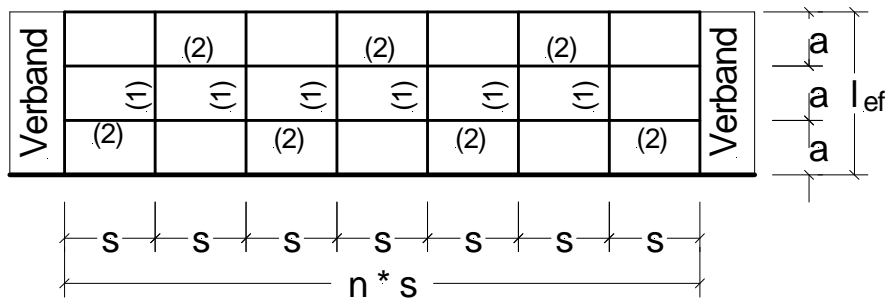


Abstützung von Biegeträgern im Dachverband



System:

Druckstab l_{ef} =	12,00 m
Abstand der Abstützungen a =	4,00 m
Druckstabbreite b_H =	120,00 mm
Druckstabhöhe h_H =	700,00 mm
Abstützung s =	5,00 m
Abstützungsbreite b_N =	100,00 mm
Abstützungshöhe h_N =	140,00 mm
Anzahl der auszusteienden Stützen n =	6

Belastung:

aus Eigenlast $M_{y,G,k}$ =	16,00 kNm
aus Schneelast $M_{y,QS,k}$ =	36,00 kNm

Material:

Druckstab			
Baustoff BS_D =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_D =	GEW("1052/Holz"; FK; B= BS_D)	=	GL24c
Abstützung			
Baustoff BS_A =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_A =	GEW("1052/Holz"; FK; B= BS_A)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B= BS_D)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B= BS_D ; K=KLED; N=NK)	=	0,90
$f_{c,0,kD}$ =	TAB("1052/Holz"; f_{c0k} ; FK= FK_D)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,kD}$ =	TAB("1052/Holz"; f_{mk} ; FK= FK_D)*10	=	24,00 N/mm ²
$E_{0,meanD}$ =	TAB("1052/Holz"; E_{0mean} ; FK= FK_D)*10	=	11600,00 N/mm ²
$E_{0,05D}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK= FK_D)*10	=	9670,00 N/mm ²
G_{meanD} =	TAB("1052/Holz"; G_{mean} ; FK= FK_D)*10	=	590,00 N/mm ²
G_{05D} =	TAB("1052/Holz"; G05; FK= FK_D)*10	=	492,00 N/mm ²
$f_{c,0,kA}$ =	TAB("1052/Holz"; f_{c0k} ; FK= FK_A)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,kA}$ =	TAB("1052/Holz"; f_{mk} ; FK= FK_A)*10	=	24,00 N/mm ²
$E_{0,meanA}$ =	TAB("1052/Holz"; E_{0mean} ; FK= FK_A)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05A}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK= FK_A)*10	=	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

Druckstab:

$$W_{ef,yD} = b_H * \frac{h_H^2}{6} = 9,80 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,y,dD} = \frac{M_{yd} * 10^6}{W_{ef,yD}} = 7,71 \text{ N/mm}^2$$

Abstützung:

$$A_{ef,A} = b_N * h_N = 14000,00 \text{ mm}^2$$

$$f = \text{WENN}(BS_D = \text{"Vollholz"}; 50; 80) = 80$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef} * 10^3}{0,289 * h_H} = 59,32$$

$$\lambda_{z1} = \frac{l_{ef} * 10^3}{0,289 * b_H} = 346,02$$

$$\lambda_{rel,c} = \text{MAX}(\lambda_y; \lambda_{z1}) * \frac{\sqrt{\frac{f_{c,0,kD}}{E_{0,05D}}}}{\pi} = 5,13$$

$$\beta_c = \text{WENN}(BS_D = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,10$$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2) = 13,90$$

$$k_c = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1\right) = 0,04$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef} * h_H * 10^3}{\pi * b_H^2}} * \sqrt{\frac{f_{m,kD}}{\sqrt{E_{0,05D} * G_{05D}}}} = 1,43$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,49$$

$$N_d = (1 - k_m) * M_{yd} * 10^3 / h_H = 55,08 \text{ kN}$$

$$F_{d,A} = \frac{N_d * (1 - k_c)}{f} = 0,66 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,0,dA} = \frac{n * F_{d,A} * 10^3}{2 * A_{ef,A}} = 0,14 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,0,dD} = k_{mod} * f_{c,0,kD} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,dD} = k_{mod} * f_{m,kD} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,dA} = k_{mod} * f_{c,0,kA} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen

Druckstab:

$$\frac{\sigma_{m,y,dD}}{k_m * f_{m,dD}} = \underline{0,95 \leq 1}$$

Abstützung:

$$\lambda_{yA} = \frac{s * 10^3}{0,289 * h_N} = 123,58$$

$$\lambda_{zA} = \frac{s * 10^3}{0,289 * b_N} = 173,01$$

$$\lambda_{rel,cA} = \text{MAX}(\lambda_{yA}; \lambda_{zA}) * \frac{\sqrt{\frac{f_{c,0,kA}}{E_{0,05A}}}}{\pi} = 2,95$$

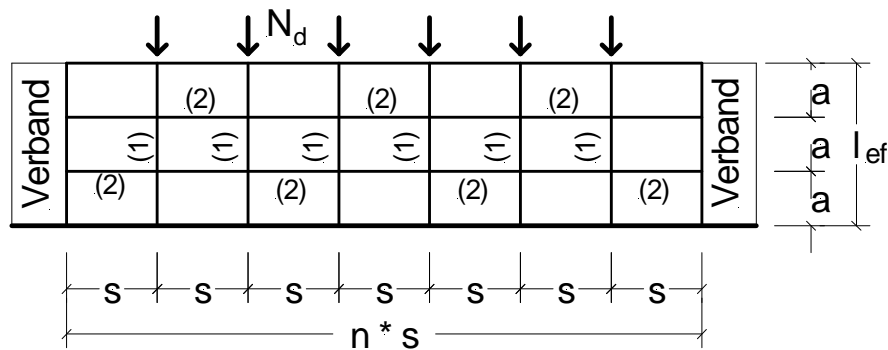
$$\beta_{cA} = \text{WENN}(BS_A = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_{zA} = 0,5 * (1 + \beta_{cA} * (\lambda_{rel,cA} - 0,3) + \lambda_{rel,cA}^2) = 5,12$$

$$k_{c,yA} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_{zA} + \sqrt{k_{zA}^2 - \lambda_{rel,cA}^2}}; 1\right) = 0,11$$

$$\frac{\sigma_{c,0,dA}}{k_{c,yA} * f_{c,0,dA}} = \underline{0,09 \leq 1}$$

Einzelabstützung von Druckstäben



System:

Druckstab l_{ef} =	9,00 m
Abstand der Abstützungen a =	3,00 m
Druckstabbreite b_H =	200,00 mm
Druckstabhöhe h_H =	400,00 mm
Abstützung s =	5,00 m
Abstützungsbreite b_N =	100,00 mm
Abstützungshöhe h_N =	140,00 mm
Anzahl der auszusteifenden Stützen n =	6

Belastung:

Eigenlast $N_{c,0,G,k}$ =	150,00 kN
Schneelast $N_{c,0,QS,k}$ =	225,00 kN

Material:

Druckstab			
Baustoff BS_D =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_D =	GEW("1052/Holz";FK; B= BS_D)	=	GL24c
Abstützung			
Baustoff BS_A =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_A =	GEW("1052/Holz";FK; B= BS_A)	=	C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B= BS_D)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B= BS_D ; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$f_{c,0,kD}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK= FK_D)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,kD}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK= FK_D)*10	=	24,00 N/mm ²
$E_{0,05D}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK= FK_D)*10	=	9670,00 N/mm ²
$f_{c,0,kA}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK= FK_A)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{m,kA}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK= FK_A)*10	=	24,00 N/mm ²
$E_{0,05A}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK= FK_A)*10	=	7330,00 N/mm ²

Berechnung:

$$N_d = 1,35 * N_{c,0,G,k} + 1,5 * N_{c,0,QS,k} = 540,00 \text{ kN}$$

Bemessungswerte der Beanspruchung

Druckstab:

$$A_{ef,D} = b_H * h_H = 80000,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,dD} = \frac{N_d * 10^3}{A_{ef,D}} = 6,75 \text{ N/mm}^2$$

Abstützung:

$$A_{ef,A} = b_N * h_N = 14000,00 \text{ mm}^2$$

$$f = \text{WENN}(BS_D="Vollholz";50;80) = 80$$

$$\lambda_y = \frac{I_{ef} * 10^3}{0,289 * h_H} = 77,85$$

$$\lambda_{z1} = \frac{I_{ef} * 10^3}{0,289 * b_H} = 155,71$$

$$\lambda_{rel,c} = \text{MAX}(\lambda_y; \lambda_{z1}) * \frac{\sqrt{\frac{f_{c,0,kD}}{E_{0,05D}}}}{\pi} = 2,31$$

$$\beta_c = \text{WENN}(BS_D="Brettschichtholz";0,1;0,2) = 0,10$$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2) = 3,27$$

$$k_c = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1\right) = 0,18$$

$$F_{d,A} = \frac{N_d * (1 - k_c)}{f} = 5,54 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,0,dA} = \frac{n * F_{d,A} * 10^3}{2 * A_{ef,A}} = 1,19 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,0,dD} = k_{mod} * f_{c,0,kD} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,dA} = k_{mod} * f_{c,0,kA} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen

Druckstab:

$$\lambda_{z2} = \frac{a \cdot 10^3}{0,289 \cdot b_H} = 51,90$$

$$\lambda_{rel,c2} = \text{MAX}(\lambda_y; \lambda_{z2}) \cdot \frac{\sqrt{\frac{f_{c,0,kD}}{E_{0,05D}}}}{\pi} = 1,15$$

$$k_{y2} = \frac{0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c2} - 0,3) + \lambda_{rel,c2}^2)}{1} = 1,20$$

$$k_{c,y2} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_{y2} + \sqrt{k_{y2}^2 - \lambda_{rel,c2}^2}}; 1\right) = 0,65$$

$$\frac{\sigma_{c,0,dD}}{k_{c,y2} \cdot f_{c,0,dD}} = \underline{\underline{0,71 \leq 1}}$$

Abstützung:

$$\lambda_{yA} = \frac{s \cdot 10^3}{0,289 \cdot h_N} = 123,58$$

$$\lambda_{zA} = \frac{s \cdot 10^3}{0,289 \cdot b_N} = 173,01$$

$$\lambda_{rel,cA} = \text{MAX}(\lambda_{yA}; \lambda_{zA}) \cdot \frac{\sqrt{\frac{f_{c,0,kA}}{E_{0,05A}}}}{\pi} = 2,95$$

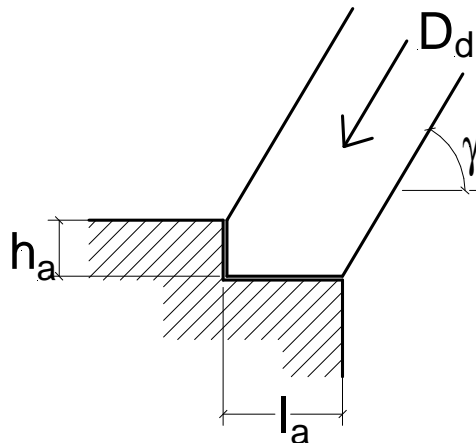
$$\beta_{cA} = \text{WENN}(BS_A = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_{zA} = \frac{0,5 \cdot (1 + \beta_{cA} \cdot (\lambda_{rel,cA} - 0,3) + \lambda_{rel,cA}^2)}{1} = 5,12$$

$$k_{c,yA} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_{zA} + \sqrt{k_{zA}^2 - \lambda_{rel,cA}^2}}; 1\right) = 0,11$$

$$\frac{\sigma_{c,0,dA}}{k_{c,yA} \cdot f_{c,0,dA}} = \underline{\underline{0,74 \leq 1}}$$

Auflagerpunkt eines schrägen Stütze



System:

Stützenbreite $b =$	16,00 cm
Stützenhöhe $h =$	28,00 cm
Auflagerlänge $l_a =$	24,00 cm
Auflagerhöhe $h_a =$	12,00 cm
Stützenwinkel $\gamma =$	60,00 °

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz";fc0k;FK=FK)*10	=	21,00 kN/cm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz";fc90k;FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz";fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$			2,70 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NK;B=BS)	=	0,80

Belastung:

$D_{H,d} =$	36,00 kN
$D_{V,d} =$	62,35 kN

Berechnung:

Anschluß der vertikalen Kraftkomponente:

$$l_{ef,V} = l_a + 3 * \cos(\gamma) = 25,50 \text{ cm}$$

$$A_{ef,V} = b * l_{ef,V} = 408,00 \text{ cm}^2$$

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,\alpha,d,V} = \frac{D_{V,d}}{A_{ef,V}} * 10 = 1,53 \text{ N/mm}^2$$

Zugfestigkeit:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,66 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Korrekturfaktor:

$$\alpha = 90 - \gamma = 30,00^\circ$$

$$f_{c,\alpha,d,V} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} \cdot 1,5} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 4,08 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{C,90,V} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Nadelholz"; } 1,5; 1,75) = 1,50$$

$$k_{C,\alpha,V} = 1 + (k_{C,90,V} - 1) \cdot \text{SIN}(\alpha) = 1,25$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,\alpha,d,V} / (k_{C,\alpha,V} \cdot f_{c,\alpha,d,V}) = \underline{0,30 \leq 1}$$

Anschluß der horizontalen Kraftkomponente:

$$l_{ef,H} = h_a + 3 \cdot \text{SIN}(\gamma) = 14,60 \text{ cm}$$

$$A_{ef,H} = b \cdot l_{ef,H} = 233,60 \text{ cm}^2$$

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,\alpha,d,H} = D_{H,d} / A_{ef,H} \cdot 10 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Korrekturfaktor:

$$\alpha = \gamma = 60,00^\circ$$

$$f_{c,\alpha,d,H} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} \cdot 1,5} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

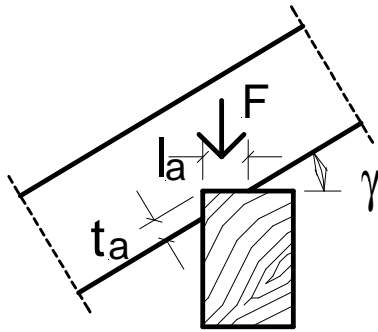
$$k_{C,90,H} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Nadelholz"; } 1,5; 1,75) = 1,50$$

$$k_{C,\alpha,H} = 1 + (k_{C,90,H} - 1) \cdot \text{SIN}(\alpha) = 1,43$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,\alpha,d,H} / (k_{C,\alpha,H} \cdot f_{c,\alpha,d,H}) = \underline{0,56 \leq 1}$$

Sparrenauflager



System:

Sparrenbreite b_{Sp} =	8,00 cm
Sparrenneigung γ =	35,00 °
Einschnitttiefe t_a =	3,00 cm

Material:

Sparren:

Baustoff BS_{Sp} =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_{Sp} =	GEW("1052/Holz";FK; B= BS_{Sp})	=	C24

Pfette:

Baustoff BS_{Pf} =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_{Pf} =	GEW("1052/Holz";FK; B= BS_{Pf})	=	GL24c

Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B= BS_{Sp})	=	3
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B= BS_{Sp} ; K=KLED;N= NK)	=	0,70

$f_{c,0,k,Sp}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK= FK_{Sp})*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,Sp}$ =	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK= FK_{Sp})*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k,Sp}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK= FK_{Sp})*10	=	2,00 N/mm ²
$f_{c,0,k,Pf}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK= FK_{Pf})*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k,Pf}$ =	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK= FK_{Pf})*10	=	2,40 N/mm ²
$f_{v,k,Pf}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK= FK_{Pf})*10	=	2,50 N/mm ²

Belastung:

F_d =	9,30 kN
---------	---------

Berechnung:

l_a =	$t_a / \sin(\gamma)$	=	5,23 cm
---------	----------------------	---	---------

Sparren:**Bemessungswerte der Tragfähigkeit:**

$$f_{c,0,d,Sp} = k_{mod} * f_{c,0,k,Sp} / 1,3 = 11,31 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d,Sp} = k_{mod} * f_{c,90,k,Sp} / 1,3 = 1,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d,Sp} = k_{mod} * f_{v,k,Sp} / 1,3 = 1,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 90 - \gamma = 55,00^\circ$$

$$k_{c,90,Sp} = \text{WENN}(BS_{Sp} = \text{"Nadelholz"}; 1,25; 1,75) = 1,25$$

$$k_{c,\alpha,Sp} = 1 + (k_{c,90,Sp} - 1) * \text{SIN}(\alpha) = 1,205$$

$$f_{1,Sp} = \left(\frac{f_{c,0,d,Sp} * \sin(\alpha)^2}{f_{c,90,d,Sp}} \right)^2 = 31,60$$

$$f_{2,Sp} = \left(\frac{f_{c,0,d,Sp} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)}{f_{v,d,Sp} * 1,5} \right)^2 = 10,76$$

$$f_{c,\alpha,d,Sp} = \frac{f_{c,0,d,Sp}}{\sqrt{f_{1,Sp} + f_{2,Sp} + \cos(\alpha)^4}} = 1,74 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchung:

$$l_{ef,Sp} = \frac{t_a * 10}{\sin(\gamma)} + 2 * 30 * \cos(\gamma) = 101,45 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,\alpha,d,Sp} = \frac{F_d * 10}{l_{ef,Sp} * b_{Sp} / 10} = 1,15 \text{ N/mm}^2$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,\alpha,d,Sp} / (k_{c,\alpha,Sp} * f_{c,\alpha,d,Sp}) = \underline{\underline{0,55 \leq 1}}$$

Pfette:**Bemessungswerte der Tragfähigkeit:**

$$\alpha = 90 - \gamma = 55,00^\circ$$

$$k_{c,90,Pf} = \text{WENN}(BS_{Pf} = \text{"Nadelholz"}; 1,25; 1,75) = 1,75$$

$$f_{c,90,d,Pf} = k_{mod} * f_{c,90,k,Pf} / 1,3 = 1,29 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchung:

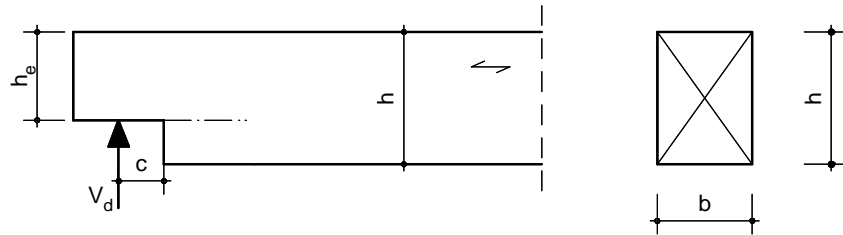
$$l_{ef,Pf} = b_{Sp} * 10 + 2 * 30 = 140,00 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,90,d,Pf} = \frac{F_d * 10^3}{l_a * 10 * l_{ef,Pf}} = 1,27 \text{ N/mm}^2$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\sigma_{c,90,d,Pf} / (k_{c,90,Pf} * f_{c,90,d,Pf}) = \underline{\underline{0,56 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d,Pf}}{k_{c,90,Pf} * f_{c,90,d,Pf}} = \underline{\underline{0,56 \leq 1}}$$

Pos. Ausklinkung mit Verstärkung**Eingaben:****Träger:**

Breite b =	20,00 cm
Höhe h =	45,00 cm
Höhe h _e =	25,00 cm
Abstand c =	10,00 cm

Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

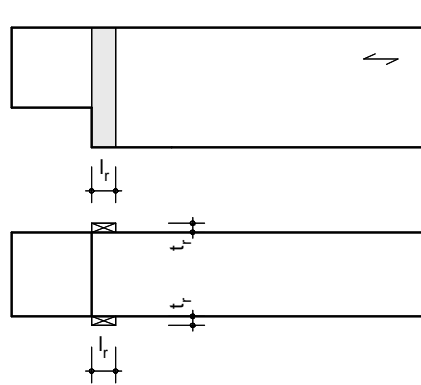
Belastung:

Bemessungskraft V _d =	30,00 kN
----------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

f _{v,k} =	TAB("1052/Holz";fvk;FK=FK)	=	0,25 kN/cm ²
f _{v,d} =	f _{v,k} * k _{mod} / 1,3	=	0,15 kN/cm ²
α =	h _e / h	=	0,56
k _n =	WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5)	=	6,5
k ₉₀ =	$\frac{k_n}{\sqrt{h \cdot 10} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1 - \alpha^2}{\alpha}} \right)}$	=	0,43
k _e =		=	1,00
k _v =	MIN(1; k ₉₀ * k _e)	=	0,43
Tragfähigkeitsnachweis:	$\frac{1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h_e}}{k_v \cdot f_{v,d}}$	=	1,40 > 1

⇒ Verstärkung erforderlich!

Verstärkung:

gewählt:

aufgeklebte Holzwerkstoffplatten

Plattenmaterial:

Sperrholz F20/10 (Faserrichtung des Deckfurniers verläuft rechtwinklig zur Bauteilachse)

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

$$f_{t,d} = f_{t,k} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3 = 5,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Klebefugenfestigkeit } f_{k2,k} = \text{TAB}("1052/F23";fk2;) = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{k2,d} = f_{k2,k} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3 = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dicke Verst.-Platte } t_r = 30,00 \text{ mm}$$

$$\text{Breite Verst.-Platte } l_r = 100,00 \text{ mm}$$

$$\text{Plattenbreite zulässig?: } l_r / (10 \cdot h - 10 \cdot h_e) = 0,50 \geq 0,25$$

$$l_r / (10 \cdot h - 10 \cdot h_e) = 0,50 \leq 0,5$$

$$\text{Bemessungszugkraft } F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot (3 \cdot (1-\alpha)^2 - 2 \cdot (1-\alpha)^3) \cdot 10^3 = 16006,85 \text{ N}$$

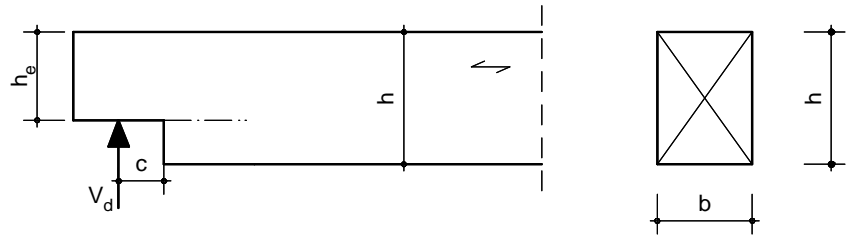
$$\text{Plattenzugspannung } \sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot l_r} = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Klebefugenspannung } \tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (10 \cdot h - 10 \cdot h_e) \cdot l_r} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\text{Klebefuge: } \frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} = 0,87 < 1$$

$$\text{Verstärkungsplatte: } 2,0 \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} = 0,96 < 1$$

Pos. Ausklinkung mit Verstärkung**Eingaben:****Träger:**

Breite b =	20,00 cm
Höhe h =	45,00 cm
Höhe h _e =	25,00 cm
Abstand c =	10,00 cm

Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung:

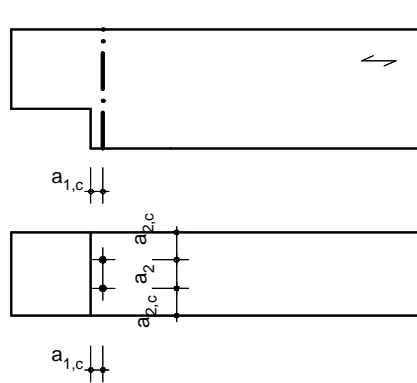
Bemessungskraft V _d =	30,00 kN
----------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

f _{v,k} =	TAB("1052/Holz";fvk;FK=FK)	=	0,25 kN/cm ²
f _{v,d} =	f _{v,k} *k _{mod} /1,3	=	0,15 kN/cm ²
α =	h _e /h	=	0,56
k _n =	WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5)	=	6,5
k ₉₀ =	k _n /(√(h*10)*√(α*(1-α))+0,8*c/h*√(1/α-α ²))	=	0,43
k ₉₀ =	$\frac{k_n}{\sqrt{h \cdot 10} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}$	=	0,43
k _e =		=	1,00
k _v =	MIN(1;k ₉₀ *k _e)	=	0,43

$$\text{Tragfähigkeitsnachweis: } \frac{1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h_e}}{k_v \cdot f_{v,d}} = 1,40 > 1$$

⇒ Verstärkung erforderlich!

Verstärkung:

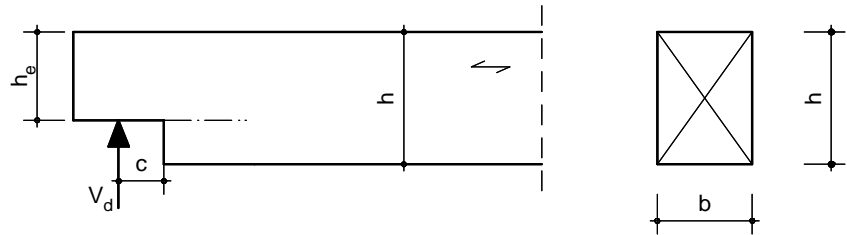
gewählt:	SPAX-Vollgewindeschrauben (Z-9.1-519)	
Schraubendurchmesser $d_1 =$	GEW("1052/Spax";d1;)	= 8,00 mm
Schraubenlänge $l =$		400,00 mm
Anzahl $n =$		2
Einschraubtiefe $l_{ad,c} =$	$10 \cdot (h - h_e)$	= 200,00 mm
$l_{ad,t} =$	$l - l_{ad,c}$	= 200,00 mm
$l_{ad} =$	$\text{MIN}(l_{ad,c}; l_{ad,t})$	= 200,00 mm
Rohdichte $\rho_k =$	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	= 410,00 kg/m ³
char Ausziehparameter $f_{1,k} =$	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	= 13,45 N/mm ²
Zugtragfähigkeit $R_{ax,k} =$	$f_{1,k} \cdot d_1 \cdot l_{ad}$	= 21520,00 N
$R_{t,u,k} =$	TAB("1052/Spax";Rtuk;d1=d1)	= 17000,00 N
$R_{ax,d} =$	$\text{MIN}(R_{ax,k} \cdot k_{mod}/1,3; R_{t,u,k}/1,25)$	= 13243,08 N
Bemessungszugkraft $F_{t,90,d} =$	$1,3 \cdot V_d \cdot (3 \cdot (1-\alpha)^2 - 2 \cdot (1-\alpha)^3) \cdot 10^3$	= 16006,85 N

Nachweis:

Tragfähigkeit:	$\frac{F_{t,90,d}}{n \cdot R_{ax,d}}$	=	0,60 < 1
-----------------------	---------------------------------------	---	--------------------

Mindestabstände:

Randabstand $a_{1,c} =$	$5 \cdot d_1 / 10$	=	4,00 cm
$a_2 =$	$5 \cdot d_1 / 10$	=	4,00 cm
$a_{2,c} =$	$3 \cdot d_1 / 10$	=	2,40 cm

Pos. Ausklinkung mit Verstärkung**Eingaben:****Träger:**

Breite b =	20,00 cm
Höhe h =	45,00 cm
Höhe h _e =	25,00 cm
Abstand c =	10,00 cm

Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungs-klasse NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung:

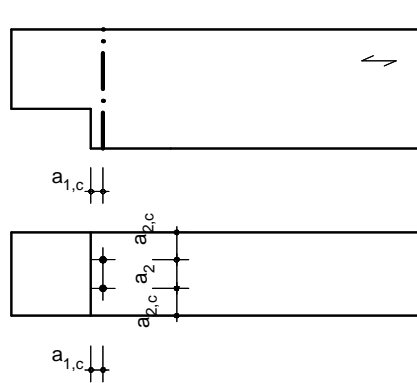
Bemessungskraft V _d =	30,00 kN
----------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

f _{v,k} =	TAB("1052/Holz";fvk;FK=FK)	=	0,25 kN/cm ²
f _{v,d} =	f _{v,k} *k _{mod} /1,3	=	0,15 kN/cm ²
α =	h _e /h	=	0,56
k _n =	WENN(Mat="Brettschichtholz";6,5;5)	=	6,5
k ₉₀ =	$\frac{k_n}{\sqrt{h \cdot 10} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}$	=	0,43
k _ε =		=	1,00
k _v =	MIN(1;k ₉₀ *k _ε)	=	0,43

$$\text{Tragfähigkeitsnachweis: } \frac{1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h_e}}{k_v \cdot f_{v,d}} = 1,40 > 1$$

⇒ Verstärkung erforderlich!

Verstärkung:

gewählt:	eingeklebte Gewindebolzen oder Betonrippenstahl	
Stahlstabmaterial:	Gewindebolzen M16 - 4.6	
Streckgrenze $f_{y,k}$ =		240,00 N/mm ²
Stabaußendurchmesser d_r =		16,00 mm
Spannungsquerschnitt A_{ef} =		157,00 mm ²
Anzahl n =		1
wirks. Einklebelänge l_{ad} =	$10 \cdot (h - h_e)$	= 200,00 mm
aufnehmbare Zugkraft R_d =	$\frac{A_{ef} \cdot f_{y,k}}{1,25}$	= 30144,00 N
Klebefugenfestigkeit $f_{k1,k}$ =	TAB("1052/F23";fk1;l _{ad})	= 4,00 N/mm ²
$f_{k1,d}$ =	$f_{k1,k} \cdot k_{mod}/1,3$	= 2,46 N/mm ²
Bemessungszugkraft $F_{t,90,d}$ =	$1,3 \cdot V_d \cdot (3 \cdot (1 - \alpha)^2 - 2 \cdot (1 - \alpha)^3) \cdot 10^3$	= 16006,85 N
Klebefugenspannung $\tau_{ef,d}$ =	$\frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}}$	= 1,59 N/mm ²

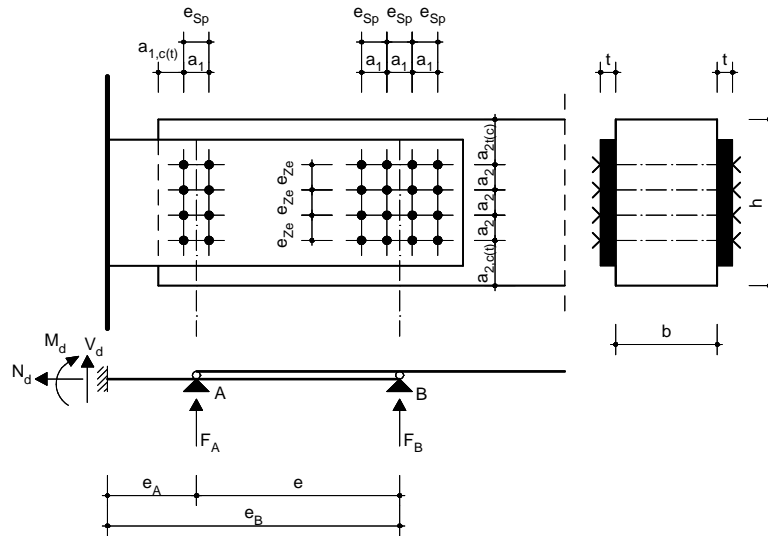
Nachweis:

Klebefuge:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}}$	=	0,65 < 1
Stahlstab:	$\frac{F_{t,90,d}}{n \cdot R_d}$	=	0,53 < 1

Mindestabstände:

Randabstand $a_{1,c}$ =	$2,5 \cdot d_r / 10$	=	4,00 cm
a_2 =	$3 \cdot d_r / 10$	=	4,80 cm
$a_{2,c}$ =	$2,5 \cdot d_r / 10$	=	4,00 cm

Biegesteifer Anschluss mit außenliegendem Stahlblech



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite $b =$	12,00 cm	
Höhe $h =$	20,00 cm	
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= C24

Stahlblech:

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

Verbindungsmittel:

Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N=4)	=	Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.6 / 4.8
Durchmesser $d =$			8,00 mm
Spalten A(quer z. FR) $n_{SpA} =$			2
Spalten B(quer z. FR) $n_{SpB} =$			2
Spalten gesamt $n_{Sp} =$	$n_{SpA} + n_{SpB}$	=	4
Zeilen (in FR) $n_{Ze} =$			3
Gesamtanzahl VM $n =$	$n_{Sp} * n_{Ze}$	=	12
Spaltenabstand (a_1) $e_{Sp} =$			6,0 cm
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$			4,0 cm
Abst. VM-Schwerpunkte $e =$			40,00 cm
Abst. zum Schwerg. A $e_A =$			30,00 cm
Abst. zum Schwerg. B $e_B =$	$e + e_A$	=	70,00 cm

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL:	GEW("1052/F1";N;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	=	kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	=	0,90

Belastung:

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

Berechnung der Beanspruchung je Verbindungsmittel:

$$\begin{aligned} \text{Normalkraftkomponente } F_{N,d} &= \frac{N_d}{n} &= & -4,23 \text{ kN} \\ \text{Querkraftkomponente A } F_{VA,d} &= \frac{M_d \cdot 10^2 + V_d \cdot e_B}{e \cdot n_{SpA} \cdot n_{Ze}} &= & -5,42 \text{ kN} \\ \text{Querkraftkomponente B } F_{VB,d} &= \frac{M_d \cdot 10^2 + V_d \cdot e_A}{e \cdot n_{SpB} \cdot n_{Ze}} \cdot -1 &= & 7,08 \text{ kN} \\ \text{Resultierende A } F_{A,d} &= \sqrt{F_{N,d}^2 + F_{VA,d}^2} &= & \mathbf{6,88 \text{ kN}} \\ \text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha_A &= \text{atan}\left(\frac{\text{abs}(F_{VA,d})}{\text{abs}(F_{N,d})}\right) &= & 52,0^\circ \\ \text{Resultierende B } F_{B,d} &= \sqrt{F_{N,d}^2 + F_{VB,d}^2} &= & \mathbf{8,25 \text{ kN}} \\ \text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha_B &= \text{atan}\left(\frac{\text{abs}(F_{VB,d})}{\text{abs}(F_{N,d})}\right) &= & 59,1^\circ \end{aligned}$$

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned} \text{Zugfestigkeit } f_{u,k} &= \text{TAB}("1052/VM";fuk;Bez=S) &= & 400,00 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Fließmoment } M_{y,k} &= 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} &= & 26743 \text{ Nmm} \\ \text{Rohdichte } \rho_k &= \text{TAB}("1052/Holz";rhok;FK=FK) &= & 350,00 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Lochleibung } f_{h,0,k} &= 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k &= & 26,40 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Beiwert bzgl. Holzart } k_{90} &= \text{WENN}(\text{Mat}="Laubholz";0,9;1,35)+0,015 \cdot d &= & 1,47 \\ \text{bzw. VM-Durchmesser } k_{90} &= \text{WENN}(d \leq 8; 1; k_{90}) &= & 1,00 \\ \text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha &= \text{MAX}(\alpha_A; \alpha_B) &= & 59,1^\circ \\ \text{Lochleibung } f_{h,\alpha,k} &= \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} &= & 26,40 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Holzdicke } t_2 &= b \cdot 10 &= & 120,00 \text{ mm} \\ \Delta R_k &= \text{WENN}(\text{Typ}="Passbolzen";1,25;1,00) &= & 1,25 \\ R_{k19} &= (0,5 \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} &= & 12,67 \text{ kN} \\ R_{k20} &= (\sqrt{2} \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d) \cdot 10^{-3} &= & 3,36 \text{ kN} \\ R_{d,dü} &= \text{MIN}(R_{k19}/1,3; R_{k20}/1,1; \Delta R_k \cdot k_{mod}) &= & 3,44 \text{ kN} \\ R_{k21} &= (0,5 \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} &= & 12,67 \text{ kN} \\ R_{k22} &= (\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d) \cdot 10^{-3} &= & 4,75 \text{ kN} \\ R_{d,di} &= \text{MIN}(R_{k21}/1,3; R_{k22}/1,1; \Delta R_k \cdot k_{mod}) &= & 4,86 \text{ kN} \\ R_{d,0} &= \text{WENN}(t < 0,5 \cdot d; R_{d,dü}; \text{WENN}(t > d; R_{d,di}; R_{d,dü} + (R_{d,di} - R_{d,dü}) \cdot (1 - 0,5) \cdot (t/d - 0,5))) &= & 4,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen nach DIN 1052 12.3 (11)

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

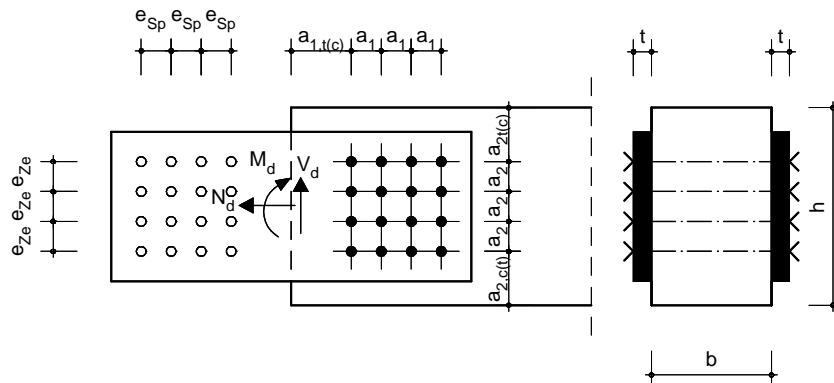
Nachweis:

Einwirkung $S_d =$	$\text{MAX}(F_{A,d}; F_{B,d})$	=	8,25 kN
Tragwiderstand $R_d =$	$R_{d,0} * 2 * \eta_{nef}$	=	8,26 kN
Nachweis:	S_d / R_d	=	1,00 < 1

Mindestrandabstände:

Kraft-Faser-Winkel $\alpha =$	$\text{MIN}(\alpha_A; \alpha_B)$	=	52,0 °
$a_1 =$	$(3+2*\text{COS}(\alpha))*d/10$	=	3,39 cm
$a_2 =$	$3*d/10$	=	2,40 cm
$a_{1,t} =$	$\text{MAX}(7*d/10; 8)$	=	8,00 cm
$a_{1,c} =$	$\text{MAX}(7*\text{SIN}(\alpha); 3)*d/10$	=	4,41 cm
$a_{2,t} =$	$3*d/10$	=	2,40 cm
$a_{2,c} =$	$3*d/10$	=	2,40 kN

Biegesteifer Anschluss mit außenliegenden Stahlblechen



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite $b =$	12,00 cm	
Höhe $h =$	24,00 cm	
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= GL24h

Stahlbleche:

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

Verbindungsmittel:

Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N>3)	= Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	= 4.6 / 4.8
Durchmesser $d =$		10,00 mm
Spalten (quer zur FR) $n_{Sp} =$		4
Zeilen (in FR) $n_{Ze} =$		4
Gesamtanzahl VM $n =$	$n_{Sp} * n_{Ze}$	= 16
Spaltenabstand (a_1) $e_{Sp} =$		4,5 cm
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$		4,5 cm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL:	GEW("1052/F1";N;)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,90

Belastung:

Normalkraft $N_d =$	12,00 kN
Exzentrizität $e_N =$	0,00 cm
Querkraft $V_d =$	14,00 kN
Abstand $a_{1,t} =$	8,00 cm
Moment $M_d =$	5,00 kNm

Berechnung der Beanspruchung:

$$\text{Abst. der äußeren Spalten } a_{Sp} = (n_{Sp} - 1) * e_{Sp} = 13,5 \text{ cm}$$

$$\text{Abst. der äußeren Zeilen } a_{Ze} = (n_{Ze} - 1) * e_{Ze} = 13,5 \text{ cm}$$

Polares Trägheitsmoment:

$$\text{aus den Spalten: } 2 * n_{Ze} * (a_{Sp}/2)^2 = 364,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Sp}/2 - e_{Sp} > 0; 2 * n_{Ze} * (a_{Sp}/2 - e_{Sp})^2; 0) = 40,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Sp}/2 - 2 * e_{Sp} > 0; 2 * n_{Ze} * (a_{Sp}/2 - 2 * e_{Sp})^2; 0) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Sp}/2 - 3 * e_{Sp} > 0; 2 * n_{Ze} * (a_{Sp}/2 - 3 * e_{Sp})^2; 0) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Sp}/2 - 4 * e_{Sp} > 0; 2 * n_{Ze} * (a_{Sp}/2 - 4 * e_{Sp})^2; 0) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{aus den Zeilen: } 2 * n_{Sp} * (a_{Ze}/2)^2 = 364,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Ze}/2 - e_{Ze} > 0; 2 * n_{Sp} * (a_{Ze}/2 - e_{Ze})^2; 0) = 40,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Ze}/2 - 2 * e_{Ze} > 0; 2 * n_{Sp} * (a_{Ze}/2 - 2 * e_{Ze})^2; 0) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Ze}/2 - 3 * e_{Ze} > 0; 2 * n_{Sp} * (a_{Ze}/2 - 3 * e_{Ze})^2; 0) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{WENN}(a_{Ze}/2 - 4 * e_{Ze} > 0; 2 * n_{Sp} * (a_{Ze}/2 - 4 * e_{Ze})^2; 0) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$I_p = 810,00 \text{ cm}^2$$

Moment im Anschlussschwerpunkt:

$$\text{Querkraftexzentrizität } e_V = a_{1,t} + a_{Sp}/2 = 14,75 \text{ cm}$$

$$\text{Anschlussmoment } M_{A,d} = M_d * 10^2 + N_d * e_N + V_d * e_V = 706,50 \text{ kNcm}$$

Kraftkomponenten je VM:

$$\text{aus der Normalkraft: } N_d / n = 0,75 \text{ kN}$$

$$\text{aus dem Moment: } M_{A,d} * (a_{Ze}/2) / I_p = 5,89 \text{ kN}$$

$$\text{Horizontalkomponente } F_{H,d} = 6,64 \text{ kN}$$

$$\text{aus der Querkraft: } V_d / n = 0,88 \text{ kN}$$

$$\text{aus dem Moment: } M_{A,d} * (a_{Sp}/2) / I_p = 5,89 \text{ kN}$$

$$\text{Vertikalkomponente } F_{V,d} = 6,77 \text{ kN}$$

$$\text{Resultierende } F_d = \sqrt{F_{H,d}^2 + F_{V,d}^2} = 9,48 \text{ kN}$$

$$\text{Kraft-Faser-Winkel } \alpha = \text{atan}\left(\frac{F_{V,d}}{F_{H,d}}\right) = 45,6^\circ$$

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	400,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$ =	$0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$	=	47773 Nmm
Rohdichte ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k}$ =	$0,082*(1-0,01*d)*\rho_k$	=	28,04 N/mm ²
Beiwert bzgl. Holzart k_{90} =	WENN(Mat="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d	=	1,50
bzw. VM-Durchmesser k_{90} =	WENN($d \leq 8$; 1; k_{90})	=	1,50
Lochleibung $f_{h,\alpha,k}$ =	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	22,34 N/mm ²
Holzdicke t_2 =	(b*10)	=	120,00 mm
ΔR_k =	WENN(Typ="Passbolzen";1,25;1,00)	=	1,25
R_{k19} =	$(0,5*f_{h,\alpha,k}*t_2*d)*10^{-3}*\Delta R_k$	=	16,75 kN
R_{k20} =	$(\sqrt{2}*M_{y,k}*f_{h,\alpha,k}*d)*10^{-3}*\Delta R_k$	=	5,78 kN
$R_{d,dü}$ =	MIN($R_{k19}/1,3$; $R_{k20}/1,1$)* k_{mod}	=	4,73 kN
R_{k21} =	$(0,5*f_{h,\alpha,k}*t_2*d)*10^{-3}*\Delta R_k$	=	16,75 kN
R_{k22} =	$(\sqrt{2}*\sqrt{2}*M_{y,k}*f_{h,\alpha,k}*d)*10^{-3}*\Delta R_k$	=	8,17 kN
$R_{d,di}$ =	MIN($R_{k21}/1,3$; $R_{k22}/1,1$)* k_{mod}	=	6,68 kN
$R_{d,0}$ =	WENN($t < 0,5*d$; $R_{d,dü}$; WENN($t > d$; $R_{d,di}$; $R_{d,dü} + (R_{d,di} - R_{d,dü}) / ((1-0,5)*(t/d-0,5))$))	=	5,90 kN

Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen nach DIN 1052 12.3 (11)

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

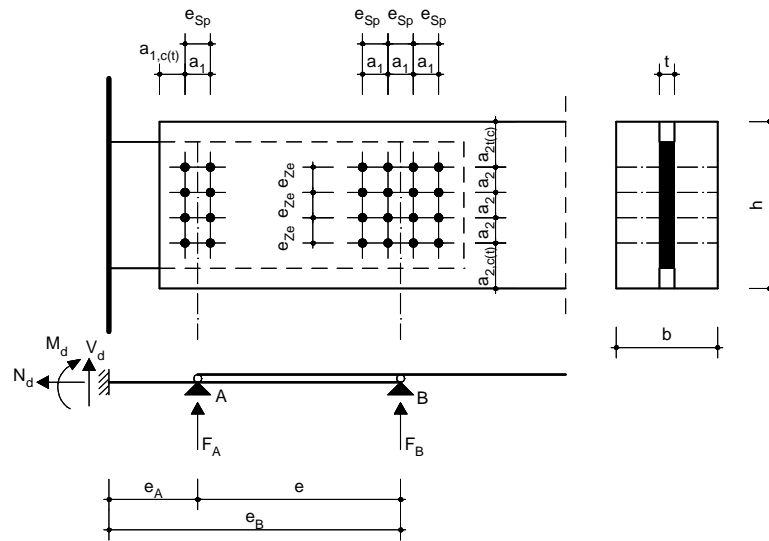
Nachweis:

Einwirkung S_d =	ABS(F_d)	=	9,48 kN
Tragwiderstand R_d =	$2*R_{d,0}*\eta_{nef}$	=	10,03 kN
Nachweis:	S_d / R_d	=	0,95 < 1

Mindestrandabstände:

a_1 =	$(3+2*\cos(\alpha))*d/10$	=	4,40 cm
a_2 =	$3*d/10$	=	3,00 cm
$a_{1,t}$ =	MAX($7*d/10$;8)	=	8,00 cm
$a_{1,c}$ =	MAX($7*\sin(\alpha)$;3)* $d/10$	=	5,00 cm
$a_{2,t}$ =	$3*d/10$	=	3,00 cm
$a_{2,c}$ =	$3*d/10$	=	3,00 cm

Biegesteifer Anschluss mit innenliegendem Stahlblech



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite $b =$	14,00 cm	
Höhe $h =$	24,00 cm	
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= GL24h

Stahlblech:

Dicke $t =$	10,00 mm
Anzahl $n_S =$	1

Verbindungsmittel:

Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N>2)	= Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	= S 235
Durchmesser $d =$		12,00 mm
Spalten A(quer z. FR) $n_{SpA} =$		2
Spalten B(quer z. FR) $n_{SpB} =$		4
Spalten gesamt $n_{Sp} =$	$n_{SpA} + n_{SpB}$	= 6
Zeilen (in FR) $n_{Ze} =$		4
Gesamtanzahl VM $n =$	$n_{Sp} * n_{Ze}$	= 24
Spaltenabstand (a_1) $e_{Sp} =$		6,0 cm
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$		4,0 cm
Abst. VM-Schwerpunkte $e =$		45,00 cm
Abst. zum Schwerg. A $e_A =$		20,00 cm
Abst. zum Schwerg. B $e_B =$	$e + e_A$	= 65,00 cm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL:	GEW("1052/F1";N;)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,90

Belastung:

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

Berechnung der Beanspruchung je Verbindungsmittel:

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

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k} =$	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	360,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k} =$	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	69071 Nmm
Rohdichte $\rho_k =$	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k} =$	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	=	27,42 N/mm ²
Beiwert bzgl. Holzart $k_{90} =$	WENN(Mat="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d	=	1,53
bzw. VM-Durchmesser $k_{90} =$	WENN(d ≤ 8; 1; k ₉₀)	=	1,53
Kraft-Faser-Winkel $\alpha =$	MAX(α_A ; α_B)	=	63,9 °
Lochleibung $f_{h,\alpha,k} =$	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	19,21 N/mm ²
Holzdicke $t_1 =$	$(b \cdot 10 - t \cdot n_S) / (n_S + 1)$	=	65,00 mm
$R_{k1} =$	$(f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3}$	=	14,98 kN
$R_{k2} =$	$(f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot (\sqrt{2 + 4 \cdot M_{y,k} / (f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_1^2)} - 1)) \cdot 10^{-3}$	=	7,66 kN
$R_{k3} =$	$(\sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d}) \cdot 10^{-3}$	=	7,98 kN
$\Delta R_k =$	WENN(Typ="Passbolzen";1,25;1,00)	=	1,00
$R_{d,0} =$	MIN($R_{k1}/1,3$; $R_{k2}/1,2$; $R_{k3}/1,1$;) * $\Delta R_k \cdot k_{mod}$	=	5,75 kN

Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen nach DIN 1052 12.3 (11)

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

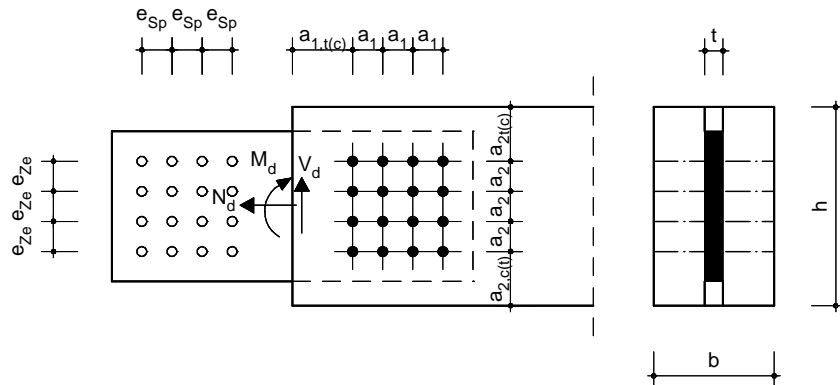
Nachweis:

Einwirkung S_d =	$\text{MAX}(F_{A,d}; F_{B,d})$	=	4,72 kN
Tragwiderstand R_d =	$R_{d,0} * 2 * \eta_S * \eta_{nef}$	=	9,78 kN
Nachweis:	S_d / R_d	=	0,48 < 1

Mindestrandabstände:

Kraft-Faser-Winkel α =	$\text{MIN}(\alpha_A; \alpha_B)$	=	55,8 °
a_1 =	$(3+2*\text{COS}(\alpha))*d/10$	=	4,95 cm
a_2 =	$3*d/10$	=	3,60 cm
$a_{1,t}$ =	$\text{MAX}(7*d/10; 8)$	=	8,40 cm
$a_{1,c}$ =	$\text{MAX}(7*\text{SIN}(\alpha); 3)*d/10$	=	6,95 cm
$a_{2,t}$ =	$3*d/10$	=	3,60 cm
$a_{2,c}$ =	$3*d/10$	=	3,60 kN

Biegesteifer Anschluss mit innenliegendem Stahlblech



Eingaben:

Holzbauteil:

Breite $b =$	14,00 cm	
Höhe $h =$	24,00 cm	
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= GL24h

Stahlblech:

Dicke $t =$	10,00 mm
Anzahl $n_S =$	1

Verbindungsmittel:

Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N>2)	= Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	= S 235
Durchmesser $d =$		10,00 mm
Spalten (quer zur FR) $n_{Sp} =$		4
Zeilen (in FR) $n_{Ze} =$		4
Gesamtanzahl VM $n =$	$n_{Sp} * n_{Ze}$	= 16
Spaltenabstand (a_1) $e_{Sp} =$		5,0 cm
Zeilenabstand (a_2) $e_{Ze} =$		5,0 cm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL:	GEW("1052/F1";N;)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,90

Belastung:

Normalkraft $N_d =$	10,00 kN
Exzentrizität $e_N =$	0,00 cm
Querkraft $V_d =$	10,00 kN
Abstand $a_{1,t} =$	8,00 cm
Moment $M_d =$	5,00 kNm

Berechnung der Beanspruchung:

Abst. der äußeren Spalten $a_{Sp} =$	$(n_{Sp} - 1) * e_{Sp}$	= 15,0 cm
Abst. der äußeren Zeilen $a_{Ze} =$	$(n_{Ze} - 1) * e_{Ze}$	= 15,0 cm

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	360,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$ =	$0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$	=	42996 Nmm
Rohdichte ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k}$ =	$0,082*(1-0,01*d)*\rho_k$	=	28,04 N/mm ²
Beiwert bzgl. Holzart k_{90} =	WENN(Mat="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d	=	1,50
bzw. VM-Durchmesser k_{90} =	WENN($d \leq 8$; 1; k_{90})	=	1,50
Lochleibung $f_{h,\alpha,k}$ =	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	22,43 N/mm ²
Holzdicke t_1 =	$(b*10-t*n_S)/(n_S+1)$	=	65,00 mm
R_{k1} =	$(f_{h,\alpha,k} * t_1 * d) * 10^{-3}$	=	14,58 kN
R_{k2} =	$(f_{h,\alpha,k} * t_1 * d * (\sqrt{(2+4*M_{y,k}/(f_{h,\alpha,k} * d * t_1^2))-1})) * 10^{-3}$	=	6,95 kN
R_{k3} =	$(\sqrt{2} * \sqrt{(2*M_{y,k} * f_{h,\alpha,k} * d)}) * 10^{-3}$	=	6,21 kN
ΔR_k =	WENN(Typ="Passbolzen";1,25;1,00)	=	1,00
$R_{d,0}$ =	MIN($R_{k1}/1,3$; $R_{k2}/1,2$; $R_{k3}/1,1$;) * $\Delta R_k * k_{mod}$	=	5,08 kN

Abminderungsfaktor zur Bestimmung der wirksamen Anzahl der Verbindungsmittel in biegesteifen Verbindungen nach DIN 1052 12.3 (11)

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

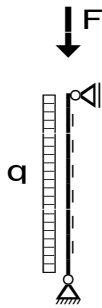
Nachweis:

Einwirkung S_d =	ABS(F_d)	=	7,83 kN
Tragwiderstand R_d =	$R_{d,0} * 2 * n_S * \eta_{nef}$	=	8,64 kN
Nachweis:	S_d / R_d	=	0,91 < 1

Mindestrandabstände:

a_1 =	$(3+2*\cos(\alpha))*d/10$	=	4,41 cm
a_2 =	$3*d/10$	=	3,00 cm
$a_{1,t}$ =	MAX($7*d/10$;8)	=	8,00 cm
$a_{1,c}$ =	MAX($7*\sin(\alpha)$;3)* $d/10$	=	4,95 cm
$a_{2,t}$ =	$3*d/10$	=	3,00 cm
$a_{2,c}$ =	$3*d/10$	=	3,00 cm

Stütze im Brandfall F30



System:

Stablänge $l =$	3,50 m
Knickbeiwert $\beta =$	1,00
Querschnittsbreite $b =$	16,00 cm
Querschnittshöhe $h =$	20,00 cm
Seite b wird beflammt $f_b =$	2
Seite h wird beflammt $f_h =$	1
Feuerwiderstandsdauer $t_f =$	30,00 min

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
Nutz- und Eigenlast KLED1 =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
Windlast KLED2 =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK)*10	=	7330,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("1052/Holz"; G05; FK=FK)*10	=	460,00 N/mm ²
$k_{def} =$	TAB("1052/F1"; kdef; B=BS; N=NK)	=	0,80
$k_{mod1} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED1; N=NK)	=	0,80
$k_{mod2} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED2; N=NK)	=	0,90

Belastung:

Eigengewicht $F_{G,k} =$	15,00 kN
Nutzlast $F_{Q,k} =$	40,00 kN
Windlast $q_{W,k} =$	2,50 kN/m

Grenzzustände der Tragfähigkeit unter Normaltemperatur:

$F_{G,d} =$	$1,35 * F_{G,k}$	=	20,25 kN
$F_{Q,d} =$	$1,5 * F_{Q,k}$	=	60,00 kN
$q_{W,d} =$	$1,5 * q_{W,k}$	=	3,75 kN/m

Kombinationsbeiwerte:

$$\Psi_{0,Q} = 0,70$$

$$\Psi_{0,W} = 0,60$$

Lastfallkombination 1 LF1:

$$N_{dLF1} = F_{G,d} + F_{Q,d} = 80,25 \text{ kN}$$

$$M_{dLF1} = \Psi_{0,W} * q_{W,d} * \frac{l^2}{8} = 3,45 \text{ kNm}$$

$$V_{dLF1} = \Psi_{0,W} * q_{W,d} * \frac{l}{2} = 3,94 \text{ kN}$$

Lastfallkombination 2 LF2:

$$N_{dLF2} = F_{G,d} + \Psi_{0,Q} * F_{Q,d} = 62,25 \text{ kN}$$

$$M_{dLF2} = q_{W,d} * \frac{l^2}{8} = 5,74 \text{ kNm}$$

$$V_{dLF2} = q_{W,d} * \frac{l}{2} = 6,56 \text{ kN}$$

Querschnittswerte:

$$A = b * h = 320,00 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{b * h^2}{6} = 1066,67 \text{ cm}^3$$

$$I_y = \frac{b * h^3}{12} = 10666,67 \text{ cm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 * h}{12} = 6826,67 \text{ cm}^4$$

 Bemessungswerte der Beanspruchung im Lastfall 1:

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,dLF1} = \frac{N_{dLF1}}{A} * 10 = 2,51 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,dLF1} = \frac{M_{dLF1}}{W_y} * 10^3 = 3,23 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dLF1} = 1,5 * \frac{V_{dLF1}}{A} * 10 = 0,18 \text{ N/mm}^2$$

 Bemessungswerte der Beanspruchung im Lastfall 1:

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,dLF2} = \frac{N_{dLF2}}{A} * 10 = 1,95 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,dLF2} = \frac{M_{dLF2}}{W_y} \cdot 10^3 = 5,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dLF2} = 1,5 \cdot \frac{V_{dLF2}}{A} \cdot 10 = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{c,0,d} = k_{mod1} \cdot f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod2} \cdot f_{m,k} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod2} \cdot f_{v,k} / 1,3 = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

$$\text{Ersatzstablänge } l_{ef} = \beta \cdot l = 3,50 \text{ m}$$

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda_y = 100 \cdot \frac{l_{ef}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = 61$$

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda_z = 100 \cdot \frac{l_{ef}}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = 76$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,04$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,29$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,y} - 0,3) + \lambda_{rel,c,y}^2) = 1,11$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,z} - 0,3) + \lambda_{rel,c,z}^2) = 1,43$$

$$\text{Knickbeiwert } k_{cy} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}}, 1\right) = 0,67$$

$$\text{Knickbeiwert } k_{cz} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}}, 1\right) = 0,49$$

Kippbeiwert:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h \cdot 10^2}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05}} \cdot G_{05}}} = 0,34$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 1,00$$

Nachweise:

Lastfallkombination 1:

$$\frac{\sigma_{c,0,dLF1}}{k_{cy} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,dLF1}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{0,48 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,dLF1}}{k_{cz} * f_{c,0,d}} + 0,7 * \frac{\sigma_{m,y,dLF1}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{0,53 \leq 1}$$

$$\frac{\tau_{dLF1}}{f_{v,d}} = \underline{0,13 \leq 1}$$

Lastfallkombination 2:

$$\frac{\sigma_{c,0,dLF2}}{k_{cy} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,dLF2}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{0,55 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,dLF2}}{k_{cz} * f_{c,0,d}} + 0,7 * \frac{\sigma_{m,y,dLF2}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{0,53 \leq 1}$$

$$\frac{\tau_{dLF2}}{f_{v,d}} = \underline{0,22 \leq 1}$$

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit:

Anfangsverformung:

$$w_{Q,inst} = \frac{5}{384} * \frac{q_{W,k} * (1 * 10^3)^4}{E_{0,mean} * I_y * 10^4} = 4,16 \text{ mm}$$

Endverformung:

Beiwert ψ nach DIN 1055-100 Tabelle A 2

$$\psi = 0,00$$

$$w_{Q,fin} = w_{Q,inst} * (1 + \psi * k_{def}) = 4,16 \text{ mm}$$

Endverformung gesamt:

$$w_{fin} = w_{Q,fin} = 4,16 \text{ mm}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$\frac{w_{Q,inst}}{\left(\frac{1 * 10^3}{300}\right)} = \underline{0,36 \leq 1}$$

$$\frac{w_{fin}}{\left(\frac{1 * 10^3}{200}\right)} = \underline{0,24 \leq 1}$$

Grenzzustände der Tragfähigkeit im Brandfall:

nach DIN 1055-100 Tabelle A 3

$$\gamma_{GA} = 1,00$$

nach DIN 1055-100 Tabelle A 2

$$\psi_{1,N} = 0,50$$

$$\psi_{2,N} = 0,30$$

$$\psi_{1,W} = 0,50$$

$$\psi_{2,W} = 0,00$$

Lastfallkombination 1 LF1:

$$N_{d,fi,LF1} = \gamma_{GA} * F_{G,k} + \psi_{1,N} * F_{Q,k} = 35,00 \text{ kN}$$

$$M_{d,fi,LF1} = \psi_{2,W} * q_{W,k} * \frac{l^2}{8} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{d,fi,LF1} = \psi_{2,W} * q_{W,k} * \frac{l}{2} = 0,00 \text{ kN}$$

