

Prüfung Holzbau I vom 5. 2. 2007 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

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

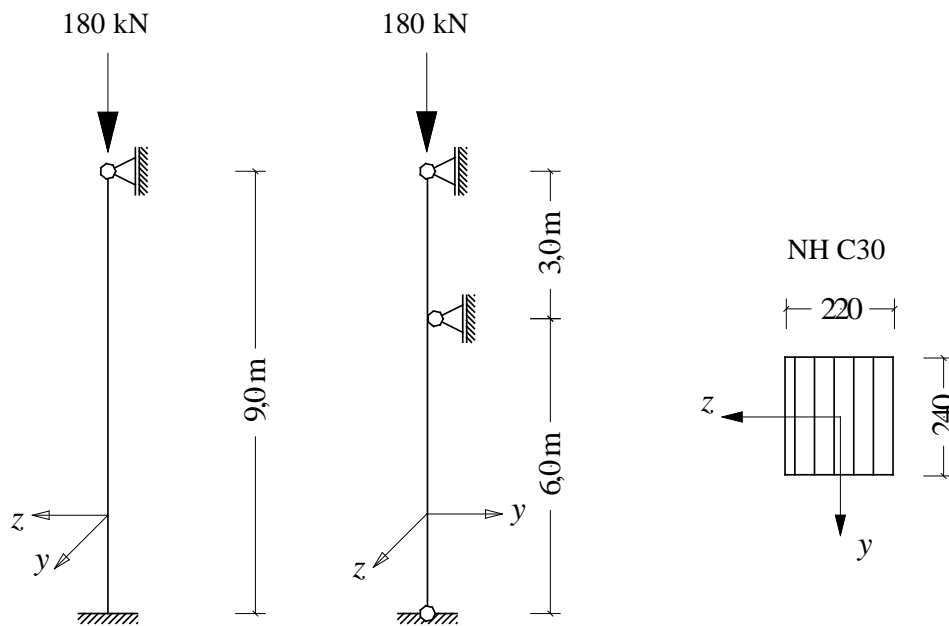
Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Aufgabe 1 (25 Punkte)

Prüfen Sie für das System der Zeichnung 1, ob unter der gegebenen Last F_d ausreichende Sicherheit gegen Biegeknicken für die Stütze aus Nadelholz C30 besteht. Ermitteln Sie die Knicklänge und führen Sie den Stabilitätsnachweis

- a) für das Knicken um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung)
- b) für das Knicken um die z-Achse (Ausweichen in y-Richtung)

Nutzungsbedingungen: KLED lang und NKL 1.

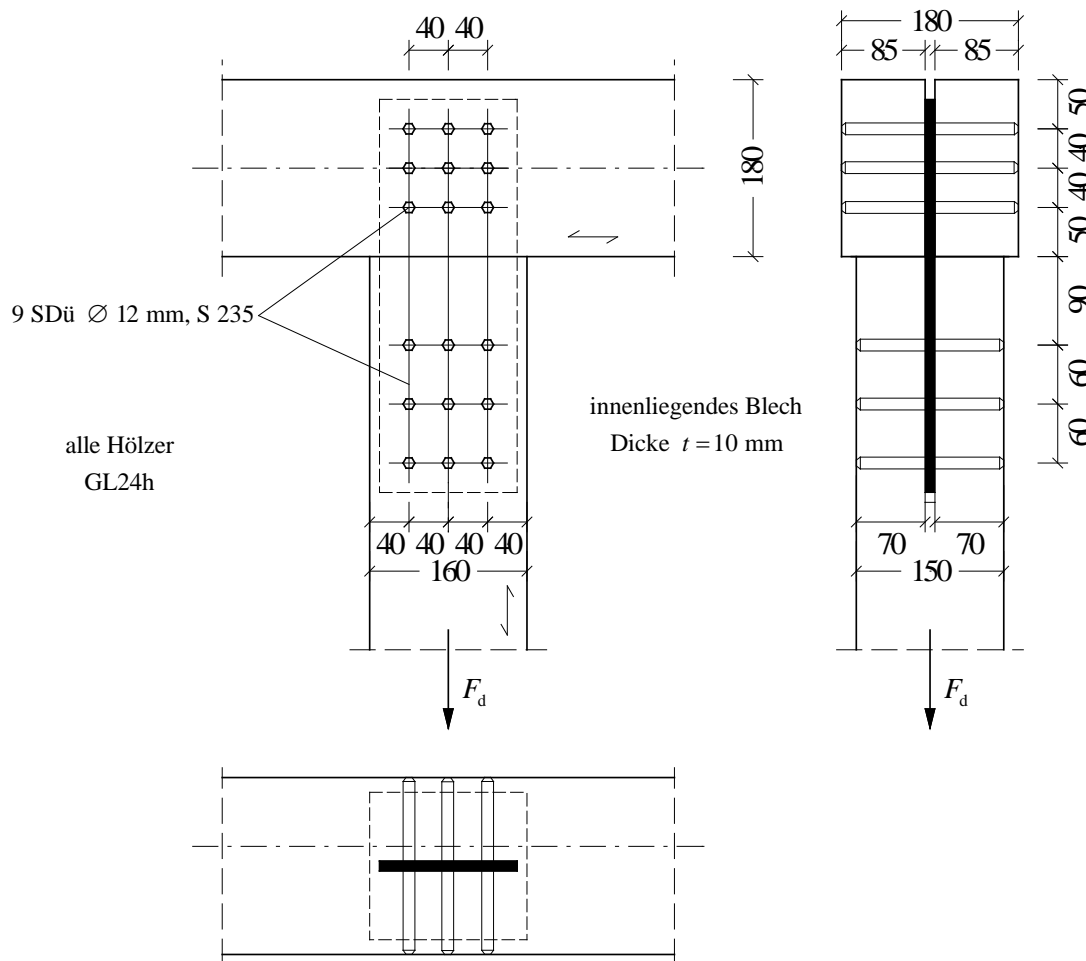


Zeichnung 1

Aufgabe 2 (35 Punkte)

