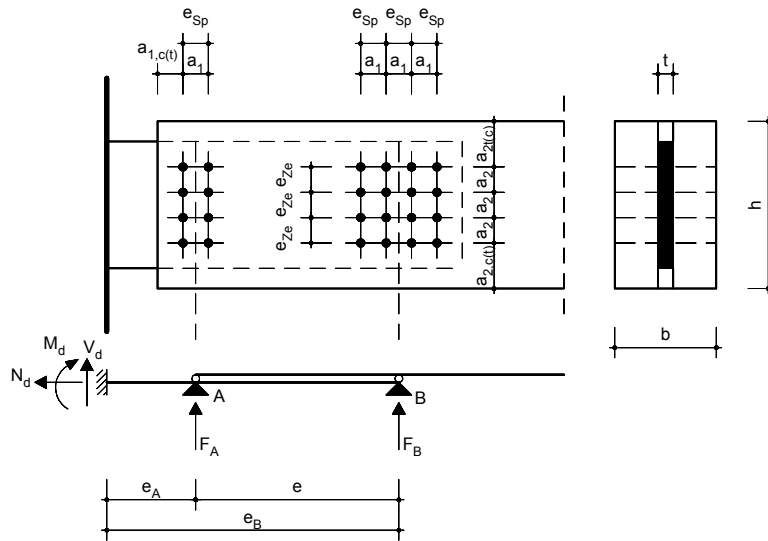


Nachweis: $S_d / R_d = \underline{0,96 \leq 1}$

Mindestrandabstände:

$a_1 =$	$(3+2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d$	=	44,1 mm
$a_{3,t} =$	$\text{MAX}(7 \cdot d; 80)$	=	80,0 mm
$a_2 =$	$3 \cdot d$	=	30,0 mm
$a_{4,t} =$	$\text{MAX}((2+2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d; 3 \cdot d)$	=	34,1 mm
$a_{4,c} =$	$3 \cdot d$	=	30,0 mm
a_1 / e_{Sp}		=	$0,88 \leq 1$
a_2 / e_{Ze}		=	$0,60 \leq 1$

Biegesteifer Anschluss mit Schlitzblech (Kräftepaar)



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite $b =$	140,0 mm	
Höhe $h =$	240,0 mm	
Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= GL24c
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 350 kg/m ³

Stahlblech:

Dicke $t =$	10,0 mm
-------------	---------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N>2,5)	=	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	S 235
Durchmesser $d =$			10,0 mm
Spalten A (\perp zur FR) $n_{SpA} =$			2
Spaltenabstand (a_1) $e_{Sp} =$			60,0 mm
Spalten B (\perp zur FR) $n_{SpB} =$			4
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$			40,0 mm
Spalten gesamt $n_{Sp} =$	$n_{SpA} + n_{SpB}$	=	6
Zeilen (in FR) $n_{Ze} =$			4
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$			40,0 mm
Gesamtanzahl VM $n =$	$n_{Sp} * n_{Ze}$	=	24
Abst. VM-Schwerpunkte $e =$			450,0 mm
Abst. zum Schwerp. A $e_A =$			200,0 mm
Abst. zum Schwerp. B $e_B =$	$e + e_A$	=	650,0 mm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	=	0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Belastung:

Normalkraft $N_d =$	-50,00 kN
Querkraft $V_d =$	15,00 kN
Moment $M_d =$	-25,00 kNm



Berechnung der Beanspruchung je Verbindungsmittel:

$$\begin{aligned} \text{Normalkraftkomponente } F_{N,d} &= \frac{N_d}{n} &= & -2,08 \text{ kN} \\ \text{Querkraftkomponente A } F_{VA,d} &= \frac{M_d \cdot 10^3 + V_d \cdot e_B}{e \cdot n_{SpA} \cdot n_{Ze}} &= & -4,24 \text{ kN} \\ \text{Querkraftkomponente B } F_{VB,d} &= \frac{M_d \cdot 10^3 + V_d \cdot e_A}{e \cdot n_{SpB} \cdot n_{Ze}} \cdot -1 &= & 3,06 \text{ kN} \\ \text{Resultierende A } F_{A,d} &= \sqrt{F_{N,d}^2 + F_{VA,d}^2} &= & \mathbf{4,72 \text{ kN}} \\ \text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha_A &= \text{atan} \left(\frac{\text{abs}(F_{VA,d})}{\text{abs}(F_{N,d})} \right) &= & 63,9^\circ \\ \text{Resultierende B } F_{B,d} &= \sqrt{F_{N,d}^2 + F_{VB,d}^2} &= & \mathbf{3,70 \text{ kN}} \\ \text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha_B &= \text{atan} \left(\frac{\text{abs}(F_{VB,d})}{\text{abs}(F_{N,d})} \right) &= & 55,8^\circ \end{aligned}$$

Berechnung der Tragfähigkeit:



$$\begin{aligned} \text{Lochleibung } f_{h,\alpha,k} &= \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} &= & 18,41 \text{ N/mm}^2 \\ f_{h,1,k} &= f_{h,\alpha,k} &= & 18,41 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Holzdicke } t_1 &= (b - t) / 2 &= & 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl-Holz-Verbindung)
für Stahlbleche jeder Dicke als Mittelteil einer zweiseitigen Verbindung:

$$\begin{aligned} R_{k1} &= (f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} &= & 11,97 \text{ kN} \\ R_{k2} &= \left(f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) \right) \cdot 10^{-3} &= & 5,87 \text{ kN} \\ R_{k3} &= 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} &= & 6,47 \text{ kN} \\ F_{v,Rk} &= \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}) &= & 5,87 \text{ kN} \\ F_{v,Rd} &= F_{v,Rk} \cdot k_{mod} / \gamma_M &= & 4,06 \text{ kN} \end{aligned}$$



Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen

$$\eta_{\text{nef}} = 0,85$$

Nachweis:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{MAX}(F_{A,d}; F_{B,d}) = 4,72 \text{ kN}$$

$$\text{Anschlussstragfähigkeit } R_d = F_{v,Rd} * 2 * \eta_{\text{nef}} = 6,90 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{\underline{0,68 < 1}}$$

Mindestrandabstände:

$$\text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha = \text{MIN}(\alpha_A; \alpha_B) = 55,8^\circ$$

$$a_1 = (3+2*\text{COS}(\alpha))*d = 41,2 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3*d = 30,0 \text{ mm}$$

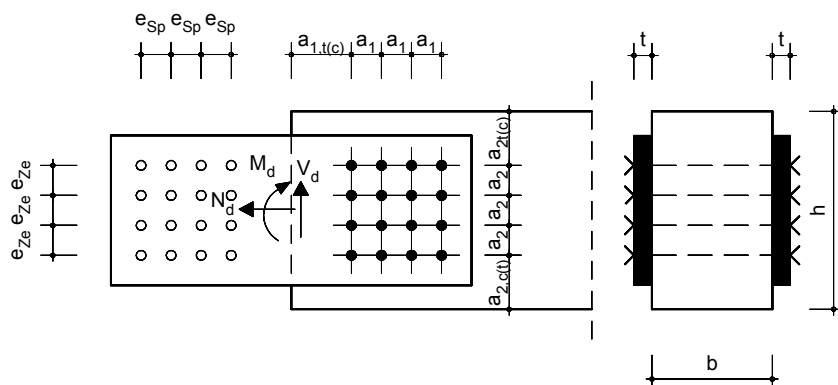
$$a_{2,t} = \text{MAX}((2+2*\text{SIN}(\alpha))*d; 3*d) = 36,5 \text{ mm}$$

$$a_{2,c} = 3*d = 30,0 \text{ mm}$$

$$a_1 / e_{\text{Sp}} = 0,69 \leq 1$$

$$a_2 / e_{\text{Ze}} = 0,75 \leq 1$$

Biegesteifer Anschluss mit außenliegenden Stahlblechen



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite $b =$	120,0 mm	
Höhe $h =$	200,0 mm	
Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= GL24h
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 380 kg/m ³

Stahlbleche:

Dicke $t =$	8,00 mm
-------------	---------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N>3)	= Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	= 4.6 / 4.8
Durchmesser $d =$		10,0 mm
Spalten (\perp zur FR) $n_{Sp} =$		4
Spaltenabstand (a_1) $e_{Sp} =$		45,0 mm
Zeilen (in FR) $n_{Ze} =$		4
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$		45,0 mm
Gesamtanzahl VM $n =$	$n_{Sp} \cdot n_{Ze}$	= 16

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30

Belastung:

Normalkraft $N_d =$	12,00 kN
Exzentrizität $e_N =$	0 mm
Querkraft $V_d =$	7,00 kN
Abstand $a_{1,t} =$	80,0 mm
Moment $M_d =$	5,00 kNm



Berechnung der Beanspruchung:

$$\begin{aligned} \text{Abst. der äußeren Spalten } a_{Sp} &= (n_{Sp} - 1) \cdot e_{Sp} &= & 135 \text{ mm} \\ \text{Abst. der äußeren Zeilen } a_{Ze} &= (n_{Ze} - 1) \cdot e_{Ze} &= & 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

Polares Trägheitsmoment:

$$\text{Flächenmoment } I_p = \frac{n}{12} \cdot ((n_{Ze}^2 - 1) \cdot e_{Ze}^2 + (n_{Sp}^2 - 1) \cdot e_{Sp}^2) = 81000 \text{ mm}^2$$

Moment im Anschlussschwerpunkt:

$$\begin{aligned} \text{Querkraftexzentrizität } e_V &= a_{1,t} + a_{Sp}/2 &= & 147,5 \text{ mm} \\ \text{Anschlussmoment } M_{A,d} &= M_d \cdot 10^3 + N_d \cdot e_N + V_d \cdot e_V &= & 6032,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kraftkomponenten je VM:

$$\begin{aligned} \text{aus der Normalkraft: } & N_d / n &= & 0,75 \text{ kN} \\ \text{aus dem Moment: } & M_{A,d} \cdot (a_{Ze}/2) / I_p &= & 5,03 \text{ kN} \\ & \text{Horizontalkomponente } F_{H,d} &= & 5,78 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{aus der Querkraft: } & V_d / n &= & 0,44 \text{ kN} \\ \text{aus dem Moment: } & M_{A,d} \cdot (a_{Sp}/2) / I_p &= & 5,03 \text{ kN} \\ & \text{Vertikalkomponente } F_{V,d} &= & 5,47 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resultierende } F_d &= \sqrt{F_{H,d}^2 + F_{V,d}^2} &= & 7,96 \text{ kN} \\ \text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha &= \text{atan}\left(\frac{F_{V,d}}{F_{H,d}}\right) &= & 43,4^\circ \end{aligned}$$

Berechnung der Tragfähigkeit:



$$\begin{aligned} \text{Lochleibung } f_{h,\alpha,k} &= \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} &= & 22,69 \text{ N/mm}^2 \\ f_{h,2,k} &= f_{h,\alpha,k} &= & 22,69 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Holzdicke } t_2 &= b &= & 120 \text{ mm} \\ \text{charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl-Holz-Verbindung)} \\ \text{für dünne Stahlbleche als Seitenteile einer zweiseitigen Verbindung:} \\ R_{k19} &= (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} &= & 13,61 \text{ kN} \\ R_{k20} &= 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} &= & 5,35 \text{ kN} \\ F_{v,Rk,1} &= \text{MIN}(R_{k19}, R_{k20}) &= & 5,35 \text{ kN} \end{aligned}$$



für dicke Stahlbleche als Seitenteile einer zweischnittigen Verbindung:

$$R_{k21} = (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 13,61 \text{ kN}$$

$$R_{k22} = 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d \cdot 10^{-3}} = 7,57 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2} = \text{MIN}(R_{k21}, R_{k22}) = 7,57 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{WENN}(t < 0,5 \cdot d; F_{v,Rk,1}; \text{WENN}(t > d; F_{v,Rk,2}; F_{v,Rk,1} + (F_{v,Rk,2} - F_{v,Rk,1}) \cdot (1 - 0,5) \cdot (t/d - 0,5))) = 6,68 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_M = 4,62 \text{ kN}$$

Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen

$$n_{\text{ef}} = \text{MIN}(n; n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{e_{\text{Sp}}}{13 \cdot d}}) \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} = 12,53$$

$$\eta_{\text{nef}} = n_{\text{ef}} / n = 0,78$$

Nachweis:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{ABS}(F_d) = 7,96 \text{ kN}$$

$$\text{Tragwiderstand } R_d = F_{v,Rd} \cdot 2 \cdot \eta_{\text{nef}} = 7,21 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } S_d / R_d = \underline{\underline{1,10 \leq 1}}$$

Mindestrandabstände:

$$a_1 = (3 + 2 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d = 44,5 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \text{MAX}(7 \cdot d; 80) = 80,0 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \cdot d = 30,0 \text{ mm}$$

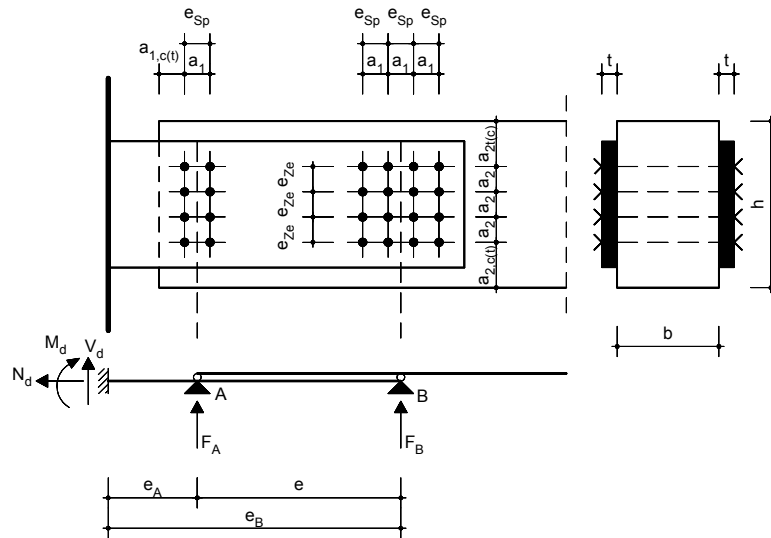
$$a_{4,t} = \text{MAX}((2 + 2 \cdot \text{SIN}(\alpha)) \cdot d; 3 \cdot d) = 33,7 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 30,0 \text{ mm}$$

$$a_1 / e_{\text{Sp}} = 0,99 \leq 1$$

$$a_2 / e_{\text{Ze}} = 0,67 \leq 1$$

Biegesteifer Anschluss mit außenliegendem Stahlblech (Kräftepaar)



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite b =		120,0 mm
Höhe h =		200,0 mm
Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= C24
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 350 kg/m ³

Stahlblech:

Dicke t =		10,00 mm
-----------	--	----------

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N=4)	=	Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.6 / 4.8
Durchmesser d =			8,0 mm
Bolzenanzahl:			
Spalten A (\perp zur FR) n_{SpA} =			2
Spalten B (\perp zur FR) n_{SpB} =			2
Spalten gesamt n_{Sp} =	$n_{SpA} + n_{SpB}$	=	4
Zeilen (in FR) n_{Ze} =			3
Gesamtanzahl VM n =	$n_{Sp} \cdot n_{Ze}$	=	12
Spaltenabstand (a_1) e_{Sp} =			60,0 mm
Zeilenabstand (a_2) e_{Ze} =			40,0 mm
Abst. VM-Schwerpunkte e =			400,0 mm
Abst. zum Schwerp. A e_A =			300,0 mm
Abst. zum Schwerp. B e_B =	$e + e_A$	=	700,0 mm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)	=	0,90
Sicherheitsbeiwert γ_M =			1,30

Belastung:

Normalkraft N_d =	-50,80 kN
Querkraft V_d =	10,00 kN
Moment M_d =	-20,00 kNm



Berechnung der Beanspruchung je Verbindungsmittel:

$$\text{Normalkraftkomponente } F_{N,d} = \frac{N_d}{n} = -4,23 \text{ kN}$$

$$\text{Querkraftkomponente A } F_{VA,d} = \frac{M_d \cdot 10^3 + V_d \cdot e_B}{e \cdot n_{SpA} \cdot n_{Ze}} = -5,42 \text{ kN}$$

$$\text{Querkraftkomponente B } F_{VB,d} = \frac{M_d \cdot 10^3 + V_d \cdot e_A}{e \cdot n_{SpB} \cdot n_{Ze}} \cdot -1 = 7,08 \text{ kN}$$

$$\text{Resultierende A } F_{A,d} = \sqrt{F_{N,d}^2 + F_{VA,d}^2} = \mathbf{6,88 \text{ kN}}$$

$$\text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha_A = \text{atan} \left(\frac{\text{abs}(F_{VA,d})}{\text{abs}(F_{N,d})} \right) = 52,0^\circ$$

$$\text{Resultierende B } F_{B,d} = \sqrt{F_{N,d}^2 + F_{VB,d}^2} = \mathbf{8,25 \text{ kN}}$$

$$\text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha_B = \text{atan} \left(\frac{\text{abs}(F_{VB,d})}{\text{abs}(F_{N,d})} \right) = 59,1^\circ$$

Berechnung der Tragfähigkeit:



$$\text{Lochleibung } f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 19,61 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,k} = f_{h,\alpha,k} = 19,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Holzdicke } t_2 = b = 120,00 \text{ mm}$$

charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl-Holz-Verbindung)
für dünne Stahlbleche als Seitenteile einer zweiseitigen Verbindung:

$$R_{k19} = (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 9,41 \text{ kN}$$

$$R_{k20} = 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 3,33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,1} = \text{MIN}(R_{k19}, R_{k20}) = 3,33 \text{ kN}$$

für dicke Stahlbleche als Seitenteile einer zweiseitigen Verbindung:

$$R_{k21} = (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 9,41 \text{ kN}$$

$$R_{k22} = 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 4,71 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2} = \text{MIN}(R_{k21}, R_{k22}) = 4,71 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{WENN}(t < 0,5 \cdot d; F_{v,Rk,1}; \text{WENN}(t > d; F_{v,Rk,2}; F_{v,Rk,1} + (F_{v,Rk,2} - F_{v,Rk,1}) / (1 - 0,5) \cdot (t/d - 0,5))) = 4,71$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_M = 3,26 \text{ kN}$$



Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen

$$\eta_{\text{nef}} = 0,85$$

Nachweis:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{MAX}(F_{A,d}; F_{B,d}) = 8,25 \text{ kN}$$

$$\text{Tragwiderstand } R_d = F_{v,Rd} * 2 * \eta_{\text{nef}} = 5,54 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } S_d / R_d = \underline{\underline{1,49 \leq 1}}$$

Mindestrandabstände:

$$\text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha = \text{MIN}(\alpha_A; \alpha_B) = 52,0^\circ$$

$$a_1 = (3+2*\text{COS}(\alpha))*d = 33,9 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \text{MAX}(7*d; 80) = 80,0 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3*d = 24,0 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \text{MAX}((2+2*\text{SIN}(\alpha))*d; 3*d) = 28,6 \text{ mm}$$

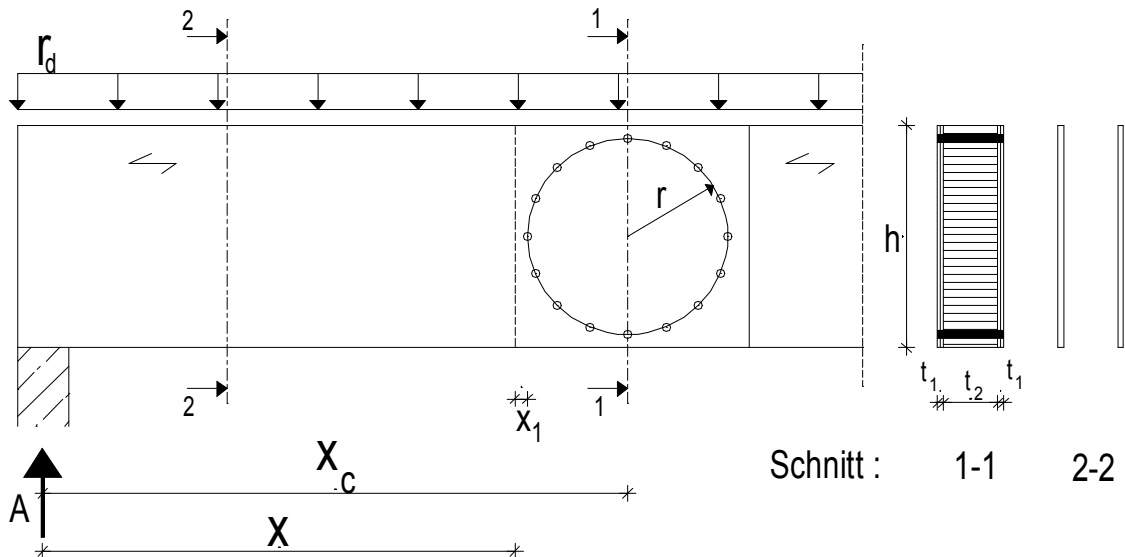
$$a_{4,c} = 3*d = 24,0 \text{ mm}$$

$$a_1 / e_{Sp} = 0,56 \leq 1$$

$$a_2 / e_{Ze} = 0,60 \leq 1$$

Biegesteifer Anschluss zur Sanierung im Auflagerbereich

Sanierung des Auflagerbereichs eines Holzträgers mit SPH-Platten. Der schadhafte Auflagerbereich wird abgetrennt und durch zwei Sperrholzplatten ersetzt. System : Einfeldträger mit konstanter Streckenlast f_d . Träger und SPH-Platten sind seitlich gehalten.



System:

Träger	
Länge l =	19,00 m
Breite t_2 =	170 mm
Höhe h =	1300 mm
Sperrholzplatten	
Dicke t_1 =	50 mm

Abstand x vom Auflager entfernt an dem der Träger abgeschnitten wird
 gew. Abstand x = **1,10 m**

Belastung :

Streckenlast f_d =	9,00 kN/m
----------------------	-----------

Material:

Träger		
Material Mat =	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat;)	= GL24h
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	= 24,00 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 380 kg/m ³

Sperrholzplatten	
Festigkeitsklasse FK_{SPH} =	GEW("EC5_de/Sperr";FK;) = F40/30 E60/40
Rohdichte $\rho_{k,SPH}$ =	TAB("EC5_de/Sperr"; ρ_k ; FK= FK_{SPH}) = 600 kg/m ³

Die Bemessungswerte für Scheibenbeanspruchung, parallel zur Faser-bzw. Spannrichtung

$f_{m,k,SPH}$ =	TAB("EC5_de/Sperr";fmk;A="Scheibe";R="parallel";FK= FK_{SPH}) =	29,00 N/mm ²
$f_{v,k,SPH}$ =	TAB("EC5_de/Sperr";fvk;A="Scheibe";R="parallel";FK= FK_{SPH}) =	9,50 N/mm ²

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;) =	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;) =	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod;N=NK; K=KLED) =	0,90

Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30
---------------------------------	--	------



Verbindungsmittel:

Für die Tragfähigkeit aller SDÜ ist mit $\alpha_{BSH} = 90^\circ$ und $\alpha_{SPH} = 0^\circ$ zu rechnen.

Verbindungsmitteltyp Typ =		Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	S 355
Durchmesser d =		16,0 mm
Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=S)	510 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$ =	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	206730 Nmm

Anzahl der SDÜ entsprechend obiger Skizze

Gesamtanzahl VM n =	16
Dübelradius r =	0,550 m

Abstand $x_1 \geq a_{3,t}$ (Beanspruchtes Hirnholzende)

x_{1min} =	$MAX(7 \cdot d; 80) \cdot 10^{-3}$	=	0,112 m
gewählt x_1 =	0,150 m		

Bemessung:

SPH-Platte			
Lochleibung $f_{h,1,k}$ =	$0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k,SPH}$	=	55,44 N/mm ²
Holz-Träger			
Lochleibung $f_{h,0,k}$ =	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	=	26,17 N/mm ²
Beiwert k_{90} =	$WENN(Mat="Laubholz"; 0,9; 1,35) + 0,015 \cdot d$	=	1,59 N/mm ²
Lochleibung $f_{h,2,k}$ =	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(90) + \cos(90)}$	=	16,46 N/mm ²
Verhältniswert β =	$\frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	=	0,30
$t_{1,req}$ =	$1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}}$	=	52 mm
$t_{2,req}$ =	$1,15 \cdot \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	=	113 mm
k_2 =	$MIN\left(\frac{t_1}{t_{1,req}}; \frac{t_2}{t_{2,req}}; 1\right)$	=	0,96
$F_{v,Rk}$ =	$\sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1+\beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot k_2 \cdot 10^{-3}$	=	12,49 kN
$F_{v,Rd}$ =	$\frac{k_{mod}}{1,1} \cdot F_{v,Rk}$	=	10,22 kN



Tragfähigkeitsnachweis für den maximal beanspruchten SDü

$$\begin{aligned} \text{Auflagerkraft } A_d &= f_d \cdot l / 2 &= & 85,50 \text{ kN} \\ x_c &= x + x_1 + r &= & 1,80 \text{ m} \\ M_{c,d} &= A_d \cdot x_c - f_d \cdot x_c^2 / 2 &= & 139,32 \text{ kNm} \\ F_{m,d} &= \frac{M_{c,d}}{n \cdot r} &= & 15,8 \text{ kN} \\ F_{v,d} &= \frac{A_d - f_d \cdot x_c}{n} &= & 4,33 \text{ kN} \\ F_{\max,d} &= F_{m,d} + F_{v,d} &= & 20,13 \text{ kN} \\ \text{Nachweis (2-schnittige Verbindung):} \\ \frac{F_{\max,d}}{2 \cdot F_{v,Rd}} &= & \underline{\underline{0,98 \leq 1}} \end{aligned}$$

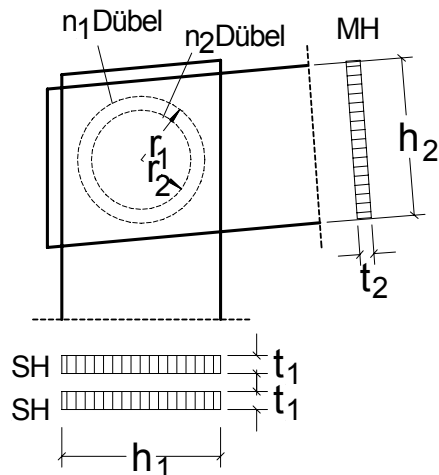
Tragfähigkeitsnachweise für das Sperrholz

Biegespannungsnachweis



$$\begin{aligned} f_{m,d} &= f_{m,k,SPH} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} &= & 20,08 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Nachweis:} \\ \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} &= & \underline{\underline{0,16 \leq 1}} \\ \text{Schubspannungsnachweis} \\ V_{x,d} &= A_d - f_d \cdot x &= & 75,60 \text{ kN} \\ A &= 2 \cdot t_1 \cdot h &= & 130,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ \tau_d &= 1,5 \cdot \frac{V_{x,d} \cdot 10^3}{A} &= & 0,87 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d} &= f_{v,k,SPH} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} &= & 6,58 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Nachweis:} \\ \frac{\tau_d}{f_{v,d}} &= & \underline{\underline{0,13 \leq 1}} \end{aligned}$$

Gedübelte Rahmenecke



System:

Seitenholzdicke t_1 =	120,0 mm
Seitenholzhöhe h_1 =	1480,0 mm
Mittelholzdicke t_2 =	200,0 mm
Seitenholzhöhe h_2 =	1480,0 mm
Neigungswinkel δ =	13,50 °
Dübelkreisradius r_1 =	644,0 mm
Dübelkreisradius r_2 =	524,0 mm
Anzahl der Dübel im äußeren Kreis n_1 =	28 Stück
Anzahl der Dübel im inneren Kreis n_2 =	22 Stück

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= GL28h
Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; N=NK; K=KLED)	= 0,90
Verbindungsmittel		
Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N>2)	= Stabdübel
Durchmesser d =		= 24,0 mm
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ)	= S 235
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	= 28,0 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	= 3,50 N/mm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=S)	= 360,0 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 410 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Belastung:

Bemessungswerte der Schnittgrößen in der Rahmenecke	
M_d =	676,80 kNm
Stütze (SH):	
$V_{d,C}$ =	150,40 kN
$N_{d,C}$ =	178,10 kN
Riegel (MH):	
$V_{d,R}$ =	138,10 kN
$N_{d,R}$ =	187,80 kN



Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$k_{hy} = \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } h1 < 150; \text{MIN}((150/h1)^{0,2}; 1,3); 1) = 1,0$$

$$k_{hy} = \text{WENN}(BS \neq \text{"Brettschichtholz"}; k_{hy}; \text{WENN}(h1 < 600; \text{MIN}((600/h1)^{0,1}; 1,1); 1)) = 1,0$$



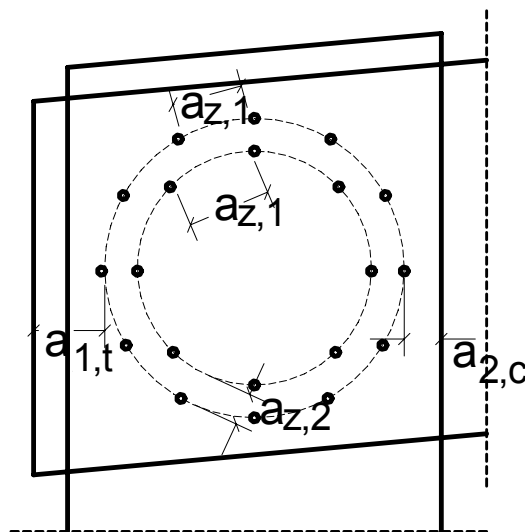
Anzahl der Dübel auf den Kreisen:

$$n_{1\max} = 2 * \pi * \frac{r_1}{6 * d} = 28,10$$

$$n_{2\max} = 2 * \pi * \frac{r_2}{6 * d} = 22,86$$

$$n_1 / n_{1\max} = 1,00 \leq 1$$

$$n_2 / n_{2\max} = 0,96 \leq 1$$



Bemessungswerte der Beanspruchung

Kräfte pro SDÜ in der Stütze und dem Riegel aus M_d

$$F_M = \frac{r_1}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2} * M_d * 10^3 = 24,69 \text{ kN}$$

Kräfte pro SDÜ in der Stütze (SH) infolge Quer- und Normalkraft

$$F_{V,C} = \frac{V_{d,C}}{n_1 + n_2} = 3,01 \text{ kN}$$

$$F_{N,C} = \frac{N_{d,C}}{n_1 + n_2} = 3,56 \text{ kN}$$



Kräfte pro SDÜ im Riege (MH) infolge Quer- und Normalkraft

$$F_{V,R} = \frac{V_{d,R}}{n_1 + n_2} = 2,76 \text{ kN}$$

$$F_{N,R} = \frac{N_{d,R}}{n_1 + n_2} = 3,76 \text{ kN}$$

maßgebende Dübelbeanspruchungen:

$$F_{d,C} = \sqrt{(F_M + F_{V,C})^2 + F_{N,C}^2} = 27,93 \text{ kN}$$

$$F_{d,R} = \sqrt{(F_M + F_{V,R})^2 + F_{N,R}^2} = 27,71 \text{ kN}$$

maßgebende Querkraft im Verbindungsbereich:

$$V_M = \frac{M_d \cdot \frac{n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2}{\pi \cdot \frac{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2}{2}} \cdot 10^3}{\pi \cdot \frac{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2}{2}} = 360,74 \text{ kN}$$

$$F_{V,d,C} = V_M - \frac{V_{d,C}}{2} = 285,54 \text{ kN}$$

Riegel MH:

$$F_{V,d,R} = V_M - \frac{V_{d,R}}{2} = 291,69 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 418768 \text{ Nmm}$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 25,55 \text{ N/mm}^2$$

Tragfähigkeit ro Stabdübel in Richtung der Stützenachse (SH)

Winkel zwischen Kraft und Faserrichtung

$$\alpha_1 = \text{atan} \left(\frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}} \right) = 82,7^\circ$$

$$\alpha_2 = \delta - (180 / 2 - \alpha_1) = 6,20^\circ$$

$$\text{Beiwert } k_{90} = \text{WENN}(\text{BS}="Laubholz"; 0,9; 1,35) + 0,015 \cdot d = 1,71 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2(\alpha_1) + \cos^2(\alpha_1)} = 15,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2(\alpha_2) + \cos^2(\alpha_2)} = 25,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Verhältniswert } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1,685$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel pro Scherfuge:

$$R_{k1} = (f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 43,32 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 60,82 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 20,23 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 22,40 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rk,C} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}) = 20,23 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd,C} = F_{V,Rk,C} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_M = 14,01 \text{ kN}$$



Tragfähigkeit pro Stabdübel in Richtung der Riegelachse (MH)

Winkel zwischen Kraft und Faserrichtung

$$\alpha_2 = \operatorname{atan}\left(\frac{F_M + F_{V,R}}{F_{N,R}}\right) = 82,2^\circ$$

$$\alpha_1 = 180 / 2 + \delta - \alpha_2 = 21,30^\circ$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} = 23,36 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} = 15,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Verhältnswert } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,645$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel pro Scherfuge:

$$R_{k1} = (f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 67,28 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 36,14 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 24,80 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 22,07 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rk,R} = \operatorname{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}) = 22,07 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd,R} = F_{V,Rk,R} \cdot k_{\text{mod}} / \gamma_M = 15,28 \text{ kN}$$

Nachweise

a) Tragfähigkeit der Verbindung in der Rahmenecke



b) Schubspannungen in der Rahmenecke

- Stütze (SH)

$$\tau_{v,C} = 3 \cdot F_{V,d,C} \cdot 10^3 / (2 \cdot 2 \cdot t_1 \cdot h_1) = 1,21 \text{ N/mm}^2$$

- Riegel (MH)

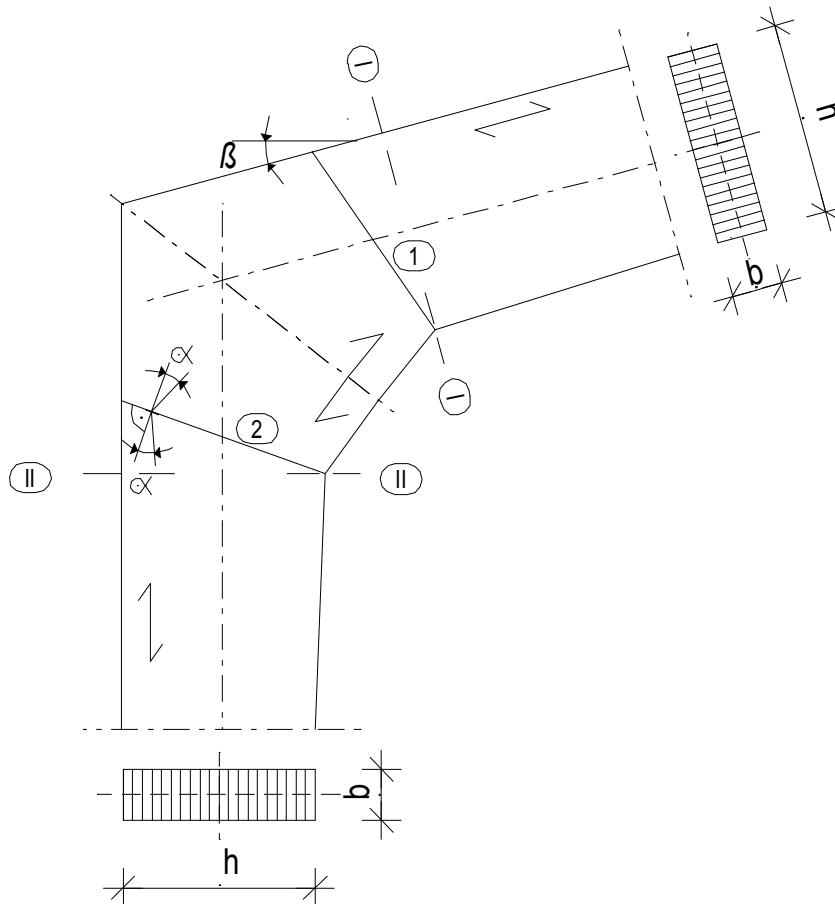
$$\tau_{v,R} = 3 \cdot F_{V,d,R} \cdot 10^3 / (2 \cdot t_2 \cdot h_2) = 1,48 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{v,C} / f_{v,d} = \underline{\underline{0,50 \leq 1}}$$

$$\tau_{v,R} / f_{v,d} = \underline{\underline{0,61 \leq 1}}$$

Keilgezinkte Rahmenecke

EC5-1-1, NCI NA.11.3 Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz und Balkenschichtholz



Annahme:

Die Schnittgrößen wurden nach Theorie II. Ordnung mit der maßgebenden Einwirkungs-kombination ermittelt. Die Querschnittswerte am Schnitt 1 und 2 stimmen überein und am Schnitt 2 treten die größeren Schnittgrößen auf. Aufgrund der größeren Schnittgrößen wird der Nachweis der Tragfähigkeit am Schnitt 2 maßgebend. Die Querkräfte sind nicht bemessungsmaßgebend und werden daher nicht berücksichtigt.

Belastung

Normalkraft $N_d = 120 \text{ kN}$
 Moment $M_{y,d} = 220 \text{ kNm}$

System

Breite $b = 180 \text{ mm}$
 Höhe $h = 1200 \text{ mm}$
 $\beta = 11,80^\circ$

Winkel zw. Faserrichtung und Beanspruchungsrichtung in den Keilzinkungen zwischen Stiel bzw. Riegel und Zwischenstück

Winkel $\alpha = (90^\circ - \beta) / 4 = 19,55^\circ$

Material

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS; N<3)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	= 0,90
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 410 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30



$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	28,00 N/mm ²
red =	WENN($f_{m,k} \geq 28; 0,85; \text{WENN}(f_{m,k} \geq 24 \text{ UND BS} = \text{"Nadelholz"; } 0,85; 1)$)	=	0,85
$f_{m,k} =$	red * TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	23,80 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	red * TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	22,52 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	3,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²

Querschnittswerte

Bei der Berechnung der Normalspannungen sind bei Querschnittshöhen über 300 mm die Querschnittsschwächungen durch die Universal-Keilzinkenverbindung zu berücksichtigen. Sie dürfen ohne genaueren Nachweis um 20% = 4/5 der Bruttoquerschnittswerte angenommen werden. Die tatsächlich vorhandene Kontaktfläche wird als Druckfläche angesetzt.

Da der Bemessungswert $f_{c,\alpha,d}$ der Druckfestigkeit unter dem Winkel α mit dem Faktor 2 erhöhten Druck- und Schubfestigkeiten berechnet wird, entfällt die Ermittlung einer effektiven Fläche.

A =	$b \cdot h^{4/5}$	=	$172,80 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
$W_y =$	$b \cdot h^2 / 6^{4/5}$	=	$34560,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Bemessungswerte der Festigkeiten



Bemessungswerte der Beanspruchungen

$\sigma_{c,0,d} =$	$\frac{N_d \cdot 10^3}{A}$	=	0,69 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	$\frac{\text{abs}(M_{y,d})}{W_y} \cdot 10^6$	=	6,37 N/mm ²

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit

Die Schnittgrößen wurden nach Theorie II. Ordnung ermittelt

$$k_c = 1$$

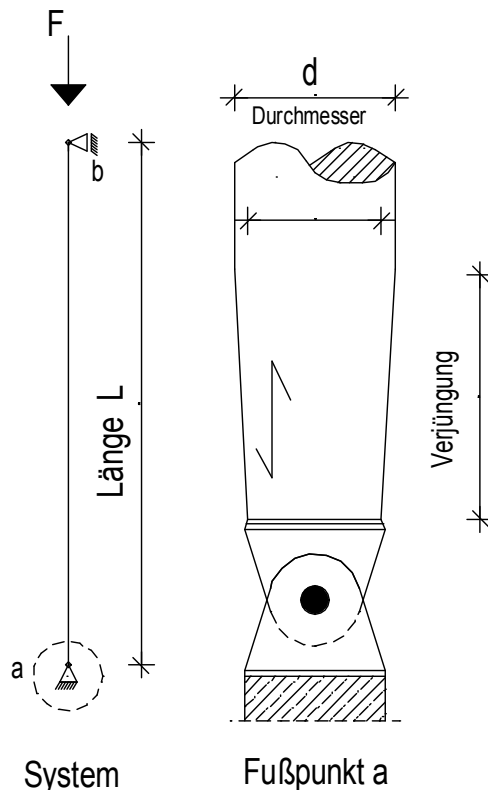
Druckfestigkeit unter dem Winkel α

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d} \cdot 2} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} \cdot 2} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 11,03 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,\alpha,d}} \cdot \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right) = \underline{\underline{0,61 \leq 1}}$$

Stützenfußanschluss mit innenliegendem Kreuzblech



Am Fußpunkt a ist die Stütze über zwei Schlitzbleche, die rechtwinklig miteinander verschweißt sind (Kreuzbleche) und Stabdübel an das Fußgelenk anzuschließen. Der Anschluss ist zu konstruieren und zu berechnen.

Nachweise für die Bleche werden nicht geführt!

Belastung :

$$F_d = 420,0 \text{ kN}$$

Stütze:

Rundstütze im inneren eines Gebäudes

Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Nadelholz
FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat;N<3)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

Schlitzbleche S235 t= 8 mm, Schlitzbreite 10 mm

Verbindungsmittel:

Anordnung der SDü parallel zur Faserrichtung

Verbindungsmittel Typ =		=	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	S 235
Durchmesser d =		=	20,0 mm
Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=S)	=	360 N/mm ²

Holztiefe/Einschlagtiefe

$$t_1 = 115 \text{ mm}$$



Berechnung der Tragfähigkeit:

Vereinfachtes Verfahren

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 260676 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 22,96 \text{ N/mm}^2$$

Mindesteinbindetiefe (Mindestholzdicke)

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} \cdot d}} = 110 \text{ mm}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Abscheren pro Scherfuge und VM

$$F_{v,Rk} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} \cdot \text{MIN}(t_1 / t_{\text{req}}; 1) \cdot 10^{-3} = 21,88 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk} / 1,1 = 17,90 \text{ kN}$$

erforderliche Anzahl VM

$$n_{\text{req}} = \frac{F_d}{2 \cdot F_{v,Rd}} = 11,73$$

gewählt : 4x4 = 16 SDü Ø 20 S 235

Anordnung der SDü:



wirksame Anzahl in Krafrichtung hintereinander angeordneter Stabdübel

$$n_{\text{ef}} = \left(\text{MIN} \left(n_r; n_r^{0,9} \cdot \left(\frac{a_1}{13 \cdot d} \right)^{1/4} \right) \right) \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + \frac{n_r \cdot \alpha}{90} = 3,0$$

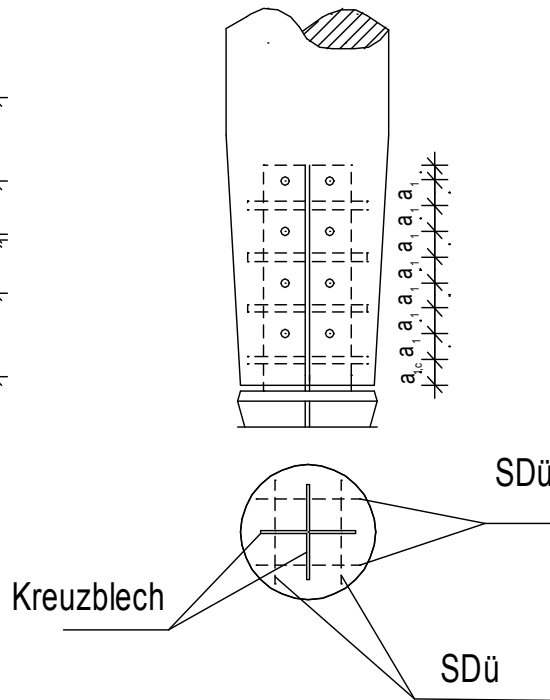
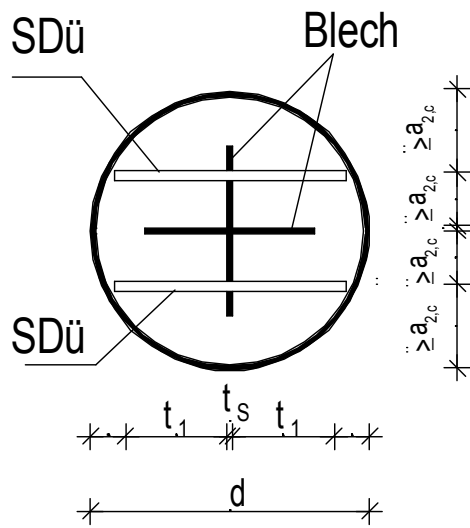
$$\frac{n_{\text{ef}}}{n_r} = \underline{\underline{0,75 \leq 1}}$$

$$F_{\text{max,d}} = n_{\text{ef}} \cdot m \cdot p \cdot F_{v,Rd} = 430 \text{ kN}$$

$$\frac{F_d}{F_{\text{max,d}}} = \underline{\underline{0,98 \leq 1}}$$



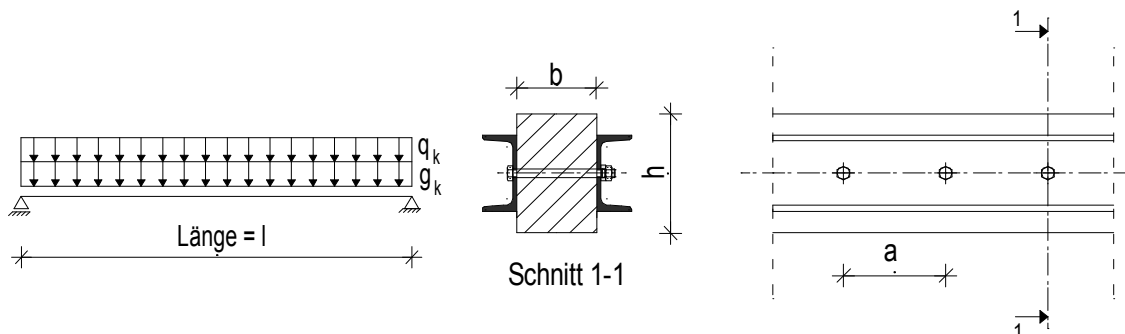
Gesamtanzahl der SDü $n_{ges} = n_r \cdot m = 16 \text{ SDü}$



Kapitel Balkenverstärkung

Balkenverstärkung mit seitlichen U-Profilen

Verstärkungsstähle laufen über gesamte Länge durch und sind an den Enden gestützt! Berechnung nach [Lehmann/ Stolze 1975] angenähertes Verfahren



System:

Stützweite $l = 4,10 \text{ m}$
 Überhöhung $w_c = 0 \text{ mm}$

Belastung:

$g_k = 5,00 \text{ kN/m}$
 $q_k = 2,50 \text{ kN/m}$

Holzträger:

Querschnittswerte
 Trägerhöhe $h = 200 \text{ mm}$
 Trägerbreite $b = 140 \text{ mm}$

$$W_{y,H} = \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,933 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,H} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 93,333 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Material

Material BS: GEW("EC5_de/mat";B;) = Nadelholz
 Festigkeitsklasse FK: GEW("EC5_de/mat";FK;B=BS) = C24

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK = GEW("EC5_de/mod";N;B=BS) = 1
 KLED = GEW("EC5_de/mod";K;B=BS) = mittel
 $k_{mod} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=BS}) = 0,80$
 $f_{m,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";fmk;FK=FK}) = 24,00 \text{ N/mm}^2$
 $\rho_k = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";rhok;FK=FK}) = 350 \text{ kg/m}^3$
 $E_{0,mean} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";E0mean;FK=FK}) = 11000 \text{ N/mm}^2$
 $k_{def} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod";kdef;B=BS;N=NK}) = 0,60$
 Sicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,30$

Verstärkung U-Träger:

Material
 Träger Typ = GEW("EC3_de/U"; ID;) = U 120
 Stahl = GEW("EC3_de/mat"; ID;) = S 235
 $f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC3_de/mat";fyk;ID=Stahl}) = 235 \text{ N/mm}^2$
 $E_S = \text{TAB}(\text{"EC3_de/mat";E;ID=Stahl}) = 210000 \text{ N/mm}^2$



Sicherheitsbeiwerte:

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,1$$

Querschnittswerte

$$\text{Höhe } h_s = \text{TAB}(\text{"EC3_de/U"; h; ID=Typ}) = 120,00 \text{ mm}$$

$$\text{Breite } b_s = \text{TAB}(\text{"EC3_de/U"; b; ID=Typ}) = 55,00 \text{ mm}$$

$$\text{Steg } t_w = \text{TAB}(\text{"EC3_de/U"; tw; ID=Typ}) = 7,00 \text{ mm}$$

$$W_{y,S} = \text{TAB}(\text{"EC3_de/U"; } W_y; \text{ ID=Typ}) * 10^3 = 6,070 * 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,S} = \text{TAB}(\text{"EC3_de/U"; } I_y; \text{ ID=Typ}) * 10^4 = 3,640 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ = Passbolzen

Durchmesser d = 16,0 mm

Stahlsorte S = GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ) = 4.6 / 4.8

Abstand untereinander in Faserrichtung

Abstand (PB) a = 0,80 m

Tragfähigkeitsnachweise:

Beanspruchung

$$E_d = 1,35 * g_k + 1,5 * q_k = 10,50 \text{ kN/m}$$

Faktor für die Lastaufteilung

$$n = \frac{E_s}{E_{0,mean}} = 19,091$$

$$\varphi = \frac{I_{y,S} * 2}{I_{y,H}} = 0,078$$

anteilige Beanspruchung auf Holz- und U-Trägern



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie
Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\sigma_{m,y,d,H} = \frac{M_{d,Holz} * 10^6}{W_{y,H}} = 9,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,S} = \frac{M_{d,Stahl} * 10^6}{W_{y,S} * 2} = 108,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d,H}}{f_{m,y,d,H}} = \underline{0,64} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d,S}}{f_{m,y,d,S}} = \underline{0,51} \leq 1$$



Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel

Beanspruchung pro Verbindungsmittel (2 Scherflächen)

$$V_d = E_{d,Stahl} \cdot a = 5,02 \text{ kN}$$

$$\text{Zugfestigkeit } f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM"}; f_{uk}; \text{Bez=S}) = 400,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 162141,13 \text{ Nmm}$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 24,11 \text{ N/mm}^2$$

Mindesteinbindetiefe (Mindestholzdicke)

$$F_{v,Rk,1} = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 11,18 \text{ kN}$$

$$t_{req,1} = 1,15 \cdot (2 \cdot \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} \cdot d}} = 67 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,2} = \sqrt{(2) \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} \cdot 10^{-3}} = 15,82 \text{ kN}$$

$$t_{req,2} = 1,15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} \cdot d}} = 94 \text{ mm}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Abscheren pro Scherfuge und VM



$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} \cdot \text{MIN}(t / t_{req}; 1) / 1,1 = 8,13 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\frac{V_d}{F_{v,Rd} \cdot 2} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$

Gebrauchstauglichkeitsnachweis:

$$E_{g,k} = q_k = 5,00 \text{ kN/m}$$

$$E_{q,k} = q_k = 2,50 \text{ kN/m}$$

$$E_{gg,k} = E_{g,k} + E_{q,k} = 7,50 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beiwert } \psi_{2,1} = 0,30$$

anteilige Beanspruchung

$$E_{k,Holz} = \frac{E_{gg,k}}{1 + n \cdot \varphi} = 3,01 \text{ kN/m}$$

$$E_{k,Stahl} = E_{gg,k} - E_{k,Holz} = 4,49 \text{ kN/m}$$

Geamtlastanteil

$$F_H = \frac{E_{k,Holz}}{E_{gg,k}} = 0,40$$

$$F_S = \frac{E_{k,Stahl}}{E_{gg,k}} = 0,60$$



Durchbiegung

$$w_{\text{inst,G}} = \frac{5 \cdot F_H \cdot E_{g,k} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{384 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{y,H}} = 7,17 \text{ mm}$$

$$w_{G,\text{inst,S}} = \frac{5 \cdot F_S \cdot E_{g,k} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{384 \cdot E_S \cdot I_{y,S} \cdot 2} = 7,22 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst,Q,1}} = \frac{5 \cdot F_H \cdot E_{q,k} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{384 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{y,H}} = 3,58 \text{ mm}$$

Endverformung ständige Einwirkung:

$$E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{0,\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})} = 6875 \text{ N/mm}^2$$

$$w_{\text{fin,G}} = \frac{5 \cdot F_H \cdot E_{g,k} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{384 \cdot E_{\text{mean,fin}} \cdot I_{y,H}} = 11,47 \text{ mm}$$

Endverformung veränderliche Einwirkung

$$w_{\text{fin,Q,1}} = \frac{5 \cdot F_H \cdot E_{q,k} \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{384 \cdot E_{\text{mean,fin}} \cdot I_{y,H}} = 5,73 \text{ mm}$$

Nachweis bei einer veränderlichen Einwirkung

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{\text{grenz}} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,G}} + w_{\text{inst,Q,1}} = 10,8 \text{ mm}$$
$$\text{gewählt } w_{\text{grenz}} = l \cdot 10^3 / 300 = 13,67 \text{ mm}$$
$$w_{\text{inst}} / w_{\text{grenz}} = \underline{\underline{0,79 \leq 1}}$$

b) Enddurchbiegung: $w_{\text{grenz,fin}} \leq l / 300$ bis $l / 150$

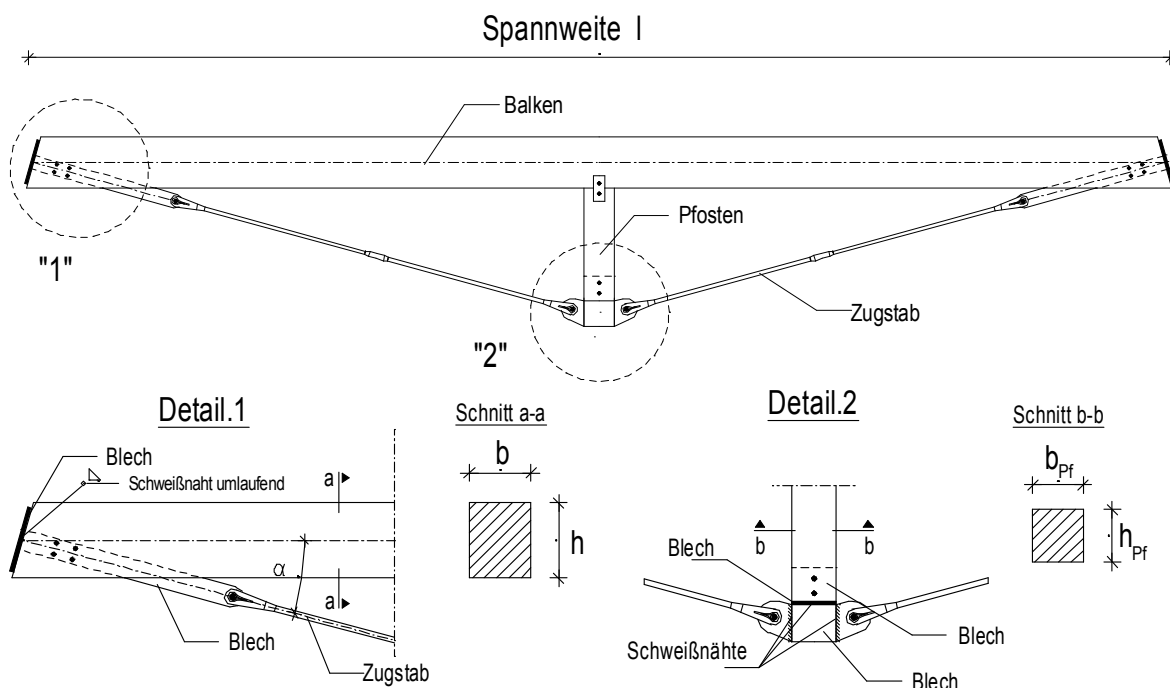


c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{\text{grenz,net,fin}} \leq l / 350$ bis $l / 250$

$$w_{\text{net,fin}} = w_{\text{fin}} - w_c = 15,7 \text{ mm}$$
$$\text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} = l \cdot 10^3 / 250 = 16,40 \text{ mm}$$
$$w_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} = \underline{\underline{0,96 \leq 1}}$$

Verstärkter Balken mit Unterspannung

Die Nachweise für die Stahlbleche und Schweißnähte werden hier nicht geführt. Gegen Kippen und Knicken ist der Balken in Trägerrmitte seitlich gegen Ausweichen gehalten.