Lastfallkombination 2 LF2:

$$N_{d,fi,LF2} = \gamma_{GA} * F_{G,k} + \psi_{2,N} * F_{Q,k} = 27,00 \text{ kN}$$

$$M_{d,fi,LF2} = \psi_{1,W} * q_{W,k} * \frac{l^2}{8} = 1,91 \text{ kNm}$$

$$V_{d,fi,LF2} = \psi_{1,W} * q_{W,k} * \frac{l}{2} = 2,19 \text{ kN}$$

Querschnittswerte:

nach DIN 4102-4/A1 Tabelle 74

$$\beta_n = 0,80 \text{ mm/min}$$

$$d_{tf} = t_f * \beta_n = 24,00 \text{ mm}$$

$$b_{tf} = b - f_b * d_{tf} / 10 = 11,20 \text{ cm}$$

$$h_{tf} = h - f_h * d_{tf} / 10 = 17,60 \text{ cm}$$

Querschnittswerte:

$$u_r = f_h * b_{tf} + f_b * h_{tf} = 46,40 \text{ cm}$$

$$A_r = b_{tf} * h_{tf} = 197,12 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,r} = \frac{b_{tf} * h_{tf}^2}{6} = 578,22 \text{ cm}^3$$

$$I_{y,r} = \frac{b_{tf} * h_{tf}^3}{12} = 5088,32 \text{ cm}^4$$

$$I_{z,r} = \frac{b_{tf}^3 * h_{tf}}{12} = 2060,56 \text{ cm}^4$$

Bemessungswerte der Beanspruchung li Lastfall 1:

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d,fi,LF1} = \frac{N_{d,fi,LF1}}{A_r} * 10 = 1,78 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchung im Lastfall 1:

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d,fi,LF2} = \frac{N_{d,fi,LF2}}{A_r} * 10 = 1,37 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,d,fi,LF2} = \frac{M_{d,fi,LF2}}{W_{y,r}} * 10^3 = 3,30 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{d,fi,LF2} = 1,5 * \frac{V_{d,fi,LF2}}{A_r} * 10 = 0,17 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten und Steifigkeiten für den Brandfall

$$k_{fi} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1,15; 1,25) = 1,25$$

$$\gamma_M = 1,00$$

$$k_{\text{mod},c,fi} = 1 - \frac{1}{125} * \frac{u_r}{A_r} * 10^2 = 0,81$$

$$k_{\text{mod},m,fi} = 1 - \frac{1}{225} * \frac{u_r}{A_r} * 10^2 = 0,90$$

$$k_{\text{mod},E,fi} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{u_r}{A_r} * 10^2 = 0,93$$

$$k_{\text{mod},G,fi} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{u_r}{A_r} * 10^2 = 0,93$$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{\text{mod},c,fi} * k_{fi} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 21,26 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d,fi} = k_{\text{mod},m,fi} * k_{fi} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 27,00 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,fi} = k_{\text{mod},E,fi} * k_{fi} * \frac{E_{0,05}}{\gamma_M} = 8521,13 \text{ N/mm}^2$$

$$f = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1; 2/3) = 0,67$$

$$G_{d,fi} = k_{\text{mod},G,fi} * k_{fi} * f * \frac{G_{05}}{\gamma_M} = 358,28 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren:

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda_{y,fi} = 100 * \frac{l_{ef}}{\sqrt{\frac{I_{y,r}}{A_r}}} = 69$$

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda_{z,fi} = 100 * \frac{l_{ef}}{\sqrt{\frac{I_{z,r}}{A_r}}} = 108$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{\text{rel,c,y,fi}} = \frac{\lambda_{y,fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,d,fi}}{E_{d,fi}}} = 1,10$$

$$\lambda_{\text{rel,c,z,fi}} = \frac{\lambda_{z,fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,d,fi}}{E_{d,fi}}} = 1,72$$

$$k_{y,fi} = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel,c,y,fi}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,c,y,fi}}^2) = 1,19$$

$$k_{z,fi} = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel,c,z,fi}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,c,z,fi}}^2) = 2,12$$

$$\text{Knickbeiwert } k_{cy,fi} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_{y,fi} + \sqrt{k_{y,fi}^2 - \lambda_{\text{rel,c,y,fi}}^2}}, 1\right) = 0,61$$

$$\text{Knickbeiwert } k_{cz,fi} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_{z,fi} + \sqrt{k_{z,fi}^2 - \lambda_{\text{rel,c,z,fi}}^2}}, 1\right) = 0,30$$

Kippbeiwert:

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h_{tf} \cdot 10^2}{\pi \cdot b_{tf}^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,d,fi}}{\sqrt{E_{d,fi}} \cdot G_{d,fi}}} = 0,49$$

$$k_{m,fi} = \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{\text{rel,m}}; 1/\lambda_{\text{rel,m}}^2)) = 1,00$$

Nachweise:

Lastfallkombination 1:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi,LF1}}{k_{cy,fi} \cdot f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,23 \leq 1}}$$

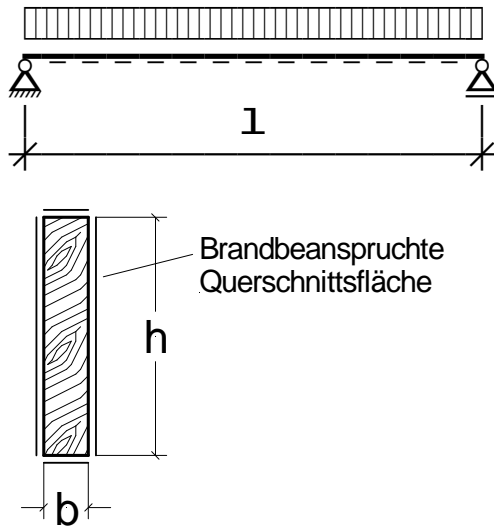
$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi,LF1}}{k_{cz,fi} \cdot f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,46 \leq 1}}$$

Lastfallkombination 2:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi,LF2}}{k_{cy,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi,LF2}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,d,fi}} = \underline{\underline{0,23 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi,LF2}}{k_{cz,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi,LF2}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,d,fi}} = \underline{\underline{0,30 \leq 1}}$$

Träger im Brandfall F30



System:

Stützweite $l =$	20,00 m
Trägerbreite $b =$	16,00 cm
Trägerhöhe $h =$	120,00 cm
Anstand der seitlichen Abstützungen $l_{ef} =$	3,33 m
Feuerwiderstandsdauer $t_f =$	30,00 min

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24h
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK)*10	=	9670,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("1052/Holz"; G05; FK=FK)*10	=	600,00 N/mm ²

Belastung:

$q_d =$	3,50 kN/m
---------	-----------

Berechnung:

$$M_d = q_d \cdot \frac{l^2}{8} = 175,00 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = q_d \cdot \frac{l}{2} = 35,00 \text{ kN}$$

Querschnittswerte:
nach DIN 4102-4/A1 Tabelle 74

$\beta_n =$		=	0,70 mm/min
$d_{tf} =$	$t_f \cdot \beta_n$	=	21,00 mm
$b_{tf} =$	$b - 2 \cdot d_{tf} / 10$	=	11,80 cm
$h_{tf} =$	$h - 2 \cdot d_{tf} / 10$	=	115,80 cm

maßgebende Querkraft im Abstand h vom Auflagerende:

$$V_{d,r} = 2 \cdot \frac{V_{a,d}}{l} \cdot \left(\frac{l}{2} - h_{\text{tf}} \cdot 10^{-2} \right) = 30,95 \text{ kN}$$

Querschnittswerte:

$$u_r = 2 \cdot b_{\text{tf}} + 2 \cdot h_{\text{tf}} = 255,20 \text{ cm}$$

$$A_r = b_{\text{tf}} \cdot h_{\text{tf}} = 1366,44 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,r} = b_{\text{tf}} \cdot \frac{h_{\text{tf}}^2}{6} = 26372,29 \text{ cm}^3$$

$$I_{y,r} = b_{\text{tf}} \cdot \frac{h_{\text{tf}}^3}{12} = 1,53 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W_{y,r}} \cdot 10^3 = 6,64 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{d,r}}{A_r} \cdot 10 = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten und Steifigkeiten für den Brandfall

$$k_n = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1,15; 1,25) = 1,15$$

$$\gamma_M = 1,00$$

$$k_{\text{mod,fi}} = 1 - \frac{1}{333} \cdot \frac{u_r}{A_r} \cdot 10^2 = 0,94$$

$$f_{d,fi} = k_{\text{mod,fi}} \cdot k_n \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 25,94 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,fi} = k_{\text{mod,fi}} \cdot k_n \cdot \frac{E_{0,05}}{\gamma_M} = 10453,27 \text{ N/mm}^2$$

$$f = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 1; 2/3) = 1,00$$

$$G_{d,fi} = k_{\text{mod,fi}} \cdot k_n \cdot \frac{G_{05}}{\gamma_M} = 648,60 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren:

bezogene Kippschlankheit:

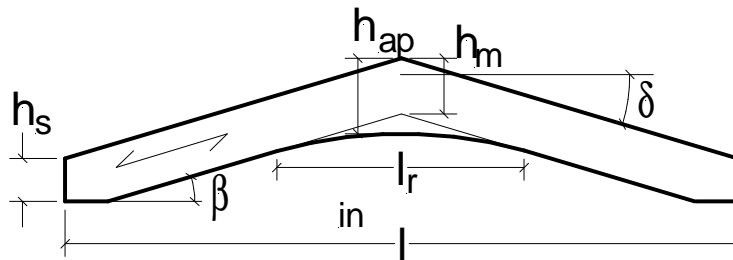
$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_{\text{ef}} \cdot h_{\text{tf}} \cdot 10^2}{\pi \cdot b_{\text{tf}}^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{d,fi}}{\sqrt{E_{d,fi}} \cdot G_{d,fi}}} = 0,94$$

$$k_{m,fi} = \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{\text{rel,m}}; 1/\lambda_{\text{rel,m}}^2)) = 0,85$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,fi} \cdot f_{d,fi}} = \underline{\underline{0,30 \leq 1}}$$

Satteldachträger mit gekrümmtem unteren Rand



System:

Stützweite l =	31,50 m
Trägerhöhe h_s =	120,00 cm
Trägerbreite b =	16,00 cm
Neigung Trägeroberkante δ =	9,70 °
Neigung Trägerunterkante β =	6,50 °
Faseranschnittwinkel α =	$\delta - \beta = 3,20$ °
Ausrundungsradius r_{in} =	22,00 m
Lamellendicke t =	30,00 mm
Abstand der Halterungen am Obergurt a_h =	2,50 m
Auflagerung am unteren Trägerrand l_a =	25,00 cm

Einwirkungen:

Eigenlast g_k =	4,00 kN/m
Schneelast $q_{s,k}$ =	2,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	=	GL32h
Nutzungsgruppe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	32,00 N/mm ²
$f_{t,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft90k; FK=FK)*10	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	3,30 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
E_{0mean} =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	13700,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK)*10	=	11420,00 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	850,00 N/mm ²
G_{05} =	TAB("1052/Holz"; G05; FK=FK)*10	=	708,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$\begin{aligned}\varphi &= 0,5 * (\delta + \beta) &= & 8,10^\circ \\ l_r &= 200 * r_{in} * \sin(\beta) &= & 498,09 \text{ cm} \\ h_m &= h_s + 50 * l * (\tan(\delta) - \tan(\beta)) &= & 209,77 \text{ cm} \\ h_{ap} &= h_m + 0,5 * l_r * \tan(\beta) + r_{in} * 100 * (\cos(\beta) - 1) &= & 224,00 \text{ cm} \\ r &= r_{in} + h_{ap} / 200 &= & 23,12 \text{ m}\end{aligned}$$

Für Gleichstreckenlast gilt:

$$\begin{aligned}x &= \frac{h_s * l}{2 * h_m} &= & 9,01 \text{ m} \\ h_x &= h_s - x * 10^2 * \tan(\beta) + x * 10^2 * \tan(\delta) &= & 171,35 \text{ cm}\end{aligned}$$

An der Stelle x:

$$\begin{aligned}M_{x,G,k} &= 0,5 * g_k * x * (l - x) &= & 405,27 \text{ kNm} \\ M_{x,Qs,k} &= 0,5 * q_{s,k} * x * (l - x) &= & 202,63 \text{ kNm} \\ M_{x,d} &= 1,35 * M_{x,G,k} + 1,5 * M_{x,Qs,k} &= & 851,06 \text{ kNm}\end{aligned}$$

maximale Biegebeanspruchung im First:

$$M_{ap,G,k} = g_k * \frac{l^2}{8} = 496,13 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,Qs,k} = q_{s,k} * \frac{l^2}{8} = 248,06 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,d} = 1,35 * M_{ap,G,k} + 1,5 * M_{ap,Qs,k} = 1041,87 \text{ kNm}$$

maßgebende Querkraft im Abstand h_1 vom Auflagerende:

$$V_{a,d} = (1,35 * g_k + 1,5 * q_{s,k}) * \frac{l}{2} = 132,30 \text{ kN}$$

$$V_d = 2 * \frac{V_{a,d}}{l} * \left(\frac{l}{2} - (h_s + l_a) * 10^{-2} \right) = 120,12 \text{ kN}$$

$$h_a = h_s - \tan(\beta) * (h_s + l_a) + \tan(\delta) * (h_s + l_a) = 128,26 \text{ cm}$$

$$A_a = b * h_a = 2052,16 \text{ cm}^2$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

$$W_x = b * \frac{h_x^2}{6} = 78295,53 \text{ cm}^3$$

Spannung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 * \tan(\alpha)^2) * \frac{M_{x,d}}{W_x} * 10^3 = 11,01 \text{ N/mm}^2$$

Spannung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,a,d} = \frac{M_{x,d}}{W_x} * 10^3 = 10,87 \text{ N/mm}^2$$

Im Firstbereich:

$$W_{ap} = b \cdot \frac{h_{ap}^2}{6} = 133802,67 \text{ cm}^3$$

Spannung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \text{TAN}(\delta) + 5,4 \cdot \text{TAN}(\delta)^2 = 1,40$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \text{TAN}(\delta) = -1,02$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \text{TAN}(\delta) - 7,8 \cdot \text{TAN}(\delta)^2 = 1,79$$

$$k_4 = 6 \cdot \text{TAN}(\delta)^2 = 0,18$$

$$k_{l,ap} = k_1 + k_2 \cdot \frac{h_{ap}}{r \cdot 100} + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r \cdot 100} \right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r \cdot 100} \right)^3 = 1,32$$

$$\sigma_{m,ap,0,d} = k_{l,ap} \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \cdot 10^3 = 10,28 \text{ N/mm}^2$$

Spannung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

$$k_5 = 0,2 \cdot \text{TAN}(\delta) = 0,03$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \text{TAN}(\delta) + 2,6 \cdot \text{TAN}(\delta)^2 = 0,07$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \text{TAN}(\delta) - 4 \cdot \text{TAN}(\delta)^2 = 0,24$$

$$k_{ap,90} = k_5 + k_6 \cdot \frac{h_{ap}}{r \cdot 100} + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r \cdot 100} \right)^2 = 0,04$$

$$\sigma_{t,ap,a,d} = k_{ap,90} \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \cdot 10^3 = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A_a} \cdot 10 = 0,88 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / 1,3 = 22,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / 1,3 = 2,28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / 1,3 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

An der Stelle x:

Im Biegedruckbereich:

Für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ um 50 % erhöht werden.

$$f_{v,d} = f_{v,d} \cdot 1,5 = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\alpha,c} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin(\alpha) \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}{f_{v,d}} \right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 0,91$$

$$f_{m,a,d} = k_{\alpha,c} \cdot f_{m,d} = 20,16 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

An der Stelle x:

Nachweisbedingung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,50 \leq 1}$$

Nachweisbedingung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

Rand-Biegedruckbereich:

$$\frac{\sigma_{m,a,d}}{f_{m,a,d}} = \underline{0,54 \leq 1}$$

Im Firstbereich:

Für die maximale Längsspannung:

$$k_r = \text{WENN}((r_{in} * 10^3)/t \geq 240; 1; 0,76 + 0,001 * (r_{in} * 10^3)/t) = 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,ap,0,d}}{k_r * f_{m,d}} = \underline{0,46 \leq 1}$$

Für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$\text{nach DIN 10.4.2 } k_{dis} = 1,30$$

$$\text{Bezugshöhe } h_0 = 60,00 \text{ cm}$$

$$\frac{\sigma_{t,ap,a,d}}{k_{dis} * \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} * f_{t,90,d}} = \underline{1,01 \leq 1}$$

Wenn diese Bedingung erfüllt ist, kann für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 eine konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querkzugspannungen entfallen. Andernfalls ist eine konstruktive Verstärkung nach 11.4.5 anzuordnen.

$$\frac{\sigma_{t,ap,a,d}}{k_{dis} * \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} * 0,6 * f_{t,90,d}} = \underline{1,69 \leq 1}$$

Bei der vollständigen Aufnahme der Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes durch Verstärkungselemente kann der Nachweis für $\sigma_{t,ap,\alpha,d}$ im Firstbereich entfallen.

Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren:

Nach DIN 1052 8.4.2 darf der Nachweis mit den Querschnittswerten im Abstand von 0,65 fachen Stablänge vom Stabende und dem größten Biegemoment geführt werden.

$$h_{065} = h_s - \text{TAN}(\beta) * 65 * \frac{1}{2} + \text{TAN}(\delta) * 65 * \frac{1}{2} = 178,35 \text{ cm}$$

$$W_{y065} = b * \frac{h_{065}^2}{6} = 84823,26 \text{ cm}^3$$

Bemessungswert der Beanspruchungen:

$$\sigma_{m,a,d} = \frac{M_{ap,d} * 10^3}{W_{y065}} = 12,28 \text{ N/mm}^2$$

kritische Biegespannung und kritisches Kippmoment:

$$B = E_{0,05} * b^3 * \frac{h_{065}^3}{12} * 10^{-5} = 6952,13 \text{ kNm}^2$$

$$T = G_{05} * b^3 * \frac{h_{065}^3}{3} * 10^{-5} = 1724,03 \text{ kNm}^2$$

$$M_{y,crit} = \frac{\pi}{a_h} * \sqrt{B * T} = 4350,52 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,krit} = \frac{M_{y,crit} * 10^3}{W_{y065}} = 51,29 \text{ N/mm}^2$$

bezogene Kippschlankheit:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,krit}}} = 0,79$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,97$$

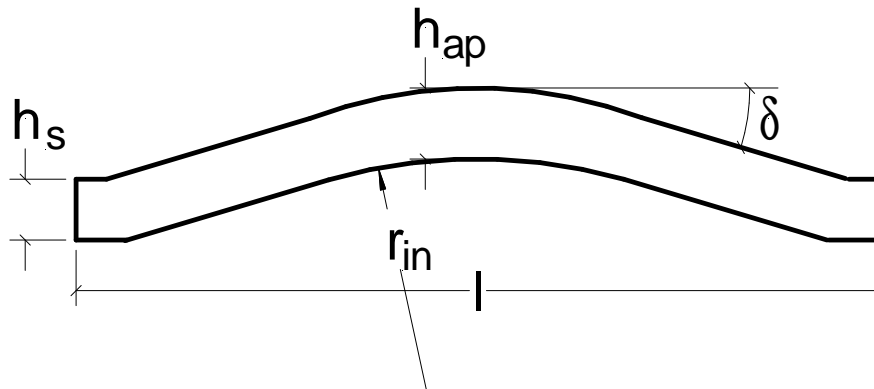
Nachweis:

$$\frac{\sigma_{m,a,d}}{k_m * f_{m,a,d}} = \underline{\underline{0,63 \leq 1}}$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit auf Schub:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,34 \leq 1}}$$

Gekrümmter Träger



System:

Stützweite $l =$	25,00 m
Trägerhöhe $h_s =$	162,00 cm
Trägerhöhe $h_{ap} =$	162,00 cm
Trägerbreite $b =$	18,00 cm
Lamellendicke $t =$	30,00 mm
Radius $r_{in} =$	16,00 m
Neigung Trägeroberkante $\delta =$	4,00 °
Auflagerung am unteren Trägerrand $l_a =$	25,00 cm
Abstand der Halterungen am Obergurt $a_h =$	8,33 m

Einwirkungen:

Eigenlast $g_k =$	4,00 kN/m
Schneelast $q_{s,k} =$	3,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz

$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; ft90k; FK=FK)*10	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	2,70 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$E_{0mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11600,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK)*10	=	9670,00 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	720,00 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("1052/Holz"; G05; FK=FK)*10	=	600,00 N/mm ²

Berechnung:

$$r = r_{in} + \frac{h_{ap}}{200} = 16,81 \text{ m}$$

$$M_{ap,G,k} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 312,50 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,Q,k} = q_{s,k} \cdot \frac{l^2}{8} = 234,38 \text{ kNm}$$

$$M_d = 1,35 \cdot M_{ap,G,k} + 1,5 \cdot M_{ap,Q,k} = 773,45 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = (1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_{s,k}) \cdot \frac{l}{2} = 123,75 \text{ kN}$$

$$V_d = 2 \cdot \frac{V_{a,d}}{l} \cdot \left(\frac{l}{2} - (h_s + l_a) \cdot 10^{-2} \right) = 105,24 \text{ kN}$$

$$A_a = b \cdot h_s = 2916,00 \text{ cm}^2$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

Maximale Längsspannung im Firstbereich:

$$W_{ap} = b \cdot \frac{h_{ap}^2}{6} = 78732,00 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,ap,0,d} = \left(1 + 0,35 \cdot \frac{h_{ap}}{100 \cdot r} + 0,6 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{100 \cdot r} \right)^2 \right) \cdot \frac{M_d}{W_{ap}} \cdot 10^3 = 10,21 \text{ N/mm}^2$$

Maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$\sigma_{t,ap,90,d} = 0,25 \cdot \frac{h_{ap}}{100 \cdot r} \cdot \frac{M_d}{W_{ap}} \cdot 10^3 = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

maximale Schubspannung:

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A_a} \cdot 10 = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit im Firstbereich:

Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / 1,3 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

$$k_r = \text{WENN}((r_{in} \cdot 10^3)/t \geq 240; 1; 0,76 + 0,001 \cdot (r_{in} \cdot 10^3)/t) = 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,ap,0,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} = \underline{\underline{0,61 \leq 1}}$$

Für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$\begin{aligned} \text{nach DIN 1052 10.4.3 } k_{\text{dis}} &= 1,15 \\ h_0 &= 60,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{t,ap,90,d}}{k_{\text{dis}} \cdot \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} \cdot f_{t,90,d}} = \underline{0,80 \leq 1}$$

Wenn diese Bedingung erfüllt ist, kann für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 eine konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querkzugspannungen entfallen. Andernfalls ist eine konstruktive Verstärkung nach 11.4.5 anzuordnen.

$$\frac{\sigma_{t,ap,90,d}}{k_{\text{dis}} \cdot \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} \cdot 0,6 \cdot f_{t,90,d}} = \underline{1,34 \leq 1}$$

Bei der vollständigen Aufnahme der Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes durch Verstärkungselemente kann der Nachweis für $\sigma_{t,ap,90,d}$ im Firstbereich entfallen.

Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren:

Nach DIN 1052 8.4.2 darf der Nachweis mit den Querschnittswerten im Abstand von 0,65 fachen Stablänge vom Stabende und dem größten Biegemoment geführt werden.

$$h_{065} = h_s = 162,00 \text{ cm}$$

$$W_{y065} = b \cdot \frac{h_{065}^2}{6} = 78732,00 \text{ cm}^3$$

Bemessungswert der Beanspruchungen:

$$\sigma_{m,a,d} = \frac{M_d \cdot 10^3}{W_{y065}} = 9,82 \text{ N/mm}^2$$

kritische Biegespannung und kritisches Kippmoment:

$$B = E_{0,05} \cdot b^3 \cdot \frac{h_{065}}{12} \cdot 10^{-5} = 7613,38 \text{ kNm}^2$$

$$T = G_{05} \cdot b^3 \cdot \frac{h_{065}}{3} \cdot 10^{-5} = 1889,57 \text{ kNm}^2$$

$$M_{y,crit} = \frac{\pi}{a_h} \cdot \sqrt{B \cdot T} = 1430,46 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,krit} = \frac{M_{y,crit} \cdot 10^3}{W_{y065}} = 18,17 \text{ N/mm}^2$$

bezogene Kippschlankheit:

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,\text{krit}}}} = 1,15$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{\text{rel},m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{\text{rel},m}; 1 / \lambda_{\text{rel},m}^2)) = 0,70$$

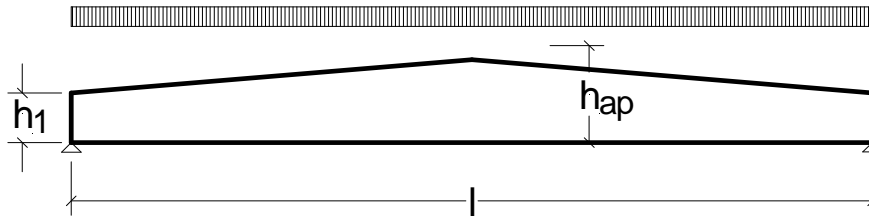
Nachweis:

$$\frac{\sigma_{m,a,d}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{0,84 \leq 1}$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit auf Schub:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{0,31 \leq 1}$$

Satteldachträger



System:

Stützweite l =	18,00 m
Trägerhöhe h_1 =	80,00 cm
Trägerhöhe h_{ap} =	145,00 cm
Trägerbreite b =	14,00 cm

Einwirkungen:

Eigenlast g_k =	4,00 kN/m
Schneelast $q_{s,k}$ =	5,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	=	GL32h
Nutzungsgruppe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	32,00 N/mm ²
$f_{t,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft90k; FK=FK)*10	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	3,30 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90

Berechnung:

Stelle x mit der maximalen Biegebeanspruchung:

$$x = \frac{l \cdot h_1}{2 \cdot h_{ap}} = 4,97 \text{ m}$$

$$M_{x,G,k} = 0,5 \cdot g_k \cdot x \cdot (l - x) = 129,52 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Qs,k} = 0,5 \cdot q_{s,k} \cdot x \cdot (l - x) = 161,90 \text{ kNm}$$

$$M_{x,d} = 1,35 \cdot M_{x,G,k} + 1,5 \cdot M_{x,Qs,k} = 417,70 \text{ kNm}$$

maximale Biegebeanspruchung im First:

$$M_{ap,G,k} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 162,00 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,Qs,k} = q_{s,k} \cdot \frac{l^2}{8} = 202,50 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,d} = 1,35 \cdot M_{ap,G,k} + 1,5 \cdot M_{ap,Qs,k} = 522,45 \text{ kNm}$$

Neigungswinkel Trägeroberkante:

$$\tan_{\alpha} = \frac{h_{ap} - h_1}{\left(\frac{l * 100}{2}\right)} = 0,07$$

$$\alpha = \text{ATAN}(\tan_{\alpha}) = 4,00^{\circ}$$

$$\alpha = \text{WENN}(\alpha \leq 10; \alpha;) = 4,00^{\circ}$$

Faseranschnittwinkel:

$$\beta = \alpha = 4,00^{\circ}$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

$$h_x = \frac{h_1}{100} + x * \frac{h_{ap} - h_1}{0,5 * l * 100} = 1,16 \text{ m}$$

$$W_x = \frac{b * (h_x * 100)^2}{6} = 31397,33 \text{ cm}^3$$

Spannung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 * \tan_{\alpha}^2) * \frac{M_{x,d}}{W_x} * 10^3 = 13,56 \text{ N/mm}^2$$

Spannung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,a,d} = \frac{M_{x,d}}{W_x} * 10^3 = 13,30 \text{ N/mm}^2$$

Im Firstbereich:

$$W_{ap} = b * h_{ap}^2 / 6 = 49058,33 \text{ cm}^3$$

Spannung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,ap,0,d} = (1 + 1,4 * \tan_{\alpha} + 5,4 * \tan_{\alpha}^2) * \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} * 10^3 = 11,98 \text{ N/mm}^2$$

Spannung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{t,ap,a,d} = 0,2 * \tan_{\alpha} * \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} * 10^3 = 0,15 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / 1,3 = 22,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3 = 2,28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} * f_{t,90,k} / 1,3 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

An der Stelle x:

Im Biegedruckbereich:

Für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ um 50 % erhöht werden.

$$f_{v,d} = f_{v,d} * 1,5 = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\alpha,c} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f_{m,d} * \sin(\alpha)}{f_{c,90,d}}\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)}{f_{v,d}}\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 0,86$$

$$f_{m,a,d} = k_{\alpha,c} * f_{m,d} = 19,05 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

An der Stelle x:

Nachweisbedingung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,61 \leq 1}$$

Nachweisbedingung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes
Rand-Biegedruckbereich:

$$\frac{\sigma_{m,a,d}}{f_{m,a,d}} = \underline{0,70 \leq 1}$$

Im Firstbereich:

Für die maximale Längsspannung:

$$\frac{\sigma_{m,ap,0,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,54 \leq 1}$$

Für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$k_{dis} = 1,30$$

$$h_0 = 60,00 \text{ cm}$$

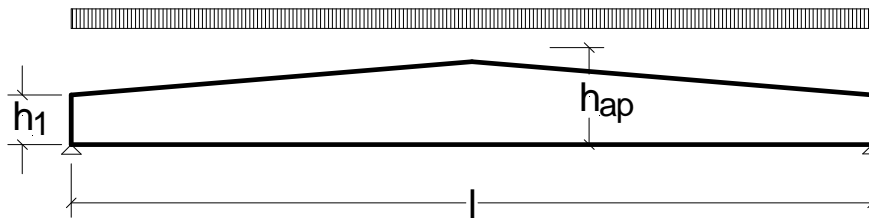
$$\frac{\sigma_{t,ap,a,d}^{0,3}}{k_{dis} * \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} * f_{t,90,d}} = \underline{0,43 \leq 1}$$

Wenn diese Bedingung erfüllt ist, kann für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 eine konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querspannungen entfallen. Andernfalls ist eine konstruktive Verstärkung nach 11.4.5 anzuordnen.

$$\frac{\sigma_{t,ap,a,d}^{0,3}}{k_{dis} * \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} * 0,6 * f_{t,90,d}} = \underline{0,72 \leq 1}$$

Bei der vollständigen Aufnahme der Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes durch Verstärkungselemente kann der Nachweis für $\sigma_{t,ap,\alpha,d}$ im Firstbereich entfallen.

Satteldachträger



System:

Stützweite l =	25,00 m
Trägerhöhe h_1 =	90,00 cm
Trägerhöhe h_{ap} =	177,00 cm
Trägerbreite b =	16,00 cm
Auflagerung am unteren Trägerrand l_a =	25,00 cm
Abstand der Halterungen am Obergurt a_h =	2,50 m

Einwirkungen:

Eigenlast g_k =	5,00 kN/m
Schneelast $q_{s,k}$ =	3,20 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	28,00 N/mm ²
$f_{t,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft90k; FK=FK)*10	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	3,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
E_{0mean} =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	12600,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK)*10	=	10500,00 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	780,00 N/mm ²
G_{05} =	TAB("1052/Holz"; G05; FK=FK)*10	=	650,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
k_{def} =	TAB("1052/F1"; kdef; B=BS; N=NK)	=	0,80

Berechnung:

Stelle x mit der maximalen Biegebeanspruchung:

$$x = \frac{l \cdot h_1}{2 \cdot h_{ap}} = 6,36 \text{ m}$$

$$M_{x,G,k} = 0,5 \cdot g_k \cdot x \cdot (l - x) = 296,38 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Qs,k} = 0,5 \cdot q_{s,k} \cdot x \cdot (l - x) = 189,68 \text{ kNm}$$

$$M_{x,d} = 1,35 \cdot M_{x,G,k} + 1,5 \cdot M_{x,Qs,k} = 684,63 \text{ kNm}$$

maximale Biegebeanspruchung im First:

$$M_{ap,G,k} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 390,63 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,Qs,k} = q_{s,k} \cdot \frac{l^2}{8} = 250,00 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,d} = 1,35 \cdot M_{ap,G,k} + 1,5 \cdot M_{ap,Qs,k} = 902,35 \text{ kNm}$$

maßgebende Querkraft im Abstand h_1 vom Auflagerende:

$$V_{a,d} = (1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_{s,k}) \cdot l / 2 = 144,38 \text{ kN}$$

$$V_d = 2 \cdot V_{a,d} / l \cdot (l / 2 - (h_1 + l_a) \cdot 10^{-2}) = 131,10 \text{ kN}$$

$$h_a = 2 \cdot (h_{ap} - h_1) / l \cdot (h_1 + l_a) \cdot 10^{-2} + h_1 = 98,00 \text{ cm}$$

$$A_a = b \cdot h_a = 1568,00 \text{ cm}^2$$

Neigungswinkel Trägeroberkante:

$$\tan_{\alpha} = \frac{h_{ap} - h_1}{\left(\frac{l \cdot 100}{2}\right)} = 0,07$$

$$\alpha = \text{ATAN}(\tan_{\alpha}) = 4,00^\circ$$

$$\alpha = \text{WENN}(\alpha \leq 10; \alpha;) = 4,00^\circ$$

Faseranschnittwinkel:

$$\beta = \alpha = 4,00^\circ$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

$$h_x = \frac{h_1}{100} + x \cdot \frac{h_{ap} - h_1}{0,5 \cdot l \cdot 100} = 1,34 \text{ m}$$

$$W_x = \frac{b \cdot (h_x \cdot 100)^2}{6} = 47882,67 \text{ cm}^3$$

Spannung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 \cdot \tan_{\alpha}^2) \cdot \frac{M_{x,d}}{W_x} \cdot 10^3 = 14,58 \text{ N/mm}^2$$

Spannung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,a,d} = \frac{M_{x,d}}{W_x} \cdot 10^3 = 14,30 \text{ N/mm}^2$$

Im Firstbereich:

$$W_{ap} = b \cdot h_{ap}^2 / 6 = 83544,00 \text{ cm}^3$$

Spannung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{m,ap,0,d} = (1 + 1,4 \cdot \tan_{\alpha} + 5,4 \cdot \tan_{\alpha}^2) \cdot \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \cdot 10^3 = 12,15 \text{ N/mm}^2$$

Spannung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes

$$\sigma_{t,ap,a,d} = 0,2 * \tan_{\alpha} * \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} * 10^3 = 0,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 * \frac{V_d}{A_a} * 10 = 1,25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / 1,3 = 19,38 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3 = 2,08 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} * f_{t,90,k} / 1,3 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

An der Stelle x:

Im Biegedruckbereich:

Für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz ohne Querlagen darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ um 50 % erhöht werden.

$$f_{v,dx} = f_{v,d} * 1,5 = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\alpha,c} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)}{f_{v,dx}}\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 0,89$$

$$f_{m,a,d} = k_{\alpha,c} * f_{m,d} = 17,25 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

An der Stelle x:

Nachweisbedingung am Rand parallel zur Faserrichtung des Holzes

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,75 \leq 1}$$

Nachweisbedingung am Rand schräg zur Faserrichtung des Holzes
Rand-Biegedruckbereich:

$$\frac{\sigma_{m,a,d}}{f_{m,a,d}} = \underline{0,83 \leq 1}$$

Im Firstbereich:

Für die maximale Längsspannung:

$$\frac{\sigma_{m,ap,0,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,63 \leq 1}$$

Für die maximale Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:
 nach DIN 10.4.2 $k_{dis} = 1,30$
 Bezugshöhe $h_0 = 60,00 \text{ cm}$

$$\frac{\sigma_{t,ap,a,d}}{k_{dis} \cdot \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} \cdot f_{t,90,d}} = \underline{0,46 \leq 1}$$

Wenn diese Bedingung erfüllt ist, kann für Bauteile in den Nutzungsklassen 1 und 2 eine konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimatisch bedingter Querkzugspannungen entfallen. Andernfalls ist eine konstruktive Verstärkung nach 11.4.5 anzuordnen.

$$\frac{\sigma_{t,ap,a,d}}{k_{dis} \cdot \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} \cdot 0,6 \cdot f_{t,90,d}} = \underline{0,76 \leq 1}$$

Bei der vollständigen Aufnahme der Zugkräfte rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes durch Verstärkungselemente kann der Nachweis für $\sigma_{t,ap,\alpha,d}$ im Firstbereich entfallen.

Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren:

Nach DIN 1052 8.4.2 darf der Nachweis mit den Querschnittswerten im Abstand von 0,65 fachen Stablänge vom Stabende und dem größten Biegemoment geführt werden.

$$h_{065} = \frac{2 \cdot (h_{ap} - h_1)}{2} \cdot 0,65 + h_1 = 146,55 \text{ cm}$$

$$W_{y065} = b \cdot \frac{h_{065}^2}{6} = 57271,74 \text{ cm}^3$$

Bemessungswert der Beanspruchungen:

$$\sigma_{m,a,d} = \frac{M_{ap,d} \cdot 10^3}{W_{y065}} = 15,76 \text{ N/mm}^2$$

kritische Biegespannung und kritisches Kippmoment:

$$B = E_{0,05} \cdot b^3 \cdot \frac{h_{065}}{12} \cdot 10^{-5} = 5252,35 \text{ kNm}^2$$

$$T = G_{05} \cdot b^3 \cdot \frac{h_{065}}{3} \cdot 10^{-5} = 1300,58 \text{ kNm}^2$$

$$M_{y,crit} = \frac{\pi}{a_h} \cdot \sqrt{B \cdot T} = 3284,39 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,krit} = \frac{M_{y,crit} \cdot 10^3}{W_{y065}} = 57,35 \text{ N/mm}^2$$

bezogene Kippschlankheit:

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{f_{\text{m,k}}}{\sigma_{\text{m,krit}}}} = 0,70$$

$$k_{\text{m}} = \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{\text{rel,m}}; 1 / \lambda_{\text{rel,m}}^2)) = 1,00$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{\text{m,a,d}}}{k_{\text{m}} * f_{\text{m,a,d}}} = \underline{0,91 \leq 1}$$

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit auf Schub:

$$\frac{\tau_{\text{d}}}{f_{\text{v,d}}} = \underline{0,72 \leq 1}$$

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit:

Biegeverformung:

Elastische Anfangsverformung:

$$k_{\sigma} = \left(\frac{h_1}{h_{\text{ap}}}\right)^3 * \frac{1}{0,15 + 0,85 * \frac{h_1}{h_{\text{ap}}}} = 0,23$$

$$w_{\text{G,inst,b}} = \frac{5}{384} * \frac{g_{\text{k}} * l^4 * 10^8}{E_{0\text{mean}} * b * \frac{h_1}{12}} * k_{\sigma} = 47,76 \text{ mm}$$

$$w_{\text{Q,inst,b}} = \frac{5}{384} * \frac{q_{\text{s,k}} * l^4 * 10^8}{E_{0\text{mean}} * b * \frac{h_1}{12}} * k_{\sigma} = 30,57 \text{ mm}$$

Schubverformung:

Elastische Anfangsverformung:

$$k_{\tau} = \frac{2}{1 + \left(\frac{h_{\text{ap}}}{h_1}\right)^{2/3}} = 0,78$$

$$w_{\text{G,inst,\tau}} = 1,2 * \frac{g_{\text{k}} * l^2 * 10^4}{8 * G_{\text{mean}} * b * h_1} * k_{\tau} = 3,26 \text{ mm}$$

$$w_{\text{Q,inst,\tau}} = 1,2 * \frac{q_{\text{s,k}} * l^2 * 10^4}{8 * G_{\text{mean}} * b * h_1} * k_{\tau} = 2,08 \text{ mm}$$

Gesamtanfangsverformung:

$$w_{\text{G,inst}} = w_{\text{G,inst,b}} + w_{\text{G,inst,\tau}} = 51,02 \text{ mm}$$

$$w_{\text{Q,inst}} = w_{\text{Q,inst,b}} + w_{\text{Q,inst,\tau}} = 32,65 \text{ mm}$$

Endverformung:

ständige Einwirkung:

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} * (1 + k_{def}) = 91,84 \text{ mm}$$

Beiwert ψ nach DIN 1055-100 Tabelle A 2

$$\psi = 0,00$$
$$w_{Q,fin} = w_{Q,inst} * (1 + \psi * k_{def}) = 32,65 \text{ mm}$$

Endverformung gesamt:

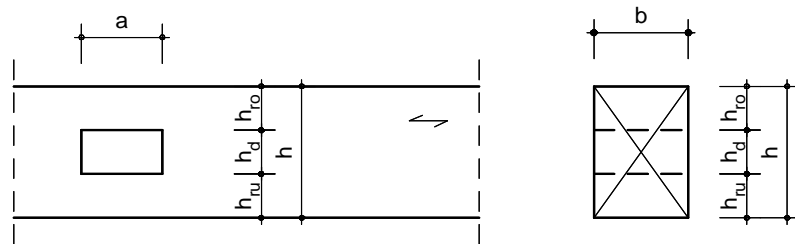
$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin} = 124,49 \text{ mm}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$\frac{w_{Q,inst}}{\left(\frac{l * 10^3}{300}\right)} = \underline{0,39 \leq 1}$$

$$\frac{w_{fin} - w_{G,inst}}{\left(\frac{l * 10^3}{200}\right)} = \underline{0,59 \leq 1}$$

Pos. Durchbruch mit Verstärkung

Hinweis: Die Bedingungen nach DIN 1052: 2008-12, 11.4.4 (1) müssen eingehalten sein!

Eingaben:**Träger:**

Breite b =			16,00 cm
Höhe h =			90,00 cm
Höhe Durchbruch h_d =			30,00 cm
Länge Durchbruch a =			60,00 cm
Randabstand, oben h_{ro} =			30,00 cm
Randabstand, unten h_{ru} =	$h - (h_d + h_{ro})$	=	30,00 cm
Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL24h

Durchbruch:

Form des Durchbruchs DB: GEW("1052/Ansch";DB;) = rechteckig

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k_{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung am Durchbruchrand:

Bemessungsquerkraft V_d =	70,20 kN
Bemessungsbiegemoment M_d =	90,70 kNm

Berechnung der Beanspruchung:

Querschnittswerte A_o =	$b \cdot h_{ro}$	=	480,00 cm ²
A_u =	$b \cdot h_{ru}$	=	480,00 cm ²
A_{ges} =	$A_o + A_u$	=	960,00 cm ²
e =	$ABS(\frac{h}{2} - h_{ro} - \frac{h_d}{2})$	=	0,00 cm
I_n =	$b \cdot \frac{h^3}{12} - b \cdot \frac{h_d^3}{12} - b \cdot h_d \cdot e^2$	=	936000,00 cm ⁴
W_n =	$\frac{I_n}{h/2}$	=	20800,00 cm ³
W_o =	$b \cdot \frac{h_{ro}^2}{6}$	=	2400,00 cm ³

$$W_u = b \cdot \frac{h_{ru}^2}{6} = 2400,00 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Hilfswerte } h_{r1} &= \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru}) &= 30,00 \text{ cm} \\ h_{r2} &= \text{MIN}(h_{ro}+0,15 \cdot h_d; h_{ru}+0,15 \cdot h_d) &= 34,50 \text{ cm} \\ h_r &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; h_{r2}; h_{r1}) &= 30,00 \text{ cm} \\ h_{df} &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; 0,7 \cdot h_d; h_d) &= 30,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Schnittgrößen } F_{t,V,d} = V_d \cdot \frac{h_{df}}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_{df}^2}{h^2} \right) = 16,90 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} F_{t,M,d} &= 0,008 \cdot M_d \cdot 10^2 / h_r &= 2,42 \text{ kN} \\ F_{t,90,d} &= F_{t,V,d} + F_{t,M,d} &= 19,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{o,d} = \frac{A_o}{A_{ges}} \cdot V_d = 35,10 \text{ kN}$$

$$V_{u,d} = \frac{A_u}{A_{ges}} \cdot V_d = 35,10 \text{ kN}$$

$$M_{o,r,d} = V_{o,d} \cdot \frac{a}{2} = 1053,00 \text{ kNcm}$$

$$M_{u,r,d} = V_{u,d} \cdot \frac{a}{2} = 1053,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Spannung } \sigma_{o,m,d} = \frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{o,r,d}}{W_o} = 0,875 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{u,m,d} = \frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{u,r,d}}{W_u} = 0,875 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_d}{b \cdot (h - h_d)} = 0,110 \text{ kN/cm}^2$$

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned} \text{Festigkeitswerte } f_{m,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; \text{fmk}; \text{FK}=\text{FK}) &= 2,400 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{m,d} &= f_{m,k} \cdot k_{mod} / 1,3 &= 1,477 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{v,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; \text{fvk}; \text{FK}=\text{FK}) &= 0,250 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{v,d} &= f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3 &= 0,154 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{t,90,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; \text{ft90k}; \text{FK}=\text{FK}) &= 0,050 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{t,90,d} &= f_{t,90,k} \cdot k_{mod} / 1,3 &= 0,031 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Beiwerte } l_{t,90,1} &= 0,5 \cdot (h_d + h) &= 60,00 \text{ cm} \\ l_{t,90,2} &= 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h &= 55,59 \text{ cm} \\ l_{t,90} &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; l_{t,90,2}; l_{t,90,1}) &= 60,00 \text{ cm} \\ k_{t,90} &= \text{MIN}(1; \sqrt{450 / (10 \cdot h)}) &= 0,71 \end{aligned}$$

Nachweis:

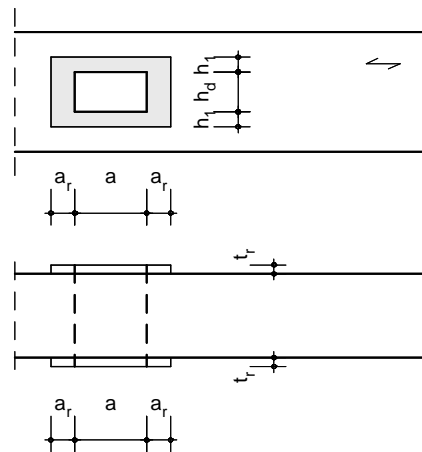
$$\text{erhöhte Biegerandspannungen: } \frac{\sigma_{o,m,d}}{f_{m,d}} = 0,59 < 1$$

$$\frac{\sigma_{u,m,d}}{f_{m,d}} = 0,59 < 1$$

$$\text{Schubspannung: } \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,71 < 1$$

$$\text{Querzugspannung: } \frac{F_{t,90,d}}{0,5 * l_{t,90} * b * k_{t,90} * f_{t,90,d}} = 1,83 > 1$$

⇒ Verstärkung erforderlich!

Verstärkung:

gewählt:

Plattenmaterial:

Bauteilachse)

Zugfestigkeit $f_{t,k}$ =

$$f_{t,d} = \frac{f_{t,k} * k_{mod}}{1,3} = 5,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Klebefugenfestigkeit } f_{k2,k} = \text{TAB}("1052/F23";fk2;) = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{k2,d} = \frac{f_{k2,k} * k_{mod}}{1,3} = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Breite Verst.-Platte } a_r = 200,00 \text{ mm}$$

$$\text{Höhe Verst.-Platte } h_1 = 150,00 \text{ mm}$$

$$\text{Dicke Verst.-Platte } t_r = 19,00 \text{ mm}$$

$$\text{Plattenmaße zulässig?: } \frac{a_r}{(10 * a)} = 0,33 \geq 0,25$$

$$\frac{a_r}{(10 * l_{t,90,1})} = 0,33 \leq 0,6$$

$$\frac{h_1}{(10 * a)} = 0,25 \geq 0,25$$

$$\text{Beiwerte } h_{ad,1} = \frac{h_1}{10} = 150,00 \text{ cm}$$

$$h_{ad,2} = h_1 + 0,15 * h_d * 10 = 195,00 \text{ cm}$$

$$h_{ad} = \text{WENN}(\text{DB}="kreisförmig";h_{ad,2};h_{ad,1}) = 150,00 \text{ cm}$$

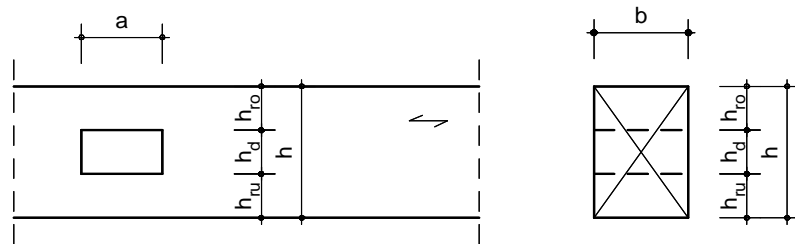
aufgeklebte Holzwerkstoffplatten

Sperrholz F20/10 (Faserrichtung des Deckfurniers verläuft rechtwinklig zur

$$\begin{aligned} \text{Bemessungszugkraft } F_{t,90,d} &= F_{t,90,d} \cdot 10^3 &= 19320,00 \text{ N} \\ \text{Plattenzugspannung } \sigma_{t,d} &= \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot t_r} &= 2,54 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Klebefugenspannung } \tau_{ef,d} &= \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot h_{ad}} &= 0,32 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis:

$$\begin{aligned} \text{Klebefuge:} & \frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} = 0,70 < 1 \\ \text{Verstärkungsplatte:} & 2,0 \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} = 0,92 < 1 \end{aligned}$$

Pos. Durchbruch mit Verstärkung

Hinweis: Die Bedingungen nach DIN 1052: 2008-12, 11.4.4 (1) müssen eingehalten sein!

Eingaben:**Träger:**

Breite b =	16,00 cm
Höhe h =	50,00 cm
Höhe Durchbruch h_d =	16,00 cm
Länge Durchbruch a =	30,00 cm
Randabstand, oben h_{ro} =	20,00 cm
Randabstand, unten h_{ru} =	$h - (h_d + h_{ro}) = 14,00$ cm

Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Durchbruch:

Form des Durchbruchs DB:	GEW("1052/Ansch";DB;)	=	rechteckig
--------------------------	-----------------------	---	------------

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k_{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung am Durchbruchsrand:

Bemessungsquerkraft V_d =	20,00 kN
Bemessungsbiegemoment M_d =	70,00 kNm

Berechnung der Beanspruchung:

Querschnittswerte A_o =	$b \cdot h_{ro}$	=	320,00 cm ²
A_u =	$b \cdot h_{ru}$	=	224,00 cm ²
A_{ges} =	$A_o + A_u$	=	544,00 cm ²
e =	$ABS\left(\frac{h}{2} - h_{ro} - \frac{h_d}{2}\right)$	=	3,00 cm
I_n =	$b \cdot \frac{h^3}{12} - b \cdot \frac{h_d^3}{12} - b \cdot h_d \cdot e^2$	=	158901,33 cm ⁴
W_n =	$\frac{I_n}{h/2}$	=	6356,05 cm ³
W_o =	$b \cdot \frac{h_{ro}^2}{6}$	=	1066,67 cm ³

$$W_u = b \cdot \frac{h_{ru}^2}{6} = 522,67 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Hilfswerte } h_{r1} &= \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru}) &= & 14,00 \text{ cm} \\ h_{r2} &= \text{MIN}(h_{ro}+0,15 \cdot h_d; h_{ru}+0,15 \cdot h_d) &= & 16,40 \text{ cm} \\ h_r &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; h_{r2}; h_{r1}) &= & 14,00 \text{ cm} \\ h_{df} &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; 0,7 \cdot h_d; h_d) &= & 16,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Schnittgrößen } F_{t,V,d} = V_d \cdot \frac{h_{df}}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_{df}^2}{h^2} \right) = 4,64 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} F_{t,M,d} &= 0,008 \cdot M_d \cdot 10^2 / h_r &= & 4,00 \text{ kN} \\ F_{t,90,d} &= F_{t,V,d} + F_{t,M,d} &= & 8,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{o,d} = \frac{A_o}{A_{ges}} \cdot V_d = 11,76 \text{ kN}$$

$$V_{u,d} = \frac{A_u}{A_{ges}} \cdot V_d = 8,24 \text{ kN}$$

$$M_{o,r,d} = V_{o,d} \cdot \frac{a}{2} = 176,40 \text{ kNcm}$$

$$M_{u,r,d} = V_{u,d} \cdot \frac{a}{2} = 123,60 \text{ kNcm}$$

$$\text{Spannung } \sigma_{o,m,d} = \frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{o,r,d}}{W_o} = 1,267 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{u,m,d} = \frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{u,r,d}}{W_u} = 1,338 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_d}{b \cdot (h - h_d)} = 0,055 \text{ kN/cm}^2$$

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned} \text{Festigkeitswerte } f_{m,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; \text{fmk}; \text{FK}=\text{FK}) &= & 2,800 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{m,d} &= f_{m,k} \cdot k_{mod} / 1,3 &= & 1,723 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{v,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; \text{fvk}; \text{FK}=\text{FK}) &= & 0,250 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{v,d} &= f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3 &= & 0,154 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{t,90,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; \text{ft90k}; \text{FK}=\text{FK}) &= & 0,050 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{t,90,d} &= f_{t,90,k} \cdot k_{mod} / 1,3 &= & 0,031 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Beiwerte } l_{t,90,1} &= 0,5 \cdot (h_d + h) &= & 33,00 \text{ cm} \\ l_{t,90,2} &= 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h &= & 30,65 \text{ cm} \\ l_{t,90} &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; l_{t,90,2}; l_{t,90,1}) &= & 33,00 \text{ cm} \\ k_{t,90} &= \text{MIN}(1; \sqrt{450 / (10 \cdot h)}) &= & 0,95 \end{aligned}$$

Nachweis:

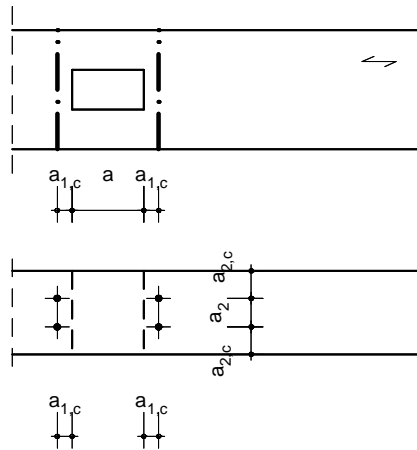
$$\text{erhöhte Biegerandspannungen: } \frac{\sigma_{o,m,d}}{f_{m,d}} = 0,74 < 1$$

$$\frac{\sigma_{u,m,d}}{f_{m,d}} = 0,78 < 1$$

$$\text{Schubspannung: } \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,36 < 1$$

$$\text{Querzugspannung: } \frac{F_{t,90,d}}{0,5 * l_{t,90} * b * k_{t,90} * f_{t,90,d}} = 1,11 > 1$$

⇒ Verstärkung erforderlich!

Verstärkung:

gewählt:

SPAX-Vollgewindeschrauben (Z-9.1-519)

Schraubendurchmesser d_1	= GEW("1052/Spax";d1;)	= 8,00 mm
Schraubenlänge l	=	400,00 mm
Anzahl (je Seite) n	=	2
Einschraubtiefe l_{ad}	= MIN($10 * h_r; l - 10 * h_r$)	= 140,00 mm
Rohdichte ρ_k	= TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	= 410,00 kg/m ³
char Ausziehparameter $f_{1,k}$	= $80 * 10^{-6} * \rho_k^2$	= 13,45 N/mm ²
Zugtragfähigkeit $R_{ax,k}$	= $f_{1,k} * d_1 * l_{ad}$	= 15064,00 N
$R_{t,u,k}$	= TAB("1052/Spax";Rtuk;d1=d1)	= 17000,00 N
$R_{ax,d}$	= MIN($R_{ax,k} * k_{mod}/1,3; R_{t,u,k}/1,25$)	= 9270,15 N
Bemessungszugkraft $F_{t,90,d}$	= $F_{t,90,d} * 10^3$	= 8640,00 N

Nachweis:

$$\text{Tragfähigkeit: } \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot R_{ax,d}} = 0,47 < 1$$

erhöhte Schubspannung im Eckbereich:

Nach DIN 1052 sind bei rechteckigen Durchbrüchen mit innen liegenden Verstärkungen die erhöhten Schubspannungen im Bereich der Durchbruchsecken nachzuweisen. Die Erläuterungen empfehlen dies darüber hinaus auch für runde Durchbrüche!

Beiwert zur Berücksichtigung der Schubspannungsspitzen nach den "Erläuterungen zur DIN 1052:2004-08" Kapitel E11.4.4

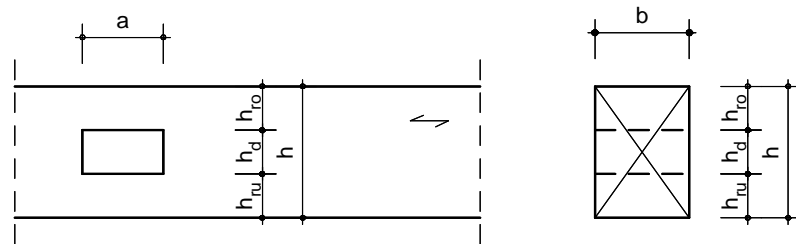
$$\kappa_{\max} = 1,84 \cdot \left(1 + \frac{a}{h}\right) \cdot \left(\frac{h_d}{h}\right)^{0,2} = 2,34$$

$$\tau_{\max,d} = \kappa_{\max} \cdot 1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot (h - h_d)} = 0,129 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{\tau_{\max,d}}{f_{v,d}} = 0,84 < 1$$

Mindestrandabstände:

$$\begin{aligned} \text{Randabstand } a_{1,c} &= 5 \cdot d_1 / 10 &= 4,00 \text{ cm} \\ a_2 &= 5 \cdot d_1 / 10 &= 4,00 \text{ cm} \\ a_{2,c} &= 3 \cdot d_1 / 10 &= 2,40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pos. Durchbruch mit Verstärkung

Hinweis: Die Bedingungen nach DIN 1052: 2008-12, 11.4.4 (1) müssen eingehalten sein!

