

Prüfung Holzbau I vom 30. 1. 2012

Name, Vorname: _____ Matr.-Nr.: _____

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Die folgenden Aufgaben sollen nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08 bearbeitet werden.

Aufgabe 1 (25 Punkte)

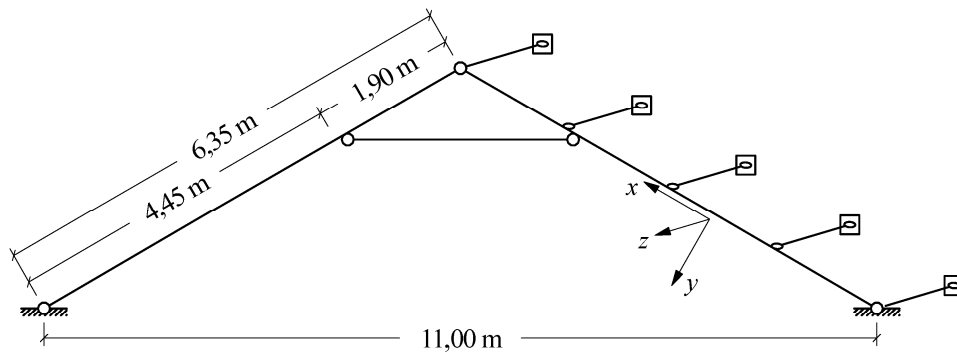
Prüfen Sie für das dargestellte Kehltriegedach mit verschieblichem Kehltriegel, ob ausreichende Sicherheit gegen Knicken besteht. Die Doppelsparren bestehen jeweils aus zwei Querschnitten, die nicht miteinander verbundenen sind.

Der Bemessungswert der Druckkraft im Doppelsparren beträgt: $F_d = 115 \text{ kN}$

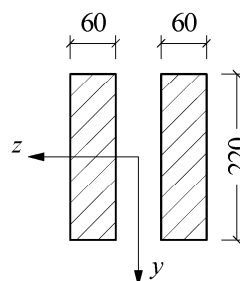
Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.

Ermitteln Sie die Knicklänge und führen Sie den Stabilitätsnachweis

- a) für das Knicken um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung) unter Berücksichtigung, dass alle Doppelsparren in z-Richtung in gleichen Abständen gehalten sind, wie am rechten Sparren dargestellt ist
- b) für das Knicken um die z-Achse (Ausweichen in y-Richtung)



Sparren C24 in [mm]



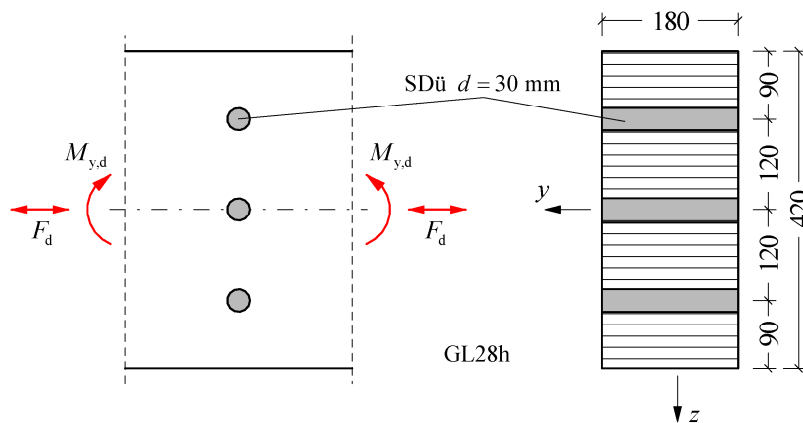
Aufgabe 2 (20 Punkte)

Ein Balken aus Brettschichtholz GL28h ist in einer Lastkombination durch einachsige Biegung und Zug und in einer anderen Lastkombination durch einachsige Biegung und Druck belastet.

Führen Sie den Nachweis der Tragsicherheit in folgenden Schritten:

- Nachweis dass das Netto-Widerstandsmoment $W_{y,n}$ bezogen auf die Schwerlinie des ungeschwächten Querschnittes berechnet werden darf (die Bohrung in der Mitte darf hierbei vernachlässigt werden)
- Berechnung des Netto-Widerstandsmomentes $W_{y,n}$ (die Bohrung in der Mitte darf hierbei vernachlässigt werden)
- Berechnung der Nettoquerschnittsfläche A_n und Nachweis der Tragsicherheit für die Lastkombination $M_{y,d} = 62,3 \text{ kNm}$ und $F_d = 214 \text{ kN}$ (Zug)
- Berechnung der Nettoquerschnittsfläche A_n und Nachweis der Tragsicherheit für die Lastkombination $M_{y,d} = 62,3 \text{ kNm}$ und $F_d = 270 \text{ kN}$ (Druck)

Nutzungsbedingungen: KLED mittel und NKL 1.



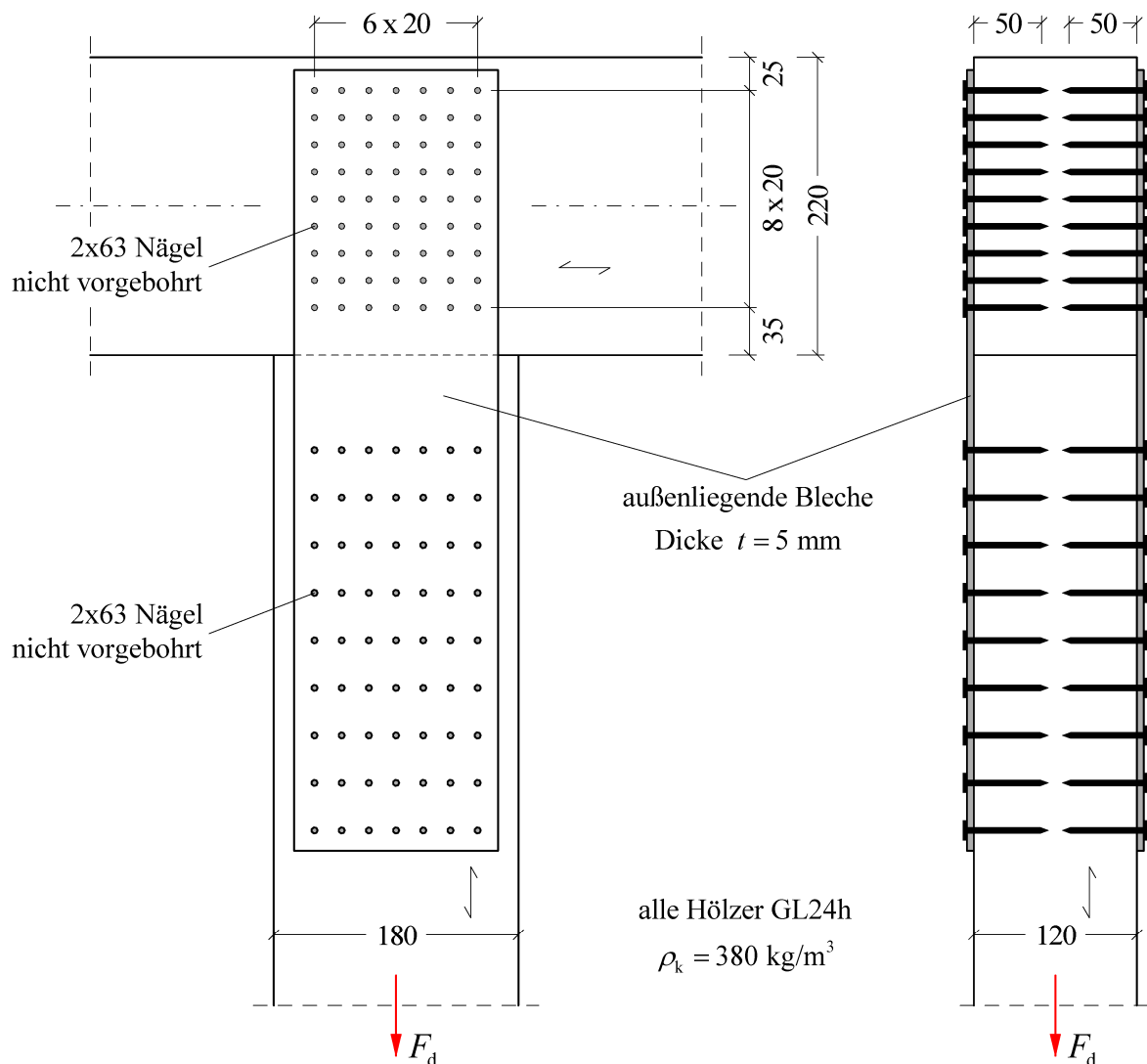
Aufgabe 3 (30 Punkte)

An einen horizontalen Balken wird mit zwei außen liegenden Stahlblechen und profilierten Nägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 ein senkrechter Stab angehängt.

- Überprüfen Sie die Anordnung der Nägel im Holz nur in der oberen Gruppe.
- Ermitteln Sie für einen Nagel den Bemessungswert der max. aufnehmbaren Kraft $F_{ax,Rd}$ für Beanspruchung in Richtung der Nagelachse (Herausziehen). Die Versagensart des Kopfdurchziehens ist nicht maßgeblich.
- Ermitteln Sie für einen Nagel den Bemessungswert der max. aufnehmbaren Kraft $F_{v,Rd,Joh}$ für Beanspruchung rechtwinklig zur Nagelachse (Johansen-Anteil für Abscheren). Die außenliegenden Bleche sind als dick anzunehmen.
- Ermitteln Sie für einen Nagel den Bemessungswert der maximal aufnehmbaren Kraft $F_{v,Rd}$ (Abscheren) unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit auf Herausziehen. Ermitteln Sie für die obere Gruppe die max. aufnehmbare Kraft F_d aus dieser Tragfähigkeit der Nägel.
- Ermitteln Sie die max. aufnehmbare Zugkraft F_d aus dem Tragsicherheitsnachweis der Zugspannungen für das untere Holz unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.

Alle Nägel sind profilierte Nägel der Tragfähigkeitsklasse 3, $d = 4,6 \text{ mm}$, nicht vorgebohrt.