System:

Spannweite $l =$	8,10 m
Winkel $\alpha =$	13,00 °

Querschnitt:

Holz	
Balkenbreite $b =$	250 mm
Balkenhöhe $h =$	270 mm
Pfeilerbreite $b_{Pf} =$	200 mm
Pfeilerhöhe $h_{Pf} =$	200 mm

Detail 1:

Blech	
Breite $b_{Bl} =$	210 mm
Länge $l_{Bl} =$	240 mm
Dicke $t_2 =$	24 mm
Schweißnahtdicke $t_s =$	4 mm

Beanspruchung:

$E_d =$	15,00 kN/m
---------	------------

Material:

Holzbalken

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel

$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	2,50 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	460,00 N/mm ²



$$\begin{aligned}k_{\text{mod}} &= \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{\text{mod}}; B=\text{BS}; K=\text{KLED}; N=\text{NK}) &= & 0,80 \\ \rho_k &= \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat"}; \rho_{\text{hok}}; FK=\text{FK}) &= & 350 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Sicherheitsbeiwert } \gamma_M &= & & 1,30\end{aligned}$$

Berechnung:



Biegemomente

$$M_{y,\text{Feld}} = \frac{9}{512} * E_d * I^2 = 17,30 \text{ kN/m}$$

$$M_{y,\text{Stütze}} = \frac{-1}{32} * E_d * I^2 = -30,75 \text{ kN/m}$$

Zugkraft in der Unterspannung

$$N_{t,d} = \frac{5}{16} * E_d * \frac{I}{\sin(\alpha)} = 168,79 \text{ kN}$$

Druckkraft im Balken

$$N_{c,d,\text{Ba}} = \frac{-5}{16} * E_d * \frac{I}{\tan(\alpha)} = -164,46 \text{ kN}$$

Druckkraft im Pfosten

$$N_{c,d,\text{Pf}} = \frac{-5}{8} * E_d * I = -75,94 \text{ kN}$$

Nachweis der Stabilität bei $x = l / 4$

Ersatzstablänge

$$\begin{aligned}\text{Faktor } \beta &= & & 1,00 \\ l_{\text{ef}} &= \beta * l / 2 &= & 4,0 \text{ m}\end{aligned}$$

Überprüfung Kippgefahr

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1,4; 1) = 1,0$$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi * \sqrt{\eta} * E_{0,05} * G_{05}}} = 0,0645$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{\text{ef}} * h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l_{\text{ef}} * 10^3 * h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = \underline{\underline{0,13 \leq 1}}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \kappa_m * \sqrt{\frac{l_{\text{ef}} * 10^3 * h}{b^2}} = 0,268$$

$$k_{\text{crit}} = \text{WENN}(\lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{\text{rel},m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{\text{rel},m}; 1 / \lambda_{\text{rel},m}^2)) = 1,000$$



Stabilitätsnachweis (Knicken):

Schlankheitsgrad :

$$\begin{aligned}i_y &= h / \sqrt{12} &= & 77,94 \text{ mm} \\ \lambda_y &= l_{ef} * 10^3 / i_y &= & 51,32 \\ i_z &= b / \sqrt{12} &= & 72,17 \text{ mm} \\ \lambda_z &= l_{ef} * 10^3 / i_z &= & 55,42\end{aligned}$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\begin{aligned}\lambda_{rel,y} &= (\lambda_y / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} &= & 0,874 \\ \lambda_{rel,z} &= (\lambda_z / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} &= & 0,944 \\ \beta_c &= \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz";0,1;0,2}) &= & 0,20 \\ k_z &= 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) &= & 1,01 \\ k_y &= \frac{0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)}{1} &= & 0,94 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} &= & 0,778 \\ k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} &= & 0,730\end{aligned}$$

Nachweis der Stabilität für $\sigma_{m,z,d} = 0$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d,1}}{k_{crit} * f_{m,d}} = \underline{\underline{0,63 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d,1}}{k_{crit} * f_{m,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,41 \leq 1}}$$



Nachweis der Spannung für $\sigma_{m,z,d} = 0$ bei $x = l/2$

$$\sigma_{m,y,d,2} = \frac{\text{abs}(M_{y,\text{Stütze}}) * 10^6}{W_y} = 10,12 \text{ N/mm}^2$$

$$k_m = 0,70$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,2}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,72 \leq 1}}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d,2}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,52 \leq 1}}$$

Nachweis Druck \perp zur Faserrichtung Anschluss Pfosten/Balken

$$A_{ef,1} = (b_{Pf} + 2 * 30) * h_{Pf} = 5,20 * 10^4 \text{ mm}^2$$

Querdruckbeiwert $k_{c,90}$ für Nadelholz, Brettschichtholz und Laubholz mit $l_1 < 2h$

$$k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{\text{abs}(N_{c,d,Pf}) * 10^3}{A_{ef,1}} = 1,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} = \underline{\underline{0,95 \leq 1}}$$

Nachweis Druck parallel zur Faser Anschluss Pfosten/Stahlteil

$$A_{ef,2} = b_{Pf} * h_{Pf} = 4,00 * 10^4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{\text{abs}(N_{c,d,Pf}) * 10^3}{A_{ef,2}} = 1,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,15 \leq 1}}$$

Nachweis Anschluss Unterspannung Detail 1

$$A_{brutto} = b_{BI} * l_{BI} = 5,04 * 10^4 \text{ mm}^2$$

$$A_{Netto} = b_{BI} * (l_{BI} - t_s - t_2) = 4,45 * 10^4 \text{ mm}^2$$

$$N_{c,a,d} = N_{t,d} = 168,79 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ bei Nadelvollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz um 40% erhöht werden.

$$f_{c,a,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d} * 2} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} * 2 * 1,4} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 12,23 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{N_{c,a,d} * 10^3}{A_{Netto}} = 3,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$

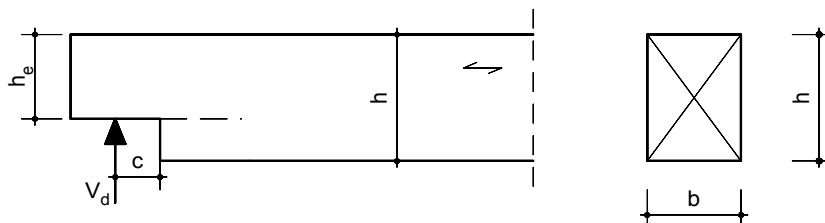
Nachweis der Zugstäbe

⇒ Zugstab mit $N_{Rd} \geq N_{t,d}$

Kapitel Ausklinkungen und Durchbrüche

Auslinkung mit Verstärkung (Spax Vollgewindeschrauben)

NCI NA.6.8.3 Querzugverstärkungen für rechtwinklige Ausklinkungen an den Enden von Biegestäben mit Rechteckquerschnitt



Eingaben:

Träger:

Breite b =	100,0 mm
Höhe h =	240,0 mm
Höhe h _e =	140,0 mm
Abstand c =	100,0 mm

Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	=Nadelholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= C24

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat)	= mittel
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat)	= 0,80

Belastung:

Bemessungskraft V _d =	16,40 kN
Sicherheitsbeiwert γ _M =	1,30

Berechnung der Tragfähigkeit:

f _{v,k} =	TAB("EC5_de/mat";fvk;FK=FK)	= 4,00 N/mm ²
f _{v,d} =	f _{v,k} * k _{mod} / γ _M	= 2,46 N/mm ²
i =		0,0
x =	c	= 100 mm
α =	h _e /h	= 0,583
k _n =	WENN(Mat="Furnierschichtholz";4,5;WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5))	= 5,00

$$k_v = \text{MIN}\left(\frac{k_n \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}}\right)}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1 - \alpha^2}{\alpha}}\right)}; 1\right) = 0,37$$

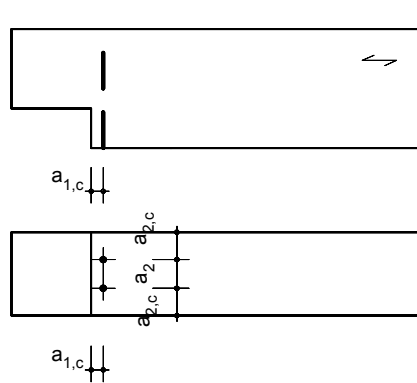
$$\tau_d = 1,5 \cdot V_d \cdot 10^3 / (b \cdot h_e) = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d / (k_v \cdot f_{v,d}) = \underline{\underline{1,93 \leq 1}}$$

⇒ **Verstärkung erforderlich!**



Verstärkung:



gewählt: SPAX-Vollgewindeschrauben (Z-9.1-519)

Schraubendurchmesser $d_r =$ GEW("EC5_de/Spax";d1;) = 8,0 mm
 Schraubenlänge $l =$ 200,0 mm
 Anzahl $n =$ $2 \geq 2$



$$R_{ax,d} = \text{MIN}(R_{ax,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M; R_{t,u,k} / 1,25) = 6030,8 \text{ N}$$

$$\text{Bemessungszugkraft } F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot (3 \cdot (1-\alpha)^2 - 2 \cdot (1-\alpha)^3) \cdot 10^3 = 8030,0 \text{ N}$$

$$\text{Fugenspannung } \tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

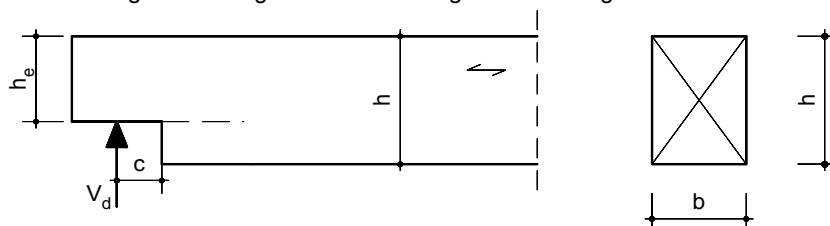
Tragfähigkeit: $\frac{F_{t,90,d}}{n \cdot R_{ax,d}} = \underline{\underline{0,67 \leq 1}}$

Mindestabstände:

Randabstand $a_{1,c} = 5 \cdot d_r = 40,0 \text{ mm}$
 $a_2 = 5 \cdot d_r = 40,0 \text{ mm}$
 $a_{2,c} = 4 \cdot d_r = 32,0 \text{ mm}$

Ausklüpfung mit seitlich geklebter Verstärkungsplatten

NCI NA.6.8.3 Querzugverstärkungen für rechtwinklige Ausklünungen an den Enden von Biegestäben mit



Eingaben:

Träger:

Breite b =	200,0 mm
Höhe h =	450,0 mm
Höhe h _e =	250,0 mm
Abstand c =	100,0 mm

Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= GL28h

Nutzungs-kategorie und Lasteinwirkungs-dauer:

Nutzungs-kategorie NK =	GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungs-dauer KLED =	GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikations-beiwert k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat)	=	0,80

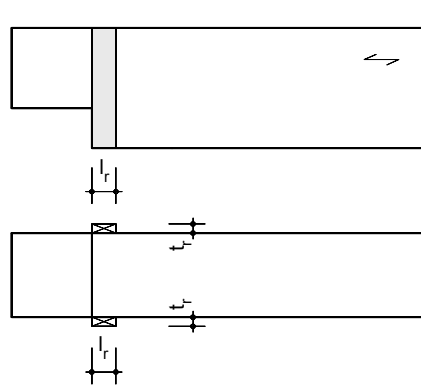
Belastung:

Bemessungskraft V _d =	30,00 kN
Sicherheits-beiwert γ _M =	1,30

Berechnung der Tragfähigkeit:

f _{v,k} =	TAB("EC5_de/mat";fvk;FK=FK)	=	2,50 N/mm ²
f _{v,d} =	f _{v,k} * k _{mod} / γ _M	=	1,54 N/mm ²
i =		=	0,0
x =	c	=	100 mm
α =	h _e /h	=	0,56
k _n =	WENN(Mat="Furnierschichtholz";4,5;WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5))	=	6,50
k _v =	$\text{MIN}\left(\frac{k_n \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}}\right)}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2}\right)}; 1\right)$	=	0,43
τ _d =	1,5 * V _d * 10 ³ / (b * h _e)	=	0,90 N/mm ²
τ _d / (k _v * f _{v,d})		=	<u>1,36 ≤ 1</u>
⇒ Verstärkung erforderlich!			

Verstärkung:



gewählt: **aufgeklebte Holzwerkstoffplatten**

Plattenmaterial: **Sperrholz F20/10** (Faserichtung des Deckfurniers verläuft rechtwinklig zur Bauteilachse)



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$0,25 / (l_r / (h - h_e)) = \underline{\underline{0,50 \leq 1}}$$

$$(l_r / (h - h_e)) / 0,5 = \underline{\underline{1,0 \leq 1}}$$

$$\text{Bemessungszugkraft } F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot (3 \cdot (1 - \alpha)^2 - 2 \cdot (1 - \alpha)^3) \cdot 10^3 = 16006,8 \text{ N}$$

$$\text{Plattenzugspannung } \sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot l_r} = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Klebefugenspannung } \tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_e) \cdot l_r} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

$$k_k = 2,0$$

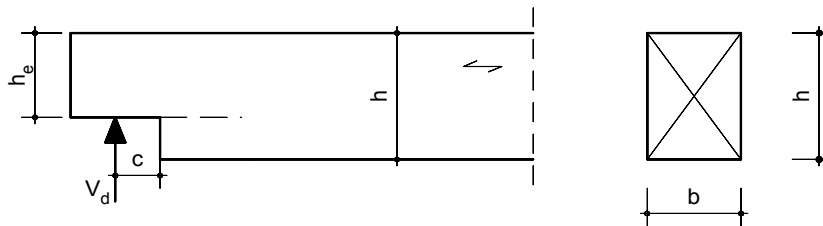
Nachweis:

$$\text{Klebefuge: } \frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} = \underline{\underline{0,87 \leq 1}}$$

$$\text{Verstärkungsplatte: } k_k \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} = \underline{\underline{0,96 \leq 1}}$$

Ausklingung mit Verstärkung (eingeklebte Gewindestäbe)

NCI NA.6.8.3 Querzugverstärkungen für rechtwinklige Ausklinkungen an den Enden von Biegestäben mit Rechteckquerschnitt



Eingaben:

Träger:

Breite b =	200,0 mm
Höhe h =	450,0 mm
Höhe h _e =	250,0 mm
Abstand c =	100,0 mm

Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	=	GL28h

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat)	=	0,80

Belastung:

Bemessungskraft V _d =	30,00 kN
Sicherheitsbeiwert γ _M =	1,30

Berechnung der Tragfähigkeit:

f _{v,k} =	TAB("EC5_de/mat";fvk;FK=FK)	=	2,50 N/mm ²
f _{v,d} =	f _{v,k} * k _{mod} / γ _M	=	1,54 N/mm ²
i =		=	0,0
x =	c	=	100 mm
α =	h _e /h	=	0,56
k _n =	WENN(Mat="Furnierschichtholz";4,5;WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5))	=	6,50

$$k_v = \text{MIN}\left(\frac{k_n \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}}\right)}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1 - \alpha^2}{\alpha}}\right)}; 1\right) = 0,43$$

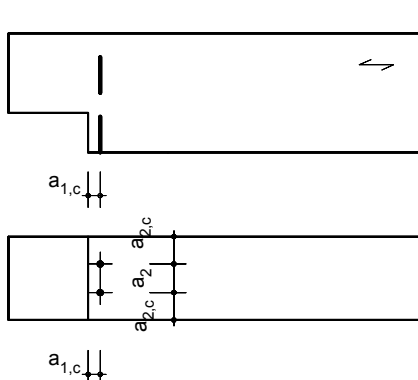
$$\tau_d = 1,5 \cdot V_d \cdot 10^3 / (b \cdot h_e) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d / (k_v \cdot f_{v,d}) = \underline{\underline{1,36 \leq 1}}$$

⇒ **Verstärkung erforderlich!**

**Verstärkung:**

$$\text{Bemessungszugkraft } F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot (3 \cdot (1-\alpha)^2 - 2 \cdot (1-\alpha)^3) = 16,01 \text{ kN}$$



Verstärkung Bez =	GEW("EC5_de/Gew"; Bez;)	=	Gewindestange
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/Gew"; FK;Bez=Bez)	=	4,8
Durchmesser d_r =	GEW("EC5_de/Gew"; d;FK=FK;d≤20)	=	6 mm
Streckgrenze $f_{y,k}$ =	TAB("EC5_de/Gew"; fybk;FK=FK;d=dr)	=	320 N/mm ²
Spannungsquerschnitt A_{ef} =	TAB("EC5_de/Gew"; A;d=dr;Bez=Bez)	=	20,1 mm ²
Tragfähigkeit N_{Rd} =	TAB("EC5_de/Gew"; NRd;FK=FK;d=dr;Bez=Bez)*10 ³	=	5,2*10 ³ N
gew. Stablänge l =			400,0 mm
wirks. Verankerungslänge l_{ad} =	$h-h_e$	=	200,0 mm
$l_{ad,min}$ =	$\text{MAX}(0,5 \cdot d_r^2; 10 \cdot d_r)$	=	60,00 mm
$l_{ad,min} / l_{ad}$	=	=	<u>0,30 ≤ 1</u>
$2 \cdot l_{ad} / l$	=	=	<u>1,00 ≤ 1</u>

Tragfähigkeit der Klebefuge:



gewählt:
gew. Anzahl Stäbe $n =$ 2

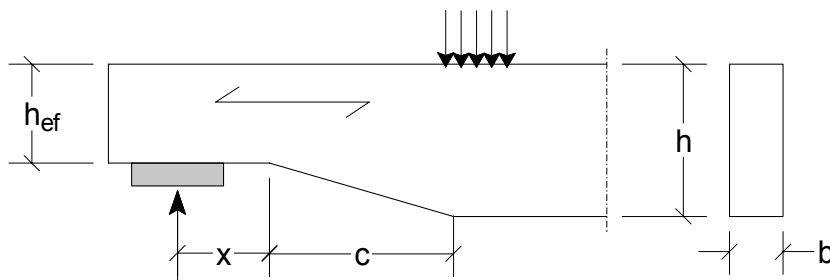
**2 x eingeklebte Gewindestangen M12, Festigkeitsklasse 4.8,
Mindestlänge 200 mm**

damit aufnehmbare Zugkraft
 $F_{t,90,d,neu} = \text{MIN}(n \cdot f_{k1,d} \cdot \pi \cdot d_r \cdot l_{ad} \cdot 10^{-3}; n \cdot N_{Rd}) = 18,55 \text{ kN}$

Mindestabstände:

Randabstand $a_{1,c}$ =	$2,5 \cdot d_r$	=	15,0 mm
a_2 =	$3 \cdot d_r$	=	18,0 mm
$a_{2,c}$ =	$2,5 \cdot d_r$	=	15,0 mm

Auslinkung ohne Verstärkung



Eingaben:

Träger:

Breite b =	200,0 mm
Höhe h =	700,0 mm
Höhe h _e =	500,0 mm
Keillänge c =	800,0 mm
Abstand x =	250,0 mm

Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	= GL24h

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat;N<3)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat)	= mittel
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat)	= 0,80

Belastung:

Bemessungskraft V _d =	45,00 kN
----------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

f _{v,k} =	TAB("EC5_de/mat";fvk;FK=FK)	= 3,50 N/mm ²
f _{v,d} =	f _{v,k} * k _{mod} / γ _M	= 2,15 N/mm ²
i =	c / (h - h _e)	= 4,00
α =	h _e / h	= 0,714
k _n =	WENN(Mat="Furnierschichtholz";4,5;WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5))	= 6,50
	$k_n * \left(1 + \frac{1,1 * i^{1,5}}{\sqrt{h}}\right)$	
k _v =	MIN($\frac{k_n * \left(1 + \frac{1,1 * i^{1,5}}{\sqrt{h}}\right)}{\sqrt{h} * \left(\sqrt{\alpha * (1 - \alpha)} + 0,8 * \frac{x}{h} * \sqrt{\frac{1 - \alpha^2}{\alpha}}\right)}$; 1)	= 0,454

Software zur Dokumentation und Berechnung

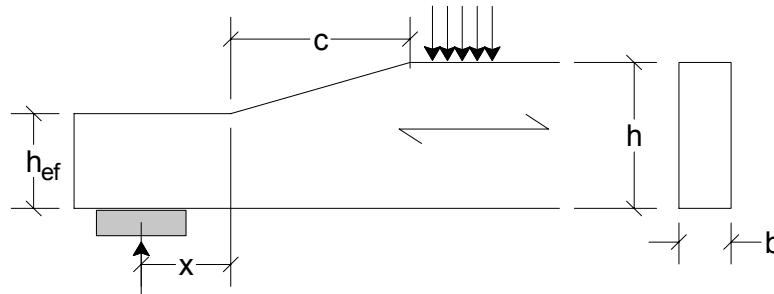


Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

⇒ keine Verstärkung erforderlich!



Auslinkung an der Oberseite ohne Verstärkung



Eingaben:

Träger:

Breite b = 200,0 mm
Höhe h = 700,0 mm
Höhe h_{ef} = 500,0 mm
Keillänge c = 800,0 mm
Abstand x = 250,0 mm

Material Mat: GEW("EC5_de/mat";B;) = Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK: GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat) = GL24h

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NK = GEW("EC5_de/mod";N;B=Mat;N<3) = 1
Lasteinwirkungsdauer KLED = GEW("EC5_de/mod";K;B=Mat) = mittel
Modifikationsbeiwert k_{mod} = TAB("EC5_de/mod";kmod;K=KLED;N=NK;B=Mat) = 0,80

Belastung:

Bemessungskraft V_d = 45,00 kN
Sicherheitsbeiwert γ_M = 1,30

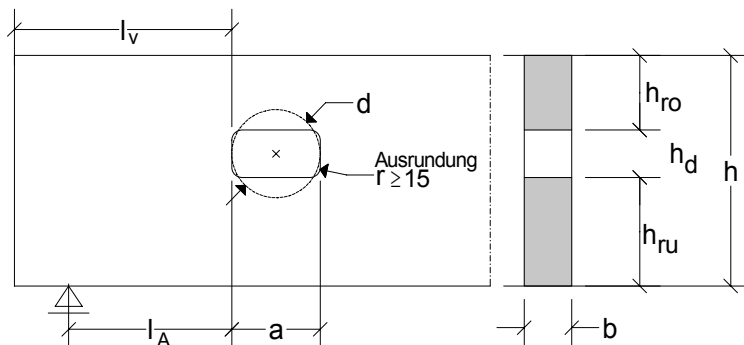
Berechnung der Tragfähigkeit:

f_{v,k} = TAB("EC5_de/mat";fvk;FK=FK) = 3,50 N/mm²
f_{v,d} = f_{v,k} * k_{mod} / γ_M = 2,15 N/mm²
k_v = WENN(x < h_{ef}; ((h / h_{ef}) * (1 - ((h - h_{ef}) * x) / (h * h_{ef}))); 1) = 1,200

Nachweis der Schubspannungen



Unverstärkte Durchbrüche



Eingaben:

Träger:

Trägerbreite b =	200 mm
Trägerhöhe h =	1280 mm
Höhe Durchbruch h_d =	180 mm
Abstand zum Rand l_v =	2950 mm
Abstand zu Auflagerachse l_A =	2800 mm
Länge Durchbruch a =	400 mm
Randabstand, oben h_{ro} =	480 mm
Randabstand, unten $h_{ru} = h - (h_d + h_{ro})$ =	620 mm

Form des Durchbruchs DB: GEW("EC5_de/Ansch";DB;) = rechteckig

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;B="Brettschichtholz")	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS;N<3)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{t,90,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	=	0,50 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30

Belastung am Durchbruchrand:

Querkraft Rand links $V_{d,l}$ =	50,00 kN
Moment Rand links $M_{d,l}$ =	336,00 kNm
Querkraft Rand rechts $V_{d,r}$ =	30,00 kN
Moment Rand rechts $M_{d,r}$ =	352,00 kNm

Überprüfung der Mindest- und Höchstmaße für Durchbrüche

h / l_v	=	$0,43 \leq 1$
$(h / 2) / l_A$	=	$0,23 \leq 1$
$0,35 * h / h_{ro}$	=	$0,93 \leq 1$
$0,35 * h / h_{ru}$	=	$0,72 \leq 1$
$a / (0,4 * h)$	=	$0,78 \leq 1$
$h_d / (0,5 * h)$	=	$0,28 \leq 1$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$f_{m,d} = k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M$	=	16,62 N/mm ²
$f_{t,90,d} = k_{mod} * f_{t,90,k} / \gamma_M$	=	0,35 N/mm ²



Nachweis Durchbruch

Querzug am linken Rand des Durchbruchs

$$V_d = V_{d,l} = 50,00 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{d,l} = 336,00 \text{ kNm}$$

$$h_d = \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; 0,7 \cdot h_d; h_d) = 180 \text{ mm}$$

$$F_{t,V,d} = V_d \cdot \frac{h_d}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) = 5,24 \text{ kN}$$

$$h_r = \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; \text{MIN}(h_{ro}+0,15 \cdot h_d; h_{ru}+0,15 \cdot h_d); \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru})) = 480 \text{ mm}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot M_d \cdot \frac{10^3}{h_r} = 5,60 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,l} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{10,84 \text{ kN}}$$

Querzug am rechten Rand des Durchbruchs

$$V_d = V_{d,r} = 30,00 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{d,r} = 352,00 \text{ kNm}$$

$$h_d = \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; 0,7 \cdot h_d; h_d) = 180 \text{ mm}$$

$$F_{t,V,d} = V_d \cdot \frac{h_d}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) = 3,14 \text{ kN}$$

$$h_r = \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; \text{MIN}(h_{ro}+0,15 \cdot h_d; h_{ru}+0,15 \cdot h_d); \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru})) = 480 \text{ mm}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot M_d \cdot \frac{10^3}{h_r} = 5,87 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,r} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{9,01 \text{ kN}}$$

Nachweis des Querzugs am maßgeblichen Rand des Durchbruchs



Nachweis des Querzugs am linken Rand des Durchbruchs

$$\frac{F_{t,90,d} \cdot 10^3}{0,5 \cdot I_{t,90} \cdot b \cdot k_{t,90} \cdot f_{t,90,d}} = \mathbf{0,72 \leq 1}$$



Erhöhte Biegespannungen bei rechteckigen unverstärkten Durchbrüchen:

In der Mitte des Durchbruchs betragen die Biegerandspannungen am geschwächten Querschnitt

$$\text{Biegerandspannung } \sigma_{m,d,o} = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Biegerandspannung } \sigma_{m,d,u} = 6,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Querkraft Durchbruchsmittle } V_d = 40,00 \text{ kN}$$

Erhöhung der Biegespannungen

$$V_{d,o} = \frac{h_{ro}}{h_{ro} + h_{ru}} * V_d = 17,45 \text{ kN}$$

$$W_o = b * \frac{h_{ro}^2}{6} = 7,68 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\Delta M_{d,o} = V_{d,o} * 10^3 * \frac{a}{2} = 3,490 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\Delta \sigma_{m,d,o} = \Delta M_{d,o} / W_o = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{d,u} = \frac{h_{ru}}{h_{ro} + h_{ru}} * V_d = 22,55 \text{ kN}$$

$$W_u = b * \frac{h_{ru}^2}{6} = 12,81 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\Delta M_{d,u} = V_{d,u} * 10^3 * \frac{a}{2} = 4,510 * 10^6 \text{ Nmm}$$

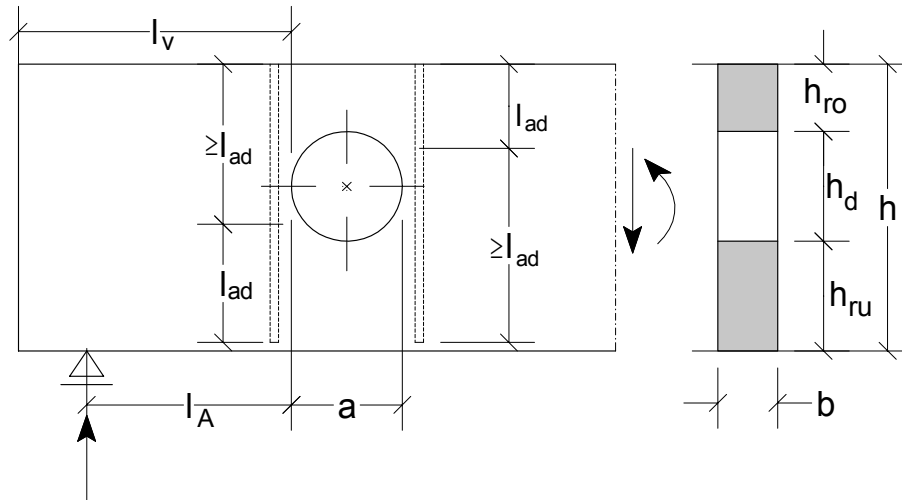
$$\Delta \sigma_{m,d,u} = \Delta M_{d,u} / W_u = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis der erhöhten Biegespannungen am rechteckigen Durchbruch

$$\max_{\sigma_{m,d}} = \text{MAX}(\sigma_{m,d,o} + \Delta \sigma_{m,d,o}); (\Delta \sigma_{m,d,u} + \sigma_{m,d,u}) = 7,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\max_{\sigma_{m,d}} / f_{m,d} = \underline{\underline{0,43 \leq 1}}$$

Runder Durchbruch mit Verstärkung aus Stahlstäben



Eingaben:

Träger:

Trägerbreite $b =$	220 mm
Trägerhöhe $h =$	960 mm
Höhe Durchbruch $h_d =$	280 mm
Abstand zum Rand $l_v =$	1180 mm
Abstand zu Auflagerachse $l_A =$	1060 mm
Länge Durchbruch $a =$	280 mm
Randabstand, oben $h_{ro} =$	430 mm
Randabstand, unten $h_{ru} = h - (h_d + h_{ro}) =$	250 mm

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Brettschichtholz")	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL32h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	32,00 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	=	0,50 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	430 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Belastung am Durchbruchrand:

Querkraft Rand links $V_{d,l} =$	374,40 kN
Moment Rand links $M_{d,l} =$	486,70 kNm
Querkraft Rand rechts $V_{d,r} =$	329,60 kN
Moment Rand rechts $M_{d,r} =$	585,31 kNm

Überprüfung der Mindest- und Höchstmaße für Durchbrüche

h / l_v	=	<u>0,81 ≤ 1</u>
$(h / 2) / l_A$	=	<u>0,45 ≤ 1</u>
$0,25 * h / h_{ro}$	=	<u>0,56 ≤ 1</u>
$0,25 * h / h_{ru}$	=	<u>0,96 ≤ 1</u>
a / h	=	<u>0,29 ≤ 1</u>
$(a / h_d) / 2,5$	=	<u>0,40 ≤ 1</u>
$h_d / (0,3 * h)$	=	<u>0,97 ≤ 1</u>



Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$\begin{aligned}k_{hy} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } h < 150; \text{MIN}((150/h)^{0,2}; 1,3); 1) &= 1,0 \\k_{hy} &= \text{WENN}(\text{BS} \neq \text{"Brettschichtholz"}; k_{hy}; \text{WENN}(h < 600; \text{MIN}((600/h)^{0,1}; 1,1); 1)) &= 1,0 \\f_{m,d} &= k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= 22,15 \text{ N/mm}^2 \\f_{t,90,d} &= k_{mod} * f_{t,90,k} / \gamma_M &= 0,35 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Verstärkung des kreisförmigen Durchbruchs mit eingeklebten Gewindestangen

$$h_r = \text{MIN}(h_{r0} + 0,15 * h_d; h_{ru} + 0,15 * h_d) = 292 \text{ mm}$$

Querzug am linken Rand des kreisförmigen Durchbruchs

$$\begin{aligned}V_d &= V_{d,l} &= 374,40 \text{ kN} \\M_d &= M_{d,l} &= 486,70 \text{ kNm} \\h_{d,Kreis} &= 0,7 * h_d &= 196 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$F_{t,V,d} = V_d * \frac{h_{d,Kreis}}{4 * h} * \left(3 - \frac{h_{d,Kreis}^2}{h^2} \right) = 56,53 \text{ kN}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 * M_d * \frac{10^3}{h_r} = 13,33 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,l} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{69,86 \text{ kN}}$$

Querzug am rechten Rand des kreisförmigen Durchbruchs

$$\begin{aligned}V_d &= V_{d,r} &= 329,60 \text{ kN} \\M_d &= M_{d,r} &= 585,31 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$F_{t,V,d} = V_d * \frac{h_{d,Kreis}}{4 * h} * \left(3 - \frac{h_{d,Kreis}^2}{h^2} \right) = 49,77 \text{ kN}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 * M_d * \frac{10^3}{h_r} = 16,04 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,r} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{65,81 \text{ kN}}$$

$$F_{t,90,d} = \text{MAX}(F_{t,90,d,l}; F_{t,90,d,r}) = \mathbf{69,86 \text{ kN}}$$

Wahl der Verstärkung

$$\text{Verstärkung Bez} = \text{GEW}(\text{"EC5_de/Gew"}; \text{Bez};) = \text{Gewindestange}$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$f_{k1,d} = f_{k1,k} * k_{mod} / \gamma_M = 2,62 \text{ N/mm}^2$$



Tragfähigkeit der Klebefuge einer Gewindestange

$$\max_{F_{t,90,d}} = f_{k1,d} \cdot \pi \cdot d_r \cdot l_{ad} = 28,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Benötigte Anzahl von Gewindestangen:

$$n_{\text{erf}} = F_{t,90,d} \cdot 10^3 / \text{MIN}(\max_{F_{t,90,d}} ; N_{Rd}) = 2,59$$

3 x eingeklebte Gewindestangen M12, Festigkeitsklasse 5.8, Mindestlänge 780 mm

gewählt:
gew. Anzahl Stäbe $n = 3$

damit aufnehmbare Zugkraft

$$F_{t,90,d,\text{neu}} = \text{MIN}(n \cdot f_{k1,d} \cdot \pi \cdot d_r \cdot l_{ad} \cdot 10^{-3}; n \cdot N_{Rd}) = 86,52 \text{ kN}$$

Mindestabstände:

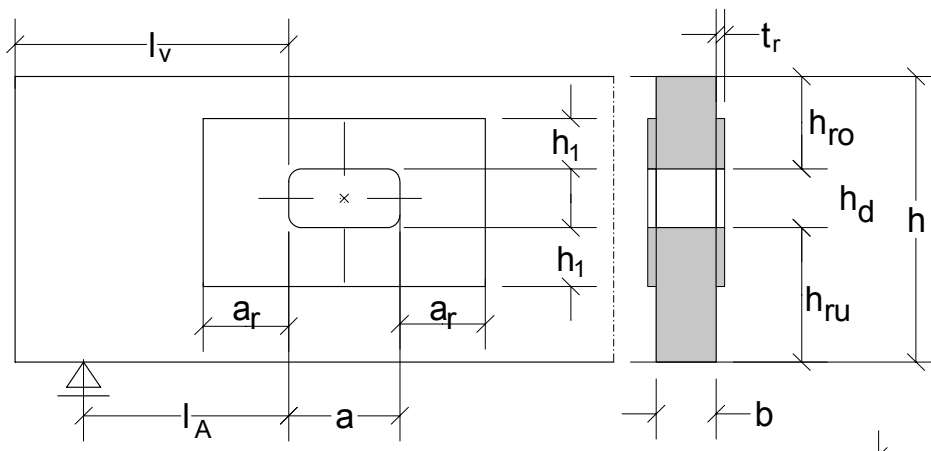
Randabstand $a_{1,c} \geq: 2,5 \cdot d_r = 30,0 \text{ mm}$

Randabstand $a_{1,c} \leq: 4,0 \cdot d_r = 48,0 \text{ mm}$

$a_2 = 3 \cdot d_r = 36,0 \text{ mm}$

$a_{2,c} = 2,5 \cdot d_r = 30,0 \text{ mm}$

Rechteckiger Durchbruch mit aussenliegender Verstärkung



Eingaben:

Träger:

Trägerbreite $b =$	220 mm
Trägerhöhe $h =$	960 mm
Höhe Durchbruch $h_d =$	360 mm
Abstand zum Rand $l_v =$	3520 mm
Abstand zu Auflagerachse $l_A =$	3400 mm
Länge Durchbruch $a =$	280 mm
Randabstand, oben $h_{ro} =$	300 mm
Randabstand, unten $h_{ru} =$	$h - (h_d + h_{ro}) = 300$ mm

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Brettschichtholz")	=Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= GL32h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS;)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	= 0,80
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	= 32,00 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	= 0,50 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 430 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30

Belastung am Durchbruchrand:

Querkraft Rand links $V_{d,l} =$	0,00 kN
Moment Rand links $M_{d,l} =$	924,80 kNm
Querkraft Rand rechts $V_{d,r} =$	88,00 kN
Moment Rand rechts $M_{d,r} =$	900,60 kNm

Überprüfung der Mindest- und Höchstmaße für Durchbrüche

h / l_v	=	<u>0,27 ≤ 1</u>
$(h / 2) / l_A$	=	<u>0,14 ≤ 1</u>
$0,25 * h / h_{ro}$	=	<u>0,80 ≤ 1</u>
$0,25 * h / h_{ru}$	=	<u>0,80 ≤ 1</u>
a / h	=	<u>0,29 ≤ 1</u>
$(a / h_d) / 2,5$	=	<u>0,31 ≤ 1</u>
$h_d / (0,4 * h)$	=	<u>0,94 ≤ 1</u>



Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$\begin{aligned}k_{hy} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } h < 150; \text{MIN}((150/h)^{0,2}; 1,3); 1) &= 1,0 \\k_{hy} &= \text{WENN}(BS \neq \text{"Brettschichtholz"}; k_{hy}; \text{WENN}(h < 600; \text{MIN}((600/h)^{0,1}; 1,1); 1)) &= 1,0 \\f_{m,d} &= k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= 19,69 \text{ N/mm}^2 \\f_{t,90,d} &= k_{mod} * f_{t,90,k} / \gamma_M &= 0,31 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Verstärkung des rechteckigen Durchbruchs

$$h_r = \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru}) = 300 \text{ mm}$$

Querzug am linken Rand des rechteckigen Durchbruchs

$$V_d = V_{d,l} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{d,l} = 924,80 \text{ kNm}$$

$$F_{t,V,d} = V_d * \frac{h_d}{4 * h} * \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 * M_d * \frac{10^3}{h_r} = 24,66 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,l} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{24,66 \text{ kN}}$$

Querzug am rechten Rand des rechteckigen Durchbruchs

$$V_d = V_{d,r} = 88,00 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{d,r} = 900,60 \text{ kNm}$$

$$F_{t,V,d} = V_d * \frac{h_d}{4 * h} * \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) = 23,59 \text{ kN}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 * M_d * \frac{10^3}{h_r} = 24,02 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,r} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{47,61 \text{ kN}}$$

$$F_{t,90,d} = \text{MAX}(F_{t,90,d,l}; F_{t,90,d,r}) = \mathbf{47,61 \text{ kN}}$$

Verstärkung mit aufgeklebten Sperrholzplatten F40/30 E60/40

$$\text{Baustoff } BS_{Pi} = \text{GEW}(\text{"EC5_de/mod"}; B;) = \text{Brettschichtholz}$$

$$\text{Dicke Verst.-Platte } t_r = 12,0 \text{ mm}$$

$$\text{Zugfestigkeit } f_{t,k} = 17,80 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Klebefugenfestigkeit } f_{k2,k} = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{mod}; B=BS_{Pi}; K=KLED; N=NK) = 0,80$$

$$f_{t,d} = f_{t,k} * k_{mod} / \gamma_M = 10,95 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{k2,d} = f_{k2,k} * k_{mod} / \gamma_M = 0,462 \text{ N/mm}^2$$



Ermittlung der erforderlichen Plattengröße



gewählt $a_r =$ **370 mm**

$h_{1,min} = 0,25 * a = 70 \text{ mm}$

$h_{1,max} = \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru}) = 300 \text{ mm}$

gewählt $h_1 =$ **200 mm**

Nachweis der Verstärkung

$h_{ad} = h_1 = 200 \text{ mm}$

$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 * a_r * h_{ad}} * 10^3 = 0,32 \text{ N/mm}^2$

$\tau_{ef,d} / f_{k2,d} = \underline{\underline{0,69 \leq 1}}$

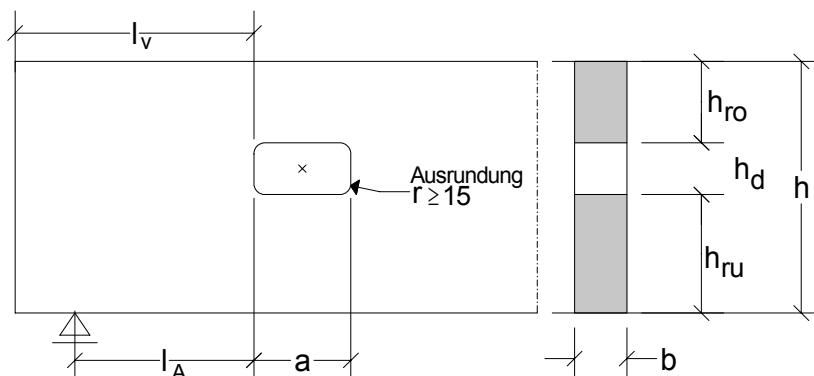
Nachweis der Zugspannungen in den aufgeklebten Verstärkungsplatten

$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 * a_r * t_r} * 10^3 = 5,36 \text{ N/mm}^2$

$k_k = 2,0$

$k_k * \sigma_{t,d} / f_{t,d} = \underline{\underline{0,98 \leq 1}}$

Rechteckiger Durchbruch mit innenliegender Verstärkung



Eingaben:

Träger:

Trägerbreite $b =$	220 mm
Trägerhöhe $h =$	960 mm
Höhe Durchbruch $h_d =$	360 mm
Abstand zum Rand $l_v =$	3520 mm
Abstand zu Auflagerachse $l_A =$	3400 mm
Länge Durchbruch $a =$	280 mm
Randabstand, oben $h_{ro} =$	300 mm
Randabstand, unten $h_{ru} = h - (h_d + h_{ro}) =$	300 mm

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Brettschichtholz")	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL32h
Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	32,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	430 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Belastung am Durchbruchrand:

Querkraft Rand links $V_{d,l} =$	0,00 kN
Moment Rand links $M_{d,l} =$	924,80 kNm
Querkraft Rand rechts $V_{d,r} =$	88,00 kN
Moment Rand rechts $M_{d,r} =$	900,60 kNm

Überprüfung der Mindest- und Höchstmaße für Durchbrüche

h / l_v	=	<u>0,27 ≤ 1</u>
$(h / 2) / l_A$	=	<u>0,14 ≤ 1</u>
$0,25 * h / h_{ro}$	=	<u>0,80 ≤ 1</u>
$0,25 * h / h_{ru}$	=	<u>0,80 ≤ 1</u>
a / h	=	<u>0,29 ≤ 1</u>
$(a / h_d) / 2,5$	=	<u>0,31 ≤ 1</u>
$h_d / (0,4 * h)$	=	<u>0,94 ≤ 1</u>



Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$\begin{aligned}k_{hy} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } h < 150; \text{MIN}((150/h)^{0,2}; 1,3); 1) &= 1,0 \\k_{hy} &= \text{WENN}(BS \neq \text{"Brettschichtholz"}; k_{hy}; \text{WENN}(h < 600; \text{MIN}((600/h)^{0,1}; 1,1); 1)) &= 1,0 \\f_{m,d} &= k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= 19,69 \text{ N/mm}^2 \\f_{v,d} &= f_{v,k} * k_{mod} / \gamma_M &= 2,15 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Verstärkung des rechteckigen Durchbruchs

$$h_r = \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru}) = 300 \text{ mm}$$

Querzug am linken Rand des rechteckigen Durchbruchs

$$\begin{aligned}V_d &= V_{d,l} &= 0,00 \text{ kN} \\M_d &= M_{d,l} &= 924,80 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$F_{t,V,d} = V_d * \frac{h_d}{4 * h} * \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 * M_d * \frac{10^3}{h_r} = 24,66 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,l} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{24,66 \text{ kN}}$$

Querzug am rechten Rand des rechteckigen Durchbruchs

$$\begin{aligned}V_d &= V_{d,r} &= 88,00 \text{ kN} \\M_d &= M_{d,r} &= 900,60 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$F_{t,V,d} = V_d * \frac{h_d}{4 * h} * \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) = 23,59 \text{ kN}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 * M_d * \frac{10^3}{h_r} = 24,02 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d,r} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = \mathbf{47,61 \text{ kN}}$$

$$F_{t,90,d} = \text{MAX}(F_{t,90,d,l}; F_{t,90,d,r}) = \mathbf{47,61 \text{ kN}}$$

gewählt: **SPAX-Vollgewindeschrauben (Z-9.1-519)**



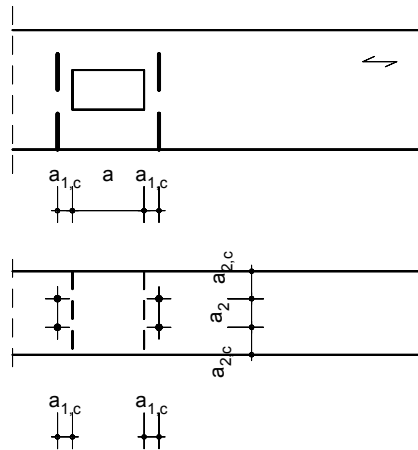
Nachweis:

$$\text{Tragfähigkeit: } \frac{F_{t,90,d} * 10^3}{n * R_{ax,d}} = \mathbf{0,71 \leq 1}$$



Mindestabstände:

Randabstand $a_{1,c}$ =	$5 \cdot d_r$	=	50,0 mm
a_2 =	$5 \cdot d_r$	=	50,0 mm
$a_{2,c}$ =	$4 \cdot d_r$	=	40,0 mm



erhöhte Schubspannung im Eckbereich:

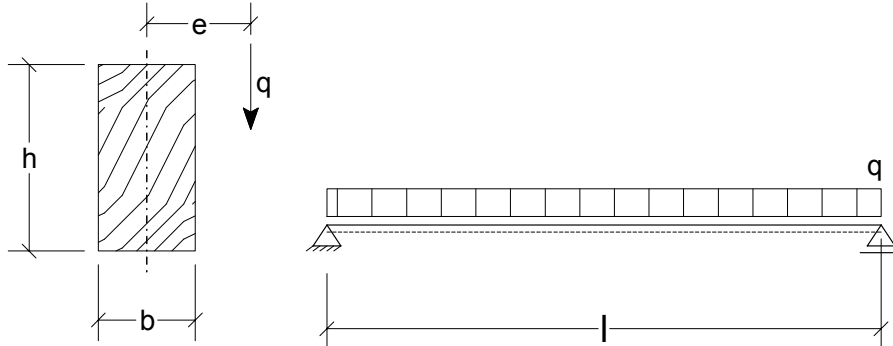
$$\kappa_{\max} = 1,84 \cdot \left(1 + \frac{a}{h}\right) \cdot \left(\frac{h_d}{h}\right)^{0,2} = 1,95$$

$$\tau_{\max,d} = \kappa_{\max} \cdot 1,5 \cdot \frac{V_d \cdot 10^3}{b \cdot (h - h_d)} = 1,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\tau_{\max,d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,91 < 1}}$$

Kapitel Spannungs- und Stabilitätsnachweise

Balken mit Schub und Torsion



System:

Stützweite $l =$	4,80 m
Trägerbreite $b =$	140,0 mm
Trägerhöhe $h =$	360,0 mm
Lastexzentrizität $e =$	140,0 mm
Auflagerbreite $t =$	100,0 mm

Belastung:

$q_d =$	8,36 kN/m
---------	-----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24c
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fv; FK=FK)	=	2,50 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		=	1,30

Bemessungswert der Tragfähigkeit

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

Berechnung:

Berechnung der reduzierten Querkraft am linken Auflager

$$V_{d,q} = q_d \cdot l / 2 = 20,06 \text{ kN}$$

$$V_{d,red} = \frac{V_{d,q}}{l} \cdot \left(1 - \left(\frac{t}{2} + h \right) \cdot 10^{-3} \right) = 18,35 \text{ kN}$$

Schubspannung

$$A = b \cdot h = 50400 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = \text{WENN}(BS \neq \text{"Brettschichtholz"}; 2/f_{v,k}; \text{WENN}(BS = \text{"Brettschichtholz"}; 2,5/f_{v,k}; 1)) = 1,00$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{d,red} \cdot 10^3}{k_{cr} \cdot A} = 0,55 \text{ N/mm}^2$$



Berechnung der Torsionsbeanspruchung

$$M_{\text{tor,d}} = \frac{l}{2} * \frac{e}{10^3} * q_d = 2,81 \text{ kNm}$$

$$k_{\text{shape}} = \text{MIN}(1 + 0,15 * h / b; 2,0) = 1,39$$

$$\beta = \text{TAB}(\text{"EC5_de/Tor";n2;hzub = h/b}) = 0,7742$$

$$W_{\text{tor}} = \beta * h * b^2 / 3 = 1821 * 10^3 \text{ mm}^3$$

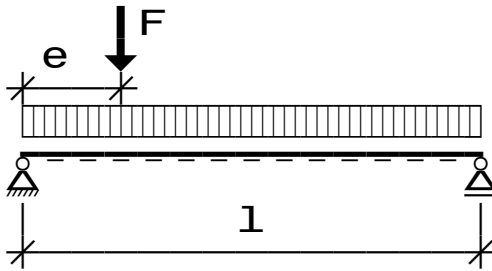
$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_{\text{tor,d}}}{W_{\text{tor}}} * 10^6 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

Schub aus Querkraft und Torsion

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{shape}} * f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,74 \leq 1}}$$



Balken mit Schub aus reduzierter Querkraft



System:

Stützweite l =	8,00 m
Trägerbreite b =	200,0 mm
Trägerhöhe h =	650,0 mm
Abstand e =	0,60 m
Auflagerbreite t =	100,0 mm

Belastung:

$q_d =$	35,00 kN/m
$F_d =$	110,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30
Bemessungswert der Tragfähigkeit			
$f_{v,d} = f_{v,k} * k_{mod} / \gamma_M$		=	2,15 N/mm ²

Berechnung:

Ermittlung der Auflagerkräfte ohne Reduzierung



Nachweis der Schubspannung mit der vollen rechnerischen Querkraft am linken Auflager

$$A = b * h = 130000 \text{ mm}^2$$
$$k_{cr} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Nadelholz"}; 2/f_{v,k}; \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 2,5/f_{v,k}; 1)) = 0,71$$
$$k_{cr} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Laubholz"}; 0,67; k_{cr}) = 0,71$$
$$\tau_d = 1,5 * \frac{V_d * 10^3}{k_{cr} * A} = 3,93 \text{ N/mm}^2$$
$$\tau_d / f_{v,d} = \underline{\underline{1,83 \leq 1}}$$



⇒ Berechnung der reduzierten Querkraft erforderlich
Berechnung der reduzierten Querkraft am linken Auflager

Reduzierte Querkraft aus Einzellast

$$V_{d,F,red} = \text{WENN}(e \cdot 10^3 < h; 0; F_d \cdot (l - e) / l) = 0,0 \text{ kN}$$

Reduzierte Querkraft aus Gleichstreckenlast:

$$V_{d,q,red} = \frac{V_{d,q}}{l} \cdot \left(l - \left(\frac{t}{2} + h \right) \cdot 10^{-3} \right) = 127,75 \text{ kN}$$

$$V_{d,red} = V_{d,F,red} + V_{d,q,red} = 127,75 \text{ kN}$$

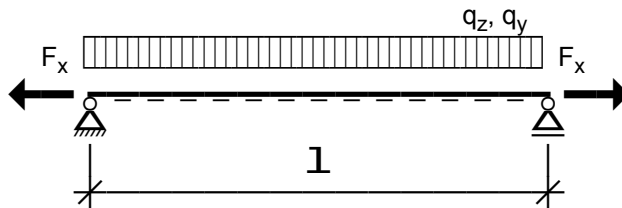
$$\tau_{d,red} = 1,5 \cdot \frac{V_{d,red} \cdot 10^3}{k_{cr} \cdot A} = 2,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{d,red} / f_{v,d} = \underline{\underline{0,97 \leq 1}}$$



Balken mit Doppelbiegung und Zug (Spannungsnachweis)

nur Spannungsnachweis



System:

Stützweite l =	4,50 m
Trägerbreite b =	220,0 mm
Trägerhöhe h =	280,0 mm

Belastung:

$q_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$q_{y,d}$ =	3,36 kN/m
$F_{x,d}$ =	15,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	14,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =			1,30

Berechnung:

$M_{y,d}$ =	$q_{z,d} \cdot l^2 / 8$	=	36,30 kNm
$M_{z,d}$ =	$q_{y,d} \cdot l^2 / 8$	=	8,51 kNm
W_y =	$b \cdot h^2 / 6$	=	2874,7*10 ³ mm ³
W_z =	$b^2 \cdot h / 6$	=	2258,7*10 ³ mm ³
A_n =	$b \cdot h$	=	61,60*10 ³ mm ²

Normalspannungen und Biegegrandspannungen:

$\sigma_{t,0,d}$ =	$F_{x,d} \cdot 10^3 / A_n$	=	0,24 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$ =	$M_{y,d} \cdot 10^6 / W_y$	=	12,63 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$ =	$M_{z,d} \cdot 10^6 / W_z$	=	3,77 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

Software zur Dokumentation und Berechnung

Cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.



$$\begin{aligned} f_{m,z,d} &= k_{hz} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= & 16,62 \text{ N/mm}^2 \\ k_{ht} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } \text{MIN}(b;h) < 150; \text{MIN}((150/\text{MIN}(b;h))^{0,2}; 1,3); 1) &= & 1,0 \\ k_{ht} &= \text{WENN}(\text{BS} \neq \text{"Brettschichtholz"}; k_{ht}; 1) &= & 1,0 \\ f_{t,0,d} &= k_{ht} * k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M &= & 9,69 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

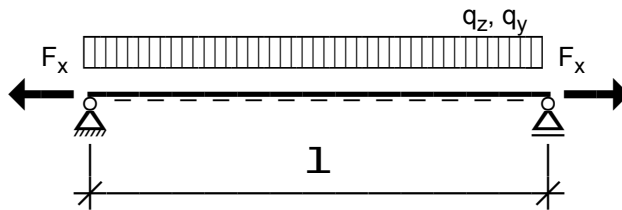
Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$k_m = 0,70$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,78 \leq 1}}$$

Balken mit Doppelbiegung und Zug (inkl. Stabilität)



System:

Stützweite $l =$	4,50 m
Trägerbreite $b =$	60,0 mm
Trägerhöhe $h =$	200,0 mm

Belastung:

$q_{z,d} =$	1,00 kN/m
$q_{y,d} =$	0,50 kN/m
$F_{x,d} =$	15,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{t,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	14,00 N/mm ²
$E_{0mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	690,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	460,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Berechnung:

$M_{y,d} =$	$q_{z,d} \cdot l^2 / 8$	=	2,53 kNm
$M_{z,d} =$	$q_{y,d} \cdot l^2 / 8$	=	1,27 kNm
$W_y =$	$b \cdot h^2 / 6$	=	$400,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$W_z =$	$b^2 \cdot h / 6$	=	$120,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$A_n =$	$b \cdot h$	=	$12,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Normalspannungen und Biegegrandspannungen:

$\sigma_{t,0,d} =$	$F_{x,d} \cdot 10^3 / A_n$	=	1,25 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	$M_{y,d} \cdot 10^6 / W_y$	=	6,33 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	$M_{z,d} \cdot 10^6 / W_z$	=	10,58 N/mm ²



Bemessungswerte der Tragfähigkeit



Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,90 \leq 1}}$$

Stabilitätsnachweis (Biegedrillknicken):

Bestimmung von l_{ef} nach NCI NA.13.3

(Tab. NA.24) Faktor $a_1 = 1,13$

(Tab. NA.24) Faktor $a_2 = 1,44$

$a_z = h/2 \cdot 10^{-3} = 0,10 \text{ m}$

$B = E_{0,05} \cdot b^3 \cdot h / 12 = 26388 \cdot 10^6$

$T = G_{05} \cdot b^3 \cdot h / 3 = 6624 \cdot 10^6$

$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left(1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right)} = 4,25 \text{ m}$

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$\eta = \text{WENN}(BS="Brettschichtholz"; 1,4; 1) = 1,0$

$k_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}}} = 0,0645$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / k_m)^2$

Kippgefahr: $(l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h / b^2) / (0,75 / k_m)^2 = \underline{\underline{1,75 \leq 1}}$

$\lambda_{rel,m} = k_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 0,991$

$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,817$

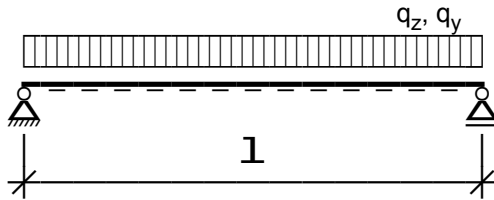
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$



Balken mit Doppelbiegung

Spannungsnachweis + Biegedrillknicken nach dem Ersatzstabverfahren, Balken gabelgelagert, Lasteintragung am Druckrand
hier: Ansatz analog Formeln EC5



System:

Stützweite l =	4,00 m
Trägerbreite b =	80,0 mm
Trägerhöhe h =	200,0 mm

Belastung:

$q_{z,d}$ =	2,00 kN/m
$q_{y,d}$ =	1,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
E_{0mean} =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	690,00 N/mm ²
G_{05} =	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	460,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =			1,30

Spannungsnachweis:

$M_{y,d}$ =	$q_{z,d} \cdot l^2 / 8$	=	4,00 kNm
$M_{z,d}$ =	$q_{y,d} \cdot l^2 / 8$	=	2,00 kNm
W_y =	$b \cdot h^2 / 6$	=	533,3*10 ³ mm ³
W_z =	$b^2 \cdot h / 6$	=	213,3*10 ³ mm ³
A_n =	$b \cdot h$	=	16,00*10 ³ mm ²

Normalspannungen und Biegerandspannungen:

$\sigma_{m,y,d}$ =	$M_{y,d} \cdot 10^6 / W_y$	=	7,50 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$ =	$M_{z,d} \cdot 10^6 / W_z$	=	9,38 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

k_{hy} =	WENN($\rho_k \leq 700$ UND $h < 150$; MIN($(150/h)^{0,2}$; 1,3); 1)	=	1,0
k_{hy} =	WENN(BS ≠ "Brettschichtholz"; k_{hy} ; WENN($h < 600$; MIN($(600/h)^{0,1}$; 1,1); 1))	=	1,0
$f_{m,y,d}$ =	$k_{hy} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	14,77 N/mm ²
k_{hz} =	WENN($\rho_k \leq 700$ UND $b < 150$; MIN($(150/b)^{0,2}$; 1,3); 1)	=	1,1
k_{hz} =	WENN(BS ≠ "Brettschichtholz"; k_{hz} ; 1)	=	1,1
$f_{m,z,d}$ =	$k_{hz} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	16,25 N/mm ²
$f_{c,0,d}$ =	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	=	12,92 N/mm ²



Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$k_m = 0,70$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,91 \leq 1}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,93 \leq 1}$$

Stabilitätsnachweis (Biegedrillknicken):



$$\sigma_{m,crit_v1} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{05} \cdot I_{tor}}}{I_{ef} \cdot 10^3 \cdot W_y} = 40,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,crit_v2} = 0,78 \cdot b^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{h \cdot I_{ef} \cdot 10^3} = 45,74 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,crit} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Nadelholz"}; \sigma_{m,crit_v2}; \sigma_{m,crit_v1}) = 45,74 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,72$$

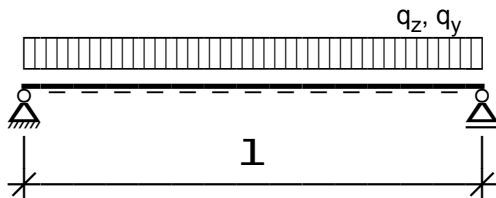
$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \cdot 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right)^2 = \underline{0,84 \leq 1}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,84 \leq 1}$$

Balken mit Doppelbiegung (Formel 6.31 aus EC5)

Biegedrillknicken nach dem Ersatzstabverfahren, Balken (Rechteckquerschnitt) gabelgelagert, Lasteintragung am Druckrand
hier: Ansatz mit umgeformter Formelgl. (6.31) aus EC5



System:

Stützweite $l =$	3,50 m
Trägerbreite $b =$	60,0 mm
Trägerhöhe $h =$	200,0 mm

Belastung:

$q_{z,d} =$	2,00 kN/m
$q_{y,d} =$	0,50 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$E_{0mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	690,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	460,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Spannungsnachweis:

$M_{y,d} =$	$q_{z,d} \cdot l^2 / 8$	=	3,06 kNm
$M_{z,d} =$	$q_{y,d} \cdot l^2 / 8$	=	0,77 kNm
$W_y =$	$b \cdot h^2 / 6$	=	400,0*10 ³ mm ³
$W_z =$	$b^2 \cdot h / 6$	=	120,0*10 ³ mm ³
$A_n =$	$b \cdot h$	=	12,00*10 ³ mm ²

Normalspannungen und Biegerandspannungen:

$\sigma_{m,y,d} =$	$M_{y,d} \cdot 10^6 / W_y$	=	7,65 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	$M_{z,d} \cdot 10^6 / W_z$	=	6,42 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$k_{hy} =$	WENN($\rho_k \leq 700$ UND $h < 150$; MIN($(150/h)^{0,2}$; 1,3); 1)	=	1,0
$k_{hy} =$	WENN(BS \neq "Brettschichtholz"; k_{hy} ; WENN($h < 600$; MIN($(600/h)^{0,1}$; 1,1); 1))	=	1,0
$f_{m,y,d} =$	$k_{hy} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	14,77 N/mm ²
$k_{hz} =$	WENN($\rho_k \leq 700$ UND $b < 150$; MIN($(150/b)^{0,2}$; 1,3); 1)	=	1,2
$k_{hz} =$	WENN(BS \neq "Brettschichtholz"; k_{hz} ; 1)	=	1,2
$f_{m,z,d} =$	$k_{hz} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	17,72 N/mm ²
$f_{c,0,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	=	12,92 N/mm ²



Stabilitätsnachweis (Biegedrillknicken):

Bestimmung von l_{ef} nach NCI NA.13.3



$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left(1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}}\right)} = 3,37 \text{ m}$$

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"};1,4;1) = 1,0$$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta} \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}} = 0,0645$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = 1,38 \leq 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 0,883$$

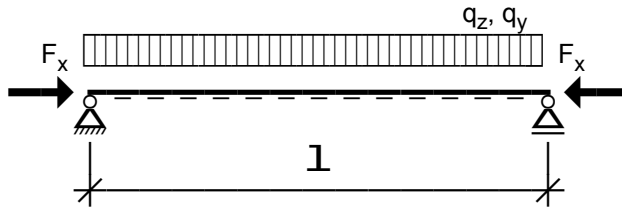
$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,898$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\right)^2 = \underline{0,71 \leq 1}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,69 \leq 1}$$



Balken mit Doppelbiegung und Druck (Spannungsnachweis)



System:

Stützweite l =	4,50 m
Trägerbreite b =	220,0 mm
Trägerhöhe h =	280,0 mm

Belastung:

$q_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$q_{y,d}$ =	3,36 kN/m
$F_{x,d}$ =	15,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30

Berechnung:

$M_{y,d}$ =	$q_{z,d} \cdot l^2 / 8$	=	36,30 kNm
$M_{z,d}$ =	$q_{y,d} \cdot l^2 / 8$	=	8,51 kNm
W_y =	$b \cdot h^2 / 6$	=	$2874,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
W_z =	$b^2 \cdot h / 6$	=	$2258,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
A_n =	$b \cdot h$	=	$61,60 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Normalspannungen und Biegerandspannungen:

$\sigma_{c,0,d}$ =	$F_{x,d} \cdot 10^3 / A_n$	=	0,24 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$ =	$M_{y,d} \cdot 10^6 / W_y$	=	12,63 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$ =	$M_{z,d} \cdot 10^6 / W_z$	=	3,77 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit



Software zur Dokumentation und Berechnung

Cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.



$$\begin{aligned} f_{m,z,d} &= k_{hz} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= & 16,62 \text{ N/mm}^2 \\ f_{c,0,d} &= k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M &= & 14,54 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis für zweiachsige Biegung:

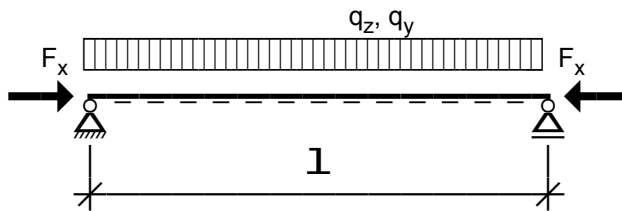
$$k_m = 0,70$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,92 \leq 1}}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,76 \leq 1}}$$

Balken mit Doppelbiegung und Druck (inkl. Stabilität)

Nachweis der Kippstabilität und Knickstabilität gleichzeitig Balken (Rechteckquerschnitt) gabelgelagert, Lasteintragung am Druckrand



System:

Stützweite $l =$	8,00 m
Trägerbreite $b =$	200,0 mm
Trägerhöhe $h =$	1280,0 mm

Belastung:

$q_{z,d} =$	50,00 kN/m
$q_{y,d} =$	0,00 kN/m
$F_{x,d} =$	400,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$E_{0mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11600,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	9670,00 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	720,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	600,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		=	1,30

Spannungsnachweis:

$M_{y,d} =$	$q_{z,d} \cdot l^2 / 8$	=	400,00 kNm
$M_{z,d} =$	$q_{y,d} \cdot l^2 / 8$	=	0,00 kNm
$W_y =$	$b \cdot h^2 / 6$	=	54613,3 * 10 ³ mm ³
$W_z =$	$b^2 \cdot h / 6$	=	8533,3 * 10 ³ mm ³
$A_n =$	$b \cdot h$	=	256,00 * 10 ³ mm ²

Normalspannungen und Biegerandspannungen:

$\sigma_{c,0,d} =$	$F_{x,d} \cdot 10^3 / A_n$	=	1,56 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	$M_{y,d} \cdot 10^6 / W_y$	=	7,32 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	$M_{z,d} \cdot 10^6 / W_z$	=	0,00 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$f_{m,y,d} =$	$k_{hy} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	16,62 N/mm ²
$k_{hz} =$	WENN($\rho_k \leq 700$ UND $b < 150$; MIN($(150/b)^{0,2}$; 1,3); 1)	=	1,0
$k_{hz} =$	WENN(BS ≠ "Brettschichtholz"; khz; 1)	=	1,0
$f_{m,z,d} =$	$k_{hz} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	16,62 N/mm ²
$f_{c,0,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	=	16,62 N/mm ²



Stabilitätsnachweis (Biegedrillknicken):

Bestimmung von l_{ef} nach NCI NA.13.3



$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left(1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}}\right)} = 9,21 \text{ m}$$

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1,4; 1) = 1,4$$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}}} = 0,0518$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = 1,41 \leq 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 0,889$$

$$\kappa_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,893$$



Stabilitätsnachweis (Knicken):

$$\begin{aligned} \text{Knicklängenbeiwert } \beta &= 1,0 \\ l_{ef} &= \beta \cdot l = 8,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Schlankheitsgrad:} \\ i_y &= h / \sqrt{12} = 369,50 \text{ mm} \\ \lambda_y &= l_{ef} \cdot 10^3 / i_y = 21,65 \\ i_z &= b / \sqrt{12} = 57,74 \text{ mm} \\ \lambda_z &= l_{ef} \cdot 10^3 / i_z = 138,55 \end{aligned}$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,y} &= (\lambda_y / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,34 \\ \lambda_{rel,z} &= (\lambda_z / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,20 \end{aligned}$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz";0,1;0,2}) = 0,10$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 3,02$$

$$k_y = \frac{0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)}{1} = 0,56$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,995$$

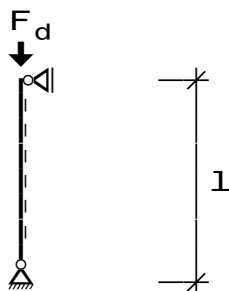
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,197$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,59 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{\underline{0,72 \leq 1}}$$

Quadratischen Vollholzstütze



System:

Stablänge $l =$	3,40 m	
Knicklängenbeiwert $\beta =$		1,0
Querschnittsbreite $h_y =$	140 mm	
Querschnittsbreite $h_z =$	140 mm	

Belastung:

$F_d =$		100,00 kN
---------	--	-----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	lang
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	23,00 N/mm ²
$E_{0mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	12000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	8000,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,70
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Berechnung:

Berechnung des Trägheitsradius			
$i_y =$	$h_z / \sqrt{12}$	=	40,41 mm
$i_z =$	$h_y / \sqrt{12}$	=	40,41 mm

Berechnung des Schlankheitsgrades λ , Knickbeiwert k_c

$l_{ef} =$	$\beta * l$	=	3,40 m
$\lambda_y =$	$l_{ef} * 10^3 / i_y$	=	84,14
$\lambda_z =$	$l_{ef} * 10^3 / i_z$	=	84,14

$\lambda_{rel,y} =$	$(\lambda_y / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$	=	1,436
$\lambda_{rel,z} =$	$(\lambda_z / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$	=	1,436

$\beta_c =$	WENN(BS="Brettschichtholz";0,1;0,2)	=	0,20
$k_z =$	$0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$	=	1,645
$k_y =$	$0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$	=	1,645



$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,409$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,409$$

Nachweis der Knickstabilität

$$A_{ef} = h_y * h_z = 19600 \text{ mm}^2$$

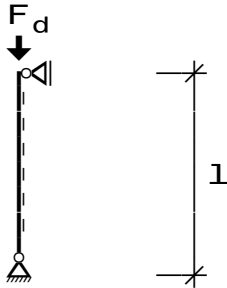
$$\sigma_{c,0,d} = F_d * 10^3 / A_{ef} = 5,10 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} = \underline{1,01 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \underline{1,01 \leq 1}$$

Runde Vollholzstütze



System:

Stablänge l =	4,00 m
Knicklängenbeiwert β =	1,0
Durchmesser d =	180 mm

Belastung:

F _d =	120,00 kN
------------------	-----------

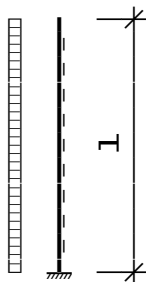
Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
E_{0mean} =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80
Sicherheitsbeiwert γ_M =			1,30

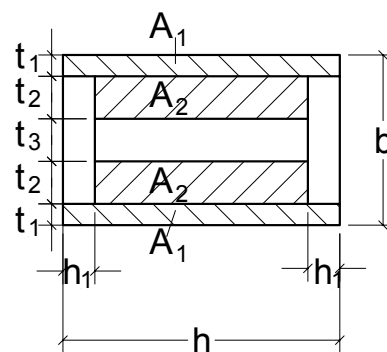
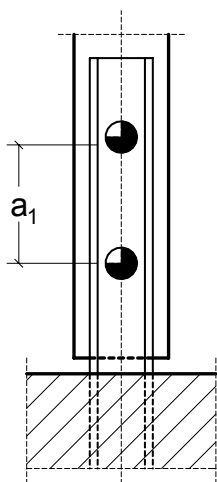
Berechnung:

Berechnung des Trägheitsradius			
i =	$d / 4$	=	45,00 mm
Berechnung des Schlankheitsgrades λ , Knickbeiwert k_c			
l_{ef} =	$\beta * l$	=	4,00 m
λ =	$l_{ef} * 10^3 / i$	=	88,89
λ_{rel} =	$(\lambda / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$	=	1,514
β_c =	WENN(BS="Brettschichtholz";0,1;0,2)	=	0,20
k =	$0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$	=	1,767
k_c =	$\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,373
Nachweis der Knickstabilität			
A_{ef} =	$\pi * d^2 / 4$	=	25447 mm ²
$\sigma_{c,0,d}$ =	$F_d * 10^3 / A_{ef}$	=	4,72 N/mm ²
$f_{c,0,d}$ =	$k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M$	=	12,92 N/mm ²
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}}$		=	<u>0,98 ≤ 1</u>

Eingespannte Stütze mit Normalkraft und Biegung



Fußpunktausbildung der eingespannten Stütze:



Horizontalschnitt durch Dübel / Bolzen

System:

Stützenlänge $l =$	3,20 m
Querschnittsbreite $b =$	14,00 cm
Querschnittshöhe $h =$	22,00 cm
Knickbeiwert $\beta_z =$	0,70
Abstand $a_1 =$	25,00 cm

Einwirkungen:

$N_d =$	27,80 kN
$V_d =$	4,80 kN
$M_d =$	4,60 kNm

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsgruppe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	460,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30



Abmessungen:

Dübel D =	GEW("EC5_de/DüC"; Typ;)	=	C11
Dübel d _c =	GEW("EC5_de/DüC"; dc; Typ=D)	=	95,00 mm
h _e =	TAB("EC5_de/DüC"; he; dc=dc)	=	11,30 mm
Bolzen:			
Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N=4)	=	Passbolzen
Durchmesser d _S =		=	24,0 mm

Berechnung:



$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W_{y,n}} \cdot 10^3 = 5,58 \text{ N/mm}^2$$
$$\tau_d = 1,5 \cdot V_d \cdot 10 / A_n = 0,30 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

k _{hy} =	WENN(ρ _k ≤ 700 UND h < 150; MIN((150/h) ^{0,2} ; 1,3); 1)	=	1,3
k _{hy} =	WENN(BS ≠ "Brettschichtholz"; k _{hy} ; WENN(h < 600; MIN((600/h) ^{0,1} ; 1,1); 1))	=	1,3
f _{m,y,d} =	k _{hy} * k _{mod} * f _{m,k} / γ _M	=	21,60 N/mm ²
f _{c,0,d} =	k _{mod} * f _{c,0,k} / γ _M	=	14,54 N/mm ²
f _{v,d} =	k _{mod} * f _{v,k} / γ _M	=	2,77 N/mm ²

Tragsicherheitsnachweis auf Druck und Biegung:

Die Lagerung des Fundamentes im Baugrund wird hier als starr angenommen. Für die Ermittlung der Knicklängen braucht nur die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel berücksichtigt werden.

K _{ser} =	WENN(D="C10" ODER D="C11"; ρ _k * d _c / 2; 1,5 * ρ _k * d _c / 4)	=	16625,00 N/mm
K _φ =	4 * K _{ser} * (a ₁ * 10 / 2) ²	=	1039,06 * 10 ⁶ Nmm
β _y =	$\sqrt{4 + \pi^2 \cdot \frac{E_{0,mean}}{1,3} \cdot \frac{I_y}{I \cdot K_{\phi}} \cdot 10}$	=	2,67
Schlankheit für das Knicken um die y-Achse			
l _{ef,y} =	β _y * l	=	8,54 m
λ _y =	$\frac{l_{ef,y} \cdot 10^2}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}}$	=	134,47



Schlankheit für das Knicken um die z-Achse

$$l_{ef,z} = \beta_z \cdot l = 2,24 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z} \cdot 10^2}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = 55,43$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,29$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,94$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 3,32$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,01$$

$$k_{c,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1\right) = 0,17$$

$$k_{c,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1\right) = 0,72$$

$$k_m = 1,00$$

Nachweis:

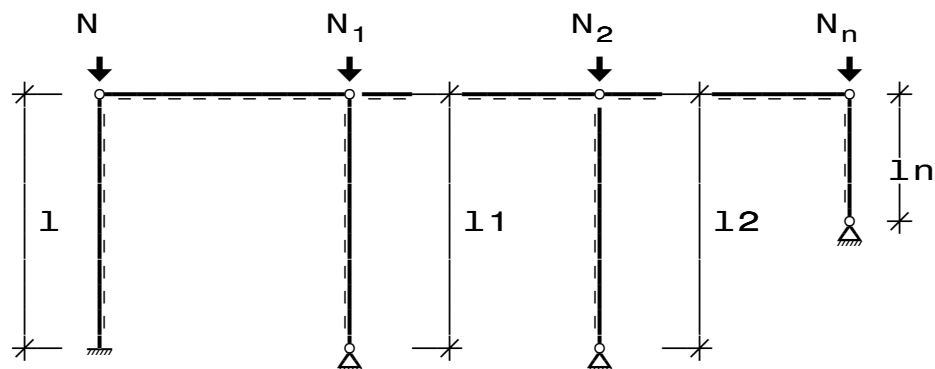
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \underline{\underline{0,62 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \underline{\underline{0,34 \leq 1}}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,11 \leq 1}}$$

Stabilitätsnachweis einer Stützenreihe

Nachweis der ersten eingespannten Stütze



y-Achse in Blattebene

System:

Stablänge $l =$	8,00 m
Stablänge $l_1 =$	8,00 m
Stablänge $l_2 =$	4,00 m
Querschnittsbreite $h_y =$	900 mm
Querschnittsbreite $h_z =$	250 mm

Belastung:

$N_d =$	600,00 kN
$N_{1,d} =$	600,00 kN
$N_{2,d} =$	1200,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	26,50 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	10500 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		=	1,30

Berechnung:

eingespannte Stütze – Schlankheitsgrad bei Einzelstabknicken um y (Ausweichen in z-Richtung)

Knicklängenbeiwert $\beta =$		0,7
$i_y =$	$h_z / \sqrt{12}$	= 72,17 mm
$l_{ef,y} =$	$\beta * l$	= 5,600 m
$\lambda_y =$	$l_{ef,y} * 10^3 / i_y$	= 77,59

eingespannte Stütze – Schlankheitsgrad bei Systemknicken um z (Ausweichen in y-Richtung)

$$\alpha = \frac{l}{N_d} * \sum_{i=1}^2 N_{i,d} / l_i = 5,00$$

aus $\beta = \sqrt{4 + (\pi^2 * (E_{0,mean} / \gamma_M) * l) / (l * k_\varphi) * (1 + \alpha)}$ wird für $K_\varphi \approx \infty$:

$\beta =$	$\sqrt{4 * (1 + \alpha)}$	= 4,90
$i_z =$	$h_y / \sqrt{12}$	= 259,81 mm
$l_{ef,z} =$	$\beta * l$	= 39,200 m
$\lambda_z =$	$l_{ef,z} * 10^3 / i_z$	= 150,88

⇒ maßgeblich λ



$$\lambda = \text{MAX}(\lambda_z; \lambda_y) = 150,88$$

$$\lambda_{\text{rel}} = (\lambda / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,413$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,10$$

$$k = \frac{0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel}}^2)}{1} = 3,517$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0,165$$

Nachweis der Knickstabilität

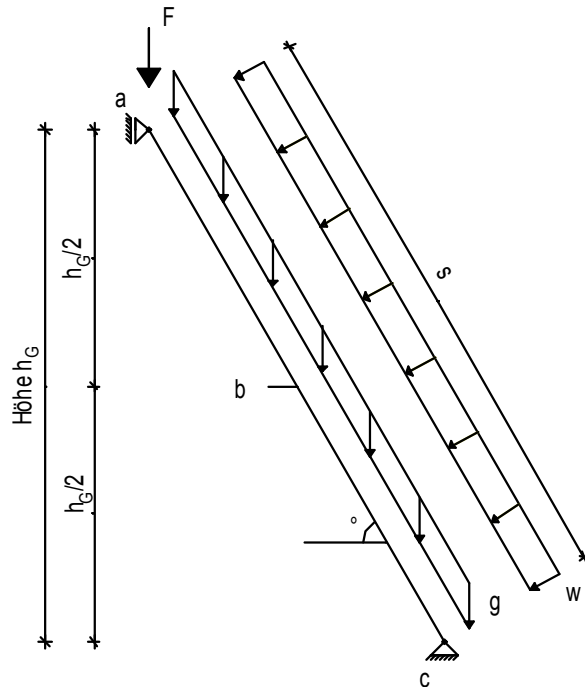
$$A_{\text{ef}} = h_y * h_z = 225000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_d * 10^3 / A_{\text{ef}} = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 16,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Geneigter Wandträger



System:

In den Punkten a, b und c ist der Träger seitlich gehalten.

Geschosshöhe $h_G =$	6,10 m
Breite des Trägers $b =$	100 mm
Trägerhöhe $h =$	280 mm
Winkel $\alpha =$	65,0 °

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mod"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11600 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	9670 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	600 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rho_k; FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Belastung:

ständige Last $g_d =$	1,1 kN/m
Nutzlast $F_d =$	5,0 kN
Windlast $w_d =$	2,0 kN/m

Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung

$\gamma_G =$	1,35
$\gamma_Q =$	1,50

Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen M, N, V für die LK g+ w:

in der Zeichenebene

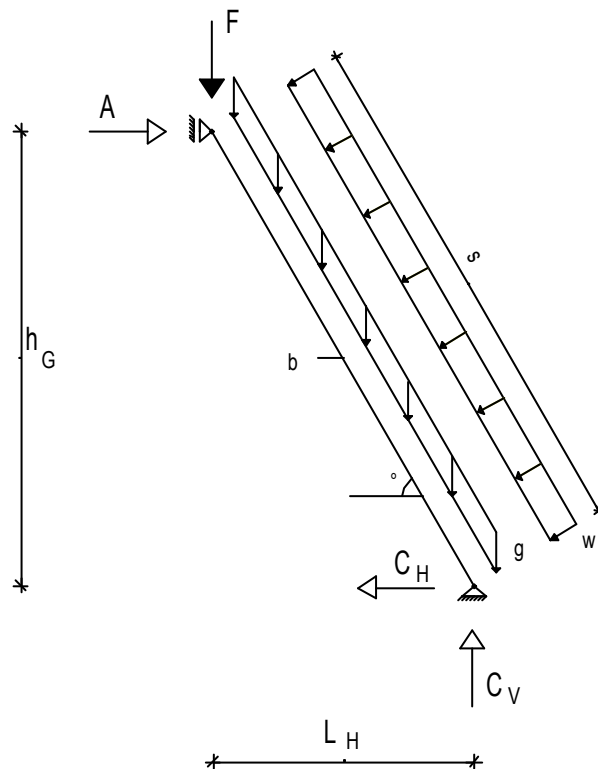
$$\text{Knicklänge } l_{ef,y} = h_G / \sin(\alpha) = 6,73 \text{ m}$$

⊥ Zeichenebene

$$\text{Knicklänge } l_{ef,z} = l_{ef,y} / 2 = 3,37 \text{ m}$$

$$g_{0,d} = g_d * \sin(\alpha) = 1,00 \text{ kN/m}$$

$$g_{90,d} = g_d * \cos(\alpha) = 0,46 \text{ kN/m}$$



System ist statisch bestimmt.

$$\text{Trägerlänge } s = l_{ef,y} = 6,73 \text{ m}$$

$$\text{Länge } L_H = h_G / \tan(\alpha) = 2,84 \text{ m}$$

ΣM um Punkt c, nach A_d umgestellt

$$A_d = (F_d * L_H + g_d * s * L_H / 2 + w_d * s^2 / 2) / h_G = 11,48 \text{ kN}$$

ΣH ; nach $C_{H,d}$ umgestellt

$$C_{H,d} = A_d - w_d * \sin(\alpha) * s = -0,72 \text{ kN}$$

ΣV ; nach $C_{V,d}$ umgestellt

$$C_{V,d} = F_d + g_d * s + w_d * \cos(\alpha) * s = 18,09 \text{ kN}$$

$$N_{a,d} = -A_d * \cos(\alpha) - F_d * \sin(\alpha) = -9,38 \text{ kN}$$

$$V_{a,d} = A_d * \sin(\alpha) - F_d * \cos(\alpha) = 8,29 \text{ kN}$$

$$N_{b,d} = N_{a,d} - g_{0,d} * s / 2 = -12,74 \text{ kN}$$

$$V_{b,d} = V_{a,d} - (w_d + g_{90,d}) * s / 2 = 0,01 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = (g_{90,d} + w_d) * s^2 / 8 = 13,93 \text{ kNm}$$

$$N_{c,d} = N_{a,d} - g_{0,d} * s = -16,11 \text{ kN}$$

$$V_{c,d} = V_{a,d} - (g_{90,d} + w_d) * s = -8,27 \text{ kN}$$



Querschnittswerte des Trägers:

$$\begin{aligned} \text{Fläche } A &= h \cdot b &= 28 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ W_y &= \frac{b \cdot h^2}{6} &= 1,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ I_y &= \frac{b \cdot h^3}{12} &= 183 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Normalspannungen und Biegerandspannungen:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &= -N_{c,d} \cdot 10^3 / A &= 0,58 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{m,d} &= M_{b,d} \cdot 10^6 / W_y &= 10,63 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$\begin{aligned} k_{hy} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } h < 150; \text{MIN}((150/h)^{0,2}; 1,3); 1) &= 1,0 \\ k_{hy} &= \text{WENN}(\text{BS} \neq \text{"Brettschichtholz"}; k_{hy}; \text{WENN}(h < 600; \text{MIN}((600/h)^{0,1}; 1,1); 1)) &= 1,1 \\ f_{m,d} &= k_{hy} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M &= 18,28 \text{ N/mm}^2 \\ f_{c,0,d} &= k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M &= 16,62 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d} &= f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M &= 2,42 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Stabilitätsnachweise

(Knicken):

Schlankheitsgrade:

$$\begin{aligned} i_y &= h / \sqrt{12} &= 80,83 \text{ mm} \\ \lambda_y &= l_{ef,y} \cdot 10^3 / i_y &= 83,26 \\ i_z &= b / \sqrt{12} &= 28,87 \text{ mm} \\ \lambda_z &= l_{ef,z} \cdot 10^3 / i_z &= 116,73 \end{aligned}$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,z} &= (\lambda_z / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} &= 1,85 \\ \beta_c &= \text{WENN}(\text{BS} = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) &= 0,10 \\ k_z &= \frac{0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)}{1} &= 2,29 \\ k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} &= 0,275 \end{aligned}$$

(Biegedrillknicken):

$$l_{ef} = \frac{s}{2} = 3,37 \text{ m}$$

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\begin{aligned} \eta &= \text{WENN}(\text{BS} = \text{"Brettschichtholz"}; 1,4; 1) &= 1,4 \\ \kappa_m &= \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta} \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}} &= 0,0518 \end{aligned}$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = 0,45 \leq 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 0,503$$

$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 1,000$$



Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} * f_{m,d}} = \underline{0,71 \leq 1}$$

Schub:

$$k_{cr} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Vollholz"}; 2/f_{v,k}; \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 2,5/f_{v,k}; 1)) = 0,7$$

$$\tau_d = 1,5 * \frac{-V_{c,d} * 10^3}{k_{cr} * A} = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d / f_{v,d} = \underline{0,26 \leq 1}$$

Durchbiegung:

$$M_{g,k} = \frac{g_{90,d} * s^2}{\gamma_G * 8} = 1,93 \text{ kNm}$$

$$M_{q,k} = \frac{w_d * s^2}{\gamma_Q * 8} = 7,55 \text{ kNm}$$

Elastische Anfangsverformung:

$$u_{inst,G} = \frac{5}{384} * \frac{g_{90,d}}{1,35} * \frac{l_{ef,y}^4 * 10^{12}}{E_{0,mean} * I_y} = 4,29 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q,1} = \frac{M_{q,k}}{M_{g,k}} * u_{inst,G} = 16,78 \text{ mm}$$

$$\text{Beiwert } \psi_2 = 0,00$$

$$k_{def} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{def}; B=\text{BS}; N=\text{NK}) = 0,80$$

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{grenz} \leq l / 500$ bis $l/300$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q,1} = 21,1 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } u_{grenz} = s * 10^3 / 300 = 22,43 \text{ mm}$$

$$u_{inst} / u_{grenz} = \underline{0,94 \leq 1}$$

b) Enddurchbiegung: $w_{grenz,fin} \leq l/300$ bis $l/150$



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

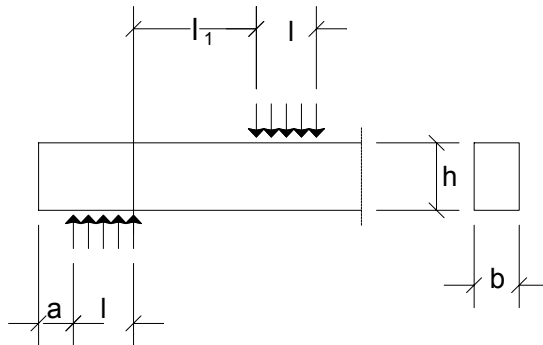
vereinfacht, da alle Tragwerksteile den gleichen Verformungsbeiwert k_{def} aufweisen:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q,1} = 24,50 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } u_{grenz,fin} = s * 10^3 / 200 = 33,65 \text{ mm}$$

$$u_{fin} / u_{grenz,fin} = \underline{0,73 \leq 1}$$

Wandpfosten auf Einzelabstützung



System:

Vorholzlänge a =	200 mm
Aufstandsänge l =	100 mm
Aufstandstiefe d =	120 mm
lichter Pfostenabstand l ₁ =	500 mm
Unterstützung h =	200 mm

Belastung:

F _{c,d} =	20,00 kN
--------------------	----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
f _{c,90,k} =	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	= 2,70 N/mm ²
k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert γ _M =		1,30

Berechnung:

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

wirksame Kontaktfläche

$$\ddot{u}_1 = \text{MIN}(30; l; l_1/2) = 30 \text{ mm}$$

$$\ddot{u}_2 = \text{MIN}(30; l; a) = 30 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = d \cdot (l + \ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) = 19200 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = \text{WENN}(l_1 \geq 2 \cdot h \text{ UND } BS = \text{"Nadelholz"}; 1,50; 1) = 1,00$$

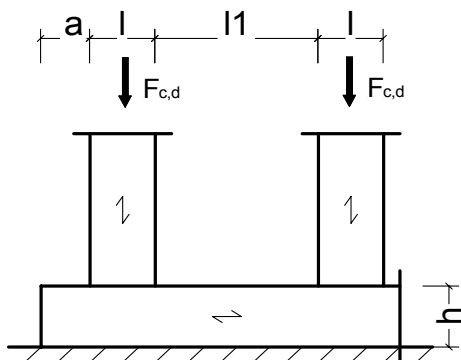
$$k_{c,90} = \text{WENN}(l_1 \geq 2 \cdot h \text{ UND } BS = \text{"Brettschichtholz"} \text{ UND } l \leq 400; 1,75; k_{c,90}) = 1,75$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,d} \cdot 10^3}{A_{ef}} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \underline{\underline{0,32 < 1}}$$

Wandpfosten auf kontinuierlicher Stützung



System:

Vorholzlänge a =	660 mm
Aufstandslänge l =	60 mm
Aufstandstiefe d =	120 mm
lichter Pfostenabstand l ₁ =	340 mm
Unterstützung h =	140 mm

Belastung:

F _{c,d} =	20,00 kN
--------------------	----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	Laubholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= D30
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
f _{c,90,k} =	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	= 8,00 N/mm ²
k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	= 0,90
Sicherheitsbeiwert γ _M =		1,30

Berechnung:

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 5,54 \text{ N/mm}^2$$

wirksame Kontaktfläche

$$\ddot{u}_1 = \text{MIN}(30; l; l_1/2) = 30 \text{ mm}$$

$$\ddot{u}_2 = \text{MIN}(30; l; a) = 30 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = d \cdot (l + \ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) = 14400 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = \text{WENN}(l \geq 2 \cdot h \text{ UND BS} = \text{"Nadelholz"}; 1,25; 1,0) = 1,00$$

$$k_{c,90} = \text{WENN}(l \geq 2 \cdot h \text{ UND BS} = \text{"Brettschichtholz"}; 1,5; k_{c,90}) = 1,00$$

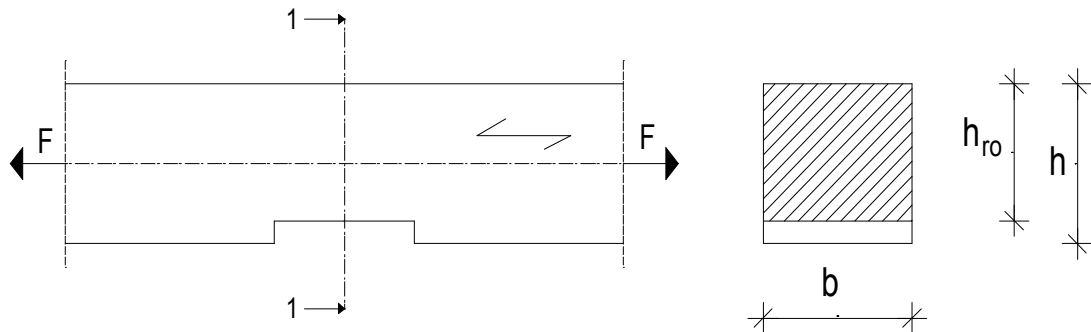
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,d} \cdot 10^3}{A_{ef}} = 1,39 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \underline{\underline{0,25 < 1}}$$



Zugstab mit exzentrischer Zugkraft durch Einschnitt



Schnitt 1-1

System

Breite b =	170 mm
Höhe h =	180 mm
Höhe h _{ro} =	140 mm

Ausmitte e =	$\frac{h}{2} - \frac{h_{ro}}{2}$	=	20 mm
--------------	----------------------------------	---	-------

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
f _{m,k} =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	30,00 N/mm ²
f _{t,0,k} =	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	18,00 N/mm ²
k _{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80

Belastung

Zugkraft F _{t,d} =	140,00 kN
-----------------------------	-----------

Berechnung

Bemessungswerte der Festigkeiten

f _{t,0,d} =	$k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$	=	11,1 N/mm ²
----------------------	--------------------------------------	---	------------------------

f _{m,d} =	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	18,5 N/mm ²
--------------------	------------------------------------	---	------------------------

Querschnittswerte

A _n =	$b \cdot h_{ro}$	=	23,8*10 ³ mm ²
------------------	------------------	---	--------------------------------------

W =	$\frac{b \cdot h_{ro}^2}{6}$	=	0,555*10 ⁶ mm ³
-----	------------------------------	---	---------------------------------------

Schnittgrößen

M _{ex,d} =	$F_{t,d} \cdot e \cdot 10^{-3}$	=	2,80 kNm
---------------------	---------------------------------	---	----------

Spannungen

σ _{t,0,d} =	$\frac{F_{t,d} \cdot 10^3}{A_n}$	=	5,88 N/mm ²
----------------------	----------------------------------	---	------------------------

σ _{m,d} =	$\frac{M_{ex,d} \cdot 10^6}{W}$	=	5,05 N/mm ²
--------------------	---------------------------------	---	------------------------

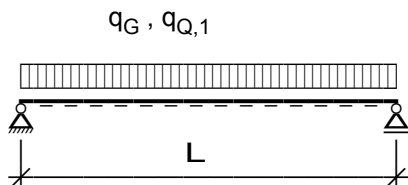
Nachweis der Tragfähigkeit im Schnitt 1-1

$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}}$	=	<u>0,80 ≤ 1</u>
---	---	-----------------

Kapitel Gebrauchstauglichkeit

Träger mit einer veränderlichen Einwirkung

Die Verformung aus Schub wird vernachlässigt (Rechteckquerschnitt); Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Durchbiegung in Trägermitte



System:

Stützweite l =	20,00 m
Trägerbreite b =	140,0 mm
Trägerhöhe h =	1100,0 mm
Überhöhung w_c =	0,0 mm

Belastung:

Eigengewicht q_G =	3,00 kN/m
Nutzlast $q_{Q,1}$ =	4,00 kN/m
Beiwert $\psi_{2,1}$ =	0,20

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= GL36h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	= 1
$E_{0,mean}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	= 14700 N/mm ²
k_{def} =	TAB("EC5_de/mod"; kdef; B=BS; N=NK)	= 0,60

Berechnung:

$$I_y = b \cdot h^3 / 12 = 15528 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Anfangsverformungen ständige Einwirkung

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_G \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 27,38 \text{ mm}$$

Anfangsverformung veränderliche Einwirkung (Nutzlast)

$$w_{inst,Q,1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{Q,1} \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 36,51 \text{ mm}$$

Endverformung ständige Einwirkung:

$$E_{mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{1 + k_{def}} = 9187,50 \text{ N/mm}^2$$

$$w_{fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_G \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{mean,fin} \cdot I_y} = 43,81 \text{ mm}$$

Endverformung veränderliche Einwirkung

$$w_{fin,Q,1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{Q,1} \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{mean,fin} \cdot I_y} = 58,41 \text{ mm}$$



Nachweis bei einer veränderlichen Einwirkung

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{\text{grenz}} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$\begin{aligned} w_{\text{inst}} &= w_{\text{inst,G}} + w_{\text{inst,Q,1}} &= & 63,9 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz}} &= l * 10^3 / 300 &= & 66,67 \text{ mm} \\ w_{\text{inst}} / w_{\text{grenz}} & &= & \underline{0,96 \leq 1} \end{aligned}$$

b) Enddurchbiegung: $w_{\text{grenz,fin}} \leq l / 300$ bis $l / 150$

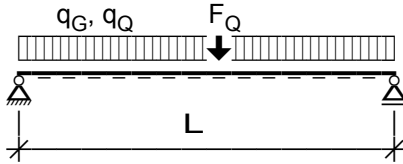


c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{\text{grenz,net,fin}} \leq l / 350$ bis $l / 250$

$$\begin{aligned} w_{\text{net,fin}} &= w_{\text{fin}} - w_{\text{c}} &= & 84,7 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} &= l * 10^3 / 250 &= & 80,0 \text{ mm} \\ w_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} & &= & \underline{1,06 \leq 1} \end{aligned}$$