An den horizontalen Balken in Zeichnung 2 mit den Querschnittsabmessungen 180/180 mm wird mit einem innen liegenden Stahlblech ein senkrechter Stab angehängt. Ermitteln Sie Tragfähigkeit der beiden SDü-Gruppen in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der SDü im Holz der oberen Gruppe.
- Ermitteln Sie für die obere Gruppe die maximale aufnehmbare Kraft F_d für KLED mittel und NKL 1 ($k_{\text{mod}} = 0,80$).
- Überprüfen Sie die Anordnung der SDü im Holz der unteren Gruppe.
- Ermitteln Sie für die untere Gruppe die maximale aufnehmbare Kraft F_d für KLED mittel und NKL 1 ($k_{\text{mod}} = 0,80$).



Zeichnung 2

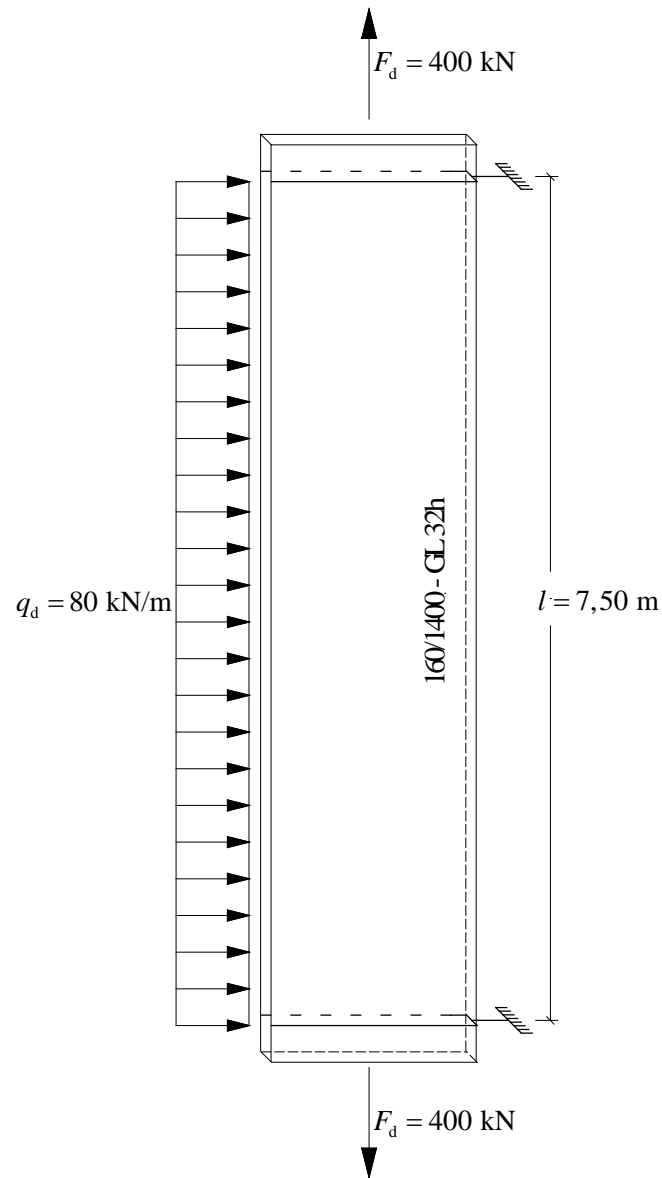
Aufgabe 3 (15 Punkte)

Berechnen Sie die maximal aufnehmbare Zugkraft F_d aus dem Tragsicherheitsnachweis der Zugspannungen für das untere Holz der Zeichnung 2 für KLED mittel und NKL 1 unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.

Aufgabe 4 (25 Punkte)

Der in Zeichnung 3 dargestellte BSH-Fassadenpfosten aus GL 32h mit einem Rechteckquerschnitt 160/1.400 mm wird durch eine Gleichstreckenlast aus Wind sowie durch eine Zugkraft F_d belastet.

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



Zeichnung 3

Lösung der Prüfung Holzbau I vom 5. 2. 2007 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

Aufgabe 1 $\sum 25$

$$f_{c,0,d} = 0,875 \cdot 14,2 = 12,43 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 220 \cdot 240 = 52.800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{180.000}{52.800} = 3,41 \text{ N/mm}^2$$

$$i_y = 0,289 \cdot 220 = 63,6 \text{ mm}$$

a) Knicken um y

$$l_{ef,y} = \beta \cdot s_y = 0,71 \cdot 9.000 = 6.390 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{6.390}{63,6} = 100,5$$

$$k_{c,y} = 0,299$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,41}{0,299 \cdot 12,43} = 0,92 < 1$$

b) Knicken um z

$$i_z = 0,289 \cdot 240 = 69,4 \text{ mm}$$

$$l_{ef,z} = 6.000 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{6.000}{69,4} = 86,5 \rightarrow \text{nicht maßgeblich}$$