KLED mittel und NKL 1 ($k_{mod} = 0,80$)

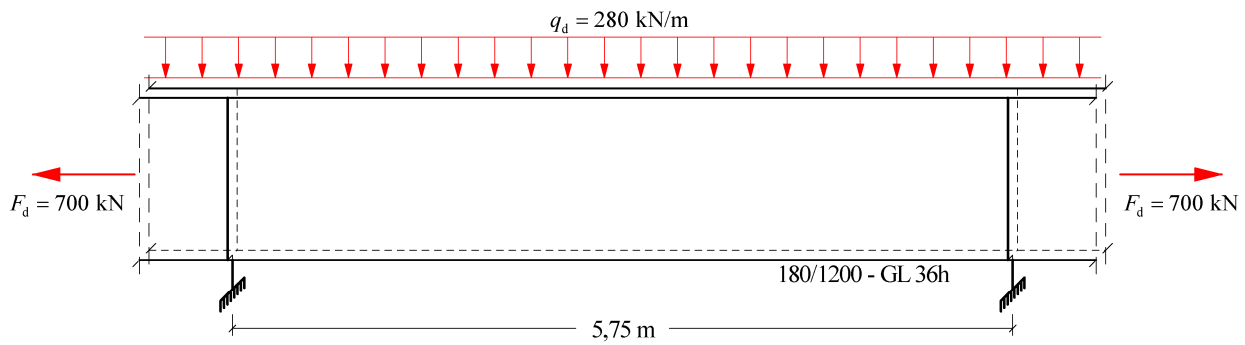


Aufgabe 4 (25 Punkte)

Der in der nachstehenden Zeichnung ist das Mittelfeld eines Durchlaufträgers dargestellt. Der Träger wird durch eine Gleichstreckenlast aus Wind sowie durch eine Zugkraft F_d belastet.

Das maximale Moment beträgt $M_d = 786,9 \text{ kNm}$.

Führen Sie den Nachweis der Kippstabilität für KLED kurz und NKL 1.



Lösung der Prüfung Holzbau I Bachelorstudiengang vom 30. 1. 2012

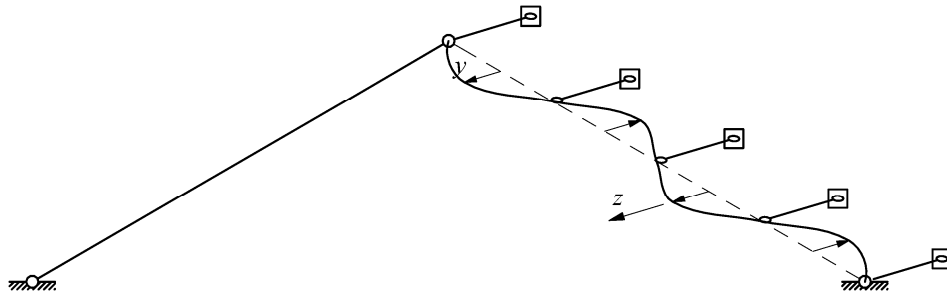
Aufgabe 1 $\sum 25$

$$1 \quad f_{c,0,d} = 1,125 \cdot 12,9 = 14,5 \text{ N/mm}^2$$

$$2 \quad A = 2 \cdot 60 \cdot 220 = 26.400 \text{ mm}^2$$

$$2 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{115.000}{26.400} = 4,36 \text{ N/mm}^2$$

a) Knicken um y (Ausweichen in z-Richtung, also senkrecht zur Zeichnungsebene)



Knickfigur nur am rechten Sparren dargestellt!

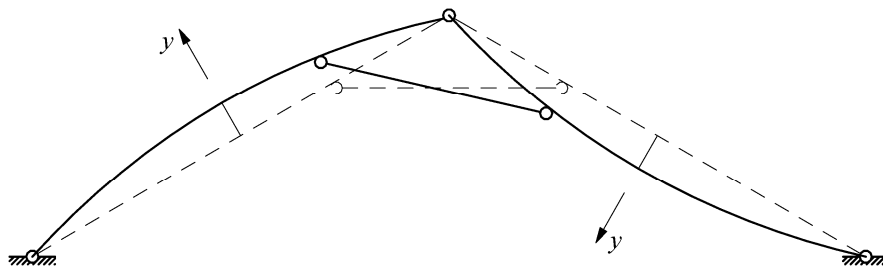
$$2 \quad i_y = 0,289 \cdot 60 = 17,34 \text{ mm}$$

$$2 \quad \beta = 1,0$$

$$2 \quad l_{ef,y} = \beta \cdot s_y = 1,0 \cdot \frac{6.350}{4} = 1.588 \text{ mm}$$

$$2 \quad \lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{1.588}{17,34} = 91,6$$

b) Knicken um z (Ausweichen in y-Richtung der Stäbe, also in der Zeichnungsebene)



$$2 \quad i_z = 0,289 \cdot 220 = 63,58 \text{ mm}$$

$$2 \quad (s_1 = 4,45) > (0,7 \cdot s = 0,7 \cdot 6,35 = 4,445) \rightarrow \beta = 1,0$$

$$2 \quad l_{ef,z} = \beta \cdot s_z = 1,0 \cdot 6.350 = 6.350 \text{ mm}$$

$$2 \quad \lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{6.350}{63,58} = 99,9 \rightarrow \text{maßgeblich}$$

$$2 \quad k_{c,y} = 0,306$$

$$2 \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{4,36}{0,306 \cdot 14,5} = 0,98 \leq 1$$

Aufgabe 2 $\sum 20$

1 $f_{c,0,d} = 16,3 \text{ N/mm}^2$

1 $k_{h,y} = k_{h,t} = 1,036$

1 $f_{m,d} = 1,036 \cdot 17,2 = 17,8 \text{ N/mm}^2$ $f_{t,0,d} = 1,036 \cdot 12,0 = 12,4 \text{ N/mm}^2$

a) Nachweis dass das Netto-Widerstandsmoment $W_{y,n}$ bezogen auf die Schwerlinie des ungeschwächten Querschnittes berechnet werden darf

1 $A = 180 \cdot 420 = 75.600 \text{ mm}^2$

1 $\Delta A = 1 \cdot 180 \cdot 30 = 5.400 \text{ mm}^2$ bei Biegung liegen nur 2 Bohrungen in der Zugzone

1 $\frac{\Delta A}{A} = \frac{5.400}{75.600} = 0,071 < 0,10 \rightarrow W_{y,n}$ darf für Schwerlinie des ungeschwächten Querschnitts berechnet werden

b) Berechnung des Netto-Widerstandsmomentes $W_{y,n}$

3
$$I_{y,n} = \underbrace{\frac{180 \cdot 420^3}{12}}_{I_{y,\text{brutto}}} - \underbrace{\left[\frac{180 \cdot 30^3}{12} + \underbrace{120^2 \cdot 180 \cdot 30}_{\text{Steineranteil}} \right]}_{I_{y,\text{Schwächung}}} = 1,111 \cdot 10^9 - \left(\underbrace{0,405 \cdot 10^6}_{\text{Anteil vernachlässigbar}} + \underbrace{0,778 \cdot 10^9}_{\text{Steineranteil}} \right) = 1,033 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

1
$$W_{y,n} = \frac{I_{y,n}}{|z_{\text{Rand}}|} = \frac{I_{y,n}}{\frac{h}{2}} = \frac{1,033 \cdot 10^9}{210} = 4,920 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

c) Nachweis der Tragsicherheit für Zug+Biegung

2 $A_n = 180 \cdot (420 - 3 \cdot 30) = 59.400 \text{ mm}^2$ bei Zugbelastung liegen alle 3 Bohrungen in der Zugzone

1 $\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_n} = \frac{214.000}{59.400} = 3,60 \text{ N/mm}^2$

1 $\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{y,n}} = \frac{62,3 \cdot 10^6}{4,920 \cdot 10^6} = 12,7 \text{ N/mm}^2$

2 $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,60}{12,4} + \frac{12,7}{17,8} = 0,290 + 0,713 = 1,00 \leq 1$

d) Nachweis der Tragsicherheit für Druck und Biegung

1 $A_n = 180 \cdot 420 = 75.600 \text{ mm}^2$ bei Druckbelastung keine Schwächung zu berücksichtigen

1 $\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A_n} = \frac{270.000}{75.600} = 3,57 \text{ N/mm}^2$

2 $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \left(\frac{3,57}{16,3} \right)^2 + \frac{12,7}{17,8} = 0,219^2 + 0,713 = 0,76 < 1$

Aufgabe 3 $\sum 30$

a) Überprüfung der Nagelanordnung im oberen Holz

	$\alpha = 90^\circ; d = 4,6 \text{ mm}$	Mindestabstand	vorhanden
a_1	$0,7 \cdot (5 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d \rightarrow 3,5 \cdot d$	16,1 mm	20 mm
a_2	$0,7 \cdot 5 \cdot d \rightarrow 3,5 \cdot d$	16,1 mm	20 mm
6 $a_{3,t}$	---	---	---
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	$(5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d \rightarrow 7 \cdot d$	32,2 mm	35 mm
$a_{4,c}$	$5 \cdot d$	23 mm	25 mm

b) Ermittlung Bemessungswert $F_{ax,Rd}$ (Herausziehen)

1 $t_{pen} = 50 \text{ mm} > (8 \cdot d = 8 \cdot 4,6 = 36,8 \text{ mm}) \rightarrow$ keine Abminderung der Tragfähigkeit

2 $f_{ax,k} = 50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 7,22 \text{ N/mm}^2$

3 $F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ \underbrace{f_{head,k} \cdot d^2}_{\text{nicht maßgeblich}} \end{array} \right\} = f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{cf} = 7,22 \cdot 4,6 \cdot 50 = 1.660,6 \text{ N}$

2 $F_{ax,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{ax,Rk}}{\gamma_M (=1,3)} = \frac{0,8 \cdot 1.660,6}{1,3} = 1.022 \text{ N}$

c) Ermittlung Bemessungswert $F_{v,Rd,Joh}$ (Johansen-Anteil Abscheren)