Träger mit mehreren veränderlichen Einwirkung

Die Verformung aus Schub wird vernachlässigt (Rechteckquerschnitt); Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Durchbiegung in Trägermitte, einheitlicher Beiwert k_{def}



System:

Stützweite $l =$	24,00 m
Trägerbreite $b =$	280,0 mm
Trägerhöhe $h =$	1900,0 mm
Überhöhung $w_c =$	50,0 mm

Belastung:

Eigengewicht $q_G =$	4,00 kN/m
Nutzlast $q_Q =$	8,00 kN/m
Nutzlast $F_Q =$	200,00 kN
Beiwert $\psi_{2,qQ} =$	0,30
Beiwert $\psi_{2,FQ} =$	0,60
Beiwert $\psi_{0,qQ} =$	0,70
Beiwert $\psi_{0,FQ} =$	0,70

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	12600 N/mm ²
$k_{def} =$	TAB("EC5_de/mod"; kdef; B=BS; N=NK)	=	0,60

Berechnung:

$I_y =$	$b \cdot h^3 / 12$	=	$160043 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
Anfangsverformungen ständige Einwirkung			
$w_{inst,G} =$	$\frac{5}{384} \frac{q_G \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y}$	=	8,57 mm
Anfangsverformung veränderliche Einwirkungen			
$w_{inst,Q,qQ} =$	$\frac{5}{384} \frac{q_Q \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y}$	=	17,14 mm
$w_{inst,Q,FQ} =$	$\frac{1}{48} \frac{F_Q \cdot l^3 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y}$	=	28,56 mm



Nachweis bei 2 veränderlichen Einwirkungen

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{\text{grenz}} \leq l / 500$ bis $l / 300$

Ermittlung der vorherrschenden Einwirkung (größte Durchbiegung)

$$\begin{aligned}w_{\text{inst},1} &= W_{\text{inst},G} + W_{\text{inst},Q,qQ} + \psi_{0,FQ} * W_{\text{inst},Q,FQ} &= & 45,70 \text{ mm} \\w_{\text{inst},2} &= W_{\text{inst},G} + W_{\text{inst},Q,FQ} + \psi_{0,qQ} * W_{\text{inst},Q,qQ} &= & 49,13 \text{ mm} \\w_{\text{inst}} &= \text{MAX}(w_{\text{inst},1}; w_{\text{inst},2}) &= & 49,13 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz}} &= l * 10^3 / 500 &= & 48,00 \text{ mm} \\w_{\text{inst}} / w_{\text{grenz}} & &= & \underline{1,02 \leq 1}\end{aligned}$$

b) Enddurchbiegung: $w_{\text{grenz,fin}} \leq l / 300$ bis $l / 150$

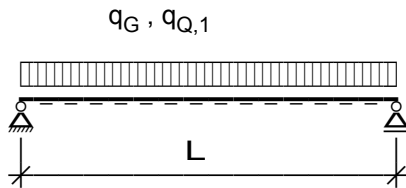


c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{\text{grenz,net,fin}} \leq l / 350$ bis $l / 250$

$$\begin{aligned}w_{\text{net,fin}} &= W_{\text{fin}} - W_{\text{c}} &= & 17,6 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} &= l * 10^3 / 350 &= & 68,57 \text{ mm} \\w_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} & &= & \underline{0,26 \leq 1}\end{aligned}$$

Trägersystem mit unterschiedlichen Materialien

⇒ 2 unterschiedliche Materialien; keine Schubübertragung; Die Verformung aus Schub wird vernachlässigt (Rechteckquerschnitt); Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Durchbiegung in Trägermitte



System:

Stützweite $l =$	6,00 m
Plattenbreite $b_1 =$	625,0 mm
Plattenhöhe $h_1 =$	28,0 mm
Trägerbreite $b_2 =$	80,0 mm
Trägerhöhe $h_2 =$	200,0 mm
Überhöhung $w_c =$	0,0 mm

Belastung:

Eigengewicht $q_G =$	0,18 kN/m
Nutzlast $q_{Q,1} =$	0,54 kN/m
Beiwert $\psi_{2,1} =$	0,30

Material:

Material der Platte

$E_{0,mean,1} =$		4500 N/mm ²
$k_{def,1} =$		2,25

Material des Balkens

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
$E_{0,mean,2} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000 N/mm ²
$k_{def,2} =$	TAB("EC5_de/mod"; kdef; B=BS; N=NK)	=	0,60

Berechnung:

$I_{y1} =$	$b_1 \cdot h_1^3 / 12$	=	$1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
$I_{y2} =$	$b_2 \cdot h_2^3 / 12$	=	$53 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Anfangsverformungen ständige Einwirkung

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_G \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean,1} \cdot I_{y1} + E_{0,mean,2} \cdot I_{y2}} = 5,17 \text{ mm}$$

Anfangsverformung veränderliche Einwirkung (Nutzlast)

$$w_{inst,Q,1} = \frac{q_{Q,1}}{q_G} \cdot w_{inst,G} = 15,51 \text{ mm}$$

Endverformung ständige Einwirkung:

$E_{mean,fin,1} =$	$E_{0,mean,1} / (1 + k_{def,1})$	=	1384,62 N/mm ²
$E_{mean,fin,2} =$	$E_{0,mean,2} / (1 + k_{def,2})$	=	6875,00 N/mm ²

$$w_{fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_G \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{mean,fin,1} \cdot I_{y1} + E_{mean,fin,2} \cdot I_{y2}} = 8,30 \text{ mm}$$

Endverformung veränderliche Einwirkung

$$w_{fin,Q,1} = \frac{q_{Q,1}}{q_G} \cdot w_{fin,G} = 24,90 \text{ mm}$$



Nachweis bei einer veränderlichen Einwirkung

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{\text{grenz}} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$\begin{aligned} w_{\text{inst}} &= w_{\text{inst,G}} + w_{\text{inst,Q,1}} &= & 20,7 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz}} &= l * 10^3 / 300 &= & 20,00 \text{ mm} \\ w_{\text{inst}} / w_{\text{grenz}} & &= & \underline{1,03 \leq 1} \end{aligned}$$

b) Enddurchbiegung: $w_{\text{grenz,fin}} \leq l / 300$ bis $l / 150$



c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{\text{grenz,net,fin}} \leq l / 350$ bis $l / 250$

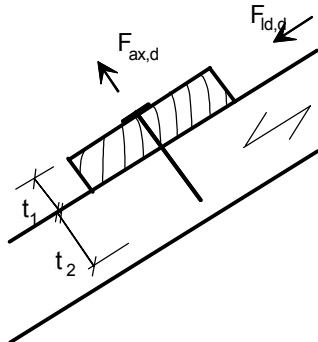
$$\begin{aligned} w_{\text{net,fin}} &= w_{\text{fin}} - w_{\text{c}} &= & 26,6 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} &= l * 10^3 / 250 &= & 24,00 \text{ mm} \\ w_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} & &= & \underline{1,11 \leq 1} \end{aligned}$$



Kapitel Sonstige Nachweise im Holzbau

Befestigung Dachschalung mit glattschaftigen Nägeln

runde glattschaftige Nägel, nicht vorgebohrt, Beanspruchung nur für KLED = kurz oder mittel



System:

Holzdicke t_1 =	28,0 mm
Holzdicke t =	200,0 mm

Einwirkungen:

Bemessungswerte der Schraubenbeanspruchung

$F_{ax,Ed}$ =	100,0 N
$F_{v,Ed}$ =	450,0 N

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Nadelholz;")	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

Sicherheitsbeiwert γ_M = 1,30

Nägel (z.B. Werte aus Zulassung):

Durchmesser d = 4,0 mm \leq 6mm

Kopfdurchmesser d_h =

Nagellänge l = 80 mm

Zugfestigkeit $f_{u,k}$ = 600 N/mm²

Tragfähigkeit der Nägel bei Zugbeanspruchung



$f_{ax,k}$ =	$20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	=	2,45 N/mm ²
Faktor =	WENN($t_{pen} < 12 \cdot d$; $t_{pen} / (4 \cdot d) - 2$; 1)	=	1,000
$f_{ax,k}$ =	Faktor * $f_{ax,k}$	=	2,45 N/mm ²



$$f_{\text{head,k}} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 8,57 \text{ N/mm}^2$$

sofern Kopfdurchmesser unbekannt,

$$d_h = 2 \cdot d = 8,00 \text{ mm}$$

$$F_{\text{ax,Rk}} = \text{MIN}(f_{\text{ax,k}} \cdot d \cdot t_{\text{pen}}; f_{\text{ax,k}} \cdot d \cdot t_1 + f_{\text{head,k}} \cdot d_h^2) = 509,6 \text{ N}$$

Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit (1 Schraube, $n_{\text{ef}} / n = 1$):

$$F_{\text{ax,Rd}} = F_{\text{ax,Rk}} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3 = 353 \text{ N}$$

Tragfähigkeit des Nagels für Scherbeanspruchung

$$M_{\text{y,Rk}} = 0,3 \cdot f_{\text{u,k}} \cdot d^{2,6} = 6617 \text{ Nmm}$$

$$f_{\text{h,k}} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 18,93 \text{ N/mm}^2$$

bei gleichem Material gilt:

$$\beta = 1,00$$

Mindestdicken in der einschnittigen Holz-Holz-Verbindung

Laschen

$$t_{1,\text{req}} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{y,Rk}}}{f_{\text{h,k}} \cdot d}} = 36,70 \text{ mm}$$

Stab

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{y,Rk}}}{f_{\text{h,k}} \cdot d}} = 36,70 \text{ mm}$$

$$t_{1,\text{req}} / t_1 = 1,31$$

$$t_{\text{req}} / t = 0,18$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{\text{v,Rk}} = 1,0 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{\text{y,Rk}} \cdot f_{\text{h,k}} \cdot d} \cdot \text{MIN}(\text{MIN}(t_1/t_{1,\text{req}}; t/t_{\text{req}}); 1) = 763,7 \text{ N}$$

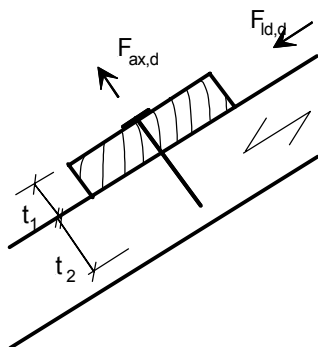
$$F_{\text{v,Rd}} = k_{\text{mod}} \cdot F_{\text{v,Rk}} / 1,1 = 625 \text{ N}$$

Nachweis

$$\frac{F_{\text{ax,Ed}}}{F_{\text{ax,Rd}}} + \frac{F_{\text{v,Ed}}}{F_{\text{v,Rd}}} = \underline{\underline{1,00 \leq 1}}$$

Befestigung Dachschalung mit profilierten Nägeln

Nachweis nur für profilierte Nägel nach DIN EN 14592, Tragfähigkeitsklasse nach DIN 1052-10



System:

Holzdicke t_1 =	28,0 mm
Holzdicke t =	200,0 mm

Einwirkungen:

Bemessungswerte der Schraubenbeanspruchung

$F_{ax,Ed}$ =	200,0 N
$F_{v,Ed}$ =	450,0 N

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;B="Nadelholz;")	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

Sicherheitsbeiwert γ_M =	1,30
---------------------------------	------

Nägel (z.B. Werte aus Zulassung):

Auszieh. Typ1 =	GEW("EC5_de/NA15a"; Typ;)	=	2
Kopfdurch. Typ2 =	GEW("EC5_de/NA15b"; Typ;)	=	A
Durchmesser d =	4,0 mm ≤ 8mm		
Nagellänge l =	80 mm		
profilierter Nagellänge l_g =	60 mm		
Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	600 N/mm ²		

Tragfähigkeit bei Zugbeanspruchung

Einbindetiefe in Unterkonstruktion

t_2 =	$l - t_1$	=	52,0 mm
t_{pen} =	MIN($t_2; l_g$)	=	52,0 mm
profilierter:	$6 \cdot d / t_{pen}$	=	<u>0,46 ≤ 1</u>

Mindestholzdicke zur Vermeidung der Spaltgefahr (Vorbohren, wenn $t_1 < t_{min}!$)

t_{min} =	MAX($7 \cdot d$; $(13 \cdot d - 30) \cdot \rho_k / 400$)	=	28,0 mm
t_{min} / t_1		=	<u>1,00 ≤ 1</u>

$f_{ax,k}$ =	TAB("EC5_de/NA15a";f;Typ=Typ1) * $10^{-6} \cdot \rho_k^2$	=	4,90 N/mm ²
Faktor =	WENN($t_{pen} < 8 \cdot d$; $t_{pen} / (2 \cdot d) - 3; 1$)	=	1,000
$f_{ax,k}$ =	Faktor * $f_{ax,k}$	=	4,90 N/mm ²
$f_{head,k}$ =	TAB("EC5_de/NA15b";f;Typ=Typ2) * $10^{-6} \cdot \rho_k^2$	=	7,35 N/mm ²



sofern Kopfdurchmesser unbekannt,

$$d_h = 2 \cdot d = 8,00 \text{ mm}$$

$$F_{ax,Rk} = \text{MIN}(f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen}; f_{head,k} \cdot d_h^2) = 470,4 \text{ N}$$

Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit (1 Schraube, $n_{ef} / n = 1$):

$$F_{ax,Rd} = F_{ax,Rk} \cdot k_{mod} / 1,3 = 326 \text{ N}$$

Tragfähigkeit des Nagels für Scherbeanspruchung



bei gleichem Material gilt:

$$\beta = 1,00$$

Mindestdicken in der einschnittigen Holz-Holz-Verbindung

Laschen

$$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 36,70 \text{ mm}$$

Stab

$$t_{req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 36,70 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} / t_1 = 1,31$$

$$t_{req} / t = 0,18$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = 1,0 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \cdot \text{MIN}(\text{MIN}(t_1/t_{1,req}; t/t_{req}); 1) = 763,7 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / 1,1 = 625 \text{ N}$$

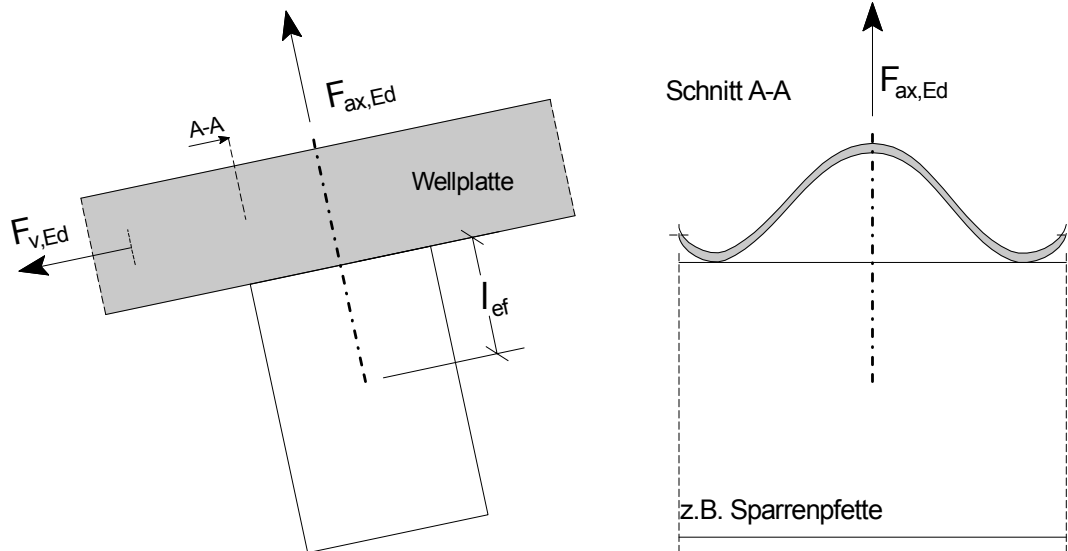
Nachweis

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 = \underline{\underline{0,89 \leq 1}}$$

Befestigung von Faserzement-Wellplatten durch Holzschrauben

Das Tragverhalten dieser Verbindung rechtwinklig zur Schraubenachse ist analog einer einschnittigen Stahlblech-Holz-Verbindung mit dünnem Stahlblech; Schraube nicht vorgebohrt

System:



Einwirkungen:

Bemessungswerte der Schraubenbeanspruchung

$$F_{ax,Ed} = 1,36 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = 0,063 \text{ kN}$$

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B; B="Nadelholz;")	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

Sicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,30$

Holzschraube (Werte aus Zulassung):

Aussendurchmesser d_S =	7,0 mm
Innendurchmesser d_1 =	4,5 mm
Einbindetiefe l_{ef} =	70 mm
Zugtragfähigkeit $f_{tens,k}$ =	13,500 kN
Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	700 N/mm ²
Schraubenkopf $F_{ax,head,Rd}$ =	1,595 kN

Tragfähigkeit bei Zugbeanspruchung

charakteristische Ausziehwanstand für Verbindungen mit Schrauben nach EN 14592 mit:

$$6 / d_S = \underline{0,86 \leq 1}$$

$$d_S / 12 = \underline{0,58 \leq 1}$$

$$0,6 / (d_1 / d_S) = \underline{0,93 \leq 1}$$

$$(d_1 / d_S) / 0,75 = \underline{0,86 \leq 1}$$

$$k_d = \text{MIN}(d_S / 8; 1) = 0,875$$

$$f_{ax,k} = 0,52 * d_S^{-0,5} * l_{ef}^{-0,1} * \rho_k^{0,8} = 13,94 \text{ N/mm}^2$$



$$F_{ax,a,Rk} = f_{ax,k} * d_S * \frac{l_{ef} * k_d}{1,2 * \cos(90)^2 + \sin(90)^2} = 5976,8 \text{ N}$$

Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit (1 Schraube, $n_{ef} / n = 1$):

$$F_{ax,a,Rd} = F_{ax,a,Rk} * k_{mod} / 1,3 = 4138 \text{ N}$$

Widerstand gegen Abreißen der Schraubenköpfe und Zugversagen des Schraubenschaftes:

$$F_{t,Rk} = f_{tens,k} = 13,500 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = F_{t,Rk} / \gamma_M = 10,385 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rd} = \text{MIN}(F_{ax,head,Rd}; F_{ax,a,Rd}; F_{t,Rd}) = 1,595 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit der Holzschrauben für Scherbeanspruchung



charakteristische Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel (Stahl -Holz-Verbindung) für ein dünnes Stahlblech, einschnittig EC5-1-1, 8.2.3 (3):

$$R_{k11} = (0,4 * f_{h,k} * t_1 * d_{ef}) * 10^{-3} = 2,479 \text{ kN}$$

$$R_{k12} = 1,15 * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,k} * d_{ef}} * 10^{-3} = 1,797 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,Joh} = \text{MIN}(R_{k11}; R_{k12}) = 1,797 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,Joh} = k_{mod} * F_{v,Rk,Joh} / \gamma_M = 1,244 \text{ kN}$$

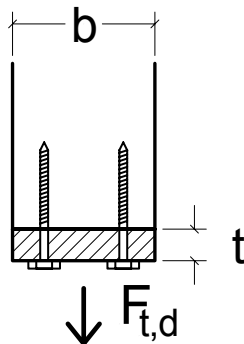
$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} + \text{MIN}(0,25 * F_{ax,Rd}; 1,0 * F_{v,Rd,Joh}) = 1,643 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 = \underline{\underline{0,73 \leq 1}}$$

Holzschraube auf Herausziehen

Bemessung gemäß EC5-1-1, 8.7.2



System:

 Stahlplattendicke $t = 6,0 \text{ mm}$

Winkel zwischen Holzschraube und Faser:

 $\alpha = 90,00^\circ$

Einwirkungen:

 Zugkraft $F_{t,d} = 5,00 \text{ kN}$

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24c
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	ständig
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; N=NK; K=KLED)	=	0,60
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/Holz"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

 Sicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,30$

Befestigungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N=2)	=	Holzschraube
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	8.0x80
Schraubenlänge $l_S =$	TAB("EC5_de/VM"; l; Bez=dxl)	=	80,0 mm
\varnothing Schraube $d_S =$	TAB("EC5_de/VM"; d; Bez=dxl)	=	8,0 mm
Innendurchmesser $d_1 =$		=	5,0 mm

Berechnung:

charakteristische Auszieh Widerstand für Verbindungen mit Schrauben nach EN 14592 mit:

$$6 / d_S = \underline{0,75 \leq 1}$$

$$d_S / 12 = \underline{0,67 \leq 1}$$

$$0,6 / (d_1 / d_S) = \underline{0,96 \leq 1}$$

$$(d_1 / d_S) / 0,75 = \underline{0,83 \leq 1}$$

$$l_{ef} = l_S - t = 74 \text{ mm}$$

$$k_d = \text{MIN}(d_S / 8; 1) = 1,00$$

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d_S^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} = 12,97 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{ax,a,Rk} = f_{ax,k} \cdot d_S \cdot \frac{l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2} = 7678,2 \text{ N}$$

Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit (1 Schraube):

$$F_{ax,a,Rd} = F_{ax,a,Rk} \cdot k_{mod} / 1,3 = 3544 \text{ N}$$



Ermittlung der erforderlichen Schraubenanzahl:

$$n_{\text{req}} = \frac{F_{t,d} \cdot 10^3}{F_{ax,a,Rd}} = 1,41 \text{ Stück}$$

gewählt Nagelanzahl $n = 2,0$ Stück

wirksame Anzahl der Schrauben:

$$n_{\text{ef}} = n^{0,9} = 1,9 \text{ Stück}$$

$$\frac{F_{t,d} \cdot 10^3}{F_{ax,a,Rd} \cdot n_{\text{ef}}} = \underline{\underline{0,74 \leq 1}}$$



Schwinden und Quellen

Die Abmessungen des Holzes verändern sich linear mit der Feuchte im Bereich zwischen 5% und 20% Holzfeuchtegehalt. In diesem Bereich können feuchtebedingte Verformungen berechnet werden

System:

Breite b =		100,0 mm
Höhe bei Einbau h_1 =		240,0 mm
Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mod"; B;)	= Nadelholz
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	= 1
Rechenwert des Schwind- und Quellmaß β =		0,24 %
Einbaufeuchte w_1 =		22 %
Holzfeuchte nachher w_2 =		12 %

Tabelle NA.7 — Rechenwerte für das Schwind- und Quellmaß rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes bzw. in Plattenebene^{a,b} bei unbehindertem Quellen und Schwinden

Zeile	1	2
	Baustoff	Schwind- und Quellmaß in % für Änderung der Materialfeuchte um 1 % unterhalb der Fasersättigung
1	Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche, Douglasie, Western Hemlock, Afzelia, Southern Pine, Eiche	0,25
2	Buche	0,30
3	Teak, Yellow Cedar	0,20
4	Azobé (Bongossi), Ipe	0,36
5a	Sperrholz	0,02
5b	Brettsperrholz, Massivholzplatten	0,02
6a	Furnierschichtholz ohne Querfurniere in Faserrichtung der Deckfurniere	0,01
6b	Furnierschichtholz mit Querfurnieren in Faserrichtung der Deckfurniere	0,32
	Furnierschichtholz ohne Querfurniere in Faserrichtung der Deckfurniere	0,01
	Furnierschichtholz mit Querfurnieren in Faserrichtung der Deckfurniere	0,03
7	Kunstharzgebundene Spanplatten; Faserplatten	0,035
8	Zementgebundene Spanplatten	0,03
9a	OSB-Platten, Typen OSB/2 und OSB/3	0,03
9b	OSB-Platten, Typ OSB/4	0,015

^a Werte gelten für etwa gleichförmige Feuchteänderung über den Querschnitt.
^b Für Hölzer nach den Zeilen 1 bis 4 gilt in Faserrichtung des Holzes ein Rechenwert von 0,01 %/‰.

**Tabelle NA.6 — Gleichgewichtsfeuchten (w_2) von Holzbaustoffen**

	1	2	3	4
1	Nutzungs-klasse	1	2	3
2	Gleichgewichtsfeuchte	(5 bis 15) % ^a	(10 bis 20) % ^b	(12 bis 24) % ^c

^a In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungs-klasse 1 eine mittlere Gleichgewichtsfeuchte von 12 % nicht überschritten.

^b In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungs-klasse 2 eine mittlere Gleichgewichtsfeuchte von 20 % nicht überschritten.

^c Die Nutzungs-klasse 3 schließt auch Bauwerke ein, in denen sich öhere Gleichgewichtsfeuchten einstellen können

Querschnittshöhe nach Einbau:

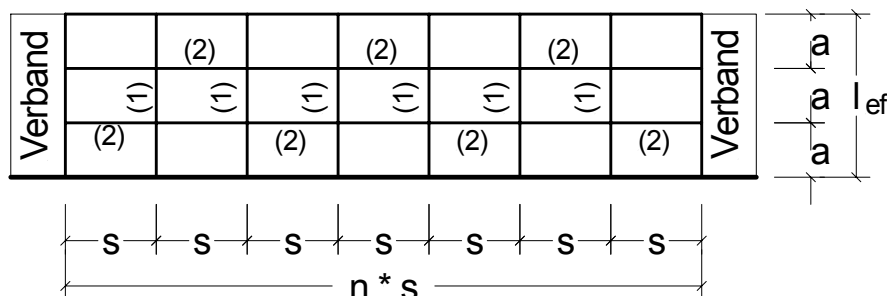
$$h_2 = h_1 \cdot \frac{100 + \beta \cdot (w_2 - w_1)}{100} = 234,2 \text{ mm}$$

$$\text{Querschnitt schwindet um} = (1 - (h_2 / h_1)) \cdot 100 = 2,42 \%$$



Abstützung von Biegeträgern im Dachverband

Nachweis des Biegeträgers und der Stützung, Ermittlung der zusätzlichen Last auf Verband



System:

Hauptträger (1) Länge l_{ef} =	12,00 m
Abstand der Abstützungen a =	4,00 m
Hauptträger (1) Breite b_1 =	120,00 mm
Hauptträger (1) Höhe h_1 =	700,00 mm
Anzahl der auszusteifenden Träger n =	6
Abstützung (2) Länge s =	5,00 m
Stab (2) Breite b_2 =	100,00 mm
Stab (2) Höhe h_2 =	140,00 mm

Belastung:

aus Eigenlast $M_{y,G,k}$ =	16,00 kNm
aus Schneelast $M_{y,QS,k}$ =	36,00 kNm
Sicherheitsbeiwert γ_M =	1,30

Material:

Hauptträger (1)			
Material BS_1 =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("EC5_de/Holz";FK; B= BS_1)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_1)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_1 ; K=KLED;N= NK)	=	0,90
$f_{c,0,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_1)	=	24,00 N/mm ²
$f_{m,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK= FK_1)	=	24,00 N/mm ²
E_{0mean1} =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK= FK_1)	=	11600,00 N/mm ²
$E_{0,051}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK= FK_1)	=	9670,00 N/mm ²
G_{mean1} =	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK= FK_1)	=	720,00 N/mm ²
G_{051} =	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK= FK_1)	=	600,00 N/mm ²
Abstützung (Weiterleitung an Verband)			
Material BS_2 =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("EC5_de/mat";FK; B= BS_2)	=	C24
$f_{c,0,k2}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_2)	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,k2}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK= FK_2)	=	24,00 N/mm ²
E_{0mean2} =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK= FK_2)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,052}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK= FK_2)	=	7330,00 N/mm ²

Berechnung:

$$M_{yd} = 1,35 * M_{y,G,k} + 1,5 * M_{y,QS,k} = 75,60 \text{ kN}$$



Bemessungswerte der Beanspruchung

Hauptträger (1):

$$W_{ef,y1} = b_1 \cdot \frac{h_1^2}{6} = 9,80 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,y,d1} = \frac{M_{yd} \cdot 10^6}{W_{ef,y1}} = 7,71 \text{ N/mm}^2$$

Abstützung (2):

$$k_f = \text{WENN}(BS_1 = \text{"Vollholz"}; 50; 80) = 80$$

$$I_z = h_1 \cdot b_1^3 / 12 = 101 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$n_1 = \text{TAB}(\text{"EC5_de/Tor"}; n_1; h_{zub} = h_1/b_1) = 0,8917$$

$$I_{tor} = n_1 \cdot b_1^3 \cdot h_1 / 3 = 360 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{m,crit_v1} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,051} \cdot I_z \cdot G_{051} \cdot I_{tor}}}{I_{ef} \cdot 10^3 \cdot W_{ef,y1}} = 12,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,crit_v2} = 0,78 \cdot b_1^2 \cdot \frac{E_{0,051}}{h_1 \cdot I_{ef} \cdot 10^3} = 12,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,crit} = \text{WENN}(BS_1 = \text{"Nadelholz"}; \sigma_{m,crit_v2}; \sigma_{m,crit_v1}) = 12,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k1}}{\sigma_{m,crit}}} = 1,40$$

$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 0,51$$

$$N_d = (1 - k_{crit}) \cdot M_{yd} \cdot 10^3 / h_1 = 52,92 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert der Stabilisierungskraft F_d an jeder Abstützung

$$F_d = N_d / k_f = 0,66 \text{ kN}$$

innere Aussteifungslast (zusätzlich auf Verbände anzusetzen):

Modifikationsbeiw. $k_{f,3}$: 30

$$k_l = \text{MIN}(1; \sqrt[3]{(15/I_{ef})}) = 1,00$$

$$q_d = k_l \cdot n \cdot N_d / (k_{f,3} \cdot I_{ef}) = \underline{\underline{0,88 \text{ kN/m}}}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,0,d1} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k1} / \gamma_M = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d1} = k_{mod} \cdot f_{m,k1} / \gamma_M = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d2} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k2} / \gamma_M = 14,54 \text{ N/mm}^2$$



Nachweis in den Grenzzuständen

Hauptträger (1):

$$\frac{\sigma_{m,y,d1}}{k_{crit} * f_{m,d1}} = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$

Biegeknicken Abstützung (2):

$$A_{ef,2} = b_2 * h_2 = 14000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d2} = \frac{n * F_d * 10^3}{2 * A_{ef,2}} = 0,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{y2} = \frac{s * 10^3}{0,289 * h_2} = 123,58$$

$$\lambda_{z2} = \frac{s * 10^3}{0,289 * b_2} = 173,01$$

$$\lambda_{rel,y,2} = (\lambda_{y2} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k2}}{E_{0,052}}} = 2,11$$

$$\lambda_{rel,z,2} = (\lambda_{z2} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k2}}{E_{0,052}}} = 2,95$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$k_{c,y,2} = \frac{1}{k_{y2} + \sqrt{k_{y2}^2 - \lambda_{rel,y,2}^2}} = 0,20$$

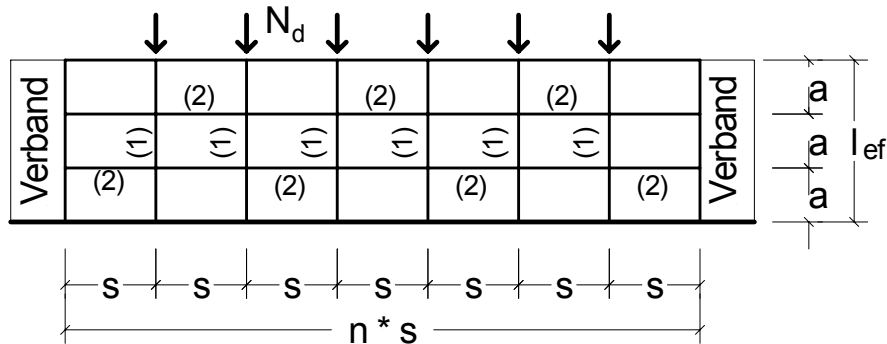
$$k_{c,z,2} = \frac{1}{k_{z2} + \sqrt{k_{z2}^2 - \lambda_{rel,z,2}^2}} = 0,11$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d2}}{k_{c,y,2} * f_{c,0,d2}} = \underline{\underline{0,05 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d2}}{k_{c,z,2} * f_{c,0,d2}} = \underline{\underline{0,09 \leq 1}}$$

Einzelabstützung von Druckstäben im Verband

Nachweis des Biegeträgers und der Stützung, Ermittlung der zusätzlichen Last auf Verband



System:

Hauptträger (1) Länge l_{ef} =	9,00 m
Abstand der Abstützungen a =	3,00 m
Hauptträger (1) Breite b_1 =	200,00 mm
Hauptträger (1) Höhe h_1 =	400,00 mm
Anzahl der auszusteifenden Träger n =	6
Abstützung (2) Länge s =	5,00 m
Stab (2) Breite b_2 =	100,00 mm
Stab (2) Höhe h_2 =	140,00 mm

Belastung:

Eigenlast $N_{c,0,G,k}$ =	150,00 kN
Schneelast $N_{c,0,QS,k}$ =	225,00 kN
Sicherheitsbeiwert γ_M =	1,30

Material:

Hauptträger (1)			
Material BS_1 =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("EC5_de/Holz";FK; B= BS_1)	=	GL24c
Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_1)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_1 ; K=KLED;N= NK)	=	0,90
$f_{c,0,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_1)	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK= FK_1)	=	24,00 N/mm ²
E_{0mean1} =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK= FK_1)	=	11600,00 N/mm ²
$E_{0,051}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK= FK_1)	=	9670,00 N/mm ²
G_{mean1} =	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK= FK_1)	=	590,00 N/mm ²
$G_{0,051}$ =	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK= FK_1)	=	492,00 N/mm ²
Abstützung (Weiterleitung an Verband)			
Material BS_2 =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("EC5_de/mat";FK; B= BS_2)	=	C24
$f_{c,0,k2}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_2)	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,k2}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK= FK_2)	=	24,00 N/mm ²
E_{0mean2} =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK= FK_2)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,052}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK= FK_2)	=	7330,00 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$f_{c,0,d1}$ =	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k1} / \gamma_M$	=	14,54 N/mm ²
$f_{c,0,d2}$ =	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k2} / \gamma_M$	=	14,54 N/mm ²



Berechnung:

$$N_d = 1,35 * N_{c,0,G,k} + 1,5 * N_{c,0,QS,k} = 540,0 \text{ kN}$$

Nachweis Druckstab (1):

$$A_{ef,1} = b_1 * h_1 = 80000,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d1} = \frac{N_d * 10^3}{A_{ef,1}} = 6,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d1} / f_{c,0,d1} = \underline{\underline{0,46 \leq 1}}$$

innere Aussteifungslast (zusätzlich auf Verbände anzusetzen):

Modifikationsbeiw. $k_{f,3}$: 30

$$k_l = \text{MIN}(1; \sqrt{(15/l_{ef})}) = 1$$

$$q_d = k_l * n * N_d / (k_{f,3} * l_{ef}) = \underline{\underline{12,00 \text{ kN/m}}}$$

Bemessungswert der Stabilisierungskraft F_d an jeder Abstützung

$$k_f = \text{WENN}(BS_1 = \text{"Vollholz"}; 50; 80) = 80$$

$$F_d = N_d / k_f = 6,75 \text{ kN}$$

Knicken

$$i_y = h_1 / \sqrt{(12)} = 115,47 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y1} = l_{ef} * 10^3 / i_y = 77,94$$

$$i_z = b_1 / \sqrt{(12)} = 57,74 \text{ mm}$$

$$\lambda_{z1} = l_{ef} * 10^3 / i_z = 155,87$$

$$\lambda_{rel,y,1} = (\lambda_{y1} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k1}}{E_{0,051}}} = 1,16$$

$$\lambda_{rel,z,1} = (\lambda_{z1} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k1}}{E_{0,051}}} = 2,31$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$k_{c,y,1} = \frac{1}{k_{y1} + \sqrt{k_{y1}^2 - \lambda_{rel,y,1}^2}} = 0,63$$

$$k_{c,z,1} = \frac{1}{k_{z1} + \sqrt{k_{z1}^2 - \lambda_{rel,z,1}^2}} = 0,18$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d1}}{k_{c,y,1} * f_{c,0,d1}} = \underline{\underline{0,74 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d1}}{k_{c,z,1} * f_{c,0,d1}} = \underline{\underline{2,58 \leq 1}}$$

Um die schwache Achse z (hier: in der Ebene) ist eine Abstützung erforderlich!



Nachweis horizontale Stützung (2):

$$A_{ef,2} = b_2 * h_2 = 14000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d2} = \frac{n * F_d * 10^3}{2 * A_{ef,2}} = 1,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d2} / f_{c,0,d2} = \underline{\underline{0,10 \leq 1}}$$

Knicken:

$$i_y = h_2 / \sqrt{12} = 40,41 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y2} = s * 10^3 / i_y = 123,73$$

$$i_z = b_2 / \sqrt{12} = 28,87 \text{ mm}$$

$$\lambda_{z2} = s * 10^3 / i_z = 173,19$$

$$\lambda_{rel,y,2} = (\lambda_{y2} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k2}}{E_{0,052}}} = 2,11$$

$$\lambda_{rel,z,2} = (\lambda_{z2} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k2}}{E_{0,052}}} = 2,95$$

$$\beta_c = \text{WENN}(BS_2 = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_{z2} = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z,2} - 0,3) + \lambda_{rel,z,2}^2) = 5,12$$

$$k_{y2} = \frac{0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y,2} - 0,3) + \lambda_{rel,y,2}^2)}{1} = 2,91$$

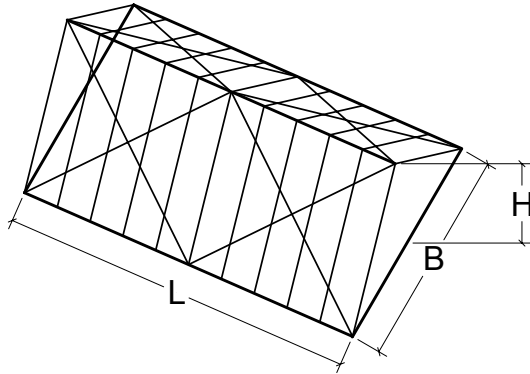
$$k_{c,y,2} = \frac{1}{k_{y2} + \sqrt{k_{y2}^2 - \lambda_{rel,y,2}^2}} = 0,20$$

$$k_{c,z,2} = \frac{1}{k_{z2} + \sqrt{k_{z2}^2 - \lambda_{rel,z,2}^2}} = 0,11$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d2}}{k_{c,y,2} * f_{c,0,d2}} = \underline{\underline{0,50 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d2}}{k_{c,z,2} * f_{c,0,d2}} = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$

Windrispenband



System:

Breite B =	10,00 m
Länge L =	12,80 m
Höhe H =	4,20 m
Anzahl der Windrispenbänder n =	2

Einwirkungen:

q_p =	0,80 kN/m ²
Winddruck $c_{pe,D}$ =	0,80
Windsog $c_{pe,S}$ =	-0,50

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Windrispenband:			
WR =	GEW("EC5_de/WR"; Typ;)	=	40x2.0
Befestigungsnägel:			
Verbindungsmitel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N<2,5)	=	Rillennagel
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.0x50
d =	TAB ("EC5_de/VM";d;Bez=dxl)	=	4,0 mm
$R_{t,d}$ =	TAB("EC5_de/WR"; R1d; Typ=WR)	=	13,60 kN
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl)	=	600 N/mm ²

Bemessung:

$$w_k = \frac{1}{n} * (c_{pe,D} * q_p - c_{pe,S} * q_p) = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

Die Last wird je zur Hälfte von Decke und Dach aufgenommen. Es entsteht eine Dreieckslast, die am First ihren Maximalwert hat.

Last an der Firstpfette:

$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{H}{B/2} \right) = 40,03^\circ$$

$$w_{k,0} = 0,5 * w_k * H * \text{COS}(\alpha) = 0,84 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sparrenlänge } l_s = \frac{H}{\sin(\alpha)} = 6,53 \text{ m}$$

Last am First aus beiden Giebel sparren:

$$F_{h,k,F} = 2 * l_s * 1/3 * w_{k,0} = 3,66 \text{ kN}$$



Zug im Windrispenband / Winkel der Rispenbänder:

$$\alpha_{WR} = \operatorname{atan}\left(\frac{l_s}{L/n}\right) = 45,58^\circ$$

$$F_{t,h,WR} = 0,5 \cdot \frac{F_{h,k,F}}{\cos(\alpha_{WR})} = 2,61 \text{ kN}$$

Nachweis Windrispenband:

$$\frac{1,5 \cdot F_{t,h,WR}}{R_{t,d}} = \underline{0,29 \leq 1}$$

Bemessung der Nägel:



EC5-1-1, NCI zu 8.3.1.4 Tabelle NA.14:

$$A = 1,00$$

$$F_{v,Rk} = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} = 1001,04 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{1,1} = 819,03 \text{ N}$$

Einwirkung für die Bemessung:

$$F_{t,d,WR} = 1,5 \cdot F_{t,h,WR} = 3,92 \text{ kN}$$

erforderliche Nagelanzahl:

$$n_{\text{erf}} = \frac{F_{t,d,WR} \cdot 10^3}{F_{v,Rd}} = 4,79 \text{ Stück}$$

$$\text{gewählt } n = 5,0 \text{ Stück}$$

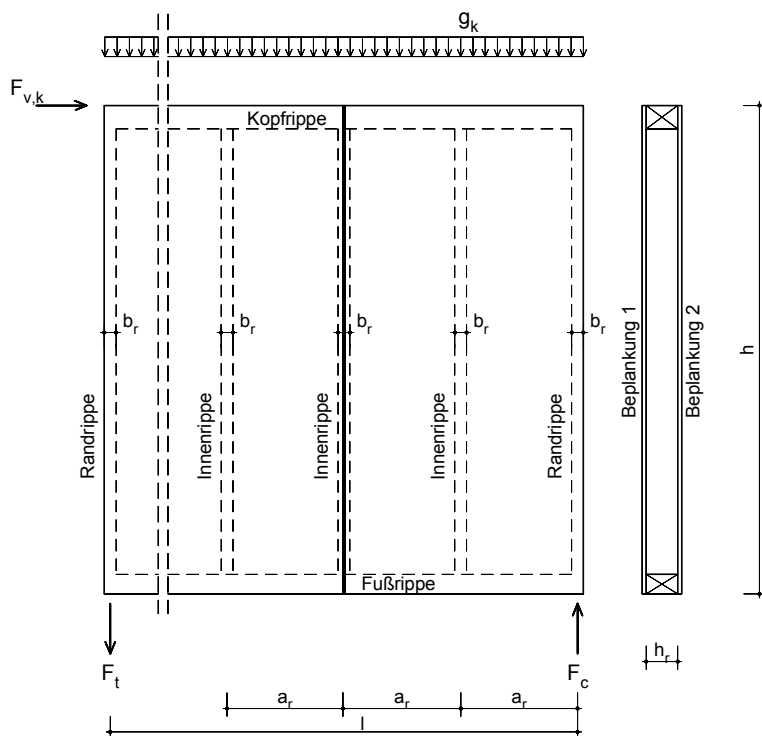
$$n_{\text{erf}} / n = \underline{0,96 \leq 1}$$

Kapitel Holzrahmenbau

Wandtafel ein-oder beidseitig beplankt

Nachweis nach EC5-1-1 in Verbindung mit EC0 (DIN EN 1991)

1. System



Nutzungsklasse NK = 1

2. Geometrie und Baustoffe

Die Wandtafel besteht aus Rippen und ein- oder beidseitiger Beplankung aus Holzwerkstoffplatten / Gipsfaserplatten gemäß DIN EN 1995-1-1, oder nach Zulassung.
Bei Verwendung von Gipsfaserplatten sind die zulässigen Verbindungsmittel gemäß Zulassung zu beachten.

2.1 Geometrie:

Wandhöhe h =	2,75 m	
Tafelbreite b =	1,25 m > $h/4$	
Tafelanzahl n =	2,0	
Wandlänge l =	$n \cdot b$	= 2,50 m
Abmessungen der Rippen:		
Rippenbreite b_r =	60,0 mm	
Rippendicke h_r =	160,0 mm	
Rippenabstand a_r =	625,0 mm	

2.2 Rippen:

Baustoff für die WR:	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=WR)	= C24
Rohdichte ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; ρ_k ; FK=FK)	= 350 kg/m ³

2.3 Beplankung 1:

Baustoff WB1:	GEW("EC5_de/HWS"; B; $N \geq NK$; $N < 5$)	= OSB-Platten
Techn. Klasse TK1:	GEW("EC5_de/HWS"; TK; B=WB1; $N \geq NK$)	= OSB/3
Plattendicke t_{WB1} =		12,0 mm
Zugfestigkeit $f_{tk,1}$ =		7,00 N/mm ²
Schubfestigkeit $f_{vk,1}$ =	TAB("EC5_de/HWS"; f_{vk} ; TK=TK1; $t=t_{WB1}$)	= 6,80 N/mm ²



2.4 Verbindungsmittel 1: (für den Anschluss der Beplankung 1)

Typ:	GEW("EC5_de/VM";Typ;N≤2,5)	=	Klammer
Bezeichnung dxl:	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	1.83x60
VB-Abstand $a_{v,1}$		=	100 mm
Durchmesser d_{WB1}	TAB("EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1,83 mm
Länge l_{WB1}	TAB("EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	60,0 mm
Fließmoment $M_{yk,1}$	TAB("EC5_de/VM";Myk;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1155 Nmm
Stifffaktor η_{WB1}	WENN(Typ="Klammer";2;1)	=	2

2.5 Beplankung 2:

Baustoff WB2:	GEW("EC5_de/HWS";B;N≥NK;)	=	OSB-Platten
Techn. Klasse TK2:	GEW("EC5_de/HWS";TK;B=WB2;N≥NK)	=	OSB/3
Plattendicke t_{WB2}		=	12,0 mm
Zugfestigkeit $f_{tk,2}$		=	7,00 N/mm ²
Schubfestigkeit $f_{vk,2}$	TAB("EC5_de/HWS";fvk;TK=TK2;t=t _{WB2})	=	6,80 kN/cm ²

2.6 Verbindungsmittel 2: (für den Anschluss der Beplankung 2)

Typ:	GEW("EC5_de/VM";Typ;N≤2,5)	=	Klammer
Bezeichnung dxl:	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	1.83x60
Abstand $a_{v,2}$		=	100 mm
Durchmesser d_{WB2}	TAB("EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1,83 mm
Länge l_{WB2}	TAB("EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	60,0 mm
Fließmoment $M_{yk,2}$	TAB("EC5_de/VM";Myk;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1155 Nmm
Stifffaktor η_{WB2}	WENN(Typ="Klammer";2;1)	=	2

2.7 Wandanker:

Typ:	GEW("EC5_de/WA";Typ;)	=	Zuganker 340-M12
Ankerzugkraft $F_{d,A}$	TAB("EC5_de/WA";F;Typ=Typ)	=	12,30 kN

3. Einwirkungen

Ständige Last aus Dach:	1,20/COS(38)*0,60	=	0,91 kN/m
aus Wand DG:	0,60 * 2,50	=	1,50 kN/m
aus Decke EG:	1,65 * 1,50	=	2,48 kN/m
aus Wand EG:	0,60 * h	=	1,65 kN/m
		g_k =	6,54 kN/m
char. Windlast $F_{v,k}$		=	12,00 kN
Imperfektion $F_{d,imp}$	$g_k * l / 70$	=	0,23 kN
Bemessungslast F_d	$1,5 * F_{v,k} + F_{d,imp}$	=	18,23 kN



4. Beanspruchbarkeit

Lastkombination: "ständige Last + Wind"

Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED: kurz

4.1 Beplankung 1:

Modifikationsbeiwerte:

für die Bepl. $k_{mod1} =$	TAB("EC5_de/F1";k;B=WB1;K=KLED;N=NK)	= 0,90
für die Rippe $k_{mod2} =$	TAB("EC5_de/mod";kmod;B=WR;K=KLED;N=NK)	= 0,90
nach Gl. (2.6) $k_{mod,WB} =$	$\sqrt{k_{mod1} * k_{mod2}}$	= 0,900

Lochleibungsfestigkeiten:

Faktor $F_f =$	TAB("EC5_de/HWS";F;B=WB1;)	= 65
Exponent für d $E_d =$	TAB("EC5_de/HWS";Ed;B=WB1;)	= -0,70
Exponent für t $E_t =$	TAB("EC5_de/HWS";Et;B=WB1;)	= 0,10
für die Beplankung $f_{hk,WB} =$	$F_f * d_{WB1}^{E_d} * t_{WB1}^{E_t}$	= 54,59 N/mm ²
für die Rippe $f_{hk,WR} =$	$0,082 * \rho_k * d_{WB1}^{-0,3}$	= 23,94 N/mm ²

Verbindungsmiteltragfähigkeit $F_{v,Rk}$ nach dem genaueren Nachweisverfahren:

Parameter d =	d_{WB1}	= 1,83 mm
$M_{yk} =$	$M_{yk,1}$	= 1155 Nmm
$t_1 =$	t_{WB1}	= 12,0 mm
$t_2 =$	$l_{WB1} - t_{WB1}$	= 48,0 mm
$t_2 =$	WENN($\eta_{WB1}=1$;WENN($t_2 \geq 4*d$;0,01);WENN($t_2 \geq 8*d$;0,01))	= 48,0 mm
$f_{h1k} =$	$f_{hk,WB}$	= 54,59 N/mm ²
$f_{h2k} =$	$f_{hk,WR}$	= 23,94 N/mm ²
$\beta =$	f_{h2k}/f_{h1k}	= 0,44
$\eta_{TB} =$	WENN(TK1="TB-Kante" UND $t_{WB1} < 13$ UND $d_{WB1} > 2,5; 2,5/d_{WB1}; 1$)	= 1,00

Gleichungen nach EC5-1-1, 8.2.2 (1):

$$R_{k1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 1,199 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (f_{h2k} * t_2 * d) * 10^{-3} = 2,103 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right)} + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) * 10^{-3} = 0,792 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = 1,05 * \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,428 \text{ kN}$$

$$R_{k5} = 1,05 * \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_2^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,851 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{yk} * f_{h1k} * d} * 10^{-3} = 0,432 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}; R_{k5}; R_{k6}) = 0,428 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}; R_{k5}; R_{k6}) / 1,3 * \eta_{TB} * k_{mod,WB} = 0,296 \text{ kN}$$

Bestimmung der längenbezogenen Beanspruchbarkeit $f_{v,0,d}$ einer Wandtafel in Anlehnung an



DIN EN 1995-1-1:2010-12 und dem nationalen Anhang (NA):

Tragf. Anschl. Bepl. $R_{WB,d}$ =	$F_{v,Rd} * \eta_{WB1}$	=	0,592 kN
Schubfestigkeit Bepl. f_{vd} =	$k_{mod1} * f_{vk,1} / 1,3$	=	4,71 N/mm ²
Zugfestigkeit Bepl. f_{td} =	$k_{mod1} * f_{tk,1} / 1,3$	=	4,85 N/mm ²
Beplankungsfaktor n_{WB} =	WENN(TK2="keine";1;2)	=	2
Beiwert k_{v1} =		=	1,00
Beiwert k_{v2} =	WENN($n_{WB} > 1; 0,5; 0,33$)	=	0,50
$f_{v0d,1}$ =	$k_{v1} * R_{WB,d} * 10^3 / a_{v,1}$	=	5,92 N/mm
$f_{v0d,2}$ =	$k_{v1} * k_{v2} * f_{td} * t_{WB1}$	=	29,10 N/mm
$f_{v0d,3}$ =	$k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * 35 * t_{WB1}^2 / a_r$	=	18,99 N/mm
Bem.wert Bepl.1 $f_{v0d,WB1}$ =	MIN($f_{v0d,1}; f_{v0d,2}; f_{v0d,3}$)	=	5,92 N/mm