Aufgabe 2 $\sum 35$

a) Überprüfung der Dübelanordnung im oberen Holz

	Vorschrift bei $\alpha = 90^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 12 \text{ mm}$	vorhanden [mm]
a_1	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 3 \cdot d$	36 mm	40 mm
a_2	$3 \cdot d$	36 mm	40 mm
$a_{3,t}$	---	---	---
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	$\max \{ (2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d \} = 4 \cdot d$	48 mm	50 mm
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	36 mm	50 mm

b) Ermittlung der maximal aufnehmbaren Kraft F_d in der oberen SDü-Gruppe

$$\alpha = 90^\circ$$

$$t_{\text{req}} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 85,9 = 82,4 \text{ mm} < 85 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} = 1,042 \cdot 1,0 \cdot 5,24 = 5,46 \text{ kN}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow (n_{ef}/n) = 1,0$$

$$F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{F_d}{18}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{\underbrace{\left(\frac{n_{ef}}{n}\right)}_{=1} \cdot F_{v,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} \rightarrow F_d \leq 18 \cdot F_{v,Rd} = 18 \cdot 5,46 = 98,3 \text{ kN}$$

c) Überprüfung der Dübelanordnung im unteren Holz

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 12 \text{ mm}$	vorhanden [mm]
a_1	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	60 mm	60 mm
a_2	$3 \cdot d$	36 mm	40 mm
$a_{3,t}$	$\max(7 \cdot d; 80 \text{ mm})$	84 mm	90 mm
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	---	---	---
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	36 mm	40 mm

d) Ermittlung der maximal aufnehmbaren Kraft F_d in der unteren SDü-Gruppe

$$t_{\text{req}} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 69,4 = 66,6 \text{ mm} < 70 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,\text{Joh}} = 1,042 \cdot 1,0 \cdot 6,48 = 6,75 \text{ kN}$$

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

$$\frac{F_{v,Ed}}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow F_{v,Ed} \leq 0,706 \cdot F_{v,Rd} \rightarrow F_d \leq 18 \cdot 0,706 \cdot F_{v,Rd} = 18 \cdot 0,706 \cdot 6,75 = 85,8 \text{ kN}$$

Aufgabe 3 $\sum 15$

$$(\max\{b; h\} = 160 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,1 \cdot 10,2 = 11,2 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = \left(150 - \underbrace{10}_{\substack{\text{Stahlblech} \\ t=10 \text{ mm}}} \right) \cdot \left(160 - \underbrace{3 \cdot 12}_{3 \text{ SDü}} \right) = 17.360 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{0,4 \cdot f_{t,0,d}} = \frac{F_d}{0,4 \cdot f_{t,0,d} \cdot A_n} \rightarrow \max F_d = 0,4 \cdot f_{t,0,d} \cdot A_n$$

$$\max F_d = 0,4 \cdot 11,2 \cdot 17.360 = 77.770 \text{ N} = 77,8 \text{ kN}$$

Aufgabe 4 $\sum 25$

$$(h > 600 \text{ mm}) \rightarrow f_{m,d} = 1,125 \cdot 19,7 = 22,16 \text{ N/mm}^2 \quad f_{t,0,d} = 1,125 \cdot 13,8 = 15,53 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 160 \cdot 1.400 = 224.000 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{160 \cdot 1.400^2}{6} = 52,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{562,5 \cdot 10^6}{52,3 \cdot 10^6} = 10,76 \text{ N/mm}^2$$

$$a_1 = 1,13 \quad a_2 = 1,44 \quad a_z = +700$$

$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot 2 \right]} = \frac{7.500}{1,13 \cdot \left[1 - 1,44 \cdot \frac{700}{7.500} \cdot 2 \right]} = \frac{7.500}{0,8263} = 9.077 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2}} = 0,0548 \cdot \sqrt{\frac{9.077 \cdot 1.400}{160^2}} = 1,221$$

$$k_{crit} = 0,644$$

Einachsige Biegung und Zug:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{10,76}{0,644 \cdot 22,16} = 0,76 < 1$$

Prüfung Holzbau I im vom 17. 7. 2007 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

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

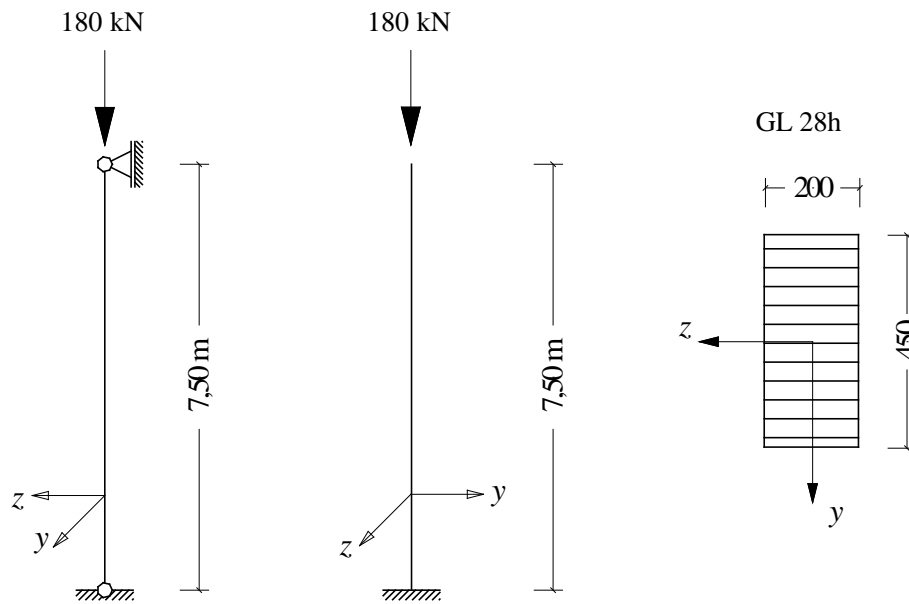
Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Aufgabe 1 (25 Punkte)

Prüfen Sie für das System der Zeichnung 1, ob unter der gegebenen Last F_d ausreichende Sicherheit gegen Biegeknicken für die Stütze besteht. Ermitteln Sie die Knicklänge und führen Sie den Stabilitätsnachweis

- a) für das Knicken um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung)
- b) für das Knicken um die z-Achse (Ausweichen in y-Richtung)

Nutzungsbedingungen: KLED ständig und NKL 1.