2 $t_{req} = 1,172 \cdot 40 = 46,9 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$ alternativ: Stahlblech-Holz $t_{req} = 10 \cdot d = 46,0 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$

2 $F_{v,Rd,Joh} = \sqrt{2} \cdot 930 = 1.315 \text{ N}$

d) maximal aufnehmbare Kraft $F_{v,Rd}$ aus Nageltragfähigkeit oben

2 $F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot F_{ax,Rd} \\ k_{Joh} \cdot F_{v,Rd,Joh} \end{array} \right\} = 1.315,2 + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot 1.022 \\ 0,50 \cdot 1.315,2 \end{array} \right\} = 1.315,2 + 255,5 = 1.571 \text{ N}$

2 $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1 \rightarrow F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$

2 $F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} \rightarrow F_d = F_{v,Ed} \cdot n \cdot m \cdot p \rightarrow F_d \leq F_{v,Rd} \cdot n \cdot m \cdot p = 1.571 \cdot 2 \cdot 63 = 197,9 \text{ kN}$

e) maximal aufnehmbare Kraft F_d aus Holztragfähigkeit unten

1 $(\max \{b; h\} = 180 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,1 \cdot 10,2 = 11,2 \text{ N/mm}^2$

2 $A_n = A = 120 \cdot 180 = 21.600 \text{ mm}^2$

2 $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{F_d/A_n}{f_{t,0,d}} \rightarrow \max F_d = f_{t,0,d} \cdot A_n$

1 $\max F_d = 11,2 \cdot 21.600 = 241.920 \text{ N} = 241,9 \text{ kN}$

Aufgabe 4 $\sum 25$

$$2 \quad (h > 600 \text{ mm}) \rightarrow f_{m,d} = 1,125 \cdot 22,2 = 25,0 \text{ N/mm}^2 \quad f_{t,0,d} = 1,125 \cdot 16,0 = 18,0 \text{ N/mm}^2$$

$$2 \quad A = 180 \cdot 1.200 = 216.000 \text{ mm}^2$$

$$2 \quad W = \frac{180 \cdot 1.200^2}{6} = 43,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$3 \quad \sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{786,9 \cdot 10^9}{43,2 \cdot 10^6} = 18,21 \text{ N/mm}^2$$

$$3 \quad a_1 = 1,30 \quad a_2 = 1,60 \quad a_z = +600$$

$$5 \quad l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot 2 \right]} = \frac{5.750}{1,30 \cdot \left[1 - 1,60 \cdot \frac{600}{5.750} \cdot 2 \right]} = \frac{5.750}{0,8659} = 6.640 \text{ mm}$$

$$2 \quad \lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2}} = 0,0566 \cdot \sqrt{\frac{6.640 \cdot 1.200}{180^2}} = 0,888$$

$$2 \quad k_{crit} = 0,894$$

Einachsige Biegung und Zug:

$$2 \quad \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$2 \quad \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{18,21}{0,894 \cdot 25,0} = 0,81 < 1$$

Prüfung Holzbau I vom 4. 2. 2013

Berechnungen müssen nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08 durchgeführt werden!

Name, Vorname: _____ Matr.-Nr.: _____

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Aufgabe 1 (20 Punkte)

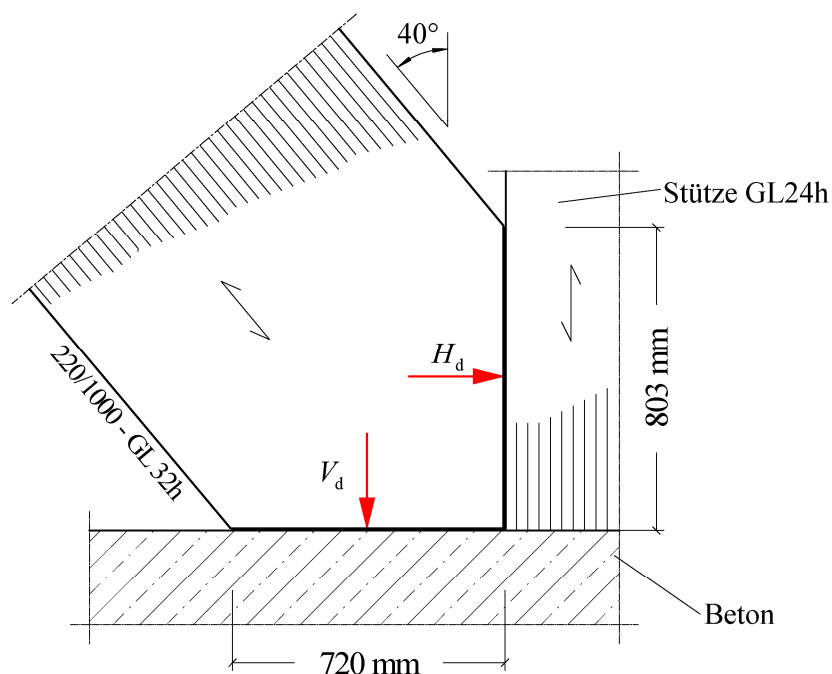
Ein unter 40° aus der Senkrechten geneigter Fachwerkstab aus Brettschichtholz ist am Schnittpunkt einer horizontalen Betonplatte und einer senkrechten Brettschichtholzstütze aufgelagert.

Berechnen Sie die maximale Tragfähigkeit des nachfolgend dargestellten Auflagers in folgenden Schritten

a) maximaler Bemessungswert der horizontalen Auflagerkraft H_d unter der Voraussetzung, dass bei der Berechnung nach b) die Auflagerkraft V_d mit $k_{c,90} = 1,0$ berechnet wird

b) maximaler Bemessungswert der vertikalen Auflagerkraft V_d mit $k_{c,90} = 1,0$

Nutzungsbedingungen: KLED mittel und NKL 1.

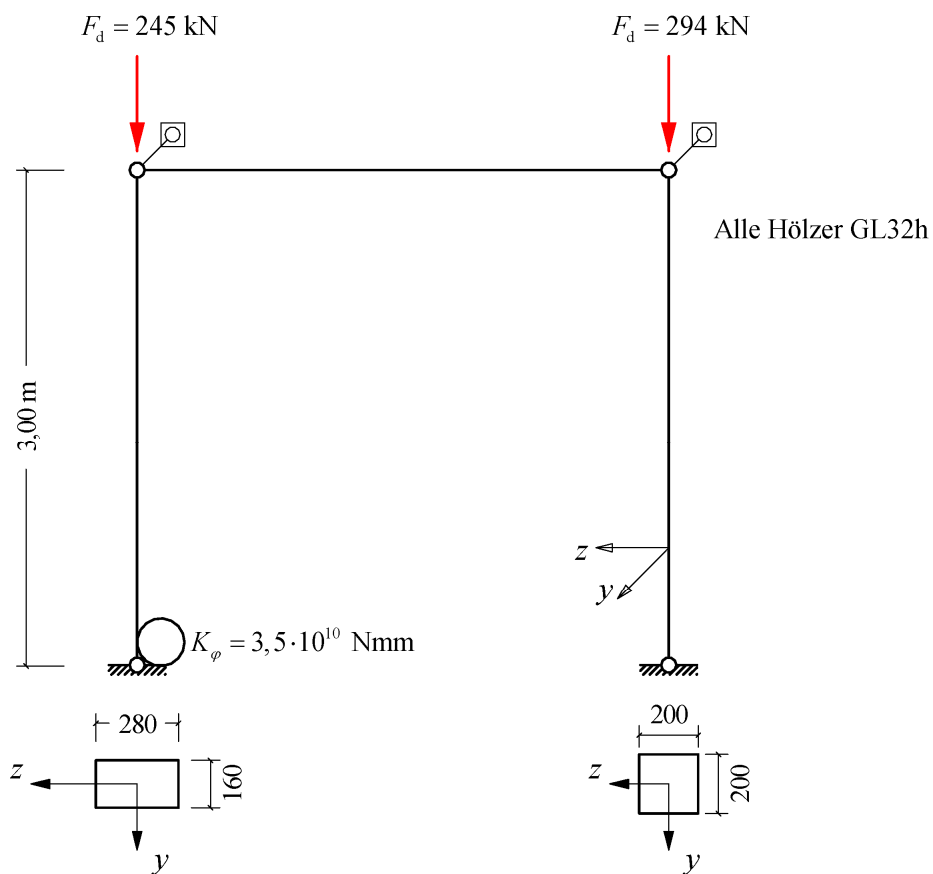


Aufgabe 2 (25 Punkte)

Prüfen Sie für das System, ob unter der gegebenen Last ausreichende Sicherheit gegen Biegeknicken besteht. Ermitteln Sie die Knicklängen und führen Sie den Stabilitätsnachweis

- für das Knicken des Systems durch Knicken der linken Stütze um die y -Achse (Ausweichen in z -Richtung)
- für das Knicken des rechten Stiels

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Aufgabe 3 (35 Punkte)