Eingaben:**Träger:**

Breite b =	16,00 cm
Höhe h =	50,00 cm
Höhe Durchbruch h_d =	16,00 cm
Länge Durchbruch a =	30,00 cm
Randabstand, oben h_{ro} =	20,00 cm
Randabstand, unten h_{ru} =	$h - (h_d + h_{ro}) = 14,00$ cm

Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Durchbruch:

Form des Durchbruchs DB:	GEW("1052/Ansch";DB;)	=	rechteckig
--------------------------	-----------------------	---	------------

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k_{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung am Durchbruchrand:

Bemessungsquerkraft V_d =	20,00 kN
Bemessungsbiegemoment M_d =	70,00 kNm

Berechnung der Beanspruchung:

Querschnittswerte A_o =	$b \cdot h_{ro}$	=	320,00 cm ²
A_u =	$b \cdot h_{ru}$	=	224,00 cm ²
A_{ges} =	$A_o + A_u$	=	544,00 cm ²
e =	$ABS\left(\frac{h}{2} - h_{ro} - \frac{h_d}{2}\right)$	=	3,00 cm
I_n =	$b \cdot \frac{h^3}{12} - b \cdot \frac{h_d^3}{12} - b \cdot h_d \cdot e^2$	=	158901,33 cm ⁴
W_n =	$\frac{I_n}{h/2}$	=	6356,05 cm ³
W_o =	$b \cdot \frac{h_{ro}^2}{6}$	=	1066,67 cm ³

$$W_u = b \cdot \frac{h_{ru}^2}{6} = 522,67 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Hilfswerte } h_{r1} &= \text{MIN}(h_{ro}; h_{ru}) = 14,00 \text{ cm} \\ h_{r2} &= \text{MIN}(h_{ro}+0,15 \cdot h_d; h_{ru}+0,15 \cdot h_d) = 16,40 \text{ cm} \\ h_r &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; h_{r2}; h_{r1}) = 14,00 \text{ cm} \\ h_{df} &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; 0,7 \cdot h_d; h_d) = 16,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Schnittgrößen } F_{t,V,d} = V_d \cdot \frac{h_{df}}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_{df}^2}{h^2} \right) = 4,64 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} F_{t,M,d} &= 0,008 \cdot M_d \cdot 10^2 / h_r = 4,00 \text{ kN} \\ F_{t,90,d} &= F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = 8,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{o,d} = \frac{A_o}{A_{ges}} \cdot V_d = 11,76 \text{ kN}$$

$$V_{u,d} = \frac{A_u}{A_{ges}} \cdot V_d = 8,24 \text{ kN}$$

$$M_{o,r,d} = V_{o,d} \cdot \frac{a}{2} = 176,40 \text{ kNcm}$$

$$M_{u,r,d} = V_{u,d} \cdot \frac{a}{2} = 123,60 \text{ kNcm}$$

$$\text{Spannung } \sigma_{o,m,d} = \frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{o,r,d}}{W_o} = 1,267 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{u,m,d} = \frac{M_d \cdot 10^2}{W_n} + \frac{M_{u,r,d}}{W_u} = 1,338 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_d}{b \cdot (h - h_d)} = 0,055 \text{ kN/cm}^2$$

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned} \text{Festigkeitswerte } f_{m,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; f_{mk}; \text{FK}=\text{FK}) = 2,800 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{m,d} &= f_{m,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 1,723 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{v,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; f_{vk}; \text{FK}=\text{FK}) = 0,250 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{v,d} &= f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 0,154 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{t,90,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; f_{t90k}; \text{FK}=\text{FK}) = 0,050 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{t,90,d} &= f_{t,90,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 0,031 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Beiwerte } l_{t,90,1} &= 0,5 \cdot (h_d + h) = 33,00 \text{ cm} \\ l_{t,90,2} &= 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h = 30,65 \text{ cm} \\ l_{t,90} &= \text{WENN}(\text{DB}=\text{"kreisförmig"}; l_{t,90,2}; l_{t,90,1}) = 33,00 \text{ cm} \\ k_{t,90} &= \text{MIN}(1; \sqrt{(450 / (10 \cdot h))}) = 0,95 \end{aligned}$$

Nachweis:

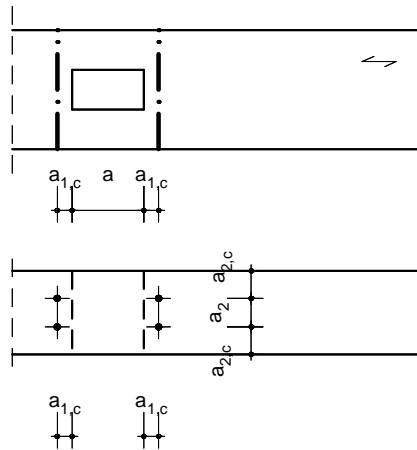
$$\text{erhöhte Biegerandspannungen: } \frac{\sigma_{o,m,d}}{f_{m,d}} = 0,74 < 1$$

$$\frac{\sigma_{u,m,d}}{f_{m,d}} = 0,78 < 1$$

$$\text{Schubspannung: } \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,36 < 1$$

$$\text{Querzugspannung: } \frac{F_{t,90,d}}{0,5 * l_{t,90} * b * k_{t,90} * f_{t,90,d}} = 1,11 > 1$$

⇒ Verstärkung erforderlich!

Verstärkung:

gewählt: **eingeklebte Gewindebolzen oder Betonrippenstahl**

Stahlstabmaterial: **Gewindebolzen M16 - 4.6**

Streckgrenze $f_{y,k} = 240,00 \text{ N/mm}^2$

Stabaußendurchmesser $d_r = 16,00 \text{ mm}$

Spannungsquerschnitt $A_{ef} = 157,00 \text{ mm}^2$

Anzahl (je Seite) $n = 1$

wirks. Einklebelänge $l_{ad} = 10 * h_r = 140,00 \text{ mm}$

aufnehmbare Zugkraft $R_d = A_{ef} * f_{y,k} / 1,25 = 30144,00 \text{ N}$

Klebefugenfestigkeit $f_{k1,k} = \text{TAB}("1052/F23";fk1;l_{ad}=l_{ad}) = 4,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{k1,d} = f_{k1,k} * k_{mod} / 1,3 = 2,46 \text{ N/mm}^2$

Bemessungszugkraft $F_{t,90,d} = F_{t,90,d} * 10^3 = 8640,00 \text{ N}$

Klebefugenspannung $\tau_{ef,d} = F_{t,90,d} / (n * d_r * \pi * l_{ad}) = 1,23 \text{ N/mm}^2$

Nachweis:

Klebefuge:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}}$	=	0,50 < 1
Stahlstab:	$\frac{F_{t,90,d}}{n \cdot R_d}$	=	0,29 < 1

erhöhte Schubspannung im Eckbereich:

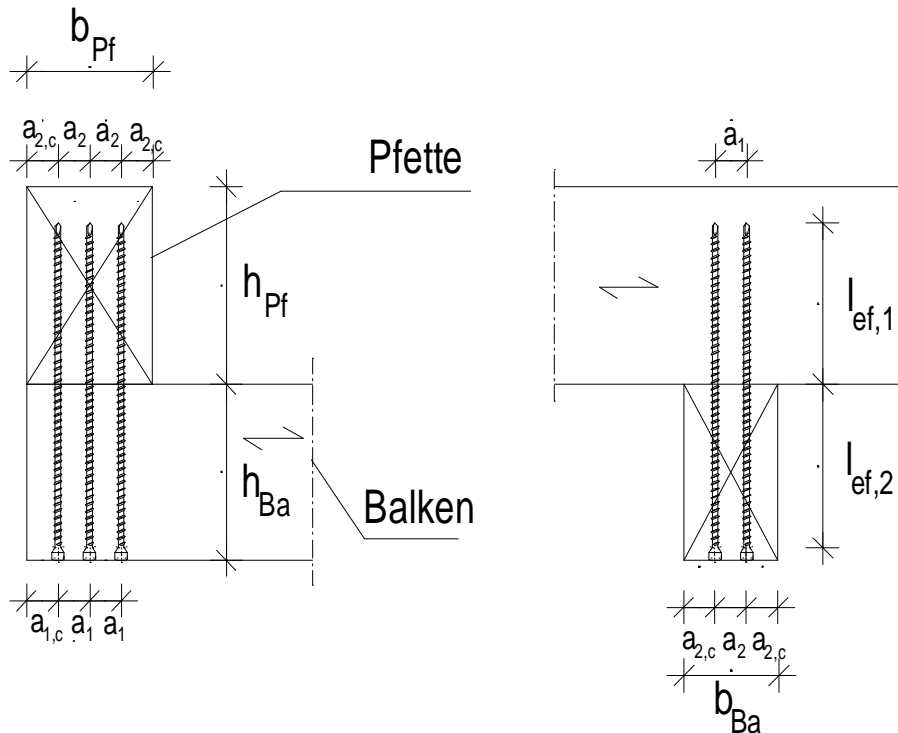
Nach DIN 1052 sind bei rechteckigen Durchbrüchen mit innen liegenden Verstärkungen die erhöhten Schubspannungen im Bereich der Durchbruchsecken nachzuweisen. Die Erläuterungen empfehlen dies darüber hinaus auch für runde Durchbrüche! Beiwert zur Berücksichtigung der Schubspannungsspitzen nach den "Erläuterungen zur DIN 1052:2004-08" Kapitel E11.4.4

$\kappa_{max} =$	$1,84 \cdot \left(1 + \frac{a}{h}\right) \cdot \left(\frac{h_d}{h}\right)^{0,2}$	=	2,34
$\tau_{max,d} =$	$\kappa_{max} \cdot 1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot (h - h_d)}$	=	0,129 kN/cm ²
Nachweis:	$\frac{\tau_{max,d}}{f_{v,d}}$	=	0,84 < 1

Mindestrandabstände:

Randabstand $a_{1,c} =$	$2,5 \cdot d_r / 10$	=	4,00 cm
$a_2 =$	$3 \cdot d_r / 10$	=	4,80 cm
$a_{2,c} =$	$2,5 \cdot d_r / 10$	=	4,00 cm

Abhängung: Anschluss Balken/Pfette mit selbstbohrenden Vollgewindeschrauben

**Material:**

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	= GL28c
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	= 1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	= mittel
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED)	= 0,80
Rohdichte ρ_k =	TAB("1052/Holz"; ρ_k ; FK=FK)	= 380 kg/m ³
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{m,H}$ =		1,3

Querschnitt:

Pfettebreite b_{Pf} =	180 mm
Pfettenhöhe h_{Pf} =	300 mm
Balkenbreite b_{Ba} =	140 mm
Balkenhöhe h_{Ba} =	250 mm

System:

aufzunehmende Kraft F_d =	70,0 kN
-----------------------------	---------

Verbindungsmittel:**gewählte Vollgewindeschraube**

Typ =	GEW("1052/VG"; Typ;)	= Spax-S
Nenndurchmesser		
d_1 =	GEW("1052/VG"; d_1 ; Typ=Typ)	= 8 mm
Schraubenlänge		
l_S =	GEW("1052/VG"; l_S ; Typ=Typ; $d_1=d_1$)	= 160 mm

Gewindelänge Schraube			
$l_G =$	TAB("1052/VG"; l_G ;Typ=Typ; $l_S=l_S$)	=	145 mm
Gewindelänge im Holzteil (gewindefreie Schaftlänge bei SFS-WT-T berücksichtigen)			
gew. $l_{ef,1} =$			220 mm
gew. $l_{ef,2} =$			230 mm
$l_{ef} =$	MIN($l_{ef,1}; l_{ef,2}$)	=	220 mm
Anzahl der Schrauben			
Pfette max $n_{n,P} =$			3
Balken max $n_{n,B} =$			2
Mindestabstände der Schrauben			
min $a_1 =$	$5 \cdot d_1$	=	40 mm
min $a_{1,c} =$	$5 \cdot d_1$	=	40 mm
min $a_{2,c} =$	$4 \cdot d_1$	=	32 mm
min $a_2 =$	$25 \cdot d_1^2 / a_1$	=	40 mm
Mindestbreite			
$b_{min,Pf} =$	$(n_{n,P} - 1) \cdot a_2 + a_{2,c} \cdot 2$	=	144 mm
$b_{min,Ba} =$	$(n_{n,B} - 1) \cdot a_2 + a_{2,c} \cdot 2$	=	104 mm
Kontrolle			
$b_{min,Pf} / b_{Pf}$		=	<u>$0,80 \leq 1$</u>
$b_{min,Ba} / b_{Ba}$		=	<u>$0,74 \leq 1$</u>

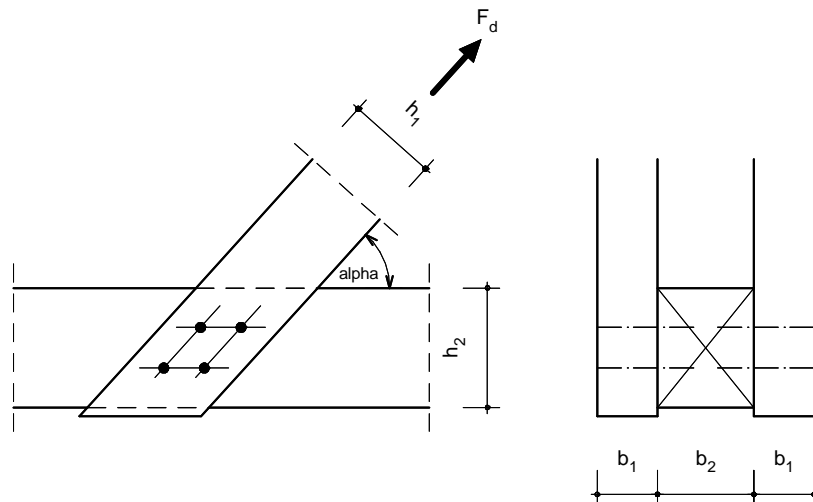
Tragfähigkeit:

$f_{1,k} =$	TAB("1052/AP"; $f_{1,k}$;Typ=Typ;FK=FK)	=	11,55 N/mm ²
$f_{1,d} =$	$k_{mod} / 1,3 \cdot f_{1,k}$	=	7,11 N/mm ²
$R_{u,d} =$	TAB("1052/VG"; $R_{u,d}$;Typ=Typ; $d_1=d_1$)	=	13,60 kN
$R_{ax,d,Pf} =$	$n_{n,B} \cdot n_{n,P} \cdot \text{MIN}(\frac{f_{1,d} \cdot d_1 \cdot l_{ef}}{1000}; R_{u,d})$	=	75,08 kN

Nachweis:

$$\frac{F_d}{R_{ax,d,Pf}} = \underline{\underline{0,93 \leq 1}}$$

Holz-Holz Nagelverbindung (Außendiagonalen)



Eingaben:

Randhölzer:

Breite b_1 =	6,00 cm		
Höhe h_1 =	24,00 cm		
Material Mat_1 =	GEW("1052/Holz";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat ₁ ;))	=	C24

Mittelholz:

Breite b_2 =	8,00 cm		
Höhe h_2 =	16,00 cm		
Material Mat_2 =	GEW("1052/Holz";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat ₂ ;))	=	C24

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N<3)	=	Nagel
Größe d_{xl} =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.2x120
Durchmesser d =	TAB ("1052/VM";d;Bez=d _{xl})	=	4,20 mm
Länge l_S =	TAB ("1052/VM";l;Bez=d _{xl})	=	120,00 mm
Länge des Gewindes l_G =	TAB ("1052/VM";l _G ;Bez=d _{xl})	=	0,00 mm
Anzahl VM (je Seite) n =		=	24
davon nebeneinander n_n =		=	4

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL:	GEW("1052/F1";N;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	=	kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	=	0,90

Belastung:

(Druckkraft negativ eingeben!)

Bemessungskraft F_d =	40,00 kN
Anschlusswinkel α =	38 °

Berechnung:

Querschnitt A =	$b_1 \cdot h_1$	=	144,00 cm ²
Nettoquerschnitt A _n =	$b_1 \cdot h_1 - (b_1 \cdot n_n \cdot d/10)$	=	133,92 cm ²
Zugspannung $\sigma_{t,0,d}$ =	$\frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right)}{A_n}$	=	0,149 kN/cm ²
Druckspannung $\sigma_{c,0,d}$ =	$\frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right)}{A}$	=	0,139 kN/cm ²
Festigkeiten $f_{t,0,k}$ =	TAB("1052/Holz";ft0k;FK=FK ₁)	=	1,40 kN/cm ²
$f_{t,0,d}$ =	$f_{t,0,k} \cdot k_{\text{mod}}/1,3$	=	0,97 kN/cm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz";fc0k;FK=FK ₁)	=	2,10 kN/cm ²
$f_{c,0,d}$ =	$f_{c,0,k} \cdot k_{\text{mod}}/1,3$	=	1,45 kN/cm ²
Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=dxl)	=	600,00 N/mm ²
Fliemoment $M_{y,k}$ =	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	7511,40 Nmm
Holzdicke t_1 =	$(b_1 \cdot 10)$	=	60,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,1}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₁)	=	350,00 kg/m ³
Lochleibung f_{h1k} =	$0,082 \cdot \rho_{k,1} \cdot d^{-0,3}$	=	18,66 N/mm ²
Holzdicke t_2 =	$(l_s - b_1 \cdot 10)$	=	60,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,2}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₂)	=	350,00 kg/m ³
Lochleibung f_{h2k} =	$0,082 \cdot \rho_{k,2} \cdot d^{-0,3}$	=	18,66 N/mm ²
Verhältniswert β =	$\frac{f_{h2k}}{f_{h1k}}$	=	1,00
R_{k1} =	$(f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3}$	=	4,7023 kN
R_{k2} =	$(f_{h1k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta) \cdot 10^{-3}$	=	4,7023 kN
R_{k3} =	$\frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left(\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right) + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) \cdot 10^{-3}$	=	1,9478 kN
R_{k4} =	$\frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3}$	=	1,6902 kN
R_{k5} =	$\frac{f_{h1k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3}$	=	1,6902 kN
R_{k6} =	$\sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h1k} \cdot d} \cdot 10^{-3}$	=	1,0851 kN
$R_{d,0}$ =	MIN($R_{k1}/1,3$; $R_{k2}/1,3$; $R_{k3}/1,3$; $R_{k4}/1,2$; $R_{k5}/1,2$; $R_{k6}/1,1$) $\cdot k_{\text{mod}}$	=	0,89 kN

Nachweis:

Anschluss:

$$\text{Einwirkung } S_d = \text{ABS}(F_d) = 40,00 \text{ kN}$$

$$\text{Anschlussstragfähigkeit } R_d = R_{d,0} \cdot 2 \cdot n = 42,72 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = 0,94 < 1$$

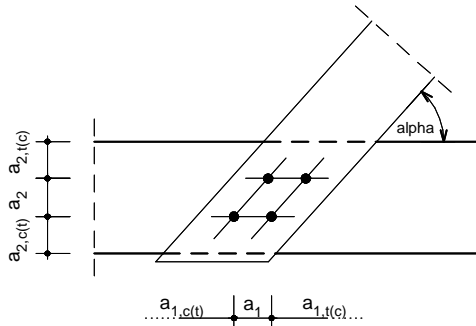
Seitenhölzer:

$$\text{Beanspruchung } S_d = \text{WENN}(F_d < 0; \sigma_{c,0,d}; \sigma_{t,0,d}) = 0,149 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Festigkeit } R_d = \text{WENN}(F_d < 0; f_{c,0,d}; f_{t,0,d}) = 0,970 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d \cdot k_{te}} = 0,23 < 1$$

Mindestrandabstände ($\rho_k < 420 \text{ kg/m}^3$):**Gurt:**

$$a_1 = \text{WENN}(d < 5; (5 + 5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10; (5 + 7 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10) = 3,75 \text{ cm}$$

$$a_{1,t} = \text{WENN}(d < 5; (7 + 5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10; (10 + 5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10) = 4,59 \text{ cm}$$

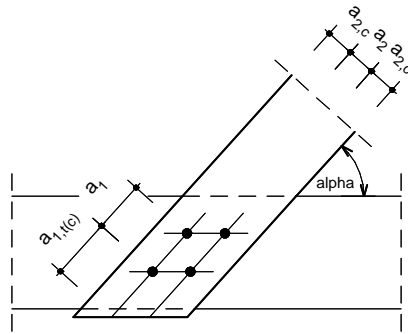
$$a_{1,c} = \text{WENN}(d < 5; 7 \cdot d / 10; 10 \cdot d / 10) = 2,94 \text{ cm}$$

$$a_2 = \text{WENN}(d < 5; 5 \cdot d / 10; 5 \cdot d / 10) = 2,10 \text{ cm}$$

$$a_{2,t} = \text{WENN}(d < 5; (5 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d / 10; (5 + 5 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d / 10) = 2,62 \text{ cm}$$

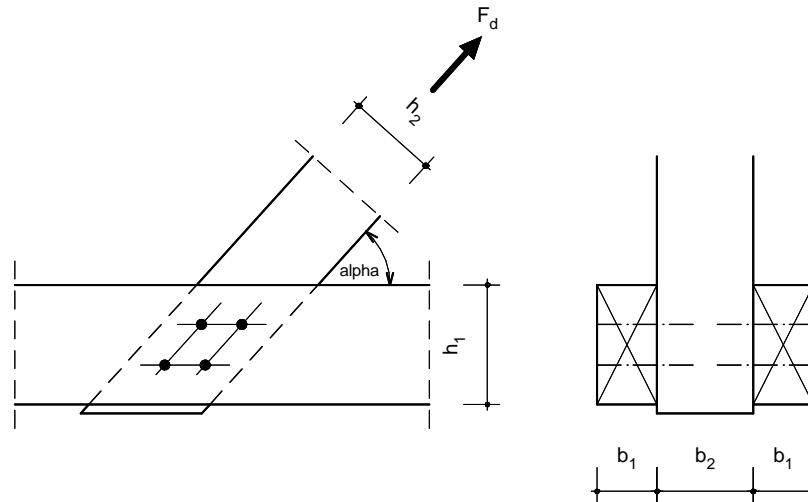
$$a_{2,c} = \text{WENN}(d < 5; 5 \cdot d / 10; 5 \cdot d / 10) = 2,10 \text{ cm}$$

Diagonale:



$a_1 =$	$\text{WENN}(d < 5; (5 + 5 * \cos(0)) * d / 10; (5 + 7 * \cos(0)) * d / 10)$	$=$	4,20 cm
$a_{1,t} =$	$\text{WENN}(d < 5; (7 + 5 * \cos(0)) * d / 10; (10 + 5 * \cos(0)) * d / 10)$	$=$	5,04 cm
$a_{1,c} =$	$\text{WENN}(d < 5; 7 * d / 10; 10 * d / 10)$	$=$	2,94 cm
$a_2 =$	$\text{WENN}(d < 5; 5 * d / 10; 5 * d / 10)$	$=$	2,10 cm
$a_{2,t} =$	$\text{WENN}(d < 5; (5 + 2 * \sin(0)) * d / 10; (5 + 5 * \sin(0)) * d / 10)$	$=$	2,10 cm
$a_{2,c} =$	$\text{WENN}(d < 5; 5 * d / 10; 5 * d / 10)$	$=$	2,10 cm

Holz-Holz Nagelverbindung (Mitteldiagonale)



Eingaben:

Randhölzer:

Breite b_1 =	6,00 cm		
Höhe h_1 =	24,00 cm		
Material Mat_1 =	GEW("1052/Holz";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat ₁ ;))	=	C24

Mittelholz:

Breite b_2 =	8,00 cm		
Höhe h_2 =	16,00 cm		
Material Mat_2 =	GEW("1052/Holz";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat ₂ ;))	=	C24

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N<3)	=	Nagel
Größe $d \times l$ =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.2x120
Durchmesser d =	TAB ("1052/VM";d;Bez=d \times l)	=	4,20 mm
Länge l_S =	TAB ("1052/VM";l;Bez=d \times l)	=	120,00 mm
Länge des Gewindes l_G =	TAB ("1052/VM";lg;Bez=d \times l)	=	0,00 mm
Anzahl VM (je Seite) n =		=	24

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL:	GEW("1052/F1";N;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	=	kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	=	0,90

Belastung:

Bemessungskraft F_d =	40,00 kN
Anschlusswinkel α =	38 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=dxl)	=	600,00 N/mm ²
Fliemoment $M_{y,k}$ =	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	7511 Nmm
Holzdicke t_1 =	$(b_1 \cdot 10)$	=	60,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,1}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₁)	=	350,00 kg/m ³
Lochleibung f_{h1k} =	$0,082 \cdot \rho_{k,1} \cdot d^{-0,3}$	=	18,66 N/mm ²
Holzdicke t_2 =	$(l_S - b_1 \cdot 10)$	=	60,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,2}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₂)	=	350,00 kg/m ³
Lochleibung f_{h2k} =	$0,082 \cdot \rho_{k,2} \cdot d^{-0,3}$	=	18,66 N/mm ²
Verhtniswert β =	$\frac{f_{h2k}}{f_{h1k}}$	=	1,00

$$R_{k1} = (f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 4,7023 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (f_{h1k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta) \cdot 10^{-3} = 4,7023 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = \frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left(\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right) + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) \cdot 10^{-3} = 1,9478 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = \frac{f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 1,6902 \text{ kN}$$

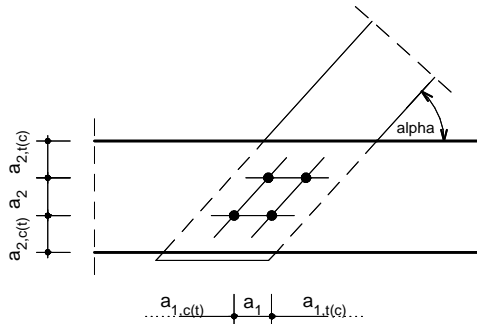
$$R_{k5} = \frac{f_{h1k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3} = 1,6902 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h1k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 1,0850 \text{ kN}$$

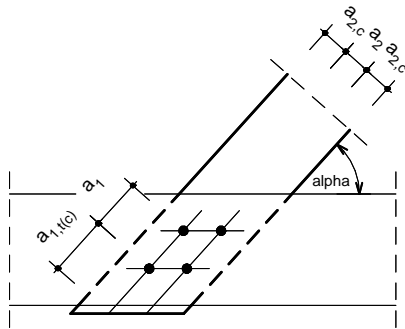
$$R_{d,0} = \text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,3; R_{k4}/1,2; R_{k5}/1,2; R_{k6}/1,1) \cdot k_{\text{mod}} = 0,89 \text{ kN}$$

Nachweis:

Einwirkung S_d =	ABS(F_d)	=	40,00 kN
Anschluss­trag­fähigkeit R_d =	$R_{d,0} \cdot 2 \cdot n$	=	42,72 kN
Nachweis:	$\frac{S_d}{R_d}$	=	0,94 < 1

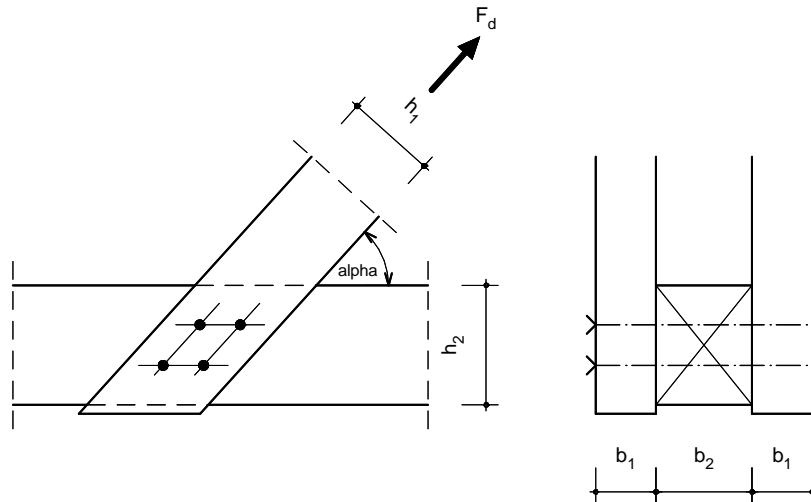
Mindestrandabstände ($\rho_k < 420 \text{ kg/m}^3$):**Gurt:**

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \text{WENN}(d < 5; (5+5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d/10; (5+7 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d/10) &= 3,75 \text{ cm} \\
 a_{1,t} &= \text{WENN}(d < 5; (7+5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d/10; (10+5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d/10) &= 4,59 \text{ cm} \\
 a_{1,c} &= \text{WENN}(d < 5; 7 \cdot d/10; 10 \cdot d/10) &= 2,94 \text{ cm} \\
 a_2 &= 5 \cdot d/10 &= 2,10 \text{ cm} \\
 a_{2,t} &= \text{WENN}(d < 5; (5+2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d/10; (5+5 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d/10) &= 2,62 \text{ cm} \\
 a_{2,c} &= 5 \cdot d/10 &= 2,10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Diagonale:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \text{WENN}(d < 5; (5+5 \cdot \cos(0)) \cdot d/10; (5+7 \cdot \cos(0)) \cdot d/10) &= 4,20 \text{ cm} \\
 a_{1,t} &= \text{WENN}(d < 5; (7+5 \cdot \cos(0)) \cdot d/10; (10+5 \cdot \cos(0)) \cdot d/10) &= 5,04 \text{ cm} \\
 a_{1,c} &= \text{WENN}(d < 5; 7 \cdot d/10; 10 \cdot d/10) &= 2,94 \text{ cm} \\
 a_2 &= 5 \cdot d/10 &= 2,10 \text{ cm} \\
 a_{2,t} &= \text{WENN}(d < 5; (5+2 \cdot \sin(0)) \cdot d/10; (5+5 \cdot \sin(0)) \cdot d/10) &= 2,10 \text{ cm} \\
 a_{2,c} &= 5 \cdot d/10 &= 2,10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2-schnittige Holz-Holz Verbindung (Außendiagonalen)



Eingaben:

Randhölzer (Diagonale):

Breite b_1 =	10,00 cm	
Höhe h_1 =	16,00 cm	
Material Mat_1 =	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat ₁ ;) =	GL24h

Mittelholz (Gurt):

Breite b_2 =	8,00 cm	
Höhe h_2 =	20,00 cm	
Material Mat_2 =	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat ₂ ;) =	GL24h

Verbindungsmittel:

Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N>2)	= Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	= S 235
Durchmesser d =	12,00 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 =	6,00 cm
-------------------------------	---------

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungs-klasse NKL :	GEW("1052/F1";N;)	= 1
Lasteinwirkungsdauer $KLED$:	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,90

Belastung: (Druckkraft negativ eingeben!)

Bemessungskraft F_d =	50,00 kN
Anschlusswinkel α =	40 °

Berechnung:

Querschnitt A =	$b_1 \cdot h_1$	=	160,00 cm ²
Nettoquerschnitt A _n =	$b_1 \cdot (h_1 - n_G \cdot d / 10)$	=	124,00 cm ²
Zugspannung $\sigma_{t,0,d}$ =	$\frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right)}{A_n}$	=	0,202 kN/cm ²
Druckspannung $\sigma_{c,0,d}$ =	$\frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right)}{A}$	=	0,156 kN/cm ²
Holz-Festigkeiten $f_{t,0,k}$ =	TAB("1052/Holz";ft0k;FK=FK ₁)	=	1,65 kN/cm ²
$f_{t,0,d}$ =	$f_{t,0,k} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3$	=	1,14 kN/cm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz";fc0k;FK=FK ₁)	=	2,40 kN/cm ²
$f_{c,0,d}$ =	$f_{c,0,k} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3$	=	1,66 kN/cm ²
VM-Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	360,00 N/mm ²
VM-Fließmoment $M_{y,k}$ =	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	69071 Nmm
Holzdicke t_1 =	$(b_1 \cdot 10)$	=	100,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,1}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₁)	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,1,k}$ =	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k,1}$	=	27,42 N/mm ²
Holzdicke t_2 =	$(b_2 \cdot 10)$	=	80,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,2}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₂)	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k}$ =	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k,2}$	=	27,42 N/mm ²
Beiwert k_{90} =	WENN(Mat ₁ ="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d	=	1,53
Lochleibung $f_{h,2,k}$ =	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	22,49 N/mm ²
Verhältniswert β =	$\frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	=	0,82
R_{k1} =	$(f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3}$	=	32,90 kN
R_{k2} =	$(0,5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta) \cdot 10^{-3}$	=	10,79 kN
R_{k3} =	$\frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3}$	=	11,24 kN
R_{k4} =	$\sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3}$	=	6,40 kN
ΔR_k =	WENN(Typ="Passbolzen";1,25;1,00)	=	1,00
$R_{d,0}$ =	MIN($R_{k1}/1,3$; $R_{k2}/1,3$; $R_{k3}/1,2$; $R_{k4}/1,1$) * $\Delta R_k \cdot k_{\text{mod}}$	=	5,24 kN
$n_{\text{ef},D}$ =	WENN($n_D=1$;1;MIN(n_D ; $n_D^{0,9} \cdot (a_1/d)^{1/4}$))	=	2,26
$n_{\text{ef},G}$ =	WENN($n_G=1$;1;(MIN(n_G ; $n_G^{0,9} \cdot 0,5^{1/4} \cdot (90-\alpha)/90 + n_G \cdot \alpha/90$))	=	2,59
n_{ef} =	MIN($n_G \cdot n_{\text{ef},D}$; $n_D \cdot n_{\text{ef},G}$; n)	=	6,78

Nachweis:**Anschluss:**

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

$$\text{Anschluss Tragfähigkeit } R_d = R_{d,0} \cdot 2 \cdot n_{ef} = 71,05 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} = 0,70 < 1$$

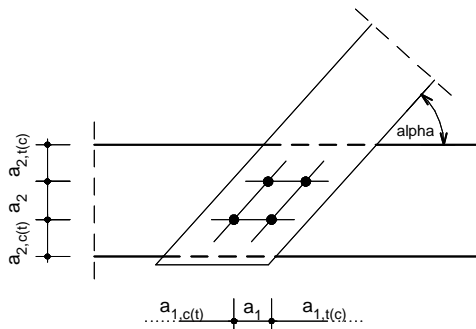
Seitenhölzer:

$$\text{Beanspruchung } S_d = \text{WENN}(F_d < 0; \sigma_{c,0,d}; \sigma_{t,0,d}) = 0,202 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Festigkeit } R_d = \text{WENN}(F_d < 0; f_{c,0,d}; f_{t,0,d}) = 1,140 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Zugverbindungsfaktor } k_{te} = \text{WENN}(F_d < 0; 1; \text{WENN}(\text{Typ} = \text{"Stabdübel"}; 0,4; 2/3)) = 0,400$$

$$\text{Nachweis: } \frac{S_d}{k_{te} \cdot R_d} = 0,44 < 1$$

Mindestrandabstände:**Gurte:**

$$a_1 = (3 + 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10 = 5,44 \text{ cm}$$

$$a_{1,t} = \text{MAX}(7 \cdot d / 10; 8) = 8,40 \text{ cm}$$

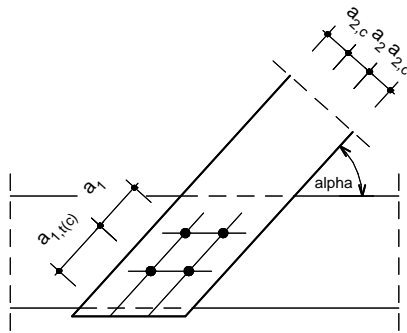
$$a_{1,c} = \text{MAX}(7 \cdot \sin(\alpha); 3) \cdot d / 10 = 5,40 \text{ cm}$$

$$a_2 = 3 \cdot d / 10 = 3,60 \text{ cm}$$

$$a_{2,t} = 3 \cdot d / 10 = 3,60 \text{ cm}$$

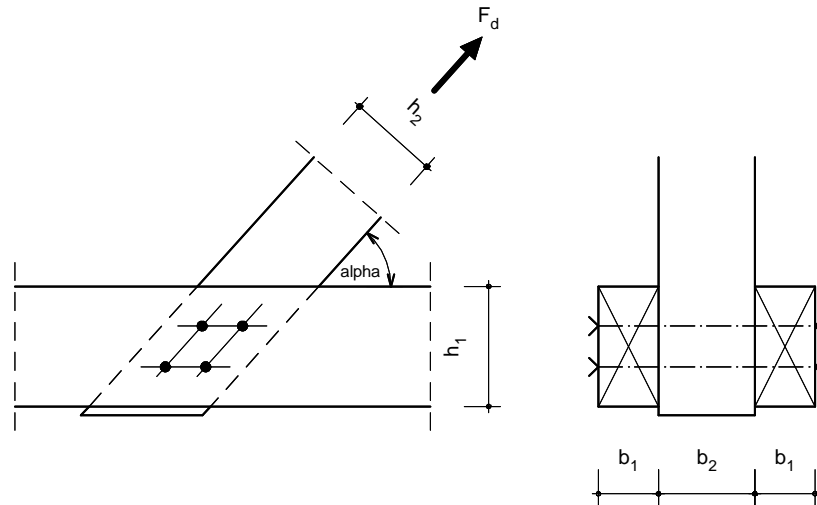
$$a_{2,c} = 3 \cdot d / 10 = 3,60 \text{ cm}$$

Diagonale:



$a_1 =$	$(3+2*\text{COS}(0))*d/10$	$=$	6,00 cm
$a_{1,t} =$	$\text{MAX}(7*d/10;8)$	$=$	8,40 cm
$a_{1,c} =$	$\text{MAX}(7*\text{SIN}(0);3)*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_2 =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_{2,t} =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_{2,c} =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm

2-schnittige Holz-Holz Verbindung (Mitteldiagonale)



Eingaben:

Randhölzer (Gurt):

Breite b_1 =			10,00 cm
Höhe h_1 =			24,00 cm
Material Mat_1 =	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_1 =	GEW("1052/Holz";FK;B= Mat_1 ;))	=	GL24h

Mittelholz (Diagonale):

Breite b_2 =			8,00 cm
Höhe h_2 =			16,00 cm
Material Mat_2 =	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK_2 =	GEW("1052/Holz";FK;B= Mat_2 ;))	=	GL24h

Verbindungsmittel:

Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N>2)	=	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ= Typ)	=	S 235
Durchmesser d =			12,00 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 =			6,00 cm
-------------------------------	--	--	---------

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL :	GEW("1052/F1";N;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer $KLED$:	GEW("1052/F1";K;)	=	kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N= NKL ;K= $KLED$)	=	0,90

Belastung:

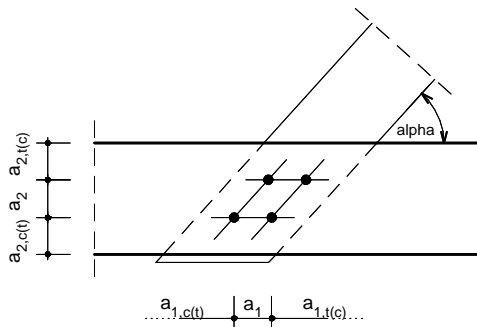
Bemessungskraft F_d =			50,00 kN
Anschlusswinkel α =			40 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

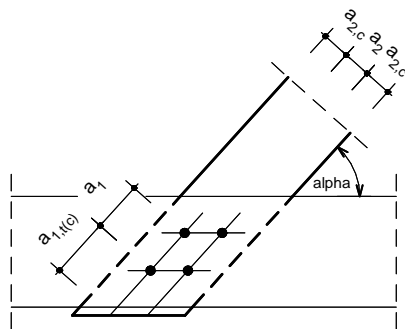
Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	360,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$ =	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	69071 Nmm
Holzdicke t_1 =	$(b_1 \cdot 10)$	=	100,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,1}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₁)	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k}$ =	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k,1}$	=	27,42 N/mm ²
Beiwert k_{90} =	WENN(Mat ₁ ="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d	=	1,53
Lochleibung $f_{h,1,k}$ =	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	22,49 N/mm ²
Holzdicke t_2 =	$(b_2 \cdot 10)$	=	80,00 mm
Rohdichte $\rho_{k,2}$ =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK ₂)	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,2,k}$ =	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k,2}$	=	27,42 N/mm ²
Verhniswert β =	$\frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	=	1,22
R_{k1} =	$(f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3}$	=	26,99 kN
R_{k2} =	$(0,5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta) \cdot 10^{-3}$	=	13,17 kN
R_{k3} =	$\frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) \cdot 10^{-3}$	=	9,99 kN
R_{k4} =	$\sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3}$	=	6,40 kN
ΔR_k =	WENN(Typ="Passbolzen";1,25;1,00)	=	1,00
$R_{d,0}$ =	$\text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,2; R_{k4}/1,1) \cdot \Delta R_k \cdot k_{\text{mod}}^{1/4}$	=	5,24 kN
$n_{\text{ef},D}$ =	$\text{WENN}(n_D=1;1; \text{MIN}(n_D; n_D^{0,9} \cdot \left(\frac{a_1}{d}\right)))$	=	2,26
$n_{\text{ef},G}$ =	$\text{WENN}(n_G=1;1; (\text{MIN}(n_G; n_G^{0,9} \cdot 0,5^{1/4}) \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + \frac{n_G \cdot \alpha}{90}))$	=	2,59
n_{ef} =	$\text{MIN}(n_G \cdot n_{\text{ef},D}; n_D \cdot n_{\text{ef},G}; n)$	=	6,78

Nachweis:

Einwirkung S_d =	ABS(F_d)	=	50,00 kN
Anschluss­tragfähigkeit R_d =	$R_{d,0} \cdot 2 \cdot n_{\text{ef}}$	=	71,05 kN
Nachweis:	$\frac{S_d}{R_d}$	=	0,70 < 1

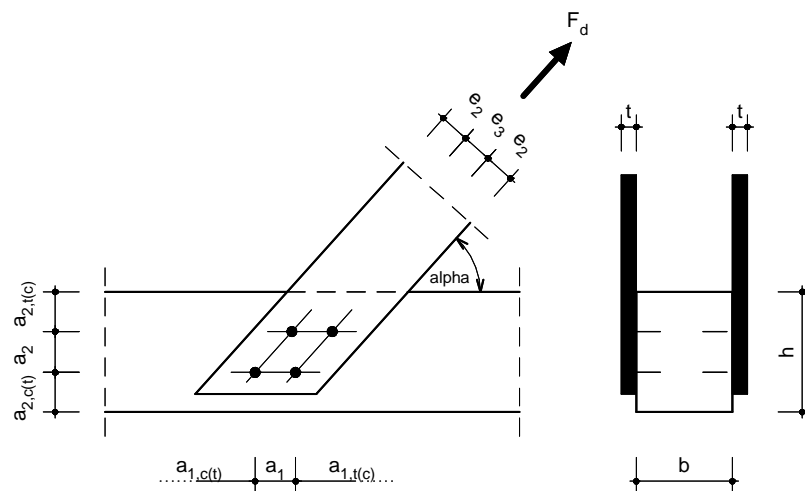
Mindestrandabstände:**Gurte:**

$a_1 =$	$(3+2*\text{COS}(\alpha))*d/10$	$=$	5,44 cm
$a_{1,t} =$	$\text{MAX}(7*d/10;8)$	$=$	8,40 cm
$a_{1,c} =$	$\text{MAX}(7*\text{SIN}(\alpha);3)*d/10$	$=$	5,40 cm
$a_2 =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_{2,t} =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_{2,c} =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm

Diagonale:

$a_1 =$	$(3+2*\text{COS}(0))*d/10$	$=$	6,00 cm
$a_{1,t} =$	$\text{MAX}(7*d/10;8)$	$=$	8,40 cm
$a_{1,c} =$	$\text{MAX}(7*\text{SIN}(0);3)*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_2 =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_{2,t} =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm
$a_{2,c} =$	$3*d/10$	$=$	3,60 cm

Stahlblech-Holz Verbindung mit Nägeln (außenliegende Stahlbleche)



Eingaben:

Holz:

Breite $b = 24,00$ cm
 Höhe $h = 16,00$ cm
 Material Mat = GEW("1052/Holz";B;) = Nadelholz
 Festigkeitsklasse FK = GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;) = C24

Stahlblech:

Dicke $t = 8,00$ mm

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ = GEW("1052/VM";Typ;N<3) = Nagel
 Größe $d \times l = 3.1 \times 70$
 Anzahl VM (je Seite) $n = 20$
 Durchmesser $d = 3,10$ mm
 Länge $l_G = 70,00$ mm
 Länge des Gewindes $l_G = 0,00$ mm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL: GEW("1052/F1";N;) = 1
 Lasteinwirkungsdauer KLED: GEW("1052/F1";K;) = kurz
 Modifikationsbeiwert k_{mod} : TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED) = 0,90

Belastung:

Bemessungskraft $F_d = 30,00$ kN
 Kraft-Faser-Winkel $\alpha = 45,0^\circ$

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned}
\text{Zugfestigkeit } f_{u,k} &= \text{TAB}("1052/VM";fuk;Bez=dxl) &= 600,00 \text{ N/mm}^2 \\
\text{Fließmoment } M_{y,k} &= 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} &= 3410,46 \text{ Nmm} \\
\text{Rohdichte } \rho_k &= \text{TAB}("1052/Holz";rhok;FK=FK) &= 350,00 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Lochleibung } f_{h,1,k} &= 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} &= 20,44 \text{ N/mm}^2 \\
\text{Einschlagtiefe } t_1 &= \text{MIN}(b \cdot 10; l_S - t) &= 62,00 \text{ mm} \\
\text{Ausziehparameter } f_{1,k} &= 50 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{MIN}(500; \rho_k))^2 &= 6,13 \text{ N/mm}^2 \\
\text{Auszieh Widerstand } R_{ax,k} &= f_{1,k} \cdot d \cdot l_G \cdot 10^{-3} &= 0,00 \text{ kN} \\
\\
\Delta R_k &= 0,25 \cdot R_{ax,k} &= 0,00 \\
R_{k11} &= (\sqrt{2} - 1) \cdot f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= 1,63 \text{ kN} \\
R_{k12} &= \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d \cdot 10^{-3}} + \Delta R_k &= 0,66 \text{ kN} \\
R_{d,dü} &= \text{MIN}(R_{k11}/1,3; R_{k12}/1,1) \cdot k_{mod} &= 0,54 \text{ kN} \\
R_{k13} &= (f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= 3,93 \text{ kN} \\
R_{k14} &= \left(f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) \right) \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= 1,70 \text{ kN} \\
R_{k15} &= \sqrt{2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d \cdot 10^{-3}}} + \Delta R_k &= 0,93 \text{ kN} \\
R_{d,di} &= \text{MIN}(R_{k13}/1,3; R_{k14}/1,2; R_{k15}/1,1) \cdot k_{mod} &= 0,76 \text{ kN} \\
R_{d,0} &= \text{WENN}(t < 0,5 \cdot d; R_{d,dü}; \text{WENN}(t > d; R_{d,di}; R_{d,dü} + (R_{d,di} - R_{d,dü}) / ((1 - 0,5) \cdot (t/d - 0,5))) &= 0,76 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Nachweis:

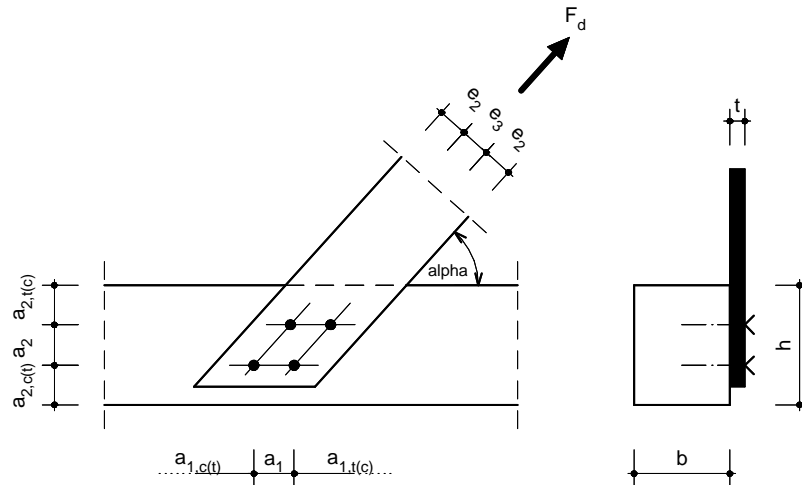
$$\begin{aligned}
\text{Einwirkung } S_d &= F_d &= 30,00 \text{ kN} \\
\text{Tragwiderstand } R_d &= 2 \cdot R_{d,0} \cdot n &= 30,40 \text{ kN} \\
\\
\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} &= &= \mathbf{0,99 < 1}
\end{aligned}$$

Mindestrandabstände ($\rho_k < 420 \text{ kg/m}^3$):

$$\begin{aligned}
a_1 &= \text{WENN}(d < 5; (5 + 5 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d / 10; (5 + 7 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d / 10) &= 2,65 \text{ cm} \\
a_{1,t} &= \text{WENN}(d < 5; (7 + 5 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d / 10; (10 + 5 \cdot \text{COS}(\alpha)) \cdot d / 10) &= 3,27 \text{ cm} \\
a_{1,c} &= \text{WENN}(d < 5; 7 \cdot d / 10; 10 \cdot d / 10) &= 2,17 \text{ cm} \\
a_2 &= \text{WENN}(d < 5; 5 \cdot d / 10; 5 \cdot d / 10) &= 1,55 \text{ cm} \\
a_{2,t} &= \text{WENN}(d < 5; (5 + 2 \cdot \text{SIN}(\alpha)) \cdot d / 10; (5 + 5 \cdot \text{SIN}(\alpha)) \cdot d / 10) &= 1,99 \text{ cm} \\
a_{2,c} &= \text{WENN}(d < 5; 5 \cdot d / 10; 5 \cdot d / 10) &= 1,55 \text{ cm} \\
\\
e_2 &= 1,5 \cdot (d + 1) / 10 &= 0,61 \text{ cm} \\
e_3 &= a_1 \cdot \text{SIN}(\alpha) &= 1,87 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Nach DIN 1052:2004-08 12.5.4 (5) dürfen bei Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen die Mindestnagelabstände a_1 bzw. a_2 bis auf die 0,5 - fachen Werte verringert werden. Dabei ist für jeden Nagel eine Anschlussfläche $0,5 \cdot a_1 \cdot a_2$ einzuhalten. Der Abstand a_1 muss jedoch mindestens $5d$ betragen.

einschnittige Stahlblech-Holz Verbindung mit Nägeln

**Eingaben:****Holz:**

Breite $b =$	12,00 cm		
Höhe $h =$	16,00 cm		
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	=	C24

Stahlblech:

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

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N<3)	=	Nagel
Größe d _{xl} =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	3.1x65
Anzahl VM $n =$		=	16
Durchmesser $d =$	TAB("1052/VM";d;Bez=d _{xl})	=	3,10 mm
Länge $l_S =$	TAB("1052/VM";l;Bez=d _{xl})	=	65,00 mm
Länge des Gewindes $l_G =$	TAB("1052/VM";l _g ;Bez=d _{xl})	=	0,00 mm

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungs-klasse NKL:	GEW("1052/F1";N;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	=	kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	=	0,90

Belastung:

Bemessungskraft $F_d =$	10,00 kN
Kraft-Faser-Winkel $\alpha =$	45,0 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned}
\text{Zugfestigkeit } f_{u,k} &= \text{TAB}("1052/VM";f_{uk};\text{Bez}=dxl) &= & 600,00 \text{ N/mm}^2 \\
\text{Fließmoment } M_{y,k} &= 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} &= & 3410,46 \text{ Nmm} \\
\text{Rohdichte } \rho_k &= \text{TAB}("1052/Holz";\rho_{hk};FK=FK) &= & 350,00 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Lochleibung } f_{h,1,k} &= 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} &= & 20,44 \text{ N/mm}^2 \\
\text{Einschlagtiefe } t_1 &= \text{MIN}(b \cdot 10; l_S - t) &= & 57,00 \text{ mm} \\
\text{Ausziehparameter } f_{1,k} &= 50 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{MIN}(500; \rho_k))^2 &= & 6,13 \text{ N/mm}^2 \\
\text{Auszieh widerstand } R_{ax,k} &= f_{1,k} \cdot d \cdot l_G \cdot 10^{-3} &= & 0,00 \text{ kN} \\
\\
\Delta R_k &= 0,25 \cdot R_{ax,k} &= & 0,00 \\
R_{k11} &= (\sqrt{2} - 1) \cdot f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= & 1,50 \text{ kN} \\
R_{k12} &= \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= & 0,66 \text{ kN} \\
R_{d,dü} &= \text{MIN}(R_{k11}/1,3; R_{k12}/1,1) \cdot k_{mod} &= & 0,54 \text{ kN} \\
R_{k13} &= (f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= & 3,61 \text{ kN} \\
R_{k14} &= \left(f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) \right) \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= & 1,58 \text{ kN} \\
R_{k15} &= \sqrt{2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}} \cdot 10^{-3} + \Delta R_k &= & 0,93 \text{ kN} \\
R_{d,di} &= \text{MIN}(R_{k13}/1,3; R_{k14}/1,2; R_{k15}/1,1) \cdot k_{mod} &= & 0,76 \text{ kN} \\
R_{d,0} &= \text{WENN}(t < 0,5 \cdot d; R_{d,dü}; \text{WENN}(t > d; R_{d,di}; R_{d,dü} + (R_{d,di} - R_{d,dü}) / ((1 - 0,5) \cdot (t/d - 0,5))) &= & 0,76 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Nachweis:

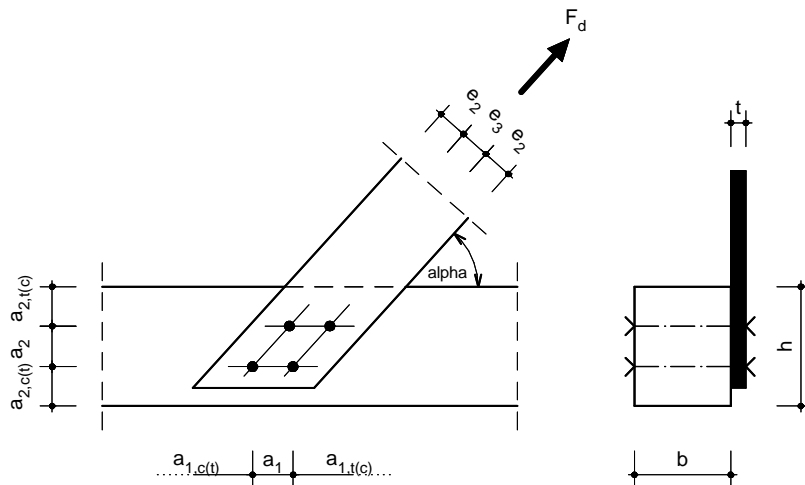
$$\begin{aligned}
\text{Einwirkung } S_d &= F_d &= & 10,00 \text{ kN} \\
\text{Tragwiderstand } R_d &= n \cdot R_{d,0} &= & 12,16 \text{ kN} \\
\\
\text{Nachweis: } \frac{S_d}{R_d} &= &= & \mathbf{0,82 < 1}
\end{aligned}$$

Mindestrandabstände ($\rho_k < 420 \text{ kg/m}^3$):

$$\begin{aligned}
a_1 &= \text{WENN}(d < 5; (5 + 5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10; (5 + 7 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10) &= & 2,65 \text{ cm} \\
a_{1,t} &= \text{WENN}(d < 5; (7 + 5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10; (10 + 5 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10) &= & 3,27 \text{ cm} \\
a_{1,c} &= \text{WENN}(d < 5; 7 \cdot d / 10; 10 \cdot d / 10) &= & 2,17 \text{ cm} \\
a_2 &= 5 \cdot d / 10 &= & 1,55 \text{ cm} \\
a_{2,t} &= \text{WENN}(d < 5; (5 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d / 10; (5 + 5 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d / 10) &= & 1,99 \text{ cm} \\
a_{2,c} &= 5 \cdot d / 10 &= & 1,55 \text{ cm} \\
\\
e_2 &= 1,5 \cdot (d + 1) / 10 &= & 0,61 \text{ cm} \\
e_3 &= a_1 \cdot \sin(\alpha) &= & 1,87 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Nach DIN 1052:2004-08 12.5.4 (5) dürfen bei Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen die Mindestnagelabstände a_1 bzw. a_2 bis auf die 0,5 - fachen Werte verringert werden. Dabei ist für jeden Nagel eine Anschlussfläche $0,5 \cdot a_1 \cdot a_2$ einzuhalten. Der Abstand a_1 muss jedoch mindestens $5d$ betragen.

einschnittige Stahlblech-Holz Verbindung mit Passbolzen

**Eingaben:****Holz:**

Breite $b = 6,00$ cm
 Höhe $h = 16,00$ cm
 Material Mat = GEW("1052/Holz";B;) = Nadelholz
 Festigkeitsklasse FK = GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;) = C24

Stahlblech:

Dicke $t = 10,00$ mm

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ = GEW("1052/VM";Typ;N=4) = Passbolzen
 Stahlsorte S = GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ) = 5.6 / 5.8
 Durchmesser $d = 10,00$ 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 Richtung Gurt $a_1 = 6,00$ cm

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL: GEW("1052/F1";N;) = 1
 Lasteinwirkungsdauer KLED: GEW("1052/F1";K;) = kurz
 Modifikationsbeiwert k_{mod} : TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED) = 0,90

Belastung:

Bemessungskraft $F_d = 20,00$ kN
 Kraft-Faser-Winkel $\alpha = 35,0^\circ$

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	500,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	59716 Nmm
Rohdichte ρ_k	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k}$	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	=	25,83 N/mm ²
Beiwert bzgl. Holzart k_{90}	WENN(Mat="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d	=	1,50
bzw. VM-Durchmesser k_{90}	WENN(d ≤ 8; 1; k ₉₀)	=	1,50
Lochleibung $f_{h,a,k}$	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	22,18 N/mm ²
Holzdicke t_1	b*10	=	60,00 mm
ΔR_k	WENN(Typ="Passbolzen";1,25;1,00)	=	1,25
R_{k11}	$(\sqrt{2} - 1) \cdot f_{h,a,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot 10^{-3} + \Delta R_k$	=	6,76 kN
R_{k12}	$\sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,a,k} \cdot d \cdot 10^{-3} + \Delta R_k}$	=	6,40 kN
$R_{d,dü}$	MIN($R_{k11}/1,3$; $R_{k12}/1,1$)* k_{mod}	=	4,68 kN
R_{k13}	$(f_{h,a,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} + \Delta R_k$	=	14,56 kN
R_{k14}	$\left(f_{h,a,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,a,k} \cdot d \cdot t_1^2} - 1} \right) \right) \cdot 10^{-3} + \Delta R_k$	=	8,12 kN
R_{k15}	$\sqrt{2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,a,k} \cdot d \cdot 10^{-3} + \Delta R_k}}$	=	8,53 kN
$R_{d,di}$	MIN($R_{k13}/1,3$; $R_{k14}/1,2$; $R_{k15}/1,1$)* k_{mod}	=	6,09 kN
$R_{d,0}$	WENN(t < 0,5*d; $R_{d,dü}$; WENN(t > d; $R_{d,di}$; $R_{d,dü} + (R_{d,di} - R_{d,dü}) / (1 - 0,5) \cdot (t/d - 0,5)$))	=	6,09 kN
$n_{ef,G}$	WENN($n_G = 1$; 1; (MIN(n_G ; $n_G^{0,9} \cdot (a_1/d)^{1/4} \cdot (90 - \alpha) / 90 + n_G \cdot \alpha / 90$)))	=	1,78
n_{ef}	MIN($n_D \cdot n_{ef,G}$; n)	=	3,56

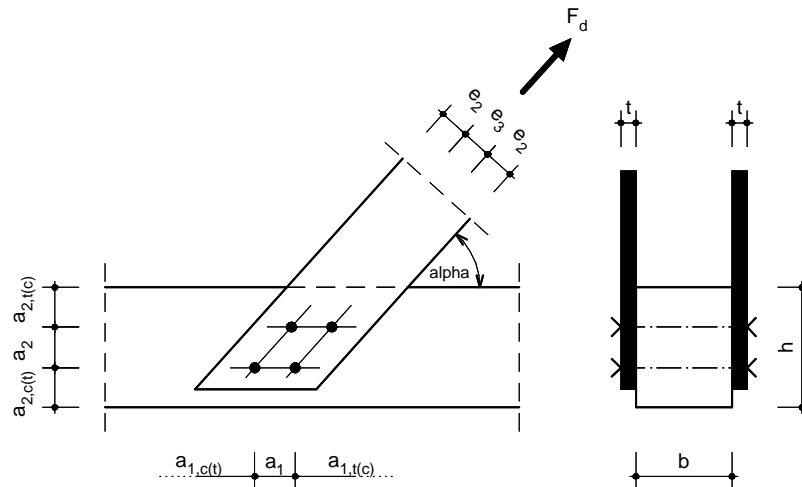
Nachweis:

Einwirkung S_d	ABS(F_d)	=	20,00 kN
Anschlusstragfähigkeit R_d	$R_{d,0} \cdot n_{ef}$	=	21,68 kN
Nachweis:	$\frac{S_d}{R_d}$	=	0,92 < 1

Mindestrandabstände:

a_1	$(3 + 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d / 10$	=	4,64 cm
a_2	$3 \cdot d / 10$	=	3,00 cm
$a_{1,t}$	MAX($7 \cdot d / 10$; 8)	=	8,00 cm
$a_{1,c}$	MAX($7 \cdot \sin(\alpha) \cdot 3 \cdot d / 10$)	=	4,02 cm
$a_{2,t}$	$3 \cdot d / 10$	=	3,00 cm
$a_{2,c}$	$3 \cdot d / 10$	=	3,00 kN
e_2	$1,5 \cdot (d + 1) / 10$	=	1,65 cm
e_3	$a_1 \cdot \sin(\alpha)$	=	2,66 cm

zweischrittige Stahlblech-Holz Verbindung mit Passbolzen

**Eingaben:****Holz:**

Breite $b =$		6,00 cm
Höhe $h =$		16,00 cm
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= C24

Stahlbleche:

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

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N=4)	= Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	= 4.6 / 4.8
Durchmesser $d =$		10,00 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 Richtung Gurt $a_1 =$		6,00 cm
--------------------------	--	---------

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL:	GEW("1052/F1";N;)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,90

Belastung:

Bemessungskraft $F_d =$		40,00 kN
Kraft-Faser-Winkel $\alpha =$		35,0 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	400,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$ =	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	47773 Nmm
Rohdichte ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k}$ =	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	=	25,83 N/mm ²
Beiwert bzgl. Holzart k_{90} =	WENN(Mat="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d	=	1,50
bzw. VM-Durchmesser k_{90} =	WENN(d ≤ 8; 1; k ₉₀)	=	1,50
Lochleibung $f_{h,\alpha,k}$ =	$f_{h,0,k} / ((k_{90} \cdot \sin(\alpha))^2 + \cos(\alpha)^2)$	=	22,18 N/mm ²
Lochleibung $f_{h,a,k}$ =	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	22,18 N/mm ²
Holzdicke t_2 =	b*10	=	60,00 mm
ΔR_k =	WENN(Typ="Passbolzen";1,25;1,00)	=	1,25
R_{k19} =	$(0,5 \cdot f_{h,a,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} \cdot \Delta R_k$	=	8,32 kN
R_{k20} =	$\sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,a,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} \cdot \Delta R_k$	=	5,75 kN
$R_{d,dü}$ =	MIN($R_{k19}/1,3$; $R_{k20}/1,1$)*k _{mod}	=	4,70 kN
R_{k21} =	$(0,5 \cdot f_{h,a,k} \cdot t_2 \cdot d) \cdot 10^{-3} \cdot \Delta R_k$	=	8,32 kN
R_{k22} =	$\sqrt{2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,a,k} \cdot d}} \cdot 10^{-3} \cdot \Delta R_k$	=	8,14 kN
$R_{d,di}$ =	MIN($R_{k21}/1,3$; $R_{k22}/1,1$)*k _{mod}	=	5,76 kN
$R_{d,0}$ =	WENN(t < 0,5*d; $R_{d,dü}$; WENN(t > d; $R_{d,di}$; $R_{d,dü} + (R_{d,di} - R_{d,dü}) / (1 - 0,5) \cdot (t/d - 0,5)$))	=	5,76 kN
$n_{ef,G}$ =	WENN($n_G = 1$; 1; (MIN(n_G ; $n_G^{0,9} \cdot (a_1/d)^{1/4}$) * (90- α)/90 + $n_G \cdot \alpha/90$))	=	1,78
n_{ef} =	MIN($n_D \cdot n_{ef,G}$; n)	=	3,56

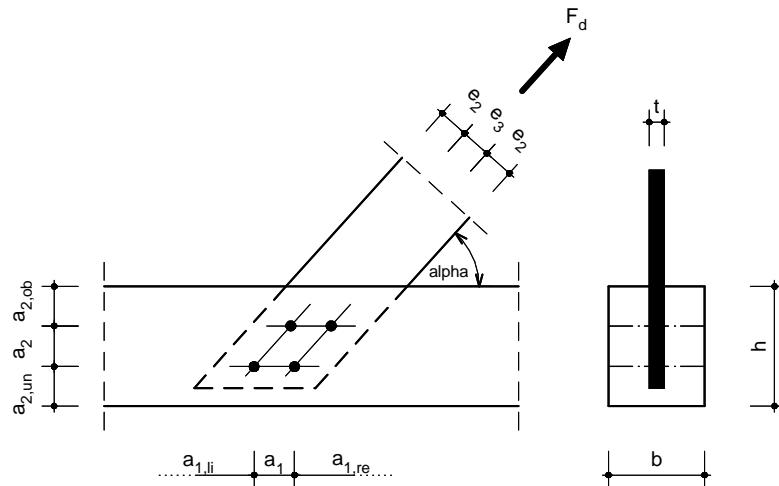
Nachweis:

Einwirkung S_d =	ABS(F_d)	=	40,00 kN
Anschlusstragfähigkeit R_d =	$2 \cdot R_{d,0} \cdot n_{ef}$	=	41,01 kN
Nachweis:	$\frac{S_d}{R_d}$	=	0,98 < 1

Mindestrandabstände:

a_1 =	$(3 + 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot d/10$	=	4,64 cm
a_2 =	$3 \cdot d/10$	=	3,00 cm
$a_{1,t}$ =	MAX($7 \cdot d/10$; 8)	=	8,00 cm
$a_{1,c}$ =	MAX($7 \cdot \sin(\alpha)$; 3)*d/10	=	4,02 cm
$a_{2,t}$ =	$3 \cdot d/10$	=	3,00 cm
$a_{2,c}$ =	$3 \cdot d/10$	=	3,00 cm
e_2 =	$1,5 \cdot (d+1)/10$	=	1,65 cm
e_3 =	$a_1 \cdot \sin(\alpha)$	=	2,66 cm

Gelenkiger Anschluss mit innenliegendem Stahlblech



Eingaben:

Gurte:

Breite $b =$		12,00 cm
Höhe $h =$		24,00 cm
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= GL24h

Stahlblech:

Dicke $t =$		10,00 mm
Anzahl $n_S =$		1

Verbindungsmittel:

Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N>2)	= Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	= S 235
Durchmesser $d =$		12,00 mm

Anzahl hintereinander

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 Gurt $a_1 =$		6,00 cm
--------------------------	--	---------

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungs-klasse NKL:	GEW("1052/F1";N;)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,90

Belastung:

Bemessungskraft $F_d =$		60,00 kN
Anschlusswinkel $\alpha =$		45 °

Berechnung der Tragfähigkeit:

Zugfestigkeit $f_{u,k}$	$\text{TAB}("1052/VM";fuk;Bez=S)$	=	360,00 N/mm ²
Fließmoment $M_{y,k}$	$0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	=	69071 Nmm
Rohdichte ρ_k	$\text{TAB}("1052/Holz";\rho_k;FK=FK)$	=	380,00 kg/m ³
Lochleibung $f_{h,0,k}$	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	=	27,42 N/mm ²
Beiwert bzgl. Holzart k_{90}	$\text{WENN}(\text{Mat}="Laubholz";0,9;1,35)+0,015 \cdot d$	=	1,53
bzw. VM-Durchmesser k_{90}	$\text{WENN}(d \leq 8; 1; k_{90})$	=	1,53
Lochleibung $f_{h,a,k}$	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	21,68 N/mm ²
Lochleibung $f_{h,\alpha,k}$	$\frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$	=	21,68 N/mm ²
Holzdicke t_1	$\frac{b \cdot 10 - t \cdot n_S}{n_S + 1}$	=	55,00 mm
ΔR_k	$\text{WENN}(\text{Typ}="Passbolzen";1,25;1,00)$	=	1,00
R_{k1}	$(f_{h,a,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3}$	=	14,31 kN
R_{k2}	$\left(f_{h,a,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,a,k} \cdot d \cdot t_1^2} - 1} \right) \right) \cdot 10^{-3}$	=	7,63 kN
R_{k3}	$\sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,a,k} \cdot d} \cdot 10^{-3}$	=	8,48 kN
$R_{d,0}$	$\text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,2; R_{k3}/1,1) \cdot \Delta R_k \cdot k_{\text{mod}}$	=	5,72 kN
$n_{\text{ef,G}}$	$\text{WENN}(n_G=1;1;(\text{MIN}(n_G; n_G^{0,9} \cdot (a_1/d)^{1/4}) \cdot (90-\alpha)/90 + n_G \cdot \alpha/90))$	=	2,63
n_{ef}	$\text{MIN}(n_D \cdot n_{\text{ef,G}}; n)$	=	7,89

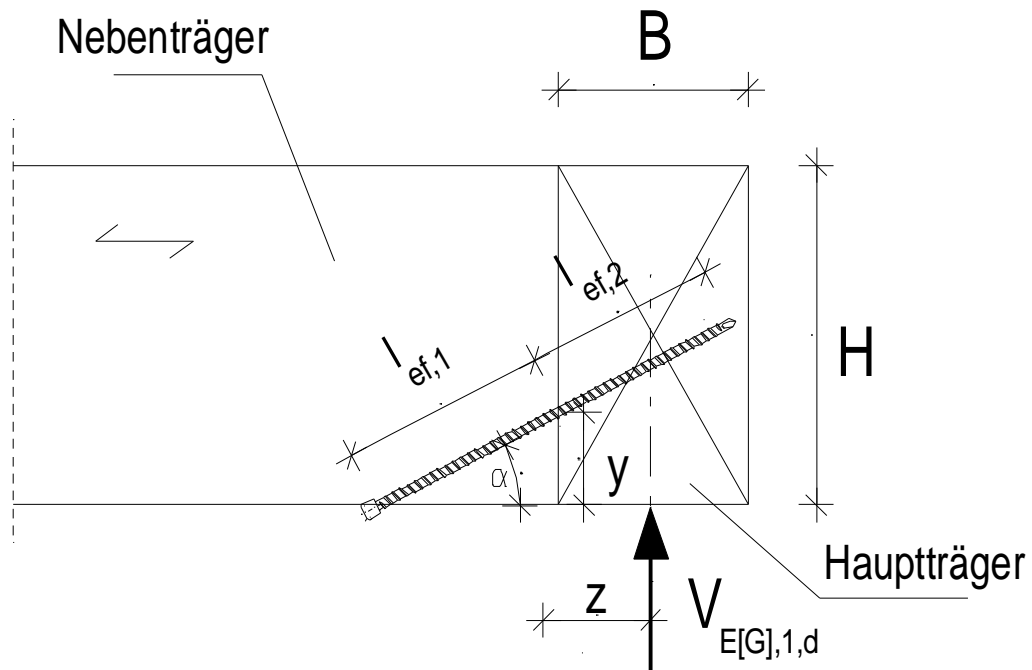
Nachweis:

Einwirkung S_d	$\text{ABS}(F_d)$	=	60,00 kN
Anschlusstragfähigkeit R_d	$R_{d,0} \cdot 2 \cdot n_S \cdot n_{\text{ef}}$	=	90,26 kN
Nachweis:	$\frac{S_d}{R_d}$	=	0,66 < 1

Mindestrandabstände:

$a_1 =$	$(3+2*\text{COS}(\alpha))*d/10$	= 5,30 cm
$a_2 =$	$3*d/10$	= 3,60 cm
$a_{1,t} =$	$\text{MAX}(7*d/10;8)$	= 8,40 cm
$a_{1,c} =$	$\text{MAX}(7*\text{SIN}(\alpha);3)*d/10$	= 5,94 cm
$a_{2,t} =$	$3*d/10$	= 3,60 cm
$a_{2,c} =$	$3*d/10$	= 3,60 cm
$a_{1,li} =$	$\text{WENN}(F_d < 0; a_{1,t}; a_{1,c})$	= 5,94 cm
$a_1 =$	$\text{WENN}(F_d < 0; a_1; a_1)$	= 5,30 cm
$a_{1,re} =$	$\text{WENN}(F_d < 0; a_{1,c}; a_{1,t})$	= 8,40 cm
$a_{2,ob} =$	$\text{WENN}(F_d < 0; a_{2,c}; a_{2,t})$	= 3,60 cm
$a_2 =$	$\text{WENN}(F_d < 0; a_2; a_2)$	= 3,60 cm
$a_{2,un} =$	$\text{WENN}(F_d < 0; a_{2,t}; a_{2,c})$	= 3,60 cm
$e_2 =$	$1,5*(d+1)/10$	= 1,95 cm
$e_3 =$	$a_1*\text{SIN}(\alpha)$	= 3,75 cm

Nebenträgeranschluß mit einer schräg angeordneten Schraube



Material

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED)	=	0,80
Rohdichte ρ_k =	TAB("1052/Holz"; ρ_k ; FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{m,H}$ =			1,3
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

$$V_d = 2,00 \text{ kN}$$

Schnitthöhe Schraube/Scherfuge

$$y = 150 \text{ mm}$$

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

$$z = \frac{B}{2} = 100 \text{ mm}$$

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

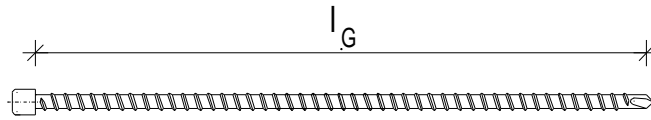
$$\alpha_2 = \text{ATAN}((H - y)/z) = 56,31^\circ$$

Winkel zwischen Schraubenachse und Faserrichtung des Nebenträgers

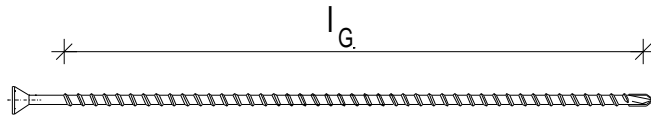
$$\text{gewählt } \alpha = 35,00^\circ$$

Verbindungsmittel:

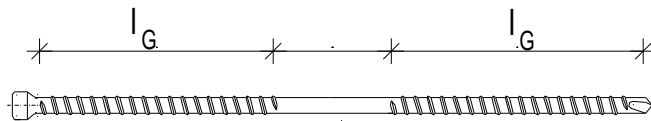
ASSY VG plus nach Zulassung Z-9.1-614



Spax-S nach Zulassung Z-9.1-519



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



gewählte Vollgewindeschraube :

Typ = GEW("1052/VG"; Typ;) = Spax-S

Nenndurchmesser

$d_1 =$ GEW("1052/VG"; d_1 ; Typ=Typ) = 8,0 mm

Schaftdurchmesser

$d_2 =$ TAB("1052/VG"; d_2 ; Typ=Typ; $d_1=d_1$) = 5,0 mm

Schraubenlänge

$l_s =$ GEW("1052/VG"; l_s ; Typ=Typ; $d_1=d_1$) = 400 mm

Gewindelänge Schraube

$l_G =$ TAB("1052/VG"; l_G ; Typ=Typ; $l_s=l_s$) = 375 mm

Gewindelängen im Holzteil für **Spax-S** und **ASSY-VG plus** Schrauben

(bei SFS-WT-T Schrauben ist die gewindefreie Schaftlänge noch zu berücksichtigen!)

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

maximal mögliche Einschraubtiefe im Hauptträger

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

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

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

kleinere Länge ist maßgebend

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

Berechnung:

Charakteristischer Wert des Ausziehparameters

$$f_{1,k} = \text{TAB}("1052/AP"; f_{1,k}; \text{Typ}=\text{Typ}; \text{FK}=\text{FK}) = 9,80 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{1,d} = k_{\text{mod}} / 1,3 * f_{1,k} = 6,03 \text{ N/mm}^2$$

 Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit $R_{u,d}$ bei Zugbeanspruchung

$$R_{u,d} = \text{TAB}("1052/VG"; R_{u,d}; \text{Typ}=\text{Typ}; d_1=d_1) = 13,60 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Ausziehwiderstandes der Schraube in Schaftrichtung

$$R_{ax,\alpha,d} = \text{MIN}\left(\left(\frac{f_{1,d} * d_1 * l_{ef}}{\sin(\alpha)^2 + \frac{4}{3} * \cos(\alpha)^2}\right) * 10^{-3}; R_{u,d}\right) = 5,44 \text{ kN}$$

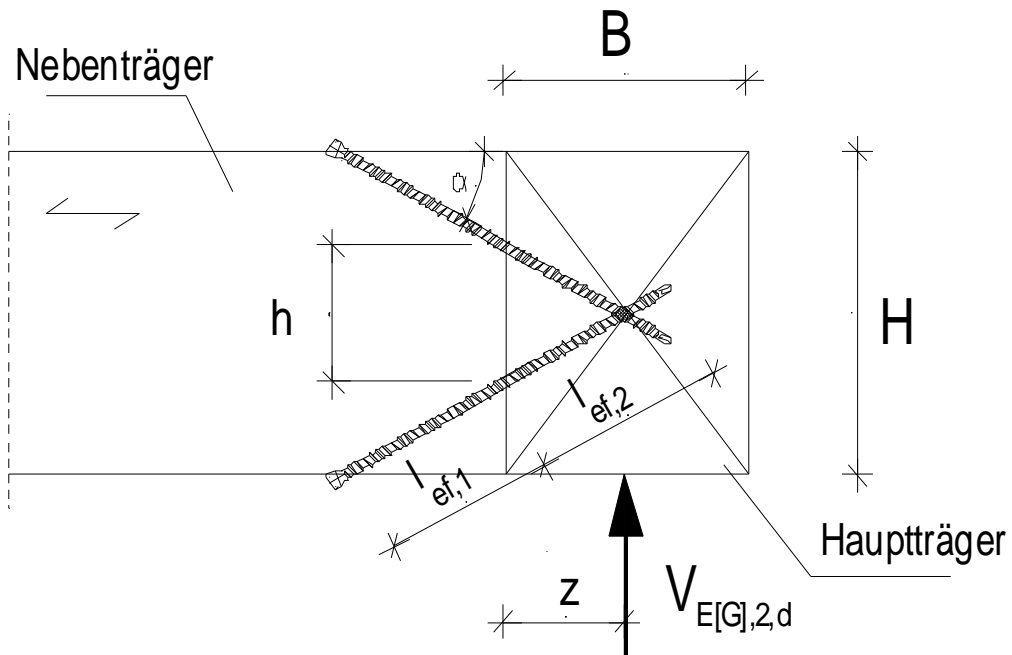
Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft

$$V_{E[G],1,d} = R_{ax,\alpha,d} * (\text{SIN}(\alpha) + \mu * \text{COS}(\alpha)) = 4,23 \text{ kN}$$

Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel

$$\frac{V_d}{V_{E[G],1,d}} = \underline{\underline{0,47 \leq 1}}$$

Nebenträgeranschluß mit gekreuzten Schrauben



Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED)	=	0,80
Rohdichte ρ_k =	TAB("1052/Holz"; ρ_k ; FK=FK)	=	380 kg/m ³
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{m,H}$ =		=	1,3

Querschnitt:

Höhe H =	300 mm
Breite B =	200 mm

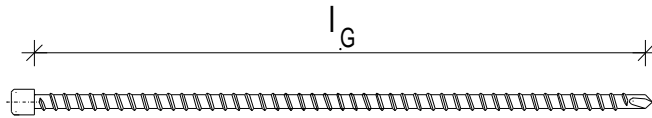
System:

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

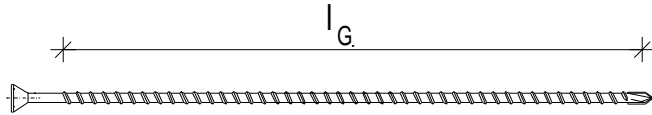
V_d =	6,20 kN
---------	---------

Verbindungsmittel:

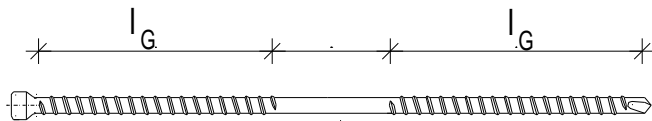
ASSY VG plus nach Zulassung Z-9.1-614



Spax-S nach Zulassung Z-9.1-519



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



gewählte selbstbohrende Gewindeschraube

Typ = GEW("1052/VG"; Typ;) = ASSY VG plus

Nenndurchmesser

$d_1 =$ GEW("1052/VG"; d_1 ; Typ=Typ) = 8,0 mm

Schaftdurchmesser

$d_2 =$ TAB("1052/VG"; d_2 ; Typ=Typ; $d_1=d_1$) = 4,9 mm

Schraubenlänge

$l_S =$ GEW("1052/VG"; l_S ; Typ=Typ; $d_1=d_1$) = 260 mm

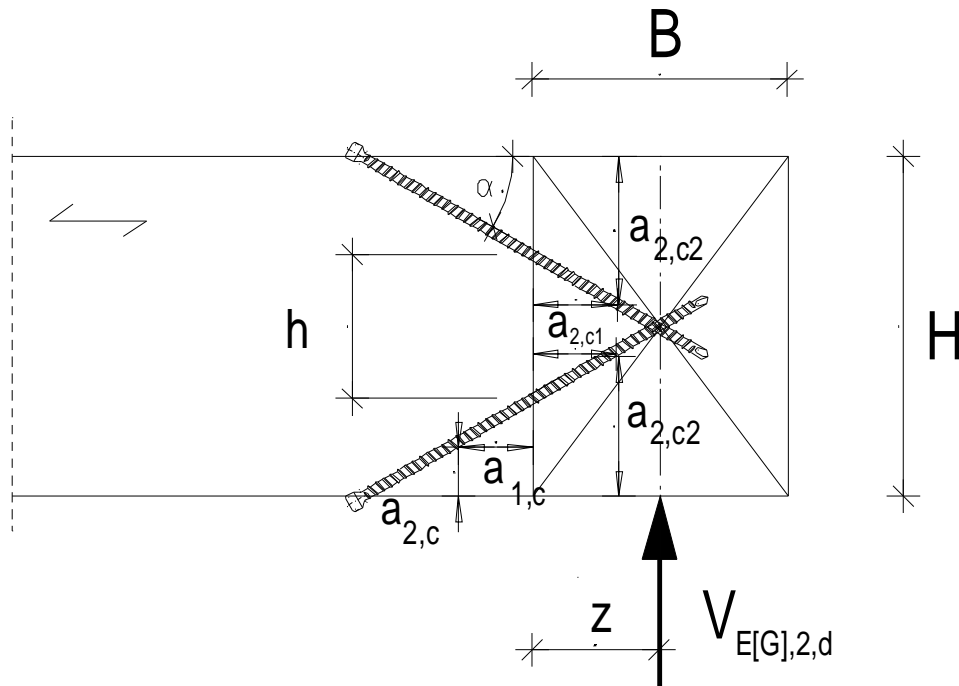
Gewindelänge Schraube

$l_G =$ TAB("1052/VG"; l_G ; Typ=Typ; $l_S=l_S$) = 260 mm

Für ein gelenkig gelagerten Hauptträger errechnet sich z mit:

$z = \frac{B}{2} = 100 \text{ mm}$

Für torsionssteife Hauptträger gilt $z:z = 0$.



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

(Für SFS-WT und Spax-S Schrauben ergeben sich andere Schraubenabstände. Durch die gewindefreien Schaftflächen verlagern sich die Schwerpunkte der Gewindelängen bei SFS-WT und Spax-S-Schrauben im Holzteil unterschiedlicher als bei Vollgewindeschrauben.)

Die Voraussetzung $\alpha = \text{ATAN}(h/(2 \cdot z))$ muss für Nebenträger-Hauptträger Anschluss mit gelenkig gelagerten Hauptträgern erfüllt sein. Mit den erforderlichen Mindestabständen im Nebenträger $a_{2,c} \geq 4 \cdot d_1$ und $a_{1,c} \geq 5 \cdot d_1$ und den vorhandenen Abständen $a_{2,c,vorh} = 1/4 \cdot (H-h)$ und $a_{1,c,vorh} = 1/4 \cdot (H-h) / \text{TAN}(\alpha)$ mit $h = 2 \cdot z \cdot \text{TAN}(\alpha)$ lässt sich der Einschraubwinkel α bestimmen.

Für gelenkig gelagerte Hauptträger sollte der Einschraubwinkel α möglichst nah an $\leq \alpha_1$ und $\leq \alpha_2$ gewählt werden.

$$\alpha_1 = \text{atan} \left(\frac{4 \cdot d_1 - \frac{1}{4} \cdot H}{-2 \cdot \frac{z}{4}} \right) = 40,70^\circ$$

$$\alpha_2 = \text{atan} \left(\frac{H}{4 \cdot \left(5 \cdot d_1 + \frac{z}{2} \right)} \right) = 39,81^\circ$$

Der gewählte Einschraubwinkel beträgt:

gewählt $\alpha =$			<u>39,00°</u>
$h =$	$2 \cdot z \cdot \text{TAN}(\alpha)$	$=$	162 mm
$a_{1,c,vorh} =$	$\frac{1}{4} \cdot \frac{(H-h)}{\text{TAN}(\alpha)}$	$=$	43 mm
$a_{2,c,vorh} =$	$\frac{1}{4} \cdot (H-h)$	$=$	35 mm

Gewindelänge im Nebenträger

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

maximal mögliche Einschraubtiefe im Hauptträger

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

Gewindelänge im Hauptträger

$$l_{ef,2} = l_G - l_{ef,1} = 149 \text{ mm}$$

kleinere Länge ist maßgebend

$$l_{ef} = \text{MIN}(l_{ef,1}; l_{ef,2}) = 111 \text{ mm}$$

Überprüfung, ob die auf Hineindrücken beanspruchte Schraube knickgefährdet ist.

$$l_{ef,K} = 11500 * \left(\frac{d_1}{p_k} \right)^{1,1} = 165 \text{ mm}$$

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

$$\frac{l_{ef,2}}{l_{ef,K}} = \underline{0,90 \leq 1}$$

Überprüfung der Abstände im Nebenträger

Abstand des Schwerpunktes im Holz eingedrehten Gewindeteils von der Hirnholzfläche

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

$$a_{1,c,min} = 5 * d_1 = 40 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunktes im Holz eingedrehten Gewindeteils von der Seitenholzfläche

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

$$a_{2,c,min} = 4 * d_1 = 32 \text{ mm}$$

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 Hauptträger

$$a_{2,c1,vorh} = 1/2 * l_{ef,2} * \text{COS}(\alpha) = 58 \text{ mm}$$

$$a_{2,c2,vorh} = 0,5 * (H-h) + l_{ef,2} * \text{SIN}(\alpha) = 116 \text{ mm}$$

$$a_{2,c,min} = 4 * d_1 = 32 \text{ mm}$$

$$\frac{a_{2,c,min}}{a_{2,c1,vorh}} = \underline{0,55 \leq 1}$$

$$\frac{a_{2,c,min}}{a_{2,c2,vorh}} = \underline{0,28 \leq 1}$$

Berechnung:

Charakteristischer Wert des Ausziehparameters

$$f_{1,k} = \text{TAB}("1052/AP"; f_{1,k}; \text{Typ}=\text{Typ}; \text{FK}=\text{FK}) = 11,55 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert des Ausziehparameters

$$f_{1,d} = k_{\text{mod}} / 1,3 * f_{1,k} = 7,11 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit $R_{u,d}$ bei Zugbeanspruchung

$$R_{u,d} = \text{TAB}("1052/VG"; R_{u,d}; \text{Typ}=\text{Typ}; d_1=d_1) = 15,10 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Ausziehwiderstandes der Schraube in Schafrichtung

$$R_{ax,\alpha,d} = \text{MIN}\left(\frac{f_{1,d} * d_1 * l_{ef}}{\sin(\alpha)^2 + \frac{4}{3} * \cos(\alpha)^2}\right) * 10^{-3}; R_{u,d} = 5,26 \text{ kN}$$

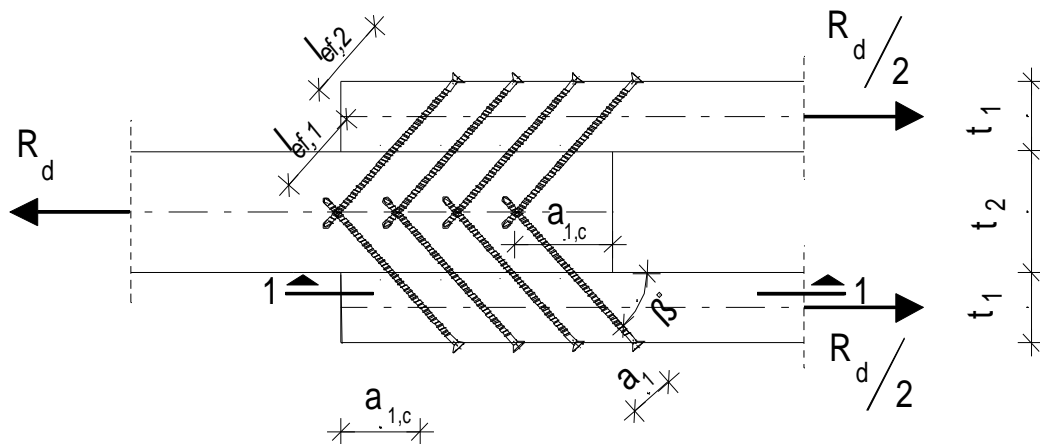
Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft

$$V_{E[G],2,d} = 2 * R_{ax,\alpha,d} * \text{SIN}(\alpha) = 6,62 \text{ kN}$$

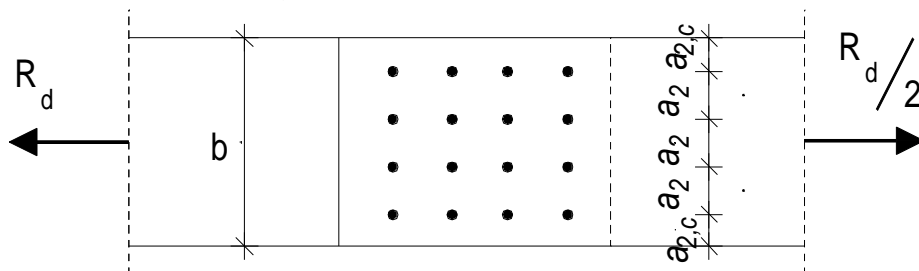
Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel

$$\frac{V_d}{V_{E[G],2,d}} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Zugstabanschluss mit selbstbohrenden Vollgewindeschrauben



Schnitt 1-1



System:

Anordnung der Schrauben erfolgt parallel zueinander

Breite $b = 200,00 \text{ mm}$ Dicke $t_1 = 80,00 \text{ mm}$ Dicke $t_2 = 100,00 \text{ mm}$ $\beta = 45,00^\circ$

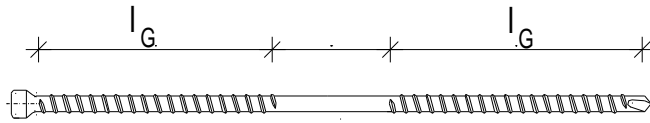
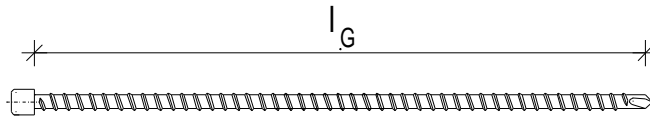
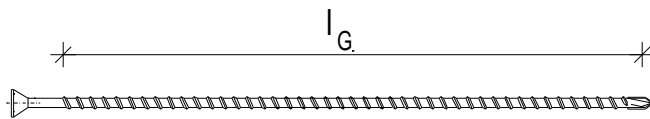
Schnittgrößen:

 $R_d = 80,00 \text{ kN}$

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsgruppe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED)	=	0,80
Rohdichte $\rho_k =$	TAB("1052/Holz"; ρ_k ; FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{m,H} =$		=	1,3
Reibwert zwischen den zu verbindenden Teilen mit einer Schraube		=	
Reibwert $\mu =$		=	0,25

Verbindungsmittel :

SFS-WT-T nach Zulassung Z-9.1-472**ASSY VG plus nach Zulassung Z-9.1-614****Spax-S nach Zulassung Z-9.1-519****gewählte selbstbohrende Gewindeschraube**

Typ =	GEW("1052/VG"; Typ;)	=	ASSY VG plus
Gewindedurchmesser			
d ₁ =	GEW("1052/VG"; d ₁ ; Typ=Typ)	=	8,0 mm
Schaftdurchmesser			
d ₂ =	TAB("1052/VG"; d ₂ ; Typ=Typ;d ₁ =d ₁)	=	4,9 mm
Schraubenlänge			
l _S =	GEW("1052/VG"; l _S ; Typ=Typ; d ₁ =d ₁)	=	200 mm
Gewindelänge Schraube			
l _G =	TAB("1052/VG"; l _G ; Typ=Typ;d ₁ =d ₁ ; l _S =l _S)	=	200 mm
Gewindelängen im Holzteil (gewindefreie Schaftlängen bei SFS-WT-T und Spax-S berücksichtigen)			
gew. l _{ef,1} =			74 mm
gew. l _{ef,2} =			113 mm
l _{ef} =	MIN(l _{ef,1} ; l _{ef,2})	=	74 mm

Berechnung:

$$f_{1,k} = \text{TAB}("1052/AP"; f_{1,k}; \text{Typ}=\text{Typ}; \text{FK}=\text{FK}) = 11,55 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{1,d} = k_{\text{mod}} / 1,3 * f_{1,k} = 7,11 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit R_{u,d} bei Zugbeanspruchung

$$R_{u,d} = \text{TAB}("1052/VG"; R_{u,d}; \text{Typ}=\text{Typ}; d_1=d_1) = 15,10 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Ausziehwiderstandes der Schraube in Schaftriichtung

$$R_{ax,\beta,d} = \text{MIN}\left(\frac{f_{1,d} * d_1 * l_{ef}}{\sin(\beta)^2 + \frac{4}{3} * \cos(\beta)^2}\right) * 10^{-3}; R_{u,d} = 3,61 \text{ kN}$$

Bemessungswert der aufnehmbaren Verbindungsmittelkraft

$$R_{b,d} = R_{ax,\beta,d} \cdot (\cos(\beta) + \mu \cdot \sin(\beta)) = 3,19 \text{ kN}$$

Erforderliche Anzahl der Schrauben pro Lasche

$$n_{\text{erf}} = \frac{R_d}{2 \cdot R_{b,d}} = 12,54$$

gewählt : 16 Stück pro Lasche

Schrauben hintereinander

$$\text{gew. } n = 4$$

Schrauben nebeneinander

$$\text{gew. } m = 4$$

Mindestabstände:

$$a_{1,\text{min}} = 5 \cdot d_1 = 40 \text{ mm}$$

$$a_{1,\text{c,min}} = 5 \cdot d_1 = 40 \text{ mm}$$

$$a_{2,\text{c,min}} = 4 \cdot d_1 = 32 \text{ mm}$$

$$a_{2,\text{min}} = 25 \cdot d_1^2 / a_{1,\text{min}} = 40 \text{ mm}$$

Mindestbreite

$$b_{\text{min}} = (n - 1) \cdot a_{2,\text{min}} + a_{2,\text{c,min}} \cdot 2 = 184 \text{ mm}$$

Kontrolle

$$b_{\text{min}}/b = \underline{\underline{0,92 \leq 1}}$$

Pos. Deckentafel

1. Randbedingungen

Der Nachweis erfolgt nach DIN 1052 (2004-08) in Verbindung mit DIN 1055-100 (2001-03) mit Einwirkungen nach DIN 1055-4 (2005-03).

Die Deckentafeln bestehen aus Rippen und ein- oder beidseitiger Beplankung aus Holzwerkstoffplatten gemäß DIN 1052, Abschnitt 8.7.3 (1).

Die Rippen sind hierbei die Deckenbalken. Die Beplankung hat freie Plattenränder quer zu den Innenrippen. Die Bedingungen nach DIN 1052, Abschnitt 8.7.3 (2) sind eingehalten.

Nutzungsklasse NKL = 1

2. Geometrie und Baustoffe

2.1 Geometrie:

rechnerische Scheibenhöhe der Deckentafel nach DIN 1052:2004-08 Abschnitt 8.7.3

in x-Richtung $h_x = 7,00 \text{ m}$

in y-Richtung $h_y = 5,00 \text{ m}$

2.2 Rippen:

Baustoff für die DR: GEW("1052/Holz";B;) = **Nadelholz**
 Festigkeitsklasse FK: GEW("1052/Holz";FK;B=DR) = **C24**
 Rohdichte (n. Anh. F) $\rho_k = \text{TAB}("1052/Holz";\rho_k;FK=FK) = 350 \text{ kg/m}^3$

Abmessungen Rippenbreite $b_r = 8,00 \text{ cm}$

Rippendicke $h_r = 24,00 \text{ cm}$

Rippenabstand $a_r = 62,50 \text{ cm}$

2.3 Beplankung:

Baustoff für die DB: GEW("1052/HWS";B;F=65;N \geq NKL) = **OSB-Platten**
 Technische Klasse TK: GEW("1052/HWS";TK;B=DB;N \geq NKL) = **OSB/3**
 Anordnung der Bepl.: GEW("1052/AdB";A;) = **einseitig**
 Plattendicke $t = 22,0 \text{ mm}$

Die Beplankung muss nach DIN 1052, 8.7.1 (4) mindestens 1/50 des Rippenabstandes dick sein!

Beplankungsfaktor $n_{DB} = \text{TAB}("1052/AdB";n;A=Bepl.) = 1,0$

char. Schubfestigkeit $f_{vk} = \text{TAB}("1052/HWS";f_{vk};TK=TK;t=t) = 0,68 \text{ kN/cm}^2$

2.4 Verbindungsmittel:

Typ: GEW("1052/SV";Typ;n>0) = **Klammer**
 Bezeichnung dxl: GEW("1052/SV";Bez;Typ=Typ) = **1.83x60**
 Abstand $a_v = 10,0 \text{ cm}$
 Durchmesser $d = \text{TAB}("1052/SV";d;Typ=Typ;Bez=dxl) = 1,83 \text{ mm}$
 Länge $l = \text{TAB}("1052/SV";l;Typ=Typ;Bez=dxl) = 60,0 \text{ mm}$
 Fließmoment $M_{yk} = \text{TAB}("1052/SV";Myk;Typ=Typ;Bez=dxl) = 1155 \text{ Nmm}$
 Stiffaktor $\eta_{DB} = \text{TAB}("1052/SV";n;Typ=Typ;Bez=dxl) = 2$

3. Einwirkungen

maximale charakteristische Querkraft in der Deckenscheibe

$$\text{in x-Richtung } V_{x,k} = 15,00 \text{ kN}$$

$$\text{in y-Richtung } V_{y,k} = 12,00 \text{ kN}$$

Bemessungsschubfluss

$$\text{in x-Richtung } s_{v0x,d} = 1,5 * \frac{V_{x,k}}{h_x} = 3,21 \text{ kN/m}$$

$$\text{in y-Richtung } s_{v0y,d} = 1,5 * \frac{V_{y,k}}{h_y} = 3,60 \text{ kN/m}$$

4. Beanspruchbarkeit

Lastkombination: "ständige Last + Wind"

Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED =

kurz

Die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel (R_d) wird nach DIN 1052, Anhang G (Gleichungen G.1 bis G.6) ermittelt!

Modifikationsbeiwerte:

$$\text{für die Beplankung } k_{\text{mod}1} = \text{TAB}("1052/F1";k;B=DB;K=KLED;N=NKL) = 0,90$$

$$\text{für die Rippe } k_{\text{mod}2} = \text{TAB}("1052/F1";k;B=DR;K=KLED;N=NKL) = 0,90$$

$$\text{nach Gl. (196) } k_{\text{mod}} = \sqrt{k_{\text{mod}1} * k_{\text{mod}2}} = 0,900$$

Lochleibungsfestigkeiten:

$$\text{Beplankung (222) } f_{hk,DB} = 65 * d^{-0,7} * t^{0,1} = 58,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Rippe (212) } f_{hk,DR} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3} = 23,94 \text{ N/mm}^2$$

Schubtragfähigkeit der Tafeln:

$$\text{Eingangsparameter } t_1 = t = 22,00 \text{ mm}$$

$$t_2 = l - t_1 = 38,00 \text{ mm}$$

$$t_2 = \text{WENN}(\eta_{DB}=1; \text{WENN}(t_2 \geq 4 * d; t_2; 0,01); \text{WENN}(t_2 \geq 8 * d; t_2; 0,01)) = 38,00 \text{ mm}$$

$$f_{h1k} = f_{hk,DB} = 58,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h2k} = f_{hk,DR} = 23,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \frac{f_{h2k}}{f_{h1k}} = 0,41$$

Gleichungen G1 bis G6:

$$R_{k1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 2,3351 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (f_{h1k} * t_2 * d * \beta) * 10^{-3} = 1,6537 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) * 10^{-3} = 0,7853 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,6839 \text{ kN}$$

$$R_{k5} = \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_2^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,6530 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{yk} * f_{h1k} * d} * 10^{-3} = 0,3776 \text{ kN}$$

$$R_d = \text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,3; R_{k4}/1,2; R_{k5}/1,2; R_{k6}/1,1) * k_{mod} = 0,31 \text{ kN}$$

$$\text{Tragf. Anchl. Bepl. } R_d = R_d * \eta_{DB} = 0,620 \text{ kN}$$

$$\text{Schubfestigkeit Bepl. } f_{vd} = k_{mod1} * f_{vk}/1,3 = 0,471 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Beiwert nach 10.6 (2) } k_{v1} = 0,66$$

$$\text{Beiwert nach 10.6 (3) } k_{v2} = \text{WENN}(n_{DB} > 1; 0,5; 0,33) = 0,33$$

$$\text{nach Gleichung (123) } f_{v0d,1} = k_{v1} * R_d * 10^2 / a_v = 4,09 \text{ kN/m}$$

$$f_{v0d,2} = k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * \frac{t}{10} * 10^2 = 22,57 \text{ kN/m}$$

$$f_{v0d,3} = k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * 35 * \left(\frac{t}{10}\right)^2 * \frac{10^2}{a_r} = 27,80 \text{ kN/m}$$

$$\text{Bemessungswert } f_{v0d} = \text{MIN}(f_{v0d,1}; f_{v0d,2}; f_{v0d,3}) * \eta_{DB} = 4,09 \text{ kN/m}$$

5. Nachweis der Scheibenbeanspruchung

$$\text{Schubfluss } s_{v0d} = \text{MAX}(s_{v0x,d}; s_{v0y,d}) = 3,60 \text{ kN/m}$$

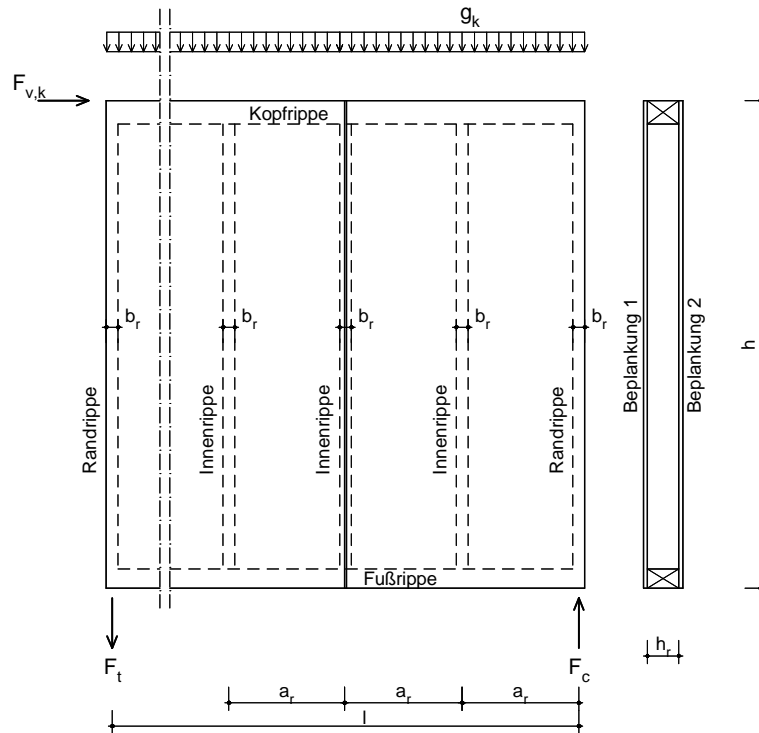
$$\text{Schubtragfähigkeit } f_{v0d} = f_{v0d} = 4,09 \text{ kN/m}$$

$$\frac{s_{v0d}}{f_{v0d}} = 0,88 < 1$$

Pos. Wandtafel

Der Nachweis erfolgt nach DIN 1052 (2004-08) in Verbindung mit DIN 1055-100 (2001-03) mit Einwirkungen nach DIN 1055-1 (2002-06) und DIN 1055-4 (2005-03).

1. System



Nutzungsklasse NKL = 1

2. Geometrie und Baustoffe

Die Wandtafel besteht aus Rippen und ein- oder beidseitiger Beplankung aus Holzwerkstoffplatten gemäß DIN 1052, Abschnitt 8.7.4, oder Gipsfaserplatten nach Zulassung.
Bei Verwendung von Gipsfaserplatten sind die zulässigen Verbindungsmittel gemäß Zulassung zu beachten!

2.1 Geometrie:

Wandlänge $l = 2,50 \text{ m}$
Wandhöhe $h = 2,75 \text{ m}$

2.2 Rippen:

Baustoff für die WR: GEW("1052/Holz";B;) = Nadelholz
Festigkeitsklasse FK: GEW("1052/Holz";FK;B=WR) = C24
Rohdichte (n. Anh. F) $\rho_k = \text{TAB}("1052/Holz";\rho_k;FK=FK) = 350,00 \text{ kg/m}^3$

Abmessungen der Rippen:

Rippenbreite $b_r = 6,00 \text{ cm}$
Rippendicke $h_r = 16,00 \text{ cm}$
Rippenabstand $a_r = 62,50 \text{ cm}$

2.3 Beplankung 1:

Baustoff WB1:	GEW("1052/HWS";B;N≥NKL;N<5)	=	OSB-Platten
Techn. Klasse TK1:	GEW("1052/HWS";TK;B=WB1;N≥NKL)	=	OSB/3
Plattendicke t_{WB1} =			12,0 mm

Die Beplankung muss nach DIN 1052, 8.7.1 (4) mindestens 1/50 des Rippenabstandes dick sein!

Schubfestigkeit $f_{vk,1}$ =	TAB("1052/HWS";fvk;TK=TK1;t= t_{WB1})	=	0,68 kN/cm ²
-------------------------------------	--	---	-------------------------

2.4 Verbindungsmittel 1: (für den Anschluss der Beplankung 1)

Typ:	GEW("1052/SV";Typ;n>0)	=	Klammer
Bezeichnung dxl:	GEW("1052/SV";Bez;Typ=Typ)	=	1.83x60
VB-Abstand $a_{v,1}$ =			10,0 cm
Durchmesser d_{WB1} =	TAB("1052/SV";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1,83 mm
Länge l_{WB1} =	TAB("1052/SV";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	60,0 mm
Fließmoment $M_{yk,1}$ =	TAB("1052/SV";Myk;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1155 Nmm
Stiftfaktor η_{WB1} =	TAB("1052/SV";n;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	2

2.5 Beplankung 2:

Baustoff WB2:	GEW("1052/HWS";B;N≥NKL;)	=	OSB-Platten
Techn. Klasse TK2:	GEW("1052/HWS";TK;B=WB2;N≥NKL)	=	OSB/3
Plattendicke t_{WB2} =			12,0 mm

Die Beplankung muss nach DIN 1052, 8.7.1 (4) mindestens 1/50 des Rippenabstandes dick sein!

Schubfestigkeit $f_{vk,2}$ =	TAB("1052/HWS";fvk;TK=TK2;t= t_{WB2})	=	0,68 kN/cm ²
-------------------------------------	--	---	-------------------------

2.6 Verbindungsmittel 2: (für den Anschluss der Beplankung 2)

Typ:	GEW("1052/SV";Typ;)	=	Klammer
Bezeichnung dxl:	GEW("1052/SV";Bez;Typ=Typ)	=	1.83x60
Abstand $a_{v,2}$ =			10,0 cm
Durchmesser d_{WB2} =	TAB("1052/SV";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1,83 mm
Länge l_{WB2} =	TAB("1052/SV";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	60,0 mm
Fließmoment $M_{yk,2}$ =	TAB("1052/SV";Myk;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1155 Nmm
Stiftfaktor η_{WB2} =	TAB("1052/SV";n;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	2

2.7 Wandanker:

Typ:	GEW("1052/WA";Typ;)	=	Zuganker 340-M12
Ankerzugkraft $F_{d,Ank}$ =	TAB("1052/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
Imperfektionslast $F_{d,imp}$ =			2,40 kN
Bemessungslast F_d =	1,5* $F_{v,k}$ + $F_{d,imp}$	=	20,40 kN

4. Beanspruchbarkeit

Lastkombination:

"ständige Last + Wind"

Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED: kurz

4.1 Beplankung 1:**Modifikationsbeiwerte:**

$$\begin{aligned} \text{für die Bepl. } k_{\text{mod}1} &= \text{TAB}("1052/F1";k;B=WB1;K=KLED;N=NKL) &= 0,90 \\ \text{für die Rippe } k_{\text{mod}2} &= \text{TAB}("1052/F1";k;B=WR;K=KLED;N=NKL) &= 0,90 \\ \text{nach Gl. (196) } k_{\text{mod,WB}} &= \sqrt{k_{\text{mod}1} * k_{\text{mod}2}} &= 0,900 \end{aligned}$$

Lochleibungsfestigkeiten:

$$\begin{aligned} \text{Faktor } F_f &= \text{TAB}("1052/HWS";F;B=WB1;) &= 65,00 \\ \text{Exponent für } d \ E_d &= \text{TAB}("1052/HWS";Ed;B=WB1;) &= -0,70 \\ \text{Exponent für } t \ E_t &= \text{TAB}("1052/HWS";Et;B=WB1;) &= 0,10 \\ \text{für die Beplankung } f_{\text{hk,WB}} &= F_f * d_{\text{WB1}}^{\text{Ed}} * t_{\text{WB1}}^{\text{Et}} &= 54,59 \text{ N/mm}^2 \\ \text{für die Rippe (212) } f_{\text{hk,WR}} &= 0,082 * \rho_k * d_{\text{WB1}}^{-0,3} &= 23,94 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Schubtragfähigkeit:

$$\begin{aligned} \text{Eingangsparameter } d &= d_{\text{WB1}} &= 1,83 \text{ mm} \\ M_{\text{yk}} &= M_{\text{yk},1} &= 155,00 \text{ Nmm} \\ t_1 &= t_{\text{WB1}} &= 12,00 \text{ mm} \\ t_2 &= l_{\text{WB1}} - t_{\text{WB1}} &= 48,00 \text{ mm} \\ t_2 &= \text{WENN}(\eta_{\text{WB1}}=1; \text{WENN}(t_2 \geq 4 * d; t_2; 0,01); \text{WENN}(t_2 \geq 8 * d; t_2; 0,01)) &= 48,00 \text{ mm} \\ f_{\text{h1k}} &= f_{\text{hk,WB}} &= 54,59 \text{ N/mm}^2 \\ f_{\text{h2k}} &= f_{\text{hk,WR}} &= 23,94 \text{ N/mm}^2 \\ \beta &= f_{\text{h2k}} / f_{\text{h1k}} &= 0,44 \\ \eta_{\text{TB}} &= \text{WENN}(\text{TK1}="TB-Kante" \text{ UND } t_{\text{WB1}} < 13 \text{ UND } d_{\text{WB1}} > 2,5; 2,5 / d_{\text{WB1}}; 1) &= 1,00 \end{aligned}$$

Gleichungen G.1 bis G.6:

$$\begin{aligned} R_{k1} &= (f_{\text{h1k}} * t_1 * d) * 10^{-3} &= 1,1988 \text{ kN} \\ R_{k2} &= (f_{\text{h1k}} * t_2 * d * \beta) * 10^{-3} &= 2,1099 \text{ kN} \\ R_{k3} &= \frac{f_{\text{h1k}} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) * 10^{-3} &= 0,7924 \text{ kN} \\ R_{k4} &= \frac{f_{\text{h1k}} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{\text{yk}}}{f_{\text{h1k}} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} &= 0,4076 \text{ kN} \\ R_{k5} &= \frac{f_{\text{h1k}} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{\text{yk}}}{f_{\text{h1k}} * d * t_2^2}} - \beta \right) * 10^{-3} &= 0,8104 \text{ kN} \\ R_{k6} &= \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{\text{yk}} * f_{\text{h1k}} * d} * 10^{-3} &= 0,3755 \text{ kN} \\ R_d &= \text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,3; R_{k4}/1,2; R_{k5}/1,2; R_{k6}/1,1) * \eta_{\text{TB}} * k_{\text{mod,WB}} &= 0,306 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tragf. Anchl. Bepl. $R_{WB,d}$ =	$R_d * \eta_{WB1}$	=	0,612 kN
Schubfestigkeit Bepl. f_{vd} =	$k_{mod1} * f_{vk,1} / 1,3$	=	0,471 kN/cm ²
Beplankungsfaktor n_{WB} =	WENN(TK2="keine";1;2)	=	2
Beiwert nach 10.6 (2) k_{v1} =		=	1,00
Beiwert nach 10.6 (3) k_{v2} =	WENN($n_{WB} > 1$;0,5;0,33)	=	0,50
nach Gleichung (123) $f_{v0d,1}$ =	$k_{v1} * R_{WB,d} * 10^2 / a_{v,1}$	=	6,12 kN/m
$f_{v0d,2}$ =	$k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * \frac{t_{WB1}}{10} * 10^2$	=	28,26 kN/m
$f_{v0d,3}$ =	$k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * 35 * \left(\frac{t_{WB1}}{10}\right)^2 * \frac{10^2}{a_r}$	=	18,99 kN/m
Bemessungswert Bepl.1 $f_{v0d,WB1}$ =	MIN($f_{v0d,1}$; $f_{v0d,2}$; $f_{v0d,3}$)	=	6,12 kN/m

4.2 Beplankung 2:**Modifikationsbeiwerte:**

für die Bepl. k_{mod1} =	TAB("1052/F1";k;B=WB2;K=KLED;N=NKL)	=	0,90
nach Gl. (196) $k_{mod,WB}$ =	$\sqrt{k_{mod1} * k_{mod2}}$	=	0,900

Lochleibungsfestigkeiten:

Faktor F_f =	TAB("1052/HWS";F;B=WB2;)	=	65,00
Exponent für d E_d =	TAB("1052/HWS";Ed;B=WB2;)	=	-0,70
Exponent für t E_t =	TAB("1052/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 (212) $f_{hk,WR}$ =	$0,082 * \rho_k * d_{WB2}^{-0,3}$	=	23,94 N/mm ²

Schubtragfähigkeit:

Eingangsparameter d =	d_{WB2}	=	1,83 mm
$M_{yk} = M_{yk,2}$		=	±155,00 Nmm
$t_1 =$	WENN($t_{WB2} > 0$; t_{WB2} ; 0,01)	=	12,00 mm
$t_2 =$	$l_{WB2} - t_1$	=	48,00 mm
$t_2 =$	WENN($\eta_{WB2} = 1$; WENN($t_2 \geq 4 * d$; t_2 ; 0,01); WENN($t_2 \geq 8 * d$; t_2 ; 0,01))	=	48,00 mm
$f_{h1k} =$	WENN($f_{hk,WB} > 0$; $f_{hk,WB}$; 0,01)	=	54,59 N/mm ²
$f_{h2k} =$	$f_{hk,WR}$	=	23,94 N/mm ²
$\beta =$	$\frac{f_{h2k}}{f_{h1k}}$	=	0,44
$\eta_{TB} =$	WENN(TK2="TB-Kante" UND $t_{WB2} < 13$ UND $d_{WB2} > 2,5; 2,5 / d_{WB2}; 1$)	=	1,00
$a_{v,2} =$	WENN($a_{v,2} > 0$; $a_{v,2}$; 1000)	=	10,00 cm

Gleichungen G.1 bis G.6:

$$R_{k1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 1,1988 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (f_{h1k} * t_2 * d * \beta) * 10^{-3} = 2,1099 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) * 10^{-3} = 0,7924 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,4076 \text{ kN}$$

$$R_{k5} = \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_2^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,8104 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{yk} * f_{h1k} * d} * 10^{-3} = 0,3755 \text{ kN}$$

$$R_d = \text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,3; R_{k4}/1,2; R_{k5}/1,2; R_{k6}/1,1) * \eta_{TB} * k_{\text{mod,WB}} = 0,306 \text{ kN}$$

$$\text{Tragf. Anchl. Bepl. } R_{\text{WB,d}} = R_d * \eta_{\text{WB2}} = 0,612 \text{ kN}$$

$$\text{Schubfestigkeit Bepl. } f_{\text{vd}} = k_{\text{mod1}} * f_{\text{vk,2}}/1,3 = 0,471 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{nach Gleichung (123) } f_{\text{v0d,1}} = k_{\text{v1}} * R_{\text{WB,d}} * 10^2 / a_{\text{v,2}} = 6,12 \text{ kN/m}$$

$$f_{\text{v0d,2}} = k_{\text{v1}} * k_{\text{v2}} * f_{\text{vd}} * \frac{t_{\text{WB1}}}{10} * 10^2 = 28,26 \text{ kN/m}$$

$$f_{\text{v0d,3}} = k_{\text{v1}} * k_{\text{v2}} * f_{\text{vd}} * 35 * \left(\frac{t_{\text{WB1}}}{10}\right)^2 * \frac{10^2}{a_r} = 18,99 \text{ kN/m}$$

$$\text{Bemessungswert Bepl.2 } f_{\text{v0d,WB2}} = \text{MIN}(f_{\text{v0d,1}}; f_{\text{v0d,2}}; f_{\text{v0d,3}}) = 6,12 \text{ kN/m}$$

4.3 Bemessungswert der Schubtragfähigkeit

$$\text{DIN 1052, 10.6 (6) } \eta = \text{WENN}(f_{\text{v0d,WB1}} = f_{\text{v0d,WB2}}; 1; 0,8) = 1,0$$

$$f_{\text{v0d,WB}} = \text{MAX}(f_{\text{v0d,WB1}}; f_{\text{v0d,WB2}}) + \text{MIN}(f_{\text{v0d,WB1}}; f_{\text{v0d,WB2}}) * \eta = 12,24 \text{ kN/m}$$

5. Nachweis der Scheibenbeanspruchung

$$\text{Schubfluss } s_{\text{v0d}} = \frac{F_d}{l} = 8,16 \text{ kN/m}$$

$$\text{Schubtragfähigkeit } f_{\text{v0d}} = f_{\text{v0d,WB}} = 12,24 \text{ kN/m}$$

$$\frac{s_{\text{v0d}}}{0,7 * f_{\text{v0d}}} = 0,95 < 1$$

6. Nachweis der Lagesicherheit

$$\text{destabilisierend } F_{t,d,dst} = \frac{F_d \cdot h}{l} = 22,44 \text{ kN}$$

$$\text{stabilisierend aus Wandtafel: } 0,9 \cdot g_k \cdot \frac{l}{2} = 7,36 \text{ kN}$$

$$\text{aus angr. Sturz: } 0,9 \cdot g_k \cdot 0,50 = 2,94 \text{ kN}$$

$$\text{aus Querwand: } 0,9 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN}$$

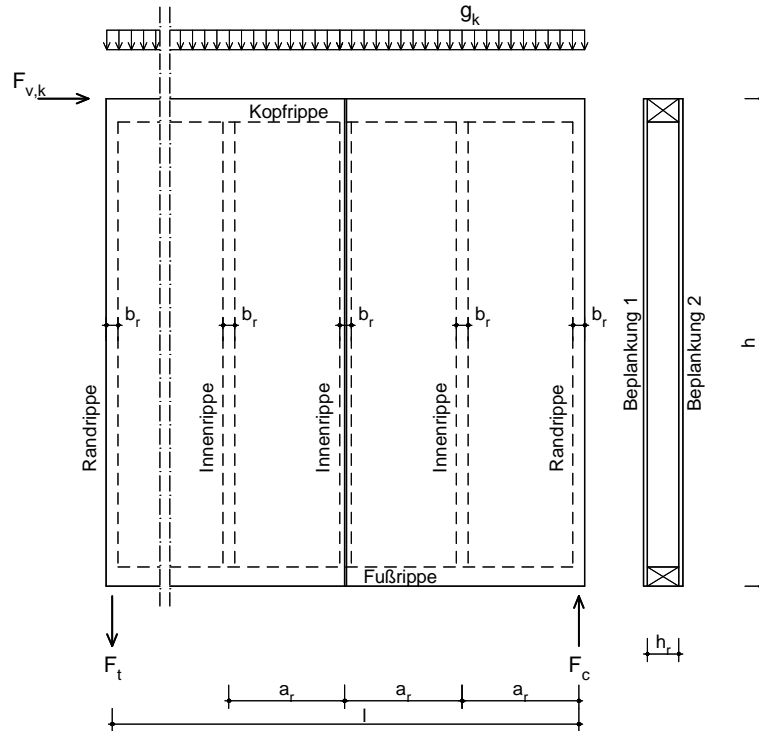
$$F_{c,d,stab} = 10,30 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,d,dst} - F_{c,d,stab}}{F_{d,Ank}} = 0,99 < 1$$

Pos. Wandtafel

Der Nachweis erfolgt nach DIN 1052 (2004-08) in Verbindung mit DIN 1055-100 (2001-03) mit Einwirkungen nach DIN 1055-1 (2002-06) und DIN 1055-4 (2005-03).

1. System



Nutzungsklasse NKL = 1

2. Geometrie und Baustoffe

Die Wandtafel besteht aus Rippen und ein- oder beidseitiger Beplankung aus Holzwerkstoffplatten gemäß DIN 1052, Abschnitt 8.7.4, oder Gipsfaserplatten nach Zulassung.
Bei Verwendung von Gipsfaserplatten sind die zulässigen Verbindungsmittel gemäß Zulassung zu beachten!

2.1 Geometrie:

Wandlänge $l = 2,50 \text{ m}$
Wandhöhe $h = 2,75 \text{ m}$

Anzahl der in der Wandtafel vorhandenen Beplankungsstöße

vertikal $n_V = 1$
horizontal $n_H = 0$

2.2 Rippen:

Baustoff für die WR: GEW("1052/Holz";B;) = Nadelholz
Festigkeitsklasse FK: GEW("1052/Holz";FK;B=WR) = C24
Rohdichte (n. Anh. F) $\rho_k = \text{TAB}("1052/Holz";\rho_k;FK=FK) = 350,00 \text{ kg/m}^3$

Abmessungen der Rippen:

Rippenbreite $b_r =$	6,00 cm
Rippendicke $h_r =$	16,00 cm
Rippenabstand $a_r =$	62,50 cm

2.3 Beplankung 1:

Baustoff WB1:	GEW("1052/HWS";B;N \geq NKL;N<5)	=	OSB-Platten
Techn. Klasse TK1:	GEW("1052/HWS";TK;B=WB1;N \geq NKL)	=	OSB/3
Plattendicke $t_{WB1} =$			12,0 mm

Die Beplankung muss nach DIN 1052, 8.7.1 (4) mindestens 1/50 des Rippenabstandes dick sein!