4.2 Beplankung 2:

Modifikationsbeiwerte:

für die Bepl. k_{mod1} =	TAB("EC5_de/F1";k;B=WB2;K=KLED;N=NK)	=	0,90
nach Gl. (2.6) $k_{mod,WB}$ =	$\sqrt{k_{mod1} * k_{mod2}}$	=	0,900

Lochleibungsfestigkeiten:

Faktor F_f =	TAB("EC5_de/HWS";F;B=WB2;)	=	65,00
Exponent für d E_d =	TAB("EC5_de/HWS";Ed;B=WB2;)	=	-0,70
Exponent für t E_t =	TAB("EC5_de/HWS";Et;B=WB2;)	=	0,10
für die Beplankung $f_{hk,WB}$ =	$F_f * d_{WB2}^{E_d} * t_{WB2}^{E_t}$	=	54,59 N/mm ²
für die Rippe $f_{hk,WR}$ =	$0,082 * \rho_k * d_{WB2}^{-0,3}$	=	23,94 N/mm ²

Verbindungsmitteltragfähigkeit $F_{v,Rk}$ nach dem genaueren Nachweisverfahren:



Software zur Dokumentation und Berechnung

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Gleichungen nach EC5-1-1, 8.2.2 (1):

$R_{k1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3}$	=	1,199 kN
$R_{k2} = (f_{h1k} * t_2 * d) * 10^{-3}$	=	4,795 kN
$R_{k3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right)} + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) * 10^{-3}$	=	0,792 kN
$R_{k4} = 1,05 * \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_1}} - \beta \right) * 10^{-3}$	=	0,428 kN



$$R_{k5} = 1,05 \cdot \frac{f_{h1k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{yk}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 0,851 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{yk} \cdot f_{h1k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 0,432 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}; R_{k5}; R_{k6}) = 0,428 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}; R_{k5}; R_{k6}) / 1,3 \cdot \eta_{TB} \cdot k_{mod,WB} = 0,296 \text{ kN}$$

Bestimmung der längenbezogenen Beanspruchbarkeit $f_{v,0,d}$ einer Wandtafel in Anlehnung an DIN EN 1995-1-1:2010-12 und dem nationalen Anhang (NA):

Tragf. Anschl. Bepl. $R_{WB,d}$	$F_{v,Rd} \cdot \eta_{WB2}$	=	0,592 kN
Schubfestigkeit Bepl. f_{vd}	$k_{mod1} \cdot f_{vk,2} / 1,3$	=	4,71 N/mm ²
Zugfestigkeit Bepl. f_{td}	$k_{mod1} \cdot f_{tk,1} / 1,3$	=	4,85 N/mm ²
$f_{v0d,1}$	$k_{v1} \cdot R_{WB,d} \cdot 10^3 / a_{v,2}$	=	5,92 N/mm
$f_{v0d,2}$	$k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{td} \cdot t_{WB1}$	=	29,10 N/mm
$f_{v0d,3}$	$k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{vd} \cdot 35 \cdot t_{WB1}^2 / a_r$	=	18,99 N/mm
Bem.wert Bepl.2 $f_{v0d,WB2}$	$\text{MIN}(f_{v0d,1}; f_{v0d,2}; f_{v0d,3})$	=	5,92 N/mm

4.3 Bemessungswert der Schubtragfähigkeit

EC5 9.2.4.2 (7) η	$\text{WENN}(f_{v0d,WB1} = f_{v0d,WB2}; 1; 0,75)$	=	1,0
$f_{v0d,WB}$	$\text{MAX}(f_{v0d,WB1}; f_{v0d,WB2}) + \text{MIN}(f_{v0d,WB1}; f_{v0d,WB2}) \cdot \eta$	=	11,84 N/mm

Die Beanspruchbarkeit einer Wandtafel $F_{v,0,d}$ mit vorgegebener Breite b_{Tafel} berechnet sich dann unter Berücksichtigung der Tafelabmessungen nach Gleichung (9.21) des Abschnitts 9.2.4.2 der DIN EN 1995-1-1 wie folgt:

c_i	$\text{WENN}(b < h/2; b/(h/2); 1)$	=	0,909
$F_{v,0,d}$	$f_{v0d,WB} \cdot b \cdot 10^3 \cdot c_i \cdot 10^{-3}$	=	13,45 kN

5. Nachweis der Scheibenbeanspruchung

$$(F_d / n) / F_{v,0,d} = \underline{\underline{0,68 \leq 1}}$$

6. Nachweis der Lagesicherheit

destabilisierend $F_{t,d,dst}$	$\frac{F_d \cdot h}{l}$	=	20,05 kN
--------------------------------	-------------------------	---	----------

stabilisierend Wandtafel:	$0,9 \cdot g_k \cdot \frac{l}{2}$	=	7,36 kN
---------------------------	-----------------------------------	---	---------

aus angr. Sturz:	$0,9 \cdot g_k \cdot 0,50$	=	2,94 kN
------------------	----------------------------	---	---------

aus Querwand:	$0,9 \cdot 0,00$	=	0,00 kN
---------------	------------------	---	---------

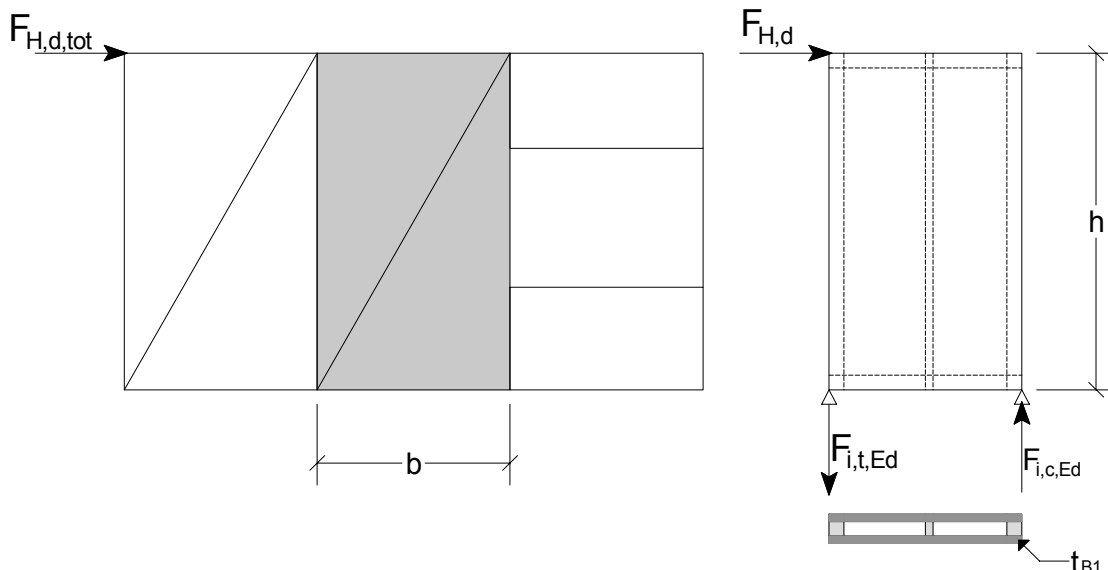
$$F_{c,d,stab} = 10,30 \text{ kN}$$

zu verankernde Kraft Z_d	$F_{t,d,dst} - F_{c,d,stab}$	=	9,75 kN
----------------------------	------------------------------	---	---------

$$\frac{F_{t,d,dst} - F_{c,d,stab}}{F_{d,A}} = \underline{\underline{0,79 \leq 1}}$$

Wandtafel mit Sperrholz beplankt

2-seitig gleich beplankt mit Sperrholz; Klammern; Winkel zwischen dem Klammerrücken und der Faserrichtung des Holzes beträgt mind. 30°, Endverankerung vorhanden



Geometrie:

Elementbreite $b =$	1250 mm
Wandhöhe $h =$	2635 mm
Plattendicke $t_{B1} =$	15,0 mm
Anzahl Elemente $n_{tot} =$	2,0

$$(h / 4) / b = \underline{\underline{0,53 \leq 1}}$$

Rippen:

Baustoff für BR:	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BR)	=	C22
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N;)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; N=NK; K=KLED)	=	0,80
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	340 kg/m ³

Einwirkungen

$F_{h,d,tot} =$	25,00 kN
-----------------	----------

Beplankung 1:

Baustoff B1 =	GEW("EC5_de/Sperr"; B;)	=	Sperrholz
Klasse FK1:	GEW("EC5_de/Sperr"; FK; B=B1)	=	F20/15 E30/25
Beanspruchung $A_1 =$	TAB("EC5_de/Sperr"; A; A="Scheibe")	=	Scheibe
Beanspr. richtung $R_1 =$	GEW("EC5_de/Sperr"; R; B=B1)	=	parallel
$\rho_{k1} =$	TAB("EC5_de/Sperr"; rhok; FK=FK1)	=	350 kg/m ³
$f_{vk,1} =$	TAB("EC5_de/Sperr"; fvk; FK=FK1; A=A1; R=R1)	=	4,00 N/mm ²
$f_{tk,1} =$	TAB("EC5_de/Sperr"; ftk; FK=FK1; A=A1; R=R1)	=	8,00 N/mm ²

Verbindungsmitel 1: (für den Anschluss der Beplankung 1)

Typ:	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N=2,5)	=	Klammer
Bezeichnung d _{xl} :	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	1.53x35
VB-Abstand $a_{v,1} =$			75,0 mm

Durchmesser $d_{B1} =$	TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=d _{xl})	=	1,53 mm
Länge $l_{B1} =$	TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=d _{xl})	=	35,0 mm

$M_{y,Rk} =$	$240 \cdot d_{B1}^{2,6}$	=	725,12 Nmm
--------------	--------------------------	---	------------



Lochleibungsfestigkeit für Sperrholz
 $f_{h,1,k} = 0,11 \cdot \rho_{k1} \cdot d_{B1}^{-0,3} = 33,89 \text{ N/mm}^2$

Lochleibungsfestigkeit für Vollholz



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Verhältniswert $\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,72$

$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d}} = 14 \text{ mm}$

$t_{2,req} = 1,15 \cdot \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,2,k} \cdot d}} = 15 \text{ mm}$

$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,req}}; \frac{t_2}{t_{2,req}}; 1\right) = 1,00$

$F_{f,Rk} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1+\beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d \cdot k_2 \cdot 2} = 501,82 \text{ N}$

Vereinfachter Nachweis von Wandscheiben – Verfahren A

charakteristische Wandscheibentragfähigkeit jeder Wandtafel

$c_i = \text{WENN}(b < h/2; b/(h/2); 1) = 0,949$

$F_{i,v,Rk} = \frac{F_{f,Rk} \cdot b \cdot c_i}{2 \cdot a_{v,1}} = 15874,2 \text{ N}$

charakteristische Wert der Schubbeanspruchbarkeit der gesamten Wandtafeln

$F_{v,Rk} = n_{tot} \cdot F_{i,v,Rk} \cdot 10^{-3} = 31,75 \text{ kN}$

$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod}}{1,1} \cdot F_{v,Rk} = 23,09 \text{ kN}$

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

$F_{h,d,tot} / F_{v,Rd} = 1,08 \leq 1$

Bemessungswert der äußeren Kräfte an den Auflagern

$F_{i,c,Ed} = F_{h,d,tot} \cdot h / (b \cdot n_{tot}) = 26,35 \text{ kN}$

$F_{i,t,Ed} = F_{i,c,Ed} = 26,35 \text{ kN}$



Deckentafel

1. Randbedingungen

siehe EC5-1-1, 9.2.3.2 Vereinfachter Nachweis von Dach- und Deckenscheiben sowie zugehörigem NCI

Nutzungsklasse NKL = 1

2. Geometrie und Baustoffe

2.1 Geometrie:

rechnerische Scheibenhöhe der Deckentafel

in x-Richtung $h_x = 7,00 \text{ m}$

in y-Richtung $h_y = 5,00 \text{ m}$

Rippenbreite $b_r = 80,0 \text{ mm}$

Rippendicke $h_r = 240,0 \text{ mm}$

Rippenabstand $a_r = 625,0 \text{ mm}$

2.2 Rippen:

Baustoff für die DR: GEW("EC5_de/mat";B;) = **Nadelholz**
Festigkeitsklasse FK: GEW("EC5_de/mat";FK;B=DR) = **C24**
Rohdichte (n. Anh. F) $\rho_k = \text{TAB}(\text{"EC5_de/Holz";}\rho_k;\text{FK=FK}) = 350 \text{ kg/m}^3$

2.3 Beplankung:

Baustoff für die DB: GEW("EC5_de/HWS";B;F=65;N \geq NKL) = **OSB-Platten**
Technische Klasse TK: GEW("EC5_de/HWS";TK;B=DB;N \geq NKL) = **OSB/3**
Anordnung der Bepl.: GEW("EC5_de/AdB";A;) = **einseitig**
Plattendicke $t = 22,0 \text{ mm}$
Zugfestigkeit $f_{tk} = 7,00 \text{ N/mm}^2$
Beplankungsfaktor $n_{DB} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/AdB";}n;\text{A=Bepl.}) = 1,0$
char. Schubfestigkeit $f_{vk} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/HWS";}f_{vk};\text{TK=TK};t=t) = 6,80 \text{ N/mm}^2$

2.4 Verbindungsmittel:

Typ: GEW("EC5_de/VM";Typ;N \leq 2,5) = **Klammer**
Bezeichnung d_{xl}: GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ) = **1.83x60**
Abstand $a_v = 100 \text{ mm}$
Durchmesser $d = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";}d;\text{Typ=Typ};\text{Bez=dxl}) = 1,83 \text{ mm}$
Länge $l = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";}l;\text{Typ=Typ};\text{Bez=dxl}) = 60,0 \text{ mm}$
Fließmoment $M_{yk} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";}M_{yk};\text{Typ=Typ};\text{Bez=dxl}) = 1155 \text{ Nmm}$
Stifffaktor $\eta_{DB} = \text{WENN}(\text{Typ}=\text{"Klammer"};2;1) = 2$

3. Einwirkungen

maximale charakteristische Querkraft in der Deckenscheibe

in x-Richtung $V_{x,k} = 15,00 \text{ kN}$

in y-Richtung $V_{y,k} = 12,00 \text{ kN}$

Bemessungsschubfluss

in x-Richtung $s_{v0x,d} = 1,5 \cdot \frac{V_{x,k}}{h_x} = 3,21 \text{ kN/m}$

in y-Richtung $s_{v0y,d} = 1,5 \cdot \frac{V_{y,k}}{h_y} = 3,60 \text{ kN/m}$



4. Beanspruchbarkeit

Lastkombination: "ständige Last + Wind"

Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED =

kurz

Modifikationsbeiwerte:

für die Beplankung $k_{mod1} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/F1";k;B=DB;K=KLED;N=NKL}) = 0,90$

für die Rippe $k_{mod2} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/F1";k;B=DR;K=KLED;N=NKL}) = 0,90$

nach Gl. (2.6) $k_{mod} = \sqrt{k_{mod1} * k_{mod2}} = 0,900$

Lochleibungsfestigkeiten:

Beplankung (8.22) $f_{hk,DB} = 65 * d^{-0,7} * t^{0,1} = 58,00 \text{ N/mm}^2$

Rippe (8.15) $f_{hk,DR} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3} = 23,94 \text{ N/mm}^2$

Schubtragfähigkeit der Tafeln:



Gleichungen nach EC5-1-1, 8.2.2 (1):

$$R_{k1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 2,335 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (f_{h2k} * t_2 * d) * 10^{-3} = 1,665 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right)} + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) * 10^{-3} = 0,785 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = 1,05 * \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,718 \text{ kN}$$

$$R_{k5} = 1,05 * \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_2^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,686 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{yk} * f_{h1k} * d} * 10^{-3} = 0,434 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}; R_{k5}; R_{k6}) = 0,434 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \text{MIN}(R_{k1}; R_{k2}; R_{k3}; R_{k4}; R_{k5}; R_{k6}) / 1,3 * k_{mod} = 0,300 \text{ kN}$$

$$\text{Tragf. Anschl. Bepl. } R_d = F_{v,Rd} * \eta_{DB} = 0,600 \text{ kN}$$

$$\text{Schubfestigkeit Bepl. } f_{vd} = k_{mod1} * f_{vk} / 1,3 = 4,71 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Zugfestigkeit Bepl. } f_{td} = k_{mod1} * f_{tk} / 1,3 = 4,85 \text{ N/mm}^2$$



Beiwert k_{v1} =			0,66
Beiwert k_{v2} =	WENN($n_{DB} > 1; 0,5; 0,33$)	=	0,33
$f_{v0d,1}$ =	$k_{v1} * R_d * 10^3 / a_v$	=	3,96 N/mm
$f_{v0d,2}$ =	$k_{v1} * k_{v2} * f_{td} * t$	=	23,24 N/mm
$f_{v0d,3}$ =	$k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * 35 * t^2 / a_r$	=	27,80 N/mm
Bem.wert f_{v0d} =	$\text{MIN}(f_{v0d,1}; f_{v0d,2}; f_{v0d,3}) * n_{DB}$	=	3,96 N/mm

5. Nachweis der Scheibenbeanspruchung

Schubfluss s_{v0d} =	$\text{MAX}(s_{v0x,d}; s_{v0y,d})$	=	3,60 N/mm
Schubtragfähigkeit f_{v0d} =	f_{v0d}	=	3,96 N/mm

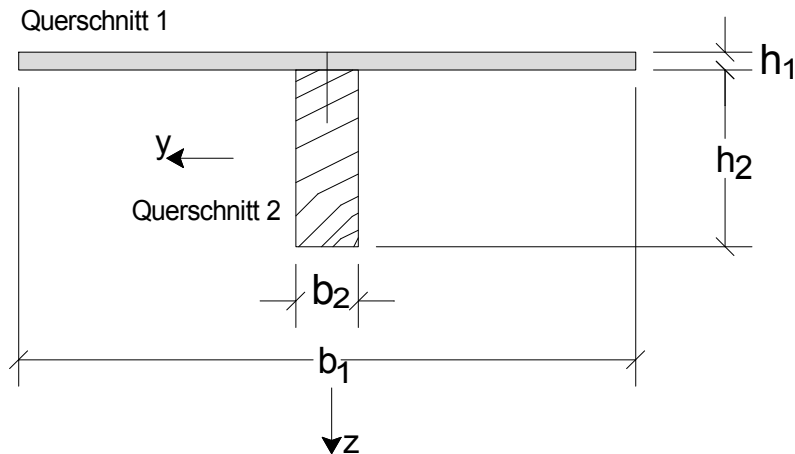
$$\frac{s_{v0d}}{f_{v0d}} = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$

Genagelte offene Decke

Die Nägel sind gegenüber der Faserrichtung des Holzes versetzt angeordnet; Löcher nicht vorgebohrt

⇒ Tragfähigkeitsnachweis im Anfangszustand

⇒ Tragfähigkeitsnachweis im Endzustand



System:

Es handelt sich hierbei um ein Einfeldträger.
Stützweite $l = 4,00 \text{ m}$

Träger (Querschnitt 2)
Breite $b_2 = 60 \text{ mm}$
Höhe $h_2 = 200 \text{ mm}$

Platte (Querschnitt 1)
mitwirkende Breite $b_1 = 625 \text{ mm}$
Dicke $h_1 = 22 \text{ mm}$

Abstand der fiktiv in eine Reihe geschobenen Verbindungsmittel über die das Querschnittsteil an das Querschnittsteil 2 nachgiebig angeschlossen ist.

Abstand VM $s = 50 \text{ mm}$

Belastung

Bemessungswert des maximalen Momentes und der maximalen Querkraft für den Tragfähigkeitsnachweis

$V_d = 6,39 \text{ kN}$
 $M_d = 6,39 \text{ kNm}$
Beiwert $\psi_{2,1} = 0,30$

Material:

Träger:			
Material $BS_2 =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK_2 =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_2)	=	C24
Nutzungsklasse $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_2)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod2} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_2 ; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$k_{def2} =$	TAB("EC5_de/mod"; kdef; B= BS_2 ; K=KLED; N=NK)	=	0,60
$f_{c,0,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_2)	=	21,00 N/mm ²
$f_{t,0,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK= FK_2)	=	14,00 N/mm ²
$f_{m,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK= FK_2)	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK= FK_2)	=	4,00 N/mm ²
$E_{0,mean2} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK= FK_2)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,052} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK= FK_2)	=	7330,00 N/mm ²
$\rho_{k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK= FK_2)	=	350 kg/m ³



Platte:		
Material BS ₁ =	GEW("EC5_de/mod"; B;)	= Spanpl. P4.P5
k _{mod1} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS ₁ ; K=KLED;N=NK)	= 0,65
k _{def1} =	TAB("EC5_de/mod"; kdef; B=BS ₁ ; K=KLED;N=NK)	= 2,25
f _{c,0,k1} =	9,60 N/mm ²	
f _{t,0,k1} =	6,90 N/mm ²	
f _{m,k1} =	10,80 N/mm ²	
f _{v,k1} =	5,50 N/mm ²	
E _{0,mean1} =	1600 N/mm ²	
ρ _{k1} =	550 kg/m ³	
Verbindungsmittel:		
Verbindungsmittel Typ =		= Nagel
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ;)	= 3.8x100
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	= 3,80 mm
Nagellänge l _S =	TAB("EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	= 100,0 mm
f _{u,k} =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl)	= 600 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert γ _M =		= 1,30

Bemessungswert der Festigkeiten:

Querschnitt 1 (Platte)

f _{m,d,1} =	k _{mod1} * f _{m,k1} / γ _M	= 5,40 N/mm ²
f _{t,0,d,1} =	k _{mod1} * f _{t,0,k1} / γ _M	= 3,45 N/mm ²
f _{c,0,d,1} =	k _{mod1} * f _{c,0,k1} / γ _M	= 4,80 N/mm ²

Querschnitt 2 (Träger)

f _{m,d,2} =	k _{mod2} * f _{m,k2} / γ _M	= 14,77 N/mm ²
k _{ht} =	WENN(ρ _{k2} ≤ 700 UND MIN(b ₂ ;h ₂) < 150; MIN((150/MIN(b ₂ ;h ₂)) ^{0,2} ; 1,3); 1)	= 1,201
k _{ht} =	WENN(BS ₂ ≠ "Brettschichtholz"; k _{ht} ; 1)	= 1,201
f _{t,0,d,2} =	k _{ht} * k _{mod2} * f _{t,0,k2} / γ _M	= 10,35 N/mm ²
f _{c,0,d,2} =	k _{mod2} * f _{c,0,k2} / γ _M	= 12,92 N/mm ²
f _{v,d,2} =	k _{mod2} * f _{v,k2} / γ _M	= 2,46 N/mm ²

Bemessungswert des Verbindungsmittels:

M _{y,Rk} =	0,3 * f _{u,k} * d ^{2,6}	= 5790 Nmm
Lochleibungsfestigkeit für Platte (Spanplatte)		
f _{h,1,k} =	65 * d ^{-0,7} * h ₁ ^{0,1}	= 34,78 N/mm ²
Lochleibungsfestigkeit für Träger (Vollholz)		
f _{h,2,k} =	0,082 * ρ _{k2} * d ^{-0,3}	= 19,23 N/mm ²
t ₁ =	h ₁	= 22,0 mm
t ₂ =	l _S - h ₁	= 78,0 mm
Verhältniswert β =	$\frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	= 0,55
t _{1,req} =	$1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}}$	= 24 mm
t _{2,req} =	$1,15 * \left(2 * \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}}$	= 27 mm
k ₂ =	MIN($\frac{t_1}{t_{1,req}}$; $\frac{t_2}{t_{2,req}}$; 1)	= 0,92



Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d \cdot k_2} = 958,80 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = \sqrt{k_{mod1} \cdot k_{mod2}} \cdot F_{v,Rk} / 1,1 = 629 \text{ N}$$

Anfangszustand

E-Modul und Verschiebungsmodul Anfangszustand



a) Tragfähigkeitsnachweis im Anfangszustand

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s}{K_1 \cdot (1 \cdot 10^3)^2}} = 0,467$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

Lage der Spannungsnullebene (a_2) im Anfangszustand:

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2)}{2 \cdot \sum_{i=1} \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i} = 8,016$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 103,0 \text{ mm}$$

Effektive Biegesteifigkeit I_{ef} im Anfangszustand:

$$I_{ef} = \sum_{i=1} (E_i \cdot I_{i,y} + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) = 0,558 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Schwerpunktspannungen ($\sigma_{1,d}$...Druck; $\sigma_{2,d}$...Zug) im Anfangszustand:

$$\sigma_{1,d} = M_d \cdot 10^6 / I_{ef} \cdot E_1 \cdot \gamma_1 \cdot a_1 = 0,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{2,d} = M_d \cdot 10^6 / I_{ef} \cdot E_2 \cdot \gamma_2 \cdot a_2 = 1,01 \text{ N/mm}^2$$

Randspannungen im Anfangszustand:

$$\sigma_{m,1,d} = M_d \cdot 10^6 / I_{ef} \cdot E_1 \cdot h_1 / 2 = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2,d} = M_d \cdot 10^6 / I_{ef} \cdot E_2 \cdot h_2 / 2 = 12,60 \text{ N/mm}^2$$



Schubspannung in der neutralen Ebene des Querschnittsteils 2 im Anfangszustand:

$$h = \frac{h_2}{2} + a_2 = 108,0 \text{ mm}$$

$$\tau_{2,max,d} = V_d \cdot 10^3 \cdot \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2}{E_{ef} \cdot b_2} = 0,73 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Scherkraft in der Anschlussfuge im Anfangszustand:

$$F_{1,v,Ed} = V_d \cdot 10^3 \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot \frac{A_1 \cdot a_1 \cdot s}{E_{ef}} = 606 \text{ N}$$

Nachweise im Anfangszustand:

$$k_{c,z} = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{1,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d,1}} + \left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,d,1}} \right)^2 = 0,18 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{2,d}}{f_{t,0,d,2}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d,2}} = \underline{\underline{0,95 \leq 1}}$$

$$\frac{F_{1,v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,96 \leq 1}}$$

Endzustand

E-Modul und Verschiebungsmodul Endzustand

$$E_1 = \frac{E_{0,mean1}}{(1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def1})} = 955,2 \text{ N/mm}^2$$

$$E_2 = \frac{E_{0,mean2}}{(1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def2})} = 9322,0 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{1[3]} = \frac{2}{3} \cdot K_{ser,1} / (1 + \psi_{2,1} \cdot 2 \cdot \sqrt{(k_{def1} \cdot k_{def2})}) = 350,1 \text{ N/mm}$$

b) Tragfähigkeitsnachweis im Endzustand

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s}{K_{1[3]} \cdot (1 \cdot 10^3)^2}} = 0,464$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

Lage der Spannungsebene (a_2) im Endzustand:

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2)}{2 \cdot \sum_{i=1}^2 \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i} = 5,73$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 105,3 \text{ mm}$$

Effektive Biegesteifigkeit im Endzustand:

$$E_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i \cdot I_{i,y} + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) = 0,445 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Schwerpunktspannungen ($\sigma_{1,d}$... Druck; $\sigma_{2,d}$... Zug) im Endzustand:

$$\sigma_{1,d} = \frac{M_d \cdot 10^6}{E_{ef} \cdot E_1 \cdot \gamma_1 \cdot a_1} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{2,d} = \frac{M_d \cdot 10^6}{E_{ef} \cdot E_2 \cdot \gamma_2 \cdot a_2} = 0,77 \text{ N/mm}^2$$



Randspannungen im Endzustand:



Schubspannung in der neutralen Ebene des Querschnittsteils 2 im Endzustand:

$$h = h_2 / 2 + a_2 = 105,7 \text{ mm}$$

$$\tau_{2,\max,d} = V_d \cdot 10^3 \cdot \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2}{E_{\text{ef}} \cdot b_2} = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Scherkraft in der Anschlussfuge im Endzustand:

$$F_{1,v,Ed} = V_d \cdot 10^3 \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot \frac{A_1 \cdot a_1 \cdot s}{E_{\text{ef}}} = 461 \text{ N}$$

Nachweis im Endzustand:

$$k_{c,z} = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{1,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d,1}} + \left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,d,1}} \right)^2 = 0,14 \leq 1$$

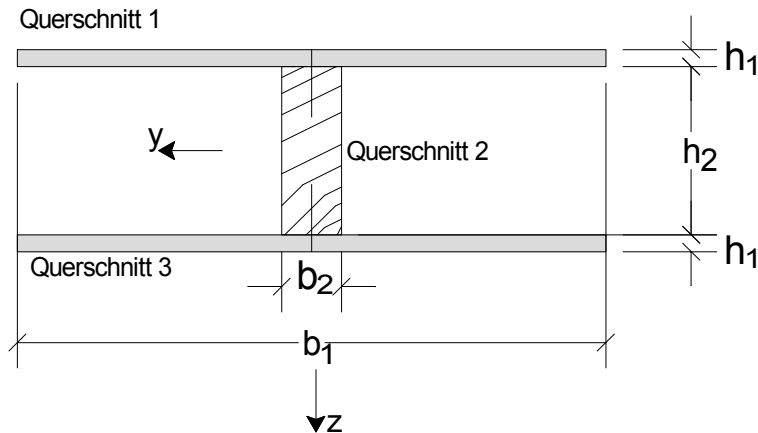
$$\frac{\sigma_{2,d}}{f_{t,0,d,2}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d,2}} = 0,98 \leq 1$$

$$\frac{\tau_{2,\max,d}}{f_{v,d,2}} = \underline{\underline{0,30 \leq 1}}$$

$$\frac{F_{1,v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,73 \leq 1}}$$

Geklammerte geschlossene Decke

⇒ Tragfähigkeitsnachweise im Anfangs- und Endzustand mit Berücksichtigung der Verbundwirkung der Verbindungsmittel
 ⇒ Gebrauchstauglichkeitsnachweis unter Berücksichtigung der Verbundwirkung und der Unterschiedlichkeit der Baustoffe



System:

Es handelt sich hierbei um ein Einfeldträger.
 Stützweite $l = 3,20 \text{ m}$
 Überhöhung $w_c = 0,0 \text{ mm}$

Träger (Querschnitt 2)
 Breite $b_2 = 60 \text{ mm}$
 Höhe $h_2 = 180 \text{ mm}$

Platten (Querschnitt 1 + 3)
 mitwirkende Breite $b_1 = 625 \text{ mm}$
 Dicke $h_1 = 22 \text{ mm}$

Abstand der fiktiv in eine Reihe geschobenen Verbindungsmittel über die das Querschnittsteil an das Querschnittsteil 2 nachgiebig angeschlossen ist.
 Abstand VM $s = 30 \text{ mm}$

Belastung

Bemessungswert des maximalen Momentes und der maximalen Querkraft für den Tragfähigkeitsnachweis

$q_{G,k} = 0,80 \text{ kN/m}$
 $q_{Q,k} = 1,80 \text{ kN/m}$
 Beiwert $\psi_{2,1} = 0,50$

$q_d = 1,35 * q_{G,k} + 1,5 * q_{Q,k} = 3,78 \text{ kN/m}$
 $V_d = q_d * l / 2 = 6,05 \text{ kN}$
 $M_d = q_d * l^2 / 8 = 4,84 \text{ kNm}$

Material:

Träger:
 Material $BS_2 = \text{GEW}(\text{"EC5_de/mat"}; B;) = \text{Nadelholz}$
 Festigkeitsklasse $FK_2 = \text{GEW}(\text{"EC5_de/mat"}; FK; B=BS_2) = C24$
 Nutzungsklasse $NK = \text{GEW}(\text{"EC5_de/mod"}; N; B=BS_1) = 1$
 KLED = $\text{GEW}(\text{"EC5_de/mod"}; K;) = \text{mittel}$
 $k_{mod2} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; kmod; B=BS_2; K=KLED; N=NK) = 0,80$
 $k_{def2} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; kdef; B=BS_2; K=KLED; N=NK) = 0,60$



$f_{c,0,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK ₂)	=	21,00 N/mm ²
$f_{t,0,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK ₂)	=	14,00 N/mm ²
$f_{m,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK ₂)	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK ₂)	=	4,00 N/mm ²
$E_{0,mean2} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK ₂)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,052} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK ₂)	=	7330,00 N/mm ²
$\rho_{k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK ₂)	=	350 kg/m ³

Platten:

Material BS ₁ =	GEW("EC5_de/mod"; B;)	=	Spanpl. P6.P7
$k_{mod1} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS ₁ ; K=KLED;N=NK)	=	0,70
$k_{def1} =$	TAB("EC5_de/mod"; kdef; B=BS ₁ ; K=KLED;N=NK)	=	1,50
$f_{c,0,k1} =$	12,80 N/mm ²		
$f_{t,0,k1} =$	8,50 N/mm ²		
$f_{m,k1} =$	13,30 N/mm ²		
$f_{v,k1} =$	6,80 N/mm ²		
$E_{0,mean1} =$	2100 N/mm ²		
$\rho_{k1} =$	550 kg/m ³		

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =		=	Klammer
Größe d _{xl} =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ;)	=	2.00x50
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=d _{xl})	=	2,00 mm
Klammerlänge l _S =	TAB("EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=d _{xl})	=	50,0 mm
$f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=d _{xl})	=	800 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Bemessungswert der Festigkeiten:**Querschnitt 1 (Platten)**

$f_{m,d,1} =$	$k_{mod1} * f_{m,k1} / \gamma_M$	=	7,16 N/mm ²
$f_{t,0,d,1} =$	$k_{mod1} * f_{t,0,k1} / \gamma_M$	=	4,58 N/mm ²
$f_{c,0,d,1} =$	$k_{mod1} * f_{c,0,k1} / \gamma_M$	=	6,89 N/mm ²

Querschnitt 2 (Träger)

$f_{m,d,2} =$	$k_{mod2} * f_{m,k2} / \gamma_M$	=	14,77 N/mm ²
$k_{ht} =$	WENN($\rho_{k2} \leq 700$ UND $\text{MIN}(b_2; h_2) < 150; \text{MIN}((150/\text{MIN}(b_2; h_2))^{0,2}; 1,3); 1$)	=	1,201
$k_{ht} =$	WENN(BS ₂ ≠ "Brettschichtholz"; k _{ht} ; 1)	=	1,201
$f_{t,0,d,2} =$	$k_{ht} * k_{mod2} * f_{t,0,k2} / \gamma_M$	=	10,35 N/mm ²
$f_{c,0,d,2} =$	$k_{mod2} * f_{c,0,k2} / \gamma_M$	=	12,92 N/mm ²
$f_{v,d,2} =$	$k_{mod2} * f_{v,k2} / \gamma_M$	=	2,46 N/mm ²

Bemessungswert des Verbindungsmittels:

$M_{y,Rk} =$	$240 * d^{2,6}$	=	1455,09 Nmm
Lochleibungsfestigkeit für Platte (Spanplatte)			
$f_{h,1,k} =$	$65 * d^{-0,7} * h_1^{0,1}$	=	54,50 N/mm ²
Lochleibungsfestigkeit für Träger (Vollholz)			
$f_{h,2,k} =$	$0,082 * \rho_{k2} * d^{-0,3}$	=	23,31 N/mm ²
$t_1 =$	h_1	=	22,0 mm
$t_2 =$	$l_S - h_1$	=	28,0 mm



$$\text{Verhältniswert } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,43$$

$$t_{1,req} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 13 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = 1,15 * \left(2 * \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 15 \text{ mm}$$

$$k_2 = \text{MIN} \left(\frac{t_1}{t_{1,req}} ; \frac{t_2}{t_{2,req}} ; 1 \right) = 1,00$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Klammerschaft

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} * k_2 = 436,77 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = \sqrt{(k_{mod1} * k_{mod2})} * F_{v,Rk} / 1,1 = 297 \text{ N}$$

Tragfähigkeitsnachweis im Anfangszustand

E-Modul und Verschiebungsmodul Anfangszustand



a) Tragfähigkeitsnachweis im Anfangszustand

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_1 * A_1 * s}{K_1 * (I * 10^3)^2}} = 0,242$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$\gamma_3 = \gamma_1 = 0,242$$

Lage der Spannungsebene (a_2) im Anfangszustand, Symmetrie:

$$a_2 = 0,000$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 101,0 \text{ mm}$$

$$a_3 = a_1 = 101 \text{ mm}$$

Effektive Biegesteifigkeit I_{ef} im Anfangszustand:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^3 \left(E_i * I_{i,y} + \gamma_i * E_i * A_i * a_i^2 \right) = 0,466 * 10^{12} \text{ Nmm}^2$$



Schwerpunktspannungen ($\sigma_{1,d}$...Druck; $\sigma_{3,d}$...Zug) im Anfangszustand:

$$\sigma_{1,d} = M_d \cdot 10^6 / E_{ef} \cdot E_1 \cdot \gamma_1 \cdot a_1 = 0,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{2,d} = M_d \cdot 10^6 / E_{ef} \cdot E_2 \cdot \gamma_2 \cdot a_2 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3,d} = \sigma_{1,d} = 0,53 \text{ N/mm}^2$$

Randspannungen im Anfangszustand:

$$\sigma_{m,1,d} = M_d \cdot 10^6 / E_{ef} \cdot E_1 \cdot h_1 / 2 = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2,d} = M_d \cdot 10^6 / E_{ef} \cdot E_2 \cdot h_2 / 2 = 10,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,3,d} = \sigma_{m,1,d} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Schubspannung in der neutralen Ebene des Querschnittsteils 2 im Anfangszustand:

$$h = h_2 / 2 + a_2 = 90,0 \text{ mm}$$

$$\tau_{2,max,d} = V_d \cdot 10^3 \cdot \frac{\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2}{E_{ef} \cdot b_2} = 0,73 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Scherkraft in der Anschlussfuge im Anfangszustand:

$$F_{1,v,Ed} = V_d \cdot 10^3 \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot \frac{A_1 \cdot a_1 \cdot s}{E_{ef}} = 137 \text{ N}$$

Nachweise im Anfangszustand:

$$k_{c,z} = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{1,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d,1}} + \left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,d,1}} \right)^2 = 0,08 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{1,d}}{f_{t,0,d,1}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,d,1}} = 0,15 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{2,d}}{f_{t,0,d,2}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d,2}} = \underline{\underline{0,70 \leq 1}}$$

$$\frac{F_{1,v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,46 \leq 1}}$$



Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Unter Berücksichtigung der Verbundwirkung und der Unterschiedlichkeit der Baustoffe

Werte für Anfangszustand

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_1 * A_1 * s}{K_{ser,1} * (I * 10^3)^2}} = 0,324$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$\gamma_3 = \gamma_1 = 0,324$$

Effektive Biegesteifigkeit₃ im Anfangszustand:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i * I_{i,y} + \gamma_i * E_i * A_i * a_i^2) = 0,514 * 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$u_{inst,G} = \frac{5 * q_{G,k} * l^4 * 10^{12}}{384 * EI_{ef}} = 2,1 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q,1} = q_{Q,k} / q_{G,k} * u_{inst,G} = 4,7 \text{ mm}$$

Tragfähigkeitsnachweis im Endzustand

E-Modul und Verschiebungsmodul Endzustand

$$E_1 = E_{0,mean1} / (1 + \psi_{2,1} * k_{def1}) = 1200,0 \text{ N/mm}^2$$

$$E_2 = E_{0,mean2} / (1 + \psi_{2,1} * k_{def2}) = 8461,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_3 = E_1 = 1200,0 \text{ N/mm}^2$$

$$K_1 = \frac{2}{3} * K_{ser,1} / (1 + \psi_{2,1} * 2 * \sqrt{(k_{def1} * k_{def2})}) = 68,4 \text{ N/mm}$$

$$K_3 = K_1 = 68,4 \text{ N/mm}$$

b) Tragfähigkeitsnachweis im Endzustand

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_1 * A_1 * s}{K_1 * (I * 10^3)^2}} = 0,223$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$\gamma_3 = \gamma_1 = 0,223$$

Lage der Spannungsnullebene (a_2) im Endzustand, Symmetrie:

$$a_2 = 0,00$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 101,0 \text{ mm}$$

Effektive Biegesteifigkeit im Endzustand:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i * I_{i,y} + \gamma_i * E_i * A_i * a_i^2) = 0,323 * 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Schwerpunktspannungen ($\sigma_{1,d}$...Druck; $\sigma_{2,d}$...Zug) im Endzustand:

$$\sigma_{1,d} = M_d * 10^6 / EI_{ef} * E_1 * \gamma_1 * a_1 = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{2,d} = M_d * 10^6 / EI_{ef} * E_2 * \gamma_2 * a_2 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3,d} = \sigma_{1,d} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$



Randspannungen im Endzustand:



Schubspannung in der neutralen Ebene des Querschnittsteils 2 im Endzustand:

$$h = h_2 / 2 + a_2 = 90,0 \text{ mm}$$

$$\tau_{2,\max,d} = V_d \cdot 10^3 \cdot \frac{\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2}{E I_{ef} \cdot b_2} = 0,76 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Scherkraft in der Anschlussfuge im Endzustand:

$$F_{1,v,Ed} = V_d \cdot 10^3 \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot \frac{A_1 \cdot a_1 \cdot s}{E I_{ef}} = 104 \text{ N}$$

$$F_{3,v,Ed} = F_{1,v,Ed} = 104 \text{ N}$$

Nachweis im Endzustand:

$$k_{c,z} = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{1,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d,1}} + \left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,d,1}} \right)^2 = 0,06 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{2,d}}{f_{t,0,d,2}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d,2}} = 0,77 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{1,d}}{f_{t,0,d,1}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,d,1}} = 0,12 \leq 1$$

$$\frac{\tau_{2,\max,d}}{f_{v,d,2}} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$

$$\frac{F_{1,v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,35 \leq 1}}$$



Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Unter Berücksichtigung der Verbundwirkung und der Unterschiedlichkeit der Baustoffe

$$K_{\text{ser},1,\text{fin}} = \frac{K_{\text{ser},1}}{1 + 2 \cdot \sqrt{(k_{\text{def}1} \cdot k_{\text{def}2})}} = 69,0 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s^2}{K_{\text{ser},1,\text{fin}} \cdot (I \cdot 10^3)^2}}$$

$$EI_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_{i,y} + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) = 0,323 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$u_{\text{fin},G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{G,k} \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{EI_{\text{ef}}} = 3,4 \text{ mm}$$

$$u_{\text{fin},Q,1} = q_{Q,k} / q_{G,k} \cdot u_{\text{fin},G} = 7,7 \text{ mm}$$

Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{\text{grenz}} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$u_{\text{inst}} = u_{\text{inst},G} + u_{\text{inst},Q,1} = 6,8 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } u_{\text{grenz}} = l \cdot 10^3 / 300 = 10,67 \text{ mm}$$

$$u_{\text{inst}} / u_{\text{grenz}} = \underline{\underline{0,64 \leq 1}}$$

Enddurchbiegung (mit Kriechanteilen): $w_{\text{grenz},\text{fin}} \leq l / 300$ bis $l / 150$



Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{\text{grenz},\text{net},\text{fin}} \leq l / 350$ bis $l / 250$

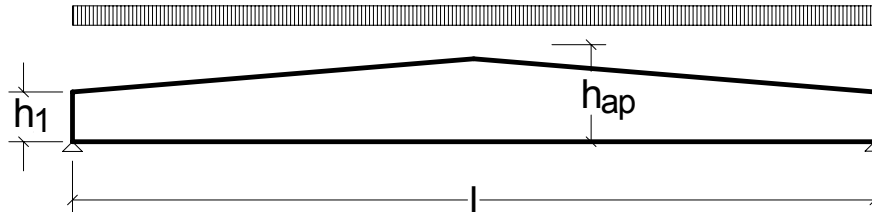
$$u_{\text{net},\text{fin}} = u_{\text{fin}} - w_c = 9,6 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } u_{\text{grenz},\text{net},\text{fin}} = l \cdot 10^3 / 250 = 12,80 \text{ mm}$$

$$u_{\text{net},\text{fin}} / u_{\text{grenz},\text{net},\text{fin}} = \underline{\underline{0,75 \leq 1}}$$

Kapitel Dachträger

Satteldachträger mit geradem unterem Rand



System:

Stützweite $l =$	18,00 m
Trägerhöhe $h_1 =$	720,0 mm
Trägerhöhe $h_{ap} =$	1670,0 mm
Trägerbreite $b =$	200,0 mm
Überhöhung $w_c =$	30 mm

Neigungswinkel Trägeroberkante:

$$\alpha = \text{ATAN}((h_{ap} - h_1) \cdot 10^{-3} / (l / 2)) = 6,0^\circ$$

Einwirkungen:

Eigenlast $g_k =$	5,00 kN/m
Schneelast $q_{s,k} =$	5,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	2,70 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11600 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	9670 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	720 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	600 N/mm ²

Sicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,30$

Querschnittswerte und Schnittgrößen:

$x =$	$\frac{l \cdot h_1}{2 \cdot h_{ap}}$	=	3,88 m
$h_x =$	$h_1 \cdot (2 - h_1 / h_{ap})$	=	1129,6 mm
$W_x =$	$b \cdot h_x^2 / 6$	=	42533 * 10 ³ mm ³
$W_{ap} =$	$b \cdot h_{ap}^2 / 6$	=	92963 * 10 ³ mm ³
$M_{G,k,x} =$	$0,5 \cdot g_k \cdot x \cdot (l - x)$	=	136,96 kNm
$M_{Qs,k,x} =$	$0,5 \cdot q_{s,k} \cdot x \cdot (l - x)$	=	136,96 kNm
$M_{d,x} =$	$1,35 \cdot M_{G,k,x} + 1,5 \cdot M_{Qs,k,x}$	=	390,34 kNm
$V_d =$	$(1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_{s,k}) \cdot l / 2$	=	128,25 kN



maximale Biegebeanspruchung im First:

$$M_{G,k,ap} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 202,50 \text{ kNm}$$

$$M_{Qs,k,ap} = q_{s,k} \cdot \frac{l^2}{8} = 202,50 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,d} = 1,35 \cdot M_{G,k,ap} + 1,5 \cdot M_{Qs,k,ap} = 577,13 \text{ kNm}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:



Nachweise:

Schub

Berechnung der reduzierten Querkraft am Auflager:

$$V_{d,red} = \frac{V_d}{l} \cdot \left(l - \left(\frac{l}{2} + h_1 \right) \cdot 10^{-3} \right) = 123,06 \text{ kN}$$

$$h_{red} = h_1 \cdot (h_{ap} - h_1) / (l / 2 \cdot 10^3 - h_1) + h_1 = 802,6 \text{ mm}$$

$$A_{red} = b \cdot h_{red} = 161 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Vollholz"}; 2/f_{v,k}; \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 2,5/f_{v,k}; 1)) = 0,71$$

$$\tau_{d,red} = 1,5 \cdot \frac{V_{d,red} \cdot 10^3}{k_{cr} \cdot A_{red}} = 1,61 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 2,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{d,red} / f_{v,d} = \underline{\underline{0,67 \leq 1}}$$

Biegespannung am Rand parallel zur Faser (Stelle x)

$$\sigma_{m,0,d} = M_{d,x} \cdot 10^6 / W_x = 9,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,0,d} / f_{m,d} = \underline{\underline{0,55 \leq 1}}$$

Biegespannung am Rand schräg zur Faser (Stelle x)

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = 9,18 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan(\alpha) \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} \cdot (\tan(\alpha))^2}{f_{c,90,d}} \right)^2}} = 0,898$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = 9,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} / (k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}) = \underline{\underline{0,62 \leq 1}}$$



Biegespannung im Firstquerschnitt

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \tan(\alpha) + 5,4 \cdot (\tan(\alpha))^2 = 1,207$$

$$\sigma_{m,d} = k_1 \cdot \frac{M_{ap,d} \cdot 10^6}{W_{ap}} = 7,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = \underline{0,45 \leq 1}$$

Querzugspannungen im Firstbereich

$$V_b = 1/2 \cdot h_{ap} \cdot b \cdot 10^{-6} + 1/2 \cdot h_1 \cdot b \cdot 10^{-6} = 4,302 \text{ m}^3$$

$$V = \text{MIN}(h_{ap} \cdot (h_{ap} - 0,25 \cdot h_{ap} \cdot \tan(\alpha)) \cdot b \cdot 10^{-9}; 2/3 \cdot V_b) = 0,543 \text{ m}^3$$

$$k_{dis} = 1,40$$

$$k_{vol} = (0,01 / V)^{0,2} = 0,450$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,2 \cdot \tan(\alpha) \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \cdot 10^6 = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,90,d} / (k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}) = \underline{0,59 \leq 1}$$

⇒ ansonsten Verstärkung zur Aufnahme von Querzugspannungen erforderlich

Nachweis der Kippstabilität :

Querschnittshöhe im Abstand der 0,65-fachen Länge vom "kleineren" Stabende

$$h = 0,65 \cdot (h_{ap} - h_1) + h_1 = 1338 \text{ mm}$$

$$M_{max} = M_{ap,d} = 577,1 \text{ kNm}$$

Träger in Feldmitte seitlich gehalten

$$l_{ef} = l/2 = 9,00$$

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1,4; 1) = 1,4$$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta} \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}} = 0,0518$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = \underline{1,44 \leq 1}$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 0,899$$

$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,886$$

Kippnachweis für den faserparallelen Rand unten

$$\sigma_{m,0,d} = M_{max} \cdot 10^6 \cdot 6 / (b \cdot h^2) = 9,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \underline{0,66 \leq 1}$$

Kippnachweis für den angeschnittenen Rand oben (Druckbereich)

$$\sigma_{m,\alpha,d} / (k_{m,\alpha} \cdot k_{crit} \cdot f_{m,d}) = \underline{0,69 \leq 1}$$

⇒ keine weiteren Kippstabilisierungen notwendig



Gebrauchstauglichkeitsnachweis:

$$\text{Beiwert } \psi_2 = 0,00$$

$$k_{\text{def}} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{\text{def}}; B=BS; N=NK) = 0,60$$

$$I_s = b \cdot h_1^3 / 12 = 6221 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_s = b \cdot h_1 = 144 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$k_m = (h_1 / h_{\text{ap}})^3 / (0,15 + 0,85 \cdot (h_1 / h_{\text{ap}})) = 0,155$$

$$k_v = 2 / (1 + (h_{\text{ap}} / h_1)^{2/3}) = 0,727$$

Durchbiegung aus ständiger Last

$$M_{\text{max}} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 202,50 \text{ kNm}$$

$$u_m = (M_{\text{max}} \cdot l^2 \cdot 10^{12}) / (9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_s) \cdot k_m = 14,68 \text{ mm}$$

$$u_v = (1,2 \cdot M_{\text{max}} \cdot 10^6) / (G_{\text{mean}} \cdot A_s) \cdot k_v = 1,70 \text{ mm}$$

$$u_{\text{inst,G}} = u_m + u_v = 16,38 \text{ mm}$$

Durchbiegung aus veränderlicher Last

$$u_{\text{inst,Q,1}} = q_{s,k} / g_k \cdot u_{\text{inst,G}} = 16,38 \text{ mm}$$