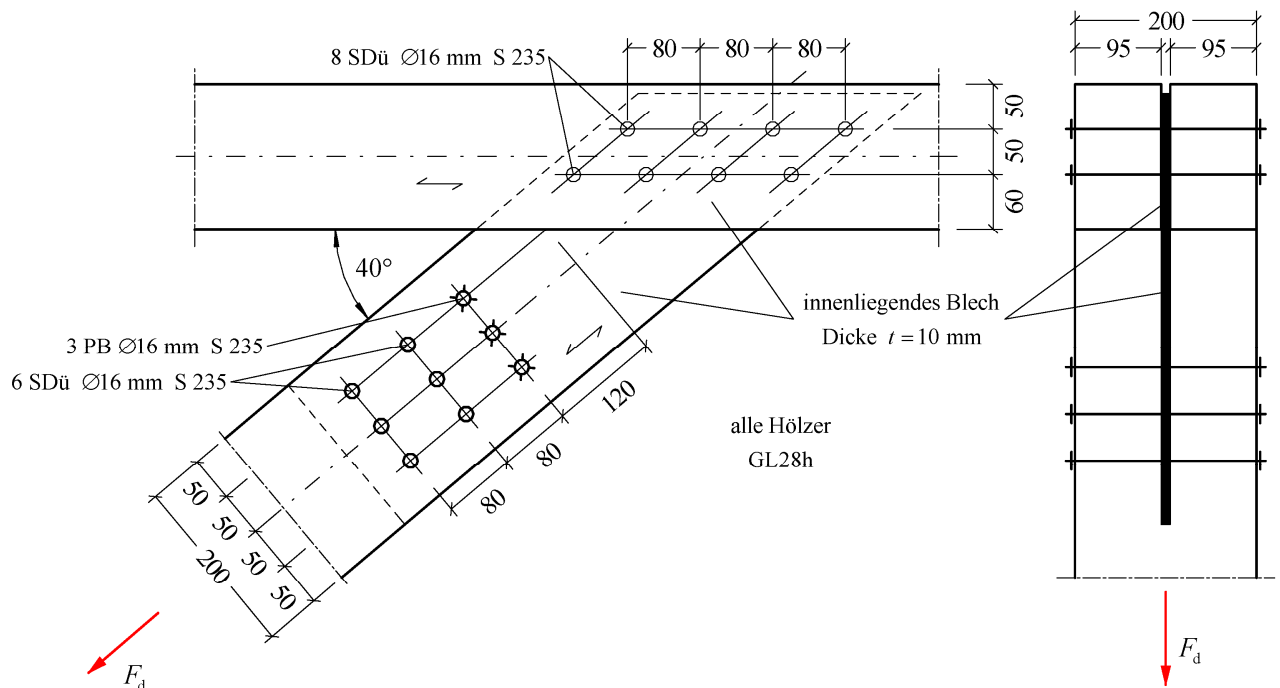
An einen einteiligen horizontalen Balken ist ein einteiliger geneigter Zugstab durch ein innenliegendes Stahlblech und Stabdübel/Passbolzen angeschlossen. Der Bemessungswert der Zugkraft beträgt:

$$F_d = 160 \text{ kN}.$$

Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der Stabdübel/Passbolzen im geneigten Zugstab.
- Überprüfen Sie die Anordnung der Stabdübel im horizontalen Balken.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab. Die Zugtragfähigkeit der Passbolzen soll nicht berücksichtigt werden.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im horizontalen Balken.

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1 $k_{\text{mod}} = 0,90$.



Aufgabe 4 (20 Punkte)

- Führen Sie den Tragsicherheitsnachweis der Zugspannungen für das Holz des geneigten Zugstabs aus der Aufgabe 3 für KLED kurz und NKL 1 unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.
- Die drei Passbolzen im geneigten Zugstab aus der Aufgabe 3 sind zusätzlich auf Herausziehen belastet. Berechnen Sie den Bemessungswert der Zugkraft $F_{t,d}$, die diese drei Passbolzen zusammen aufnehmen müssen.

Aufgabe 1 $\sum 20$

$$1 \quad \frac{F_{c,\alpha,d}}{A_{cf}} \leq 1,0 \rightarrow F_{c,\alpha,d} \leq A_{cf} \cdot f_{c,\alpha,d}$$

a) maximaler Bemessungswert der horizontalen Auflagerkraft H_d

-aus Druckspannungsnachweis an Fachwerkstab GL32h

$$1 \quad k_{c,90} = 1,75$$

$$2 \quad \alpha = 50^\circ$$

$$1 \quad \text{GL 32h: } f_{c,50,d} = 5,31 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad A_{cf} = 220 \cdot (803 + 30 \cdot \cos 40^\circ) = 181.716 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad \max H_d = 181.716 \cdot 5,31 = 964.912 \text{ N} = 964,9 \text{ kN}$$

-aus Druckspannungsnachweis am senkrechten Holzträger GL24h

$$1 \quad k_{c,90} = 1,75$$

$$2 \quad \alpha = 90^\circ$$

$$1 \quad \text{GL 24h: } f_{c,90,d} = 2,91 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad A_{cf} = 220 \cdot (803 + 30) = 183.260 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad \max H_d = 183.260 \cdot 2,91 = 533.287 \text{ N} = 533,3 \text{ kN}$$

$$1 \quad \max H_d = 533,3 \text{ kN} \text{ ist maßgeblich}$$

b) maximaler Bemessungswert der vertikalen Auflagerkraft V_d

$$1 \quad k_{c,90} = 1,0$$

$$2 \quad \alpha = 40^\circ$$

$$1 \quad \text{GL 32h: } f_{c,40,d} = 4,23 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad A_{cf} = 220 \cdot (720 + 30 \cdot \sin 40^\circ) = 162.642 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad \max V_d = 162.642 \cdot 4,23 = 687.977 \text{ N} = 688,0 \text{ kN}$$

Aufgabe 2 $\sum 25$

$$1 \quad f_{c,0,d} = 1,125 \cdot 17,8 = 20,0 \text{ N/mm}^2$$

a) Knicken des Systems durch Knicken der linken Stütze um die y-Achse

$$1 \quad A = 160 \cdot 280 = 44.800 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{245.000}{44.800} = 5,47 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \quad \alpha = \frac{h}{N} \cdot \sum \frac{N_i}{h_i} = \frac{3.000}{245.000} \cdot \frac{294.000}{3.000} = 1,200$$

$$1 \quad I_y = \frac{160 \cdot 280^3}{12} = 292,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$1 \quad \frac{E_{0,\text{mean}}}{\gamma_M} = \frac{13.700}{1,3} = 10.540 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \quad \beta = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot (E_{0,\text{mean}}/\gamma_M) \cdot I}{h \cdot K_\varphi}\right)} \cdot (1 + \alpha) = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot 10.540 \cdot 292,7 \cdot 10^6}{3.000 \cdot 3,5 \cdot 10^{10}}\right)} \cdot (1 + 1,200) = 3,072$$

$$1 \quad l_{\text{ef}} = \beta \cdot h = 3,072 \cdot 3.000 = 9.216 \text{ mm}$$

$$1 \quad i_y = 0,289 \cdot 280 = 80,92 \text{ mm}$$

$$1 \quad \lambda_y = \frac{l_{\text{ef}}}{i_y} = \frac{9.216}{80,92} = 113,9$$

$$1 \quad k_{c,y} = 0,274$$

$$1 \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{5,47}{0,274 \cdot 20,0} = 0,998 < 1$$

b) Knicken der rechten Stütze

$$1 \quad A = 200 \cdot 200 = 40.000 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{294.000}{40.000} = 7,35 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad i_y = i_z = 0,289 \cdot 200 = 57,8 \text{ mm}$$

$$1 \quad l_{\text{ef},y} = \beta \cdot s_y = 1,0 \cdot 3.000 = 3.000 \text{ mm}$$

$$1 \quad \lambda_y = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_y} = \frac{3.000}{57,8} = 51,9$$

$$1 \quad k_{c,y} = 0,874$$

$$1 \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{7,35}{0,874 \cdot 20,0} = 0,42 < 1$$

Aufgabe 3 $\sum 35$

a) Überprüfung der Anordnung der SDü im geneigten Zugstab

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 16$ mm	vorhanden [mm]
	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	80	80
	$3 \cdot d$	48	50
4	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	112	120
	---	---	---
	---	---	---
	$3 \cdot d$	48	50

b) Überprüfung der Anordnung der SDü im horizontalen Balken

	Vorschrift bei $\alpha = 40^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 16$ mm	vorhanden [mm]
	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 4,53 \cdot d$	72,5	80
	$3 \cdot d$	48	50
4	---	---	---
	---	---	---
	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\} = 3,29 \cdot d$	52,6	60
	$3 \cdot d$	48	50

c) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab

2 $\alpha = 0^\circ$

2 $t_{1,\text{req}} = (1/1,082) \cdot 1,0 \cdot 89,5 = 82,7 \text{ mm} < 95 \text{ mm}$

3 $F_{v,\text{Rd}} = F_{v,\text{Rd},\text{Joh}} = 1,125 \cdot 1,082 \cdot 1,0 \cdot 10,62 = 12,93 \text{ kN}$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM in Lastrichtung

2 $F_{v,\text{Ed}} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{160.000}{3 \cdot 3 \cdot 2} = 8.889 \text{ N} = 8,89 \text{ kN}$

2 $\alpha = 0^\circ: n = 3 \rightarrow (n_{\text{ef}}/n) = 0,706$

2 $\frac{F_{v,\text{Ed}}}{F_{v,\text{Rd}}} = \frac{8,89}{12,93} = 0,69 < 1,0$ und $\frac{F_{v,\text{Ed}} \cdot \cos \alpha}{(n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,\text{Rd}}} = \frac{8,89 \cdot \cos 0^\circ}{0,706 \cdot 12,93} = 0,97 < 1,0$

d) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im horizontalen Balken

2 $\alpha = 40^\circ$

2 $t_{1,\text{req}} = (1/1,082) \cdot 1,0 \cdot 99,8 = 92,2 \text{ mm} < 95 \text{ mm}$

3 $F_{v,\text{Rd}} = F_{v,\text{Rd},\text{Joh}} = 1,125 \cdot 1,082 \cdot 1,0 \cdot 9,52 = 11,59 \text{ kN}$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM in Lastrichtung

2 $F_{v,\text{Ed}} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{160.000}{4 \cdot 2 \cdot 2} = 10.000 \text{ N} = 10,0 \text{ kN}$

2 $\frac{F_{v,\text{Ed}}}{F_{v,\text{Rd}}} = \frac{10,0}{11,59} = 0,86 < 1$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM für die Kraftkomponente in Faserrichtung

3 $\frac{F_{v,\text{Ed}} \cdot \cos \alpha}{(n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,0,\text{Rd}}} = \frac{10,0 \cdot \cos 40^\circ}{0,825 \cdot 11,59} = 0,80 \leq 1$

Aufgabe 4 $\sum 20$

a) Nachweis der Tragfähigkeit des geeigneten Zugstabs unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen

$$2 \quad (\max\{b; h\} = 200 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,1 \cdot 1,125 \cdot 12,0 = 14,9 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \quad A_n = 2 \cdot 95 \cdot [200 - 3 \cdot 16] = 28.880 \text{ mm}^2$$

$$2 \quad \sigma_{t,0,d} = \frac{160.000}{28.880} = 5,54 \text{ N/mm}^2$$

$$2 \quad \frac{5,54}{\frac{2}{3} \cdot 14,9} = 0,56 \leq 1$$

b) Zugkraft in den auf Herausziehen beanspruchten Bolzen

$$2 \quad F_d = 0,5 \cdot 160 = 80 \text{ kN} \quad (\text{Zugkraft in der einseitig beanspruchten Lasche})$$

$$2 \quad t = 95 \text{ mm}$$

$$2 \quad n = 3$$

$$2 \quad a = 80 \text{ mm}$$

$$2 \quad F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a} = \frac{80.000 \cdot 95}{2 \cdot 3 \cdot 80} = 15.833 \text{ N} = 15,8 \text{ kN}$$

Prüfung Holzbau I vom 17. 2. 2014

Berechnungen müssen nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08 durchgeführt werden!