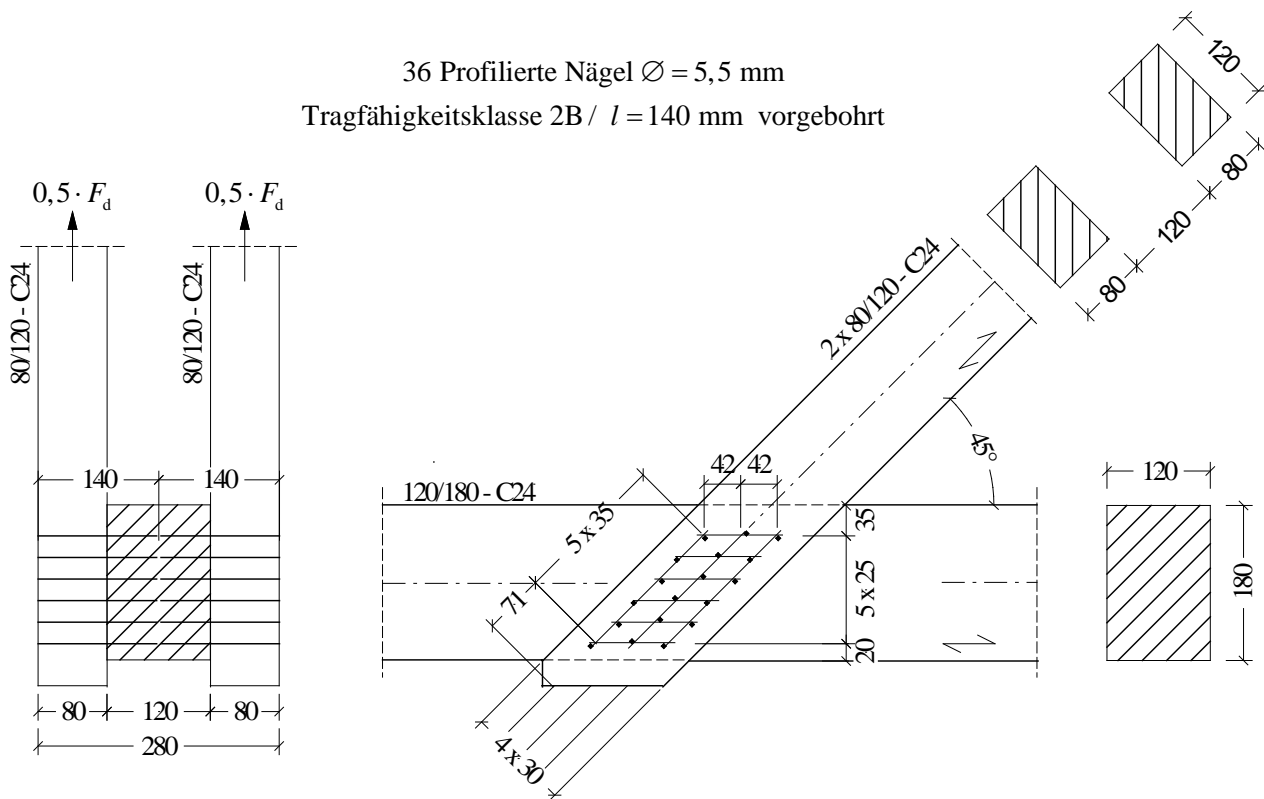
Zeichnung 1

Aufgabe 2 (35 Punkte)

An den horizontalen Balken in Zeichnung 2 wird mit vorgebohrten Nägeln ein geneigter zweiteiliger Stab angeschlossen. Untersuchen Sie die Tragfähigkeit der Verbindung in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der Nägel im horizontalen Balken durch Gegenüberstellung der Mindestabstände mit den vorhandenen Abständen.
- Überprüfen Sie die Anordnung der Nägel im geneigten zweiteiligen Stab durch Gegenüberstellung der Mindestabstände mit den vorhandenen Abständen.
- Ermitteln Sie aus der Tragfähigkeit der Nägel die maximale aufnehmbare Zugkraft F_d . Die Zugtragfähigkeit der Nägel ist zu berücksichtigen. Der Durchmesser der Vorbohrung wurde so gewählt, dass die Zugtragfähigkeit zu 70% angesetzt werden darf. Der Durchmesser des Nagelkopfes beträgt 12 mm.