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{\text{grenz}} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$u_{\text{inst}} = u_{\text{inst,G}} + u_{\text{inst,Q,1}} = 32,8 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } u_{\text{grenz}} = l \cdot 10^3 / 300 = 60,00 \text{ mm}$$

$$u_{\text{inst}} / u_{\text{grenz}} = \underline{\underline{0,55 \leq 1}}$$

b) Enddurchbiegung (mit Kriechanteilen) $w_{\text{grenz,fin}} \leq l / 300$ bis $l / 150$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

vereinfacht, da alle Tragwerksteile den gleichen Verformungsbeiwert k_{def} aufweisen:

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{fin,G}} + u_{\text{fin,Q,1}} = 42,59 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } u_{\text{grenz,fin}} = l \cdot 10^3 / 150 = 120,00 \text{ mm}$$

$$u_{\text{fin}} / u_{\text{grenz,fin}} = \underline{\underline{0,35 \leq 1}}$$

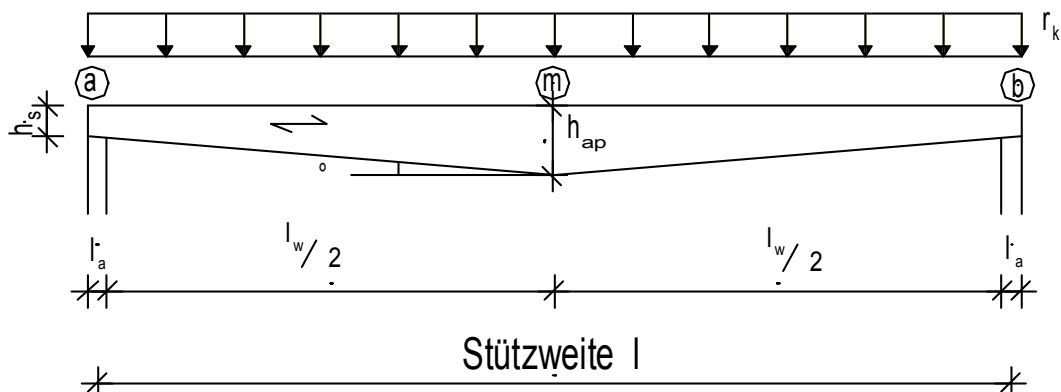
c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{\text{grenz,net,fin}} \leq l / 350$ bis $l / 250$

$$u_{\text{net,fin}} = u_{\text{fin}} - w_c = 12,59 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} = l \cdot 10^3 / 250 = 72,00 \text{ mm}$$

$$u_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} = \underline{\underline{0,17 \leq 1}}$$

Fischbauchartiger Träger



System:

Stützweite l =	13,00 m
Trägerhöhe h_s =	410 mm
Trägerbreite b =	100 mm
Auflagerlänge l_a =	120 mm
Winkel α =	6 °
Überhöhung w_c =	20 mm

Belastung:

g_k =	0,90 kN/m
q_k =	2,10 kN/m

Querschnittswerte:

Fläche A_n =	$b \cdot h_s$	=	$41 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
I_s =	$\frac{b \cdot h_s^3}{12}$	=	$574 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
h_{ap} =	$h_s + (l - l_a \cdot 10^{-3})/2 \cdot \text{TAN}(\alpha) \cdot 10^3$	=	1087 mm
W_{ap} =	$\frac{b \cdot h_{ap}^2}{6}$	=	$19,69 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	= 2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= mittel
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	= 0,80
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	= 24,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	= 3,50 N/mm ²
$f_{t,90,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	= 0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	= 2,70 N/mm ²
$E_{0,mean}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	= 11600 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	= 9670 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	= 720 N/mm ²
G_{05} =	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	= 600 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30



Berechnung:

$$\begin{aligned} \text{Schnittgrößen für die Tragfähigkeitsnachweise} \\ e_d &= 1,35 * g_k + 1,5 * q_k &= & 4,37 \text{ kN/m} \\ M_d &= e_d * \frac{l^2}{8} &= & 92,32 \text{ kNm} \\ V_d &= e_d * \frac{l}{2} &= & 28,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tragfähigkeitsnachweise:

Schub

Berechnung der reduzierten Querkraft am Auflager:

$$\begin{aligned} V_{d,red} &= \frac{V_d}{l} * \left(l - \left(\frac{l_a}{2} + h_s \right) * 10^{-3} \right) &= & 27,38 \text{ kN} \\ k_{cr} &= \text{WENN}(BS="Vollholz"; 2/f_{v,k}; \text{WENN}(BS="Brettschichtholz"; 2,5/f_{v,k}; 1)) &= & 0,71 \\ \tau_{d,red} &= 1,5 * \frac{V_{d,red} * 10^3}{k_{cr} * A_n} &= & 1,41 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d} &= f_{v,k} * k_{mod} / \gamma_M &= & 2,15 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{d,red} / f_{v,d} &= &= & \underline{\underline{0,66 \leq 1}} \end{aligned}$$

Auflagerpressung



Nachweis (Annahme: keine Ausklinkung, aufgesetzter Keil am Auflager)

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} = \underline{\underline{0,65 \leq 1}}$$

Stelle x vom Auflager entfernt mit $\sigma_{m,d,max,d}$

$$\begin{aligned} \text{Stelle } x &= \frac{l * h_s}{2 * h_{ap}} &= & 2,45 \text{ m} \\ \text{Höhe } h_x &= h_{ap} - \left(\frac{l}{2} - x \right) * \tan(\alpha) * 10^3 &= & 661 \text{ mm} \\ W_x &= b * \frac{h_x^2}{6} &= & 7,28 * 10^6 \text{ mm}^3 \\ M_{x,d} &= e_d * \frac{l}{2} * x - e_d * \frac{x^2}{2} &= & 56,48 \text{ kNm} \end{aligned}$$



am Rand parallel zur Faserrichtung (hier Druckrand)

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,0,d} = \frac{M_{x,d} \cdot 10^6}{W_x} = 7,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,52 \leq 1}$$

am Rand schräg zur Faserrichtung (hier Zugrand)

$$f_{t,90,d} = \frac{f_{t,90,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

für LH und FSH ohne Querlagen, $f_{v,d}$ mit 0,75 multiplizieren

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} \cdot (\tan(\alpha))^2}{f_{t,90,d}}\right)^2}} = 0,673$$

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{\sigma_{m,\alpha,d} / (k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d})} = \underline{0,78 \leq 1} = 7,76 \text{ N/mm}^2$$

Firstquerschnitt



Kippnachweis in Trägermitte

$$h = 0,65 \cdot (h_{ap} - h_s) + h_s = 850 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l = 13,00 \text{ m}$$

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1,4; 1) = 1,4$$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta} \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}} = 0,0518$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = \underline{5,27 \leq 1}$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 1,722$$

$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,337$$

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \underline{1,56 \leq 1}$$

⇒ Der Träger muss zusätzlich z.B. in Feldmitte abgestützt werden.



$$l_{ef} = l / 2 = 6,50 \text{ m}$$
$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 1,218$$
$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,646$$
$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \underline{\underline{0,81 \leq 1}}$$

Gebrauchstauglichkeitsnachweise:

$$\text{Beiwert } \psi_2 = 0,00$$
$$k_{def} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{def}; B=BS; N=NK) = 0,80$$
$$M_{g,k} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 19,01 \text{ kNm}$$
$$M_{q,k} = q_k \cdot \frac{l^2}{8} = 44,36 \text{ kNm}$$
$$k_m = \frac{\left(\frac{h_s}{h_{ap}}\right)^3}{0,15 + 0,85 \cdot \frac{h_s}{h_{ap}}} = 0,11$$
$$k_v = \frac{2}{1 + \left(\frac{h_{ap}}{h_s}\right)^{2/3}} = 0,69$$

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{grenz} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$u_{inst,G} = \frac{M_{g,k} \cdot 10^{12} \cdot l^2}{9,6 \cdot E_{0,mean} \cdot I_s} \cdot k_m + 1,2 \cdot \frac{M_{g,k} \cdot 10^6}{G_{mean} \cdot A_n} \cdot k_v = 6,1 \text{ mm}$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

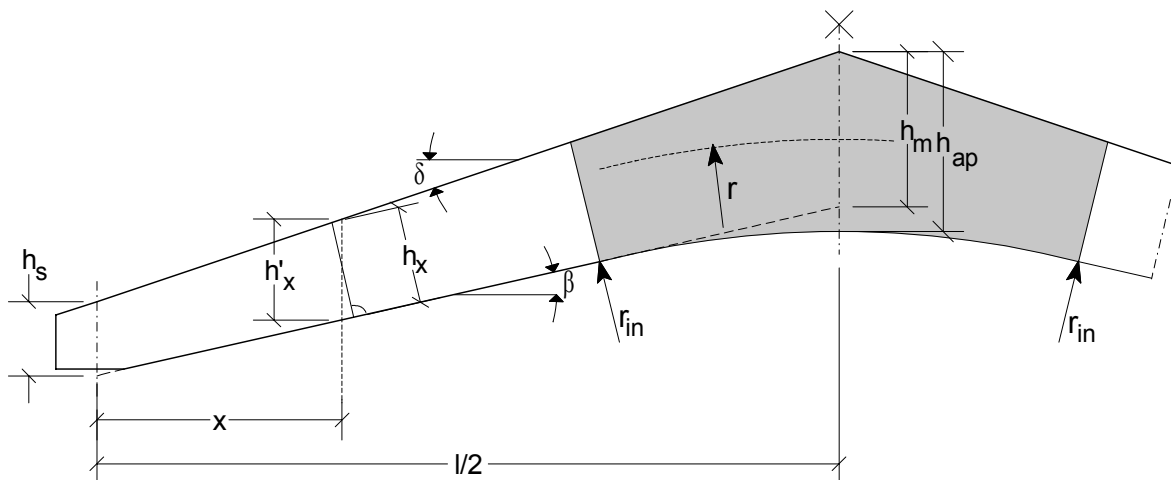
Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{grenz,net,fin} \leq l / 350$ bis $l / 250$

$$u_{net,fin} = u_{fin} - w_c = 5,13 \text{ mm}$$
$$\text{gewählt } w_{grenz,net,fin} = l \cdot 10^3 / 300 = 43,33 \text{ mm}$$
$$u_{net,fin} / w_{grenz,net,fin} = \underline{\underline{0,12 \leq 1}}$$

Satteldachträger mit gekrümmtem Untergurt

Der gekrümmte Bereich des Trägers ist ausreichend gegen seitliches Ausweichen gehalten (gerade Bereich wird hier nicht auf Kippstabilität untersucht.) Die Bemessungsgleichungen für den Firstbereich gelten für Dachneigungswinkel $\delta \leq 20^\circ$



System:

Stützweite $l =$	15,00 m
Trägerhöhe $h_s =$	700,0 mm
Trägerbreite $b =$	220,0 mm
Neigung Trägeroberkante $\delta =$	17,00 °
Neigung Trägerunterkante $\beta =$	10,00 °
Ausrundungsradius $r_{in} =$	18,00 m
Lamellendicke $t =$	50,0 mm
Abstand der Halterungen am Obergurt $a_h =$	2,50 m
Auflagerung am unteren Trägerrand $l_a =$	250,0 mm
Überhöhung $w_c =$	20 mm
Faseranschnittwinkel $\alpha =$	$\delta - \beta = 7,00^\circ$

Einwirkungen:

Gleichstreckenlast am oberen Rand angreifend	
Eigenlast $g_k =$	5,90 kN/m
Schneelast $q_{s,k} =$	15,40 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL28h
Nutzungsgruppe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	28,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	3,00 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	410 kg/m ³
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	12600 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	10500 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	780 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	650 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30



Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned}
 k_{hy} &= \text{WENN}(\rho_k \leq 700 \text{ UND } h_s < 150; \text{MIN}((150/h_s)^{0,2}; 1,3); 1) &= & 1,0 \\
 k_{hy} &= \text{WENN}(BS \neq \text{"Brettschichtholz"}; k_{hy}; \text{WENN}(h_s < 600; \text{MIN}((600/h_s)^{0,1}; 1,1); 1)) &= & 1,0 \\
 f_{m,d} &= k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= & 19,38 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{c,90,d} &= f_{c,90,k} * k_{mod} / \gamma_M &= & 2,08 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{t,90,d} &= k_{mod} * f_{t,90,k} / \gamma_M &= & 0,35 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{v,d} &= k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M &= & 2,42 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Querschnittswerte und Schnittgrößen:

$$\begin{aligned}
 &\text{Bemessungswert der Belastung} \\
 q_d &= 1,35 * g_k + 1,5 * q_{s,k} &= & 31,1 \text{ kN/m} \\
 &\text{Firshöhen} \\
 h_m &= h_s + l * 10^3 / 2 * (\text{TAN}(\delta) - \text{TAN}(\beta)) &= & 1670,5 \text{ mm} \\
 l_r &= 2 * r_{in} * \text{SIN}(\beta) * 10^3 &= & 6251,3 \text{ mm} \\
 h_{ap} &= h_m + 0,5 * l_r * \text{TAN}(\beta) + r_{in} * 10^3 * (\text{COS}(\beta) - 1) &= & 1948,2 \text{ mm} \\
 &\text{Position } x \text{ mit der höchsten Biegerandspannung} \\
 x &= \frac{h_s * l}{2 * h_m} * 10^3 &= & 3142,8 \text{ mm} \\
 &\text{Trägerhöhe } h_x \\
 h'_x &= h_s + x * (\text{TAN}(\delta) - \text{TAN}(\beta)) &= & 1106,7 \text{ mm} \\
 h_x &= h'_x / 2 * (\text{COS}(\delta) / \text{COS}(\alpha) + \text{COS}(\beta)) &= & 1078,1 \text{ mm} \\
 &\text{Biegemoment bei Position } x \text{ und im Firstquerschnitt} \\
 V_d &= (1,35 * g_k + 1,5 * q_{s,k}) * l / 2 &= & 232,99 \text{ kN} \\
 M_{d,x} &= V_d * x * 10^{-3} - q_d * (x * 10^{-3})^2 / 2 &= & 578,7 \text{ kNm} \\
 M_{ap,d} &= q_d * l^2 / 8 &= & 874,7 \text{ kNm} \\
 W_x &= b * h_x^2 / 6 &= & 42,62 * 10^6 \text{ mm}^3 \\
 W_{ap} &= b * h_{ap}^2 / 6 &= & 139,17 * 10^6 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Nachweise:

$$\begin{aligned}
 &\text{Biegerandspannungen bei Position } x \text{ faserparalleler Rand unten} \\
 \sigma_{m,0,d} &= M_{d,x} * 10^6 / W_x &= & 13,58 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{m,0,d} / f_{m,d} & &= & \underline{0,70 \leq 1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Biegerandspannungen bei Position } x \text{ angeschnittener Rand oben (Druckbereich)} \\
 \sigma_{m,\alpha,d} &= \sigma_{m,0,d} &= & 13,58 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 * f_{v,d}} * \text{TAN}(\alpha) \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} * (\text{TAN}(\alpha))^2}{f_{c,90,d}} \right)^2}} = 0,831$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{m,\alpha,d} &= \sigma_{m,0,d} &= & 13,58 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{m,\alpha,d} / (k_{m,\alpha} * f_{m,d}) & &= & \underline{0,84 \leq 1}
 \end{aligned}$$

Biegerandspannungen im Firstquerschnitt

$$\begin{aligned}
 r &= r_{in} * 10^3 + 0,5 * h_{ap} &= & 18,97 * 10^3 \text{ mm} \\
 k_r &= \text{WENN}(r_{in} * 10^3 / t \geq 240; 1; 0,76 + 0,001 * r_{in} * 10^3 / t) &= & 1,00 \\
 k_1 &= 1 + 1,4 * \text{TAN}(\delta) + 5,4 * \text{TAN}(\delta)^2 &= & 1,9328 \\
 k_2 &= 0,35 - 8 * \text{TAN}(\delta) &= & -2,0958 \\
 k_3 &= 0,6 + 8,3 * \text{TAN}(\delta) - 7,8 * \text{TAN}(\delta)^2 &= & 2,4085
 \end{aligned}$$



$$k_4 = 6 \cdot \tan(\delta)^2 = 0,5608$$

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot \frac{h_{ap}}{r} + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 = 1,7436$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \cdot 10^6 = 10,96 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} = \underline{\underline{0,57 \leq 1}}$$

Querzugspannungen im Firstquerschnitt

$$k_5 = 0,2 \cdot \tan(\delta) = 0,0611$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \tan(\delta) + 2,6 \cdot \tan(\delta)^2 = 0,0344$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan(\delta) - 4 \cdot \tan(\delta)^2 = 0,2681$$

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot \frac{h_{ap}}{r} + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 = 0,0675$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \cdot 10^6 = 0,42 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 2 \cdot (0,5 \cdot (r_{in} + h_{ap} \cdot 10^{-3})^2 \cdot \sin(\beta) / \sin(90+\alpha) \cdot \sin(90-\delta) - \beta/360 \cdot \pi \cdot r_{in}^2) \cdot b \cdot 10^{-3} = 2,21 \text{ m}^3$$

$$k_{dis} = 1,70$$

$$k_{vol} = (0,01 / V)^{0,2} = 0,340$$

$$\sigma_{t,90,d} / (k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}) = \underline{\underline{2,08 \leq 1}}$$

⇒ ansonsten Verstärkung zur Aufnahme von Querzugspannungen erforderlich

$$\sigma_{t,90,d} / (1,3 \cdot (600 / h_{ap})^{0,3} \cdot f_{t,90,d}) = \underline{\underline{1,31 \leq 1}}$$

⇒ ansonsten Verstärkung zur Aufnahme klimabedingter Querzugspannungen erforderlich

Gewählte Verstärkung:

Verstärkung Bez = GEW("EC5_de/Gew"; Bez;) = Gewindestange

Festigkeitsklasse FK = GEW("EC5_de/Gew"; FK;Bez=Bez) = 4,8

Durchmesser d_r = GEW("EC5_de/Gew"; d;FK=FK) = 12 mm

Stablänge l_{St} = 1100,0 mm

Stabanzahl n = 2

Streckgrenze $f_{y,k}$ = TAB("EC5_de/Gew"; fybk;FK=FK;d=dr) = 320 N/mm²

Spannungsquerschnitt A_{ef} = TAB("EC5_de/Gew"; A;d=dr;Bez=Bez) = 84,3 mm²

Tragfähigkeit N_{Rd} = TAB("EC5_de/Gew"; NRd;FK=FK;d=dr;Bez=Bez)*10³ = 21,6*10³ N

wirks. Verankerungslänge l_{ad} = $l_{St} / 2$ = 550,0 mm

**eingeklebte Gewindestangen M12, Festigkeitsklasse 4.8,
Mindestlänge 1100 mm, zweireihig, Abstände $a_1 = 400\text{mm}$; $a = 600\text{mm}$**

Tragfähigkeit der Klebefuge:

$$f_{k1,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{k1,d} = f_{k1,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Zugkraft } F_{t,90,d} = 0,5 \cdot f_{k1,d} \cdot \pi \cdot d_r \cdot l_{ad} = 28,7 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Klebefugenspannung } \tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}} = 0,69 \text{ N/mm}^2$$



Erforderlicher Abstand $\leq a_1$ der Verstärkungen in Trägerlängsrichtung in den *beiden inneren Vierteln* des querzugbelasteten Bereichs

$$a_1 = \frac{\text{MIN}(N_{Rd}; F_{t,90,d}) \cdot n}{\sigma_{t,90,d} \cdot b} = 467,53 \text{ mm}$$
$$a_{1_gew} = 400 \text{ mm}$$

Überprüfung des Abstandes

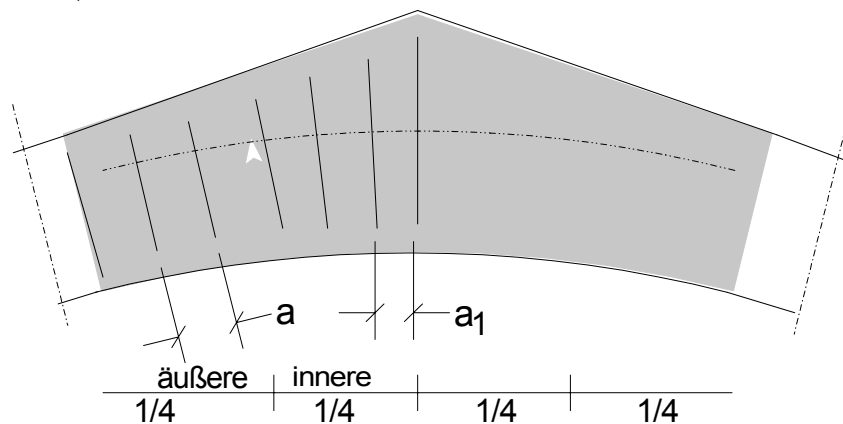
$$250 / a_{1_gew} = \underline{0,63 \leq 1}$$

$$a_{1_gew} / (0,75 \cdot h_{ap}) = \underline{0,27 \leq 1}$$



⇒ Da im Firstquerschnitt die Querschnittsschwächung aus der Bohrung für die Gewindestangen in der Biegezugzone liegt, muss dies beim Spannungsnachweis berücksichtigt werden.

$$b_n = b - n \cdot d_r = 196 \text{ mm}$$
$$W_{ap,net} = b_n \cdot h_{ap}^2 / 6 = 123,99 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$
$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap,net}} \cdot 10^6 = 12,30 \text{ N/mm}^2$$
$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} = \underline{0,63 \leq 1}$$





Gebrauchstauglichkeitsnachweis:

$$\begin{aligned} \text{Beiwert } \psi_2 &= && 0,00 \\ k_{\text{def}} &= \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{\text{def}}; B=\text{BS}; N=\text{NK}) &= & 0,80 \\ I_s &= b \cdot h_s^3 / 12 &= & 6288 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ A_s &= b \cdot h_s &= & 154 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ k_m &= (h_s / h_m)^3 / (0,15 + 0,85 \cdot (h_s / h_m)) &= & 0,145 \\ k_v &= 2 / (1 + (h_m / h_s)^{2/3}) &= & 0,718 \end{aligned}$$

Durchbiegung aus ständiger Last

$$\begin{aligned} M_{\text{max}} &= g_k \cdot \frac{l^2}{8} &= & 165,94 \text{ kNm} \\ u_m &= (M_{\text{max}} \cdot l^2 \cdot 10^{12}) / (9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_s) \cdot k_m &= & 7,12 \text{ mm} \\ u_v &= (1,2 \cdot M_{\text{max}} \cdot 10^6) / (G_{\text{mean}} \cdot A_s) \cdot k_v &= & 1,19 \text{ mm} \\ u_{\text{inst,G}} &= u_m + u_v &= & 8,31 \text{ mm} \end{aligned}$$

Durchbiegung aus veränderlicher Last

$$u_{\text{inst,Q,1}} = q_{s,k} / g_k \cdot u_{\text{inst,G}} = 21,69 \text{ mm}$$

a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{\text{grenz}} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$\begin{aligned} u_{\text{inst}} &= u_{\text{inst,G}} + u_{\text{inst,Q,1}} &= & 30,0 \text{ mm} \\ \text{gewählt } u_{\text{grenz}} &= l \cdot 10^3 / 300 &= & 50,00 \text{ mm} \\ u_{\text{inst}} / u_{\text{grenz}} &= &= & \underline{\underline{0,60 \leq 1}} \end{aligned}$$

b) Enddurchbiegung (mit Kriechanteilen) $w_{\text{grenz,fin}} \leq l / 300$ bis $l / 150$

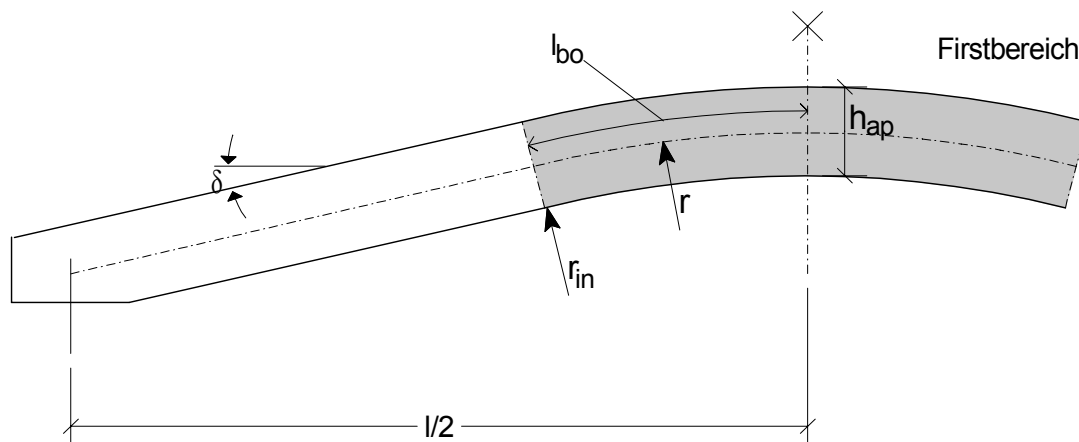


$$\begin{aligned} \text{gewählt } u_{\text{grenz,fin}} &= l \cdot 10^3 / 150 &= & 100,00 \text{ mm} \\ u_{\text{fin}} / u_{\text{grenz,fin}} &= &= & \underline{\underline{0,37 \leq 1}} \end{aligned}$$

c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{\text{grenz,net,fin}} \leq l / 350$ bis $l / 250$

$$\begin{aligned} u_{\text{net,fin}} &= u_{\text{fin}} - w_c &= & 16,65 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} &= l \cdot 10^3 / 250 &= & 60,00 \text{ mm} \\ u_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} &= &= & \underline{\underline{0,28 \leq 1}} \end{aligned}$$

Gekrümmter Träger mit konstanter Höhe



System:

Stützweite l =	22,00 m
Trägerlänge $l_{\text{Träger}}$ =	22,94 m
Bogenlänge l_{bo} =	2,80 m
Trägerhöhe h_{ap} =	800,0 mm
Trägerbreite b =	260,00 cm
Lamellendicke t =	50,0 mm
Radius r_{in} =	8,50 m
Neigung Trägeroberkante δ =	18,00 °
Überhöhung w_c =	60 mm

Einwirkungen:

Eigenlast g_k =	1,50 kN/m
Schneelast $q_{s,k}$ =	3,75 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL32h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED) =	=	0,90
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	32,00 N/mm ²
$f_{t,90,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	=	0,50 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	430 kg/m ³
$E_{0,\text{mean}}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	13700 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	11420 N/mm ²
G_{05} =	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	708 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

k_{hy} =	WENN($\rho_k \leq 700$ UND $h_{ap} < 150$; MIN($(150/h_{ap})^{0,2}$; 1,3); 1) =	1,0
k_{hy} =	WENN(BS \neq "Brettschichtholz"; k_{hy} ; WENN($h_{ap} < 600$; MIN($(600/h_{ap})^{0,1}$; 1,1); 1)) =	1,0
$f_{m,d}$ =	$k_{hy} * k_{\text{mod}} * f_{m,k} / \gamma_M$	= 22,15 N/mm ²
$f_{t,90,d}$ =	$k_{\text{mod}} * f_{t,90,k} / \gamma_M$	= 0,35 N/mm ²



Querschnittswerte und Schnittgrößen:

Bemessungswert der Belastung		
$q_d =$	$1,35 * g_k + 1,5 * q_{s,k}$	$= 7,65 \text{ kN/m}$
$M_{ap,d} =$	$q_d * l^2 / 8$	$= 462,8 \text{ kNm}$
$r =$	$r_{in} * 10^3 + 0,5 * h_{ap}$	$= 8900 \text{ mm}$
$W_{ap} =$	$b * h_{ap}^2 / 6$	$= 27,73 * 10^6 \text{ mm}^3$

Nachweise:

Biegerandspannungen im Firstquerschnitt ($\alpha_{ap} = 0$)

$k_r =$	WENN($r_{in} * 10^3 / t \geq 240; 1; 0,76 + 0,001 * r_{in} * 10^3 / t$)	$= 0,93$
$\sigma_{m,d} =$	$(1 + 0,35 * (h_{ap} / r) + 0,6 * (h_{ap} / r)^2) * M_{ap,d} * 10^6 / W_{ap}$	$= 17,30 \text{ N/mm}^2$
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_r * f_{m,d}}$		$= \underline{0,84 \leq 1}$

Nachweis der Kippstabilität

$l_{ef} =$	$0,5 * l_{Träger} - l_{bo}$	$= 8,67 \text{ m}$
$\eta =$	WENN(BS="Brettschichtholz";1,4;1)	$= 1,4$
$\kappa_m =$	$\sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi * \sqrt{\eta} * E_{0,05} * G_{05}}}$	$= 0,0550$

Kippgefahr: $(l_{ef} * 10^3 * h_{ap} / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2$	$=$	$\underline{0,55 \leq 1}$
--	-----	---------------------------

⇒ *Nachweis der Kippstabilität nicht notwendig*

Querzugspannungen im Firstquerschnitt ($\alpha_{ap} = 0$)

$\sigma_{t,90,d} =$	$0,25 * (h_{ap} / r) * \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} * 10^6$	$= 0,38 \text{ N/mm}^2$
---------------------	--	-------------------------

$V =$	$\delta / 180 * \pi * (h_{ap}^2 + 2 * r_{in} * 10^3 * h_{ap}) * b * 10^{-9}$	$= 1,163 \text{ m}^3$
-------	--	-----------------------

$k_{dis} =$		$1,40$
-------------	--	--------

$k_{vol} =$	$(0,01 / V)^{0,2}$	$= 0,386$
-------------	--------------------	-----------

$\sigma_{t,90,d} / (k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,d})$	$=$	$\underline{2,01 \leq 1}$
--	-----	---------------------------

⇒ *ansonsten Verstärkung zur Aufnahme von Querzugspannungen erforderlich*

$\sigma_{t,90,d} / (1,15 * (600 / h_{ap})^{0,3} * f_{t,90,d})$	$=$	$\underline{1,03 \leq 1}$
--	-----	---------------------------

⇒ *ansonsten Verstärkung zur Aufnahme klimabedingter Querzugspannungen erforderlich*

Gewählte Verstärkung:

Verstärkung Bez =	GEW("EC5_de/Gew"; Bez;)	= Gewindestange
Festigkeitsklasse FKv =	GEW("EC5_de/Gew"; FK;Bez=Bez)	= 4,8
Durchmesser $d_r =$	GEW("EC5_de/Gew"; d;FK=FKv)	= 8 mm
Stablänge $l_{St} =$		700 mm
Stabanzahl $n =$		2
Streckgrenze $f_{y,k} =$	TAB("EC5_de/Gew"; fybk;FK=FKv;d=dr)	= 320 N/mm ²
Spannungsquerschnitt $A_{ef} =$	TAB("EC5_de/Gew"; A;d=dr;Bez=Bez)	= 48,1 mm ²
Tragfähigkeit $N_{Rd} =$	TAB("EC5_de/Gew"; NRd;FK=FKv;d=dr;Bez=Bez)*10 ³	=
wirks. Verankerungslänge $l_{ad} = l_{St} / 2$		= 350,0 mm

eingeklebte Gewindestangen M8, Festigkeitsklasse 4.8, Mindestlänge 700 mm, zweireihig, Abstände $a_1 = 250\text{mm}$; $a = 370\text{mm}$



Tragfähigkeit der Klebefuge:



$$\text{Klebefugenspannung } \tau_{\text{ef,d}} = \frac{F_{\text{t,90,d}}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{\text{ad}}} = 0,69 \text{ N/mm}^2$$

Erforderlicher Abstand $\leq a_1$ der Verstärkungen in Trägerlängsrichtung in den *beiden inneren Vierteln* des querzugbelasteten Bereichs

$$a_1 = \text{MIN}(N_{\text{Rd}}, F_{\text{t,90,d}}) \cdot n / (\sigma_{\text{t,90,d}} \cdot b) = 246,56 \text{ mm}$$

$$a_{1_gew} = 250 \text{ mm}$$

Überprüfung des Abstandes

$$250 / a_{1_gew} = \underline{1,00 \leq 1}$$

$$a_{1_gew} / (0,75 \cdot h_{\text{ap}}) = \underline{0,42 \leq 1}$$

Erforderlicher Abstand der Verstärkungen in den *beiden äußeren Vierteln* des querzugbelasteten Bereiches

$$a = 3 / 2 \cdot a_1 = 369,8 \text{ mm}$$

$$a_{gew} = 370 \text{ mm}$$

Überprüfung des Abstandes

$$250 / a_{gew} = \underline{0,68 \leq 1}$$

$$a_{gew} / (0,75 \cdot h_{\text{ap}}) = \underline{0,62 \leq 1}$$

⇒ Da im Firstquerschnitt die Querschnittsschwächung aus der Bohrung für die Gewindestangen in der Biegezugzone liegt, muss dies beim Spannungsnachweis berücksichtigt werden.

$$b_n = b - n \cdot d_r = 244 \text{ mm}$$

$$W_{\text{ap,net}} = b_n \cdot h_{\text{ap}}^2 / 6 = 26,03 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{\text{m,d}} = (1 + 0,35 \cdot (h_{\text{ap}} / r) + 0,6 \cdot (h_{\text{ap}} / r)^2) \cdot \frac{M_{\text{ap,d}}}{W_{\text{ap,net}}} \cdot 10^6 = 18,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{\text{m,d}}}{k_r \cdot f_{\text{m,d}}} = \underline{0,89 \leq 1}$$



Gebrauchstauglichkeitsnachweis:

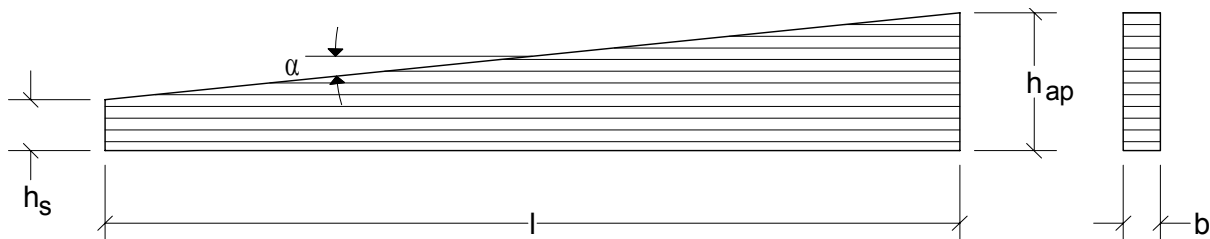
$$\begin{aligned} \text{Beiwert } \psi_2 &= 0,00 \\ k_{\text{def}} &= \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{\text{def}}; B=\text{BS}; N=\text{NK}) = 0,60 \\ I_y &= b \cdot h_{\text{ap}}^3 / 12 = 11093 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ \text{Durchbiegung aus ständiger Last} \\ u_{\text{inst,G}} &= \frac{5 \cdot g_k \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{384 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_y} \cdot \frac{l_{\text{Träger}}}{l} = 31,39 \text{ mm} \\ \text{Durchbiegung aus veränderlicher Last} \\ u_{\text{inst,Q,1}} &= q_{s,k} / g_k \cdot u_{\text{inst,G}} = 78,47 \text{ mm} \\ \text{a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): } w_{\text{grenz}} &\leq l / 500 \text{ bis } l / 300 \\ u_{\text{inst}} &= u_{\text{inst,G}} + u_{\text{inst,Q,1}} = 109,9 \text{ mm} \\ \text{gewählt } u_{\text{grenz}} &= l \cdot 10^3 / 300 = 73,33 \text{ mm} \\ u_{\text{inst}} / u_{\text{grenz}} &= \underline{\underline{1,50 \leq 1}} \\ \text{b) Enddurchbiegung (mit Kriechanteilen) } w_{\text{grenz,fin}} &\leq l / 300 \text{ bis } l / 150 \end{aligned}$$



vereinfacht, da alle Tragwerksteile den gleichen Verformungsbeiwert k_{def} aufweisen:

$$\begin{aligned} u_{\text{fin}} &= u_{\text{fin,G}} + u_{\text{fin,Q,1}} = 128,69 \text{ mm} \\ \text{gewählt } u_{\text{grenz,fin}} &= l \cdot 10^3 / 150 = 146,67 \text{ mm} \\ u_{\text{fin}} / u_{\text{grenz,fin}} &= \underline{\underline{0,88 \leq 1}} \\ \text{c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: } w_{\text{grenz,net,fin}} &\leq l / 350 \text{ bis } l / 250 \\ u_{\text{net,fin}} &= u_{\text{fin}} - w_c = 68,69 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} &= l \cdot 10^3 / 250 = 88,00 \text{ mm} \\ u_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} &= \underline{\underline{0,78 \leq 1}} \end{aligned}$$

Pulldachträger



System:

Stützweite $l =$	12,00 m
Trägerhöhe $h_s =$	360,0 mm
Trägerhöhe $h_{ap} =$	1200,0 mm
Trägerbreite $b =$	180,0 mm
Überhöhung $w_c =$	0 mm

Neigungswinkel Trägeroberkante:

$$\alpha = \text{ATAN}((h_{ap} - h_s) \cdot 10^{-3} / l) = 4,0^\circ$$

Einwirkungen:

Eigenlast $g_k =$	2,40 kN/m
Schneelast $q_{s,k} =$	4,60 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90

$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft90k; FK=FK)	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	2,70 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³

$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11600 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	9670 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	720 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	600 N/mm ²

Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$	1,30
---------------------------------	------

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$k_{hy} =$	WENN($\rho_k \leq 700$ UND $h_s < 150$; MIN($(150/h_s)^{0,2}$; 1,3); 1)	=	1,0
$k_{hy} =$	WENN(BS \neq "Brettschichtholz"; k_{hy} ; WENN($h_{ap} < 600$; MIN($(600/h_{ap})^{0,1}$; 1,1); 1))	=	1,0
$f_{m,d} =$	$k_{hy} \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	=	16,62 N/mm ²
$f_{c,90,d} =$	$f_{c,90,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M$	=	1,87 N/mm ²
$f_{t,90,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$	=	0,35 N/mm ²
$f_{v,d} =$	$k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	=	2,42 N/mm ²



Querschnittswerte und Schnittgrößen:

$$\begin{aligned} \text{Bemessungswert der Belastung} \\ q_d &= 1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_{s,k} &= 10,14 \text{ kN/m} \\ \text{Position } x \text{ mit der höchsten Biegerandspannung und Trägerhöhe } h_x \\ x &= \frac{l}{1 + h_{ap}/h_s} \cdot 10^3 &= 2769 \text{ mm} \\ h_x &= h_s + x \cdot \tan(\alpha) &= 553,6 \text{ mm} \\ \text{Biegemoment bei Position } x \\ V_d &= q_d \cdot l/2 &= 60,84 \text{ kN} \\ M_{d,x} &= V_d \cdot x \cdot 10^{-3} - q_d \cdot (x \cdot 10^{-3})^2 / 2 &= 129,6 \text{ kNm} \\ W_x &= b \cdot h_x^2 / 6 &= 9,19 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ W_{ap} &= b \cdot h_{ap}^2 / 6 &= 43,20 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Nachweise:

Schub

Berechnung der reduzierten Querkraft am Auflager:

$$\begin{aligned} V_{d,red} &= \frac{V_d}{l} \cdot \left(l - \left(\frac{l}{2} + h_s \right) \cdot 10^{-3} \right) &= 58,98 \text{ kN} \\ h_{red} &= h_s \cdot (h_{ap} - h_s) / (l / 2 \cdot 10^3 - h_s) + h_s &= 413,6 \text{ mm} \\ A_{red} &= b \cdot h_{red} &= 74 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ k_{cr} &= \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Vollholz"}; 2/f_{v,k}; \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 2,5/f_{v,k}; 1)) &= 0,71 \\ \tau_{d,red} &= 1,5 \cdot \frac{V_{d,red} \cdot 10^3}{k_{cr} \cdot A_{red}} &= 1,68 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d} &= f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M &= 2,42 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{d,red} / f_{v,d} & &= \underline{\underline{0,69 \leq 1}} \end{aligned}$$

Biegespannung am Rand parallel zur Faser (unten, Stelle x)

$$\begin{aligned} \sigma_{m,0,d} &= M_{d,x} \cdot 10^6 / W_x &= 14,10 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{m,0,d} / f_{m,d} & &= \underline{\underline{0,85 \leq 1}} \end{aligned}$$

Biegespannung am Rand schräg zur Faser (oben, Stelle x)

$$\begin{aligned} \sigma_{m,\alpha,d} &= \sigma_{m,0,d} &= 14,10 \text{ N/mm}^2 \\ k_{m,\alpha} &= \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan(\alpha) \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} \cdot (\tan(\alpha))^2}{f_{c,90,d}} \right)^2}} &= 0,952 \\ \sigma_{m,\alpha,d} &= \sigma_{m,0,d} &= 14,10 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{m,\alpha,d} / (k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}) & &= \underline{\underline{0,89 \leq 1}} \end{aligned}$$



Nachweis der Kippstabilität :

$$\begin{aligned} \text{Querschnittshöhe im Abstand der 0,65-fachen Länge vom "kleineren" Stabende} \\ h &= 0,65 \cdot (h_{ap} - h_s) + h_s &= & 906 \text{ mm} \\ M_{\max} &= q_d \cdot l^2 / 8 &= & 182,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Bestimmung von l_{ef} nach NCI NA.13.3



$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left(1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right)} = 11,91 \text{ m}$$

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung
 $\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1,4; 1)$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta} \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}} = 0,0518$$

\Rightarrow keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = 1,59 \leq 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot 10^3 \cdot h}{b^2}} = 0,945$$

$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,851$$

Kippnachweis für den faserparallelen Rand unten

$$\sigma_{m,0,d} = M_{\max} \cdot 10^6 \cdot 6 / (b \cdot h^2) = 7,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = 0,52 \leq 1$$

Kippnachweis für den angeschnittenen Rand oben (Druckbereich)

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = 7,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} / (k_{m,\alpha} \cdot k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0,55 \leq 1$$

\Rightarrow keine weiteren Kippstabilisierungen notwendig



Gebrauchstauglichkeitsnachweis:

$$\begin{aligned} \text{Beiwert } \psi_2 &= && 0,00 \\ k_{\text{def}} &= \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod"}; k_{\text{def}}; B=\text{BS}; N=\text{NK}) &= & 0,60 \\ k_1 &= 0,15 + 0,85 \cdot \frac{h_s}{h_{\text{ap}}} - 0,2 \cdot \left(1 - \left(\frac{h_s}{h_{\text{ap}}} \right)^3 \right) &= & 0,21 \\ I_s &= k_1 \cdot b \cdot h_{\text{ap}}^3 / 12 &= & 5443,2 \cdot 10^6 \text{ mm} \\ \text{Durchbiegung aus ständiger Last} \\ u_{\text{inst,G}} &= \frac{5 \cdot g_k \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{384 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_s} &= & 10,26 \text{ mm} \\ \text{Durchbiegung aus veränderlicher Last} \\ u_{\text{inst,Q,1}} &= q_{s,k} / g_k \cdot u_{\text{inst,G}} &= & 19,66 \text{ mm} \\ \text{a) Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): } w_{\text{grenz}} &\leq l / 500 \text{ bis } l / 300 \\ u_{\text{inst}} &= u_{\text{inst,G}} + u_{\text{inst,Q,1}} &= & 29,9 \text{ mm} \\ \text{gewählt } u_{\text{grenz}} &= l \cdot 10^3 / 300 &= & 40,00 \text{ mm} \\ u_{\text{inst}} / u_{\text{grenz}} &= &= & \underline{0,75 \leq 1} \\ \text{b) Enddurchbiegung (mit Kriechanteilen) } w_{\text{grenz,fin}} &\leq l / 300 \text{ bis } l / 150 \end{aligned}$$



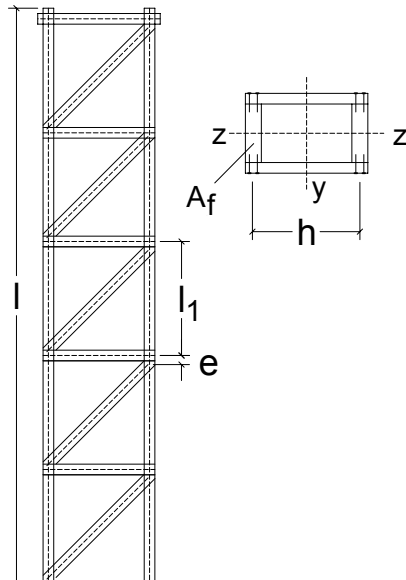
vereinfacht, da alle Tragwerksteile den gleichen Verformungsbeiwert k_{def} aufweisen:

$$\begin{aligned} u_{\text{fin}} &= u_{\text{fin,G}} + u_{\text{fin,Q,1}} &= & 36,08 \text{ mm} \\ \text{gewählt } u_{\text{grenz,fin}} &= l \cdot 10^3 / 150 &= & 80,00 \text{ mm} \\ u_{\text{fin}} / u_{\text{grenz,fin}} &= &= & \underline{0,45 \leq 1} \\ \text{c) Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: } w_{\text{grenz,net,fin}} &\leq l / 350 \text{ bis } l / 250 \\ u_{\text{net,fin}} &= u_{\text{fin}} - w_c &= & 36,08 \text{ mm} \\ \text{gewählt } w_{\text{grenz,net,fin}} &= l \cdot 10^3 / 250 &= & 48,00 \text{ mm} \\ u_{\text{net,fin}} / w_{\text{grenz,net,fin}} &= &= & \underline{0,75 \leq 1} \end{aligned}$$

Kapitel Zusammengesetzte Stäbe

N-Gitterstab

Der Gitterstab ist bezüglich der y- und z-Achse des Querschnitts symmetrisch. Die Vergitterung auf den beiden Seiten darf um ein Maß $l_1 / 2$ versetzt sein, wobei l_1 der Knotenabstand ist; es sind mindestens drei Felder vorhanden; die Stabenden sind ausgesteift; ein lokales Ausknicken der Gurte mit den Knicklängen l_1 ist ausgeschlossen;



System:

Knicklänge $l =$	4,41 m
Abstand $l_1 =$	850 mm
Höhe $h =$	660 mm
Pfosten $b_f =$	140 mm
Pfosten $h_f =$	60 mm
Strebe $b_s =$	80 mm
Strebe $h_s =$	24 mm
Strebenneigung $\delta =$	57,20 °

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k} =$	12,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k} =$	20,00 kN
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$	1,30

Material:

Pfosten:			
Material $BS_1 =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK_1 =$	GEW("EC5_de/mat";FK; B=BS ₁)	=	C24
Strebe:			
Material $BS_2 =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK_2 =$	GEW("EC5_de/mat";FK; B=BS ₂)	=	C24
Nutzungsstufe $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS ₁)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
Verbindungsmittel:			
VM Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N=1)	=	Nagel
Größe $d_{x1} =$	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	3.8x100



Beidseits je Strebenanschluß

Nagelanzahl pro Strebenanschluß $n = 8$

Durchmesser $d =$	TAB("EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	3,80 mm
Nagellänge $l_s =$	TAB("EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	100,0 mm
$f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl)	=	600 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK1)	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,0,k,S} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK2)	=	21,00 N/mm ²
$E_1 =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK1)	=	11000 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK1)	=	7330 N/mm ²
$E_2 =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK2)	=	11000 N/mm ²
$E_{0,05,S} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK2)	=	7330 N/mm ²
$\rho_{k1} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK1)	=	350 kg/m ³
$\rho_{k2} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK2)	=	350 kg/m ³
$k_{mod1} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS ₁ ; K=KLED;N=NK)	=	0,80
$k_{mod2} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS ₂ ; K=KLED;N=NK)	=	0,80

Bemessungswerte der Festigkeiten

$f_{c,0,d} =$	$k_{mod1} * f_{c,0,k} / \gamma_M$	=	12,92 N/mm ²
$f_{c,0,d,S} =$	$k_{mod2} * f_{c,0,k,S} / \gamma_M$	=	12,92 N/mm ²

Berechnung:

$$F_d = 1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k} = 46,20 \text{ kN}$$

Druckbeanspruchung Pfosten:

$$A_{f,tot} = b_f * h_f * 2 = 16,80 * 10^3 \text{ mm}^2$$
$$\sigma_{c,0,d,P} = \frac{F_d * 10^3}{A_{f,tot}} = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

Druckbeanspruchung Strebe:

$$A_{D,tot} = b_s * h_s * 2 = 3,84 * 10^3 \text{ mm}^2$$

Beiwert für Gitterstäbe:

$$\rho_k = \frac{\sqrt{\rho_{k1} * \rho_{k2}}}{1,5} = 350 \text{ kg/m}^3$$
$$K_{ser} = \frac{\rho_k}{30} * d^{0,8} = 635,05 \text{ N/mm}$$
$$K_{u,mean} = 2 / 3 * K_{ser} = 423,37 \text{ N/mm}^2$$
$$\mu = \frac{50 * h * E_1 * h_f * b_f * 10^{-6}}{l^2 * n * K_{u,mean} * \sin(2 * \delta)} = 50,83$$

Für das Ausknicken in z-Richtung

$$\lambda_{ef,y} = \text{MAX} \left(2 * \frac{l * 10^3}{h} * \sqrt{1 + \mu}; 1,05 * \frac{l * 10^3}{h} \right) = 96,21$$

Für das Ausknicken in y-Richtung

$$\lambda_{ef,z} = \frac{l * 10^3}{0,289 * b_f} = 109,00$$



bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{\text{rel},c,z} = \frac{\lambda_{\text{ef},z} * \sqrt{f_{c,0,k}}}{\pi * \sqrt{E_{0,05}}} = 1,86$$

$$\lambda_{\text{ef}} = \text{MAX}(\lambda_{\text{ef},z}; \lambda_{\text{ef},y}) = 109,00$$

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{(\lambda_{\text{ef}} / \pi) * \sqrt{f_{c,0,k}}}{\sqrt{E_{0,05}}} = 1,86$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}_1 = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_c = \frac{0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2)}{1} = 2,39$$

$$k_c = \frac{1}{k_c + \sqrt{k_c^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}} = 0,257$$

Die Beanspruchung eines Verbindungsmittels berechnet sich nach Anhang B (informativ):

$$f = \text{WENN}(\lambda_{\text{ef},y} \leq 30; 1/120; \text{WENN}(\lambda_{\text{ef},y} < 60; \lambda_{\text{ef},y} / 3600; 1/60)) = 0,017$$

$$D = \frac{F_d * 10^3}{k_c * \sin(\delta)} * f = 3635,68 \text{ N}$$

$$\sigma_{c,0,d,S} = \frac{D}{A_{D,\text{tot}}} = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbindungsmittel:



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\text{Verhältniswert } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1,00$$

$$t_{1,\text{req}} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 35 \text{ mm}$$

$$t_{2,\text{req}} = 1,15 * \left(2 * \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 35 \text{ mm}$$

$$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,\text{req}}}; \frac{t_2}{t_{2,\text{req}}}; 1\right) = 0,69$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} * k_2 = 634,72 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = \sqrt{(k_{\text{mod}1} * k_{\text{mod}2})} * F_{v,Rk} / 1,1 = 462 \text{ N}$$



Nachweis in den Grenzzuständen

Gurtschlankheit:

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{(0,289 * \text{MIN}(h_f; b_f))} = 49,02$$
$$\lambda_1 / 60 = \underline{\underline{0,82 \leq 1}}$$