Name, Vorname: _____ Matr.-Nr.: _____

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Aufgabe 1 (20 Punkte)

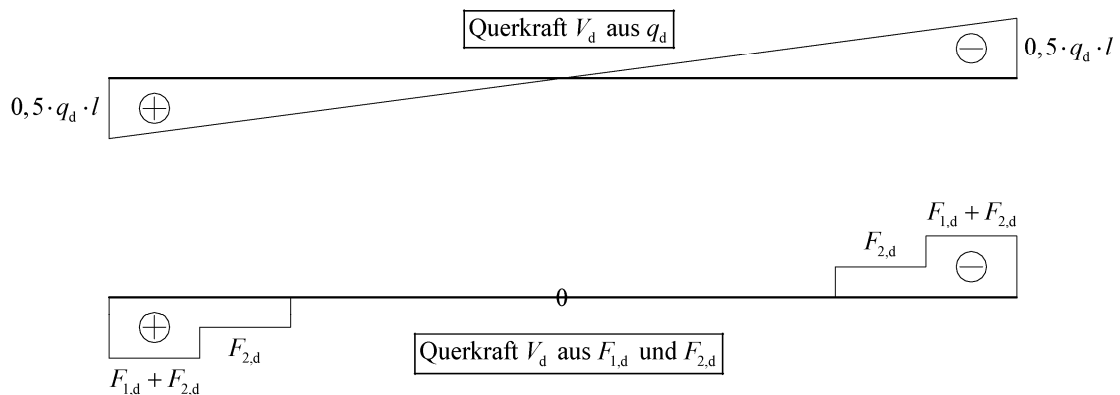
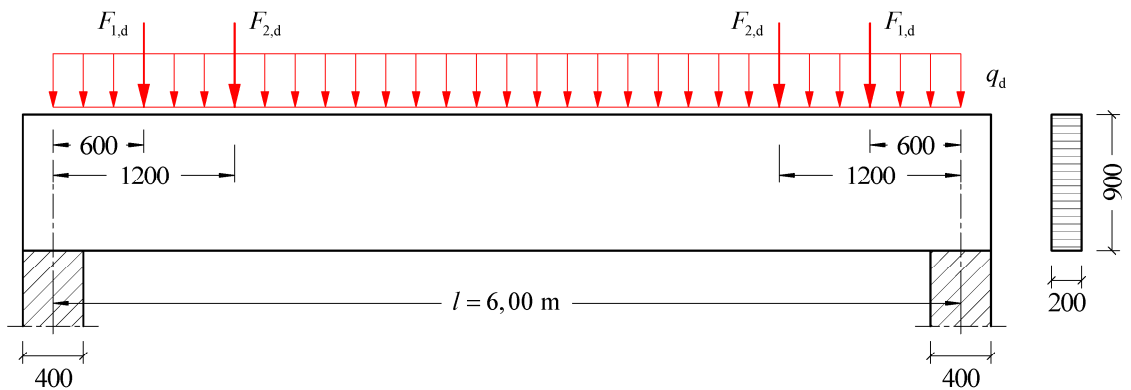
Ein Einfeldbalken aus Brettschichtholz GL28h ist an seiner Oberkante durch eine Gleichstreckenlast und zwei Einzellasten in Auflagernähe belastet.

$$q_d = 52,5 \text{ kN/m} \quad F_{1,d} = 142,4 \text{ kN} \quad F_{2,d} = 107,6 \text{ kN}$$

Führen Sie den Nachweis der Schubspannung an den Auflagern in folgenden Schritten:

- a) mit der vollen Querkraft an den Auflagern
- b) mit der Querkraft an den Auflagern unter Ausnutzung der möglichen Reduzierungen

Die Nutzungsklasse ist NKL 2 und KLED ist kurz.



Aufgabe 2 (25 Punkte)

Prüfen Sie für den dargestellten symmetrischen Dreigelenkrahmen mit nachgiebigen Rahmenecken, ob unter der gegebenen Last ausreichende Sicherheit gegen Biegeknicken besteht.

Die Dachneigung beträgt $\alpha = 7^\circ$.

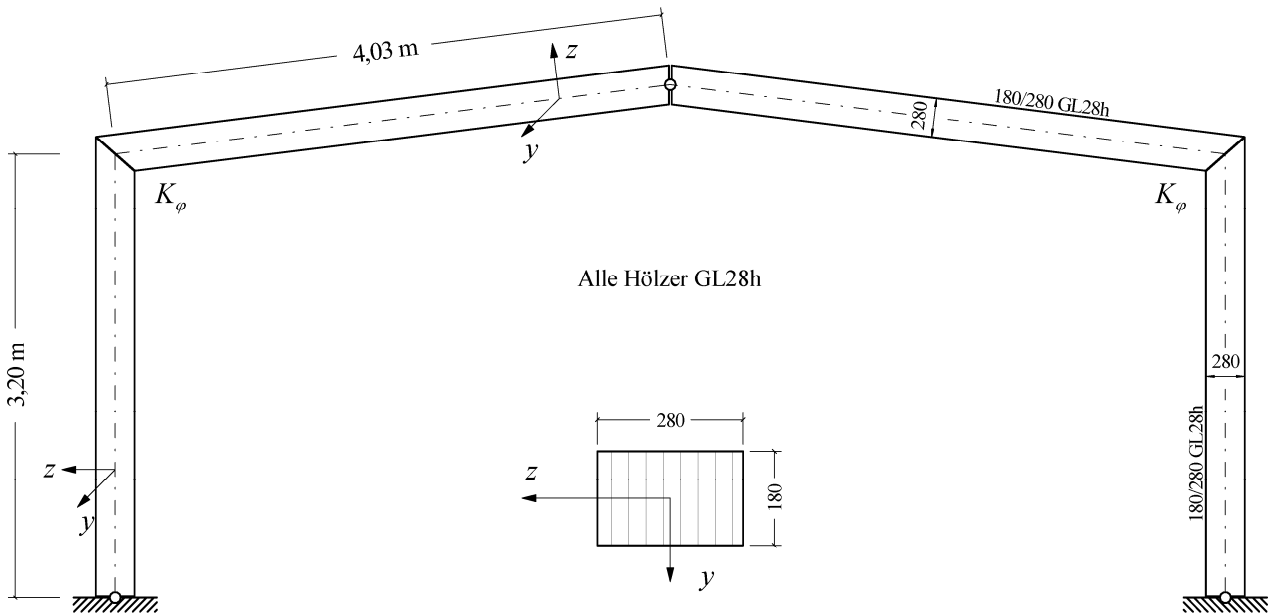
Die Drehfeder-Steifigkeit der nachgiebigen Rahmenecken beträgt $K_\varphi = 4,1 \cdot 10^{10}$ Nmm.

Ermitteln Sie die Knicklängen für Rahmenknicken und führen Sie den Stabilitätsnachweis in folgenden Schritten

- a) Knicken der Stützen um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung) mit der Druckkraft $N_S = 220$ kN
- b) Knicken der Riegel um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung) mit der Druckkraft $N_R = 245$ kN

Hinweis: ein Nachweis der Knickstabilität um die jeweilige z-Achse (Ausweichen in y-Richtung) ist nicht erforderlich.

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Aufgabe 3 (35 Punkte)

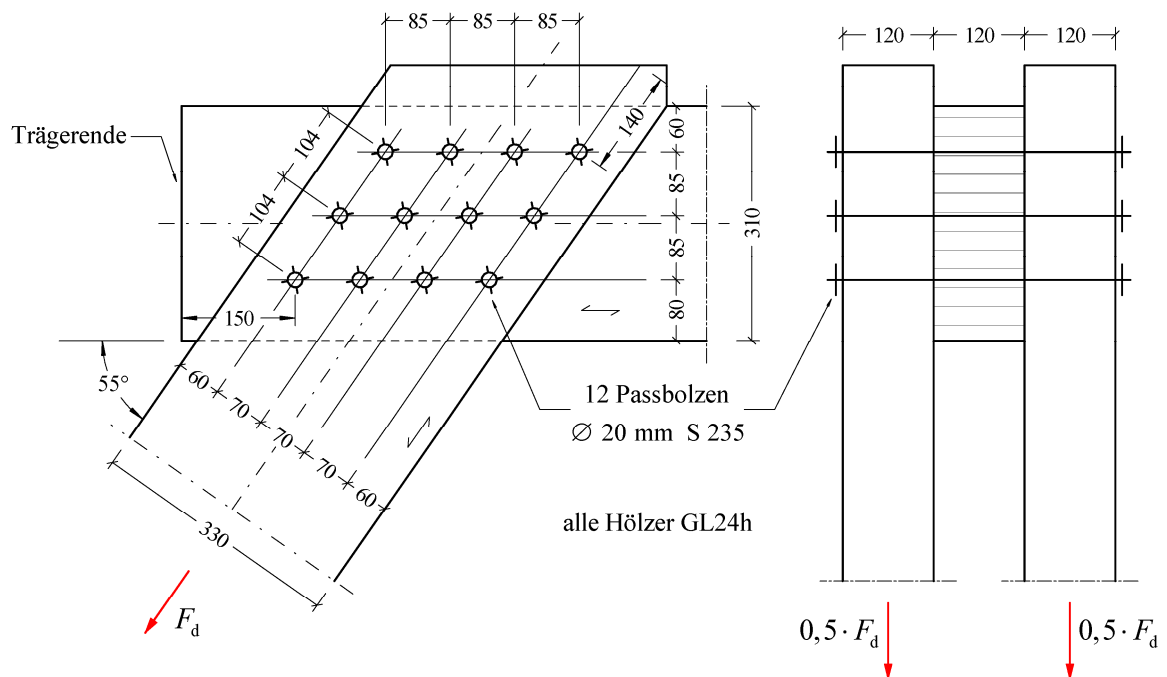
An einen einteiligen horizontalen Träger ist ein zweiteiliger geneigter Zugstab durch Passbolzen angeschlossen. Der Bemessungswert der Zugkraft beträgt:

$$F_d = 210 \text{ kN} .$$

Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der Passbolzen im geneigten Zugstab.
- Überprüfen Sie die Anordnung der Passbolzen im horizontalen Träger.
- Ermitteln Sie die Mindestholzdicken $t_{1,req}$, $t_{2,req}$ sowie die Tragfähigkeit $F_{v,Rd}$ je Scherfuge. Die Zugtragfähigkeit der Passbolzen muss hierbei berücksichtigt werden.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im horizontalen Träger.