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



Zeichnung 2

Aufgabe 3 (15 Punkte)

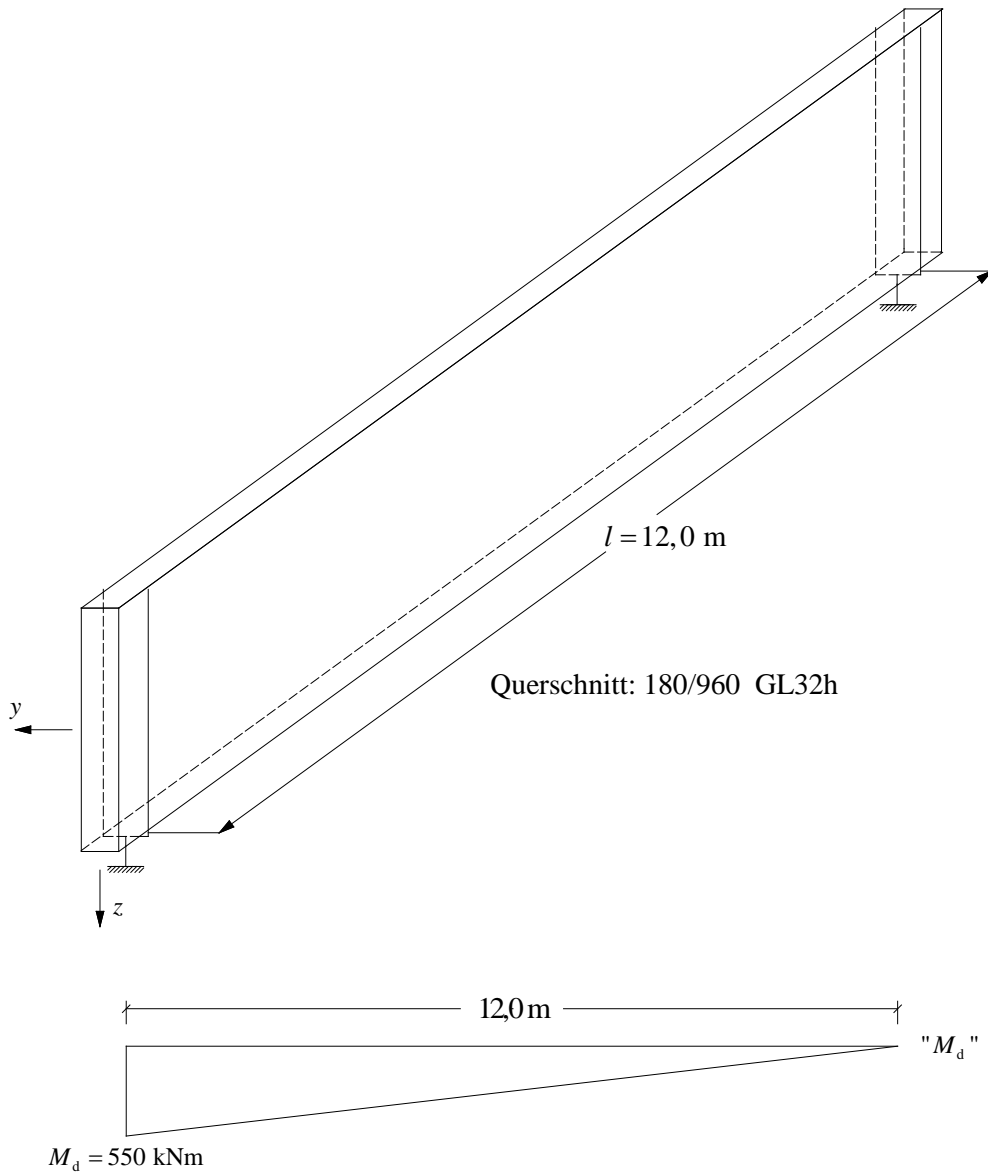
Prüfen Sie die Standsicherheit des geneigten zweiteiligen Stabes in Zeichnung 2 für den Bemessungswert der Zugkraft $F_d = 60$ kN unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.

Hinweis: für die Querschnittsschwächung sind 3 Bohrungen zu berücksichtigen.

Aufgabe 4 (25 Punkte)

Auf den in Zeichnung 3 dargestellten Biegeträger wirkt ein Moment M_d am linken Rand ein. Führen Sie den Nachweis der Kippstabilität.

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Zeichnung 3

Lösung der Prüfung Holzbau I vom 17. 7. 2007 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)**Aufgabe 1** $\sum 25$

$$f_{c,0,d} = 0,75 \cdot 16,3 = 12,23 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 200 \cdot 450 = 90.000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{180.000}{90.000} = 2,00 \text{ N/mm}^2$$

a) Knicken um y

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

$$l_{ef,y} = \beta \cdot s_y = 1 \cdot 7.500 = 7.500 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{7.500}{57,8} = 129,8$$

$$k_{c,y} = 0,214$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{2,00}{0,214 \cdot 12,23} = 0,76 < 1$$

b) Knicken um z

$$i_z = 0,289 \cdot 450 = 130,1 \text{ mm}$$

$$l_{ef,z} = \beta \cdot s_z = 2,0 \cdot 7.500 = 15.000 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{15.000}{130,1} = 115,3 \rightarrow \text{nicht maßgeblich}$$

Aufgabe 2 $\sum 35$

a) Überprüfung der Anordnung der Nägel im horizontalen Balken

	Vorschrift bei $\alpha = 45^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 5,5$ mm	vorhanden [mm]
a_1	$(4 + \cos \alpha) \cdot d = 4,71 \cdot d$	25,9	42
a_2	$(3 + \sin \alpha) \cdot d = 3,71 \cdot d$	20,4	25
$a_{3,t}$	---	---	---
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	$(3 + 4 \cdot \sin \alpha) \cdot d = 5,83 \cdot d$	32,1	35
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	16,5	20

b) Überprüfung der Anordnung der Nägel im geneigten zweiteiligen Stab

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 5,5$ mm	vorhanden [mm]
a_1	$(4 + \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	27,5 mm	35 mm
a_2	$3 \cdot d$	16,5 mm	30 mm
$a_{3,t}$	$(7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 12 \cdot d$	66 mm	71 mm
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	---	---	---
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	16,5 mm	30 mm