Schubfestigkeit $f_{vk,1} =$	TAB("1052/HWS";fvk;TK=TK1;t= t_{WB1})	=	0,68 kN/cm ²
Rohdichte (n. Anh. F) $\rho_{k,B1} =$	TAB("1052/HWS"; ρ ;TK=TK1;t= t_{WB1})	=	550,00 kg/m ³

2.4 Verbindungsmittel 1: (für den Anschluss der Beplankung 1)

Typ:	GEW("1052/SV";Typ;n>0)	=	Klammer
Bezeichnung dxl:	GEW("1052/SV";Bez;Typ=Typ)	=	1.83x60
VB-Abstand $a_{v,1} =$			10,0 cm
Durchmesser $d_{WB1} =$	TAB("1052/SV";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1,83 mm
Länge $l_{WB1} =$	TAB("1052/SV";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	60,0 mm
Fließmoment $M_{yk,1} =$	TAB("1052/SV";Myk;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1155 Nmm
Stifffaktor $\eta_{WB1} =$	TAB("1052/SV";n;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	2

2.5 Beplankung 2:

Baustoff WB2:	GEW("1052/HWS";B;N \geq NKL;)	=	OSB-Platten
Techn. Klasse TK2:	GEW("1052/HWS";TK;B=WB2;N \geq NKL)	=	OSB/3
Plattendicke $t_{WB2} =$			12,0 mm

Die Beplankung muss nach DIN 1052, 8.7.1 (4) mindestens 1/50 des Rippenabstandes dick sein!

Schubfestigkeit $f_{vk,2} =$	TAB("1052/HWS";fvk;TK=TK2;t= t_{WB2})	=	0,68 kN/cm ²
Rohdichte (n. Anh. F) $\rho_{k,B2} =$	TAB("1052/HWS"; ρ ;TK=TK2;t= t_{WB2})	=	550,00 kg/m ³

2.6 Verbindungsmittel 2: (für den Anschluss der Beplankung 2)

Typ:	GEW("1052/SV";Typ;)	=	Klammer
Bezeichnung dxl:	GEW("1052/SV";Bez;Typ=Typ)	=	1.83x60
Abstand $a_{v,2} =$			10,0 cm
Durchmesser $d_{WB2} =$	TAB("1052/SV";d;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1,83 mm
Länge $l_{WB2} =$	TAB("1052/SV";l;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	60,0 mm
Fließmoment $M_{yk,2} =$	TAB("1052/SV";Myk;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	1155 Nmm
Stifffaktor $\eta_{WB2} =$	TAB("1052/SV";n;Typ=Typ;Bez=dxl)	=	2

Erhöhung der charakteristischen Werte der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel nach DIN 1052 10.6 (4)--> Vergl. 8.7.5 (8):

Erhöhung von R_k :	GEW("1052/Abf";Abf;)	=	nein
Erhöhungsfaktor $\eta_{Rk} =$	TAB("1052/Abf";eta;Abf= R_k)	=	1,00

2.7 Wandanker:

Typ:	GEW("1052/WA";Typ;)	=	Zuganker 340-M12
Ankerzugkraft $F_{d,Ank} =$	TAB("1052/WA";F;Typ=Typ)	=	12,30 kN

3. Einwirkungen

Ständige Last aus Dach:	$1,20/\text{COS}(38) \cdot 0,60$	=	0,91 kN/m
aus Wand DG:	$0,60 \cdot 2,50$	=	1,50 kN/m
aus Decke EG:	$1,65 \cdot 1,50$	=	2,48 kN/m
aus Wand EG:	$0,60 \cdot h$	=	1,65 kN/m
		$g_k =$	6,54 kN/m

char. Windlast $F_{v,k}$	=	12,00 kN
Imperfektionslast $F_{d,imp}$	=	2,40 kN
Bemessungslast $F_d = 1,5 \cdot F_{v,k} + F_{d,imp}$	=	20,40 kN

4. Beanspruchbarkeit

Lastkombination: "ständige Last + Wind"
 Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED: kurz

4.1 Beplankung 1:**Modifikationsbeiwerte:**

für die Bepl. k_{mod1}	TAB("1052/F1";k;B=WB1;K=KLED;N=NKL)	=	0,90
für die Rippe k_{mod2}	TAB("1052/F1";k;B=WR;K=KLED;N=NKL)	=	0,90
nach Gl. (196) $k_{mod,WB}$	$\sqrt{k_{mod1} \cdot k_{mod2}}$	=	0,900

Lochleibungsfestigkeiten:

Faktor F_f	TAB("1052/HWS";F;B=WB1;)	=	65,00
Exponent für d E_d	TAB("1052/HWS";Ed;B=WB1;)	=	-0,70
Exponent für t E_t	TAB("1052/HWS";Et;B=WB1;)	=	0,10
für die Beplankung $f_{hk,WB}$	$F_f \cdot d_{WB1}^{E_d} \cdot t_{WB1}^{E_t}$	=	54,59 N/mm ²
für die Rippe (212) $f_{hk,WR}$	$0,082 \cdot \rho_k \cdot d_{WB1}^{-0,3}$	=	23,94 N/mm ²

Schubtragfähigkeit:

Eingangsparameter d	d_{WB1}	=	1,83 mm
$M_{yk} = M_{yk,1}$		=	±155,00 Nmm
$t_1 = t_{WB1}$		=	12,00 mm
$t_2 = l_{WB1} - t_{WB1}$		=	48,00 mm
$t_2 = \text{WENN}(\eta_{WB1}=1; \text{WENN}(t_2 \geq 4 \cdot d; t_2; 0,01); \text{WENN}(t_2 \geq 8 \cdot d; t_2; 0,01))$		=	48,00 mm
$f_{h1k} = f_{hk,WB}$		=	54,59 N/mm ²
$f_{h2k} = f_{hk,WR}$		=	23,94 N/mm ²
$\beta = \frac{f_{h2k}}{f_{h1k}}$		=	0,44
$\eta_{TB} = \text{WENN}(\text{TK1}="TB\text{-Kante"} \text{ UND } t_{WB1} < 13 \text{ UND } d_{WB1} > 2,5; 2,5/d_{WB1}; 1)$		=	1,00

Gleichungen G.1 bis G.6:

$$R_{k1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 1,1988 \text{ kN}$$

$$R_{k2} = (f_{h1k} * t_2 * d * \beta) * 10^{-3} = 2,1099 \text{ kN}$$

$$R_{k3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) * 10^{-3} = 0,7924 \text{ kN}$$

$$R_{k4} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_1}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,4076 \text{ kN}$$

$$R_{k5} = \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 0,8104 \text{ kN}$$

$$R_{k6} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{yk} * f_{h1k} * d} * 10^{-3} = 0,3755 \text{ kN}$$

$$R_d = \text{MIN}(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,3; R_{k4}/1,2; R_{k5}/1,2; R_{k6}/1,1) * \eta_{TB} * k_{mod,WB} = 0,306 \text{ kN}$$

$$\text{Tragf. Anschl. Bepl. } R_{WB,d} = R_d * \eta_{Rk} * \eta_{WB1} = 0,612 \text{ kN}$$

$$\text{Schubfestigkeit Bepl. } f_{vd} = k_{mod1} * f_{vk,1}/1,3 = 0,471 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Beplankungsfaktor } n_{WB} = \text{WENN}(\text{TK2}="keine"; 1; 2) = 2$$

$$\text{Beiwert nach 10.6 (2) } k_{v1} = 1,00$$

$$\text{Beiwert nach 10.6 (3) } k_{v2} = \text{WENN}(n_{WB} > 1; 0,5; 0,33) = 0,50$$

$$\text{nach Gleichung (123) } f_{v0d,1} = k_{v1} * R_{WB,d} * 10^2 / a_{v,1} = 6,12 \text{ kN/m}$$

$$f_{v0d,2} = k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * \frac{t_{WB1}}{10} * 10^2 = 28,26 \text{ kN/m}$$

$$f_{v0d,3} = k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * 35 * \left(\frac{t_{WB1}}{10}\right)^2 * \frac{10^2}{a_r} = 18,99 \text{ kN/m}$$

$$\text{Bemessungswert Bepl.1 } f_{v0d,WB1} = \text{MIN}(f_{v0d,1}; f_{v0d,2}; f_{v0d,3}) = 6,12 \text{ kN/m}$$

4.2 Beplankung 2:

Modifikationsbeiwerte:

$$\text{für die Bepl. } k_{mod1} = \text{TAB}("1052/F1"; k; B=WB2; K=KLED; N=NKL) = 0,90$$

$$\text{nach Gl. (196) } k_{mod,WB} = \sqrt{k_{mod1} * k_{mod2}} = 0,900$$

Lochleibungsfestigkeiten:

$$\text{Faktor } F_f = \text{TAB}("1052/HWS"; F; B=WB2;) = 65,00$$

$$\text{Exponent für d } E_d = \text{TAB}("1052/HWS"; E_d; B=WB2;) = -0,70$$

$$\text{Exponent für t } E_t = \text{TAB}("1052/HWS"; E_t; B=WB2;) = 0,10$$

$$\text{für die Beplankung } f_{hk,WB} = F_f * d_{WB2}^{E_d} * t_{WB2}^{E_t} = 54,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{für die Rippe (212) } f_{hk,WR} = 0,082 * \rho_k * d_{WB2}^{-0,3} = 23,94 \text{ N/mm}^2$$

Schubtragfähigkeit:

Eingangsparameter d =	d_{WB2}	=	1,83 mm
$M_{yk} =$	$M_{yk,2}$	=	155,00 Nmm
$t_1 =$	$WENN(t_{WB2} > 0; t_{WB2}; 0,01)$	=	12,00 mm
$t_2 =$	$l_{WB2} - t_1$	=	48,00 mm
$t_2 =$	$WENN(\eta_{WB2} = 1; WENN(t_2 \geq 4 * d; t_2; 0,01); WENN(t_2 \geq 8 * d; t_2; 0,01))$	=	48,00 mm
$f_{h1k} =$	$WENN(f_{hk, WB} > 0; f_{hk, WB}; 0,01)$	=	54,59 N/mm ²
$f_{h2k} =$	$f_{hk, WR}$	=	23,94 N/mm ²
$\beta =$	$\frac{f_{h2k}}{f_{h1k}}$	=	0,44
$\eta_{TB} =$	$WENN(TK2 = "TB-Kante" \text{ UND } t_{WB2} < 13 \text{ UND } d_{WB2} > 2,5; 2,5/d_{WB2}; 1)$	=	1,00
$a_{v,2} =$	$WENN(a_{v,2} > 0; a_{v,2}; 1000)$	=	10,00 cm

Gleichungen G.1 bis G.6:

$R_{k1} =$	$(f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3}$	=	1,1988 kN
$R_{k2} =$	$(f_{h1k} * t_2 * \beta) * 10^{-3}$	=	2,1099 kN
$R_{k3} =$	$\frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) * 10^{-3}$	=	0,7924 kN
$R_{k4} =$	$\frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_1}} - \beta \right) * 10^{-3}$	=	0,4076 kN
$R_{k5} =$	$\frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{yk}}{f_{h1k} * d * t_2}} - \beta \right) * 10^{-3}$	=	0,8104 kN
$R_{k6} =$	$\sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{yk} * f_{h1k} * d} * 10^{-3}$	=	0,3755 kN
$R_d =$	$MIN(R_{k1}/1,3; R_{k2}/1,3; R_{k3}/1,3; R_{k4}/1,2; R_{k5}/1,2; R_{k6}/1,1) * \eta_{TB} * k_{mod, WB}$	=	0,306 kN
Tragf. Anschl. Bepl. $R_{WB,d} =$	$R_d * \eta_{Rk} * \eta_{WB2}$	=	0,612 kN
Schubfestigkeit Bepl. $f_{vd} =$	$k_{mod1} * f_{vk,2} / 1,3$	=	0,471 kN/cm ²
nach Gleichung (123) $f_{v0d,1} =$	$k_{v1} * R_{WB,d} * 10^2 / a_{v,2}$	=	6,12 kN/m
$f_{v0d,2} =$	$k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * \frac{t_{WB1}}{10} * 10^2$	=	28,26 kN/m
$f_{v0d,3} =$	$k_{v1} * k_{v2} * f_{vd} * 35 * \left(\frac{t_{WB1}}{10}\right)^2 * \frac{10^2}{a_r}$	=	18,99 kN/m
Bemessungswert Bepl.2 $f_{v0d, WB2} =$	$MIN(f_{v0d,1}; f_{v0d,2}; f_{v0d,3})$	=	6,12 kN/m

4.3 Bemessungswert der Schubtragfähigkeit

DIN 1052, 10.6 (6) $\eta =$	$WENN(f_{v0d, WB1} = f_{v0d, WB2}; 1; 0,8)$	=	1,0
$f_{v0d, WB} =$	$MAX(f_{v0d, WB1}; f_{v0d, WB2}) + MIN(f_{v0d, WB1}; f_{v0d, WB2}) * \eta$	=	12,24 kN/m

5. Nachweis der Scheibenbeanspruchung

$$\begin{aligned} \text{Schubfluss } s_{v0d} &= \frac{F_d}{l} &= 8,16 \text{ kN/m} \\ \text{Schubtragfähigkeit } f_{v0d} &= f_{v0d,WB} &= 12,24 \text{ kN/m} \\ \frac{s_{v0d}}{0,7 * f_{v0d}} & &= \mathbf{0,95 < 1} \end{aligned}$$

6. Nachweis der Lagesicherheit

$$\begin{aligned} \text{destabilisierend } F_{t,d,dst} &= \frac{F_d * h}{l} &= 22,44 \text{ kN} \\ \text{stabilisierend aus Wandtafel: } &0,9 * g_k * \frac{l}{2} &= 7,36 \text{ kN} \\ \text{aus angr. Sturz:} &0,9 * g_k * 0,50 &= 2,94 \text{ kN} \\ \text{aus Querwand:} &0,9 * 0,00 &= 0,00 \text{ kN} \\ F_{c,d,stab} &= 10,30 \text{ kN} \\ \frac{F_{t,d,dst} - F_{c,d,stab}}{F_{d,Ank}} & &= \mathbf{0,99 < 1} \end{aligned}$$

7. Nachweis der Verformung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit**Steifigkeit der Wandtafel:**

Eingangswerte:

$$\begin{aligned} l_0 &= l * 10^2 &= 250,00 \text{ cm} \\ h_0 &= h * 10^2 &= 275,00 \text{ cm} \\ \rho_{k1} &= \sqrt{\rho_k * \rho_{k,B1}} &= 438,75 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_{k2} &= \sqrt{\rho_k * \rho_{k,B2}} &= 438,75 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Faktor Bepl.1 } F_f &= \text{TAB("1052/HWS";F;B=WB1;)} &= 65,00 \\ K_0 &= \text{WENN}(\eta_{WB1} > 1; 60^{-1}; 25^{-1}) * \rho_{k1}^{1,5 * d_{WB1}^{0,8} / 100} &= 2,484 \text{ kN/cm} \\ K_1 &= \text{WENN}(F_f = 7; 5,45; \text{WENN}(F_f = 3,9; 0,6 * K_0; K_0)) * \eta_{WB1} &= 4,968 \text{ kN/cm} \\ \text{Faktor Bepl.2 } F_f &= \text{TAB("1052/HWS";F;B=WB2;)} &= 65,00 \\ K_0 &= \text{WENN}(\eta_{WB2} > 1; 60^{-1}; 25^{-1}) * \rho_{k2}^{1,5 * d_{WB2}^{0,8} / 100} &= 2,484 \text{ kN/cm} \\ K_2 &= \text{WENN}(F_f = 7; 5,45; \text{WENN}(F_f = 3,9; 0,6 * K_0; K_0)) * \eta_{WB2} &= 4,968 \text{ kN/cm} \\ t_1 &= \frac{t_{WB1}}{10} &= 1,20 \text{ cm} \\ t_2 &= \text{WENN}(TK2 = \text{"keine"}; 0; t_{WB2} / 10) &= 1,20 \text{ cm} \\ G_1 &= \text{TAB("1052/HWS";G_{mean};B=WB1;TK=TK1;t=t_{WB1})} &= 108,00 \text{ kN/cm}^2 \\ G_2 &= \text{TAB("1052/HWS";G_{mean};B=WB2;TK=TK2;t=t_{WB2})} &= 108,00 \text{ kN/cm}^2 \\ E_0 &= \text{TAB("1052/Holz";E0_{mean};FK=FK)} &= 1100,00 \text{ kN/cm}^2 \\ A &= b_r * h_r &= 96,00 \text{ cm}^2 \\ \sigma_{c,90,k} &= \frac{h_0}{(b_r + 3) * h_r * l_0} &= 0,0076 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{c,90,k} &= \text{TAB("1052/Holz";fc90k;FK=FK)} &= 0,2500 \text{ kN/cm}^2 \\ k_{c,90} &= &= 1,25 \end{aligned}$$

Anteil aus Verbund (Verbindungsmitel):

$$u_{K,1} = \frac{((2+n_H \cdot 2) \cdot l_0 + (2+n_V \cdot 2) \cdot h_0) \cdot \frac{a_{v,1}}{2}}{K_1 \cdot l_0} = 0,0515 \text{ cm}$$

$$u_{K,2} = \text{WENN}(K_2 > 0; ((2+n_H \cdot 2) \cdot l_0 + (2+n_V \cdot 2) \cdot h_0) \cdot \frac{a_{v,1}}{2}; 0) / K_1 \cdot l_0 = 0,0515 \text{ cm}$$

$$u_K = \text{WENN}(u_{K,2} > 0; (u_{K,1}^{-1} + u_{K,2}^{-1})^{-1}; u_{K,1}) = 0,0257 \text{ cm}$$

Anteil der Beplankung (Schubbeanspruchung):

$$u_{G,1} = \frac{h_0}{G_1 \cdot t_1 \cdot l_0} = 0,0085 \text{ cm}$$

$$u_{G,2} = \text{WENN}(G_2 > 0 \text{ UND } t_2 > 0; \frac{h_0}{G_1 \cdot t_1 \cdot l_0}; 0) = 0,0085 \text{ cm}$$

$$u_G = \text{WENN}(u_{G,2} > 0; (u_{G,1}^{-1} + u_{G,2}^{-1})^{-1}; u_{G,1}) = 0,0043 \text{ cm}$$

Anteil der Randrippen (Normalkraftstauchung):

$$u_E = \frac{\frac{2}{3}}{E_0 \cdot A} \cdot \left(l_0 + \left(\frac{h_0^2}{l_0^2} \right) \cdot h_0 \right) = 0,0037 \text{ cm}$$

Anteil der Fußrippe (Querdruckpressung):

$$u_V = 0,2 \cdot \frac{h_0}{l_0} \cdot \frac{\sigma_{c,90,k}}{1,2 \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,k} \cdot k_{mod2}} = 0,0050 \text{ cm}$$

Steifigkeit:

$$\text{Schubsteifigkeit der Wandtafel } K = (u_K + u_G + u_E + u_V)^{-1} = 25,840 \text{ kN/cm}$$

Verformung der Wandtafel:

$$\text{Kopferschiebung der Tafel } u_{inst} = \frac{F_{v,k}}{K} = 0,46 \text{ cm}$$

$$\text{Nachweis der Verformung: } \frac{u_{inst}}{\left(\frac{h_0}{150} \right)} = 0,25 < 1$$

8. Nachweis der Verformung im Grenzzustand der Tragfähigkeit**Steifigkeit der Wandtafel:**

Eingangswerte:

$l_0 =$	$l \cdot 10^2$	= 250,00 cm
$h_0 =$	$h \cdot 10^2$	= 275,00 cm
$\rho_{k1} =$	$\sqrt{\rho_k \cdot \rho_{k,B1}}$	= 438,75 kg/m ³
$\rho_{k2} =$	$\sqrt{\rho_k \cdot \rho_{k,B2}}$	= 438,75 kg/m ³
Faktor Bepl.1 $F_f =$	TAB("1052/HWS";F;B=WB1;)	= 65,00
$K_0 =$	WENN($\eta_{WB1} > 1; 60^{-1}; 25^{-1}$) * $\rho_{k1}^{1,5} \cdot d_{WB1}^{0,8} / 100^{2/3} / 1,3$	= 1,274 kN/cm
$K_1 =$	WENN($F_f = 7; 5,45^{2/3} / 1,3; WENN(F_f = 3,9; 0,6 \cdot K_0; K_0)$) * η_{WB1}	= 2,548 kN/cm
Faktor Bepl.2 $F_f =$	TAB("1052/HWS";F;B=WB2;)	= 65,00
$K_0 =$	WENN($\eta_{WB2} > 1; 60^{-1}; 25^{-1}$) * $\rho_{k2}^{1,5} \cdot d_{WB2}^{0,8} / 100^{2/3} / 1,3$	= 1,274 kN/cm
$K_2 =$	WENN($F_f = 7; 5,45^{2/3} / 1,3; WENN(F_f = 3,9; 0,6 \cdot K_0; K_0)$) * η_{WB2}	= 2,548 kN/cm
$t_1 =$	$\frac{t_{WB1}}{10}$	= 1,20 cm
$t_2 =$	WENN(TK2="keine"; 0; $t_{WB2}/10$)	= 1,20 cm
$G_1 =$	TAB("1052/HWS"; $G_{mean}; B=WB1; TK=TK1; t=t_{WB1}$)/1,3	= 83,08 kN/cm ²
$G_2 =$	TAB("1052/HWS"; $G_{mean}; B=WB2; TK=TK2; t=t_{WB2}$)/1,3	= 83,08 kN/cm ²
$E_0 =$	TAB("1052/Holz"; $E_0mean; FK=FK$)/1,3	= 846,15 kN/cm ²
$A =$	$b_r \cdot h_r$	= 96,00 cm ²
$\sigma_{c,90,k} =$	$\frac{h_0}{(b_r + 3) \cdot h_r \cdot l_0}$	= 0,0076 kN/cm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; $fc90k; FK=FK$)	= 0,2500 kN/cm ²
$k_{c,90} =$		1,25

Anteil aus Verbund (Verbindungsmitel):

$u_{K,1} =$	$((2+n_H \cdot 2) \cdot l_0 + (2+n_V \cdot 2) \cdot h_0) \cdot \frac{a_{v,1}}{2} \cdot \frac{1}{K_1 \cdot l_0}$	= 0,1005 cm
$u_{K,2} =$	WENN($K_2 > 0; ((2+n_H \cdot 2) \cdot l_0 + (2+n_V \cdot 2) \cdot h_0) \cdot \frac{a_{v,1}}{2} \cdot \frac{1}{K_1 \cdot l_0}; 0$)	= 0,1005 cm
$u_K =$	WENN($u_{K,2} > 0; (u_{K,1}^{-1} + u_{K,2}^{-1})^{-1}; u_{K,1}$)	= 0,0503 cm

Anteil der Beplankung (Schubbeanspruchung):

$u_{G,1} =$	$\frac{h_0}{G_1 \cdot t_1 \cdot l_0}$	= 0,0110 cm
$u_{G,2} =$	WENN($G_2 > 0$ UND $t_2 > 0; \frac{h_0}{G_1 \cdot t_1 \cdot l_0}; 0$)	= 0,0110 cm
$u_G =$	WENN($u_{G,2} > 0; (u_{G,1}^{-1} + u_{G,2}^{-1})^{-1}; u_{G,1}$)	= 0,0055 cm

Anteil der Randrippen (Normalkraftstauchung):

$u_E =$	$\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{E_0 \cdot A} \cdot \left(l_0 + \left(\frac{h_0^2}{l_0^2} \right) \cdot h_0 \right)$	= 0,0048 cm
---------	---	-------------

Anteil der Fußrippe (Querdruckpressung):

$$u_v = 0,2 \cdot \frac{h_0}{l_0} \cdot \frac{\sigma_{c,90,k}}{1,2 \cdot k_{c,90} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{1,3} \cdot k_{mod2}} = 0,0064 \text{ cm}$$

Steifigkeit:

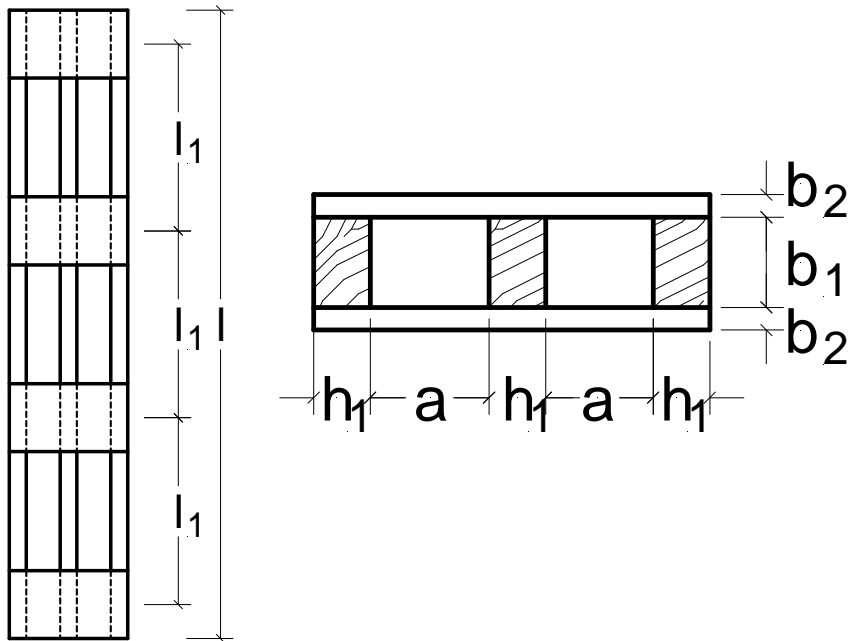
$$\text{Schubsteifigkeit der Wandtafel } K_d = (u_k + u_G + u_E + u_v)^{-1} = 14,925 \text{ kN/cm}$$

Verformung der Wandtafel:

$$\text{Kopferschiebung der Tafel } u_d = \frac{F_d}{K_d} = 1,37 \text{ cm}$$

$$\text{Nachweis der Verformung: } \frac{u_d}{\left(\frac{h_0}{100}\right)} = 0,50 < 1$$

Dreiteiliger Rahmenstab mit Bindehölzern

**System:**

Knicklänge h_k =	6,00 m
Abstand l_1 =	1,80 m
Stützenbreite b_1 =	18,00 cm
Stützhöhe h_1 =	12,00 cm
Dicke der Bindehölzer b_2 =	3,00 cm
Länge der Bindehölzer l_2 =	60,00 cm
Abstand a =	30,00 cm
Anzahl der Einzelstäbe n =	3

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k}$ =	25,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k}$ =	15,00 kN

Material:

Stütze:			
Baustoff BS1 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK1 =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS1)	=	C24
Bindehölzer:			
Baustoff BS2 =	GEW("1052/Sperr"; B;)	=	Sperrholz
Festigkeitsklasse FK2 =	GEW("1052/Sperr";FK; B=BS2)	=	F25/10
Beanspruchungsart A =	GEW("1052/Sperr"; A;)	=	Scheibe
Beanspruchungsrichtung R =	GEW("1052/Sperr"; R;)	=	parallel

Nägel:

$$\begin{aligned} \text{Verbindungsmittel Typ} &= \text{GEW}("1052/\text{VM}"; \text{Typ}; \text{N} < 3) &= & \text{Nagel} \\ \text{Größe dxi} &= \text{GEW}("1052/\text{VM}"; \text{Bez}; \text{Typ} = \text{Typ}) &= & 4.2 \times 110 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nutzungsklasse NK} &= \text{GEW}("1052/\text{F1}"; \text{N}; \text{B} = \text{BS1}) &= & 1 \\ \text{KLED} &= \text{GEW}("1052/\text{F1}"; \text{K};) &= & \text{mittel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{\text{mod}} &= \text{TAB}("1052/\text{F1}"; k; \text{B} = \text{BS1}; \text{K} = \text{KLED}; \text{N} = \text{NK}) &= & 0,80 \\ E &= \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; E0\text{mean}; \text{FK} = \text{FK1}) * 10 &= & 11000,00 \text{ N/mm}^2 \\ E_{0,05} &= \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; E005; \text{FK} = \text{FK1}) * 10 &= & 7330,00 \text{ N/mm}^2 \\ f_{c,0,k} &= \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; fc0k; \text{FK} = \text{FK1}) * 10 &= & 21,00 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,k} &= \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; fv_k; \text{FK} = \text{FK1}) * 10 &= & 2,00 \text{ N/mm}^2 \\ \rho_k &= \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; \rho_k; \text{FK} = \text{FK1}) &= & 350,00 \text{ kg/m}^3 \\ f_{v,k2} &= \text{TAB}("1052/\text{Sperr}"; fv_k; \text{FK} = \text{FK2}; \text{A} = \text{A}; \text{R} = \text{R}) &= & 8,00 \text{ N/mm}^2 \\ \rho_{k2} &= \text{TAB}("1052/\text{Sperr}"; \rho_k; \text{FK} = \text{FK2}; \text{A} = \text{A}; \text{R} = \text{R}) &= & 400,00 \text{ kg/m}^3 \\ d &= \text{TAB}("1052/\text{VM}"; d; \text{Bez} = \text{dxi}) &= & 4,20 \text{ mm} \\ l_G &= \text{TAB}("1052/\text{VM}"; l; \text{Bez} = \text{dxi}) &= & 110,00 \text{ mm} \\ f_{u,k} &= \text{TAB}("1052/\text{VM}"; fu_k; \text{Bez} = \text{dxi}) &= & 600,00 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$\begin{aligned} f_{c,0,d} &= k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / 1,3 &= & 12,92 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d} &= k_{\text{mod}} * f_{v,k} / 1,3 &= & 1,23 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d2} &= k_{\text{mod}} * f_{v,k2} / 1,3 &= & 4,92 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Berechnung:

$$F_d = 1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k} = 56,25 \text{ kN}$$

Querschnittswerte:

$$\begin{aligned} A &= n * b_1 * h_1 &= & 648,00 \text{ cm}^2 \\ I_z &= n * h_1 * \frac{b_1^3}{12} &= & 17496,00 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Druckbeanspruchung Pfosten:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A} * 10 = 0,87 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren:

Schlankheit für das Knicken um die z-Achse:

$$\lambda_z = \frac{h_k * 10^2}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = 115,47$$

Achseschlankheit für das Knicken um die y-Achse:

$$\lambda_1 = \text{MAX}(30; l_1 * 100 * \frac{\sqrt{12}}{h_1}) = 51,96$$

$$a_1 = a + h_1 = 42,00 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = h_k * 10^2 * \sqrt{\frac{12}{h_1 + 8 * a_1^2}} = 17,49$$

Nach DIN 1052 Tabelle 6:

$$\eta = 4,50$$

$$\lambda_{\text{ef},y} = \sqrt{\lambda_y^2 + \eta * \frac{n}{2} * \lambda_1^2} = 136,12$$

$$\lambda_{\text{ef}} = \text{MAX}(\lambda_z; \lambda_{\text{ef},y}) = 136,12$$

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{\lambda_{\text{ef}} * \sqrt{f_{c,0,k}}}{\pi * E_{0,05}} = 2,32$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS2}="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2) = 3,39$$

$$k_c = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}}, 1\right) = 0,17$$

Nachweis:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,40 \leq 1}}$$

Tragsicherheitsnachweis für die Verbindungen

$$f = \text{WENN}(\lambda_{\text{ef}} \leq 30; 120; \text{WENN}(\lambda_{\text{ef}} < 60; 3600; 60)) = 60,00$$

$$V_d = \frac{F_d * 10^3}{k_c * f} = 5514,71 \text{ N}$$

Die Querverbindungen sind für folgende Schubkräfte nachzuweisen:

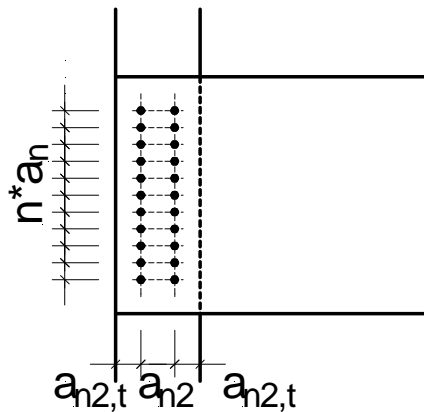
$$T_d = V_d * 10^2 * \frac{l_1}{a_1} = 23634,47 \text{ N}$$

Tragsicherheitsnachweis auf Schub in den Bindehölzern

$$\tau_d = 1,5 * \frac{0,5 * T_d}{l_2 * b_2 * 10^2} = 0,98 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d2}} = \underline{\underline{0,20 \leq 1}}$$

Tragsicherheitsnachweis für die Nägel



Nagelreihen vertikal $n_x =$	12
Nagelreihen vertikal $n_z =$	2
Abstand $a_n =$	4,10 cm

$$F_{T,d} = \frac{T_d}{2 \cdot 2 \cdot n_x \cdot n_z} = 246,19 \text{ N}$$

Beanspruchung eines Nagels infolge des Biegemomentes aus der Schubkraft:

$$M_d = \frac{T_d}{2 \cdot 2} \cdot \frac{2}{3} \cdot a_1 \cdot 10^{-2} = 1654,41 \text{ Nm}$$

$$h_3 = \frac{(n_x - 1) \cdot a_n}{6 \cdot (n_x - 1)} = 45,10 \text{ mm}$$

$$f = \frac{6 \cdot (n_x - 1)}{n_x \cdot (n_x + 1) \cdot n_z} = 0,21$$

$$F_{M,d} = \frac{M_d \cdot 10^2}{h_3} \cdot f = 770,35 \text{ N}$$

resultierende Beanspruchung eines Nagels

$$F_{R,d} = \sqrt{F_{T,d}^2 + F_{M,d}^2} = 808,73 \text{ N}$$

nach DIN 1052 Tabelle 11:

$$A = 0,90$$

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 7511 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,1,k} = 0,11 \cdot \rho_{k2} \cdot d^{-0,3} = 28,61 \text{ N/mm}^2$$

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 1209,18 \text{ N}$$

Nachweis der erforderlichen Mindestholzdicken nach DIN 1052 Tabelle 11

$$7 \cdot d / 30 = \underline{0,98 \leq 1}$$

$$9 \cdot d / (b_1 / 2 \cdot 10) = \underline{0,42 \leq 1}$$

$$R_d = k_{\text{mod}} \cdot R_k / 1,1 = 879,40 \text{ N}$$

Nachweis:

$$\frac{F_{R,d}}{R_d} = \underline{0,92 \leq 1}$$

Mindestbauteildicken zur Berücksichtigung der Spaltgefahr bei Nagelverbindungen ohne vorbohren für Kiefernholz:

$$t = \text{MAX}(14 * d; 13 * d - 30 * \rho_k / 200) = 58,80 \text{ mm}$$

$$t / (b_1 / 2 * 10) = \underline{0,65 \leq 1}$$

-> Nägel können ohne vorbohren eingeschlagen werden.

Mindestnagelabstände:

Mindestnagelabstände für die Nadelholzstäbe

$$a_{1,req} = 10 * d = 42,00 \text{ mm}$$

$$a_{2,req} = 5 * d = 21,00 \text{ mm}$$

$$a_{1,c,req} = 7 * d = 29,40 \text{ mm}$$

$$a_{1,t,req} = 15 * d = 63,00 \text{ mm}$$

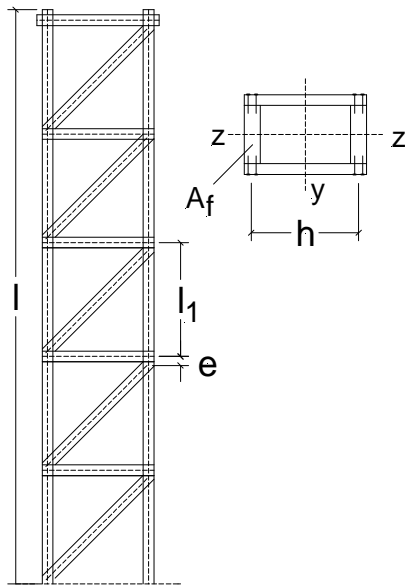
$$a_{2,t,req} = 7 * d = 29,40 \text{ mm}$$

Mindestabstand für die Sperrholzplatten

$$a_{2,c,req} = 3 * d = 12,60 \text{ mm}$$

$$a_{2,t,req} = 3 * d = 12,60 \text{ mm}$$

Druckstab als Gitterstab



System:

Knicklänge $h_k =$	4,41 m
Abstand $l_1 =$	850,00 mm
Höhe $h =$	660,00 mm
Pfosten $b_f =$	140,00 mm
Pfosten $h_f =$	60,00 mm
Strebe $b_s =$	80,00 mm
Strebe $h_s =$	24,00 mm
Strebenneigung $\delta =$	57,20 °

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k} =$	12,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k} =$	20,00 kN

Material:

Pfosten:			
Baustoff BS1 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK1 =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS1)	=	C24
Strebe:			
Baustoff BS2 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK2 =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS2)	=	C24
Verbindungsmittel:			
Verbindungsmitteltyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N=1)	=	Nagel
Bezeichnung Bez =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	3.1x65
Beidseits je Strebenanschluß			
Durchmesser $d =$	TAB ("1052/VM";d;Bez=Bez)	=	3,10 mm
Nagelanzahl pro Strebenanschluß $n =$		=	8

Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS1)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK1)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,0,k,S}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK2)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK1)*10	=	14,00 N/mm ²
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK1)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK1)*10	=	2,00 N/mm ²
E_1 =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK1)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK1)*10	=	7330,00 N/mm ²
E_2 =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK2)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05,S}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK2)*10	=	7330,00 N/mm ²
ρ_{k1} =	TAB("1052/Holz"; rhok; FK=FK1)	=	350,00 kg/m ³
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS1; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM"; fuk; Bez=Bez)	=	600,00 N/mm ²
$M_{y,k}$ =	$0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$	=	3410,46 Nmm

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:

$$K_{ser} = \frac{\rho_{k1}^{1,5}}{25} * d^{0,8} = 647,52 \text{ N/mm}$$

$$K_{u,mean} = 2 / 3 * K_{ser} = 431,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu = \frac{50 * h * E_1 * h_f * b_f * 10^{-6}}{h_k^2 * n * K_{u,mean} * \sin(2 * \delta)} = 49,85$$

$$\lambda_{ef,y} = \text{MAX}\left(2 * \frac{h_k * 10^3}{h} * \sqrt{1 + \mu}; 2,1 * \frac{h_k * 10^3}{h}\right) = 95,30$$

$$\lambda_{ef,z} = \frac{h_k * 10^3}{0,289 * b_f} = 109,00$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda_{ef,z}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,86$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS1}="Brettschichtholz";0,1;0,2) = 0,20$$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel,c,z}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,c,z}}^2) = 2,39$$

$$k_{c,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel,c,z}}^2}}, 1\right) = 0,26$$

$$f = \text{WENN}(\lambda_{\text{ef,y}} \leq 30; 120; \text{WENN}(\lambda_{\text{ef,y}} < 60; 3600; 60)) = 60,00$$

$$D = \frac{F_d}{k_{c,z} * f * \sin(\delta)} = 3,52 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,0,d,S} = \frac{D * 10^3}{A_{D,\text{tot}}} = 0,92 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbindungsmittel:

$$\text{Pfosten } V_{d,p} = \frac{F_d}{k_{c,z} * f} = 2,96 \text{ kN}$$

$$\text{Streben } D_d = \frac{V_{d,p}}{\sin(\delta)} = 3,52 \text{ kN}$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} * f_{m,k} / 1,3 = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{t,0,k} / 1,3 = 8,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} * f_{v,k} / 1,3 = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d,S} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k,S} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

Beanspruchung auf Abscheren:

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_{k1}}{1} = 27,81 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{la,k} = \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,1,k} * d} = 766,84 \text{ N}$$

$$R_{la,d} = k_{\text{mod}} * R_{la,k} / (1,3 * 10^3) = 0,47 \text{ kN}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Gurtschlankheit:

$$\lambda_1 = l_1 / (0,289 * \text{MIN}(h_f; b_f)) = 49,02$$

$$\lambda_1 / 60 = \underline{0,82 \leq 1}$$

Pfosten:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,P}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \underline{0,82 \leq 1}$$

Streben:

$$l_s = \frac{l_1}{2 * \cos(\delta)} = 784,56 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{ef,S}} = \text{MAX}\left(\frac{l_s}{0,289 * b_s}; \frac{l_s}{0,289 * h_s}\right) = 113,11$$

$$\lambda_{\text{rel,c,S}} = \frac{\lambda_{\text{ef,S}}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k,S}}{E_{0,05,S}}} = 1,93$$

$$\beta_{c,S} = \text{WENN}(\text{BS2}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_{c,S} * (\lambda_{\text{rel,c,S}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,c,S}}^2) = 2,53$$

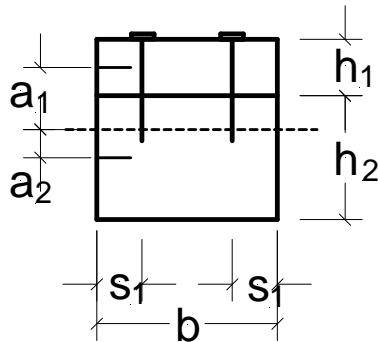
$$k_{c,S} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel,c,S}}^2}}; 1\right) = 0,24$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d,S}}{k_{c,S} * f_{c,0,d,S}} = \underline{\underline{0,30 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel:

$$\frac{D}{n * R_{la,d}} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Mehrteiliger Druckstab, kontinuierlich verbunden ohne Spreizung



System:

Knicklänge h_k =	2,45 m
Druckstab b_2 =	120,00 mm
Druckstab h_2 =	80,00 mm
Verstärkung b_1 =	b_2 = 120,00 mm
Verstärkung h_1 =	40,00 mm
Abstand der Nägel in Stabachse (2-Reihig):	
S =	150,00 mm

Einwirkungen:

ständige Last $F_{G,k}$ =	12,00 kN
veränderliche Last $F_{Q,k}$ =	20,00 kN

Material:

Druckstab:			
Baustoff BS2 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK2 =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS2)	=	C24
Verstärkung:			
Baustoff BS1 =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK1 =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS1)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS1)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
Nägel:			
Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM"; Typ;)	=	Nagel
Größe dxl =	GEW("1052/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	4.2x110
Durchmesser d =	TAB ("1052/VM"; d; Bez=dxl)	=	4,20 mm
Länge l_S =	TAB ("1052/VM"; l; Bez=dxl)	=	110,00 mm
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; f_{c0k} ; FK=FK2)*10	=	21,00 N/mm ²
E_1 =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK1)*10	=	11000,00 N/mm ²
E_2 =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK2)*10	=	11000,00 N/mm ²
ρ_{k1} =	TAB("1052/Holz"; ρ_{hok} ; FK=FK2)	=	350,00 kg/m ³
$E_{0,05}$ =	TAB("1052/Holz"; E005; FK=FK2)*10	=	7330,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS1; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM"; f_{uk} ; Typ=Typ)	=	600,00 N/mm ²

Berechnung:

$$F_d = 1,35 * F_{G,k} + 1,5 * F_{Q,k} = 46,20 \text{ kN}$$

Bemessungswerte der Beanspruchung

Wirksame Dehnsteifigkeit:

$$EA_{ef} = E_1 * h_1 * b_1 + E_2 * h_2 * b_2 = 158,40 * 10^6 \text{ N}$$

Wirksame Biegesteifigkeit:

Abstand der Schwerachsen

$$K_{ser} = \frac{\rho_{k1}^{1,5}}{25} * d^{0,8} = 825,58 \text{ N/mm}$$

$$K_1 = \frac{2}{3} * K_{ser} = 550,39 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 * E_1 * b_1 * h_1 * \frac{S}{2}}{K_1 * (h_k * 10^3)^2} \right)} = 0,078$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 * E_1 * b_1 * h_1 * (h_2 + h_1)}{2 * (\gamma_1 * E_1 * b_1 * h_1 + \gamma_2 * E_2 * b_2 * h_2)} = 2,25 \text{ mm}$$

$$a_1 = \frac{h_2 + h_1}{2} - a_2 = 57,75 \text{ mm}$$

$$E_1 * b_1 * h_1^3 / 12 + E_2 * b_2 * h_2^3 / 12 = 63,36 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$\gamma_1 * E_1 * b_1 * h_1 * a_1^2 = 13,74 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$\gamma_2 * E_2 * b_2 * h_2 * a_2^2 = 0,53 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{ef} = \underline{\underline{77,63 * 10^9 \text{ Nmm}^2}}$$

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d * 10^3}{EA_{ef}} * E_1 = 3,21 \text{ N/mm}^2$$

Verbindungsmittel in der Fuge:

Schlankheitsgrad starre Achse:

$$\lambda_{ef,z} = \frac{h_k * 10^3}{0,289 * b_1} = 70,65$$

Schlankheitsgrad nachgiebige Achse:

$$\lambda_{\text{ef},y} = \frac{h_k \cdot 10^3}{\sqrt{\frac{EI_{\text{ef}}}{EA_{\text{ef}}}}} = 110,67$$

$$\lambda_{\text{ef}} = \text{MAX}(\lambda_{\text{ef},z}; \lambda_{\text{ef},y}) = 110,67$$

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{\lambda_{\text{ef}}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,89$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS2}="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2) = 2,45$$

$$k_c = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}}, 1\right) = 0,25$$

$$f = \text{WENN}(\lambda_{\text{ef}} \leq 30; 120; \text{WENN}(\lambda_{\text{ef}} < 60; 3600; 60)) = 60,00$$

$$V_{\text{max},d} = \frac{F_d \cdot 10^3}{k_c \cdot f} = 3080,00 \text{ N}$$

Bemessungswert des Verbindungsmittels:

$$F_{1,d} = V_{\text{max},d} \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot h_1 \cdot b_1 \cdot a_1 \cdot \frac{S}{2 \cdot EI_{\text{ef}}} = 707,72 \text{ N}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,1,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot p_{k1} = 27,49 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = \frac{0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}}{1} = 7511 \text{ Nmm}$$

$$R_{la,k} = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 1316,97 \text{ N}$$

$$R_{la,d} = k_{\text{mod}} \cdot R_{la,k} / 1,3 = 810,44 \text{ N}$$

Nachweis in den Grenzzuständen

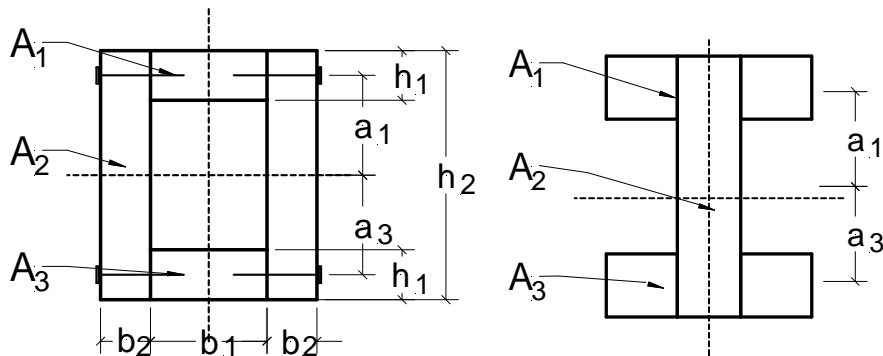
Querschnittstragfähigkeit:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Tragfähigkeit Verbindungsmittel:

$$\frac{F_{1,d}}{R_{la,d}} = \underline{\underline{0,87 \leq 1}}$$

Kastenträger aus nachgiebig verbundenen Querschnittsteilen



System:

Stützweite l =	2,98 m
Gurt:	
Trägerbreite b_1 =	140,00 mm
Trägerhöhe h_1 =	40,00 mm
Steg:	
Trägerbreite b_2 =	40,00 mm
Trägerhöhe h_2 =	280,00 mm
Nagelabstand s =	70,00 mm

Einwirkungen:

Eigenlast g_k =	0,85 kN/m
Nutzlast $q_{N,k}$ =	1,44 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$E_{0,mean}$ =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	$2/3 * E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	690,00 N/mm ²
G_{05} =	$2/3 * G_{mean}$	=	460,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80
ρ_k =	TAB("1052/Holz"; rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N<3)	=	Nagel
Größe dxl =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	3.1x80
Durchmesser d =	TAB ("1052/VM";d;Bez=dxl)	=	3,10 mm
Länge l_S =	TAB ("1052/VM";l;Bez=dxl)	=	80,00 mm
f_{uk} =	TAB ("1052/VM";fuk;Bez=dxl)	=	600,00 N/mm ²
M_{yk} =	TAB ("1052/VM";Myk;Bez=dxl)	=	3410,00 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:

Nach Tabelle G.1 für Nägel in nicht vorgebohrten Löchern

$$K_{ser} = \frac{p_k^{1,5}}{25} \cdot d^{0,8} = 647,52 \text{ N/mm}$$

$$K_1 = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = 431,68 \text{ N/mm}$$

$$a_1 = \frac{h_2}{2} - \frac{h_1}{2} = 120,00 \text{ mm}$$

$$I_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} = 0,75 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} = 73,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_1 = b_1 \cdot h_1 = 5600,00 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot A_1 \cdot s}{K_1 \cdot (I \cdot 10^3)^2} \right)}$$

$$EI_{ef} = 2 \cdot E_{0,mean} \cdot (I_1 + I_2 + A_1 \cdot \gamma_1 \cdot a_1^2) = 1768,17 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2$$

Biegebeanspruchung am Stegrand:

$$\sigma_{m2} = M_d \cdot 10^6 \cdot E_{0,mean} \cdot \frac{h_2}{2 \cdot EI_{ef}} = 3,20 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung am Gurtrand:

$$\sigma_{m1} = M_d \cdot 10^6 \cdot E_{0,mean} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot a_1 + \frac{h_1}{2}}{EI_{ef}} = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

Normalkraftbeanspruchung im Gurt:

$$\sigma_1 = M_d \cdot 10^6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot a_1}{EI_{\text{ef}}} = 0,22 \text{ N/mm}^2$$

Schubbeanspruchung:

Querschnitt 2

$$h_w = h_2 - 2 \cdot h_1 = 200,00 \text{ mm}$$

$$b_w = b_2 = 40,00 \text{ mm}$$

Nach 10.5.2 ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{h_w + 0,5 \cdot 2 \cdot h_1}{70 \cdot b_w} = 0,09 \leq 1$$

$$\tau_{2,\text{max,d}} = V_d \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot 10^3 \cdot \frac{\gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1 + 0,5 \cdot 2 \cdot b_2 \cdot h_2^2}{EI_{\text{ef}} \cdot 2 \cdot b_2} = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

Verbindungsmittel je Fuge:

$$F_{i,d} = V_d \cdot 10^3 \cdot \gamma_1 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot \frac{A_1 \cdot a_1 \cdot s}{EI_{\text{ef}}} = 115,65 \text{ N}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / 1,3 = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / 1,3 = 8,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / 1,3 = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

Beanspruchung rechtwinklig zur Nagelachse:

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot p_k}{\sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}} = 27,81 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{la,k} = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 766,78 \text{ N}$$

$$R_{la,d} = k_{\text{mod}} \cdot R_{la,k} / 1,3 = 471,86 \text{ N}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Biegebeanspruchung am Rand

Stegrand:

$$\frac{\sigma_{m2}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,22 \leq 1}}$$

Gurtrand:

$$\frac{\sigma_{m1}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,05 \leq 1}}$$

Normalkraftbeanspruchung

Gurt - Zug:

$$\frac{\sigma_1}{f_{t,0,d}} = \underline{\underline{0,03 \leq 1}}$$

Gurt - Druck:

$$\frac{\sigma_1}{f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,02 \leq 1}}$$

Schubbeanspruchung - Steg

$$\frac{\tau_{2,\max,d}}{f_{v,d}} = \underline{1,00 \leq 1}$$

Verbindungsmittel je Fuge:

$$\frac{F_{i,d}}{R_{fa,d}} = \underline{0,25 \leq 1}$$

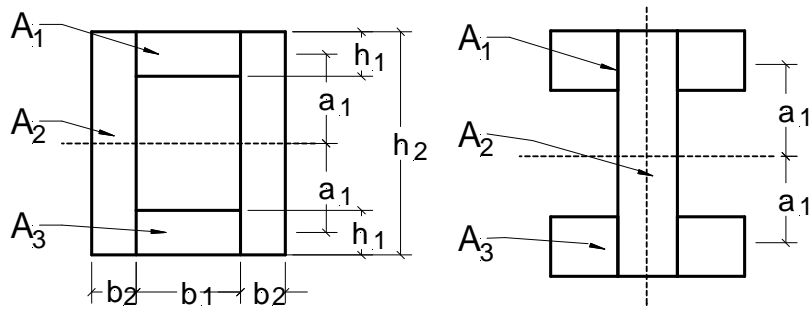
Nachweis gegen Kippen:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I \cdot h_2 \cdot 10^3}{\pi \cdot b_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} = 1,47$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 0,46$$

$$\frac{\sigma_{m2} \cdot 0,5}{k_m \cdot f_{m,d}} = \underline{0,24 \leq 1}$$

Kastenträger geklebt



System:

Stützweite $l =$	3,78 m
Gurt:	
Trägerbreite $b_1 =$	140,00 mm
Trägerhöhe $h_1 =$	40,00 mm
Steg:	
Trägerbreite $b_2 =$	40,00 mm
Trägerhöhe $h_2 =$	280,00 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("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
$f_{t,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	$2 / 3 * E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	690,00 N/mm ²
$G_{05} =$	$2 / 3 * G_{mean}$	=	460,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
$k_{def} =$	TAB("1052/F1"; kdef; B=BS; N=NK)	=	0,60
$\rho_k =$	TAB("1052/Holz"; rhok; FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM"; Typ; N<3)	=	Nagel
Größe $dxl =$	GEW("1052/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	3.1x80
Durchmesser $d =$	TAB ("1052/VM"; d; Bez=dxl)	=	3,10 mm
Länge $l_S =$	TAB ("1052/VM"; l; Bez=dxl)	=	80,00 mm
$f_{uk} =$	TAB ("1052/VM"; fuk; Bez=dxl)	=	600,00 N/mm ²
$M_{yk} =$	TAB ("1052/VM"; Myk; Bez=dxl)	=	3410,00 Nmm

Berechnung:

$$V_{G,k} = g_k \cdot \frac{l}{2} = 1,61 \text{ kN}$$

$$M_{G,k} = g_k \cdot \frac{l^2}{8} = 1,52 \text{ kNm}$$

$$V_{Q,k} = q_{N,k} \cdot \frac{l}{2} = 2,84 \text{ kN}$$

$$M_{Q,k} = q_{N,k} \cdot \frac{l^2}{8} = 2,68 \text{ kNm}$$

$$V_d = 1,35 \cdot V_{G,k} + 1,5 \cdot V_{Q,k} = 6,43 \text{ kN}$$

$$M_d = 1,35 \cdot M_{G,k} + 1,5 \cdot M_{Q,k} = 6,07 \text{ kNm}$$

Querschnittsfläche:

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:

$$\sigma_1 = M_d * 10^6 * \frac{a_1}{I_{ef,fin}} = 2,36 \text{ N/mm}^2$$

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:

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / 1,3 = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / 1,3 = 8,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,23 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Biegebeanspruchung am Rand

Stegrand:

$$\frac{\sigma_{m2}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,19 \leq 1}}$$

Gurtrand:

$$\frac{\sigma_{m1}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,19 \leq 1}}$$

Normalkraftbeanspruchung

Gurt - Zug:

$$\frac{\sigma_1}{f_{t,0,d}} = \underline{\underline{0,27 \leq 1}}$$

Gurt - Druck:

$$\frac{\sigma_1}{f_{c,0,d}} = \underline{\underline{0,18 \leq 1}}$$

Klebefuge Gurt-Steg:

$$\tau_{k,d} / (f_{v,d} * \text{WENN}(h_1 > 4 * b_2; (4 * b_2 / h_1)^{0,8}; 1)) = \underline{\underline{0,14 \leq 1}}$$

Schubspannung im Steg (vereinfachter Beulnachweis):

$$h_w = h_2 - 2 \cdot h_1 = 200,00 \text{ mm}$$

$$k_v = \text{WENN}(h_w \leq 35 \cdot b_2; n \cdot b_2 \cdot h_w; \text{WENN}(h_w \leq 70 \cdot b_2; 35 \cdot n \cdot b_2^2;)) \cdot (1 + h_1/h_w) = 19,20 \cdot 10^3$$

$$\frac{V_d \cdot 10^3}{k_v \cdot f_{v,d}} = \underline{\underline{0,27 \leq 1}}$$

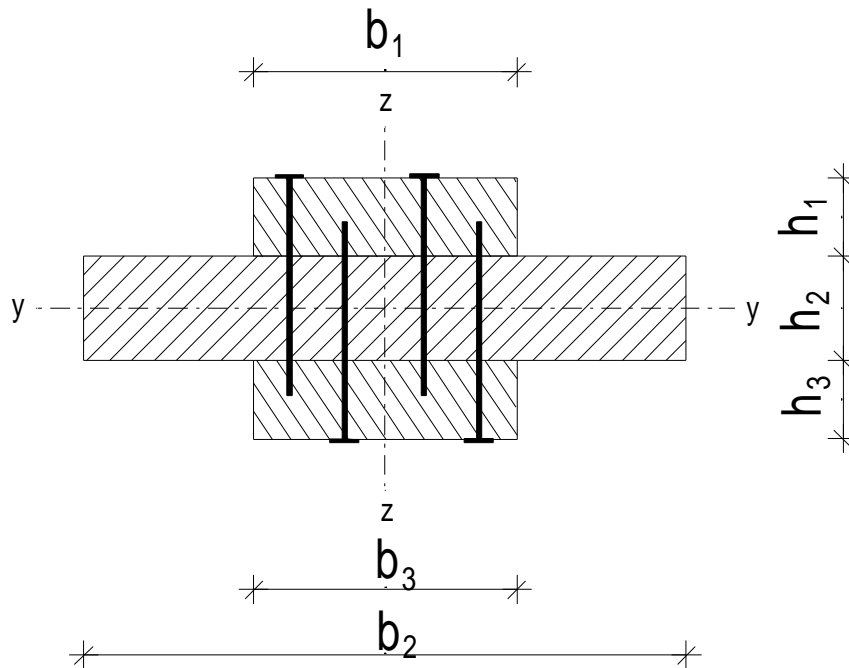
Nachweis gegen Kippen:

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{I \cdot h_2 \cdot 10^3}{\pi \cdot b_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} = 1,66$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{\text{rel},m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{\text{rel},m}; 1/\lambda_{\text{rel},m}^2)) = 0,36$$

$$\frac{\sigma_{m2} \cdot 0,5}{k_m \cdot f_{m,d}} = \underline{\underline{0,26 \leq 1}}$$

Mehrteiliger Biegeträger

**System:**

Es handelt sich hierbei um ein Einfeldträger.

Schwerpunkte aller Querschnitte fallen in einer Linie zusammen.

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 (n -Reihig):

$n = 4$

Abstand der fiktiv in eine Reihe geschobenen Verbindungsmittel über die das Querschnittsteil i an das Querschnittsteil 2 nachgiebig angeschlossen ist.