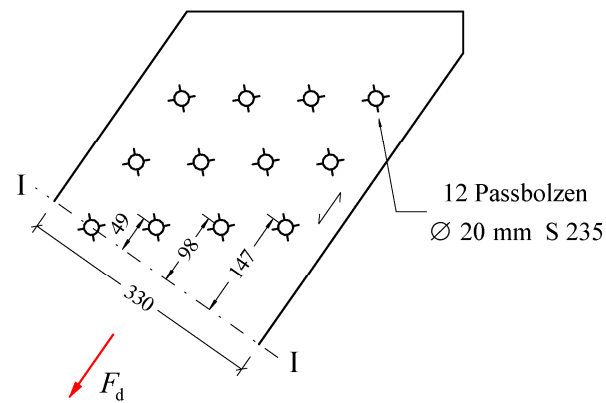
Nutzungsbedingungen: KLED mittel und NKL 1 ($k_{mod} = 0,80$).



Aufgabe 4 (20 Punkte)

In der nachfolgenden Zeichnung ist der geneigte Zugstab aus der Aufgabe 3 dargestellt. Für die Fuge I-I soll die Tragfähigkeit in folgenden Schritten ermittelt werden:

- Bestimmen Sie die Mindestanzahl der Querschnittsschwächungen aus Bohrungen für die Passbolzen, die gleichzeitig in Fuge I-I zu berücksichtigen sind. Die Abstände der Mittelpunkte der Bohrungen von Fuge I-I in Faserrichtung können der Zeichnung zu entnehmen werden.
- Ermitteln Sie den Maximalwert der Tragfähigkeit für das Holz des geneigten Zugstabes aus der Aufgabe 3 für KLED mittel und NKL 1 unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.



Aufgabe 1 $\sum 20$

2 $f_{v,d} = 1,125 \cdot 1,54 = 1,73 \text{ N/mm}^2$

a) mit der vollen Querkraft an den Auflagern

2 $V_q = 0,5 \cdot q_d \cdot l = 0,5 \cdot 52,5 \cdot 6 = 157,5 \text{ kN}$

2 $V_F = F_{1,d} + F_{2,d} = 142,4 + 107,6 = 250,0 \text{ kN}$

2 $V = V_q + V_F = 157,5 + 250 = 407,5 \text{ kN}$

2 $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,5 \cdot V}{A} = \frac{1,5 \cdot 407,500}{200 \cdot 900} = \frac{3,40}{1,73} = 1,96 > 1 \rightarrow \text{unzulässig}$

b) mit der Querkraft an den Auflagern unter Ausnutzung möglichen Reduzierungen

2 $x = 200 + 900 = 1.100 \text{ mm}$ Entfernung der maßgeblichen Stelle von der Auflagermitte

2 $V_{q,red} = 157,5 - 52,5 \cdot 1,10 = 99,75 \text{ kN}$

2 $V_{F,red} = F_{2,d} = 107,6 \text{ kN}$

2 $V_{red} = V_{F,red} + V_{q,red} = 99,75 + 107,6 = 207,35 \text{ kN}$

2 $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,5 \cdot V_{red}}{A} = \frac{1,5 \cdot 207,350}{200 \cdot 900} = \frac{1,72}{1,73} = 1,0 \leq 1 \rightarrow \text{zulässig}$

Aufgabe 2 $\sum 25$

$$1 \quad f_{c,0,d} = 1,125 \cdot 16,3 = 18,3 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad E_{0,\text{mean}} = 12.600 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad A = 180 \cdot 280 = 50.400 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad I_{y,S} = I_{y,R} = \frac{180 \cdot 280^3}{12} = 329,28 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$1 \quad E \cdot I_R = E \cdot I_S = (E_{0,\text{mean}} / \gamma_M) \cdot I_S = (12.600 / 1,3) \cdot 329,28 \cdot 10^6 = 3,191 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

a) Knicken der Stützen um die y-Achse

$$4 \quad \beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_S}{h} \cdot \left(\frac{1}{K_\phi} + \frac{s}{3 \cdot E \cdot I_R} \right) + \frac{E \cdot I_S \cdot N_R \cdot s^2}{E \cdot I_R \cdot N_S \cdot h^2}}$$

$$3 \quad \beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot 3,191 \cdot 10^{12}}{3.200} \cdot \left(\frac{1}{4,1 \cdot 10^{10}} + \frac{4.030}{3 \cdot 3,191 \cdot 10^{12}} \right) + \frac{245.000 \cdot 4.030^2}{220.000 \cdot 3.200^2}} = \sqrt{10,149} = 3,186$$

$$1 \quad l_{\text{ef}} = \beta_S \cdot h = 3,186 \cdot 3.200 = 10.195 \text{ mm}$$

$$1 \quad i_y = 0,289 \cdot 280 = 80,92 \text{ mm}$$

$$1 \quad \lambda_y = \frac{l_{\text{ef}}}{i_y} = \frac{10.195}{80,92} = 126,0$$

$$1 \quad k_{c,y} = 0,227$$

$$1 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{220.000}{50.400} = 4,37 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{4,37}{0,227 \cdot 18,3} = 1,05 > 1 \rightarrow \text{unzulässig}$$

b) Knicken der Riegel um die y-Achse

$$1 \quad \beta_R = \beta_S \cdot \frac{h}{s} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_R \cdot N_S}{E \cdot I_S \cdot N_R}}$$

$$1 \quad \beta_R = 3,186 \cdot \frac{3.200}{4.030} \cdot \sqrt{\frac{220.000}{245.000}} = 2,397$$

$$1 \quad l_{\text{ef}} = \beta_R \cdot s = 2,397 \cdot 4.030 = 9.660 \text{ mm}$$

$$1 \quad \lambda_y = \frac{l_{\text{ef}}}{i_y} = \frac{9.660}{80,92} = 119,4$$

$$1 \quad k_{c,y} = 0,252$$

$$1 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{245.000}{50.400} = 4,86 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{4,86}{0,252 \cdot 18,3} = 1,05 > 1 \rightarrow \text{unzulässig}$$

Aufgabe 3 $\sum 35$

a) Überprüfung der Anordnung der PB im geneigten Zugstab

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 20$ mm	vorhanden [mm]
	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	100	104
	$3 \cdot d$	60	70
4	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	140	140
	---	---	---
	---	---	---
	$3 \cdot d$	60	60

b) Überprüfung der Anordnung der PB im horizontalen Träger

	Vorschrift bei $\alpha = 55^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 20$ mm	vorhanden [mm]
	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 4,147 \cdot d$	82,9	85
	$3 \cdot d$	60	85
5	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	140	150
	---	---	---
	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\} = 3,638 \cdot d$	72,8	80
	$3 \cdot d$	60	60

c) Ermittlung der erforderlichen Mindestholzdicken und Tragfähigkeit $F_{v,Rd}$ je Scherfuge

3 $t_{1,req} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 90 = 86,4 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$

3 $t_{2,req} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 101 = 96,9 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$

3 $F_{v,Rd,Joh} = 1,042 \cdot 1,0 \cdot 9,92 = 10,34 \text{ kN}$

3 $F_{v,Rd} = 1,25 \cdot F_{v,Rd,Joh} = 1,25 \cdot 10,34 = 12,92 \text{ kN}$

d) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM in Lastrichtung

2 $F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{210.000}{3 \cdot 4 \cdot 2} = 8.750 \text{ N} = 8,75 \text{ kN}$

2 $\alpha = 0^\circ: n = 3 \rightarrow (n_{ef}/n) = 0,706$

3 $\frac{F_{v,Ed}}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{8,75}{0,706 \cdot 12,92} = 0,96 < 1,0$

e) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im horizontalen Träger

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM in Lastrichtung

2 $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{8,75}{12,92} = 0,68 < 1$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM für die Kraftkomponente in Faserrichtung

2 $\alpha = 55^\circ: n = 4 \rightarrow (n_{ef}/n) = 0,878 \text{ (Interpolation)}$

3 $\frac{F_{v,Ed} \cdot \cos \alpha}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{8,75 \cdot \cos 55^\circ}{0,878 \cdot 12,92} = 0,44 < 1$

Aufgabe 4 $\sum 20$

a) Mindestanzahl der Querschnittsschwächungen aus Bohrungen

$$4 \quad \alpha = 0^\circ \rightarrow \frac{a_1}{2} = \frac{(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ mm}$$

4 Mindestanzahl der Querschnittsschwächungen = 2

b) Maximalwert der Tragfähigkeit für das Holz des geneigten Zugstabes

$$2 \quad (\max \{b; h\} = 330 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,062 \cdot 10,2 = 10,8 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \quad A_n = 2 \cdot 120 \cdot [330 - 2 \cdot 20] = 69.600 \text{ mm}^2$$

$$3 \quad \frac{\sigma_{t,0,d}}{\frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d}} = \frac{F_d / A_n}{\frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d}} \leq 1 \rightarrow \max F_d = \frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d} \cdot A_n$$

$$3 \quad \max F_d = \frac{2}{3} \cdot 10,8 \cdot 69.600 = 502.390 \text{ N} = 502,4 \text{ kN}$$

Prüfung Holzbau I vom 2. 2. 2015

Berechnungen müssen nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08 durchgeführt werden!