c) Tragfähigkeit der Nägel und maximale aufnehmbare Zugkraft F_d

Zugtragfähigkeit

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \cdot d \cdot t_{pen} \\ 80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \cdot d_h^2 \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 40 \cdot 10^{-6} \cdot 350^2 \cdot 5,5 \cdot 60 \\ 80 \cdot 10^{-6} \cdot 350^2 \cdot 12^2 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1.617 \\ 1.411 \end{array} \right\} = 1.411 \text{ N}$$

$$F_{ax,Rd} = 0,80 \cdot \frac{1.411}{1,3} = 868 \text{ N}$$

$$t_{1,req} = 40 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rd,Joh} = 1.504 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot F_{ax,Rd} \\ k_{Joh} \cdot F_{v,Rd,Joh} \end{array} \right\} = 1.504 + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot 868 \\ 0,50 \cdot 1.504 \end{array} \right\} = 1.721 \text{ N} = 1,72 \text{ kN}$$

$(n_{ef}/n) = 1,0$ wegen versetzter Nagelanordnung

$$\frac{F_{v,Ed}}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{F_d}{36} \leq 1,0 \rightarrow F_d \leq 36 \cdot 1,72 = 61,9 \text{ kN}$$

Aufgabe 3 $\sum 15$

$$(\max\{b;h\} = 120 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,046 \cdot 8,62 = 9,02 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = 2 \cdot 80 \cdot (120 - 3 \cdot 5,5) = 16.560 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_n} = \frac{60.000}{16.560} = 3,62 \text{ N/mm}^2$$

Zweiteiliger Stab wie außen liegende Laschen, keine Maßnahmen zur Verhinderung der Krümmung:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{0,4 \cdot f_{t,0,d}} = \frac{3,62}{0,4 \cdot 9,02} = 1,00 \leq 1$$

Aufgabe 4 $\sum 25$

$$(h > 600 \text{ mm}) \rightarrow f_{m,d} = 1,0 \cdot 1,125 \cdot 19,7 = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$W = \frac{180 \cdot 960^2}{6} = 27,648 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{550 \cdot 10^6}{27,648 \cdot 10^6} = 19,89 \text{ N/mm}^2$$

$$a_1 = 1,77 \quad a_2 = 0 \quad a_z = 0$$

$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot 2 \right]} = \frac{12.000}{1,77 \cdot \left[1 - 0 \cdot \frac{0}{12.000} \cdot 2 \right]} = \frac{12.000}{1,77} = 6.780 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2}} = 0,0548 \cdot \sqrt{\frac{6.780 \cdot 960}{180^2}} = 0,777$$

$$k_{crit} = 0,973$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{19,89}{0,973 \cdot 22,2} = 0,92 < 1$$

Prüfung Holzbau I vom 12. 2. 2008 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

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

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

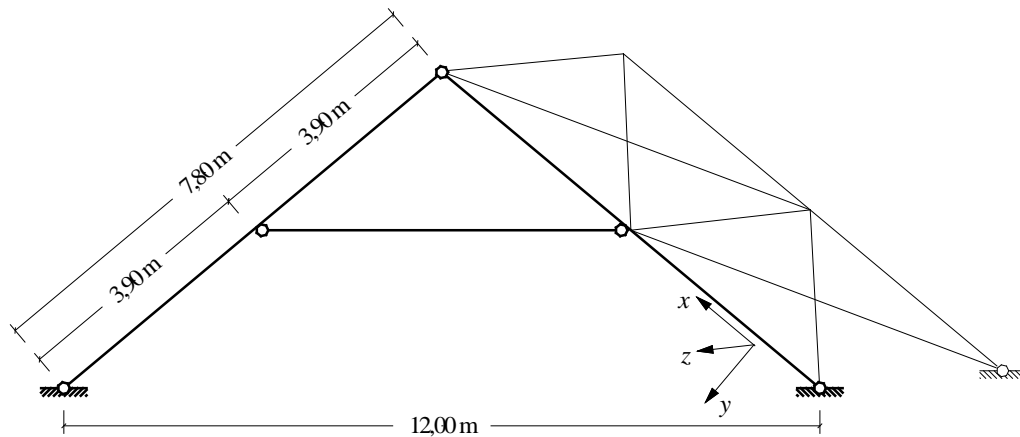
Aufgabe 1 (25 Punkte)

Prüfen Sie für das in der nachfolgenden Zeichnung dargestellte Kehlriegeldach mit verschieblichem Kehlriegel, ob unter der gegebenen konstanten Normalkraft ausreichende Sicherheit gegen Biegeknicken für die Sparren besteht. Ermitteln Sie die Knicklänge und führen Sie den Stabilitätsnachweis

- a) für das Knicken um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung)
- b) für das Knicken um die z-Achse (Ausweichen in y-Richtung).

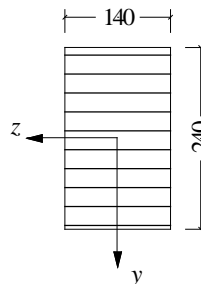
Die Druckkraft in den Sparren beträgt $N=215 \text{ kN}$.