$s = 160 \text{ mm}$

Material:

Kantholz und Verstärkungen:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	ständig
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz";f _m k;FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz";fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
E =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
$E_{0,05}$ =	TAB("1052/Holz";E005;FK=FK)	=	733,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,60

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =		=	Nagel
Größe dxl =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	5.5x140
Durchmesser d =	TAB ("1052/VM";d; Bez=dxl)	=	5,50 mm
Länge l _S =	TAB ("1052/VM";l; Bez=dxl)	=	140,00 mm
f _{u,k} =	TAB("1052/VM";fuk;Typ=Typ)	=	600,00 N/mm ²

Biegesteifigkeit um die y-Achse und z-Achse

Wirksame Biegesteifigkeit:

Nach Tabelle G.1 Für Nägel in vorgebohrten Löchern

$$K_{ser,1[3]} = \frac{p_k^{1,5}}{20} * d = 1800,67 \text{ N/mm}$$

$$K_{1[3]} = \frac{2}{3} * K_{ser,1[3]} = 1200,45 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_{1[3]} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 * E * b_{1[3]} * h_{1[3]} * \frac{s}{n}}{K_{1[3]} * (L * 10^3)^2} \right)} = 0,429$$

$$\gamma_2 = 1,00$$

$$a_2 = 0,00 \text{ mm}$$

$$a_{1[3]} = \frac{h_2 + h_{1[3]}}{2} - a_2 = 60,00 \text{ mm}$$

$$E * (2 * b_{1[3]} * h_{1[3]}^3 / 12 + b_2 * h_2^3 / 12) = 95,82 * 10^9$$

$$2 * \gamma_{1[3]} * E * b_{1[3]} * h_{1[3]} * a_{1[3]}^2 = 220,85 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$\gamma_2 * E * b_2 * h_2 * a_2^2 = 0,00 * 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{ef,y} = \underline{\underline{316,67 * 10^9 \text{ Nmm}^2}}$$

$$EI_{ef,z} = E * \left(2 * h_{1[3]} * \frac{b_{1[3]}^3}{12} + h_2 * \frac{b_2^3}{12} \right) = \underline{\underline{795,64 * 10^9 \text{ Nmm}^2}}$$

Maximaler Bemessungswert des Biegemoments um die z-Achse

$$I_z = 2 * h_{1[3]} * \frac{b_{1[3]}^3}{12} + h_2 * \frac{b_2^3}{12} = 72,33 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$f_{m,d} = f_{m,k} * k_{mod} / 1,3 = 11,08 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{m,z,d} = M_d / I_z * b/2$ 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

$$M_d = \frac{\sigma_{m,z,d}}{\left(\frac{b_2}{2} \right)} * I_z * 10^{-6} = \underline{\underline{7,63 \text{ kNm}}}$$

Maximaler Bemessungswert der Querkraft (Biegung um die y-Achse)

Seitenhölzer

$$\text{Einbindetiefe } t_1 = 40,0 \text{ mm}$$

$$\text{Einbindetiefe } t_2 = l_s - (h_{1[3]} + h_2) = 20,0 \text{ mm}$$

$$t_{\text{req}} = 9 \cdot d = 49,5 \text{ mm}$$

1. Scherfuge

$$k_1 = 1,00$$

$$k_2 = \text{WENN}(t_1 < t_{\text{req}} ; t_1 / t_{\text{req}} ; 1) = 0,81$$

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 15143 \text{ Nmm}$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,1,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot p_k = 27,12 \text{ N/mm}^2$$

$$R_k = k_1 \cdot k_2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 1721,60 \text{ N}$$

$$R_{d[1]} = k_{\text{mod}} / 1,1 \cdot R_k = 939,05 \text{ N}$$

2. Scherfuge

$$k_1 = 1,00$$

$$k_2 = \text{WENN}(t_2 < t_{\text{req}} ; t_2 / t_{\text{req}} ; 1) = 0,40$$

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 15143 \text{ Nmm}$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,1,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot p_k = 27,12 \text{ N/mm}^2$$

$$R_k = k_1 \cdot k_2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 850,17 \text{ N}$$

$$R_{d[2]} = k_{\text{mod}} / 1,1 \cdot R_k = 463,73 \text{ N}$$

Bemessungswert der Schubkraft T_d pro Fugenlänge S (mm)

$$\text{Gleichung I) } T_d = V_{\text{max,d}} \cdot \gamma_{1[3]} \cdot E \cdot A_{1[3]} \cdot a_{1[3]} \cdot s_{1[3]} / (EI)_{\text{ef}}$$

$$\text{Term1} = \frac{\gamma_{1[3]} \cdot E \cdot b_{1[3]} \cdot h_{1[3]} \cdot a_{1[3]} \cdot s / EI_{\text{ef,y}}}{1} = 0,93$$

$$\text{Gleichung I) } T_d = V_{\text{max,d}} \cdot \text{Term1}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit von n Nägeln pro Scherfuge

$$\text{Gleichung II) } R_d = 2 \cdot (R_{d[1]} + R_{d[2]}) \cdot 10^{-3} = 2,81 \text{ kN}$$

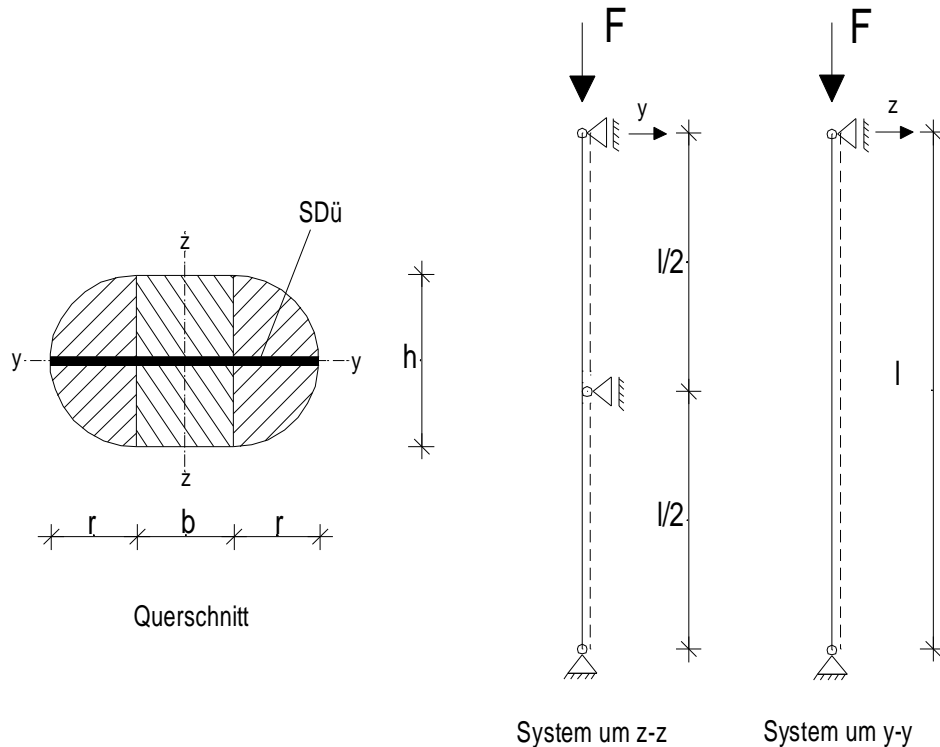
Gleichung I und II gleichgesetzt und nach $V_{\text{max,d}}$ umgeformt.

$$V_{\text{max,d}} = \frac{R_d}{\text{Term1}} = \underline{\underline{3,02 \text{ kN}}}$$

Mehrteiliger Druckstab mit nachgiebigem Verbund

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** für die Trägerheitsradien i_y und $i_{ef,z}$.



System:

Die einzelnen Teile des mehrteiligen Druckstabs bestehen aus dem gleichen Holzwerkstoff. 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("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C30
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	ständig
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED)	=	0,60
ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380 kg/m ³
E =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	12000 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("1052/Holz";E005;FK=FK)*10	=	8000 N/mm ²
20% Erhöhung der char. Werte ist nicht zulässig, da Faser durch Fräsen angeschnitten.			
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	23,00 N/mm ²
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	30,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =		=	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	S 355
Durchmesser d_{VM} =		=	20,00 mm
Teilsicherheitsbeiwert für auf Biegung beanspruchter Stifte aus Stahl			
γ_m =		=	1,1
Abstand der Verbindungsmittel untereinander		=	250,0 mm
s =		=	250,0 mm

Querschnittswerte :

y-Achse

$$I_y = \pi \frac{d^4}{64} + b \frac{h^3}{12} = \underline{\underline{307 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}}$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 45,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = b \cdot h = 30,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A = A_1 + A_2 = 75,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \underline{\underline{63,9 \text{ mm}}}$$

z- Achse nach γ -Verfahren

Verschiebungsmodul für SDü

$$K_{ser} = \frac{\rho_k}{20} \cdot d_{VM}^{1,5} = 7407,56 \text{ N/mm}$$

$$K = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = 4938,37 \text{ N/mm}$$

Dehnsteifigkeit

$$E_1 A_1 = E \cdot 0,5 \cdot A_1 = 271 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_1 A_1 \cdot s}{K \cdot (I_y \cdot 10^3)^2} \right)} = 0,183$$

$$I_{ef,z} = 2 \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^4 \cdot \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9 \cdot \pi} \right) + \frac{h \cdot b^3}{12} + 2 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{8} \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{4 \cdot d}{3 \cdot \pi} \right)^2 = \underline{\underline{191 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}}$$

$$i_{ef,z} = \sqrt{\frac{I_{ef,z}}{A}} = \underline{\underline{50,4 \text{ mm}}}$$

Maximaler Bemessungswert der Stützenlast

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda_y = \frac{l_y \cdot 10^3}{i_y} = 86,1$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{\text{rel,c}} = \frac{\lambda_y \cdot \sqrt{f_{\text{c,0,k}}}}{\pi \sqrt{E_{0,05}}} = 1,470$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS} = \text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel,c}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,c}}^2) = 1,697$$

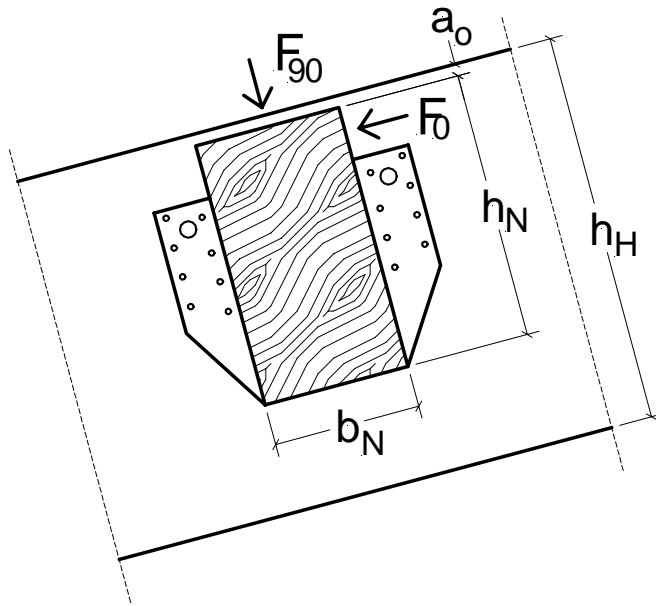
$$\text{Knickbeiwert } k_{\text{cy}} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel,c}}^2}}; 1\right) = 0,393$$

$$\lambda_{\text{ef,z}} = \frac{l_z \cdot 10^3}{i_{\text{ef,z}}} = 54,6$$

$$f_{\text{c,0,d}} = f_{\text{c,0,k}} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3 = 10,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\max F_d = (A \cdot f_{\text{c,0,d}} \cdot k_{\text{cy}}) \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{314 \text{ kN}}}$$

Balkenschuh



System:

Breite Nebenträger b_N =	100,00 mm
Höhe Nebenträger h_N =	200,00 mm
Breite Hauptträger b_H =	140,00 mm
Höhe Hauptträger h_H =	380,00 mm

oberer Abstand zwischen Haupt- und Nebenträger:

a_o =	0,00 mm
---------	---------

Belastung:

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

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	=	GL24c
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	lang

Nägel:

Verbindungsmitel Typ =	GEW("1052/VM"; Typ; N<3)	=	Rillennagel
Größe d _{xl} =	GEW("1052/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	4.0x50

Balkenschuh:

Beanspruchungsrichtung

B =	GEW("1052/BSR1"; B;)	=	zum Bodenblech
Ausnagelung A =	GEW("1052/BSR1"; A;)	=	voll
Balkenschuh Typ =	GEW("1052/BSR1"; BxH;)	=	100x140

d =	TAB ("1052/VM"; d; Bez=d _{xl})	=	4,00 mm
l _S =	TAB ("1052/VM"; l; Bez=d _{xl})	=	50,00 mm
R _{1,d} =	TAB("1052/BSR1"; R1.d; A=A; B=B; BxH=Typ; l=l _S)	=	16,80 kN
R _{2,d} =	TAB("1052/BSR2"; R2.d; BxH=Typ; HN=h _N ; l=l _S)	=	4,91 kN
B =	TAB("1052/BSR1"; b; BxH=Typ)	=	100,00 mm
H =	TAB("1052/BSR1"; h; BxH=Typ)	=	140,00 mm

Berechnung:

$$\text{Grundform } G = B + 2 * H = 380,00 \text{ mm}$$

Abstand oberster Nagel:

$$e = \text{WENN}(G < 260; 6; \text{WENN}(G < 500; 7; 10)) = 7,00 \text{ mm}$$

Korrekturfaktor:

$$f = \text{TAB}("1052/BSKor"; f; Kn=KLED) = 0,88$$

Abstand oberster Nagel bis Oberkante Hauptträger:

$$H_T = h_N - H + e + a_o = 67,00 \text{ mm}$$

Abstand oberster Nagel bis Unterkante Hauptträger:

$$a = h_H - H_T = 313,00 \text{ mm}$$

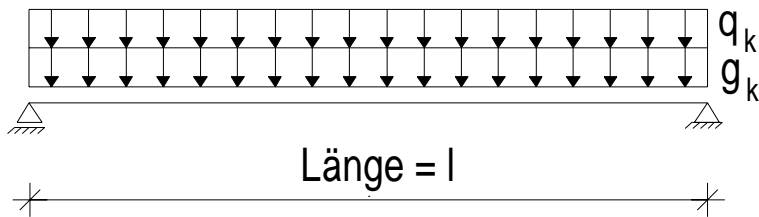
$$\frac{a}{h_H} = 0,82 > 0,7$$

-> kein Quersugnachweis erforderlich.

Nachweis:

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

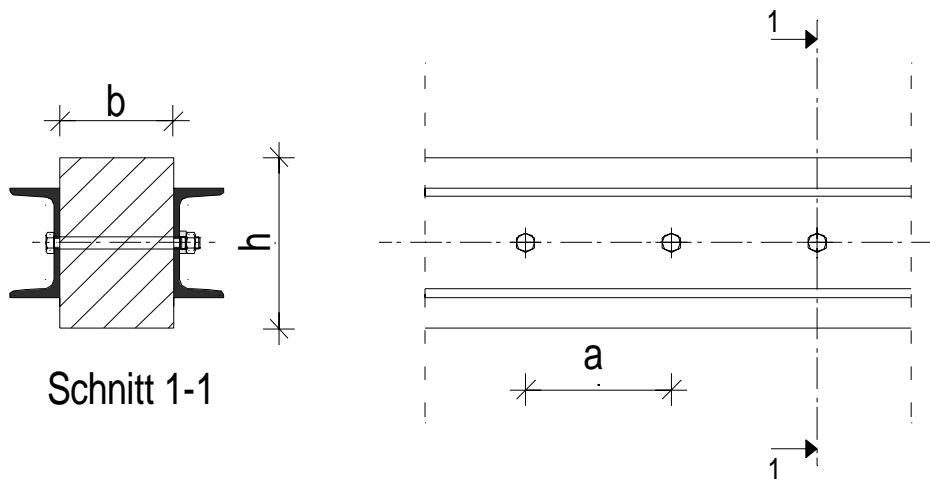
Balkenverstärkung mit U-Trägern



System:

Stützweite $l = 4,30 \text{ m}$

Belastung:

 $g_k = 5,00 \text{ kN/m}$ $q_k = 2,50 \text{ kN/m}$ 

Holzträger:

Querschnittswerte

Trägerhöhe $h = 220 \text{ mm}$ Trägerbreite $b = 150 \text{ mm}$

$$W_{y,H} = \frac{b \cdot h^2}{6} = 12,100 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,H} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 13,310 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Material

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED)	=	0,80
$k_{def} =$	TAB("1052/F1"; kdef; B=BS; N=NK)	=	0,60
$f_{y,m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK) * 10	=	11000 N/mm ²
Rohdichte $\rho_k =$	TAB("1052/Holz"; pk; FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{m,H} =$		=	1,3

Verstärkung U-Träger:**Material**

Träger Typ =	GEW("Stahl/U"; Bez;)	=	U 120
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;)	=	S235
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)	=	240 N/mm ²
E_S =	TAB("Stahl/DIN"; E; Bez=Stahl)	=	210000 N/mm ²
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{m,S}$ =			1,1

Querschnittswerte

Höhe h_s =	GEW("Stahl/U"; h; Bez=Typ)	=	120 mm
Breite b_s =	TAB("Stahl/U"; b; Bez=Typ)	=	55 mm
$W_{y,S}$ =	TAB("Stahl/U"; W_y ; Bez=Typ)*10 ³ * 2	=	12,14*10 ⁴ mm ³
$I_{y,S}$ =	TAB("Stahl/U"; I_y ; Bez=Typ)*10 ⁴ * 2	=	7,28*10 ⁶ mm ⁴

Verbindungsmittel:

Verbindungsmittel Typ =		=	Passbolzen
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM"; Bez; Typ=Typ)	=	4.6 / 4.8
Durchmesser d =		=	16,00 mm
Abstand untereinander in Faserrichtung			
Abstand 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

$$n = \frac{E_S}{E_{0,mean}} = 19,091$$

$$\varphi = \frac{I_{y,S}}{I_{y,H}} = 0,055$$

anteilige Beanspruchung auf Holz- und U-Trägern

$$E_{\Sigma} = E_{\text{Holz}} + E_{\text{Stahl}} \Rightarrow E = E_{\text{Holz}} + (n * \varphi) * E_{\text{Holz}} \Rightarrow E = E_{\text{Holz}} * (1 + n * \varphi)$$

Umformung nach $E_{d,Holz}$

$$E_{d,Holz} = \frac{E_d}{1 + n * \varphi} = 5,12 \text{ kN/m}$$

$$E_{d,Stahl} = E_d - E_{d,Holz} = 5,38 \text{ kN/m}$$

Bemessungsschnittgrößen

$$M_{d,Holz} = E_{d,Holz} * \frac{l^2}{8} = 11,83 \text{ kNm}$$

$$M_{d,Stahl} = E_{d,Stahl} * \frac{l^2}{8} = 12,43 \text{ kNm}$$

Nachweis der Biegezugspannungen

$$f_{m,y,d,H} = f_{y,m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_{m,H}} = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,y,d,S} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{m,S}} = 218,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,H} = \frac{M_{d,Holz} \cdot 10^6}{W_{y,H}} = 9,78 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,S} = \frac{M_{d,Stahl} \cdot 10^6}{W_{y,S}} = 102,39 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d,H}}{f_{m,y,d,H}} = \underline{0,66 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d,S}}{f_{m,y,d,S}} = \underline{0,47 \leq 1}$$

Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel

Beanspruchung pro Verbindungsmittel

$$N_d = E_{d,Stahl} \cdot \frac{a}{2} = 2,15 \text{ kN}$$

$$\text{Zugfestigkeit } f_{u,k} = \text{TAB}("1052/VM"; f_{u,k}; \text{Bez}=S) = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 162141 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rohdichte } \rho_k = \text{TAB}("1052/Holz"; \rho_k; \text{FK}=\text{FK}) = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 24,11 \text{ N/mm}^2$$

Mindesteinbindetiefe

$$t_{req} = 1,15 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} \cdot d}} = 67 \text{ mm}$$

$$\text{vorh. Einbindetiefe } t = b = 150 \text{ mm}$$

Faktoren k_1 und k_2 für Stahlblech-Holz-Verbindungen

$$k_1 = 1,00$$

$$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t}{t_{req}}; 1\right) = 1,00$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Abscheren $n=2$ Scherfugen

$$R_d = 2 \cdot \frac{k_{mod}}{1,1} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 16,27 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\frac{N_d}{R_d} = \underline{0,13 \leq 1}$$

Gebrauchstauglichkeitsnachweis:

$$E_{g,k} = g_k = 5,00 \text{ kN/m}$$

$$E_{q,k} = q_k = 2,50 \text{ kN/m}$$

$$E_{gq,k} = E_{g,k} + E_{q,k} = 7,50 \text{ kN/m}$$

anteilige Beanspruchung

$$E_{k,Holz} = \frac{E_{gq,k}}{1 + n \cdot \varphi} = 3,66 \text{ kN/m}$$

$$E_{k,Stahl} = E_{gq,k} - E_{k,Holz} = 3,84 \text{ kN/m}$$

Geamtlastanteil

$$F_H = \frac{E_{k,Holz}}{E_{gq,k}} = 0,49$$

$$F_S = \frac{E_{k,Stahl}}{E_{gq,k}} = 0,51$$

Durchbiegung

$$w_{G,inst,H} = \frac{5 \cdot F_H \cdot E_{g,k} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_{y,H}} = 7,45 \text{ mm}$$

$$w_{G,inst,S} = \frac{5 \cdot F_S \cdot E_{g,k} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{384 \cdot E_S \cdot I_{y,S}} = 7,43 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst,H} = \frac{5 \cdot F_H \cdot E_{q,k} \cdot (l \cdot 10^3)^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_{y,H}} = 3,72 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{G,inst,H} + w_{Q,inst,H} = 11,17 \text{ mm}$$

Charakteristische seltene Kombination

Beiwert ψ nach DIN 1055-100 Tabelle A 2

$$\psi_{2,1} = 0,30$$

$$w_{G,fin} = w_{G,inst,H} \cdot (1 + k_{def}) = 11,92 \text{ mm}$$

$$w_{Q,fin,1} = w_{Q,inst,H} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) = 4,39 \text{ mm}$$

$$w_{fin,1} = w_{G,fin} + w_{Q,fin,1} = 16,31 \text{ mm}$$

Quasi-ständige Bemessungssituation:

$$w_{Q,fin,2} = \psi_{2,1} \cdot w_{Q,inst,H} \cdot (1 + k_{def}) = 1,79 \text{ mm}$$

$$w_{fin,2} = w_{G,fin} + w_{Q,fin,2} = 13,71 \text{ mm}$$

Nachweis

Charakteristische seltene Kombination

$$\frac{w_{Q,inst,H}}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{300}\right)} = \underline{0,26 \leq 1}$$

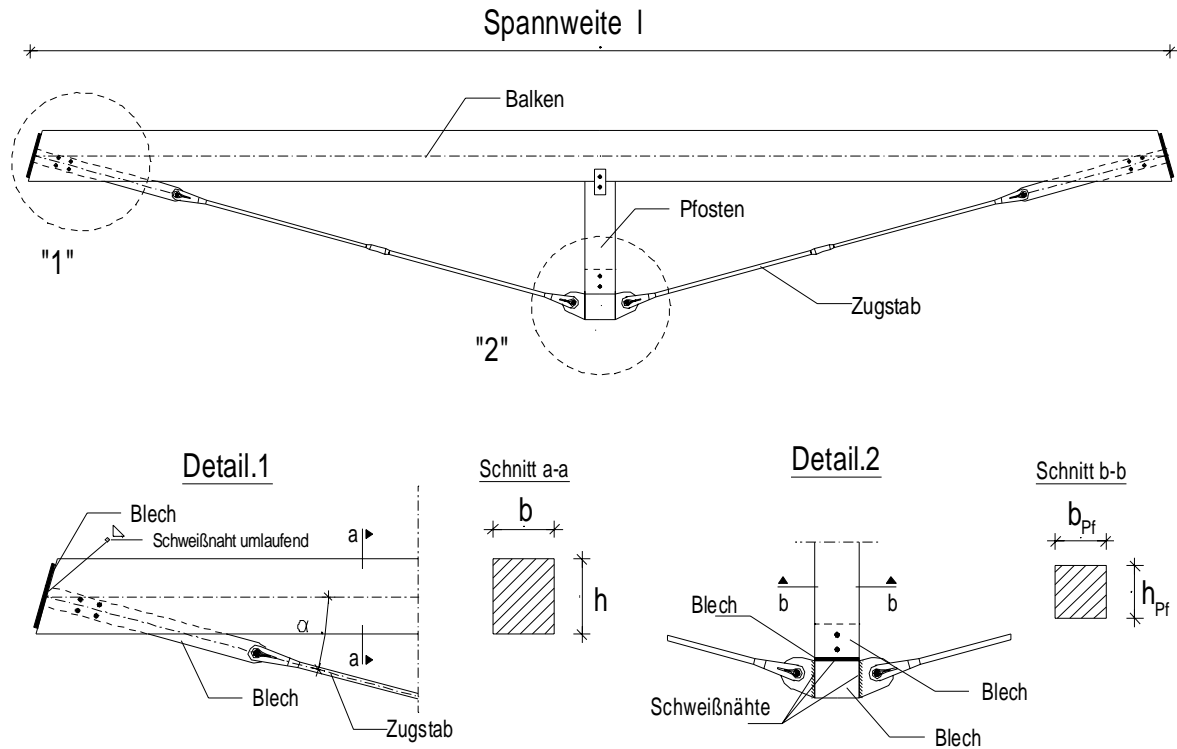
$$\frac{w_{fin,1} - w_{G,fin}}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{200}\right)} = \underline{0,20 \leq 1}$$

quasi-ständige Kombination

Überhöhung $w_0 = 0$ mm

$$\frac{w_{fin,2} - w_0}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{200}\right)} = \underline{0,64 \leq 1}$$

Verstärkter Balken durch untergespannten Zugstab

**System:**

Spannweite $l = 8,10 \text{ m}$
 Winkel $\alpha = 13,00^\circ$

Gegen Kippen und Knicken ist der Balken in Trägermitte seitlich gegen Ausweichen gehalten.
 Die Nachweise für die Stahlbleche und Schweißnähte werden hier nicht geführt.

Querschnitt:

Holz
 Balkenbreite $b = 250 \text{ mm}$
 Balkenhöhe $h = 270 \text{ mm}$
 Pfostenbreite $b_{Pf} = 200 \text{ mm}$
 Pfostenhöhe $h_{Pf} = 200 \text{ mm}$

Detail 1:

Blech
 Breite $b_{Bl} = 210 \text{ mm}$
 Länge $l_{Bl} = 240 \text{ mm}$
 Dicke $t_2 = 24 \text{ mm}$
 Schweißnahtdicke $t_s = 4 \text{ mm}$

Beanspruchung:

$G_k = 5,50 \text{ kN/m}$
 $Q_k = 4,50 \text{ kN/m}$

Material:Holzbalken

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("1052/Holz";fc90k;FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
$E_{0,mean}$ =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	2 / 3 * $E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	690,00 N/mm ²
G_{05} =	2 / 3 * G_{mean}	=	460,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80

Zugband

Detan Zugstab nach Zulassung Z-14.4-432

Durchmesser Zugstab d_S = GEW("Halben/Zugstab"; d_S ;) = 27 mmTragfähigkeit Z_d = TAB("Halben/Zugstab"; Z_d ; d_S = d_S) = 209 kN**Berechnung:**

Bemessungswerte der Festigkeiten

$f_{m,d}$ =	$k_{mod} * f_{m,k} / 1,3$	=	14,77 N/mm ²
$f_{c,0,d}$ =	$k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3$	=	12,92 N/mm ²
$f_{c,90,d}$ =	$k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3$	=	1,54 N/mm ²
$f_{v,d}$ =	$k_{mod} * f_{v,k} / 1,3$	=	1,23 N/mm ²
E_d =	$1,35 * G_k + 1,5 * Q_k$	=	14,18 kN/m

Biegemomente

$$M_{y,Feld} = \frac{9}{512} * E_d * l^2 = 16,35 \text{ kN/m}$$

$$M_{y,Stütze} = \frac{-1}{32} * E_d * l^2 = -29,07 \text{ kN/m}$$

Zugkraft in der Unterspannung

$$N_{t,d} = \frac{5}{16} * E_d * \frac{l}{\sin(\alpha)} = 159,56 \text{ kN}$$

Druckkraft im Balken

$$N_{c,d,Ba} = \frac{-5}{16} * E_d * \frac{l}{\tan(\alpha)} = -155,47 \text{ kN}$$

Druckkraft im Pfosten

$$N_{c,d,Pf} = \frac{-5}{8} * E_d * l = -71,79 \text{ kN}$$

Nachweis der Stabilität bei $x = l/4$

Ersatzstablänge

Faktor β = 1,00

$$l_{ef} = \beta * \frac{l}{2} = 4,0 \text{ m}$$

Überprüfung Kippgefahr

$$I_{ef} \cdot 10^3 \cdot \frac{h}{b} = \underline{17,3 \leq 140}$$

Kippen ist nicht relevant.

Schlankheiten

$$i_y = 0,289 \cdot h = 78,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 0,289 \cdot b = 72,3 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{I_{ef} \cdot 10^3}{i_y} = 51,28$$

$$\lambda_z = \frac{I_{ef} \cdot 10^3}{i_z} = 55,33$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}}{\pi} = 0,873$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}}{\pi} = 0,942$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz";0,1;0,2}) = 0,20$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,z} - 0,3) + \lambda_{rel,c,z}^2) = 1,01$$

$$k_{c,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}}; 1\right) = 0,73$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,y} - 0,3) + \lambda_{rel,c,y}^2) = 0,94$$

$$k_{c,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}}; 1\right) = 0,78$$

Nachweis der Stabilität für $\sigma_{m,z,d} = 0$

$$A = b \cdot h = 6,75 \cdot 10^4$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 3,038 \cdot 10^6$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{\text{abs}(N_{c,d,Ba} \cdot 10^3)}{A} = 2,30 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,1} = \frac{M_{y,Feld} \cdot 10^6}{W_y} = 5,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{I_{ef} \cdot h \cdot 10^2}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} = 0,08$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d,1}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \underline{0,59 \leq 1}$$

k_{red} für Rechteckquerschnitte

$$k_{red} = \text{WENN}(h/b < 4 \text{ ODER } h/b = 4; 0,7; 1,0) = 0,70$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_{red} * \frac{\sigma_{m,y,d,1}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{0,50 \leq 1}$$

Nachweis der Spannung für $\sigma_{m,z,d} = 0$ bei $x = l/2$

$$\sigma_{m,y,d,2} = \frac{\text{abs}(M_{y,\text{Stütze}}) * 10^6}{W_y} = 9,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,2}}{f_{m,d}} = \underline{0,68 \leq 1}$$

Nachweis der Zugstäbe

$$\frac{N_{t,d}}{Z_d} = \underline{0,76 \leq 1}$$

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 $l_1 < 2h$

$$k_{c,90} = 1,0$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{\text{abs}(N_{c,d,Pf}) * 10^3}{A_{ef,1}} = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} = \underline{0,90 \leq 1}$$

Nachweis Druck parallel zur Faser Anschluss Pfosten/Stahlteil

$$A_{ef,2} = b_{Pf} * h_{Pf} = 4,00 * 10^4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{\text{abs}(N_{c,d,Pf}) * 10^3}{A_{ef,2}} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \underline{0,14 \leq 1}$$

Nachweis Anschluss Unterspannung Detail 1

$$A_{\text{brutto}} = b_{\text{Bl}} * l_{\text{Bl}} = 5,04 * 10^4 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Netto}} = b_{\text{Bl}} * (l_{\text{Bl}} - t_s - t_2) = 4,45 * 10^4 \text{ mm}^2$$

$$N_{\text{c,a,d}} = N_{\text{t,d}} = 159,56 \text{ kN}$$

Nach DIN 1052:2008-12 10.2.5 darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{\text{v,d}}$ bei Nadelvollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz um 40% erhöht werden.

$$f_{\text{c,a,d}} = \frac{f_{\text{c,0,d}}}{\sqrt{\left(\frac{f_{\text{c,0,d}}}{f_{\text{c,90,d}}} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{\text{c,0,d}}}{f_{\text{v,d}} * 1,5 * 1,4} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 8,55 \text{ N/mm}^2$$

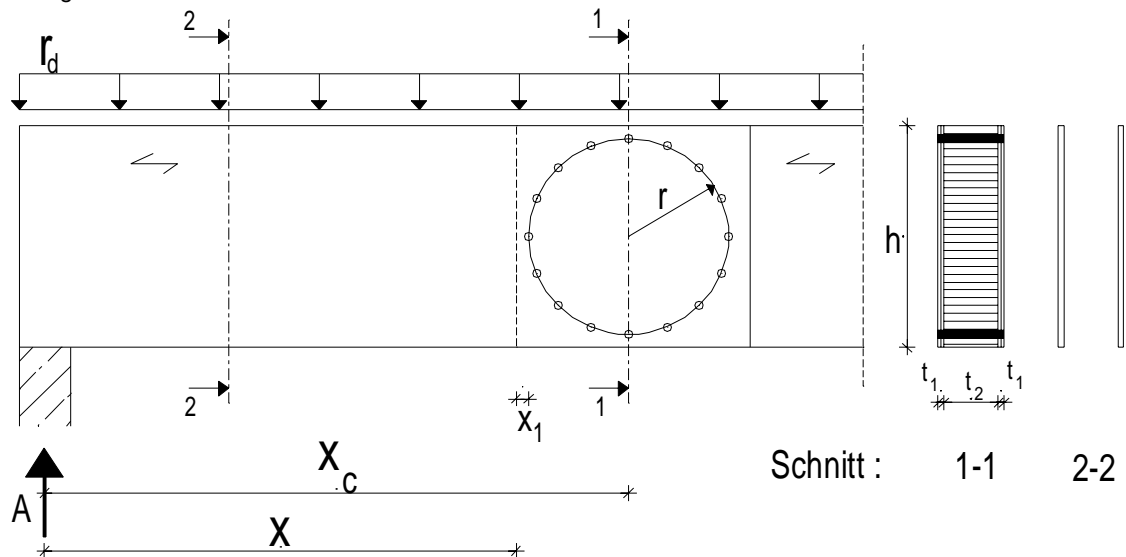
$$k_{\text{c,a}} = \frac{1}{1 + (k_{\text{c,90}} - 1) * \text{SIN}(\alpha)} = 1,00$$

$$\sigma_{\text{c,a,d}} = \frac{N_{\text{c,a,d}} * 10^3}{A_{\text{Netto}}} = 3,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{\text{c,a,d}}}{k_{\text{c,a}} * f_{\text{c,a,d}}} = \underline{\underline{0,42 \leq 1}}$$

Biegesteifer Anschluss SPH-Platten an Holzträger mit SDü verbunden

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

Belastung :

Streckenlast $r_d =$	9,00 kN/m
----------------------	-----------

Material:

Träger		
Material Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= GL24h
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz";fmk;FK=FK)*10	= 24,00 N/mm ²
Rohdichte Holzträger $\rho_k =$	TAB("1052/Holz"; ρ_k ; FK=FK)	= 380 kg/m ³

Sperrholzplatten

Festigkeitsklasse $FK_{SPH} =$	GEW("1052/Sperr";FK;)	= F40/40
Rohdichte $\rho_{k,SPH} =$	TAB("1052/Sperr"; ρ_k ; FK=FK _{SPH})	= 600,0 kg/m ³

Die Bemessungswerte für Scheibenbeanspruchung, parallel zur Faser-bzw. Spanrichtung in der Decksicht

$f_{m,k,SPH} =$	TAB("1052/Sperr";fmk;A="Scheibe";R="parallel";FK=FK _{SPH})	= 29,00 N/mm ²
$f_{v,k,SPH} =$	TAB("1052/Sperr";fvk;A="Scheibe";R="parallel";FK=FK _{SPH})	= 11,00 N/mm ²

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL:	GEW("1052/F1";N;)	= 2
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,90

Abstand x vom Auflager entfernt an dem der Träger abgeschnitten wird.

gew. Abstand x = 1,10 m

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("1052/VM";Bez;Typ=Typ) = S 355
 Durchmesser d = 16 mm

Teilsicherheitsbeiwert für auf Biegung beanspruchter Stifte aus Stahl

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_m = 1,1$

Anzahl der SDÜ entsprechend obiger

Gesamtanzahl VM n = 16

Dübelradius r = 0,550 m

Abstand $x_1 \geq a_{1,t}$ Beanspruchtes Hirnholz

$x_{1min} = \text{MAX}(7*d;80)*10^{-3} = 0,112 \text{ m}$

gewählt $x_1 = 0,150 \text{ m}$

Bemessung:

Träger und SPH-Platten sind seitlich gehalten.

SPH-Platte

Lochleibung $f_{h,1,k} = 0,11 * (1 - 0,01*d) * \rho_{k,SPH} = 55,44 \text{ N/mm}^2$

Holz-Träger

Beiwert bzgl. Holzart $k_{90} = \text{WENN}(\text{Mat}="Laubholz";0,9;1,35)+0,015*d = 1,59$

bzw. VM-Durchmesser $k_{90} = \text{WENN}(d \leq 8; 1; k_{90}) = 1,59$

Lochleibung $f_{h,2,k} = \frac{0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k}{k_{90} * (\sin(90)^2 + \cos(90)^2)} = 16,5 \text{ N/mm}^2$

Verhältnis der Lochleibungsfestigkeit

Verhältniswert $\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,30$

Zugfestigkeit $f_{u,k} = \text{TAB}("1052/VM";f_{uk};Bez=S) = 510 \text{ N/mm}^2$

FlieBmoment $M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 206730 \text{ Nmm}$

$t_{1,req} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} * d}} = 52 \text{ mm}$

$t_{2,req} = 1,15 * \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} * \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} * d}} = 113 \text{ mm}$

$k_2 = \text{MIN}\left(\frac{t_1}{t_{1,req}}; \frac{t_2}{t_{2,req}}; 1\right) = 0,96$

$k_1 = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} = 0,68$

$R_k = k_1 * k_2 * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,1,k} * d} * 10^{-3} = 12,50 \text{ kN}$

$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * R_k = 10,23 \text{ kN}$

Tragfähigkeitsnachweis für den maximal beanspruchten SDü

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

Tragfähigkeitsnachweise für das Sperrholz

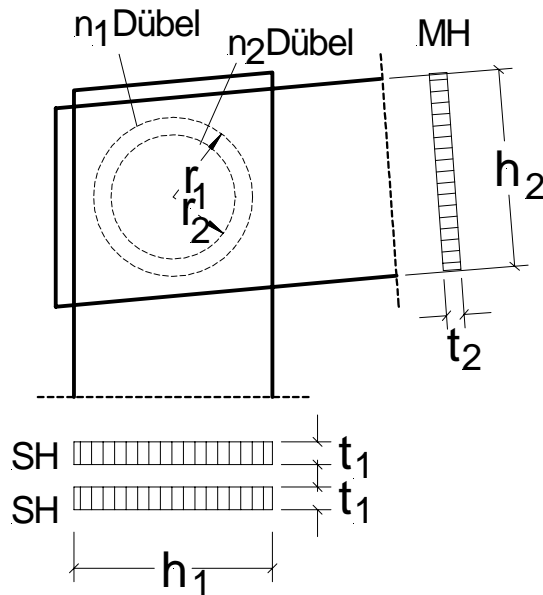
Biegespannungsnachweis

$$\begin{aligned}
 M_{x,d} &= A_d \cdot x - r_d \cdot \frac{x^2}{2} &= & 88,61 \text{ kNm} \\
 W_y &= 2 \cdot t_1 \cdot \frac{h^2}{6} &= & 28,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\
 \sigma_{m,d} &= \frac{M_{x,d} \cdot 10^6}{W_y} &= & 3,15 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{m,d} &= f_{m,k,SPH} \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{1,3} &= & 20,08 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Nachweis :} \\
 \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} &= &= & \underline{\underline{0,16 \leq 1}}
 \end{aligned}$$

Schubspannungsnachweis

$$\begin{aligned}
 V_{x,d} &= A_d - r_d \cdot x &= & 75,60 \text{ kN} \\
 A &= 2 \cdot t_1 \cdot h &= & 130,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\
 \tau_d &= 1,5 \cdot \frac{V_{x,d} \cdot 10^3}{A} &= & 0,87 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{v,d} &= f_{v,k,SPH} \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{1,3} &= & 7,62 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Nachweis :} \\
 \frac{\tau_d}{f_{v,d}} &= &= & \underline{\underline{0,11 \leq 1}}
 \end{aligned}$$

Gedübelte Rahmenecke



System:

Seitenholzdicke t_1 =	12,00 cm
Seitenholzhöhe h_1 =	110,00 cm
Mittelholzdicke t_2 =	20,00 cm
Seitenholzhöhe h_2 =	110,00 cm
Neigungswinkel δ =	14,00 °
Dübelkreisradius r_1 =	49,00 cm
Dübelkreisradius r_2 =	39,00 cm
Anzahl der Dübel im äußeren Kreis n_1 =	25 Stück
Anzahl der Dübel im inneren Kreis n_2 =	20 Stück

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24h
Verbindungsmitteletyp Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N>2)	=	Stabdübel
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	S 235
Durchmesser d =		=	20,00 mm
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	360,00 N/mm ²
ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Belastung:

SH - Stiel:

$$F_{c,dSH} = 138,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,dSH} = 94,50 \text{ kN}$$

MH - Stiel:

$$F_{c,dMH} = 125,10 \text{ kN}$$

$$F_{v,dMH} = 111,10 \text{ kN}$$

$$M_d = 275,00 \text{ kNm}$$

Berechnung:**Mindestabstände zwischen den Dübeln:**

$$a_{z,1} = 6 * d = 120,00 \text{ mm}$$

$$a_{z,2} = 5 * d = 100,00 \text{ mm}$$

$$a_{1,t} = 7 * d = 140,00 \text{ mm}$$

$$a_{2,c} = 3 * d = 60,00 \text{ mm}$$

Maximale Kreisradien

$$r_{1max} = 0,5 * \text{MIN}(h_1; h_2) - a_{2,c} / 10 = 49,00 \text{ cm}$$

$$r_{2max} = r_1 - a_{z,2} / 10 = 39,00 \text{ cm}$$

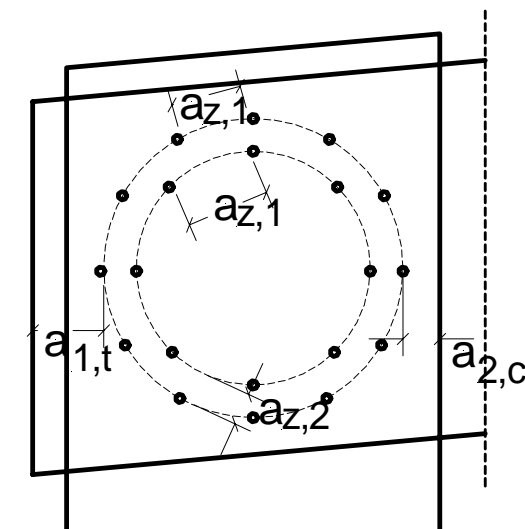
$$r_1 / r_{1max} = 1,00 \leq 1$$

$$r_2 / r_{2max} = 1,00 \leq 1$$

Anzahl der Dübel auf den Kreisen:

$$\frac{n_1}{2 * \pi * \frac{r_1}{6 * \frac{d}{10}}} = 0,97 \leq 1$$

$$\frac{n_2}{2 * \pi * \frac{r_2}{6 * \frac{d}{10}}} = 0,98 \leq 1$$



Bemessungswerte der Beanspruchung

Belastung der Dübel:

aus Moment (SH und MH)

$$F_{M,d} = \frac{r_1}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} \cdot M_d \cdot 10^2 = 14,90 \text{ kN}$$

aus Längskraft Stiel SH:

$$F_{N,dSH} = \frac{F_{c,dSH}}{n_1 + n_2} = 3,07 \text{ kN}$$

aus Querkraft Stiel SH:

$$F_{V,dSH} = \frac{F_{v,dSH}}{n_1 + n_2} = 2,10 \text{ kN}$$

aus Längskraft Riegel MH:

$$F_{N,dMH} = \frac{F_{c,dMH}}{n_1 + n_2} = 2,78 \text{ kN}$$

aus Querkraft Riegel MH:

$$F_{V,dMH} = \frac{F_{v,dMH}}{n_1 + n_2} = 2,47 \text{ kN}$$

maßgebende Dübelbeanspruchung:

Stiel SH:

$$F_{SH,d,max} = F_{M,d} + \sqrt{F_{V,dSH}^2 + F_{N,dSH}^2} = 18,62 \text{ kN}$$

Riegel MH:

$$F_{MH,d,max} = F_{M,d} + \sqrt{F_{V,dMH}^2 + F_{N,dMH}^2} = 18,62 \text{ kN}$$

maßgebende Querkraft im Verbindungsbereich:

$$V_M = \frac{M_d}{\pi} \cdot \frac{n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} \cdot 10^2 = 194,05 \text{ kN}$$

Stiel SH:

$$F_{V,SH,d} = V_M \cdot \frac{F_{v,dSH}}{2} = 146,80 \text{ kN}$$

Riegel MH:

$$F_{V,MH,d} = V_M \cdot \frac{F_{v,dMH}}{2} = 138,50 \text{ kN}$$

Schubbeanspruchung:

$$A_{SH} = t_1 \cdot h_1 = 1320,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{MH} = t_2 \cdot h_2 = 2200,00 \text{ cm}^2$$

Stiel SH:

$$\tau_{SH,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_{V,SH,d}}{2 \cdot A_{SH}} \cdot 10 = 0,83 \text{ N/mm}^2$$

Riegel MH:

$$\tau_{MH,d} = \frac{3}{2} * \frac{F_{V,MH,d}}{A_{MH}} * 10 = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

Winkel zwischen Kraft und Faserrichtung:

Stiel:

$$\alpha_{1SH} = \text{atan} \left(\frac{\text{abs}(F_{V,dSH})}{\text{abs}(F_{N,dSH})} \right) = 34,4^\circ$$

$$\alpha_{2SH} = 180 - \alpha_{1SH} - 90 - \delta = 41,60^\circ$$

Riegel:

$$\alpha_{1MH} = \text{atan} \left(\frac{\text{abs}(F_{V,dMH})}{\text{abs}(F_{N,dMH})} \right) = 41,6^\circ$$

$$\alpha_{2MH} = 180 - \alpha_{1MH} - 90 - \delta = 34,40^\circ$$

Lochleibungsfestigkeit für vorgebohrte Hölzer:

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,65$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * p_k = 24,93 \text{ N/mm}^2$$

Stiel:

$$k_{\alpha 1SH} = k_{90} * \text{SIN}(\alpha_{1SH})^2 + \text{COS}(\alpha_{1SH})^2 = 1,21$$

$$k_{\alpha 2SH} = k_{90} * \text{SIN}(\alpha_{2SH})^2 + \text{COS}(\alpha_{2SH})^2 = 1,29$$

$$f_{h,1,kSH} = f_{h,0,k} / k_{\alpha 1SH} = 20,60 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,kSH} = f_{h,0,k} / k_{\alpha 2SH} = 19,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{SH} = f_{h,2,kSH} / f_{h,1,kSH} = 0,94$$

Riegel:

$$k_{\alpha 1MH} = k_{90} * \text{SIN}(\alpha_{1MH})^2 + \text{COS}(\alpha_{1MH})^2 = 1,29$$

$$k_{\alpha 2MH} = k_{90} * \text{SIN}(\alpha_{2MH})^2 + \text{COS}(\alpha_{2MH})^2 = 1,21$$

$$f_{h,1,kMH} = f_{h,0,k} / k_{\alpha 1MH} = 19,33 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,kMH} = f_{h,0,k} / k_{\alpha 2MH} = 20,60 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{MH} = f_{h,2,kMH} / f_{h,1,kMH} = 1,07$$

Fließmoment:

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 260,68 * 10^3 \text{ Nmm}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

Stiel SH:

charakteristischer Wert der Verbindungsmittel pro Scherfuge:

$$k_{\beta,SH} = \sqrt{2 * \frac{\beta_{SH}}{1 + \beta_{SH}}} = 0,98$$

$$R_{SH,k} = k_{\beta,SH} * \frac{\sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,1,kSH} * d}}{10^3} = 14,36 \text{ kN}$$

$$R_{SH,d} = 0,85 * k_{mod} * \frac{R_{SH,k}}{1,1} = 9,99 \text{ kN}$$

Riegel MH:

charakteristischer Wert der Verbindungsmittel pro Scherfuge:

$$k_{\beta, \text{MH}} = \sqrt{2 * \beta_{\text{MH}} / (1 + \beta_{\text{MH}})} = 1,02$$

$$R_{\text{MH},k} = k_{\beta, \text{MH}} * \frac{\sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,1,k\text{MH}} * d}}{10^3} = 14,48 \text{ kN}$$

$$R_{\text{MH},d} = 0,85 * k_{\text{mod}} * \frac{R_{\text{MH},k}}{1,1} = 10,07 \text{ kN}$$

Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = f_{v,k} * k_{\text{mod}} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen

Tragfähigkeit der Scherfugen:

Stiel SH:

$$\frac{F_{\text{SH},d,\text{max}}}{2 * R_{\text{SH},d}} = \underline{\underline{0,93 \leq 1}}$$

Riegel MH:

$$\frac{F_{\text{MH},d,\text{max}}}{2 * R_{\text{MH},d}} = \underline{\underline{0,92 \leq 1}}$$

Schubspannung im Verbindungsbereich:

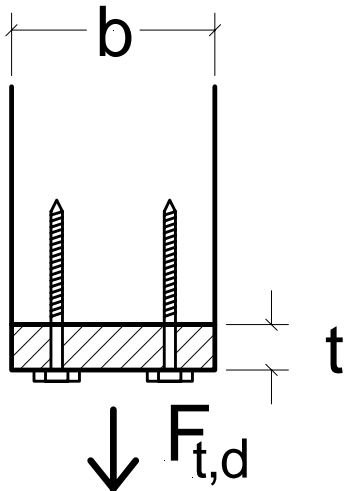
Stiel SH:

$$\frac{\tau_{\text{SH},d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,48 \leq 1}}$$

Riegel MH:

$$\frac{\tau_{\text{MH},d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,54 \leq 1}}$$

Holzschraube auf Herausziehen



System:

Stahlplattendicke $t = 6,00 \text{ mm}$
 Winkel zwischen Holzschraube und Faser:
 $\alpha = 90,00^\circ$

Einwirkungen:

Zugkraft $F_{t,d} = 3,00 \text{ kN}$

Material:

Baustoff BS = GEW("1052/F1"; B;) = Brettschichtholz
 Festigkeitsklasse FK = GEW("1052/Holz";FK; B=BS) = GL24c
 Nutzungsklasse NK = GEW("1052/F1"; N; B=BS) = 1
 KLED = GEW("1052/F1"; K;) = ständig

Befestigungsnägel:

Verbindungsmitel Typ = GEW("1052/VM";Typ;N=2) = Holzschraube
 Größe d_{xl} = GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ) = 10.0x80
 Tragfähigkeitsklasse TK₁ = 2
 Tragfähigkeitsklasse TK₂ = A

Sollte keine Stahlplatte unterlegt sein, sind Unterlegscheiben zu verwenden:

$d_U = 17,00 \text{ mm}$

$\rho_k = \text{TAB}(\text{"1052/Holz";rhok;FK=FK}) = 350,00 \text{ kg/m}^3$
 $l_S = \text{TAB}(\text{"1052/VM";l;Bez=dxl}) = 80,00 \text{ mm}$
 $d_S = \text{TAB}(\text{"1052/VM";d;Bez=dxl}) = 10,00 \text{ mm}$
 $k_{\text{mod}} = \text{TAB}(\text{"1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK}) = 0,60$

Berechnung:

$$\begin{aligned}
 f_1 &= \text{WENN}(\text{TK}_1=1;60;\text{WENN}(\text{TK}_1=2;70;80)) &= & 70 \\
 f_{1,k} &= f_1 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{MIN}(500; \rho_k))^2 &= & 8,57 \text{ N/mm}^2 \\
 f_2 &= \text{WENN}(\text{TK}_2=\text{"A"};60;\text{WENN}(\text{TK}_2=\text{"B"};80;100)) &= & 60 \\
 f_{2,k} &= f_2 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{MIN}(500; \rho_k))^2 &= & 7,35 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Charakteristischer Auszieh Widerstand einer Holzschraube:

$$R_{ax,k,A} = f_{1,k} \cdot d_S \cdot \frac{(l_S - t)}{\sin(\alpha)^2 + \frac{4}{3} \cdot \cos(\alpha)^2} = 6341,80 \text{ N}$$

Kopfdurchziehen ist hier nicht maßgebend, da sich unter dem Schraubenkopf ein Stahlplatte befindet:

$$R_{ax,k,K} = f_{2,k} \cdot d_U^2 = 2124,15 \text{ N}$$

Tragfähigkeit nach der Schraubenfestigkeit

$$R_{ax,k,S} = 75 \cdot \pi \cdot (0,9 \cdot d_S)^2 = 19085,16 \text{ N}$$

maßgebend:

$$R_{ax,k} = \text{MIN}(R_{ax,k,A}; R_{ax,k,S}) = 6341,80 \text{ N}$$

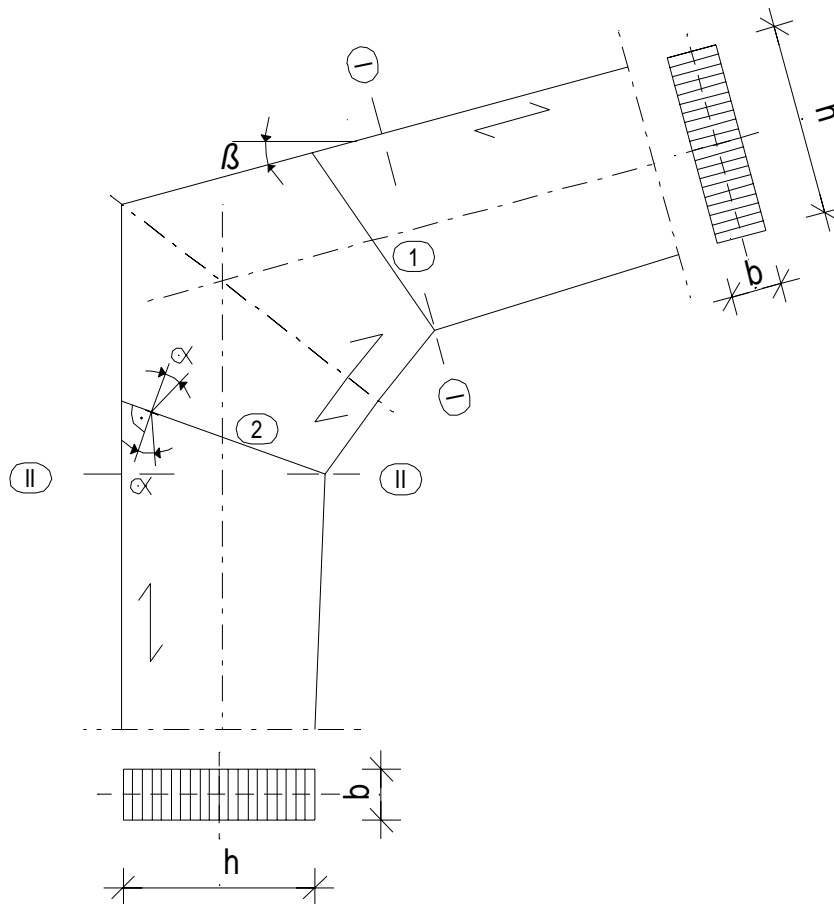
Bemessungswert der Schraubentragfähigkeit:

$$R_{ax,d} = k_{mod} \cdot R_{ax,k} / 1,25 = 3044,06 \text{ N}$$

Ermittlung der erforderlichen Schraubenanzahl:

$$n_{req} = \frac{F_{t,d} \cdot 10^3}{R_{ax,d}} = 0,99 \text{ Stück}$$

Rahmenecke : Keilzinkenstoß mit Zwischenstück

**Annahme:**

Die Schnittgrößen wurden nach Theorie II. Ordnung mit der maßgebenden Einwirkungskombination 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 $N_d = 120 \text{ kN}$

Annahme : Es treten nur negative Eckmomente auf.

Bei positiven Eckmomenten (z.B. bei geringer Auflast und hoher Windlast) treten im Bereich der Universal-Keilzinkenverbindung Querkzugspannungen auf, welche die Tragfähigkeit der Rahmenecke drastisch reduzieren! Nach dem Vorschlag von HEIMESHOF ist die rechnerische Tragfähigkeit der Rahmenecke bei positivem Eckmoment nur bis zu 20% auszunutzen.