Name, Vorname: _____ Matrikelnr.: _____

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Aufgabe 1 (25 Punkte)

Ein Balken aus Brettschichtholz GL24h ist durch einachsige Biegung und Normalkräfte belastet. Der Querschnitt besteht aus mehr als 4 Lamellen (aufeinander geklebte Brettlagen).

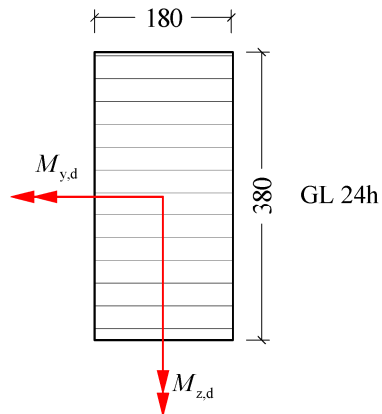
- a) Berechnen Sie die maximal aufnehmbare Zugkraft F_d , wenn der Querschnitt durch folgende Momente belastet ist:

$$M_{y,d} = 30,2 \text{ kNm} \quad M_{z,d} = 0$$

- b) Berechnen Sie die maximal aufnehmbare Druckkraft F_d , wenn der Querschnitt durch folgende Momente belastet ist:

$$M_{y,d} = 0 \quad M_{z,d} = 10,6 \text{ kNm}$$

Die Nutzungsklasse ist NKL 1 und KLED ist lang.

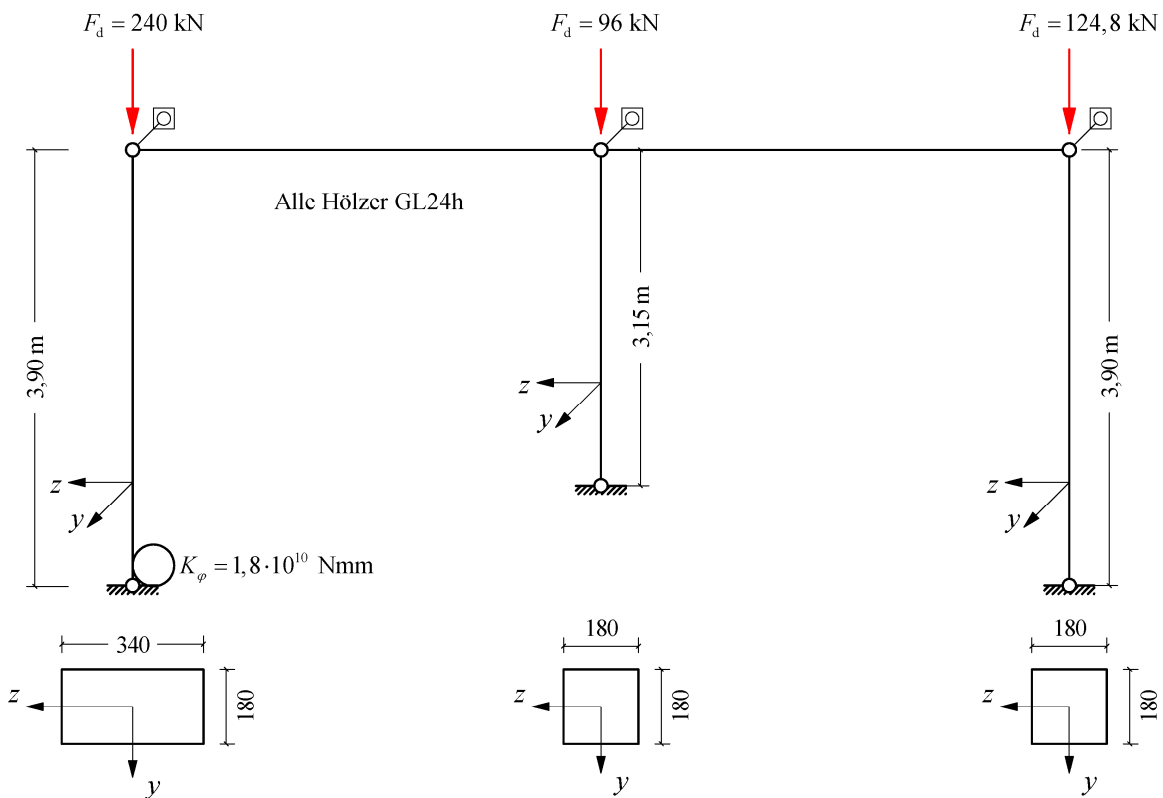


Aufgabe 2 (25 Punkte)

Prüfen Sie für das System, ob unter der gegebenen Last ausreichende Sicherheit gegen Biegeknicken besteht. Ermitteln Sie die Knicklängen und führen Sie den Stabilitätsnachweis

- a) für das Knicken des Systems durch Knicken der linken Stütze um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung)
- b) für das Knicken des rechten Stiels

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Aufgabe 3 (35 Punkte)

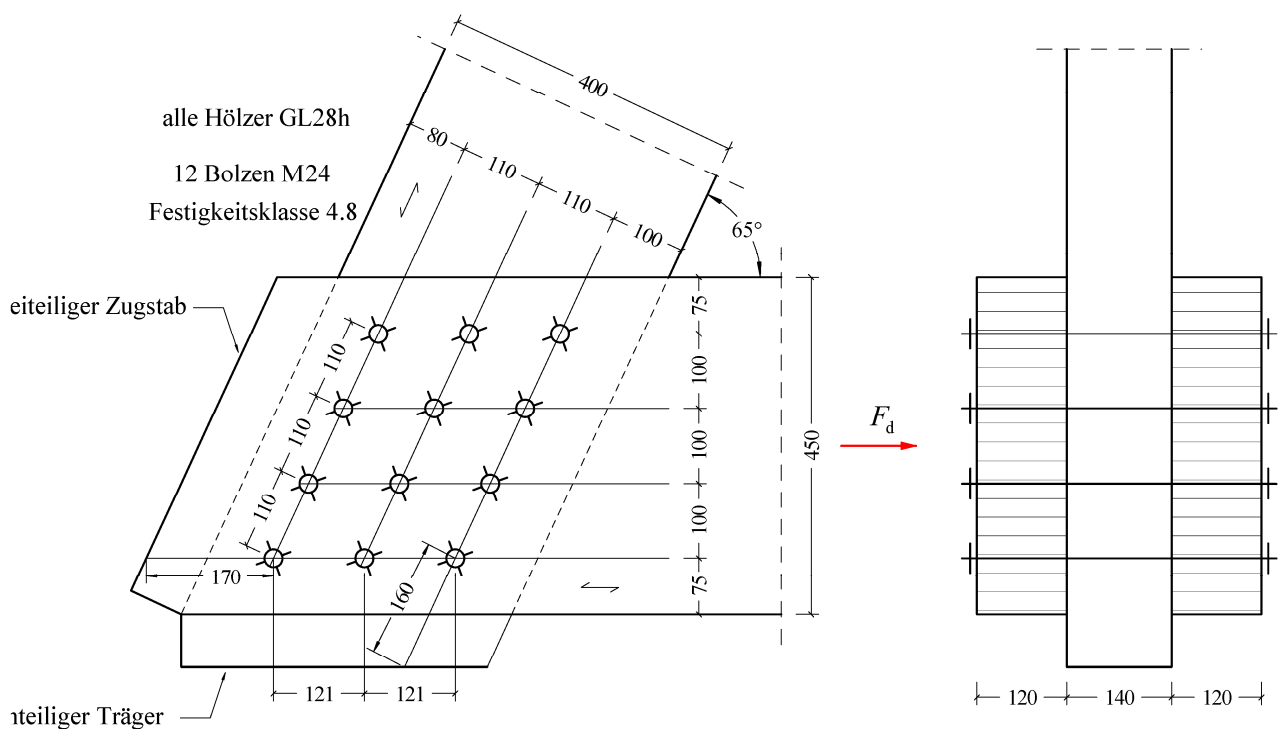
An einen einteiligen geneigten Träger ist ein zweiteiliger horizontaler Zugstab durch Bolzen angeschlossen. Der Bemessungswert der Zugkraft beträgt:

$$F_d = 315 \text{ kN}.$$

Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der Bolzen im zweiteiligen horizontalen Zugstab.
- Überprüfen Sie die Anordnung der Bolzen im einteiligen geneigten Träger.
- Ermitteln Sie die Mindestholzdicken $t_{1,req}$, $t_{2,req}$ sowie die Tragfähigkeit $F_{v,Rd}$ je Scherfuge.
- Berechnen Sie den Bemessungswert der Belastung je Scherfläche eines Verbindungsmittels und führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindung.
- Führen Sie den Tragfähigkeitsnachweis für die Kraftkomponente in Faserrichtung im zweiteiligen horizontalen Zugstab.
- Führen Sie den Tragfähigkeitsnachweis für die Kraftkomponente in Faserrichtung im einteiligen geneigten Träger.

Nutzungsbedingungen: KLED mittel und NKL 1 ($k_{mod} = 0,80$).