Pfosten:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,P}}{k_c * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,83 \leq 1}}$$

Streben:

$$l_s = \frac{l_1}{2 * \cos(\delta)} = 784,56 \text{ mm}$$

$$\lambda_{ef,S} = \text{MAX}\left(\frac{l_s}{0,289 * b_s}; \frac{l_s}{0,289 * h_s}\right) = 113,11$$

$$\lambda_{rel,c,S} = \frac{\lambda_{ef,S}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k,S}}{E_{0,05,S}}} = 1,93$$

$$\beta_{c,S} = \text{WENN}(\text{BS2}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_c = \frac{0,5 * (1 + \beta_{c,S} * (\lambda_{rel,c,S} - 0,3) + \lambda_{rel,c,S}^2)}{1} = 2,53$$

$$k_{c,S} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_c + \sqrt{k_c^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}}; 1\right) = 0,24$$

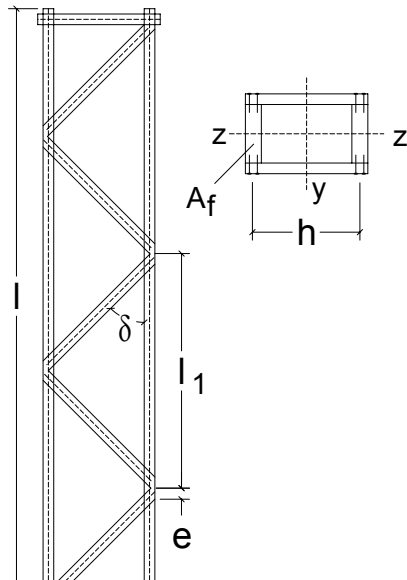
$$\frac{\sigma_{c,0,d,S}}{k_{c,S} * f_{c,0,d,S}} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel:

$$\frac{D}{n * F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,98 \leq 1}}$$

V-Gitterstab

Der Gitterstab ist bezüglich der y- und z-Achse des Querschnitts symmetrisch. Die Vergitterung auf den beiden Seiten darf um ein Maß $l_1 / 2$ versetzt sein, wobei l_1 der Knotenabstand ist; es sind mindestens drei Felder vorhanden; die Stabenden sind ausgesteift; ein lokales Ausknicken der Gurte mit den Knicklängen l_1 ist ausgeschlossen;



System:

Knicklänge $l =$	4,41 m
Abstand $l_1 =$	850 mm
Höhe $h =$	660 mm
Pfosten $b_f =$	140 mm
Pfosten $h_f =$	60 mm
Strebe $b_s =$	80 mm
Strebe $h_s =$	24 mm
Strebenneigung $\delta =$	57,20 °

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k} =$	12,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k} =$	20,00 kN
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$	1,30

Material:

Pfosten:		
Material $BS_1 =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK_1 =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS ₁)	= C24
Strebe:		
Material $BS_2 =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK_2 =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS ₂)	= C24
Nutzungsklasse $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS ₁)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= mittel
Verbindungsmittel:		
VM Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N=1)	= Nagel
Größe $dxl =$	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ)	= 3.1x65



Beidseits je Strebenanschluß

Nagelanzahl pro Strebenanschluß $n = 8$

Durchmesser $d = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=dxl}) = 3,10 \text{ mm}$

Nagellänge $l_s = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=dxl}) = 65,0 \text{ mm}$

$f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl}) = 600 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,0,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";fc0k;FK=FK1}) = 21,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,0,k,S} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";fc0k;FK=FK2}) = 21,00 \text{ N/mm}^2$

$E_1 = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";E0mean;FK=FK1}) = 11000 \text{ N/mm}^2$

$E_{0,05} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";E005;FK=FK1}) = 7330 \text{ N/mm}^2$

$E_2 = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";E0mean;FK=FK2}) = 11000 \text{ N/mm}^2$

$E_{0,05,S} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";E005;FK=FK2}) = 7330 \text{ N/mm}^2$

$\rho_{k1} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";rhok;FK=FK1}) = 350 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{k2} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";rhok;FK=FK2}) = 350 \text{ kg/m}^3$

$k_{mod1} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod";kmod;B=BS1;K=KLED;N=NK}) = 0,80$

$k_{mod2} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mod";kmod;B=BS2;K=KLED;N=NK}) = 0,80$

Bemessungswerte der Festigkeiten

$f_{c,0,d} = k_{mod1} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,92 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,0,d,S} = k_{mod2} * f_{c,0,k,S} / \gamma_M = 12,92 \text{ N/mm}^2$

Berechnung:

$F_d = 1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k} = 46,20 \text{ kN}$

Druckbeanspruchung Pfosten:

$A_{f,tot} = b_f * h_f * 2 = 16,80 * 10^3 \text{ mm}^2$

$\sigma_{c,0,d,P} = \frac{F_d * 10^3}{A_{f,tot}} = 2,75 \text{ N/mm}^2$

Druckbeanspruchung Strebe:

$A_{D,tot} = b_s * h_s * 2 = 3,84 * 10^3 \text{ mm}^2$

Beiwert für Gitterstäbe:

$\rho_k = \frac{\sqrt{\rho_{k1} * \rho_{k2}}}{1,5} = 350 \text{ kg/m}^3$

$K_{ser} = \frac{\rho_k}{30} * d^{0,8} = 539,60 \text{ N/mm}$

$K_{u,mean} = 2 / 3 * K_{ser} = 359,73 \text{ N/mm}^2$

$\mu = \frac{25 * h * E_1 * h_f * b_f * 10^{-6}}{l^2 * n * K_{u,mean} * \sin(2 * \delta)} = 29,91$

Für das Ausknicken in z-Richtung

$\lambda_{ef,y} = \text{MAX}\left(2 * \frac{l * 10^3}{h} * \sqrt{1 + \mu}; 1,05 * \frac{l * 10^3}{h}\right) = 74,30$

Für das Ausknicken in y-Richtung

$\lambda_{ef,z} = \frac{l * 10^3}{0,289 * b_f} = 109,00$



bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{\text{rel},c,z} = \frac{\lambda_{\text{ef},z} * \sqrt{f_{c,0,k}}}{\pi * \sqrt{E_{0,05}}} = 1,86$$

$$\lambda_{\text{ef}} = \text{MAX}(\lambda_{\text{ef},z}; \lambda_{\text{ef},y}) = 109,00$$

$$\lambda_{\text{rel},c} = (\lambda_{\text{ef}} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,86$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}_1 = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_c = \frac{0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2)}{1} = 2,39$$

$$k_c = \frac{1}{k_c + \sqrt{k_c^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}} = 0,257$$

Die Beanspruchung eines Verbindungsmittels berechnet sich nach Anhang B (informativ):

$$f = \text{WENN}(\lambda_{\text{ef},y} \leq 30; 1/120; \text{WENN}(\lambda_{\text{ef},y} < 60; \lambda_{\text{ef},y} / 3600; 1/60)) = 0,017$$

$$D = \frac{F_d * 10^3}{k_c * \sin(\delta)} * f = 3635,68 \text{ N}$$

$$\sigma_{c,0,d,S} = \frac{D}{A_{D,\text{tot}}} = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbindungsmittel:



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$t_{1,\text{req}} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 29 \text{ mm}$$

$$t_{2,\text{req}} = 1,15 * \left(2 * \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 29 \text{ mm}$$

$$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,\text{req}}}; \frac{t_2}{t_{2,\text{req}}}; 1\right) = 0,83$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} * k_2 = 545,62 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = \sqrt{(k_{\text{mod}1} * k_{\text{mod}2})} * F_{v,Rk} / 1,1 = 397 \text{ N}$$



Nachweis in den Grenzzuständen:

Gurtschlankheit:

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{(0,289 * \text{MIN}(h_f; b_f))} = 49,02$$
$$\frac{\lambda_1}{60} = \underline{\underline{0,82 \leq 1}}$$

Pfosten:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,P}}{k_c * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,83 \leq 1}}$$

Streben:

$$l_s = \frac{l_1}{2 * \cos(\delta)} = 784,56 \text{ mm}$$

$$\lambda_{ef,S} = \text{MAX}\left(\frac{l_s}{0,289 * b_s}; \frac{l_s}{0,289 * h_s}\right) = 113,11$$

$$\lambda_{rel,c,S} = \frac{\lambda_{ef,S}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k,S}}{E_{0,05,S}}} = 1,93$$

$$\beta_{c,S} = \text{WENN}(\text{BS2}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_c = \frac{0,5 * (1 + \beta_{c,S} * (\lambda_{rel,c,S} - 0,3) + \lambda_{rel,c,S}^2)}{1} = 2,53$$

$$k_{c,S} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_c + \sqrt{k_c^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}}; 1\right) = 0,24$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d,S}}{k_{c,S} * f_{c,0,d,S}} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel:

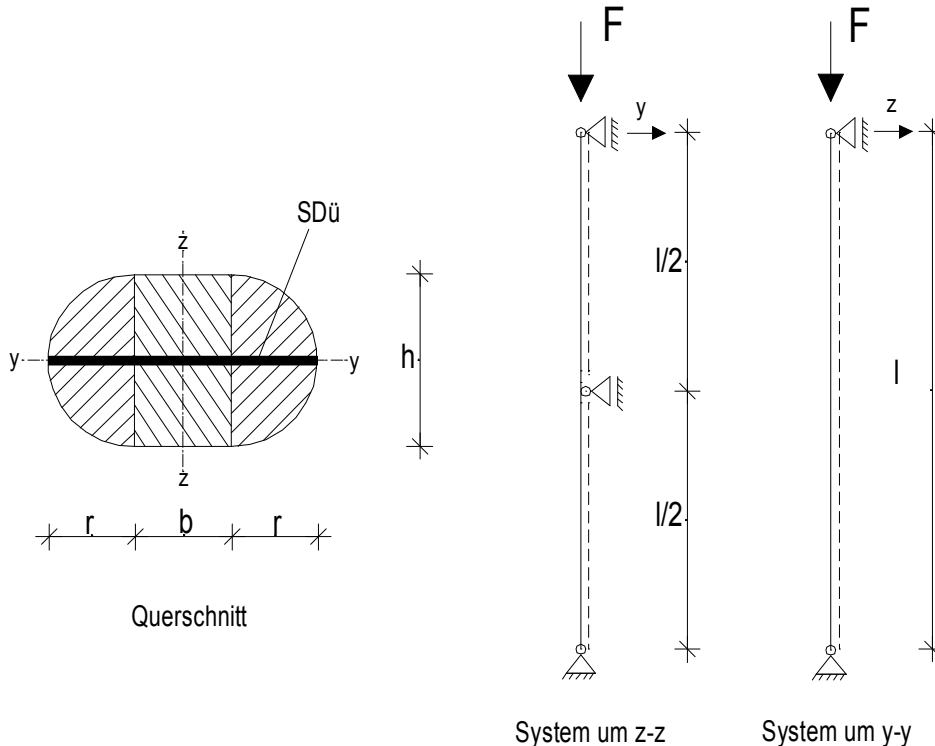
$$\frac{D}{n * F_{v,Rd}} = \underline{\underline{1,14 \leq 1}}$$

Zusammengesetzter Druckstab mit nachgiebigem Verbund

beidseitig gelenkig gelagert; planmäßig mittig belastet; gleicher Holzwerkstoff

⇒ Bestimmung der Flächenmomente 2. Grades I_y und $I_{ef,z}$ und die Trägheitsradien i_y und $i_{ef,z}$.

⇒ Berechnung des maximalen Bemessungswert der Stützenlast



System:

Das Rundholz ist auf einen konstanten Durchmesser gefräst. Querschnittsschwächungen werden vernachlässigt. Die SDü werden nicht nachgewiesen.

Knicklänge $l_y = 5,50$ m

Knicklänge $l_z = l_y / 2 = 2,75$ m

Kantholz Breite $b = 125$ mm

Kantholz Höhe $h = 240$ mm

Rundholz Durchmesser $d = h = 240$ mm

Holz:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	ständig
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,60
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	30,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	23,00 N/mm ²
$E_{0mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	12000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	8000,00 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Erhöhung der char. Werte ist nicht zulässig, da Faser durch Fräsen angeschnitten.			
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	23,00 N/mm ²
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	30,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

**Verbindungsmittel:**

Verbindungsmittel Typ =	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("EC5_de/MM";Bez;Typ=Typ) = S 355
Durchmesser d_S =	20 mm
Abstand der Verbindungsmittel untereinander s =	250,0 mm

Querschnittswerte :

y-Achse



$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \underline{\underline{63,9 \text{ mm}}}$$

z- Achse nach γ -Verfahren
Verschiebungsmodul für SDü

$$K_{ser} = \frac{\rho_k}{23} \cdot d_S^{1,5} = 6441,36 \text{ N/mm}$$

$$K = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = 4294,24 \text{ N/mm}$$

Berechnung der Nachgiebigkeitsfaktoren

$$E = E_{0mean} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_1 A_1 = \frac{E \cdot 0,5 \cdot A_1}{1} = 271 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_1 A_1 \cdot s}{K \cdot (I_y \cdot 10^3)^2} \right)}$$

$$I_{ef,z} = 2 \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^4 \cdot \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9 \cdot \pi} \right) + \frac{h \cdot b^3}{12} + 2 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{8} \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{4 \cdot d}{3 \cdot \pi} \right)^2 = \underline{\underline{179 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}}$$

$$i_{ef,z} = \sqrt{\frac{I_{ef,z}}{A}} = \underline{\underline{48,8 \text{ mm}}}$$



Maximaler Bemessungswert der Stützenlast

Knicken um y- Achse

$$\lambda_y = \frac{l_y \cdot 10^3}{i_y} = 86,1$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,47$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,70$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,392$$

Knicken um z- Achse

$$\lambda_{ef,z} = \frac{l_z \cdot 10^3}{i_{ef,z}} = 56,4$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_{ef,z} / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,96$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,03$$

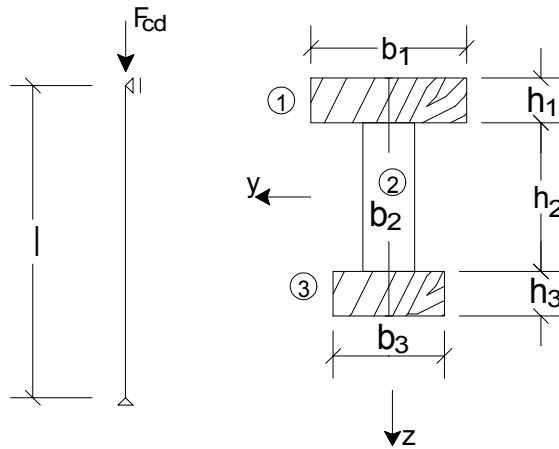
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,713$$

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 10,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\max F_d = A \cdot f_{c,0,d} \cdot \text{MIN}(k_{c,y}; k_{c,z}) \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{313,1 \text{ kN}}}$$

Mehrteiliger Druckstab, kontinuierlich verbunden ohne Spreizung

Nagellöcher nicht vorgebohrt, einheitliches Material



System:

Stütze $l = 4,00 \text{ m}$

Querschnitt 2 (Steg)

Breite $b_2 = 60 \text{ mm}$

Höhe $h_2 = 160 \text{ mm}$

Querschnitt 1

Breite $b_1 = 200 \text{ mm}$

Höhe $h_1 = 50 \text{ mm}$

Querschnitt 3

Breite $b_3 = 200 \text{ mm}$

Höhe $h_3 = 50 \text{ mm}$

Abstand der einreihigen Verbindungsmittel über die das Querschnittsteil i an das Querschnittsteil 2 nachgiebig angeschlossen ist.

Abstand VM $s_i = 50,0 \text{ mm}$

Belastung

Normalkraft $F_{c,d} = 130,00 \text{ kN}$

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ = Nagel

Größe $dxl =$ GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ) = 4.6x130

Durchmesser $d =$ TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl) = 4,60 mm

Nagellänge $l_s =$ TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl) = 130,0 mm

$f_{u,k} =$ TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl) = 600 N/mm²

Sicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,30$

**Bemessungswert der Festigkeiten:**

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

QuerschnittswerteDruck in Faserrichtung

$$\sigma_{c,0,d} = F_{c,d} * 10^3 / A_{\text{tot}} = 4,39 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = \underline{\underline{0,30 \leq 1}}$$

Knicken in y-Richtung (Knicken um die z-Achse)

$$l_{\text{ef},z} = l = 4,00 \text{ m}$$

Trägheitsradius i_z

$$I_z = \sum_{i=1}^3 I_{i,z} = 69,546 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{I_z / A_{\text{tot}}} = 48,47 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = l_{\text{ef},z} * 10^3 / i_z = 82,53$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{\text{rel},z} = (\lambda_z / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,41$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2) = 1,61$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}} = 0,419$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,72 \leq 1}}$$



Knicken in z-Richtung (Knicken um die y-Achse)

E-Modul und Verschiebungsmodul Anfangszustand

$$E_1 = E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_2 = E_1 = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_3 = E_1 = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{ser} = \frac{\rho_k^{1,5} * d^{0,8}}{30} = 739,9 \text{ N/mm}$$

$$K_u = \frac{2}{3} * K_{ser} = 493 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_1 * A_1 * s_i^2}{K_u * (I * 10^3)^2}} = 0,127$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$\gamma_3 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_3 * A_3 * s_i^2}{K_u * (I * 10^3)^2}} = 0,127$$

Lage der Spannungsnullebene (a_2) im Anfangszustand, Symmetrie:

$$a_2 = \frac{\gamma_1 * E_1 * A_1 * (h_1 + h_2) - \gamma_3 * E_3 * A_3 * (h_2 + h_3)}{2 * \sum_{i=1}^3 \gamma_i * E_i * A_i} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 105,0 \text{ mm}$$

$$a_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} + a_2 = 105,0 \text{ mm}$$

Effektive Biegesteifigkeit im Anfangszustand:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i * I_{i,y} + \gamma_i * E_i * A_i * a_i^2) = 0,579 * 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$I_{ef} = \sum_{i=1}^3 (I_{i,y} + \gamma_i * A_i * a_i^2) = 52,650 * 10^6 \text{ mm}^4$$



wirksamer Schlankheitsgrad

$$\lambda_{ef,y} = l * 10^3 * \sqrt{(A_{tot} / I_{ef})} = 94,84$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_{ef,y} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,62$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,94$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,306$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Beanspruchung der Verbindungsmittel:

$$f = \text{WENN}(\lambda_{ef,y} \leq 30; 1/120; \text{WENN}(\lambda_{ef,y} < 60; \lambda_{ef,y} / 3600; 1/60)) = 0,017$$

$$V_d = \frac{F_{c,d} * 10^3}{k_{c,y}} * f = 7222,22 \text{ N}$$

Bemessungswert der Scherkraft in der Anschlussfuge im Anfangszustand:

$$F_{1,v,Ed} = V_d * \gamma_1 * E_1 * \frac{A_1 * a_1 * s_i}{E_{ef}} = 915 \text{ N}$$

$$F_{3,v,Ed} = V_d * \gamma_3 * E_3 * \frac{A_3 * a_3 * s_i}{E_{ef}} = 915 \text{ N}$$

Bemessungswert der Verbindungsmittel

Obergurt:



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$t_{1,req} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 42 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = t_{1,req} = 42 \text{ mm}$$

$$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,req}}; \frac{t_2}{t_{2,req}}; 1\right) = 1,00$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk,1} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} * k_2 = 1260,90 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,1} = k_{mod} * F_{v,Rk,1} / 1,1 = 1032 \text{ N}$$



Holzbau nach EN 1995

Kapitel Zusammengesetzte Stäbe

DIN
EN 1995

Seite: 239

Untergurt:

$$t_1 = h_3 = 50,0 \text{ mm}$$

$$t_2 = l_s - h_3 = 80,0 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,00$$

$$t_{1,req} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 42 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = t_{1,req} = 42 \text{ mm}$$

$$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,req}}; \frac{t_2}{t_{2,req}}; 1\right) = 1,00$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk,3} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} * k_2 = 1260,90 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,3} = k_{mod} * F_{v,Rk,3} / 1,1 = 1032 \text{ N}$$

Nachweis:

$$\frac{F_{1,v,Ed}}{F_{v,Rd,1}} = \underline{\underline{0,89 \leq 1}}$$

$$F_{v,Rd,1}$$

$$\frac{F_{3,v,Ed}}{F_{v,Rd,3}} = \underline{\underline{0,89 \leq 1}}$$

$$F_{v,Rd,3}$$

Mindestholzdicke in nicht vorgebohrten Nagelverbindungen zur Vermeidung der Spaltgefahr

Software zur Dokumentation und Berechnung



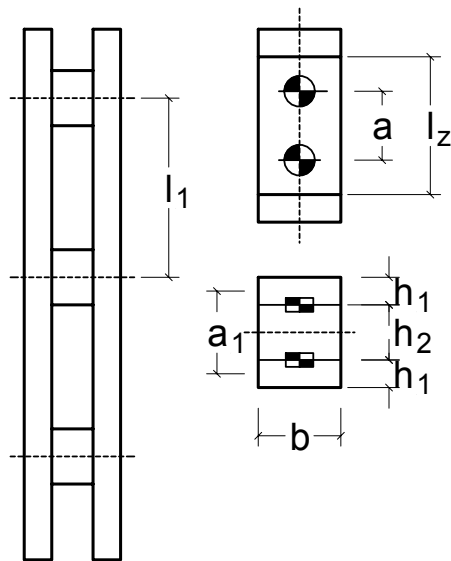
Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$t_{min} = \text{MAX}(7 * d; (13 * d - 30) * \rho_k / 400) = 32,2 \text{ mm}$$

$$t_{min} / \text{MIN}(h_1; h_2; h_3) = \underline{\underline{0,64 \leq 1}}$$

Zweiteiliger Rahmenstab

die Druckstäbe werden durch Normalkräfte beansprucht; die Querschnitte sind doppelsymmetrisch;



System:

Knicklänge l =	2,45 m
Abstand Zwischenhölzer l_1 =	750,0 mm
Pfostenbreite b_1 =	160,0 mm
Pfostendicke h_1 =	50,0 mm
Dicke Zwischenholz h_2 =	100,0 mm
Länge Zwischenholz l_2 =	250,0 mm
Dübelabstand $a_{Dü}$ =	100 mm
Anzahl der Dübel n =	2

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k}$ =	12,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k}$ =	20,00 kN
Sicherheitsbeiwert γ_M =	1,30

Material:

Stütze:			
Material BS_1 =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("EC5_de/mat";FK; B= BS_1)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_1)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
k_{mod1} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_1 ; K=KLED;N=NK)	=	0,80
$f_{c,0,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_1)	=	21,00 N/mm ²
$f_{v,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fv; FK= FK_1)	=	4,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK= FK_1)	=	7330,00 N/mm ²
ρ_{k1} =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK= FK_1)	=	350 kg/m ³
Zwischenholz:			
Material BS_2 =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("EC5_de/mat";FK; B= BS_2)	=	C24
k_{mod2} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_2 ; K=KLED;N=NK)	=	0,80
$f_{v,k2}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fv; FK= FK_2)	=	4,00 N/mm ²
ρ_{k2} =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK= FK_2)	=	350 kg/m ³
Dübel besonderer Bauart C:			



Holzbau nach EN 1995

Kapitel Zusammengesetzte Stäbe

DIN
EN 1995

Seite: 241

Dübeltyp T =	GEW("EC5_de/DüC"; Typ;)	=	C1
Durchmesser d_c =	GEW("EC5_de/DüC"; dc;)	=	50 mm
Einbindetiefe h_e =	TAB("EC5_de/DüC"; he; dc=dc)	=	6,0 mm
Dübelfehlfläche ΔA =	TAB("EC5_de/DüC"; dA; dc=dc; Typ=T)	=	170 mm ²
Bolzen:			
VM Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N>3)	=	Passbolzen
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	4.6 / 4.8
Ø Bolzen d_S =			12,0 mm
gew. Randabstand $a_{3,t}$ =			130 mm
$f_{u,k}$ =	TAB("Ec5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	400 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$f_{c,0,d1}$ =	$k_{mod1} * f_{c,0,k1} / \gamma_M$	=	12,92 N/mm ²
$f_{v,d1}$ =	$k_{mod1} * f_{v,k1} / \gamma_M$	=	2,46 N/mm ²
$f_{v,d2}$ =	$k_{mod2} * f_{v,k2} / \gamma_M$	=	2,46 N/mm ²

Randbedingungen

lichter Abstand a =	h_2	=	100 mm
$a / (3 * h_1)$		=	<u>0,67 ≤ 1</u>
$1,5 / (l_2 / a)$		=	<u>0,60 ≤ 1</u>

Kontrolle der Mindestholzdicken, Randabstand:

Mind.pfostendicke $t_{1,min}$ =	$2,25 * h_e$	=	14 mm
Mind.holzdicke $t_{2,min}$ =	$3,75 * h_e$	=	23 mm
Mind.randabstand $a_{3,t,min}$ =	$2,0 * d_c$	=	100 mm
$t_{1,min} / h_1$		=	<u>0,28 ≤ 1</u>
$t_{2,min} / h_2$		=	<u>0,23 ≤ 1</u>
$a_{3,t,min} / ((l_2 - a_{Dü}) / 2)$		=	<u>1,33 ≤ 1</u>

Berechnung:

F_d =	$1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k}$	=	46,20 kN
---------	----------------------------------	---	----------

Bemessungswerte der Beanspruchung

A_1 =	$b_1 * h_1$	=	$8,000 * 10^3$ mm ²
A_2 =	$b_1 * h_2$	=	$16,000 * 10^3$ mm ²
A_{tot} =	$n * A_1$	=	$16,000 * 10^3$ mm ²

Druckbeanspruchung Pfosten:

$\sigma_{c,0,d}$ =	$F_d * 10^3 / A_{tot}$	=	2,89 N/mm ²
--------------------	------------------------	---	------------------------

Schlankheitsgrad starre Achse (Knicken um die z-Achse):

I_z =	$n * h_1 * \frac{b_1^3}{12}$	=	$0,034 * 10^9$ mm ⁴
---------	------------------------------	---	--------------------------------

$\lambda_{ef,z}$ =	$\frac{l * 10^3}{\sqrt{\frac{I_z}{A_{tot}}}}$	=	53,15
--------------------	---	---	-------



Schlankheitsgrad nachgiebige Achse (Knicken um die y-Achse):

Anzahl Einzelstäbe n: 2

Knicken in z- Richtung (um die y-Achse)

$$\lambda_1 = \text{MAX}(30; l_1 / h_1 \cdot \sqrt{12}) = 51,96$$
$$a_1 = a + h_1 = 150,0 \text{ mm}$$
$$\lambda = l \cdot 10^3 \cdot \sqrt{\frac{12}{h_1^2 + 3 \cdot a_1^2}} = 32,08$$

EC5-1-1, Anhang C, C.3.2 (2) Tabelle C.1

$$\eta = 2,50$$
$$\lambda_{\text{ef},y} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \cdot \frac{n}{2} \cdot \lambda_1^2} = 88,20$$
$$\lambda_{\text{ef}} = \text{MAX}(\lambda_{\text{ef},z}; \lambda_{\text{ef},y}) = 88,20$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{\text{rel},c} = (\lambda_{\text{ef}} / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k1}}{E_{0,05}}} = 1,50$$
$$\beta_c = \text{WENN}(BS_1 = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$
$$k_c = \frac{0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2)}{1} = 1,75$$
$$k_c = \frac{1}{k_c + \sqrt{k_c^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}} = 0,377$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d1}} = \underline{\underline{0,59 \leq 1}}$$

Tragsicherheitsnachweis für die Verbindungen



EC5-1-1, C.2.3 Kombinierte Beanspruchungen

(1) Wirken neben den Normalkräften kleine Zusatzmomente, z. B. aus Eigengewicht, dann gilt 6.3.2(3).

Querkräfte in den Zwischenhölzern, siehe Bild C.2:

$$T_d = V_d \cdot \frac{l_1}{a_1} = 40416,45 \text{ N}$$



Tragsicherheitsnachweis auf Schub in den Bindehölzern

$$\tau_d = \frac{T_d}{l_2 \cdot b_1} = 0,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d1}} = \underline{\underline{0,11 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit pro Scheibendübel mit Zähnen

$$k_1 = \text{MIN}(1; h_1/(3 \cdot h_e); h_2/(5 \cdot h_e)) = 1,00$$

$$k_2 = \text{MIN}(1; \text{MAX}(1,1 \cdot d_c; 7 \cdot d_S; 80) / (1,5 \cdot d_c)) = 1,00$$

$$\rho_k = \text{MIN}(\rho_{k1}; \rho_{k2}) = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$k_3 = \text{MIN}(1,50; \rho_k / 350) = 1,00$$

$$F_{v,Rk,D} = \text{MIN}(18 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1,5}) \cdot 10^{-3} = 6,36 \text{ kN}$$

$$k_{\text{mod}} = \sqrt{(k_{\text{mod}1} \cdot k_{\text{mod}2})} = 0,80$$

$$F_{v,Rd,D} = k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk,D} / \gamma_M = 3,91 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit pro Bolzen

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_S^{2,6} = 76745,4 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_S) \cdot \rho_k = 25,26 \text{ N/mm}^2$$

char. Bolzentragfähigkeit:

$$F_{v,Rk,B} = \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,0,k} \cdot d_S} \cdot 10^{-3} = 6,82 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,B} = k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk,B} / 1,1 = 4,96 \text{ kN}$$

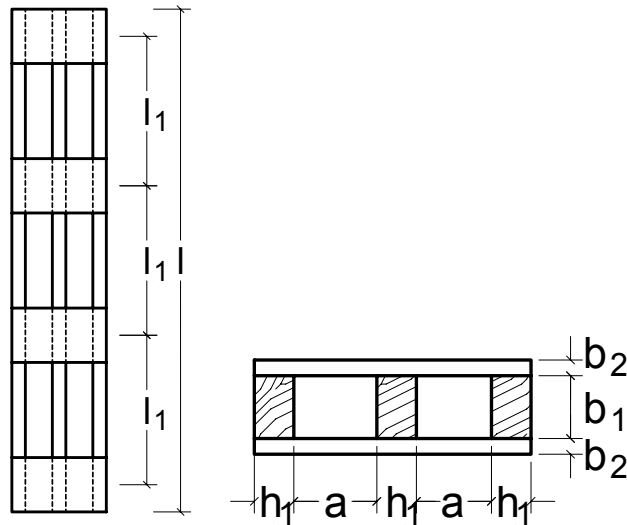
Tragfähigkeit wird für die Verbindungseinheit (Dübel + Bolzen)

$$F_{v,0,Rd} = F_{v,Rd,D} + F_{v,Rd,B} = 8,87 \text{ kN}$$

$$\frac{T_d}{n \cdot 10^3 \cdot F_{v,0,Rd}} = \underline{\underline{0,59 \leq 1}}$$

Dreiteiliger Rahmenstab

die Druckstäbe werden durch Normalkräfte beansprucht;



System:

Knicklänge l =	6,00 m
Abstand l_1 =	1,80 m
Einzelstabbreite b_1 =	180,0 mm
Einzelstabdicke h_1 =	120,0 mm
Dicke Bindehölzer b_2 =	30,0 mm
Höhe Bindehölzer l_2 =	600,0 mm
Abstand Einzelstäbe a =	300,0 mm

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k}$ =	25,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k}$ =	15,00 kN
Sicherheitsbeiwert γ_M =	1,30

Material:

Stütze:			
Material BS_1 =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_1)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_1)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
k_{mod1} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_1 ; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{c,0,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_1)	=	21,00 N/mm ²
$f_{v,k1}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK= FK_1)	=	4,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK= FK_1)	=	7330,00 N/mm ²
ρ_{k1} =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK= FK_1)	=	350 kg/m ³
Bindehölzer:			
Baustoff BS_2 =	GEW("EC5_de/Sperr"; B;)	=	Sperrholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("EC5_de/Sperr"; FK; B= BS_2)	=	F20/15 E30/25
Beanspruchungsart Art =	GEW("EC5_de/Sperr"; A;)	=	Scheibe
Richtung R =	GEW("EC5_de/Sperr"; R;)	=	parallel
k_{mod2} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_2 ; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{v,k2}$ =	TAB("EC5_de/Sperr"; fvk; FK= FK_2 ; A=Art; R=R)	=	4,00 N/mm ²
ρ_{k2} =	TAB("EC5_de/Sperr"; rhok; FK= FK_2)	=	350 kg/m ³



Nägel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM";Typ;N<2,5)	=	Nagel
Größe d _{xl} =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.2x110
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	4,20 mm
Nagellänge l _S =	TAB("EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	110,0 mm
f _{u,k} =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl)	=	600 N/mm ²

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

f _{c,0,d1} =	k _{mod1} * f _{c,0,k1} / γ _M	=	12,92 N/mm ²
f _{v,d1} =	k _{mod1} * f _{v,k1} / γ _M	=	2,46 N/mm ²
f _{v,d2} =	k _{mod2} * f _{v,k2} / γ _M	=	2,46 N/mm ²

Randbedingungen

a / (6 * h ₁)	=	<u>0,42 ≤ 1</u>
2 / (l ₂ / a)	=	<u>1,00 ≤ 1</u>

Berechnung:

$$F_d = 1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k} = 56,25 \text{ kN}$$

Querschnittswerte:

$$\begin{aligned} \text{Anzahl Einzelstäbe } n &= 3 \\ A_1 &= b_1 * h_1 = 21,600 * 10^3 \text{ mm}^2 \\ A_{\text{tot}} &= n * A_1 = 64,800 * 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$I_{\text{tot}} = b_1 * \frac{(3 * h_1 + 2 * a)^3 - (h_1 + 2 * a)^3 + h_1^3}{12} = 7,698 * 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = n * h_1 * \frac{b_1^3}{12} = 0,175 * 10^9 \text{ mm}^4$$

Druckbeanspruchung Pfosten:

$$\sigma_{c,0,d} = F_d * 10^3 / A_{\text{tot}} = 0,87 \text{ N/mm}^2$$

Schlankheit für das Knicken um die z-Achse:

$$\lambda_z = \frac{l * 10^3}{\sqrt{\frac{I_z}{A_{\text{tot}}}}} = 115,46$$

Knicken in z- Richtung (um die y-Achse)

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \text{MAX}(30; l_1 * 10^3 / h_1 * \sqrt{(12)}) = 51,96 \\ a_1 &= a + h_1 = 420,00 \text{ cm} \\ \lambda &= l * 10^3 * \sqrt{A_{\text{tot}} / I_{\text{tot}}} = 17,41 \end{aligned}$$

EC5-1-1, Anhang C, C.3.2 (2) Tabelle C.1

$$\eta = 4,50$$

$$\lambda_{\text{ef},y} = \sqrt{\lambda^2 + \eta * \frac{n}{2} * \lambda_1^2} = 136,11$$

$$\lambda_{\text{ef}} = \text{MAX}(\lambda_z; \lambda_{\text{ef},y}) = 136,11$$



bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{\text{rel},c} = (\lambda_{\text{ef}} / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k1}}{E_{0,05}}} = 2,32$$

$$\beta_c = \text{WENN}(BS_1 = \text{"Brettschichtholz"; } 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_c = \frac{0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2)}{1} = 3,39$$

$$k_c = \frac{1}{k_c + \sqrt{k_c^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}} = 0,171$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d1}} = \underline{\underline{0,39 \leq 1}}$$

Tragsicherheitsnachweis für die Verbindungen



$$V_d = \frac{F_d * 10^3}{k_c} * f = 5592,11 \text{ N}$$

Die Querkräfte in den Binde- oder Zwischenhölzern, siehe Bild C.2, sollten wie folgt berechnet werden:

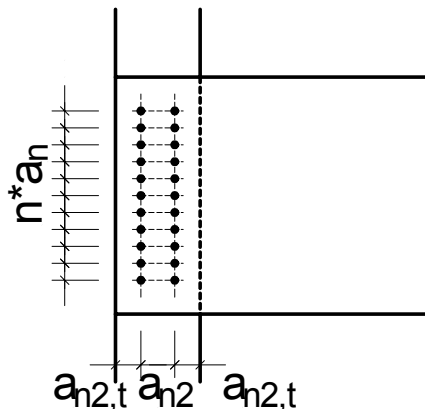
$$T_d = V_d * 10^3 * \frac{l_1}{a_1} = 23966,19 \text{ N}$$

Tragsicherheitsnachweis auf Schub in den Bindehölzern

$$\tau_d = 1,5 * \frac{T_d * 0,5}{l_2 * b_2} = 1,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d2}} = \underline{\underline{0,41 \leq 1}}$$

Tragsicherheitsnachweis für die Nägel



Nagelreihen horizontal $n_x = 12$
 Nagelreihen vertikal $n_z = 2$
 Abstand $a_n = 41,0 \text{ mm}$

$$F_{T,d} = \frac{T_d}{2 * 2 * n_x * n_z} = 249,65 \text{ N}$$

Beanspruchung eines Nagels infolge des Biegemomentes aus der Schubkraft:

$$e = 2 / 3 * a_1 = 280,0 \text{ mm}$$

$$M_d = \frac{T_d * 0,5}{2} * e * 10^{-3} = 1677,63 \text{ Nm}$$

$$h_3 = \frac{(n_x - 1) * a_n}{6 * (n_x - 1)} = 451,0 \text{ mm}$$

$$f = \frac{1}{n_x * (n_x + 1) * n_z} = 0,21$$

$$F_{M,d} = \frac{M_d * 10^3}{h_3} * f = 781,16 \text{ N}$$

resultierende Beanspruchung eines Nagels

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_{T,d}^2 + F_{M,d}^2} = 820,08 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 7511 \text{ Nmm}$$

Lochleibungsfestigkeit für Bindeholz (Sperrholz)

$$f_{h,1,k} = 0,11 * \rho_{k2} * d^{-0,3} = 25,03 \text{ N/mm}^2$$

Lochleibungsfestigkeit für Stab (Vollholz)

$$f_{h,2,k} = 0,082 * \rho_{k1} * d^{-0,3} = 18,66 \text{ N/mm}^2$$

$$t_1 = b_2 = 30,0 \text{ mm}$$

$$t_2 = l_S - b_2 = 80,0 \text{ mm}$$

$$\text{Verhältniswert } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,75$$

$$t_{1,req} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 32 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = 1,15 * \left(2 * \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}} = 34 \text{ mm}$$



$$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,\text{req}}}; \frac{t_2}{t_{2,\text{req}}}; 1\right) = 0,94$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot k_2 = 1093,64 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = \sqrt{(k_{\text{mod}1} \cdot k_{\text{mod}2})} \cdot F_{v,Rk} / 1,1 = 795 \text{ N}$$

Nachweis:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{1,03 \leq 1}}$$

Mindestholzdicke zur Vermeidung der Spaltgefahr

$$t_{\text{min}} = \text{MAX}(7 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \rho_{k1} / 400) = 29,4 \text{ mm}$$

$$t_{\text{min}} = \text{MAX}(14 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \rho_{k1} / 200) = 58,8 \text{ mm}$$

$$t_{\text{min}} / (b_1 / 2) = \underline{\underline{0,65 \leq 1}}$$

⇒ Nägel können ohne vorbohren eingeschlagen werden.

Mindestnagelabstände:

Mindestnagelabstände für die Nadelholzstäbe

$$\alpha: = 0,00^\circ$$

$$a_{11,\text{min}} = \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 420; (5+5 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d; \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 500; (7+8 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d)) = 42 \text{ mm}$$

$$a_{12,\text{min}} = \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 420; (5+7 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d; \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 500; (7+8 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d)) = 50 \text{ mm}$$

$$a_{1,\text{min}} = \text{WENN}(d < 5; a_{11,\text{min}}; a_{12,\text{min}}) = 42 \text{ mm}$$

$$a_{2,\text{min}} = \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 420; 5 \cdot d; \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 500; 7 \cdot d)) = 21 \text{ mm}$$

$$a_{3t,\text{min}} = \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 420; (10+5 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d; \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 500; (15+5 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d)) = 63 \text{ mm}$$

$$a_{4c,\text{min}} = \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 420; 5 \cdot d; \text{WENN}(\rho_{k1} \leq 500; 7 \cdot d)) = 21 \text{ mm}$$

Mindestabstand für die Sperrholzplatten

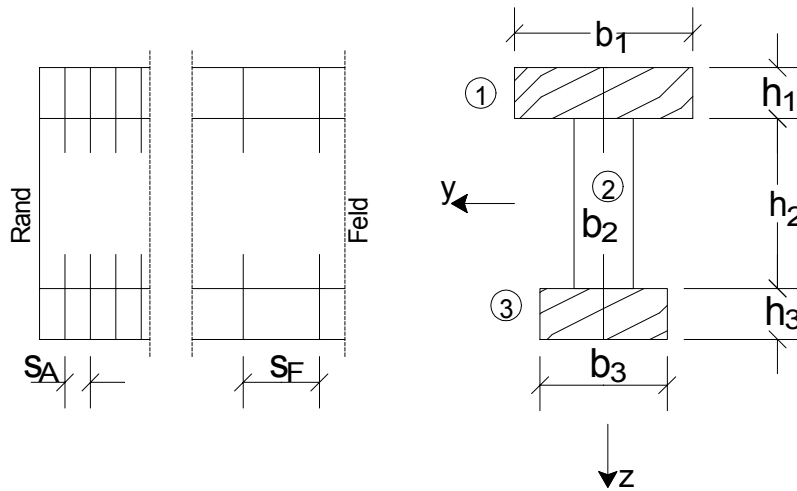
8.3.1.3 Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen

$$a_{2,c,\text{req}} = 3 \cdot d = 12,60 \text{ mm}$$

$$a_{2,t,\text{req}} = 3 \cdot d = 12,60 \text{ mm}$$

Genagelter I-Trägers

- ⇒ Tragfähigkeitsnachweise im Anfangszustand
- ⇒ Gebrauchstauglichkeitsnachweis



System:

Stützweite $l = 9,00 \text{ m}$
 Überhöhung $w_c = 0,0 \text{ mm}$

Querschnitt 2 (Steg)
 Breite $b_2 = 60 \text{ mm}$
 Höhe $h_2 = 220 \text{ mm}$

Querschnitt 1 (Obergurt)
 Breite $b_1 = 200 \text{ mm}$
 Höhe $h_1 = 60 \text{ mm}$

Querschnitt 3 (Untergurt)
 Breite $b_3 = 120 \text{ mm}$
 Höhe $h_3 = 60 \text{ mm}$

Abstand der fiktiv in eine Reihe geschobenen Verbindungsmittel über die das Querschnittsteil an das Querschnittsteil 2 nachgiebig angeschlossen ist.

Abstand VM Auflager $s_A = 45,0 \text{ mm}$
 Abstand VM Feld $s_F = 160,0 \text{ mm}$

Belastung

Bemessungswert des maximalen Momentes und der maximalen Querkraft für den Tragfähigkeitsnachweis

$q_{G,k} = 0,35 \text{ kN/m}$
 $q_{Q,k} = 0,70 \text{ kN/m}$
 Beiwert $\psi_{2,1} = 0,60$

$q_d = 1,35 * q_{G,k} + 1,5 * q_{Q,k} = 1,52 \text{ kN/m}$
 $V_d = q_d * l / 2 = 6,84 \text{ kN}$
 $M_d = q_d * l^2 / 8 = 15,39 \text{ kNm}$



Holzbau nach EN 1995

Kapitel Zusammengesetzte Stäbe

DIN
EN 1995

Seite: 250

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat";FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	30,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	23,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	18,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
$E_{0,mean}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	12000 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	8000 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³
k_{def} =	TAB("EC5_de/mod"; kdef; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,60
Verbindungsmittel:			
Verbindungsmittel:			
Verbindungsmittel Typ =		=	Nagel
Größe d _{xl} =	GEW("EC5_de/VM";Bez;Typ=Typ;)	=	4.2x100
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	4,20 mm
Nagellänge l_s =	TAB("EC5_de/VM";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	100,0 mm
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM";fuk;Bez=dxl)	=	600 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30

Bemessungswert der Festigkeiten:



Bemessungswert der Verbindungsmittel

<u>Obergurt:</u>			
$M_{y,Rk}$ =	$0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$	=	7511 Nmm
$f_{h,1,k}$ =	$0,082 * \rho_k * d^{-0,3}$	=	20,26 N/mm ²
t_1 =	h_1	=	60,0 mm
t_2 =	$l_s - h_1$	=	40,0 mm
β =		=	1,00
$t_{1,req}$ =	$1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d}}$	=	37 mm
$t_{2,req}$ =	$t_{1,req}$	=	37 mm
k_2 =	$\text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,req}}; \frac{t_2}{t_{2,req}}; 1\right)$	=	1,00



Holzbau nach EN 1995

Kapitel Zusammengesetzte Stäbe

DIN
EN 1995

Seite: 251

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk,1} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot k_2 = 1130,60 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,1} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk,1} / 1,1 = 822 \text{ N}$$

Untergurt:

$$t_1 = h_3 = 60,0 \text{ mm}$$

$$t_2 = l_S - h_3 = 40,0 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,00$$

$$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d}} = 37 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = t_{1,req} = 37 \text{ mm}$$

$$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,req}}; \frac{t_2}{t_{2,req}}; 1\right) = 1,00$$

Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk,3} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot k_2 = 1130,60 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,3} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk,3} / 1,1 = 822 \text{ N}$$

Querschnittswerte

$$A_1 = b_1 \cdot h_1 = 12,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2 = 13,20 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = b_3 \cdot h_3 = 7,20 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_{1,y} = b_1 \cdot h_1^3 / 12 = 3,600 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{2,y} = b_2 \cdot h_2^3 / 12 = 53,240 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{3,y} = b_3 \cdot h_3^3 / 12 = 2,160 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Knickbeiwert für den druckbelasteten Obergurt (1)

Der Obergurt ist in der Mitte gegen seitliches Ausweichen gehalten!

$$l_{ef,z} = l / 2 = 4,50 \text{ m}$$

$$i_z = b_1 / \sqrt{12} = 57,74 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = l_{ef,z} \cdot 10^3 / i_z = 77,94$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,33$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS} = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_z = \frac{0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)}{1} = 1,49$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,463$$

Verbindungsmittelabstand

$$s_{ef} = \text{WENN}(s_A = s_F; s_A; 0,75 \cdot s_A + 0,25 \cdot s_F) = 73,8 \text{ mm}$$



Tragfähigkeitsnachweis im Anfangszustand

Ermittlung der Beanspruchungen im Anfangszustand

E-Modul und Verschiebungsmodul Anfangszustand

$$E_1 = E_{0,mean} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_2 = E_1 = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_3 = E_1 = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{ser} = \frac{\rho_k^{1,5}}{30} * d^{0,8} = 778,3 \text{ N/mm}$$

$$K_1 = \frac{2}{3} * K_{ser} = 519 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_1 * A_1 * s_{ef}^2}{K_1 * (I * 10^3)^2}} = 0,286$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$\gamma_3 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_3 * A_3 * s_{ef}^2}{K_1 * (I * 10^3)^2}} = 0,400$$

Lage der Spannungsnullebene (a_2) im Anfangszustand, Symmetrie:

$$a_2 = \frac{\gamma_1 * E_1 * A_1 * (h_1 + h_2) - \gamma_3 * E_3 * A_3 * (h_2 + h_3)}{2 * \sum_{i=1}^3 \gamma_i * E_i * A_i} = 4,0 \text{ mm}$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 136,0 \text{ mm}$$

$$a_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} + a_2 = 144,0 \text{ mm}$$

Effektive Biegesteifigkeit I_{ef} im Anfangszustand:

$$I_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i * I_{i,y} + \gamma_i * E_i * A_i * a_i^2) = 2,189 * 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Schwerpunktspannungen ($\sigma_{1,d}$...Druck; $\sigma_{2,d}$...Zug; $\sigma_{3,d}$...Zug;) im Anfangszustand:

$$\sigma_{1,d} = M_d * 10^6 / I_{ef} * E_1 * \gamma_1 * a_1 = 3,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{2,d} = M_d * 10^6 / I_{ef} * E_2 * \gamma_2 * a_2 = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3,d} = M_d * 10^6 / I_{ef} * E_3 * \gamma_3 * a_3 = 4,86 \text{ N/mm}^2$$

Randspannungen im Anfangszustand:

$$\sigma_{m,1,d} = M_d * 10^6 / I_{ef} * E_1 * h_1 / 2 = 2,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2,d} = M_d * 10^6 / I_{ef} * E_2 * h_2 / 2 = 9,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,3,d} = M_d * 10^6 / I_{ef} * E_3 * h_3 / 2 = 2,53 \text{ N/mm}^2$$

Schubspannung in der neutralen Ebene des Querschnittsteils 2 im Anfangszustand:

$$h = h_2 / 2 + a_2 = 114,0 \text{ mm}$$



$$\tau_{2,max,d} = V_d \cdot 10^3 \cdot \frac{\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h^2}{E_{I,ef} \cdot b_2} = 0,503 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Scherkraft in der Anschlussfuge im Anfangszustand:



Tragfähigkeitsnachweise für Querschnitte und Verbindungsmittel im Anfangszustand:

$$\frac{\sigma_{1,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,y,d,1}} \right)^2 = 0,51 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{2,d}}{f_{t,0,d,2}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,y,d,2}} = 0,53 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{3,d}}{f_{t,0,d,3}} + \frac{\sigma_{m,3,d}}{f_{m,y,d,3}} = 0,48 \leq 1$$

$$\frac{\tau_{2,max,d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,20 \leq 1}}$$

$$F_{1,v,Ed} / F_{v,Rd,1} = \underline{\underline{0,96 \leq 1}}$$

$$F_{3,v,Ed} / F_{v,Rd,3} = \underline{\underline{0,85 \leq 1}}$$

Vereinfachter Beulnachweis für dünnwandige Stege

$$h_w = h_2 = 220,0 \text{ mm}$$

$$h_w / (70 \cdot b_2) = \underline{\underline{0,05 \leq 1}}$$

$$F_{v,w1} = b_2 \cdot h_w \cdot (1 + 0,5 \cdot (h_3 + h_1) / h_w) \cdot f_{v,d} = 41328 \text{ N}$$

$$F_{v,w2} = 35 \cdot b_2^2 \cdot (1 + 0,5 \cdot (h_3 + h_1) / h_w) \cdot f_{v,d} = 394495 \text{ N}$$

$$F_{v,w,Rd} = \text{WENN}(h_w \leq 35 \cdot b_2; F_{v,w1}; F_{v,w2}) = 41328 \text{ N}$$

$$V_d \cdot 10^3 / F_{v,w,Rd} = \underline{\underline{0,17 \leq 1}}$$



Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Anfangszustand

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_1 * A_1 * s_{ef}^2}{K_{ser} * (I * 10^3)^2}} = 0,375$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$\gamma_3 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_3 * A_3 * s_{ef}^2}{K_{ser} * (I * 10^3)^2}} = 0,500$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 * E_1 * A_1 * (h_1 + h_2) - \gamma_3 * E_3 * A_3 * (h_2 + h_3)}{2 * \sum_{i=1}^3 \gamma_i * E_i * A_i} = 5,9 \text{ mm}$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 134,1 \text{ mm}$$

$$a_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} + a_2 = 145,9 \text{ mm}$$

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i * I_{i,y} + \gamma_i * E_i * A_i * a_i^2) = 2,60 * 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Anfangsdurchbiegung:



Endzustand

$$E_1 = E_{0,mean} / (1 + k_{def}) = 7500,0 \text{ N/mm}^2$$

$$E_2 = E_1 = 7500,0 \text{ N/mm}^2$$

$$E_3 = E_1 = 7500,0 \text{ N/mm}^2$$

$$K_1 = K_{ser} / (1 + 2 * k_{def}) = 353,8 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_1 * A_1 * s_{ef}^2}{K_1 * (I * 10^3)^2}} = 0,304$$

$$\gamma_2 = 1,00$$



Holzbau nach EN 1995

Kapitel Zusammengesetzte Stäbe

DIN
EN 1995

Seite: 255

$$\gamma_3 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot s_{ef}^2}{K_1 \cdot (I \cdot 10^3)^2}} = 0,421$$
$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot (h_2 + h_3)}{2 \cdot \sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i} = 4,3 \text{ mm}$$
$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 135,7 \text{ mm}$$
$$a_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} + a_2 = 144,3 \text{ mm}$$
$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_{i,y} + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) = 1,42 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Enddurchbiegung:

$$u_{fin,G} = \frac{5 \cdot q_{G,k} \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{384 \cdot EI_{ef}} = 21,1 \text{ mm}$$
$$u_{fin,Q,1} = q_{Q,k} / q_{G,k} \cdot u_{fin,G} = 42,2 \text{ mm}$$

Anfangsdurchbiegung (ohne Kriechanteile): $w_{grenz} \leq l / 500$ bis $l / 300$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q,1} = 34,5 \text{ mm}$$
$$\text{gewählt } u_{grenz} = l \cdot 10^3 / 300 = 30,00 \text{ mm}$$
$$u_{inst} / u_{grenz} = \underline{\underline{1,15 \leq 1}}$$

Enddurchbiegung (mit Kriechanteilen): $w_{grenz,fin} \leq l / 300$ bis $l / 150$

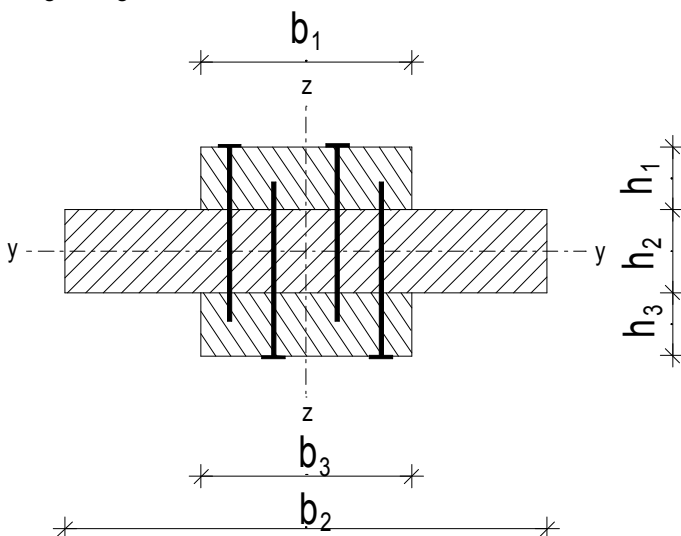
$$u_{fin} = u_{inst} + u_{fin,G} - u_{inst,G} = 44,1 \text{ mm}$$
$$\text{gewählt } u_{grenz,fin} = l \cdot 10^3 / 200 = 45,00 \text{ mm}$$
$$u_{fin} / u_{grenz,fin} = \underline{\underline{0,98 \leq 1}}$$

Enddurchbiegung abzüglich Überhöhung: $w_{grenz,net,fin} \leq l / 350$ bis $l / 250$

$$u_{net,fin} = u_{fin} - w_c = 44,1 \text{ mm}$$
$$\text{gewählt } u_{grenz,net,fin} = l \cdot 10^3 / 250 = 36,00 \text{ mm}$$
$$u_{net,fin} / u_{grenz,net,fin} = \underline{\underline{1,23 \leq 1}}$$

Mehrteiliger Biegeträger

Einfeldträger; Schwerpunkte aller Querschnitte fallen in einer Linie zusammen, Verstärkungen haben identische Querschnitte + Material; Nägel vorgebohrt



System:

Es handelt sich hierbei um ein Einfeldträger.