Moment $M_{y,d} = 220 \text{ kNm}$

System

Breite $b = 18,00 \text{ cm}$

Höhe $h = 120,00 \text{ cm}$

$\beta = 11,80^\circ$

Winkel zw. Faserrichtung und Beanspruchungsrichtung in den Keilzinkenungen zwischen Stiel bzw. Riegel und Zwischenstück

Winkel $\alpha = (90^\circ/\beta)/4 = 19,55^\circ$

Material

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	Brettschichtholz
Äste führen im Bereich von Universal-Keilzinkenverbindungen zu einer Verminderung der Tragfähigkeit. Zur Berücksichtigung dieses Einflusses sind als charakteristische Werte der Tragfähigkeit die jeweils nächst niedrigen Werte anzusetzen. (z.B.: vorh. BS=GL34h, für die Bemessung gew.: BS=GL32h)		
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	= GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	= 2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	= kurz
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	= 0,90
ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	= 410,00 kg/m ³
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	= 28,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	= 26,50 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	= 3,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	= 2,50 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 =	$b \cdot h^{4/5}$	= 1728 cm ²
W_y =	$b \cdot h^2 / 6^{4/5}$	= 34560 cm ³

Bemessungswerte der Festigkeiten

$f_{m,d}$ =	$k_{mod} / 1,3 \cdot f_{m,k}$	= 19,38 N/mm ²
$f_{c,0,d}$ =	$k_{mod} / 1,3 \cdot f_{c,0,k}$	= 18,35 N/mm ²
$f_{c,90,d}$ =	$k_{mod} / 1,3 \cdot f_{c,90,k}$	= 2,08 N/mm ²
$f_{v,d}$ =	$k_{mod} / 1,3 \cdot f_{v,k}$	= 1,73 N/mm ²

Bemessungswerte der Beanspruchungen

$\sigma_{c,0,d}$ =	$\frac{N_d}{A} \cdot 10$	= 0,69 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$ =	$\frac{\text{abs}(M_{y,d})}{W_y} \cdot 10^3$	= 6,37 N/mm ²

Nachweis der Querschnittstragfähigkeit

Die Schnittgrößen wurden nach Theorie II. Ordnung ermittelt

$$k_c = 1$$

Druckfestigkeit unter dem Winkel α

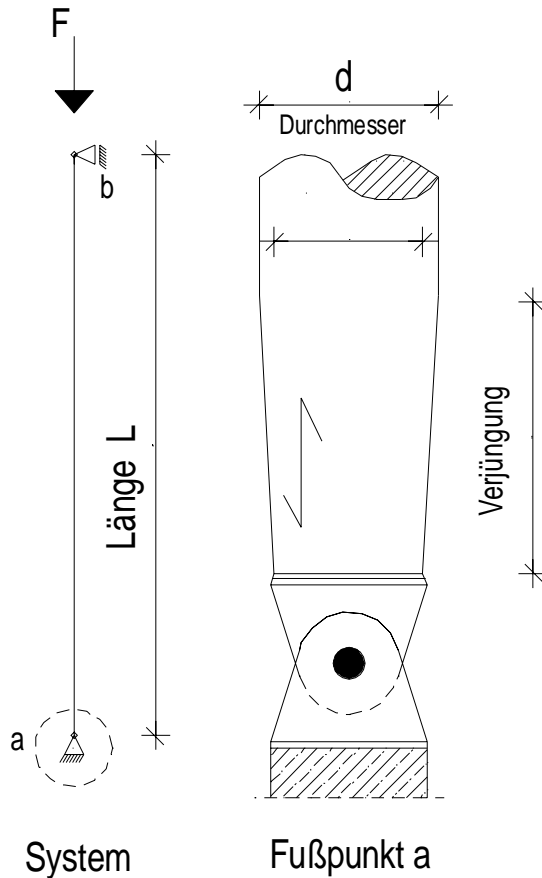
$$f_{c,a,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d} \cdot 2} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} \cdot 2} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 9,38 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,a,d}} \cdot \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right) = \underline{0,72 \leq 1}$$

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("1052/Holz";B;)	=	Nadelholz
FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=Mat)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=Mat; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Schlitzbleche S235 t= 8mm, Schlitzbreite 10 mm**Verbindungsmittel:**

Anordnung der SDü parallel zur Faserrichtung

Verbindungsmittel Typ =	Stabdübel		
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	S 235
Durchmesser d =		=	20,00 mm
Zugfestigkeit $f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	360,00 N/mm ²
Holztiefe/Einschlagtiefe			
t_1 =	115 mm		

Berechnung der Tragfähigkeit:

Vereinfachtes Verfahren

$$\text{Fließmoment } M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 260676 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rohdichte } \rho_k = \text{TAB}(\text{"1052/Holz";rhok;FK=FK}) = 350,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Lochleibung } f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 22,96 \text{ N/mm}^2$$

Mindesteinbindetiefe

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} \cdot d}} = 110 \text{ mm}$$

Faktoren k_1 und k_2 für Stahlblech-Holz-Verbindungen (Innenblech)

$$k_1 = \sqrt{2} = 1,41$$

$$k_2 = \text{MIN}(t_1 / t_{\text{req}}; 1) = 1,00$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Abscheren pro Scherfuge und VM

$$R_d = k_{\text{mod}} / 1,1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 17,85 \text{ kN}$$

erforderliche Anzahl VM

$$n_{\text{req}} = \frac{F_d}{2 \cdot R_d} = 11,76$$

gewählt : 4x4 = 16 SDü Ø 20 S 235

Anordnung der SDü parallel zur Faserrichtung

$$\text{Winkel } \alpha = 0,00^\circ$$

Annahme :4 SDü in Faserrichtung hintereinander mit

$$n_r = 4,00$$

 $a_{2,c}$ Abstand zum unbeanspruchten Rand

$$a_{2,c} = 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

Abstand SDü in Faserrichtung untereinander

$$a_1 = 7 \cdot d = 140 \text{ mm}$$

Abstand SDü zum unbeanspruchten Hirnholz

$$a_{1,c} = \text{MAX}(7 \cdot d \cdot \text{SIN}(\alpha); 3 \cdot d) = 60 \text{ mm}$$

Anzahl der Verbindungsmittelreihen mit je n Verbindungsmitteln in Faserrichtung hintereinander

$$m = 4,00$$

Anzahl der Scherfugen pro Verbindungsmittel

$$p = 2,00$$

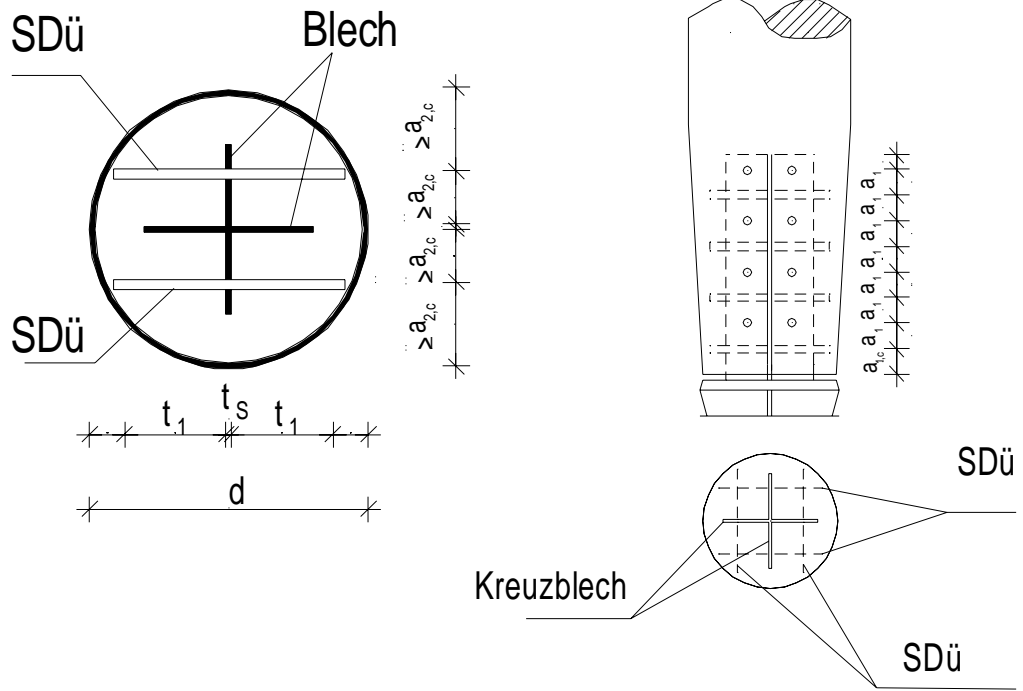
wirksame Anzahl in Krafrichtung hintereinander angeordneter Stabdübel

$$n_{\text{ef}} = \left(\text{MIN} \left(n_r; n_r^{0,9} \cdot \left(\frac{a_1}{10 \cdot d} \right)^{1/4} \right) \right) \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + \frac{n_r \cdot \alpha}{90} = 3,2$$

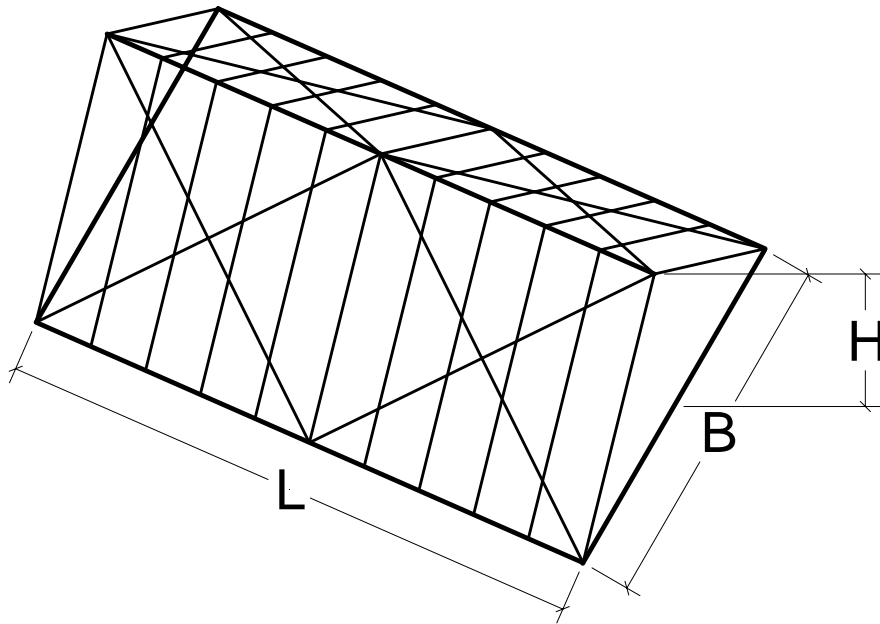
$$\frac{n_{\text{ef}}}{n_r} = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$$

$$F_{\text{max},d} = n_{\text{ef}} \cdot m \cdot p \cdot R_d = 457 \text{ kN}$$

$$\frac{F_d}{F_{\text{max},d}} = \underline{\underline{0,92 \leq 1}}$$



Windrispenband



System:

Breite B =	10,00 m
Länge L =	12,80 m
Höhe H =	4,20 m
Anzahl der Windrispenbänder n =	2

Einwirkungen:

nach DIN 1055-4, 10.2 Windlastzone 2:

Firsthöhe $10 \text{ m} \leq h \leq 18 \text{ m}$

$q_w =$	0,80 kN/m ²
Winddruck $c_{pe,D} =$	0,80
Windsog $c_{pe,S} =$	-0,50

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
Windrispenband:			
WR =	GEW("1052/WR"; Typ;)	=	40*2.0
Befestigungsnägel:			
Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;N<3)	=	Rillennagel
Größe d _{xl} =	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	4.0x50
d =	TAB ("1052/VM";d;Bez=d _{xl})	=	4,00 mm
$\rho_k =$	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$R_{t,d} =$	TAB("1052/WR"; Fzul; Typ=WR)	=	9,10 kN
$f_{u,k} =$	TAB("1052/VM";fuk;Bez=d _{xl})	=	600,00 N/mm ²

Berechnung:

$$w_k = \frac{1}{n} * (c_{pe,D} * q_w - c_{pe,S} * q_w) = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

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:

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{H}{B/2}\right) = 40,03^\circ$$

$$w_{k,o} = 0,5 * w_k * H * \text{COS}(\alpha) = 0,84 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sparrenlänge } l_s = \frac{H}{\sin(\alpha)} = 6,53 \text{ m}$$

Last am First aus beiden Giebelsparren:

$$F_{h,k,F} = 2 * l_s * 1/3 * w_{k,o} = 3,66 \text{ kN}$$

Zug im Windrispenband:

Winkel der Rispenbänder:

$$\alpha_{WR} = \text{atan}\left(\frac{l_s}{L/n}\right) = 45,58^\circ$$

$$F_{t,h,WR} = 0,5 * \frac{F_{h,k,F}}{\cos(\alpha_{WR})} = 2,61 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{F_{t,h,WR}}{R_{t,d}} = \underline{\underline{0,29 \leq 1}}$$

Bemessung der Nägel:

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 6616,50 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,k} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3} = 18,93 \text{ N/mm}^2$$

nach Tabelle 12:

$$A = 1,40$$

$$R_k = A * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,k} * d} = 1401,40 \text{ N}$$

$$R_d = k_{mod} * \frac{R_k}{1,1} = 1146,60 \text{ N}$$

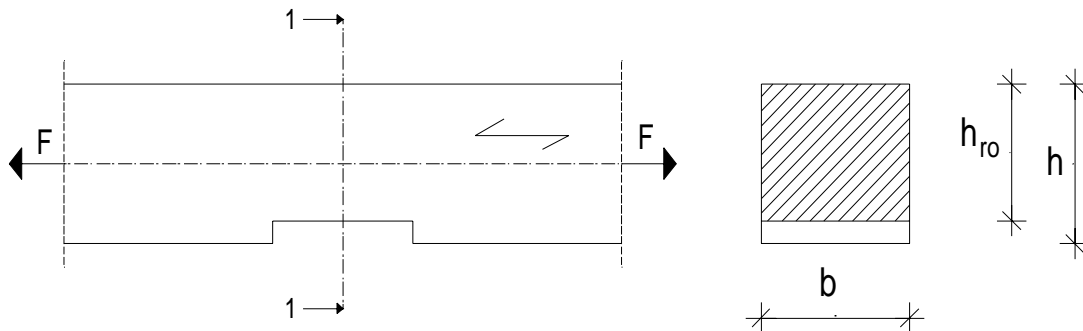
Einwirkung für die Bemessung:

$$F_{t,d,WR} = 1,5 * F_{t,h,WR} = 3,92 \text{ kN}$$

erforderliche Nagelanzahl:

$$n_{erf} = \frac{F_{t,d,WR} * 10^3}{R_d} = 3,42 \text{ Stück}$$

Zugstab mit exzentrischer Zugkraft



Schnitt 1-1

Tragfähigkeitsnachweis im 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 Mat =	GEW("1052/Holz";B;)	= Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat;)	= C30

Belastung

Zugkraft $F_{t,d} =$	140,00 kN
----------------------	-----------

Material

Nutzungsklasse NKL:	GEW("1052/F1";N;)	= 2
Lasteinwirkungsdauer KLED:	GEW("1052/F1";K;)	= mittel
Modifikationsbeiwert k_{mod} :	TAB("1052/F1";k;N=NKL;K=KLED)	= 0,80
$f_{t,0,k} =$	TAB("1052/Holz";ft0k;FK=FK)*10	= 18,00 N/mm ²
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz";fmk;FK=FK)*10	= 30,00 N/mm ²

Berechnung

Bemessungswerte der Festigkeiten		
$f_{t,0,d} =$	$k_{mod} * f_{t,0,k} / 1,3$	= 11,1 N/mm ²
$f_{m,d} =$	$k_{mod} * f_{m,k} / 1,3$	= 18,5 N/mm ²
Querschnittswerte		
$A_n =$	$b * h_{ro}$	= $23,8 * 10^3$ mm ²
$W =$	$\frac{b * h_{ro}^2}{6}$	= $0,555 * 10^6$ mm ³

Schnittgrößen

$$M_{ex,d} = F_{t,d} \cdot e \cdot 10^{-3} = 2,80 \text{ kNm}$$

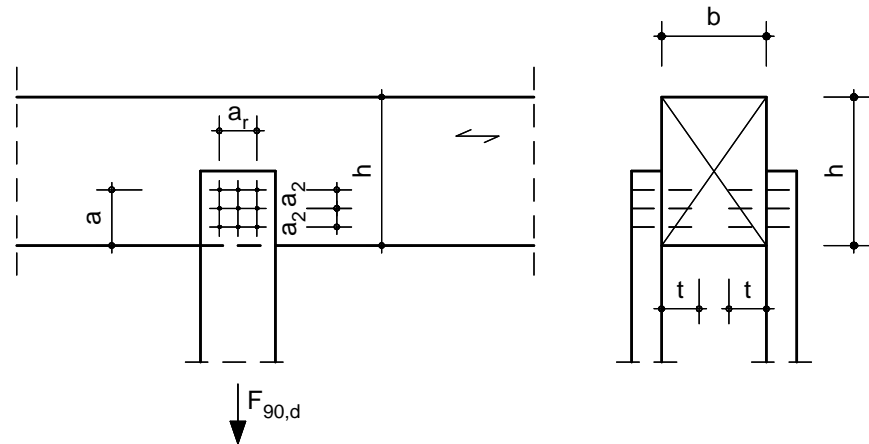
Spannungen

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_{t,d} \cdot 10^3}{A_n} = 5,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{ex,d} \cdot 10^6}{W} = 5,05 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis der Tragfähigkeit im Schnitt 1-1

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$$

Pos. Queranschluss mit Verstärkung**Eingaben:****Hauptträger:**

Breite $b =$	16,00 cm		
Höhe $h =$	36,00 cm		
Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Anschluss:

Anschlussstyp AT:	GEW("1052/Ansch";AT;)	=	St.dü./Bolzen VB
beidseitiger (bzw. mittiger) oder einseitiger Anschluss?			
Anschluss AN:	GEW("1052/Ansch";AN;)	=	beidseitig
Abstand $a =$	180,00 mm		
Abstand $a_r =$	120,00 mm		

Verbindungsmittel:

VM Durchmesser $d =$	12,00 mm
VM Eindringtiefe $t =$	80,00 mm
Anzahl der VM-Reihen $n =$	3
(Maximal 9 Reihen möglich!)	
Abstand $a_2 =$	60,00 mm

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert $k_{mod} =$	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung:

Bemessungskraft $F_{90,d} =$	50,00 kN
------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\text{Abstand } h_1 = 10 \cdot h - a = 180,00 \text{ mm}$$

$$k_1 = (h_1/h_1)^2 = 1,00$$

$$k_2 = \text{WENN}(n > 1; (h_1/(h_1 + 1 \cdot a_2))^2; 0) = 0,56$$

$$k_3 = \text{WENN}(n > 2; (h_1/(h_1 + 2 \cdot a_2))^2; 0) = 0,36$$

$$k_4 = \text{WENN}(n > 3; (h_1/(h_1 + 3 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_5 = \text{WENN}(n > 4; (h_1/(h_1 + 4 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_6 = \text{WENN}(n > 5; (h_1/(h_1 + 5 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_7 = \text{WENN}(n > 6; (h_1/(h_1 + 6 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_8 = \text{WENN}(n > 7; (h_1/(h_1 + 7 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_9 = \text{WENN}(n > 8; (h_1/(h_1 + 8 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k = 1,92$$

$$N_r = \text{TAB}("1052/\text{Ansch}"; \text{NAT}; \text{AT}=\text{AT}) = 3$$

$$\eta_{An} = \text{TAB}("1052/\text{Ansch}"; \text{NAN}; \text{AN}=\text{AN}) = 2$$

$$t_1 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 12 \cdot d) = 160,00 \text{ mm}$$

$$t_2 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 15 \cdot d) = 160,00 \text{ mm}$$

$$t_3 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 6 \cdot d) = 144,00 \text{ mm}$$

$$t_4 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot 50) = 100,00 \text{ mm}$$

$$t_x = \text{WENN}(N_r=1; t_1; \text{WENN}(N_r=2; t_2; \text{WENN}(N_r=3; t_3; t_4))) = 144,00 \text{ mm}$$

$$\text{Festigkeitswerte } f_{t,90,k} = \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; f_{t90k}; \text{FK}=\text{FK}) \cdot 10 = 0,50 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = f_{t,90,k} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3 = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Vorwerte } t_{\text{ef}} = t_x = 144,00 \text{ mm}$$

$$k_s = \text{MAX}\left(1; 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_r}{10 \cdot h}\right) = 1,17$$

$$k_r = \frac{n}{k} = 1,56$$

$$R_{90,d} = k_s \cdot k_r \cdot \left(\frac{18 \cdot a^2}{(10 \cdot h)^2} + 6,5 \right) \cdot (t_{\text{ef}} \cdot 10 \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d} \cdot 10^{-3} = 36,80 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\text{Kriterien } \alpha: \frac{a}{10 \cdot h} = 0,50 < 0,7$$

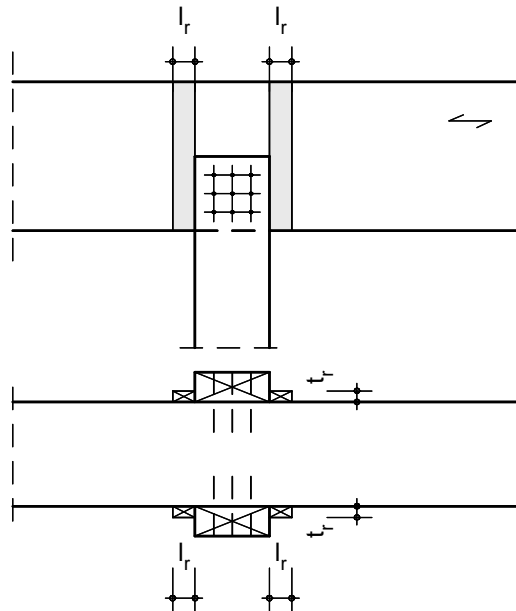
$$\alpha: \frac{a}{10 \cdot h} = 0,50 > 0,2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} = 1,36 > 1$$

Nach DIN 1052:2004-08 11.1.5 (2) sind Queranschlüsse mit $a_r/h > 1$ und $F_{90,d} > 0,5 R_{90,d}$ zu verstärken:

$$\text{Bedingung erfüllt?: } \text{WENN} \left(\frac{a_r}{10 \cdot h} < 1; \frac{a_r}{10 \cdot h}; \frac{F_{90,d}}{0,5 \cdot R_{90,d}} \right) = 0,33 < 1$$

⇒ Verstärkung erforderlich

Verstärkung:

gewählt:

aufgeklebte Holzwerkstoffplatten

Plattenmaterial:

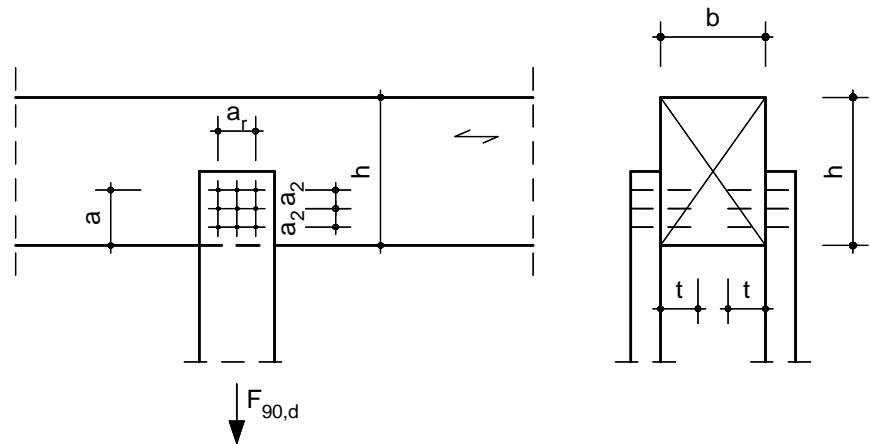
Sperrholz F25/10 (Faserrichtung des Deckfurniers verläuft rechtwinklig zur Bauteilachse)

Zugfestigkeit $f_{t,k}$ =		18,00 N/mm ²
$f_{t,d}$ =	$f_{t,k} \cdot k_{mod} / 1,3$	= 11,08 N/mm ²
Klebefugenfestigkeit $f_{k2,k}$ =	TAB("1052/F23";fk2;)	= 0,75 N/mm ²
$f_{k2,d}$ =	$f_{k2,k} \cdot k_{mod} / 1,3$	= 0,46 N/mm ²
Aufkleblänge $l_{ad,c}$ =	a	= 180,00 mm
$l_{ad,t}$ =	$10 \cdot h - a$	= 180,00 mm
l_{ad} =	$\text{MIN}(l_{ad,c}; l_{ad,t})$	= 180,00 mm
Anzahl Verst.-Platten n_r =		4
Dicke Verst.-Platte t_r =		15,00 mm
Breite Verst.-Platte l_r =		80,00 mm
Plattenbreite zulässig?:	l_r / l_{ad}	= 0,44 \geq 0,25
	l_r / l_{ad}	= 0,44 \leq 0,5

$$\begin{aligned} \text{Bemessungszugkraft } F_{t,90,d} &= (1-3\alpha^2+2\alpha^3)F_{90,d} \cdot 10^3 &= 25000,00 \text{ N} \\ \text{Plattenzugspannung } \sigma_{t,d} &= \frac{F_{t,90,d}}{n_r \cdot t_r \cdot l_r} &= 5,21 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Klebefugenspannung } \tau_{ef,d} &= \frac{F_{t,90,d}}{4 \cdot l_{ad} \cdot l_r} &= 0,43 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis:

$$\begin{aligned} \text{Klebefuge:} & \frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} &= 0,93 < 1 \\ \text{Verstärkungsplatte:} & 1,5 \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} &= 0,71 < 1 \end{aligned}$$

Pos. Queranschluss ohne Verstärkung**Eingaben:****Hauptträger:**

Breite b =	16,00 cm		
Höhe h =	30,00 cm		
Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Anschluss:

Anschlussstyp AT:	GEW("1052/Ansch";AT;)	=	Holz-Holz-Nagel VB
beidseitiger (bzw. mittiger) oder einseitiger Anschluss?			
Anschluss AN:	GEW("1052/Ansch";AN;)	=	beidseitig
Abstand a =	140,00 mm		
Abstand a _r =	160,00 mm		

Verbindungsmittel:

VM Durchmesser d =	3,10 mm
VM Eindringtiefe t =	45,00 mm
Anzahl der VM-Reihen n =	4
(Maximal 9 Reihen möglich!)	
Abstand a ₂ =	35,00 mm

Nutzungs- und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungs-klasse NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	kurz
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,90

Belastung:

Bemessungskraft F _{90,d} =	10,00 kN
-------------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\text{Abstand } h_1 = 10 \cdot h - a = 160,00 \text{ mm}$$

$$k_1 = (h_1/h_1)^2 = 1,00$$

$$k_2 = \text{WENN}(n > 1; (h_1/(h_1 + 1 \cdot a_2))^2; 0) = 0,67$$

$$k_3 = \text{WENN}(n > 2; (h_1/(h_1 + 2 \cdot a_2))^2; 0) = 0,48$$

$$k_4 = \text{WENN}(n > 3; (h_1/(h_1 + 3 \cdot a_2))^2; 0) = 0,36$$

$$k_5 = \text{WENN}(n > 4; (h_1/(h_1 + 4 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_6 = \text{WENN}(n > 5; (h_1/(h_1 + 5 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_7 = \text{WENN}(n > 6; (h_1/(h_1 + 6 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_8 = \text{WENN}(n > 7; (h_1/(h_1 + 7 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_9 = \text{WENN}(n > 8; (h_1/(h_1 + 8 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k = 2,51$$

$$N_r = \text{TAB}("1052/\text{Ansch}"; \text{NAT}; \text{AT}=\text{AT}) = 1$$

$$\eta_{An} = \text{TAB}("1052/\text{Ansch}"; \text{NAN}; \text{AN}=\text{AN}) = 2$$

$$t_1 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 12 \cdot d) = 74,40 \text{ mm}$$

$$t_2 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 15 \cdot d) = 90,00 \text{ mm}$$

$$t_3 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 6 \cdot d) = 37,20 \text{ mm}$$

$$t_4 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot 50) = 100,00 \text{ mm}$$

$$t_x = \text{WENN}(N_r=1; t_1; \text{WENN}(N_r=2; t_2; \text{WENN}(N_r=3; t_3; t_4))) = 74,40 \text{ mm}$$

$$\text{Festigkeitswerte } f_{t,90,k} = \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; f_{t90k}; \text{FK}=\text{FK}) \cdot 10 = 0,50 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = f_{t,90,k} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Vorwerte } t_{\text{ef}} = t_x = 74,40 \text{ mm}$$

$$k_s = \text{MAX}\left(1; 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_r}{10 \cdot h}\right) = 1,45$$

$$k_r = \frac{n}{k} = 1,59$$

$$R_{90,d} = k_s \cdot k_r \cdot \left(\frac{18 \cdot a^2}{(10 \cdot h)^2} + 6,5 \right) \cdot (t_{\text{ef}} \cdot 10 \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d} \cdot 10^{-3} = 25,33 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\text{Kriterien } \alpha: \frac{a}{10 \cdot h} = 0,47 < 0,7$$

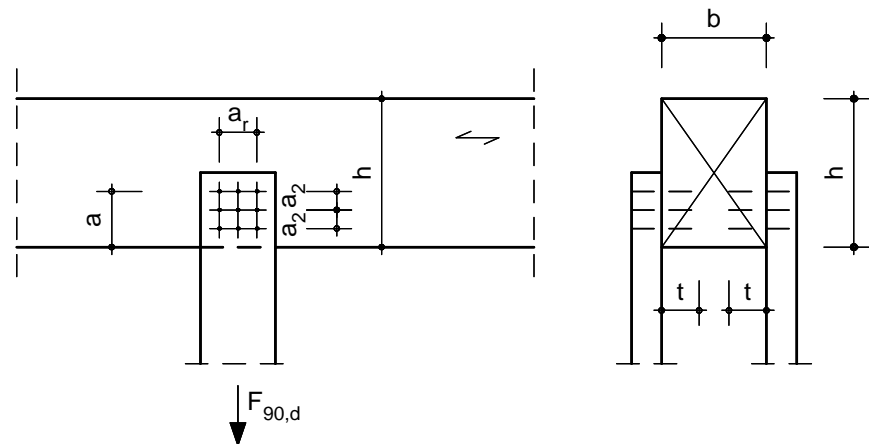
$$\alpha: \frac{a}{10 \cdot h} = 0,47 > 0,2$$

$$\text{Nachweis: } \frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} = 0,39 > 1$$

Nach DIN 1052:2004-08 11.1.5 (2) sind Queranschlüsse mit $a_r/h > 1$ und $F_{90,d} > 0,5 R_{90,d}$ zu verstärken:

$$\text{Bedingung erfüllt?: } \text{WENN}\left(\frac{a_r}{10 \cdot h} < 1; \frac{a_r}{10 \cdot h}; \frac{F_{90,d}}{0,5 \cdot R_{90,d}}\right) = 0,53 < 1$$

⇒ keine Verstärkung erforderlich

Pos. Queranschluss mit Verstärkung**Eingaben:****Hauptträger:**

Breite $b =$	16,00 cm	
Höhe $h =$	30,00 cm	
Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	= Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	= GL28h

Anschluss:

Anschlussstyp AT:	GEW("1052/Ansch";AT;)	= St.dü./Bolzen VB
beidseitiger (bzw. mittiger) oder einseitiger Anschluss?		
Anschluss AN:	GEW("1052/Ansch";AN;)	= beidseitig
Abstand $a =$	140,00 mm	
Abstand $a_r =$	120,00 mm	

Verbindungsmittel:

VM Durchmesser $d =$	12,00 mm
VM Eindringtiefe $t =$	160,00 mm
Anzahl der VM-Reihen $n =$	3
(Maximal 9 Reihen möglich!)	
Abstand $a_2 =$	60,00 mm

Nutzungsstufe und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsstufe NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	= 1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	= mittel
Modifikationsbeiwert $k_{mod} =$	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	= 0,80

Belastung:

Bemessungskraft $F_{90,d} =$	40,00 kN
------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

$$\text{Abstand } h_1 = 10 \cdot h - a = 160,00 \text{ mm}$$

$$k_1 = (h_1/h_1)^2 = 1,00$$

$$k_2 = \text{WENN}(n > 1; (h_1/(h_1 + 1 \cdot a_2))^2; 0) = 0,53$$

$$k_3 = \text{WENN}(n > 2; (h_1/(h_1 + 2 \cdot a_2))^2; 0) = 0,33$$

$$k_4 = \text{WENN}(n > 3; (h_1/(h_1 + 3 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_5 = \text{WENN}(n > 4; (h_1/(h_1 + 4 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_6 = \text{WENN}(n > 5; (h_1/(h_1 + 5 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_7 = \text{WENN}(n > 6; (h_1/(h_1 + 6 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_8 = \text{WENN}(n > 7; (h_1/(h_1 + 7 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k_9 = \text{WENN}(n > 8; (h_1/(h_1 + 8 \cdot a_2))^2; 0) = 0,00$$

$$k = 1,86$$

$$N_r = \text{TAB}("1052/\text{Ansch}"; \text{NAT}; \text{AT}=\text{AT}) = 3$$

$$\eta_{An} = \text{TAB}("1052/\text{Ansch}"; \text{NAN}; \text{AN}=\text{AN}) = 2$$

$$t_1 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 12 \cdot d) = 160,00 \text{ mm}$$

$$t_2 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 15 \cdot d) = 160,00 \text{ mm}$$

$$t_3 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot t; \eta_{An} \cdot 6 \cdot d) = 144,00 \text{ mm}$$

$$t_4 = \text{MIN}(10 \cdot b; \eta_{An} \cdot 50) = 100,00 \text{ mm}$$

$$t_x = \text{WENN}(N_r=1; t_1; \text{WENN}(N_r=2; t_2; \text{WENN}(N_r=3; t_3; t_4))) = 144,00 \text{ mm}$$

$$\text{Festigkeitswerte } f_{t,90,k} = \text{TAB}("1052/\text{Holz}"; f_{t90k}; \text{FK}=\text{FK}) \cdot 10 = 0,50 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = f_{t,90,k} \cdot k_{\text{mod}} / 1,3 = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Vorwerte } t_{\text{ef}} = t_x = 144,00 \text{ mm}$$

$$k_s = \text{MAX}\left(1; 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_r}{10 \cdot h}\right) = 1,26$$

$$k_r = \frac{n}{k} = 1,61$$

$$R_{90,d} = k_s \cdot k_r \cdot \left(\frac{18 \cdot a^2}{(10 \cdot h)^2} + 6,5 \right) \cdot (t_{\text{ef}} \cdot 10 \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d} \cdot 10^{-3} = 33,48 \text{ kN}$$

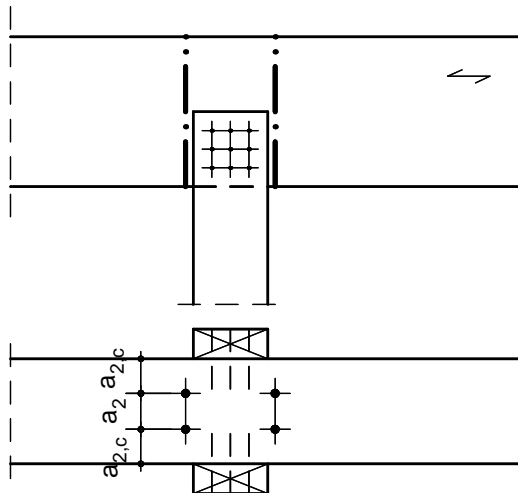
Nachweis:

$$\begin{aligned} \text{Kriterien } \alpha: & \frac{a}{10 \cdot h} = 0,47 < 0,7 \\ \alpha: & \frac{a}{10 \cdot h} = 0,47 > 0,2 \\ \text{Nachweis:} & \frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} = 1,19 > 1 \end{aligned}$$

Nach DIN 1052:2004-08 11.1.5 (2) sind Queranschlüsse mit $a_r/h > 1$ und $F_{90,d} > 0,5 R_{90,d}$ zu verstärken:

$$\text{Bedingung erfüllt?:} \quad \text{WENN} \left(\frac{a_r}{10 \cdot h} < 1; \frac{a_r}{10 \cdot h}; \frac{F_{90,d}}{0,5 \cdot R_{90,d}} \right) = 0,40 < 1$$

⇒ Verstärkung erforderlich

Verstärkung:

gewählt:

SPAX-Vollgewindeschrauben (Z-9.1-519)!

$$\begin{aligned} \text{Schraubendurchmesser } d_1 &= \text{GEW}(\text{"1052/Spax";}d1;) &= 10,00 \text{ mm} \\ \text{Schraubenlänge } l &= &= 280,00 \text{ mm} \\ \text{Anzahl } n &= &= 2 \\ \text{Einschraubtiefe } l_{ad,c} &= a &= 140,00 \text{ mm} \\ l_{ad,t} &= l-a &= 140,00 \text{ mm} \\ l_{ad} &= \text{MIN}(l_{ad,c};l_{ad,t}) &= 140,00 \text{ mm} \\ \text{Rohdichte } \rho_k &= \text{TAB}(\text{"1052/Holz";}rhok;FK=FK) &= 410,00 \text{ kg/m}^3 \\ \text{char Ausziehparameter } f_{1,k} &= 80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 &= 13,45 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Zugtragfähigkeit } R_{ax,k} &= f_{1,k} \cdot d_1 \cdot l_{ad} &= 18830,00 \text{ N} \\ R_{t,u,k} &= \text{TAB}(\text{"1052/Spax";}Rtuk;d1=d1) &= 28000,00 \text{ N} \\ R_{ax,d} &= \text{MIN}(R_{ax,k} \cdot k_{mod}/1,3; R_{t,u,k}/1,25) &= 11587,69 \text{ N} \\ \text{Bemessungszugkraft } F_{t,90,d} &= (1-3 \cdot \alpha^2 + 2 \cdot \alpha^3) \cdot F_{90,d} \cdot 10^3 &= 21797,84 \text{ N} \end{aligned}$$

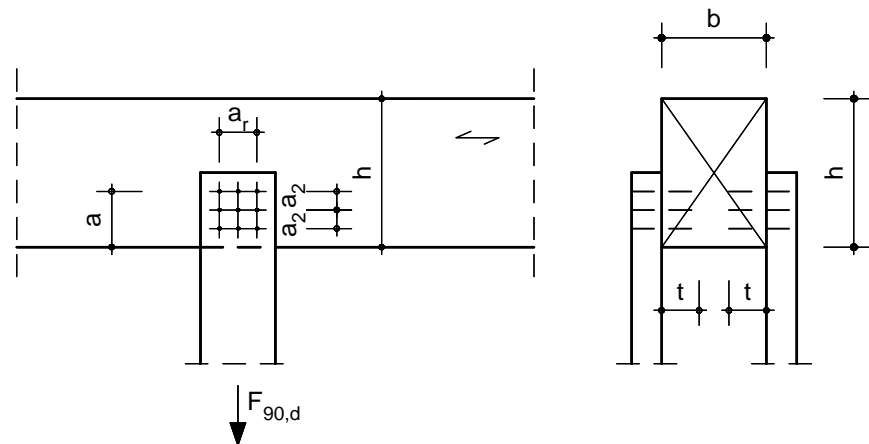
Nachweis:

$$\text{Nachweis: } \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot R_{ax,d}} = 0,94 < 1$$

Mindestrandabstände:

$$\text{Randabstand } a_2 = 5 \cdot d_1 / 10 = 5,00 \text{ cm}$$

$$a_{2,c} = 3 \cdot d_1 / 10 = 3,00 \text{ cm}$$

Pos. Queranschluss mit Verstärkung**Eingaben:****Hauptträger:**

Breite b =	16,00 cm		
Höhe h =	30,00 cm		
Material Mat:	GEW("1052/Holz";B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz";FK;B=Mat)	=	GL28h

Anschluss:

Anschlussstyp AT:	GEW("1052/Ansch";AT;)	=	St.dü./Bolzen VB
beidseitiger (bzw. mittiger) oder einseitiger Anschluss?			
Anschluss AN:	GEW("1052/Ansch";AN;)	=	beidseitig
Abstand a =	140,00 mm		
Abstand a _r =	120,00 mm		

Verbindungsmittel:

VM Durchmesser d =	12,00 mm
VM Eindringtiefe t =	80,00 mm
Anzahl der VM-Reihen n =	3
(Maximal 9 Reihen möglich!)	
Abstand a ₂ =	60,00 mm

Nutzungsklasse und Lasteinwirkungsdauer:

Nutzungsklasse NKL =	GEW("1052/F1";N;B=Mat)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;B=Mat)	=	mittel
Modifikationsbeiwert k _{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=Mat)	=	0,80

Belastung:

Bemessungskraft F _{90,d} =	40,00 kN
-------------------------------------	----------

Berechnung der Tragfähigkeit:

Abstand h ₁ =	10*h-a	=	160,00 mm
k ₁ =	(h ₁ /h ₁) ²	=	1,00
k ₂ =	WENN(n>1;(h ₁ /(h ₁ +1*a ₂)) ² ;0)	=	0,53
k ₃ =	WENN(n>2;(h ₁ /(h ₁ +2*a ₂)) ² ;0)	=	0,33
k ₄ =	WENN(n>3;(h ₁ /(h ₁ +3*a ₂)) ² ;0)	=	0,00
k ₅ =	WENN(n>4;(h ₁ /(h ₁ +4*a ₂)) ² ;0)	=	0,00

$$\begin{aligned}
 k_6 &= \text{WENN}(n>5; (h_1/(h_1+5*a_2))^2; 0) &= & 0,00 \\
 k_7 &= \text{WENN}(n>6; (h_1/(h_1+6*a_2))^2; 0) &= & 0,00 \\
 k_8 &= \text{WENN}(n>7; (h_1/(h_1+7*a_2))^2; 0) &= & 0,00 \\
 k_9 &= \text{WENN}(n>8; (h_1/(h_1+8*a_2))^2; 0) &= & 0,00 \\
 & & \mathbf{k} &= \mathbf{1,86} \\
 \\
 \text{Nr:} & \text{TAB}("1052/Ansch"; \text{NAT}; \text{AT}=\text{AT}) &= & 3 \\
 \eta_{\text{An}} &= \text{TAB}("1052/Ansch"; \text{NAN}; \text{AN}=\text{AN}) &= & 2 \\
 t_1 &= \text{MIN}(10*b; \eta_{\text{An}}*t; \eta_{\text{An}}*12*d) &= & 160,00 \text{ mm} \\
 t_2 &= \text{MIN}(10*b; \eta_{\text{An}}*t; \eta_{\text{An}}*15*d) &= & 160,00 \text{ mm} \\
 t_3 &= \text{MIN}(10*b; \eta_{\text{An}}*t; \eta_{\text{An}}*6*d) &= & 144,00 \text{ mm} \\
 t_4 &= \text{MIN}(10*b; \eta_{\text{An}}*50) &= & 100,00 \text{ mm} \\
 t_x &= \text{WENN}(\text{Nr}=1; t_1; \text{WENN}(\text{Nr}=2; t_2; \text{WENN}(\text{Nr}=3; t_3; t_4))) &= & 144,00 \text{ mm} \\
 \\
 \text{Festigkeitswerte } f_{t,90,k} &= \text{TAB}("1052/Holz"; ft90k; \text{FK}=\text{FK})*10 &= & 0,50 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{t,90,d} &= f_{t,90,k} * k_{\text{mod}}/1,3 &= & 0,31 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Vorwerte } t_{\text{ef}} &= t_x &= & 144,00 \text{ mm} \\
 \\
 k_s &= \text{MAX}(1; 0,7 + \frac{1,4 * a_r}{10 * h}) &= & 1,26 \\
 \\
 k_r &= \frac{n}{k} &= & 1,61 \\
 \\
 R_{90,d} &= k_s * k_r * \left(\frac{18 * a^2}{(10 * h)^2} + 6,5 \right) * (t_{\text{ef}} * 10 * h)^{0,8} * f_{t,90,d} * 10^{-3} &= & 33,48 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

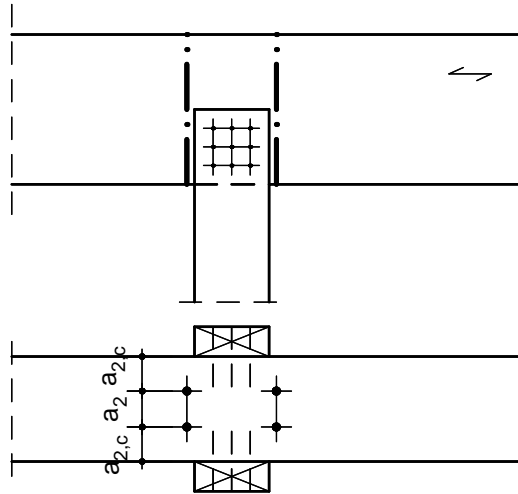
Nachweis:

$$\begin{aligned}
 \text{Kriterien } \alpha &: \frac{a}{10 * h} &= & 0,47 < 0,7 \\
 \alpha &: \frac{a}{10 * h} &= & 0,47 > 0,2 \\
 \\
 \text{Nachweis:} & \frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} &= & \mathbf{1,19 > 1}
 \end{aligned}$$

Nach DIN 1052:2004-08 11.1.5 (2) sind Queranschlüsse mit $a_r/h > 1$ und $F_{90,d} > 0,5 R_{90,d}$ zu verstärken:

$$\text{Bedingung erfüllt?:} \quad \text{WENN}\left(\frac{a_r}{10 * h} < 1; \frac{a_r}{10 * h}; \frac{F_{90,d}}{0,5 * R_{90,d}}\right) = \mathbf{0,40 < 1}$$

⇒ **Verstärkung erforderlich**

Verstärkung:

gewählt:

eingeklebte Gewindebolzen oder BetonrippenstahlStahlstabmaterial: **Gewindebolzen M16 - 4.6**

Streckgrenze $f_{y,k}$ =	240,00 N/mm ²
Stabaußendurchmesser d_r =	16,00 mm
Spannungsquerschnitt A_{ef} =	157,00 mm ²
Anzahl n =	2

wirks. Einklebelänge $l_{ad,c}$ =	a	=	140,00 mm
$l_{ad,t}$ =	$10 \cdot h - a$	=	160,00 mm
l_{ad} =	$\text{MIN}(l_{ad,c}; l_{ad,t})$	=	140,00 mm
aufnehmbare Zugkraft R_d =	$A_{ef} \cdot f_{y,k} / 1,25$	=	30144,00 N
Klebefugenfestigkeit $f_{k1,k}$ =	$\text{TAB}("1052/F23"; f_{k1}; l_{ad} = l_{ad})$	=	4,00 N/mm ²
$f_{k1,d}$ =	$f_{k1,k} \cdot k_{mod} / 1,3$	=	2,46 N/mm ²
Bemessungszugkraft $F_{t,90,d}$ =	$(1 - 3 \cdot \alpha^2 + 2 \cdot \alpha^3) \cdot F_{90,d} \cdot 10^3$	=	21797,84 N
Klebefugenspannung $\tau_{ef,d}$ =	$\frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}}$	=	1,55 N/mm ²

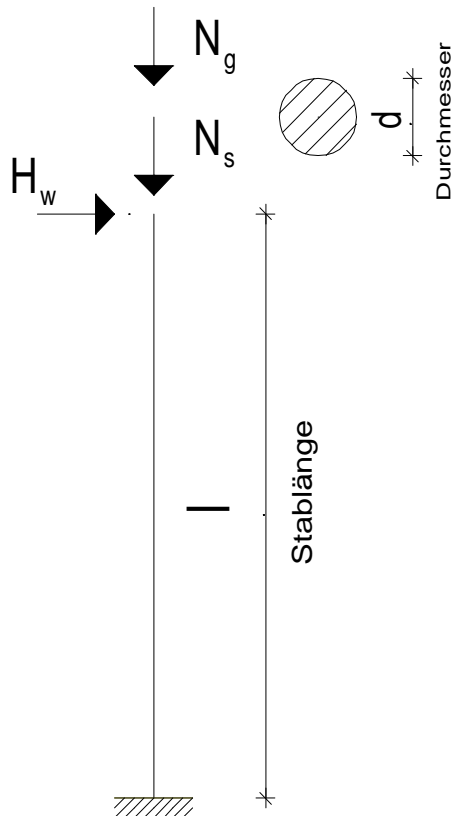
Nachweis:

Klebefuge:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}}$	=	0,63 < 1
Stahlstab:	$\frac{F_{t,90,d}}{n \cdot R_d}$	=	0,36 < 1

Mindestrandabstände:

Randabstand a_2 =	$3 \cdot d_r / 10$	=	4,80 cm
$a_{2,c}$ =	$2,5 \cdot d_r / 10$	=	4,00 cm

Eingespannte Rundstütze



System:

Stablänge $l = 3,40 \text{ m}$
 Durchmesser $d = 260 \text{ mm}$
 Knicklängenbeiwert $\beta = 2,00$
 Bauwerksstandort über NN $\leq 1000 \text{ m}$

Material:

Baustoff BS = GEW("1052/F1"; B;) = Nadelholz
 Festigkeitsklasse FK = GEW("1052/Holz";FK; B=BS) = C24
 Nutzungsklasse NK = GEW("1052/F1"; N; B=BS) = 1

Abfrage bei Nadelrundholz:

Nadelrundholz von Rinde und Bast befreit ohne Schwächung der Randzone

Abf. = GEW("1052/Abf;Abf;) = ja

Bei nur von Rinde und Bast befreitem Nadelrundholz darf in den Bereichen ohne Schwächung der Randzone ein um 20% erhöhter Wert von $f_{m,d}$, $f_{t,0,d}$, $f_{c,0,d}$ und $E_{0,mean}$ in Rechnung gestellt werden.

Erhöhungsfaktor $\eta = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Nadelholz "UND Abf.}=\text{"ja";1,2;1}) = 1,2$
 $E_{0,mean} = \text{TAB}(\text{"1052/Holz";E0mean;B=BS;FK=FK}) \cdot 10 \cdot \eta = 13200 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,05} = \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; E005; B=BS; FK=FK}) \cdot 10 \cdot \eta = 8796 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,0,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; fc0k; FK=FK}) \cdot 10 \cdot \eta = 25,20 \text{ N/mm}^2$
 $f_{m,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; fmk; FK=FK}) \cdot 10 \cdot \eta = 28,80 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Holz"; fvk; FK=FK}) \cdot 10 = 2,00 \text{ N/mm}^2$

Belastung:

aus Eigenlast $N_{g,k}$ =	20,0 kN	
KLED1 =	GEW("1052/F1";K;)	= ständig
k_{mod1} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED1;N=NK)	= 0,60
aus Schneelast $N_{s,k}$ =	40,00 kN	
aus Windlast $H_{w,k}$ =	3,00 kN	
KLED2 =	GEW("1052/F1";K;)	= kurz
k_{mod2} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED2;N=NK)	= 0,90
Kombinationsbeiwerte für Hochbauten nach DIN 1055-100, Anhang A		
Beiwert für Windlasten $\psi_{0,w}$ =	0,6	
Beiwert für Windlasten $\psi_{0,s}$ =	0,5	

Querschnittswerte :

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 53,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^4 = 2,24 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3 = 1,73 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i = \frac{d}{4} = 65,00 \text{ mm}$$

Berechnung:

$$\text{Ersatzstablänge } l_{ef} = \beta \cdot l = 6,80 \text{ m}$$

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda = 1000 \cdot \frac{l_{ef}}{i} = 105$$

Bemessungswerte der Festigkeiten

$f_{c,0,d1}$ =	$k_{mod1} \cdot f_{c,0,k}/1,3$	= 11,63 N/mm ²
$f_{m,d1}$ =	$k_{mod1} \cdot f_{m,k}/1,3$	= 13,29 N/mm ²
$f_{v,d1}$ =	$k_{mod1} \cdot f_{v,k}/1,3$	= 0,92 N/mm ²
$f_{c,0,d2}$ =	$k_{mod2} \cdot f_{c,0,k}/1,3$	= 17,45 N/mm ²
$f_{m,d2}$ =	$k_{mod2} \cdot f_{m,k}/1,3$	= 19,94 N/mm ²
$f_{v,d2}$ =	$k_{mod2} \cdot f_{v,k}/1,3$	= 1,38 N/mm ²

Tragfähigkeitsnachweise:

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,789$$

$$\beta_c = \text{WENN}(BS="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2) = 2,249$$

$$\text{Knickbeiwert } k_c = \text{MIN}\left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1\right) = 0,277$$

Bemessungsschnittgrößen

aus LK g

$$N_{d1} = 1,35 * N_{g,k} = 27,00 \text{ kN}$$

$$V_{d1} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{d1} = 0,00 \text{ kNm}$$

aus LK g+s

$$N_{d2} = 1,35 * N_{g,k} + 1,5 * N_{s,k} = 87,00 \text{ kN}$$

$$V_{d2} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{d2} = 0,00 \text{ kNm}$$

aus LK g+s+w

$$N_{d3} = 1,35 * N_{g,k} + 1,5 * N_{s,k} = 87,00 \text{ kN}$$

$$V_{d3} = \psi_{0,w} * 1,5 * H_{w,k} = 2,70 \text{ kN}$$

$$M_{d3} = \psi_{0,w} * 1,5 * H_{w,k} * l = 9,18 \text{ kNm}$$

aus LK g+w+s

$$N_{d4} = 1,35 * N_{g,k} + \psi_{0,s} * 1,5 * N_{s,k} = 57,0 \text{ kN}$$

$$V_{d4} = 1,5 * H_{w,k} = 4,50 \text{ kN}$$

$$M_{d4} = 1,5 * H_{w,k} * l = 15,30 \text{ kNm}$$

LK g

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d1} = N_{d1} * 10^3 / A = 0,51 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis Biegung und Druck :

$$\sigma_{c,0,d1} / (f_{c,0,d1} * k_c) = \underline{0,16 \leq 1}$$

LK g+s

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d2} = N_{d2} * 10^3 / A = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung

Nachweis Biegung und Druck :

$$\sigma_{c,0,d2} / (f_{c,0,d2} * k_c) = \underline{0,34 \leq 1}$$

LK g+s+w

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d3} = N_{d3} * 10^3 / A = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung

$$\sigma_{m,d3} = M_{d3} * 10^6 / W = 5,31 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis Biegung und Druck :

$$\sigma_{c,0,d3} / (f_{c,0,d2} * k_c) + \sigma_{m,d3} / f_{m,d2} = \underline{0,61 \leq 1}$$

Schubspannungsnachweis

Schubbeanspruchung

$$\tau_{d3} = 1,5 * V_{d3} * 10^3 / A = 0,076 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{d3} / f_{v,d2} = \underline{0,1 \leq 1}$$

LK g+w+s

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d4} = \sigma_{c,0,d3} * N_{d4} / N_{d3} = 1,07 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung

$$\sigma_{m,d4} = \sigma_{m,d3} * M_{d4} / M_{d3} = 8,85 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis Biegung und Druck:

$$\sigma_{c,0,d4} / (f_{c,0,d2} * k_c) + \sigma_{m,d4} / f_{m,d2} = \underline{0,67 \leq 1}$$

Schubspannungsnachweis

Schubbeanspruchung

$$\tau_{d4} = 1,5 * V_{d4} * 10^3 / A = 0,127 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{d4} / f_{v,d2} = \underline{0,1 \leq 1}$$

Ermittlung der horizontale Auslenkung Stützenkopf:

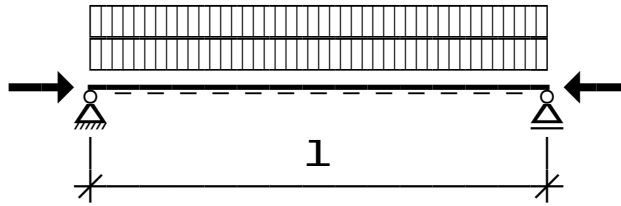
$$M = H_{w,k} * l = 10,20 \text{ kNm}$$

$$w_{\max} = \frac{M * l^2 * 10^{12}}{3 * E_{0,\text{mean}} * I} = 13,29 \text{ mm}$$

$$\text{zul.w} = 1000 * l / 150 = 22,67 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{\max}}{\text{zul.w}} = \underline{0,59 \leq 1}$$

Balken mit Doppelbiegung und Druck



System:

Stützweite l =	4,50 m
Trägerbreite b =	22,00 cm
Trägerhöhe h =	28,00 cm

Belastung:

$p_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$p_{y,d}$ =	3,36 kN/m
$F_{x,d}$ =	15,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$M_{yd} = \frac{p_{z,d} * l^2}{8} = 36,30 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = \frac{p_{y,d} * l^2}{8} = 8,51 \text{ kNm}$$

$$W_{y,ef} = \frac{b * h^2}{6} = 2874,67 \text{ cm}^3$$

$$W_{z,ef} = \frac{b^2 * h}{6} = 2258,67 \text{ cm}^3$$

$$A_{ef} = b * h = 616,00 \text{ cm}^2$$

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{x,d}}{A_{ef}} * 10 = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{x,d}}{A_{ef}} * 10 = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{yd}}{W_{y,ef}} * 10^3 = 12,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{zd}}{W_{z,ef}} * 10^3 = 3,77 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

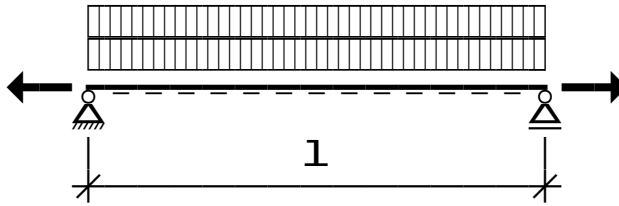
$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + 0,7 * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,92 \leq 1}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + 0,7 * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,76 \leq 1}$$

Balken mit Doppelbiegung und Zug



System:

Stützweite l =	4,50 m
Trägerbreite b =	22,00 cm
Trägerhöhe h =	28,00 cm

Belastung:

$p_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$p_{y,d}$ =	3,36 kN/m
$F_{x,d}$ =	20,30 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$M_{yd} = \frac{p_{z,d} * l^2}{8} = 36,30 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = \frac{p_{y,d} * l^2}{8} = 8,51 \text{ kNm}$$

$$W_{y,ef} = \frac{b * h^2}{6} = 2874,67 \text{ cm}^3$$

$$W_{z,ef} = \frac{b^2 * h}{6} = 2258,67 \text{ cm}^3$$

$$A_{ef} = b * h = 616,00 \text{ cm}^2$$

Zugbeanspruchung:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_{x,d}}{A_{ef}} * 10 = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{y,ef}} * 10^3 = 12,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_{z,ef}} * 10^3 = 3,77 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

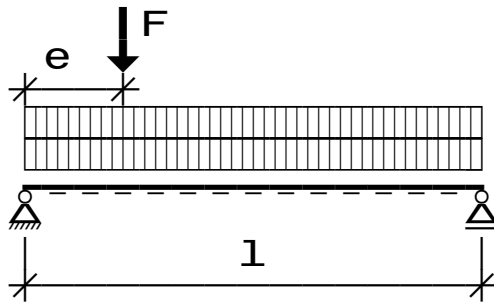
$$f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / 1,3 = 9,69 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right) + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + 0,7 * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,95 \leq 1}}$$

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right) + 0,7 * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,79 \leq 1}}$$

Balken mit Schub aus Querkraft



System:

Stützweite $l =$	4,80 m
Trägerbreite $b =$	14,00 cm
Trägerhöhe $h =$	36,00 cm
Abstand $e =$	70,00 cm
Auflagerbreite $t =$	10,00 cm

Belastung:

$q_d =$	11,70 kN/m
$F_d =$	32,40 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24c
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80

Berechnung:

Querkraft aus Einzellast:

$$V_{1F,d} = \frac{F_d \cdot \left(1 - \frac{e}{10^2}\right)}{l} = 27,68 \text{ kN}$$

Reduzierte Querkraft:

$$V_{1F,d,red} = \text{WENN}(e \leq 2,5 \cdot h; V_{1F,d} \cdot \frac{e}{2,5 \cdot h}; V_{1F,d}) = 21,53 \text{ kN}$$

Querkraft aus Gleichstreckenlast:

$$V_{1q,d} = q_d \cdot \frac{l}{2} = 28,08 \text{ kN}$$

Reduzierte Querkraft aus Gleichstreckenlast:

$$V_{1q,d,red} = \text{WENN}(e \leq 2,5 \cdot h; \frac{V_{1q,d}}{l} \cdot \left(1 - \frac{2}{100} \cdot \left(\frac{t}{2} + h\right)\right); V_{1q,d}) = 23,28 \text{ kN}$$

maßgebender Bemessungswert:

$$V_{1,red} = V_{1F,d,red} + V_{1q,d,red} = 44,81 \text{ kN}$$

Schubbeanspruchung:

$$A = b \cdot h = 504,00 \text{ cm}^2$$

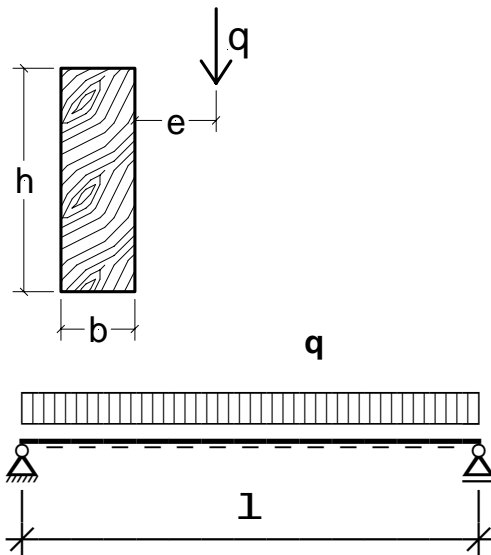
$$\tau_{y,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{1,red}}{A} \cdot 10 = 1,33 \text{ N/mm}^2$$

Biegebemessung:

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$

Balken mit Schub und Torsion



System:

Stützweite l =	4,80 m
Trägerbreite b =	14,00 cm
Trägerhöhe h =	36,00 cm
Abstand e =	14,00 cm
Auflagerbreite t =	10,00 cm

Belastung:

exzentrisch angreifende Querkraft:

$$q_d = 8,36 \text{ kN/m}$$

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24c
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

Querkraft aus Gleichstreckenlast:

$$V_{1q,d} = q_d \cdot \frac{l}{2} = 20,06 \text{ kN}$$

Reduzierte Querkraft aus Gleichstreckenlast:

$$V_{1q,d,red} = \text{WENN}(e \leq 2,5 \cdot h; \frac{V_{1q,d}}{l} \cdot \left(1 - \frac{2}{100} \cdot \left(\frac{t}{2} + h\right)\right); V_{1q,d}) = 16,63 \text{ kN}$$

Schubbeanspruchung:

$$A = b \cdot h = 504,00 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{y,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{1q,d,red}}{A} \cdot 10 = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{tor,d} = \frac{l}{2} \cdot \frac{e}{100} \cdot q_d = 2,81 \text{ kNm}$$

$$\eta = \text{TAB}("1052/Tor"; \eta; h/b=h/b) = 1,29$$

$$W_{tor} = \frac{h \cdot b^2}{\eta \cdot 3} = 1823,26 \text{ cm}^3$$

Beanspruchung:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor,d}}{W_{tor}} \cdot 10^3 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

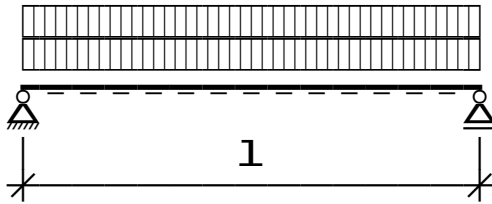
Bemessung:

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod}/1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

Biegebemessung:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 = \underline{\underline{0,97 \leq 1}}$$

Biegebeanspruchter Balken kippgefährdet



System:

Stützweite l_{ef} =	4,50 m
Trägerbreite b =	22,00 cm
Trägerhöhe h =	28,00 cm

Belastung:

$p_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$p_{y,d}$ =	3,36 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz"; FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz

$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$E_{0,mean}$ =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	2 / 3 * $E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	690,00 N/mm ²
G_{05} =	2 / 3 * G_{mean}	=	460,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$M_{yd} = \frac{p_{z,d} * l_{ef}^2}{8} = 36,30 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = \frac{p_{y,d} * l_{ef}^2}{8} = 8,51 \text{ kNm}$$

$$W_{y,ef} = \frac{b * h^2}{6} = 2874,67 \text{ cm}^3$$

$$W_{z,ef} = \frac{b^2 * h}{6} = 2258,67 \text{ cm}^3$$

Kippbeiwertermittlung:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef} * h * 10^2}{\pi * b^2}} * \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} * G_{05}}}} = 0,33$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 1,00$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{y,ef}} * 10^3 = 12,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_{z,ef}} * 10^3 = 3,77 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

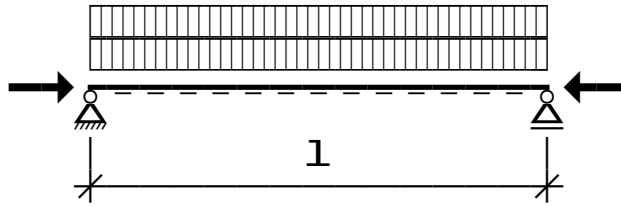
$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,d}} + 0,7 * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,92 \leq 1}$$

$$0,7 * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,76 \leq 1}$$

Biegebeanspruchter Balken kippgefährdet mit Druck



System:

Stützweite l_{ef} =	4,50 m
Trägerbreite b =	22,00 cm
Trägerhöhe h =	28,00 cm

Belastung:

$p_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$p_{y,d}$ =	3,36 kN/m
$F_{x,d}$ =	20,30 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$E_{0,mean}$ =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	2 / 3 * $E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	690,00 N/mm ²
G_{05} =	2 / 3 * G_{mean}	=	460,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$M_{yd} = p_{z,d} * \frac{l_{ef}^2}{8} = 36,30 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = p_{y,d} * \frac{l_{ef}^2}{8} = 8,51 \text{ kNm}$$

$$W_{y,ef} = \frac{b * h^2}{6} = 2874,67 \text{ cm}^3$$

$$W_{z,ef} = \frac{h * b^2}{6} = 2258,67 \text{ cm}^3$$

$$A_{ef} = b * h = 616,00 \text{ cm}^2$$

Schlankheitsgrad:

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{0,289 \cdot h} \cdot 10^2 = 55,61$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef}}{0,289 \cdot b} \cdot 10^2 = 70,78$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,95$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,21$$

Kippbeiwertermittlung:

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"}; 0,1; 0,2) = 0,20$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,y} - 0,3) + \lambda_{rel,c,y}^2) = 1,02$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c,z} - 0,3) + \lambda_{rel,c,z}^2) = 1,32$$

$$k_{c,y} = \text{MIN}(1/(k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2)}); 1) = 0,72$$

$$k_{c,z} = \text{MIN}(1/(k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2)}); 1) = 0,54$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h \cdot 10^2}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05}} \cdot G_{05}}} = 0,33$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 1,00$$

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{x,d}}{A_{ef}} \cdot 10 = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{y,ef}} \cdot 10^3 = 12,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_{z,ef}} \cdot 10^3 = 3,77 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

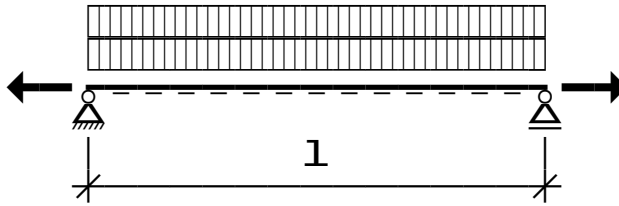
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,95 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,80 \leq 1}$$

Biegebeanspruchter Balken kippgefährdet mit Zug



System:

Stützweite l_{ef} =	4,50 m
Trägerbreite b =	22,00 cm
Trägerhöhe h =	28,00 cm

Belastung:

$p_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$p_{y,d}$ =	3,36 kN/m
$F_{x,d}$ =	20,30 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{m,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{t,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
$E_{0,mean}$ =	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	2 / 3 * $E_{0,mean}$	=	7333,33 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	690,00 N/mm ²
G_{05} =	2 / 3 * G_{mean}	=	460,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$M_{yd} = p_{z,d} \cdot \frac{l_{ef}^2}{8} = 36,30 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = p_{y,d} \cdot \frac{l_{ef}^2}{8} = 8,51 \text{ kNm}$$

$$W_{y,ef} = b \cdot \frac{h^2}{6} = 2874,67 \text{ cm}^3$$

$$W_{z,ef} = h \cdot \frac{b^2}{6} = 2258,67 \text{ cm}^3$$

$$A_{ef} = b \cdot h = 616,00 \text{ cm}^2$$

Kippbeiwertermittlung:

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{I_{\text{ef}} \cdot h \cdot 10^2}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{m,k}}}{\sqrt{E_{0,05}} \cdot G_{05}}} = 0,33$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{\text{rel,m}} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{\text{rel,m}}; 1/\lambda_{\text{rel,m}}^2)) = 1,00$$

Zugbeanspruchung:

$$\sigma_{\text{t,0,d}} = \frac{F_{\text{x,d}}}{A_{\text{ef}}} \cdot 10 = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{\text{m,y,d}} = \frac{M_{\text{yd}}}{W_{\text{y,ef}}} \cdot 10^3 = 12,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{m,z,d}} = \frac{M_{\text{zd}}}{W_{\text{z,ef}}} \cdot 10^3 = 3,77 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{\text{m,d}} = k_{\text{mod}} \cdot f_{\text{m,k}} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

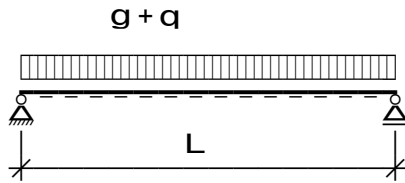
$$f_{\text{t,0,d}} = k_{\text{mod}} \cdot f_{\text{t,0,k}} / 1,3 = 9,69 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für zweiachsige Biegung:

$$\frac{\sigma_{\text{t,0,d}}}{f_{\text{t,0,d}}} + \frac{\sigma_{\text{m,y,d}}}{k_m \cdot f_{\text{m,d}}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{\text{m,z,d}}}{f_{\text{m,d}}} = \underline{\underline{0,95 \leq 1}}$$

$$\frac{\sigma_{\text{t,0,d}}}{f_{\text{t,0,d}}} + \frac{\sigma_{\text{m,y,d}}}{k_m \cdot f_{\text{m,d}}} \cdot 0,7 + \frac{\sigma_{\text{m,z,d}}}{f_{\text{m,d}}} = \underline{\underline{0,79 \leq 1}}$$

Durchbiegung



System:

Stützweite $l =$	5,80 m
Trägerbreite $b =$	22,00 cm
Trägerhöhe $h =$	30,00 cm

Belastung:

$M_{y,G,k} =$	10,00 kN/m
$M_{y,Q,k} =$	30,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	=	11000,00 N/mm ²
$k_{def} =$	TAB("1052/F1"; kdef; B=BS;N=NK)	=	0,60
Beiwert ψ nach DIN 1055-100 Tabelle A 2			
$\psi =$			0,30

Berechnung:

$$M_{yd} = M_{y,G,k} + M_{y,Q,k} = 40,00 \text{ kNm}$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = 49500,00 \text{ cm}^4$$

Verformung (Durchbiegung)

Elastische Anfangsverformung:

$$w_{z,G,inst} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{y,G,k} \cdot l^2 \cdot 10^8}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 6,44 \text{ mm}$$

$$w_{z,Q,inst} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{y,Q,k} \cdot l^2 \cdot 10^8}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 19,31 \text{ mm}$$

Endverformung:

ständige Einwirkung:

$$w_{z,G,fin} = w_{z,G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 10,30 \text{ mm}$$

veränderliche Einwirkung:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{z,Q,fin1} = w_{z,Q,inst} \cdot (1 + \psi \cdot k_{def}) = 22,79 \text{ mm}$$

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$w_{z,Q,fin2} = \psi \cdot w_{z,Q,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 9,27 \text{ mm}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{z,fin1} = w_{z,G,fin} + w_{z,Q,fin1} = 33,09 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{z,Q,inst}}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{300}\right)} = \underline{1,00 \leq 1}$$

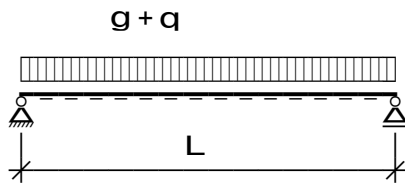
$$\frac{w_{z,fin1} - w_{z,G,inst}}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{200}\right)} = \underline{0,92 \leq 1}$$

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$w_{z,fin2} = w_{z,G,fin} + w_{z,Q,fin2} = 19,57 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{z,fin2}}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{200}\right)} = \underline{0,67 \leq 1}$$

Durchbiegung mit Überhöhung



System:

Stützweite $l =$	19,00 m
Trägerbreite $b =$	16,00 cm
Trägerhöhe $h =$	48,00 cm
Überhöhung $w_0 =$	50,00 mm

Belastung:

$M_{y,G,k} =$	10,00 kN/m
$M_{y,Q,k} =$	30,00 kN/m

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	= GL28h
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	= 1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	= mittel
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK)*10	= 12600,00 N/mm ²
$k_{def} =$	TAB("1052/F1"; kdef; B=BS;N=NK)	= 0,60
Beiwert ψ nach DIN 1055-100 Tabelle A 2		
$\psi =$		0,30

Berechnung:

$M_{yd} =$	$M_{y,G,k} + M_{y,Q,k}$	=	40,00 kNm
$I_y =$	$\frac{b \cdot h^3}{12}$	=	147,46*10 ³ cm ⁴

Verformung (Durchbiegung)

Elastische Anfangsverformung:

$$w_{z,G,inst} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{y,G,k} \cdot l^2 \cdot 10^8}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 20,24 \text{ mm}$$

$$w_{z,Q,inst} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{y,Q,k} \cdot l^2 \cdot 10^8}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 60,72 \text{ mm}$$

Endverformung:

ständige Einwirkung:

$$w_{z,G,fin} = w_{z,G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 32,38 \text{ mm}$$

veränderliche Einwirkung:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{z,Q,fin1} = w_{z,Q,inst} \cdot (1 + \psi \cdot k_{def}) = 71,65 \text{ mm}$$

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$w_{z,Q,fin2} = \psi \cdot w_{z,Q,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 29,15 \text{ mm}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{z,fin1} = w_{z,G,fin} + w_{z,Q,fin1} = 104,03 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{z,Q,inst}}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{300}\right)} = \underline{0,96 \leq 1}$$

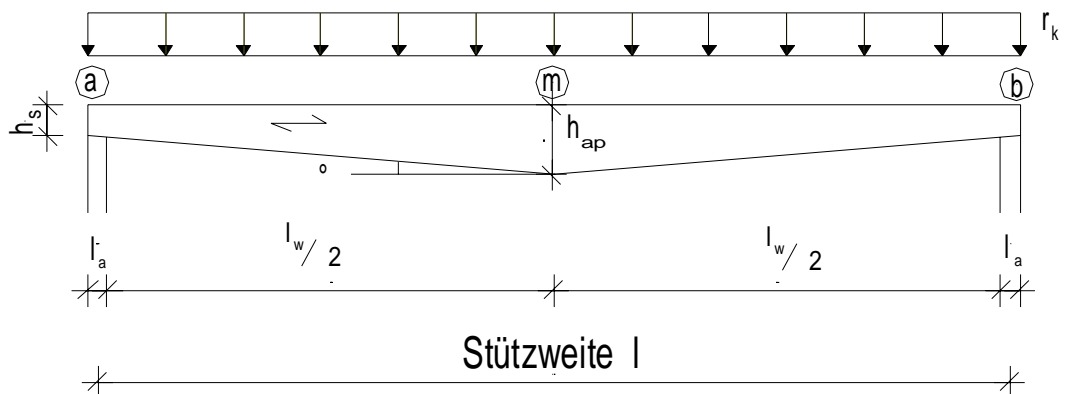
$$\frac{w_{z,fin1} - w_{z,G,inst}}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{200}\right)} = \underline{0,88 \leq 1}$$

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$w_{z,fin2} = w_{z,G,fin} + w_{z,Q,fin2} = 61,53 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{z,fin2} - w_0}{\left(\frac{1 \cdot 10^3}{200}\right)} = \underline{0,12 \leq 1}$$

Fischbauchartiger Träger



System:

Stützweite $l =$	13,00 m
Trägerhöhe $h_s =$	410 mm
Trägerbreite $b =$	100 mm
Auflagerlänge $l_a =$	120 mm
Winkel $\alpha =$	6 °
Überhöhung $w_0 =$	0 mm

Belastung:

$g_k =$	0,90 kN/m
$q_k =$	2,10 kN/m

Querschnittswerte:

Fläche $A_s =$	$b \cdot h_s$	$=$	$41 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
$I_s =$	$\frac{b \cdot h_s^3}{12}$	$=$	$574 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
$h_{ap} =$	$h_s + (l - l_a \cdot 10^{-3})/2 \cdot \text{TAN}(\alpha) \cdot 10^3$	$=$	1087 mm
$W_{ap} =$	$\frac{b \cdot h_{ap}^2}{6}$	$=$	$19,69 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24h
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED)	=	0,80
$f_{m,k} =$	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{t,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; ft90k;FK=FK) * 10	=	0,50 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k;FK=FK) * 10	=	2,70 N/mm ²
$E_{0,mean} =$	TAB("1052/Holz"; E0mean; FK=FK) * 10	=	11600 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("1052/Holz"; E005;FK=FK) * 10	=	9670 N/mm ²
$G_{mean} =$	TAB("1052/Holz"; Gmean; FK=FK)*10	=	720 N/mm ²
$G_{05} =$	TAB("1052/Holz"; G05;FK=FK) * 10	=	600 N/mm ²

Berechnung:

Schnittgrößen für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis

$$M_k = g_k \cdot \frac{l^2}{8} + q_k \cdot \frac{l^2}{8} = 63,38 \text{ kNm}$$

Schnittgrößen für die Tragfähigkeitsnachweise

$$r_d = 1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k = 4,37 \text{ kN/m}$$

$$M_d = r_d \cdot \frac{l^2}{8} = 92,32 \text{ kNm}$$

$$V_d = r_d \cdot \frac{l}{2} = 28,41 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweise**Schub**

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d \cdot 10^3}{A_s} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,68 \leq 1}}$$

Auflagerpressung

$$A_{ef} = b \cdot (l_a + 30) = 15,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Nadelholz"}; 1,5; \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Laubholz"}; 1,0; 1,75)) = 1,75$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d \cdot 10^3}{A_{ef}} = 1,89 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 1,66 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis (Annahme: keine Ausklingung, aufgesetzter Keil am Auflager)

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \underline{\underline{0,65 \leq 1}}$$

Stelle x vom Auflager entfernt mit $\sigma_{m,max,d}$

$$\text{Stelle } x = \frac{l \cdot h_s}{2 \cdot h_{ap}} = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{Höhe } h_x = h_{ap} - \left(\frac{l}{2} - x\right) \cdot \tan(\alpha) \cdot 10^3 = 661 \text{ mm}$$

$$W_x = b \cdot \frac{h_x^2}{6} = 7,28 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{x,d} = r_d \cdot \frac{l}{2} \cdot x - r_d \cdot \frac{x^2}{2} = 56,48 \text{ kNm}$$

am Rand parallel zur Faserrichtung

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{l,0} = 1 + 4 \cdot (\text{TAN}(\alpha))^2 = 1,04$$

$$\sigma_{m,0,d} = k_{l,0} \cdot \frac{M_{x,d} \cdot 10^6}{W_x} = 8,07 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,55 \leq 1}}$$

am Rand schräg zur Faserrichtung

$$f_{t,90,d} = f_{t,90,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 0,308 \text{ N/mm}^2$$

für LH und FSH ohne Querlagen, $f_{v,d}$ mit 0,75 multiplizieren

$$k_{\alpha,t} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}{f_{v,d}}\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 0,666$$

$$f_{m,a,d} = f_{m,d} \cdot k_{\alpha,t} = 9,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,a,d} = \frac{M_{x,d} \cdot 10^6}{W_x} = 7,76 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,a,d}}{f_{m,a,d}} = \underline{\underline{0,79 \leq 1}}$$

Firstquerschnitt

$$k_l = 1 + 1,4 \cdot \text{TAN}(\alpha) + 5,5 \cdot (\text{TAN}(\alpha))^2 = 1,208$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{M_d \cdot 10^6}{W_{ap}} = 5,66 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = \underline{\underline{0,38 \leq 1}}$$

Der Nachweis der Zugspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung entfällt, weil im Firstbereich infolge der Umlenkraft nur Druckspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung auftreten.

Kippnachweis in Trägermitte

$$h = (h_s + h_{ap}) / 2 = 749 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l = 13,00 \text{ m}$$

Kippbeiwertermittlung:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h \cdot 10^3}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{E_{0,05} \cdot G_{05}}} = 1,757$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,324$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{1,68 > 1}$$

Der Träger muss zusätzlich z.B. in Feldmitte abgestützt werden.

Bei Stäben mit linear veränderlichen Querschnittshöhe dürfen zur Bestimmung der Knick- und Kippbeiwerte die Querschnittswerte im Abstand der 0,65 fachen Stablänge vom Stabende mit dem kleineren Stabquerschnitt verwendet werden. DIN 1052:2004-08

$$h = 0,65 * (h_{ap} - h_s) + h_s = 850 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l/2 = 6,50 \text{ m}$$

Kippbeiwertermittlung:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef} * h * 10^3}{\pi * b^2}} * \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} * G_{05}}}} = 1,324$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 0,567$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{k_m * f_{m,d}} = \underline{0,96 > 1}$$

Gebrauchstauglichkeitsnachweise:

$$M_{g,k} = g_k * \frac{l^2}{8} = 19,01 \text{ kNm}$$

$$M_{q,k} = q_k * \frac{l^2}{8} = 44,36 \text{ kNm}$$

$$k_m = \frac{\left(\frac{h_s}{h_{ap}}\right)^3}{0,15 + 0,85 * \frac{h_s}{h_{ap}}} = 0,11$$

$$k_v = \frac{2}{1 + \left(\frac{h_{ap}}{h_s}\right)^{2/3}} = 0,69$$

Elastische Anfangsverformung:

$$w_{G,inst} = \frac{M_{g,k} * 10^{12} * l^2}{9,6 * E_{0,mean} * I_s} * k_m + 1,2 * \frac{M_{g,k} * 10^6}{G_{mean} * A_s} * k_v = 6,1 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = \frac{M_{q,k} * 10^{12} * l^2}{9,6 * E_{0,mean} * I_s} * k_m + 1,2 * \frac{M_{q,k} * 10^6}{G_{mean} * A_s} * k_v = 14,1 \text{ mm}$$

Kombinationsbeiwerte für Hochbauten nach DIN 1055-100, Anhang A

$$\text{Beiwert } \psi_2 = 0,00$$

$$k_{def} = \text{TAB}("1052/F1"; k_{def}; B=BS; N=NK) = 0,80$$

Endverformung:

ständige Einwirkung:

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} * (1 + k_{def}) = 10,98 \text{ mm}$$

veränderliche Einwirkung:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{Q,fin1} = w_{Q,inst} * (1 + \psi_2 * k_{def}) = 14,10 \text{ mm}$$

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$w_{Q,fin2} = \psi_2 * w_{Q,inst} * (1 + k_{def}) = 0,00 \text{ mm}$$

Nachweis in den Grenzzuständen

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{fin1} = w_{G,fin} + w_{Q,fin1} = 25,08 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{Q,inst}}{\left(\frac{l_{ef} * 10^3}{300}\right)} = \underline{0,65 \leq 1}$$

$$\frac{w_{fin1} - w_{G,inst}}{\left(\frac{l_{ef} * 10^3}{200}\right)} = \underline{0,58 \leq 1}$$

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$w_{fin2} = w_{G,fin} + w_{Q,fin2} = 10,98 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{fin2} - w_0}{\left(\frac{l_{ef} * 10^3}{200}\right)} = \underline{0,34 \leq 1}$$

Belastung:

ständige Last $g_d = 1,1 \text{ kN/m}$

Nutzlast $F_d = 5,0 \text{ kN}$

Windlast $w_d = 2,0 \text{ kN/m}$

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

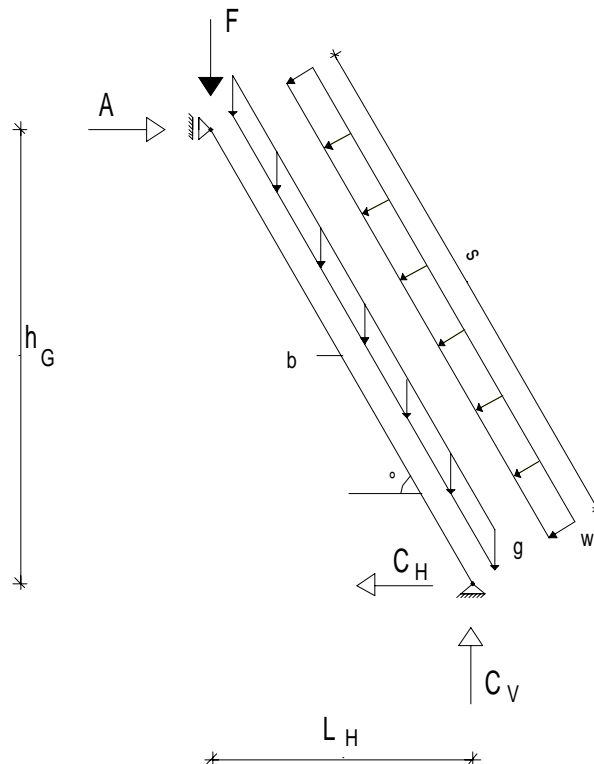
$$\text{Knicklänge } l_{\text{ef},y} = \frac{h_G}{\sin(\alpha)} = 6,73 \text{ m}$$

⊥ Zeichenebene

$$\text{Knicklänge } l_{\text{ef},z} = \frac{l_{\text{ef},y}}{2} = 3,37 \text{ m}$$

$$g_{0,d} = g_d \cdot \sin(\alpha) = 1,00 \text{ kN/m}$$

$$g_{90,d} = g_d \cdot \cos(\alpha) = 0,46 \text{ kN/m}$$



System ist statisch bestimmt.

$$\text{Trägerlänge } s = l_{\text{ef},y} = 6,73 \text{ m}$$

$$\text{Länge } L_H = \frac{h_G}{\tan(\alpha)} = 2,84 \text{ m}$$

 ΣM um Punkt c, nach A_d umgestellt

$$A_d = \frac{(F_d \cdot L_H + g_d \cdot s \cdot L_H/2 + w_d \cdot s^2/2)}{h_G} = 11,48 \text{ kN}$$

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

$$C_{V,d} = F_d + g_d * s + w_d * \cos(\alpha) * s = 18,09 \text{ kN}$$

$$N_{a,d} = -A_d * \cos(\alpha) - F_d * \sin(\alpha) = -9,38 \text{ kN}$$

$$V_{a,d} = A_d * \sin(\alpha) - F_d * \cos(\alpha) = 8,29 \text{ kN}$$

$$N_{b,d} = N_{a,d} - g_{0,d} * \frac{s}{2} = -12,74 \text{ kN}$$

$$V_{b,d} = V_{a,d} - (w_d + g_{90,d}) * \frac{s}{2} = 0,01 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = (g_{90,d} + w_d) * \frac{s^2}{8} = 13,93 \text{ kNm}$$

$$N_{c,d} = N_{a,d} - g_{0,d} * s = -16,11 \text{ kN}$$

$$V_{c,d} = V_{a,d} - (g_{90,d} + w_d) * s = -8,27 \text{ kN}$$

Querschnittswerte des Trägers:

$$\text{Fläche } A = h * b = 28 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{b * h^2}{6} = 1,31 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_y = \frac{b * h^3}{12} = 183 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Nachweise:**Knicken**

$$i_y = 0,289 * h = 80,92 \text{ mm}$$

$$i_z = 0,289 * b = 28,90 \text{ mm}$$

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda_y = 1000 * \frac{l_{ef,y}}{i_y} = 83$$

$$\text{maßg. Schlankheitsgrad } \lambda_z = 1000 * \frac{l_{ef,z}}{i_z} = 117$$

bezogener Schlankheitsgrad:

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,86$$

$$\beta_c = \text{WENN}(\text{BS}="Brettschichtholz"; 0,1; 0,2) = 0,10$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c,z} - 0,3) + \lambda_{rel,c,z}^2) = 2,31$$

$$\text{Knickbeiwert } k_{c,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}}, 1\right) = 0,272$$

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} * k_{mod} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{-N_{c,d} * 10^3}{A} = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

Biegung

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{b,d} \cdot 10^6}{W_y} = 10,63 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{ef} = \frac{s}{2} = 3,37 \text{ m}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h \cdot 10^3}{\pi \cdot b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} = 0,547$$

$$k_m = \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{WENN}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) = 1,000$$

Nachweis :

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \underline{0,77 \leq 1}$$

Schub

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{c,d}}{A} \cdot 10^3 = 0,44 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis :

$$\tau_d / f_{v,d} = \underline{0,25 \leq 1}$$

Durchbiegung

$$M_{g,k} = \frac{g_{90,d} \cdot s^2}{\gamma_G \cdot 8} = 1,93 \text{ kNm}$$

$$M_{q,k} = \frac{w_d \cdot s^2}{\gamma_Q \cdot 8} = 7,55 \text{ kNm}$$

Elastische Anfangsverformung:

$$w_{G,inst} = \frac{5 \cdot g_{90,d} \cdot l_{ef,y}^4 \cdot 10^{12}}{384 \cdot 1,35 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} = 4,29 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = \frac{M_{q,k}}{M_{g,k}} \cdot w_{G,inst} = 16,78 \text{ mm}$$

$$\Psi_2 = 0,00$$

$$k_{def} = \text{TAB}("1052/F1"; k_{def}; B=BS; N=NK) = 0,80$$

Endverformung:

ständige Einwirkung:

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 7,72 \text{ mm}$$

veränderliche Einwirkung:

charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{Q,fin} = w_{Q,inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 16,78 \text{ mm}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

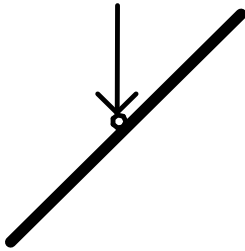
charakteristische (seltene) Bemessungssituation:

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin} = 24,50 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{Q,inst}}{\left(\frac{l_{ef,y} \cdot 10^3}{300} \right)} = \underline{0,75 \leq 1}$$

$$\frac{w_{fin} - w_{G,inst}}{\left(\frac{l_{ef,y} \cdot 10^3}{200} \right)} = \underline{0,60 \leq 1}$$

Druck unter einem Winkel zur Faserrichtung (Querschnittstragfähigkeit)



System:

Druckstabbreite b_D =	10,00 cm
Druckstabhöhe h_D =	14,00 cm
Gurtbreite b_G =	12,00 cm
Gurthöhe h_G =	16,00 cm
Kraftwinkel α =	30,00 °
Abstand s =	50,00 cm

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz";fc0k;FK=FK)*10	=	21,00 kN/cm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("1052/Holz";fc90k;FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NK;B=BS)	=	0,90

Belastung:

F_d =	41,20 kN
---------	----------

Berechnung:

$$A_{ef} = b_G * h_G * \sin(\alpha) = 96,00 \text{ cm}^2$$

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{F_d}{A_{ef}} * 10 = 4,29 \text{ N/mm}^2$$

Zugfestigkeit:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Korrekturfaktor:

Nach DIN 1052:2008-12 10.2.5 darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ bei Nadelvollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz um 40% erhöht werden.

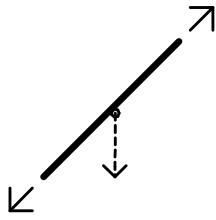
$$f_{c,a,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} \cdot 1,5 \cdot 1,4} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 4,67 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{c,90} = \text{WENN}(s < 2 \cdot h_G; 1; \text{WENN}(\text{BS} = \text{"Nadelholz"}; 1,25; 1,5)) = 1,25$$

$$k_{c,a} = 1 + (k_{c,90} - 1) \cdot \text{SIN}(\alpha) = 1,13$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{k_{c,a} \cdot f_{c,a,d}} = \underline{\underline{0,81 \leq 1}}$$

Querschnittstragfähigkeit - Zug im Winkel α zur Faserrichtung

System:

Querschnittsbreite $b =$	4,00 cm
Querschnittshöhe $h =$	14,00 cm
Zugwinkel $\alpha =$	80,00 °

Belastung:

$F_d =$	60,60 kN
---------	----------

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/Sperr"; B;)	=	Sperrholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Sperr";FK; B=BS)	=	F40/40
Beanspruchungsart A =	GEW("1052/Sperr"; A;)	=	Scheibe
Beanspruchungsrichtung R1 =	GEW("1052/Sperr"; R;)	=	parallel
Beanspruchungsrichtung R2 =	GEW("1052/Sperr"; R;)	=	senkrecht
Nutzungsklasse NKL =	GEW("1052/F1";N;)	=	1
Lasteinwirkungsdauer KLED =	GEW("1052/F1";K;)	=	mittel
Modifikationsbeiwert $k_{mod} =$	TAB("1052/F1";k;K=KLED;N=NKL;B=BS)	=	0,80

Berechnung:

Nägel DIN 1052, 12.5.1 (7)

$$A_{ef} = 0,9 \cdot b \cdot h = 50,40 \text{ cm}^2$$

Zugbeanspruchung:

$$\sigma_{t,a,d} = \frac{F_d}{A_{ef}} \cdot 10 = 12,02 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Sperr"; ftk; FK=FK; A=A; R=R1}) = 29,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Sperr"; ftk; FK=FK; A=A; R=R2}) = 31,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Sperr"; fvk; FK=FK; A=A; R=R2}) = 11,00 \text{ N/mm}^2$$

Zugfestigkeit:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / 1,3 = 17,85 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / 1,3 = 19,08 \text{ N/mm}^2$$

Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / 1,3 = 6,77 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

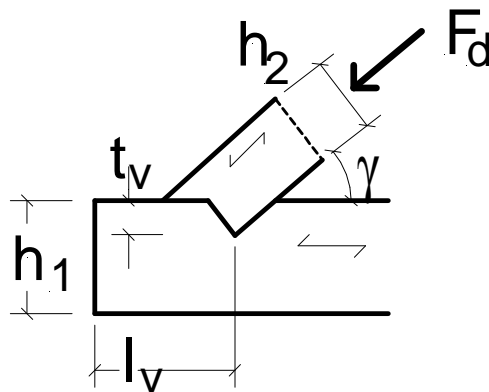
Korrekturfaktor:

$$k_{\alpha} = \frac{1}{\frac{f_{t,0,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin(\alpha)^2 + \frac{f_{t,0,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) + \cos(\alpha)^2} = 0,720$$

Querschnittstragfähigkeit:

$$\frac{\sigma_{t,a,d}}{k_{\alpha} \cdot f_{t,0,d}} = 0,94 \leq 1$$

Stirnversatz



System:

Gurt:	
Höhe $h_1 =$	300,00 mm
Breite $b_1 =$	140,00 mm
Druckstab:	
Höhe $h_2 =$	140,00 mm
Breite $b_2 =$	140,00 mm
Einschnitttiefe $t_v =$	75,00 mm
Vorholzlänge $l_v =$	250,00 mm
Anschlußswinkel $\gamma =$	35,00 °

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²

Belastung:

$$F_{\alpha,d} = 55,40 \text{ kN}$$

Berechnung:

Überprüfung der geometrischen Randbedingungen:

$$\alpha = \gamma = 35,00 \text{ °}$$

$$t_{v,max} = \text{WENN}(\gamma \leq 50; h_1/4; \text{WENN}(\gamma \leq 60; h_1/4 * (1 - (\gamma - 50)/30); h_1/6)) = 75,00 \text{ mm}$$

$$\frac{t_v}{t_{v,max}} = \underline{1,00 \leq 1}$$

$$\frac{l_v}{8 * t_v} = \underline{0,42 \leq 1}$$

Bemessungswerte der Beanspruchung

Druckbeanspruchung in der Versatzfläche:

$$A_D = \frac{b_1 \cdot t_v}{\cos(\alpha)} = 12,82 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,a,d} = F_{\alpha,d} \cdot \frac{10^3}{A_D} = 4,32 \text{ N/mm}^2$$

Scherkräfte in der Vorholzfläche:

$$A_V = b_1 \cdot l_v = 35,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\tau_d = F_{\alpha,d} \cdot 10^3 \cdot \frac{\cos(\gamma)}{A_V} = 1,30 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,90,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / 1,3 = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

Nach DIN 1052:2008-12 15.1 darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ bei Nadelvollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz um 40% erhöht werden.

$$f_{c,a,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d} \cdot 2} \cdot \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} \cdot 2 \cdot 1,4} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 6,21 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

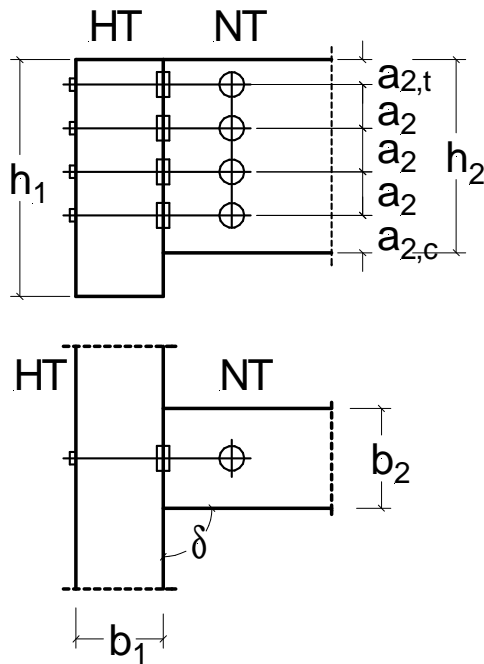
Druckfestigkeit in der Versatzfläche:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \underline{\underline{0,70 \leq 1}}$$

Schubfestigkeit in der Vorholzfläche:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Hirnholzanschluß



System:

Hauptträgerhöhe h_1 =	40,00 cm
Hauptträgerbreite b_1 =	16,00 cm
Nebenträgerhöhe h_2 =	36,00 cm
Nebenträgerbreite b_2 =	12,00 cm
Anschlußwinkel δ =	90,00 °
Anzahl der Dübel hintereinander n =	4

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24h
Ringdübel A1 nach DIN 1052			
d_c =	GEW("1052/A1"; dc;)	=	65,00 mm
h_e =	TAB("1052/A1"; he; dc=d _c)	=	15,00 mm
Bolzen d_b =			12,00 mm
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;N=4)	=	3.6
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
$f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	300,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80

Belastung:

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

Berechnung:

Lochleibungsfestigkeit für vorgebohrte Löcher:

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

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d_b = 1,53$$

$$k_{\alpha 1} = k_{90} * \text{SIN}(\delta)^2 + \text{COS}(\delta)^2 = 1,53$$

$$f_{h,\alpha,k} = f_{h,0,k} / k_{\alpha 1} = 17,92 \text{ N/mm}^2$$

Fließmoment der Bolzen:

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d_b^{2,6} = 57,56 * 10^3 \text{ Nmm}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$R_{c,0,k} = \text{MIN}(35 * d_c^{1,5}; 31,5 * d_c * h_e) = 18341,64 \text{ N}$$

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

$$k_1 = \frac{k_H}{1,3 + 0,001 * d_c} = 0,59$$

$$R_{c,H,k} = \text{WENN}(\rho_k \geq 350; k_1 * R_{c,0,k};) = 10821,57 \text{ N}$$

Tragfähigkeit des Hirnholzanschlusses:

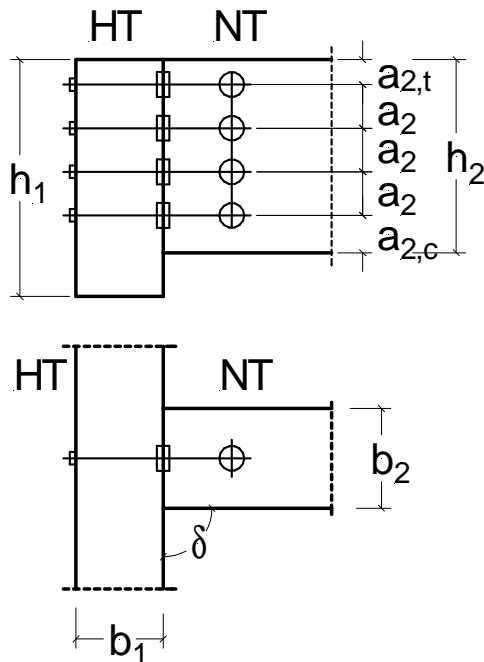
$$R_{c,H,d} = n * \frac{k_{\text{mod}} * R_{c,H,k}}{1,3 * 10^3} = 26,64 \text{ kN}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Ringdübel:

$$\frac{F_{la,d}}{R_{c,H,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Hirnholzanschluß



System:

Hauptträgerhöhe h_1 =	40,00 cm
Hauptträgerbreite b_1 =	16,00 cm
Nebenträgerhöhe h_2 =	36,00 cm
Nebenträgerbreite b_2 =	12,00 cm
Anschlußwinkel δ =	90,00 °
Anzahl der Dübel hintereinander n =	4

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	GL24h

Dübel besonderer Bauart:

Typ =	GEW("1052/DübelC"; Typ;)	=	C1
d_c =	GEW("1052/DübelC"; dc; Typ=Typ)	=	62,00 mm
h_e =	TAB("1052/DübelC"; he; Typ=Typ;dc=d _c)	=	7,40 mm
Bolzen d_b =		=	12,00 mm
Stahlsorte S =	GEW("1052/VM";Bez;N=4)	=	3.6
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
ρ_k =	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	380,00 kg/m ³
$f_{u,k}$ =	TAB("1052/VM";fuk;Bez=S)	=	300,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80

Belastung:

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

Berechnung:

Lochleibungsfestigkeit für vorgebohrte Löcher:

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

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d_b = 1,53$$

$$k_{\alpha 1} = k_{90} * \text{SIN}(\delta)^2 + \text{COS}(\delta)^2 = 1,53$$

$$f_{h,a,k} = f_{h,0,k} / k_{\alpha 1} = 17,92 \text{ N/mm}^2$$

Fließmoment der Bolzen:

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d_b^{2,6} = 57,56 * 10^3 \text{ Nmm}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$R_{b,90,k} = \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,a,k} * d_b} = 4975,48 \text{ N}$$

$$R_{c,H,k} = \text{WENN}(\rho_k \geq 350 \text{ UND } \rho_k \leq 500; 14 * d_c^{1,5} + 0,8 * R_{b,90,k};) = 10815,02 \text{ N}$$

Tragfähigkeit des Hirnholzanschlusses:

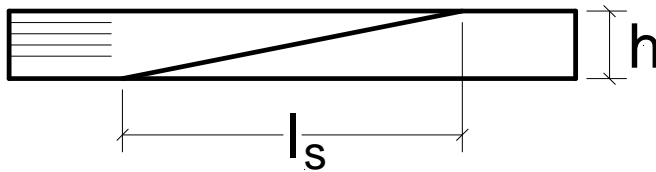
$$R_{c,H,d} = n * k_{\text{mod}} * R_{c,H,k} / 1,3 / 10^3 = 26,62 \text{ kN}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

Ringdübel:

$$\frac{F_{la,d}}{R_{c,H,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Schäftverbindung:



System:

Trägerhöhe h =	60,00 mm
Trägerbreite b =	200,00 mm
Länge l _s =	600,00 mm

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS;N<3)	=	2
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
f _{m,k} =	TAB("1052/Holz"; fmk; FK=FK)*10	=	24,00 N/mm ²
f _{t,0,k} =	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
k _{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Belastung:

F _d =	48,60 kN
M _{y,d} =	1,09 kNm

Berechnung:

A _{ef} =	WENN(l _s ≥ 10*h; b * h;)	=	12,00*10 ³ mm ²
W _{y,ef} =	$\frac{b * h^2}{6}$	=	120,00*10 ³ mm ³

Druckbeanspruchung:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_{ef}} * 10^3 = 4,05 \text{ N/mm}^2$$

Biegebeanspruchung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{y,ef}} * 10^6 = 9,08 \text{ N/mm}^2$$

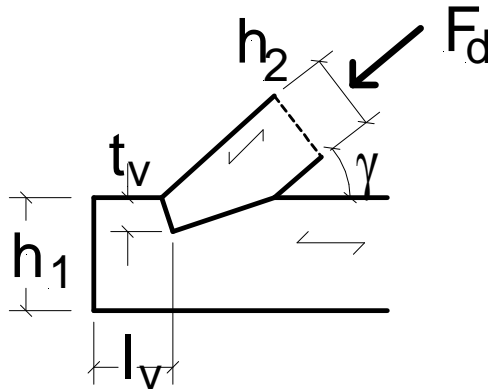
Bemessungswerte der Festigkeiten:

f _{m,d} =	k _{mod} * f _{m,k} / 1,3	=	16,62 N/mm ²
f _{t,0,d} =	k _{mod} * f _{t,0,k} / 1,3	=	9,69 N/mm ²

Nachweis in den Grenzzuständen:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,96 \leq 1}}$$

Stirnversatz



System:

Gurt:	
Höhe h_1 =	180,00 mm
Breite b_1 =	140,00 mm
Druckstab:	
Höhe h_2 =	140,00 mm
Breite b_2 =	140,00 mm
Einschnitttiefe t_v =	45,00 mm
Vorholzlänge l_v =	200,00 mm
Anschlußswinkel γ =	40,00 °

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
k_{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90
$f_{c,0,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("1052/Holz"; fvk; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²

Belastung:

$$F_{\alpha,d} = 49,30 \text{ kN}$$

Berechnung:

Überprüfung der geometrischen Randbedingungen:

α =	$\gamma / 2$	=	20,00 °
$t_{v,max}$ =	WENN($\gamma \leq 50$; $h_1/4$; WENN($\gamma \leq 60$; $h_1/4 * (1 - (\gamma - 50)/30)$; $h_1/6$))	=	45,00 mm
$t_v / t_{v,max}$		=	<u>1,00 ≤ 1</u>
$l_v / (8 * t_v)$		=	<u>0,56 ≤ 1</u>

Bemessungswerte der Beanspruchung

Druckbeanspruchung in der Versatzfläche:

$$A_D = b_1 * \frac{t_v}{\cos(\alpha)} = 6,70 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,a,d} = F_{\alpha,d} * 10^3 * \frac{\cos(\alpha)}{A_D} = 6,91 \text{ N/mm}^2$$

Scherkräfte in der Vorholzfläche:

$$A_V = b_1 * l_v = 28,00 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\tau_d = F_{\alpha,d} * 10^3 * \frac{\cos(\gamma)}{A_V} = 1,35 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / 1,3 = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / 1,3 = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / 1,3 = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

Nach DIN 1052:2008-12 15.1 darf der Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{v,d}$ bei Nadelvollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz um 40% erhöht werden.

$$f_{c,a,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d} * 2} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} * 2 * 1,4} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 9,23 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

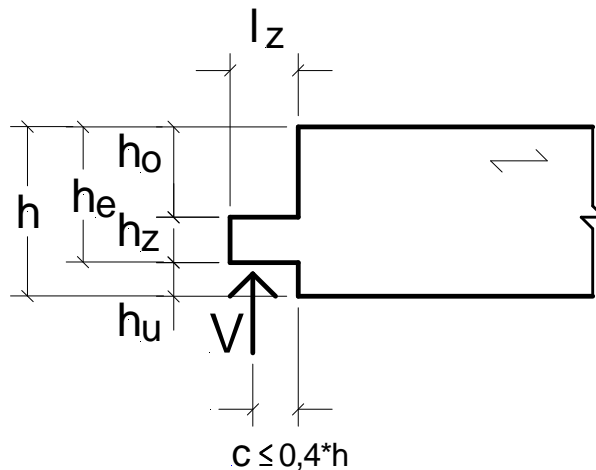
Druckfestigkeit in der Versatzfläche:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \underline{\underline{0,75 \leq 1}}$$

Schubfestigkeit in der Vorholzfläche:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,98 \leq 1}}$$

Zapfenverbindung



System:

Höhe $h =$	280,00 mm
Breite $b =$	140,00 mm
Zapfenlänge $l_z =$	60,00 mm
Obere Höhe $h_o =$	100,00 mm
Zapfenhöhe $h_z =$	100,00 mm
Lastangriffspunkt $c =$	20,00 mm

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	mittel
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,80
$f_{c,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc0k; FK=FK)*10	=	21,00 N/mm ²
$f_{c,90,k} =$	TAB("1052/Holz"; fc90k; FK=FK)*10	=	2,50 N/mm ²
$f_{v,k} =$	TAB("1052/Holz"; fv; FK=FK)*10	=	2,00 N/mm ²

Belastung:

$$F_d = 12,30 \text{ kN}$$

Berechnung:

$$h_u = h - h_o - h_z = 80,00 \text{ mm}$$

$$h_e = h_o + h_z = 200,00 \text{ mm}$$

Überprüfung der geometrischen Randbedingungen:

$$\begin{aligned} h / 300 &= 0,93 \leq 1 \\ 15 / l_z &= 0,25 \leq 1 \\ l_z / 60 &= 1,00 \leq 1 \\ h_u / h_o &= 0,80 \leq 1 \\ h_u / h / (1/3) &= 0,86 \leq 1 \\ h / 6 / h_z &= 0,47 \leq 1 \\ 1,5 / (h / b) &= 0,75 \leq 1 \\ (h / b) / 2,5 &= 0,80 \leq 1 \\ c / (0,4 * h) &= 0,18 \leq 1 \end{aligned}$$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit:

Charakteristischer Wert der Zapfentragfähigkeit:

$$\alpha = \frac{h_e}{h} = 0,71$$

$$\beta = \frac{h_z}{h_e} = 0,50$$

$$k_z = \beta * (1 + 2 * (1 - \beta)^2) * (2 - \alpha) = 0,97$$

$$k_n = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"Brettschichtholz"};6,5;5) = 5,0$$

$$k_{90} = \frac{k_n}{\sqrt{h} * \left(\sqrt{\alpha * (1 - \alpha)} + 0,8 * \frac{c}{h} * \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} = 0,59$$

$$l_{z,ef} = \text{MIN}(l_z + 30; 2 * l_z) = 90,00 \text{ mm}$$

$$k_v = \text{MIN}(1; k_{90}) = 0,59$$

$$R_k = \text{MIN}(2/3 * b * h_e * k_z * k_v * f_{v,k}; 1,7 * b * l_{z,ef} * f_{c,90,k}) = 21,37 * 10^3 \text{ N}$$

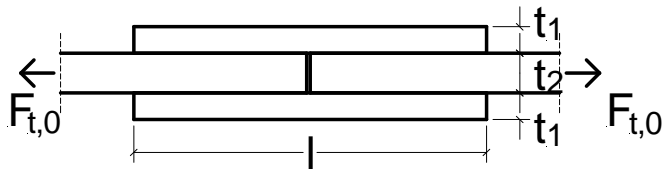
Bemessungswert der Zapfentragfähigkeit:

$$R_d = k_{mod} * R_k / 1,3 = 13,15 * 10^3 \text{ N}$$

Nachweis in den Grenzzuständen:

$$\frac{F_d * 10^3}{R_d} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Zugstoß



System:

Breite b =	200,00 mm
Dicke t ₂ =	120,00 mm

Einwirkungen:

F _{t,G,k} =	68,00 kN
F _{t,Q,k} =	37,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
Dübel d _c =	GEW("1052/A1"; dc;)	=	65,00 mm
h _e =	TAB("1052/A1"; he; dc=dc)	=	15,00 mm
Stabdübel			
Durchmesser d _S =			12,00 mm
f _{t,0,k} =	TAB("1052/Holz"; ft0k; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
ρ _k =	TAB("1052/Holz"; rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
k _{mod} =	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$F_{t,d} = 1,35 * F_{t,G,k} + 1,5 * F_{t,Q,k} = 147,30 \text{ kN}$$

Die Laschendicke wird unter Beachtung von DIN 1052; 11.1.2(1) bestimmt:

$$f_{t,0,d,L} = \frac{2}{3} * k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{1,3} = 6,46 \text{ N/mm}^2$$

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

$$t_{1,erf} = \frac{A_{req}}{b} = 57,00 \text{ mm}$$

mit Rücksicht auf die Vorbohrung die Dübelfehlflächen gewählt t₁ =

$$80,00 \text{ mm}$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel:

$$R_{c,0,k} = \text{MIN}(35 * d_c^{1,5}; 31,5 * d_c * h_e) = 18341,64 \text{ N}$$

$$R_{c,0,d} = k_{mod} * R_{c,0,k} / 1,3 = 12698,06 \text{ N}$$

erforderliche Dübelanzahl pro Zugseite:

$$n_{\text{req}} = \frac{F_{t,d} \cdot 10^3}{R_{c,0,d}} = 11,60 \text{ Dübel}$$

Kraft je zur Hälfte über die Laschen:

$$n_{\text{req,L}} = n_{\text{req}} / 2 = 5,80 \text{ Dübel}$$

Kontrolle der Mindestholzdicken:

$$\text{Seitenholz } t_{1,\text{req}} = 3 \cdot h_e = 45,00 \text{ mm} \leq t_1$$

$$\text{Mittelholz } t_{2,\text{req}} = 5 \cdot h_e = 75,00 \text{ mm} \leq t_2$$

Anzahl der Dübel entlang der Stab- / Laschenhöhe
Abstände rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$a_2 = 1,2 \cdot d_c = 78,00 \text{ mm}$$

$$a_{2,c} = 0,6 \cdot d_c = 39,00 \text{ mm}$$

maximal mögliche Anzahl der Dübelreihen:

$$n_{\text{max}} = \frac{b - 2 \cdot a_{2,c}}{a_2} + 1 = 2,56 \text{ Reihen}$$

$$\text{gewählt } n = 2 \text{ Reihen}$$

Anzahl der Dübel pro Reihe:

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

$$\text{gewählt } n_{\text{gew}} = 4 \text{ Dübel/Reihen}$$

effektive Stabdübelanzahl:

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

Tragfähigkeit des Zugstoßes:

Nachweis der Dübel:

$$R_d = 2 \cdot n \cdot n_{\text{ef}} \cdot R_{c,0,d} = 182852,06 \text{ N}$$

$$\frac{F_{t,d} \cdot 10^3}{R_d} = \underline{\underline{0,81 \leq 1}}$$

Nachweise des Zugstabes und der Laschen

Laschen:

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

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

$$\frac{\sigma_{t,0,d,L}}{f_{t,0,d,L}} = \underline{\underline{0,95 \leq 1}}$$

Mittelholz:

$$A_{\text{net,M}} = b * t_2 - n * (d_S + 1) * t_2 - 2 * (n * d_c * h_e) = 16980,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d,M} = \frac{F_{t,d} * 10^3}{A_{\text{net,M}}} = 8,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,M}}{k_{\text{mod}} * \frac{f_{t,0,k}}{1,3}} = \underline{\underline{0,89 \leq 1}}$$

Sicherung der Zuglaschen gemäß DIN 1052, 11.1.2 (2), (3):

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

$$f_1 = \text{WENN}(TK_1=1;60;\text{WENN}(TK_1=2;70;80)) = 70$$

$$f_{1,k} = f_1 * 10^{-6} * (\text{MIN}(500; \rho_k))^2 = 8,57 \text{ N/mm}^2$$

$$f_2 = \text{WENN}(TK_2="A";60;\text{WENN}(TK_2="B";80;100)) = 60$$

$$f_{2,k} = f_2 * 10^{-6} * (\text{MIN}(500; \rho_k))^2 = 7,35 \text{ N/mm}^2$$

$$a = 5 * d = 60,00 \text{ mm}$$

$$F_{t,d} = \frac{0,5 * 10^3 * F_{t,d} * t_1}{2 * n_{\text{gew}} * n * a} = 6137,50 \text{ N}$$

$$R_{ax,k,A} = f_{1,k} * d * (l - t_1) = 6170,40 \text{ N}$$

$$R_{ax,k,K} = f_{2,k} * d_U^2 = 24725,40 \text{ N}$$

$$R_{ax,k,S} = 75 * \pi * (0,9 * d)^2 = 27482,63 \text{ N}$$

$$R_{ax,k} = \text{MIN}(R_{ax,k,A}; R_{ax,k,K}; R_{ax,k,S}) = 6170,40 \text{ N}$$

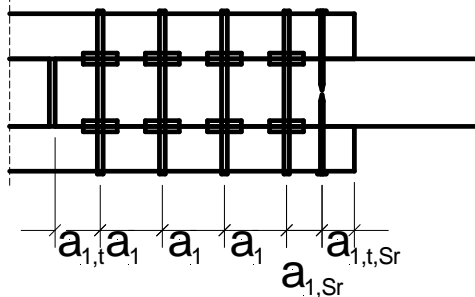
$$R_{ax,d} = k_{\text{mod}} * R_{ax,k} / 1,3 = 4271,82 \text{ N}$$

erforderliche Schraubenzahl:

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

gewählt $n_{\text{req,S}} = 2$ Schrauben

in jeder Dübelreihe am Ende der Zuglaschen



Abstände:

$$a_1 = (1,2 + 0,8) * d_c = 130,00 \text{ mm}$$

$$a_{1,t} = 2 * d_c = 130,00 \text{ mm}$$

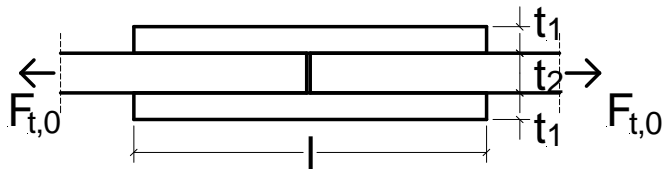
$$a_{1,Sr} = 5 * d = 60,00 \text{ mm}$$

$$a_{1,t,Sr} = 7 * d = 84,00 \text{ mm}$$

Mindestlaschenlänge:

$$l_{\text{req}} = 2 * (a_{1,t,Sr} + a_{1,Sr} + (n_{\text{gew}} - 1) * a_1 + a_{1,t}) = 1328,00$$

Zugstoß



System:

Breite $b =$	200,00 mm
Dicke $t_2 =$	120,00 mm

Einwirkungen:

$F_{t,G,k} =$	68,00 kN
$F_{t,Q,k} =$	37,00 kN

Material:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS)	=	C24
Nutzungsklasse NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS)	=	1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;)	=	kurz
Dübel $d_c =$	GEW("1052/DübelC"; dc;)	=	50,00 mm
$h_e =$	TAB("1052/DübelC"; he; dc=dc)	=	6,00 mm
$\Delta A =$	TAB("1052/DübelC"; ΔA ; dc=dc)	=	170,00 mm ²
Bolzen:			
Verbindungsmittel Typ =	GEW("1052/VM";Typ;)	=	Passbolzen
Durchmesser $d_s =$		=	10,00 mm
Größe $d_{xl} =$	GEW("1052/VM";Bez;Typ=Typ)	=	3.6
$f_{u,k} =$	TAB("1052/VM";fuk;Bez=d _{xl})	=	300,00 N/mm ²
$f_{t,0,k} =$	TAB("1052/Holz"; ft _{0k} ; FK=FK)*10	=	14,00 N/mm ²
$\rho_k =$	TAB("1052/Holz";rhok;FK=FK)	=	350,00 kg/m ³
$k_{mod} =$	TAB("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED;N=NK)	=	0,90

Berechnung:

$$F_{t,d} = 1,35 * F_{t,G,k} + 1,5 * F_{t,Q,k} = 147,30 \text{ kN}$$

Die Laschendicke wird unter Beachtung von DIN 1052; 11.1.2(1) bestimmt:

$$f_{t,0,d,L} = \frac{2}{3} * k_{mod} * f_{t,0,k} / 1,3 = 6,46 \text{ N/mm}^2$$

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

$$t_{1,erf} = \frac{A_{req}}{b} = 57,00 \text{ mm}$$

mit Rücksicht auf die Vorbohrung die Dübelfehlflächen
gewählt $t_1 =$

$$80,00 \text{ mm}$$

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel:

$$\begin{aligned}
 R_{c,0,k} &= 18 * d_c^{1,5} &= & 6363,96 \text{ N} \\
 M_{y,k} &= 0,3 * f_{u,k} * d_S^{2,6} &= & 35830 \text{ Nmm} \\
 f_{h,1,k} &= 0,082 * (1 - 0,01 * d_S) * \rho_k &= & 25,83 \text{ N/mm}^2 \\
 \beta &= & & 1,00 \\
 R_{b,0,k} &= \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,1,k} * d_S} &= & 4302,30 \text{ N} \\
 R_{j,0,d} &= k_{mod} * \frac{R_{c,0,k}}{1,3} + k_{mod} * \frac{R_{b,0,k}}{1,1} &= & 7925,88 \text{ N}
 \end{aligned}$$

erforderliche Dübelanzahl pro Zugseite:

$$n_{req} = \frac{F_{t,d} * 10^3}{R_{j,0,d}} = 18,58 \text{ Dübel}$$

Kraft je zur Hälfte über die Laschen:

$$n_{req,L} = n_{req} / 2 = 9,29 \text{ Dübel}$$

Kontrolle der Mindestholzdicken:

$$\begin{aligned}
 \text{Seitenholz } t_{1,req} &= 3 * h_e &= & 18,00 \text{ mm} \leq t_1 \\
 \text{Mittelholz } t_{2,req} &= 5 * h_e &= & 30,00 \text{ mm} \leq t_2
 \end{aligned}$$

Anzahl der Dübel entlang der Stab- / Laschenhöhe
Abstände rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes:

$$\begin{aligned}
 a_2 &= 1,2 * d_c &= & 60,00 \text{ mm} \\
 a_{2,c} &= 0,6 * d_c &= & 30,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

maximal mögliche Anzahl der Dübelreihen:

$$n_{max} = \frac{b - 2 * a_{2,c}}{a_2} + 1 = 3,33 \text{ Reihen}$$

gewählt $n =$

3 Reihen

Anzahl der Dübel pro Reihe:

$$n_{req,R} = n_{req,L} / n = 3,10 \text{ Dübel/Reihen}$$

gewählt $n_{gew} =$

4 Dübel/Reihen

effektive Stabdübelanzahl:

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

Tragfähigkeit des Zugstoßes:

Nachweis der Dübel:

$$R_d = 2 * n * n_{ef} * R_{j,0,d} = 171199,01 \text{ N}$$

$$\frac{F_{t,d} * 10^3}{R_d} = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$

Nachweise des Zugstabes und der Laschen

Laschen:

$$A_{\text{net,L}} = b * t_1 - n * (d_S + 1) * t_1 - n * \Delta A = 12850,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d,L} = \frac{F_{t,d} * 10^3}{2 * A_{\text{net,L}}} = 5,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,L}}{f_{t,0,d,L}} = \underline{\underline{0,89 \leq 1}}$$

Mittelholz:

$$A_{\text{net,M}} = b * t_2 - n * (d_S + 1) * t_2 - 2 * (n * \Delta A) = 19020,00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d,M} = \frac{F_{t,d} * 10^3}{A_{\text{net,M}}} = 7,74 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,M}}{k_{\text{mod}} * \frac{f_{t,0,k}}{1,3}} = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$$

Sicherung der Zuglaschen gemäß DIN 1052, 11.1.2 (2), (3):

Die Sicherung erfolgt mit Holzschrauben

Tragfähigkeitsklasse $TK_1 = 2$ Tragfähigkeitsklasse $TK_2 = A$ Durchmesser $d = 10,00 \text{ mm}$ Länge $l = 140,00 \text{ mm}$ Unterlegscheibe $d_U = 34,00 \text{ mm}$

$$f_1 = \text{WENN}(TK_1=1;60;\text{WENN}(TK_1=2;70;80)) = 70$$

$$f_{1,k} = f_1 * 10^{-6} * (\text{MIN}(500; p_k))^2 = 8,57 \text{ N/mm}^2$$

$$f_2 = \text{WENN}(TK_2="A";60;\text{WENN}(TK_2="B";80;100)) = 60$$

$$f_{2,k} = f_2 * 10^{-6} * (\text{MIN}(500; p_k))^2 = 7,35 \text{ N/mm}^2$$

$$a = 5 * d = 50,00 \text{ mm}$$

$$F_{t,d} = \frac{0,5 * 10^3 * F_{t,d} * t_1}{2 * n_{\text{gew}} * n * a} = 4910,00 \text{ N}$$

$$R_{ax,k,A} = f_{1,k} * d * (l - t_1) = 5142,00 \text{ N}$$

$$R_{ax,k,K} = f_{2,k} * d_U^2 = 8496,60 \text{ N}$$

$$R_{ax,k,S} = 75 * \pi * (0,9 * d)^2 = 19085,16 \text{ N}$$

$$R_{ax,k} = \text{MIN}(R_{ax,k,A}; R_{ax,k,K}; R_{ax,k,S}) = 5142,00 \text{ N}$$

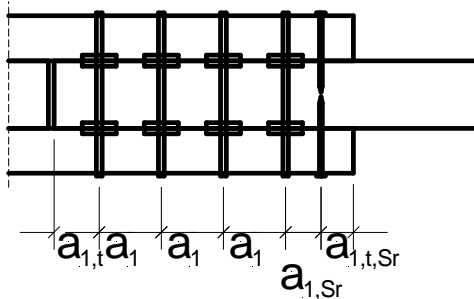
$$R_{ax,d} = k_{\text{mod}} * R_{ax,k} / 1,3 = 3559,85 \text{ N}$$

erforderliche Schraubenzahl:

$$n_{\text{req,S}} = \frac{F_{t,d}}{R_{ax,d}} = 1,38$$

gewählt $n_{\text{req,S}} = 2$ Schrauben

je eine Schraube in den äußeren Dübelreihen am Ende der Zuglaschen



Abstände:

$$a_1 = (1,2 + 0,3) * d_c = 75,00 \text{ mm}$$

$$a_{1,t} = 1,5 * d_c = 75,00 \text{ mm}$$

$$a_{1,Sr} = 5 * d = 50,00 \text{ mm}$$

$$a_{1,t,Sr} = 7 * d = 70,00 \text{ mm}$$

Mindestlaschenlänge:

$$l_{\text{req}} = 2 * (a_{1,t,Sr} + a_{1,Sr} + (n_{\text{gew}} - 1) * a_1 + a_{1,t}) = 840,00 \text{ mm}$$