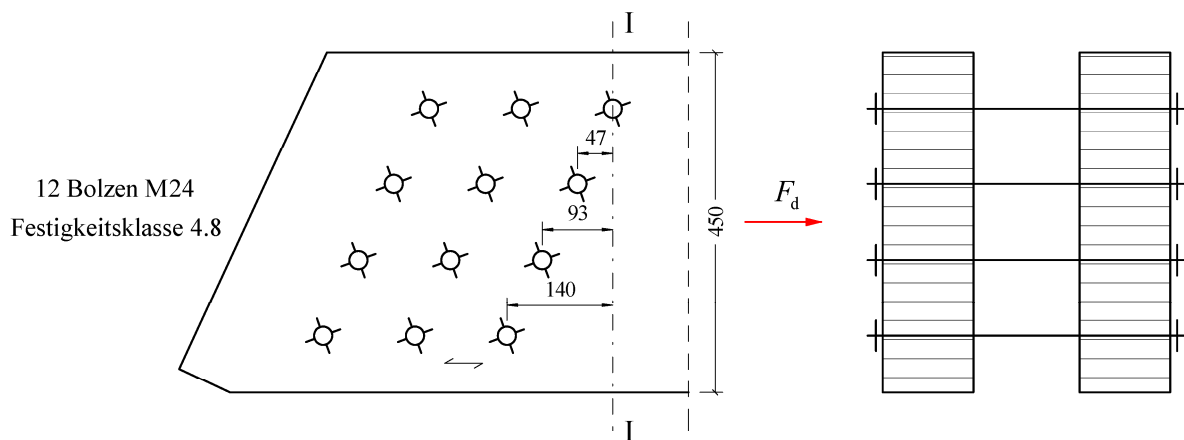


Aufgabe 4 (15 Punkte)

In der nachfolgenden Zeichnung ist der zweiteilige horizontale Zugstab aus der Aufgabe 3 dargestellt. Für die Fuge I-I soll die Tragfähigkeit in folgenden Schritten ermittelt werden:

- Bestimmen Sie die Mindestanzahl der Querschnittsschwächungen aus Bohrungen für die Bolzen, die gleichzeitig in Fuge I-I zu berücksichtigen sind. Die Abstände der Mittelpunkte der Bohrungen von Fuge I-I in Faserrichtung können der Zeichnung zu entnehmen werden.
- Ermitteln Sie den Maximalwert der Tragfähigkeit für das Holz des zweiteiligen horizontalen Zugstabes unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.

NKL 1 und KLED mittel



Aufgabe 1 $\sum 25$

a) maximal aufnehmbare Zugkraft F_d

1 $f_{t,0,d} = 1,047 \cdot 0,875 \cdot 10,2 = 9,34 \text{ N/mm}^2$

2 $f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot f_{m,d} = 1,047 \cdot 0,875 \cdot 14,8 = 13,56 \text{ N/mm}^2$

1 $A_n = 180 \cdot 380 = 68.400 \text{ mm}^3$

1 $W_y = \frac{180 \cdot 380^2}{6} = 4,332 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

2 $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$ Zug und einachsige Biegung um die y-Achse

2 $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{F_d}{A_n} \leq 1 - \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \rightarrow F_d \leq \left(1 - \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}\right) \cdot f_{t,0,d} \cdot A_n$

2 $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{(30,2 \cdot 10^6 / 4,332 \cdot 10^6)}{13,56} = \frac{6,97}{13,56} = 0,514$

2 $F_d \leq (1 - 0,514) \cdot 9,34 \cdot 68.400 = 310.412 \text{ N} = 310,4 \text{ kN}$

b) maximal aufnehmbare Druckkraft F_d

2 $f_{m,z,d} = 1,2 \cdot f_{m,d} = 1,2 \cdot 0,875 \cdot 14,8 = 15,54 \text{ N/mm}^2$

1 $f_{c,0,d} = 0,875 \cdot 14,8 = 12,95 \text{ N/mm}^2$

1 $W_z = \frac{180^2 \cdot 380}{6} = 2,052 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

2 $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$ Druck und einachsige Biegung um die z-Achse

2 $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \rightarrow \left(\frac{F_d}{A_n}\right)^2 \leq 1 - \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \rightarrow F_d \leq \sqrt{1 - \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}} \cdot f_{c,0,d} \cdot A_n$

2 $\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{(10,6 \cdot 10^6 / 2,052 \cdot 10^6)}{15,54} = \frac{5,17}{15,54} = 0,332$

2 $F_d \leq \sqrt{1 - 0,332} \cdot 12,95 \cdot 68.400 = 723.960 \text{ N} = 723,96 \text{ kN}$

Aufgabe 2 $\sum 25$

$$1 \quad f_{c,0,d} = 1,125 \cdot 14,8 = 16,7 \text{ N/mm}^2$$

a) Knicken des Systems durch Knicken der linken Stütze um die y-Achse

$$1 \quad A = 180 \cdot 340 = 61.200 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{240.000}{61.200} = 3,92 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \quad \alpha = \frac{h}{N} \cdot \sum \frac{N_i}{h_i} = \frac{3.900}{240.000} \cdot \left(\frac{96.000}{3.150} + \frac{124.800}{3.900} \right) = 1,015$$

$$1 \quad I_y = \frac{180 \cdot 340^3}{12} = 589,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$1 \quad \frac{E_{0,\text{mean}}}{\gamma_M} = \frac{11.600}{1,3} = 8.923 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \quad \beta = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot (E_{0,\text{mean}} / \gamma_M) \cdot I}{h \cdot K_\varphi} \right) \cdot (1 + \alpha)} = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot 8.923 \cdot 589,56 \cdot 10^6}{3.900 \cdot 1,8 \cdot 10^{10}} \right) \cdot (1 + 1,015)} = 3,090$$

$$1 \quad l_{\text{ef}} = \beta \cdot h = 3,090 \cdot 3.900 = 12.052 \text{ mm}$$

$$1 \quad i_y = 0,289 \cdot 340 = 98,26 \text{ mm}$$

$$1 \quad \lambda_y = \frac{l_{\text{ef}}}{i_y} = \frac{12.052}{98,26} = 122,66$$

$$1 \quad k_{c,y} = 0,243$$

$$1 \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,92}{0,243 \cdot 16,7} = 0,97 < 1$$

b) Knicken der rechten Stütze

$$1 \quad A = 180 \cdot 180 = 32.400 \text{ mm}^2$$

$$1 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{124.800}{32.400} = 3,85 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad i_y = i_z = 0,289 \cdot 180 = 52,0 \text{ mm}$$

$$1 \quad l_{\text{ef},y} = \beta \cdot s_y = 1,0 \cdot 3.900 = 3.900 \text{ mm}$$

$$1 \quad \lambda_y = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_y} = \frac{3.900}{52,0} = 75,0$$

$$1 \quad k_{c,y} = 0,596$$

$$1 \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,85}{0,596 \cdot 16,7} = 0,39 < 1$$

Aufgabe 3 $\sum 35$

a) Überprüfung der Anordnung der Bolzen im horizontalen Zugstab

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 24$ mm	vorhanden [mm]
a_1	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$	120	121
a_2	$4 \cdot d$	96	100
4 $a_{3,t}$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	168	170
$a_{3,e}$	---	---	---
$a_{4,t}$	---	---	---
$a_{4,e}$	$3 \cdot d$	72	75

b) Überprüfung der Anordnung der Bolzen im geneigten Träger

	Vorschrift bei $\alpha = 65^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 24$ mm	vorhanden [mm]
a_1	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$	106,1	110
a_2	$4 \cdot d$	96,0	110
5 $a_{3,t}$	---	---	---
$a_{3,e}$	$\alpha > 30^\circ : (1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	154,5	160
$a_{4,t}$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$	91,5	100
$a_{4,e}$	$3 \cdot d$	72,0	80

c) Ermittlung der erforderlichen Mindestholzdicken und Tragfähigkeit $F_{v,Rd}$ je Scherfuge

1 $k_1 = 1,082$

1 $k_2 = 1,054$

2 $t_{1,req} = (1/1,082) \cdot 1,054 \cdot 106 = 103,3 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$

2 $t_{2,req} = (1/1,082) \cdot 1,054 \cdot 128 = 124,7 \text{ mm} < 140 \text{ mm}$

3 $F_{v,Rd,Joh} = 1,082 \cdot 1,054 \cdot 13,04 = 14,87 \text{ kN}$

3 $F_{v,Rd} = 1,25 \cdot F_{v,Rd,Joh} = 1,25 \cdot 14,87 = 18,59 \text{ kN}$

d) Bemessungswert der Belastung je Scherfläche eines VM und Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindung

2 $F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{315.000}{3 \cdot 4 \cdot 2} = 13.125 \text{ N} = 13,125 \text{ kN}$

2 $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{13,125}{18,59} = 0,71 < 1$

e) Tragfähigkeitsnachweis für die Kraftkomponente in Faserrichtung im zweiteiligen horizontalen Zugstab

2 $\alpha = 0^\circ: n = 3 \rightarrow (n_{ef}/n) = 0,706$

3 $\frac{F_{v,Ed} \cdot \cos \alpha}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{13,125 \cdot \cos 0^\circ}{0,706 \cdot 18,59} = 1,0$

f) Tragfähigkeitsnachweis für die Kraftkomponente in Faserrichtung im einteiligen geneigten Träger

5 $\frac{F_{v,Ed} \cdot \cos \alpha}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} \quad \alpha = 65^\circ \rightarrow \text{Nachweis für Bolzen nicht maßgeblich}$

Aufgabe 4 $\sum 15$

a) Mindestanzahl der Querschnittsschwächungen aus Bohrungen

$$3 \quad \alpha = 0^\circ \rightarrow \frac{a_1}{2} = \frac{(4 + \cos \alpha) \cdot d}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ mm}$$

3 Mindestanzahl der Querschnittsschwächungen = 2

b) Maximalwert der Tragfähigkeit für das Holz des geneigten Zugstabes

$$2 \quad (\max \{b; h\} = 450 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,030 \cdot 12,0 = 12,4 \text{ N/mm}^2$$

$$3 \quad A_n = 2 \cdot 120 \cdot [450 - 2 \cdot 25] = 96.000 \text{ mm}^2$$

$$2 \quad \frac{\sigma_{t,0,d}}{\frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d}} = \frac{F_d / A_n}{\frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d}} \leq 1 \rightarrow \max F_d = \frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d} \cdot A_n$$

$$2 \quad \max F_d = \frac{2}{3} \cdot 12,4 \cdot 96.000 = 793.600 \text{ N} = 793,6 \text{ kN}$$