Stützweite $L = 4,20 \text{ m}$

mittiges Kantholz

Breite $b_2 = 210 \text{ mm}$

Höhe $h_2 = 70 \text{ mm}$

Verstärkung Bauteil 1 und Bauteil 3 haben identische Querschnitte und sind nach obiger Zeichnung mit Bauteil 2 verbunden.

Breite $b_{1[3]} = 130 \text{ mm}$

Höhe $h_{1[3]} = 50 \text{ mm}$

Anzahl n der Nägel in einer Reihe nebeneinander (n -Reihig):

$n = 4$

Abstand der fiktiv in eine Reihe geschobenen Verbindungsmittel über die das Querschnittsteil an das Querschnittsteil 2 nachgiebig angeschlossen ist.

$s = 160 \text{ mm}$

Material:

Kantholz und Verstärkungen:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	ständig
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,60
$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
E_{0mean} =	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =		=	Nagel
Größe dxl =	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ;)	=	5.5x140
Durchmesser d =	TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	5,50 mm
Nagellänge l_s =	TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	140,0 mm
$f_{u,k}$ =	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	600 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert γ_M =		=	1,30



Biegesteifigkeit um die y-Achse und z-Achse

Wirksame Biegesteifigkeit:

$$K_{\text{ser},1[3]} = \frac{\rho_k^{1,5}}{23} * d = 1565,80 \text{ N/mm}$$

Verschiebungsmodul im Anfangsbestand:



Berechnung der Nachgiebigkeitsfaktoren

$$E = E_{0\text{mean}} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$s_{1[3]} = s / n = 40,0 \text{ mm}$$

$$\gamma_{1[3]} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 * E * b_{1[3]} * h_{1[3]} * s_{1[3]}}{K_{1[3]} * (L * 10^3)^2} \right)} = 0,395$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

Lage der Spannungsnullebene (a_2)

$$a_2 = 0,00 \text{ mm}$$

$$a_{1[3]} = \frac{h_2 + h_{1[3]}}{2} - a_2 = 60,00 \text{ mm}$$

$$E * (2 * b_{1[3]} * h_{1[3]}^3 / 12 + b_2 * h_2^3 / 12) = 95,82 * 10^9$$

$$2 * \gamma_{1[3]} * E * b_{1[3]} * h_{1[3]} * a_{1[3]}^2 = 203,35 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$\gamma_2 * E * b_2 * h_2 * a_2^2 = 0,00 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{\text{ef},y} = 299,17 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{\text{ef},z} = E * \left(2 * h_{1[3]} * \frac{b_{1[3]}^3}{12} + h_2 * \frac{b_2^3}{12} \right) = 795,64 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$



Maximaler Bemessungswert des Biegemoments um die z-Achse

$$I_z = 2 * h_{1[3]} * \frac{b_{1[3]}^3}{12} + h_2 * \frac{b_2^3}{12} = 72,33 * 10^6 \text{ mm}^4$$
$$f_{m,d} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 11,08 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{m,z,d} = M_d / I_z * b / 2$ wird nach der gesuchten Schnittgröße M_d umgeformt

$$\sigma_{m,z,d} = f_{m,d} = 11,08 \text{ N/mm}^2$$

umgeformt nach M_d

$$M_{d,max} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{\left(\frac{b_2}{2}\right)} * I_z * 10^{-6} = \underline{\underline{7,63 \text{ kNm}}}$$

Maximaler Bemessungswert der Querkraft (Biegung um die y-Achse)

$$\text{Einbindetiefe } t_1 = l_S - (h_{1[3]} + h_2) = 20,0 \text{ mm}$$
$$t_1 / (4 * d) = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$
$$\text{Mittelholz } t_2 = h_2 = 70,0 \text{ mm}$$
$$M_{y,R,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 15143 \text{ Nmm}$$
$$\text{Lochleibung } f_{h,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 27,12 \text{ N/mm}^2$$
$$\beta = 1,00$$

Mindestdicke Seitenholz (einschnittig beansprucht)

$$t_{1,req} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2\right) * \sqrt{\frac{M_{y,R,k}}{f_{h,k} * d}} = 39,56 \text{ mm}$$

Mindestdicke Mittelholz (2-schnittig beansprucht)

$$t_{2,req} = 1,15 * \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}}\right) * \sqrt{\frac{M_{y,R,k}}{f_{h,k} * d}} = 32,77 \text{ mm}$$

charakt. Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,R,k} * f_{h,k} * d} * \text{MIN}(\text{MIN}(t_1/t_{1,req}; t_2/t_{2,req}); 1) = 1074,5 \text{ N}$$

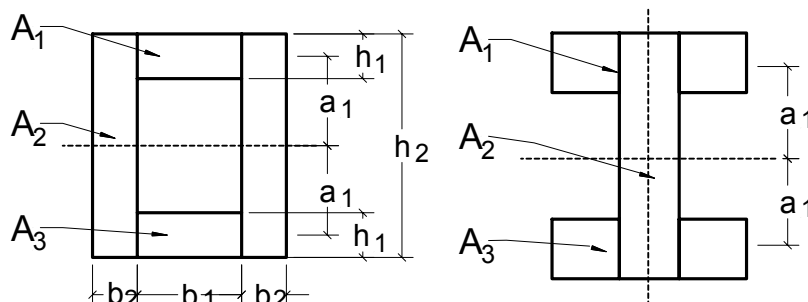
Bemessungswert für die Tragfähigkeit je Nagel und Scherfuge beträgt

$$F_{v,Rd,1[3]} = k_{mod} * F_{v,Rk} / 1,1 = 586 \text{ N}$$

Bemessungswert der Scherkraft in den Anschlussfugen
aus $F_{v,Ed,1[3]} = V_d * \gamma_{1[3]} * E * A_{1[3]} * a_{1[3]} * s_{1[3]min} / (EI)_{ef}$ ergibt sich für die max. Querkraft

$$V_{max,d} = F_{v,Rd,1[3]} * EI_{ef,y} / (\gamma_{1[3]} * E * b_{1[3]} * h_{1[3]} * a_{1[3]} * s_{1[3]}) * 10^{-3} * n = \underline{\underline{10,35 \text{ kN}}}$$

Kastenträger geklebt



System:

Stützweite $l =$	3,78 m
Gurt:	
Trägerbreite $b_1 =$	140,0 mm
Trägerhöhe $h_1 =$	40,0 mm
Steg:	
Trägerbreite $b_2 =$	40,0 mm
Trägerhöhe $h_2 =$	280,0 mm
Anzahl der Klebefugen $n =$	2

Einwirkungen:

Eigenlast $g_k =$	0,85 kN/m
Nutzlast $q_{N,k} =$	1,50 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$f_{t,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	14,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
$f_{R,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fRk; FK=FK)	=	1,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	690 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	460 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30
Verbindungsmittel:			
Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N<2,5)	=	Nagel
Größe $dxl =$	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ; d≤6)	=	3.1x80
Durchmesser $d =$	TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	3,10 mm
Nagellänge $l_S =$	TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	80,0 mm
$f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	600 N/mm ²
$M_{y,Rk} =$	TAB("EC5_de/VM"; Myk; Bez=dxl)	=	3410 Nmm

**Berechnung:**

$$V_{G,k} = g_k \cdot \frac{l}{2} = 1,61 \text{ kN}$$

$$M_{G,k} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 1,52 \text{ kNm}$$

$$V_{Q,k} = q_{N,k} \cdot \frac{l}{2} = 2,84 \text{ kN}$$

$$M_{Q,k} = q_{N,k} \cdot \frac{l^2}{8} = 2,68 \text{ kNm}$$

$$V_d = 1,35 \cdot V_{G,k} + 1,5 \cdot V_{Q,k} = 6,43 \text{ kN}$$

$$M_d = 1,35 \cdot M_{G,k} + 1,5 \cdot M_{Q,k} = 6,07 \text{ kNm}$$

Querschnittsflächen:

Anfangszustand:

$$A_1 = b_1 \cdot h_1 = 5600,00 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2 = 11200,00 \text{ mm}^2$$

$$A_{ef,inst} = 2 \cdot A_1 + 2 \cdot A_2 = 33,60 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Endzustand:

$$A_{ef,fin} = 2 \cdot A_1 + 2 \cdot A_2 = 33,60 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Flächenmoment 2. Grades

Anfangszustand:

$$a_1 = \frac{h_2}{2} - \frac{h_1}{2} = 120,00 \text{ mm}$$

$$I_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + A_1 \cdot a_1^2 = 81,39 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} = 73,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{ef,inst} = 2 \cdot (I_1 + I_2) = 309,12 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

Endzustand:

$$I_{ef,fin} = 2 \cdot (I_1 + I_2) = 309,12 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

Biegebeanspruchung:

Stegrand Anfangszustand:

$$\sigma_{m2} = M_d \cdot 10^6 \cdot \frac{h_2}{2 \cdot I_{ef,inst}} = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

Gurtrand Endzustand:

$$\sigma_{m1} = M_d \cdot 10^6 \cdot \frac{a_1 + \frac{h_1}{2}}{I_{ef,fin}} = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

Normalkraftbeanspruchung:

$$\sigma_1 = M_d \cdot 10^6 \cdot \frac{a_1}{I_{ef,fin}} = 2,36 \text{ N/mm}^2$$



Schubbeanspruchung:

Flächenmoment 1. Grades:

$$S_1 = a_1 * A_1 = 672,00 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{k,d} = V_d * 10^{3*} \frac{S_1}{I_{ef,inst} * n * h_1} = 0,17 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

Bemessungswerte der Festigkeiten:



Nachweis in den Grenzzuständen:

Biegebeanspruchung am Rand

Stegrand:

$$\frac{\sigma_{m2}}{f_{m,d}} = \underline{0,19 \leq 1}$$

Gurtrand:

$$\frac{\sigma_{m1}}{f_{m,d}} = \underline{0,19 \leq 1}$$

Normalkraftbeanspruchung

Gurt - Zug:

$$\frac{\sigma_1}{f_{t,0,d}} = \underline{0,27 \leq 1}$$

Gurt - Druck:

$$\frac{\sigma_1}{f_{c,0,d}} = \underline{0,18 \leq 1}$$

Klebefuge Gurt-Steg:

$$\tau_{k,d} / (f_{v,d} * \text{WENN}(h_1 > 4 * b_2; (4 * b_2 / h_1)^{0,8}; 1)) = \underline{0,07 \leq 1}$$

Schubspannung im Steg (vereinfachter Beulnachweis):

$$h_w = h_2 - 2 * h_1 = 200,0 \text{ mm}$$

$$h_w / (70 * b_2) = \underline{0,07 \leq 1}$$

$$F_{v,w1} = b_2 * h_w * (1 + 0,5 * (h_1 + h_1) / h_w) * f_{v,d} = 23616 \text{ N}$$

$$F_{v,w2} = 35 * b_2^2 * (1 + 0,5 * (h_1 + h_1) / h_w) * f_{v,d} = 165312 \text{ N}$$

$$F_{v,w,Rd} = \text{WENN}(h_w \leq 35 * b_2; F_{v,w1}; F_{v,w2}) = 23616 \text{ N}$$

$$0,5 * V_d * 10^3 / F_{v,w,Rd} = \underline{0,14 \leq 1}$$

$$f_{v,90,d} = f_{R,k} * k_{mod} / \gamma_M = 0,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{mean,Rd} = \text{WENN}(h_1 \leq 4 * b_2; f_{v,90,d}; f_{v,90,d} * (4 * b_2 / h_1)^{0,8}) = 0,62 \text{ N/mm}^2$$



Nachweis gegen Kippen:

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"};1,4;1) = 1,0$$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{\eta} \cdot E_{0,05} \cdot G_{05}}} = 0,0645$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} \cdot h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

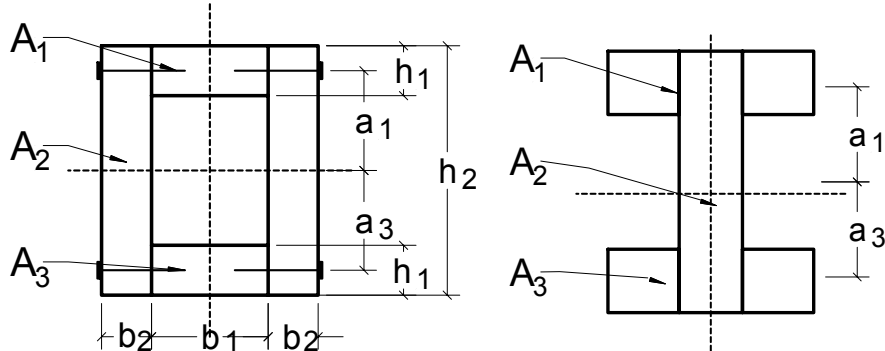
$$\text{Kippgefahr: } (l \cdot 10^3 \cdot h_2 / b_2^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = 4,89 \leq 1$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l \cdot 10^3 \cdot h_2}{b_2^2}} = 1,659$$

$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,363$$

$$\frac{\sigma_{m2} \cdot 0,5}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \underline{\underline{0,26 \leq 1}}$$

Kastenträger genagelt



System:

Stützweite $l =$	2,98 m
Gurt:	
Trägerbreite $b_1 =$	140,0 mm
Trägerhöhe $h_1 =$	40,0 mm
Steg:	
Trägerbreite $b_2 =$	40,0 mm
Trägerhöhe $h_2 =$	280,0 mm
Nagelabstand $s =$	70,0 mm

Einwirkungen:

Eigenlast $g_k =$	0,85 kN/m
Nutzlast $q_{N,k} =$	1,44 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{m,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fm; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$f_{t,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0; FK=FK)	=	14,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fv; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_de/mat"; E05; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("EC5_de/mat"; Gmean; FK=FK)	=	690 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("EC5_de/mat"; G05; FK=FK)	=	460 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30
Verbindungsmittel:			
Verbindungsmittel Typ =	GEW("EC5_de/VM"; Typ; N<2,5)	=	Nagel
Größe $dxl =$	GEW("EC5_de/VM"; Bez; Typ=Typ; d≤6)	=	3.1x80
Durchmesser $d =$	TAB("EC5_de/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	3,10 mm
Nagellänge $l_s =$	TAB("EC5_de/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl)	=	80,0 mm
$f_{u,k} =$	TAB("EC5_de/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	600 N/mm ²
$M_{y,Rk} =$	TAB("EC5_de/VM"; Myk; Bez=dxl)	=	3410 Nmm

**Berechnung:**

$$V_{G,k} = g_k \cdot \frac{l}{2} = 1,27 \text{ kN}$$

$$M_{G,k} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 0,94 \text{ kNm}$$

$$V_{Q,k} = q_{N,k} \cdot \frac{l}{2} = 2,15 \text{ kN}$$

$$M_{Q,k} = q_{N,k} \cdot \frac{l^2}{8} = 1,60 \text{ kNm}$$

$$V_d = 1,35 \cdot V_{G,k} + 1,5 \cdot V_{Q,k} = 4,94 \text{ kN}$$

$$M_d = 1,35 \cdot M_{G,k} + 1,5 \cdot M_{Q,k} = 3,67 \text{ kNm}$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

Wirksame Biegesteifigkeit:

$$K_{ser} = \frac{\rho_k^{1,5}}{30} \cdot d^{0,8} = 539,60 \text{ N/mm}$$

$$K_1 = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = 359,73 \text{ N/mm}$$

Berechnung der Nachgiebigkeitsfaktoren

$$a_1 = \frac{h_2}{2} - \frac{h_1}{2} = 120,0 \text{ mm}$$

$$I_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} = 0,75 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} = 73,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_1 = b_1 \cdot h_1 = 5600,00 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot A_1 \cdot s}{K_1 \cdot (1 \cdot 10^3)^2} \right)}$$

$$EI_{ef} = 2 \cdot E_{0,mean} \cdot (I_1 + I_2 + A_1 \cdot \gamma_1 \cdot a_1^2) = 1750,43 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2$$

Biegebeanspruchung am Stegrand:

$$\sigma_{m2} = 0,5 \cdot E_{0,mean} \cdot h_2 \cdot M_d \cdot 10^6 / EI_{ef} = 3,23 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung am Gurtrand:

$$\sigma_{m1} = M_d \cdot 10^6 \cdot E_{0,mean} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot a_1 + \frac{h_1}{2}}{EI_{ef}} = 0,65 \text{ N/mm}^2$$

Normalkraftbeanspruchung im Gurt:

$$\sigma_1 = M_d \cdot 10^6 \cdot E_{0,mean} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot a_1}{EI_{ef}} = 0,19 \text{ N/mm}^2$$



Schubbeanspruchung:

Querschnitt 2

$$h_w = h_2 - 2 \cdot h_1 = 200,0 \text{ mm}$$

$$b_w = b_2 = 40,0 \text{ mm}$$

Falls kein genauere Beulnachweis geführt wird, müssen für dünnwandige Stege folgende zusätzlichen Bedingungen eingehalten sein:

$$\frac{h_w + 0,5 \cdot 2 \cdot h_1}{70 \cdot b_w} = \underline{\underline{0,09 \leq 1}}$$

$$\tau_{2,\max,d} = V_d \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot 10^3 \cdot \frac{\gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1 + 0,5 \cdot 2 \cdot b_2 \cdot h_2^2}{E_{\text{ef}} \cdot 2 \cdot b_2} = 1,24 \text{ N/mm}^2$$

Beanspruchung eines Verbindungsmittel je Fuge:

$$F_{i,d} = V_d \cdot 10^3 \cdot \gamma_1 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot \frac{A_1 \cdot a_1 \cdot s}{E_{\text{ef}}} = 102,22 \text{ N}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

Bemessungswerte der Festigkeiten:



Beanspruchung rechtwinklig zur Nagelachse:

$$f_{h,1,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 27,81 \text{ N/mm}^2$$

erforderliche Mindestdicke

$$t_{\text{req}} = 9 \cdot d = 27,90 \text{ mm}$$

$$t_{\text{req}} / \text{MIN}(h_1; b_2) = \underline{\underline{0,70 \leq 1}}$$

⇒ charakt. Tragfähigkeit je Scherfuge und Verbindungsmittel

$$F_{v,Rk} = \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 766,8 \text{ N}$$

Bemessungswert für die Tragfähigkeit je Nagel und Scherfuge beträgt

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk} / 1,1 = 558 \text{ N}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Biegebeanspruchung am Rand

Stegrand:

$$\frac{\sigma_{m2}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,22 \leq 1}}$$

Gurtrand:

$$\frac{\sigma_{m1}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,04 \leq 1}}$$



Normalkraftbeanspruchung

Gurt - Zug:

$$\frac{\sigma_1}{f_{t,0,d}} = \underline{\underline{0,02 \leq 1}}$$

Gurt - Druck:

$$\frac{\sigma_1}{f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,01 \leq 1}}$$

Schubbeanspruchung - Steg

$$\frac{\tau_{2,max,d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,50 \leq 1}}$$

Verbindungsmittel je Fuge:Fi,d

$$F_{i,d} / F_{v,Rd} = \underline{\underline{0,18 \leq 1}}$$

Nachweis gegen Kippen:

Berechnung des Kippbeiwertes, Ausweichen in y-Richtung

$$\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz";1,4;1}) = 1,0$$

$$\kappa_m = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi * \sqrt{\eta * E_{0,05} * G_{05}}}} = 0,0645$$

⇒ keine Kippgefahr besteht wenn $l_{ef} * h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$

$$\text{Kippgefahr: } (l * 10^3 * h_2 / b_2^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = \underline{\underline{3,86 \leq 1}}$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m * \sqrt{\frac{l * 10^3 * h_2}{b_2^2}} = 1,473$$

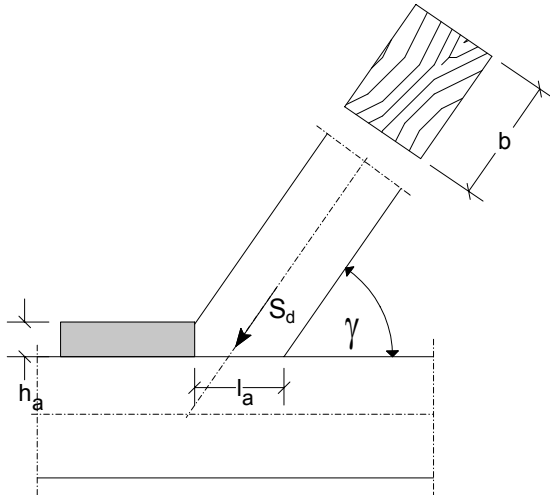
$$k_{crit} = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,461$$

$$\frac{\sigma_{m2} * 0,5}{k_{crit} * f_{m,d}} = \underline{\underline{0,24 \leq 1}}$$

Kapitel Zimmermannsmäßige Verbindungen

Druckanschluß mit einer Knagge

(ohne Anschlussnachweis Knagge)



System:

Stützenbreite $b =$	140 mm
Stützenhöhe $h =$	100 mm
Auflagerlänge $l_a =$	92 mm
Auflagerhöhe $h_a =$	40 mm
Stützenwinkel $\gamma =$	60,00 °

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	2,50 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,90
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Belastung:

$S_d =$	40,00 kN
$S_{H,d} = S_d \cdot \cos(\gamma)$	= 20,00 kN
$S_{V,d} = S_d \cdot \sin(\gamma)$	= 34,64 kN

Nachweis:

Drucknachweis in der Kontaktfläche der Knagge ($\alpha = 0^\circ$):

$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	=	14,54 N/mm ²
$\sigma_{c,0,d} = S_{H,d} \cdot 10^3 / (h_a \cdot b)$	=	3,57 N/mm ²
$\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d}$	=	<u>0,25 ≤ 1</u>



Drucknachweis in der Kontaktfläche des Druckstabes

$$\begin{aligned}\alpha &= \gamma &= & 60,00^\circ \\ A_{ef} &= (h_a + 30 * \sin(\gamma)) * b &= & 9237,31 \text{ mm}^2 \\ \sigma_{c,\alpha,d} &= S_{H,d} * 10^3 / A_{ef} &= & 2,17 \text{ N/mm}^2 \\ f_{c,90,d} &= k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M &= & 1,73 \text{ N/mm}^2 \\ k_{c,90} &= \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Nadelholz"}; 1,50; 1,75) &= & 1,50 \\ k_{c,90} &= \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Laubholz"}; 1,0; k_{c,90}) &= & 1,50 \\ f_{c,\alpha,d} &= \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} &= & 3,27 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{c,\alpha,d} / f_{c,\alpha,d} & &= & \underline{\underline{0,66 \leq 1}}\end{aligned}$$

Drucknachweis in der Kontaktfläche des Gurtes ($\alpha = 90^\circ$):

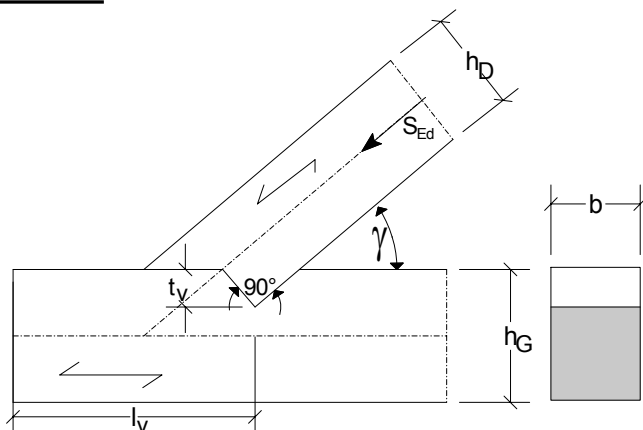


$$\sigma_{c,90,d} / f_{c,90,d} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Drucknachweis in der Kontaktfläche des Druckstabes

$$\begin{aligned}\alpha &= 90 - \gamma &= & 30,00^\circ \\ f_{c,\alpha,d} &= \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} &= & 6,76 \text{ N/mm}^2 \\ A_{ef} &= (l_a + 30 * \sin(\alpha)) * b &= & 14980,00 \text{ mm}^2 \\ \sigma_{c,\alpha,d} &= S_{V,d} * 10^3 / A_{ef} &= & 2,31 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{c,\alpha,d} / f_{c,\alpha,d} & &= & \underline{\underline{0,34 \leq 1}}\end{aligned}$$

Fersenversatz



System + Belastung:

Gurt :	
Höhe $h_G =$	200 mm
Breite $b_G =$	160 mm
Druckstab:	
Höhe $h_D =$	160 mm
Breite $b_D =$	160 mm
$S_{Ed} =$	40,00 kN
Anschlußwinkel $\gamma =$	45,00 °

Material:

Gurt:			
Baustoff $BS_G =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_G)	=	C20
Nutzungsstufe $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_G)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_G ; K=KLED)	=	0,90
$f_{c,0,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	19,00 N/mm ²
$f_{t,0,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	=	12,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	2,30 N/mm ²
$f_{v,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; fv; FK=FK)	=	3,60 N/mm ²
Druckstab:			
Baustoff $BS_D =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_D)	=	C30
Nutzungsstufe $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_D)	=	1
$f_{c,0,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	23,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	2,70 N/mm ²
$f_{v,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; fv; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30



Bemessungswerte der Tragfähigkeit:



Bemessung:

Berechnung der erforderlichen Einschnitttiefe bei Fersenversatz

$$\alpha = \gamma = 45,00^\circ$$
$$f_{c,a,dD} = \frac{f_{c,0,dD}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,dD}}{f_{c,90,dD} * 2} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,dD}}{f_{v,dD} * 2} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 6,09 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,a,dG} = \frac{f_{c,0,dG}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{c,90,dG} * 2} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{v,dG} * 2} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 5,25 \text{ N/mm}^2$$

Maximale Einschnitttiefe im lastaufnehmenden Holz (Gurt)

$$t_{v,max} = \text{WENN}(\gamma \leq 50; h_G/4; \text{WENN}(\gamma \leq 60; h_G/4 * (1 - (\gamma - 50)/30); h_G/6)) = 50,00 \text{ mm}$$

erforderlichen Einschnitttiefe für die Bemessungslast S_{Ed}

$$t_{v,erf} = S_{Ed} * 10^3 * \cos(\alpha) / (b_D * \text{MIN}(f_{c,a,dG}; f_{c,0,dD})) = 34 \text{ mm}$$

gewählte Einschnitttiefe:

$$\text{gewählt } t_v = 35 \text{ mm}$$

$$t_{v,erf} / t_v = \underline{0,97 \leq 1}$$

$$t_v / t_{v,max} = \underline{0,70 \leq 1}$$

Mindestwert der Vorholzlänge des Gurtes

$$l_{v,erf} = S_{Ed} * 10^3 * \cos(\gamma) / (b_G * f_{v,dG}) = 71 \text{ mm}$$

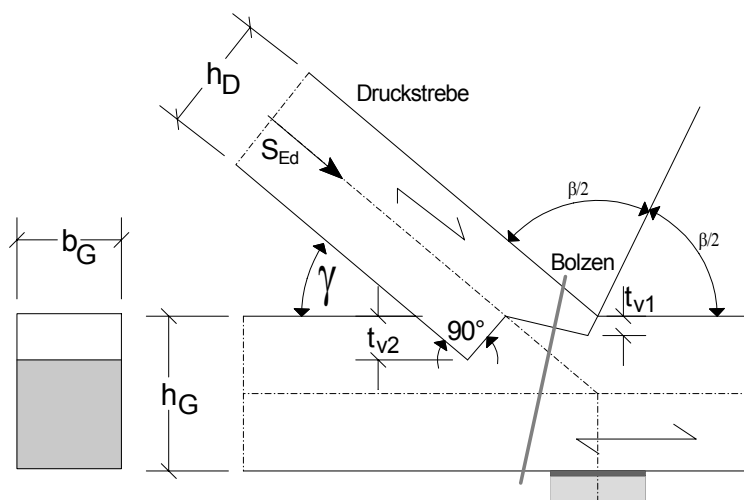
gewählte Vorholzlänge:

$$\text{gewählt } l_v = 200 \text{ mm}$$

$$l_v / (8 * t_v) = \underline{0,71 \leq 1}$$

Stirn- Fersenversatz

Entwurf eines doppelten Versatzes (Stirn-Fersenversatz) mit maximaler Tragfähigkeit und Nachweis der Tragfähigkeit für den Bemessungswert der Normalkraft in der Druckstrebe



System + Belastung:

Gurt :	
Höhe $h_G =$	400 mm
Breite $b_G =$	280 mm
Druckstab:	
Höhe $h_D =$	320 mm
Breite $b_D =$	280 mm
$S_{Ed} =$	370,00 kN
Anschlußwinkel $\gamma =$	35,00 °

Material:

Gurt:		
Baustoff $BS_G =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse $FK =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_G)	= GL32h
Nutzungsklasse $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_G)	= 2
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= lang
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_G ; K=KLED)	= 0,70
$f_{m,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; fmk; FK=FK)	= 32,00 N/mm ²
$f_{c,0,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	= 29,00 N/mm ²
$f_{t,0,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; ft0k; FK=FK)	= 22,50 N/mm ²
$f_{c,90,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	= 3,30 N/mm ²
$f_{v,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	= 3,50 N/mm ²
$\rho_{k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; rhok; FK=FK)	= 430 kg/m ³
Druckstab:		
Baustoff $BS_D =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse $FK =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_D)	= GL24h
$f_{c,0,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	= 24,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	= 2,70 N/mm ²
$f_{v,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	= 3,50 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30



Bemessungswerte der Tragfähigkeit:



Bemessung:

Entwurf des einseitigen Stirn-Fersenversatzes

$$t_{v2,max} = \text{WENN}(\gamma \leq 50; h_G/4; \text{WENN}(\gamma \leq 60; h_G/4 * (1 - (\gamma - 50)/30); h_G/6)) = 100 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } t_{v2} = 100 \text{ mm}$$

$$t_{v1,max} = \text{MIN}(0,8 * t_{v2,max}; t_{v2,max} - 10) = 80 \text{ mm}$$

$$\text{gewählt } t_{v1} = 80 \text{ mm}$$

Maximal aufnehmbare Anteile der Stabkraft im Druckstab durch Stirnversatz und Fersenversatz

$$\alpha = \gamma / 2 = 17,50^\circ$$

$$f_{c,a,dD} = \frac{f_{c,0,dD}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,dD}}{f_{c,90,dD}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,dD}}{f_{v,dD}} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 9,23 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,a,dG} = \frac{f_{c,0,dG}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{c,90,dG}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{v,dG}} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 10,07 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{1,Rd} = t_{v1} * b_D * \text{MIN}(f_{c,a,dG}; f_{c,a,dD}) / (\text{COS}(\alpha))^2 * 10^{-3} = 227,31 \text{ kN}$$

$$\alpha = \gamma = 35,00^\circ$$

$$f_{c,a,dG} = \frac{f_{c,0,dG}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{c,90,dG}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{v,dG}} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 6,20 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{2,Rd} = t_{v2} * b_D * \text{MIN}(f_{c,a,dG}; f_{c,0,dD}) / \text{COS}(\alpha) * 10^{-3} = 211,93 \text{ kN}$$

Nachweis der Tragfähigkeit

$$\frac{S_{Ed}}{S_{1,Rd} + S_{2,Rd}} = 0,84 \leq 1$$

Berechnung und Nachweis der erforderlichen Vorholzlängen l_{v1} und l_{v2}

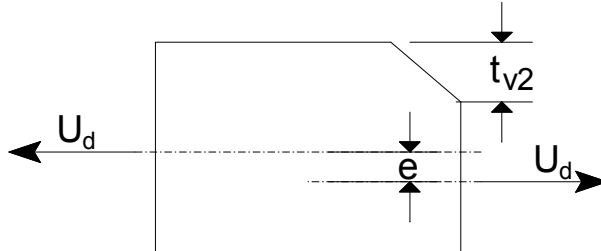
$$l_{v1,erf} = S_{1,Rd} \cdot 10^3 \cdot \cos(\gamma) / (b_G \cdot f_{v,dG}) = 354 \text{ mm}$$

$$l_{v1,erf} / (8 \cdot t_{v1}) = \underline{0,55 \leq 1}$$

$$l_{v2,erf} = S_{Ed} \cdot 10^3 \cdot \cos(\gamma) / (b_G \cdot f_{v,dG}) = 576 \text{ mm}$$

$$l_{v2,erf} / (8 \cdot t_{v2}) = \underline{0,72 \leq 1}$$

Nachweis des geschwächten Querschnitts des Untergurtes in der Fuge unter dem Fersenversatz



$$e = t_{v2} / 2 = 50 \text{ mm}$$

$$U_d = S_{Ed} \cdot \cos(\gamma) = 303,09 \text{ kN}$$

$$M_d = U_d \cdot 10^3 \cdot e = 15,15 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Da die Bohrung für den Sicherungsbolzen in Teilbereichen unter 150 vom geschwächten Querschnitt entfernt ist, wird sie berücksichtigt (sichere Seite):

$$\text{Sicherungsbolzen } d = 21 \text{ mm}$$

$$A_n = (b_G - d) \cdot (h_G - t_{v2}) = 77700 \text{ mm}^2$$

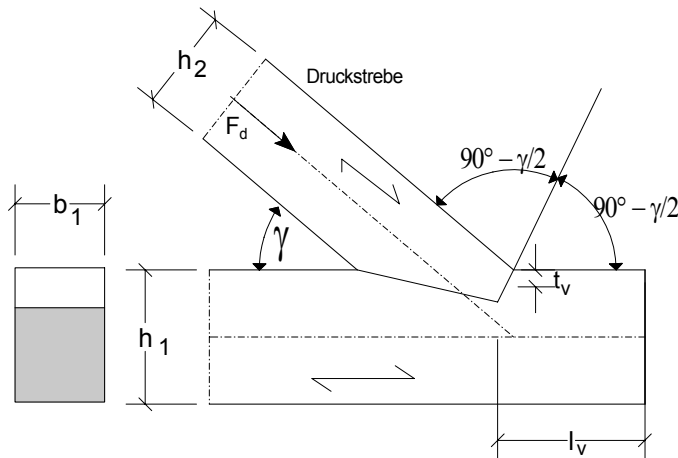
$$W_n = (b_G - d) \cdot (h_G - t_{v2})^2 / 6 = 3,88 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = U_d \cdot 10^3 / A_n = 3,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_n = 3,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,dG} + \sigma_{m,d} / f_{m,y,d} = \underline{0,54 \leq 1}$$

Stirnversatz



System:

Gurt:	
Höhe $h_1 =$	180 mm
Breite $b_1 =$	140 mm
Druckstab:	
Höhe $h_2 =$	140 mm
Breite $b_2 =$	140 mm
Einschnittiefe $t_v =$	45,0 mm
Vorholzlänge $l_v =$	200 mm \geq 200
Anschlußwinkel $\gamma =$	40,00 °

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	=	0,80
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	=	4,00 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$			1,30

Belastung:

$F_{\alpha,d} =$	49,30 kN
------------------	----------



Berechnung:

Überprüfung der geometrischen Randbedingungen:

$$\begin{aligned}\alpha &= \gamma / 2 &= & 20,00^\circ \\ t_{v,max} &= \text{WENN}(\gamma \leq 50; h_1/4; \text{WENN}(\gamma < 60; h_1/4 * (1 - (\gamma - 50)/30); h_1/6)) &= & 45,00 \text{ mm} \\ t_v / t_{v,max} & &= & \underline{1,00 \leq 1} \\ l_{v,max} &= 8 * t_v &= & 360 \text{ mm} \\ l_v &= \text{WENN}(l_{v,max} < l_v; l_{v,max}; l_v) &= & 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

Bemessungswerte der Beanspruchung

Druckbeanspruchung in der Stirnfläche des Versatzes:

$$\begin{aligned}A_D &= b_1 * \frac{t_v}{\cos(\alpha)} &= & 6,70 * 10^3 \text{ mm}^2 \\ \sigma_{c,a,d} &= F_{\alpha,d} * 10^3 * \frac{\cos(\alpha)}{A_D} &= & 6,91 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Scherkräfte in der Vorholzfläche:

$$\begin{aligned}A_V &= b_1 * l_v &= & 28,00 * 10^3 \text{ mm}^2 \\ \tau_d &= F_{\alpha,d} * 10^3 * \frac{\cos(\gamma)}{A_V} &= & 1,35 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:



$$f_{c,a,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d}} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 9,81 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

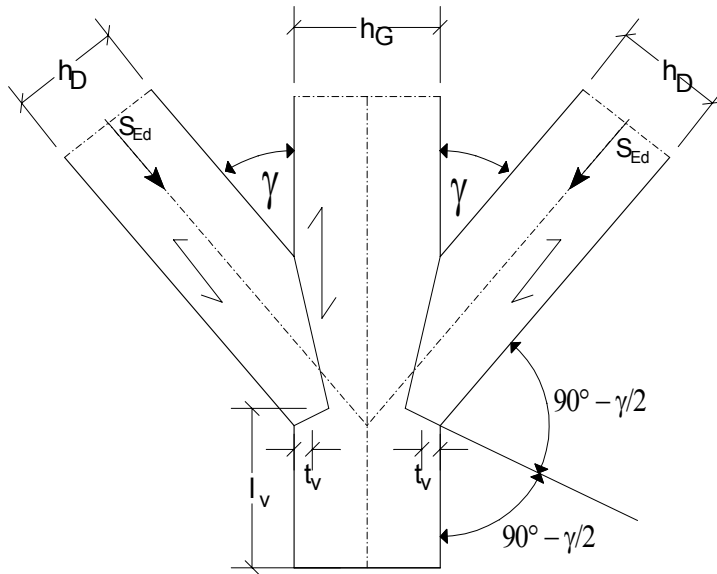
Druckfestigkeit in der Versatzfläche:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \underline{0,70 \leq 1}$$

Schubfestigkeit in der Vorholzfläche:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{0,55 \leq 1}$$

Zweiseitiger Stirnversatz



System:

Gurt (Zugstab):	
Höhe $h_G =$	200 mm
Breite $b_G =$	160 mm
Druckstäbe:	
Höhe $h_D =$	160 mm
Breite $b_D =$	160 mm
Anschlußwinkel $\gamma =$	45,00 °

Material:

Gurt (Zugstab):		
Baustoff $BS_G =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse $FK =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_G)	= GL28h
Nutzungsstufe $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_G)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= mittel
$k_{mod} =$	TAB("EC5_de/mod"; k_{mod} ; B= BS_G ; K=KLED)	= 0,80
$f_{c,0,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; f_{c0k} ; FK=FK)	= 26,50 N/mm ²
$f_{t,0,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; f_{t0k} ; FK=FK)	= 19,50 N/mm ²
$f_{c,90,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; f_{c90k} ; FK=FK)	= 3,00 N/mm ²
$f_{v,k,G} =$	TAB("EC5_de/mat"; f_{vk} ; FK=FK)	= 3,50 N/mm ²
Druckstäbe:		
Baustoff $BS_D =$	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse $FK =$	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_D)	= C24
Nutzungsstufe $NK =$	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_D)	= 1
$f_{c,0,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; f_{c0k} ; FK=FK)	= 21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; f_{c90k} ; FK=FK)	= 2,50 N/mm ²
$f_{v,k,D} =$	TAB("EC5_de/mat"; f_{vk} ; FK=FK)	= 4,00 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert $\gamma_M =$		1,30



Bemessungswerte der Tragfähigkeit:



Bemessung:

Maximale Einschnitttiefe im lastaufnehmenden Holz (Gurt)

$$t_{v,max} = h_G / 6 = 33 \text{ mm}$$

Maximale Kraft im Druckstab

$$\alpha = \gamma / 2 = 22,50^\circ$$

$$f_{c,a,dD} = \frac{f_{c,0,dD}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,dD}}{f_{c,90,dD}} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,dD}}{f_{v,dD}} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 9,21 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,a,dG} = \frac{f_{c,0,dG}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{c,90,dG}} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,dG}}{f_{v,dG}} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 9,51 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{Ed,max} = t_{v,max} \cdot b_D \cdot \text{MIN}(f_{c,a,dG}; f_{c,a,dD}) / (\text{COS}(\alpha))^2 \cdot 10^{-3} = 56,97 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweis des geschwächten Querschnitts des Gurtes

Lagesicherung $d_L = 17 \text{ mm}$

$$A_n = (b_G - d_L) \cdot (h_G - 2 \cdot t_{v,max}) = 19,16 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = S_{Ed,max} \cdot 10^3 \cdot \frac{\cos(\alpha)}{A_n} = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

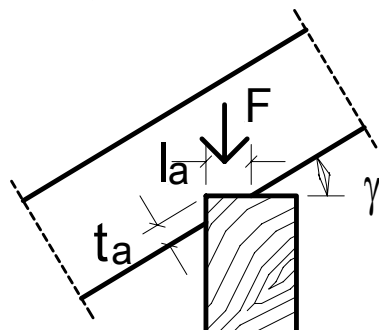
$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,dG} = 0,23 \leq 1$$

Mindestwert der Vorholzlänge des Gurtes (Zugstabes).

$$l_{v,erf} = S_{Ed,max} \cdot 10^3 \cdot \text{COS}(\gamma) / (b_G \cdot f_{v,dG}) = 117 \text{ mm}$$

$$l_{v,erf} / (8 \cdot t_{v,max}) = 0,44 \leq 1$$

Sparrenaufleger



System:

Sparrenbreite b_{Sp} =	80,0 mm
Sparrenneigung γ =	30,0 °
Kervertiefe t_a =	30,0 mm

Material:

Sparren:		
Baustoff BS_{Sp} =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_{Sp} =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_{Sp})	= C24
Pfette:		
Baustoff BS_{Pf} =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_{Pf} =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B= BS_{Pf})	= GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B= BS_{Sp})	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= kurz
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B= BS_{Sp} ; K=KLED; N= NK)	= 0,90
$f_{c,0,k,Sp}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_{Sp})	= 21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,Sp}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK= FK_{Sp})	= 2,50 N/mm ²
$f_{v,k,Sp}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK= FK_{Sp})	= 4,00 N/mm ²
$f_{c,0,k,Pf}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK= FK_{Pf})	= 24,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,Pf}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK= FK_{Pf})	= 2,70 N/mm ²
$f_{v,k,Pf}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK= FK_{Pf})	= 2,50 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Belastung:

F_d =	6,95 kN
---------	---------

Berechnung:

l_a =	$t_a / \sin(\gamma)$	= 60,0 mm
<u>einzuhaltende Sparrenhöhe:</u>		
für $\gamma \leq 50^\circ$ gilt h_{min} =	$4 * t_a$	= 120,0 mm
für $\gamma > 60^\circ$ gilt h_{min} =	$6 * t_a$	= 180,0 mm
$50^\circ < \gamma \leq 60^\circ$ gilt h_{min} =	$4 * t_a / (1 - (\gamma - 50)/30)$	= 72,0 mm



Sparren:

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:



$$f_{c,\alpha,d,Sp} = \frac{f_{c,0,d,Sp}}{\frac{f_{c,0,d,Sp}}{k_{c,90,Sp} * f_{c,90,d,Sp}} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 3,27 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchung:

$$l_{a,ef,Sp} = \frac{t_a}{\sin(\gamma)} + 2 * 30 * \cos(\gamma) = 112,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,\alpha,d,Sp} = \frac{F_d * 10^3}{l_{a,ef,Sp} * b_{Sp}} = 0,78 \text{ N/mm}^2$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,\alpha,d,Sp} / f_{c,\alpha,d,Sp} = \underline{\underline{0,24 \leq 1}}$$

Pfette:

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$k_{c,90,Pf} = \text{WENN}(BS_{Pf}="Nadelholz"; 1,50;1,75) = 1,75$$

$$k_{c,90,Pf} = \text{WENN}(BS_{Pf}="Laubholz"; 1,0;k_{c,90,Pf}) = 1,75$$

$$f_{c,90,d,Pf} = k_{mod} * f_{c,90,k,Pf} / \gamma_M = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchung:

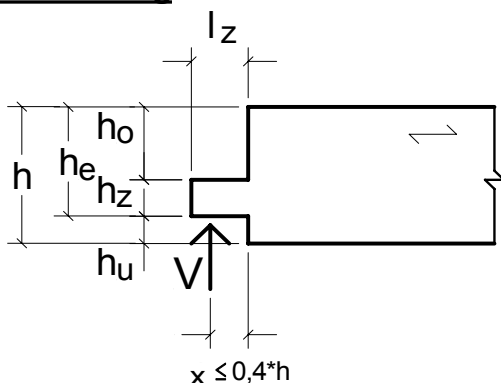
$$l_{ef,Pf} = b_{Sp} + 2 * 30 = 140,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,90,d,Pf} = \frac{F_d * 10^3}{l_a * l_{ef,Pf}} = 0,83 \text{ N/mm}^2$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\frac{\sigma_{c,90,d,Pf}}{k_{c,90,Pf} * f_{c,90,d,Pf}} = \underline{\underline{0,25 \leq 1}}$$

Zapfenverbindung



System:

Höhe h =	280 mm
Breite b =	140 mm
Zapfenlänge l_z =	60 mm
Obere Höhe h_o =	100 mm
Zapfenhöhe h_z =	100 mm
Lastangriffspunkt x =	20,0 mm

Material:

Baustoff BS =	GEW("EC5_de/mat"; B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("EC5_de/mat"; FK; B=BS)	= C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("EC5_de/mod"; N; B=BS)	= 1
KLED =	GEW("EC5_de/mod"; K;)	= mittel
k_{mod} =	TAB("EC5_de/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	= 0,80
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc0k; FK=FK)	= 21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fc90k; FK=FK)	= 2,50 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("EC5_de/mat"; fvk; FK=FK)	= 4,00 N/mm ²
Sicherheitsbeiwert γ_M =		1,30

Belastung:

F_d =	12,30 kN
---------	----------

Berechnung:

h_u =	$h - h_o - h_z$	= 80 mm
h_e =	$h_o + h_z$	= 200 mm

Überprüfung der geometrischen Randbedingungen:

$15 / l_z$	=	$0,25 \leq 1$
$l_z / 60$	=	$1,00 \leq 1$
$1,5 / (h / b)$	=	$0,75 \leq 1$
$(h / b) / 2,5$	=	$0,80 \leq 1$
h_u / h_o	=	$0,80 \leq 1$
$h_u / h / (1/3)$	=	$0,86 \leq 1$
$h / 6 / h_z$	=	$0,47 \leq 1$
$h / 300$	=	$0,93 \leq 1$
$x / (0,4 * h)$	=	$0,18 \leq 1$
$x / (0,5 * l_z)$	=	$0,67 \leq 1$



Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

Charakteristischer Wert der Zapfentragfähigkeit:

$$\alpha = \frac{h_e}{h} = 0,71$$

$$\beta = \frac{h_z}{h_e} = 0,50$$



$$k_v = \text{MIN}\left(\frac{k_n}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1-\alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1-\alpha^2}{\alpha}}\right)}; 1\right) = 0,588$$

$$l_{z,ef} = \text{MIN}(l_z + 30; 2 \cdot l_z) = 90 \text{ mm}$$

$$R_k = \text{MIN}(2/3 \cdot b \cdot h_e \cdot k_z \cdot k_v \cdot f_{v,k}; 1,7 \cdot b \cdot l_{z,ef} \cdot f_{c,90,k}) = 42,59 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Bemessungswert der Zapfentragfähigkeit:

$$R_d = k_{\text{mod}} \cdot R_k / \gamma_M = 26,21 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

$$\frac{F_d \cdot 10^3}{R_d} = \underline{\underline{0,47 \leq 1}}$$