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Sparrenquerschnitt

GL24h

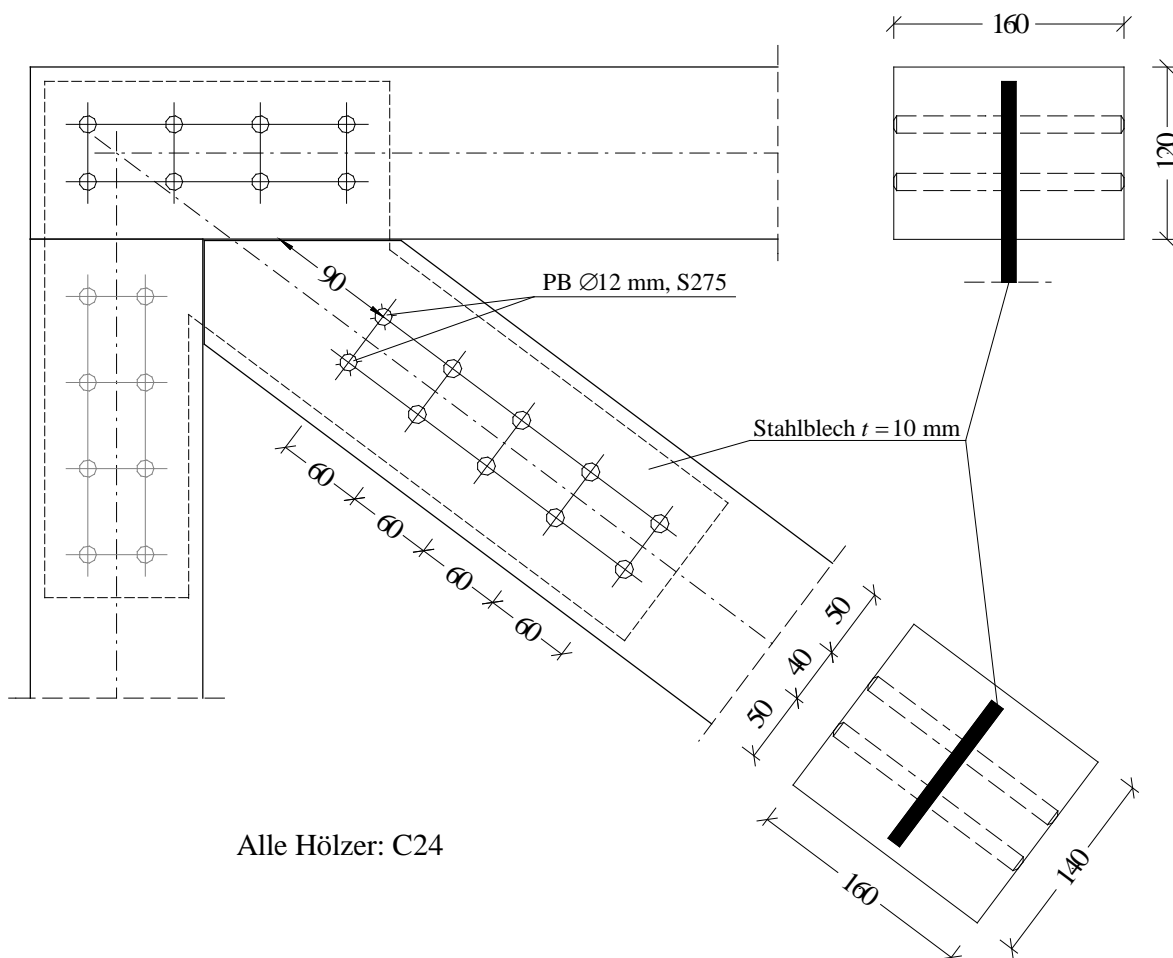


Aufgabe 2 (35 Punkte)

Der Anschluss der Stäbe im oberen linken Knoten eines Fachwerkträgers wird mit einem eingeschlizten Blech und Stabdübeln bzw. Passbolzen hergestellt. Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit der beiden SDü-Gruppen in folgenden Schritten:

- Ermitteln Sie für den Anschluss des Obergurtes die maximale aufnehmbare Kraft O_1 für KLED kurz und NKL 1 ($k_{\text{mod}} = 0,90$) aus der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel.
- Überprüfen Sie die Anordnung der SDü im Anschluss der Diagonale.
- Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel der Diagonale für die Zugkraft D_1 für KLED kurz und NKL 1 ($k_{\text{mod}} = 0,90$).

	Normalkraft	Verbindungsmittel im Anschluss
Obergurstab O_1	$O_1 =$ (Druck)	8 SDü $\varnothing 12$ mm, <u>S275 (!)</u>
Diagonale D_1	$D_1 = +105$ kN (Zug)	8 SDü + 2 PB $\varnothing 12$ mm, <u>S275 (!)</u>



Aufgabe 3 (15 Punkte)

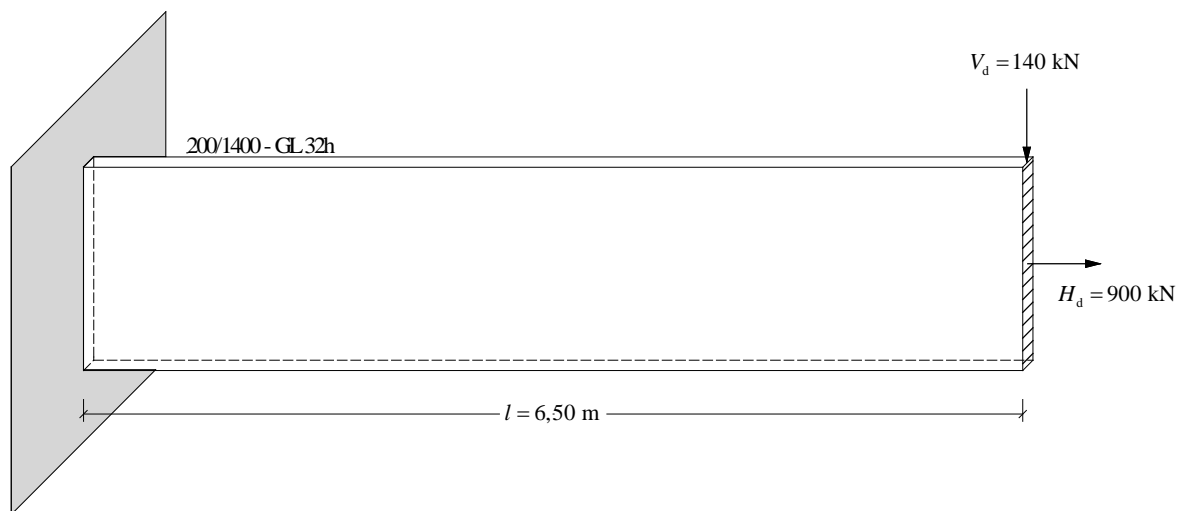
Führen Sie für das in Aufgabe 2 gezeigte System den Tragsicherheitsnachweis für das Holz der Diagonale für $D_1 = +105 \text{ kN}$ (Zug) bei KLED kurz und NKL 1 unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen in folgenden Schritten:

- Tragfähigkeitsnachweis des geschwächten Holzquerschnitts
- Berechnung der in Richtung der Stiftachse der Passbolzen wirkenden Zugkraft $F_{t,d}$
Hinweis: es darf angenommen werden: $n = 5$

Aufgabe 4 (25 Punkte)

Auf den in der nachfolgenden Zeichnung dargestellten Kragträger mit fester Einspannung an der linken Seite wirken die beiden dargestellten Kräfte ein. Führen Sie den Nachweis der Kippstabilität.

Nutzungsbedingungen: KLED mittel und NKL 1.



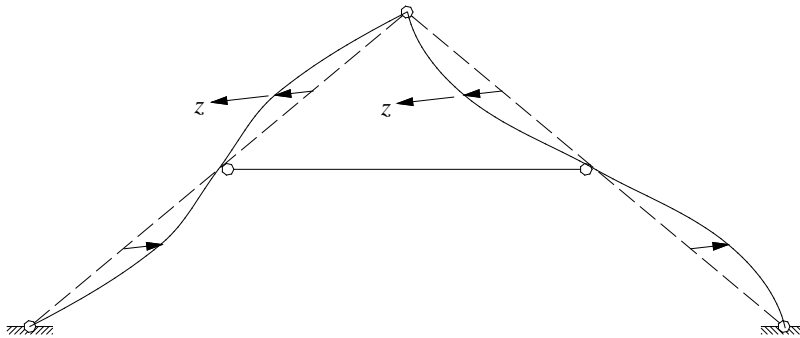
Aufgabe 1 $\sum 25$

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

$$A = 140 \cdot 240 = 33.600 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{215.000}{33.600} = 6,40 \text{ N/mm}^2$$

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



$$i_y = 0,289 \cdot 140 = 40,46 \text{ mm}$$

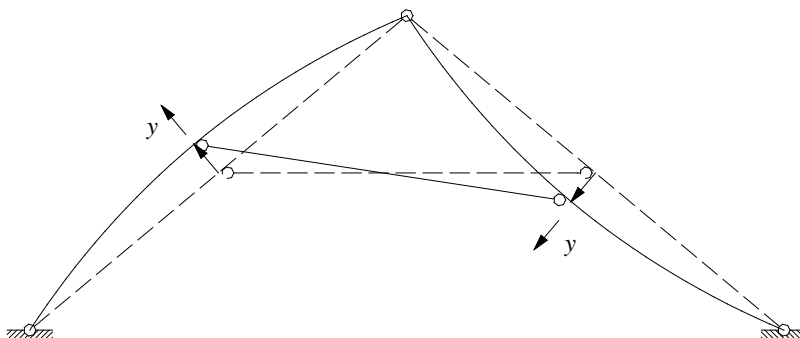
$$l_{ef,y} = \beta \cdot s_y = 1 \cdot 3.900 = 3.900 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{3.900}{40,46} = 96,4$$

$$k_{c,y} = 0,384$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{6,40}{0,384 \cdot 16,7} = 0,998 < 1$$

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



$$i_z = 0,289 \cdot 240 = 69,36 \text{ mm}$$

$$l_{ef,z} = \beta \cdot s_z = 0,8 \cdot 7.800 = 6.240 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{6.240}{69,36} = 90,0 \rightarrow \text{nicht maßgeblich}$$

Aufgabe 2 $\sum 35$

a) maximale aufnehmbare Kraft O_1

$$f_{u,k} = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\text{req}} = (1/1,0) \cdot 1,093 \cdot 69,4 = 75,6 > 75 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rd,Joh} = 1,125 \cdot 1,0 \cdot 1,093 \cdot 6,48 \cdot \underbrace{t/t_{\text{req}}}_{75/75,6} = 7,90 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{(n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow F_{v,Ed} \leq (n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,Rd} = 0,686 \cdot 7,90 = 5,42 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{F_d}{16} \rightarrow F_{v,Ed} = 16 \cdot 5,42 = 86,7 \text{ kN}$$

b) Überprüfung der Anordnung der SDü im Anschluss der Diagonale

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 12 \text{ mm}$	vorhanden [mm]	
a_1	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	60 mm	60 mm	→ OK
a_2	$3 \cdot d$	36 mm	40 mm	
$a_{3,t}$	$\max \{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	84 mm	90 mm	
$a_{3,c}$	---	---	---	
$a_{4,t}$	---	---	---	
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	36 mm	50 mm	

c) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel der Diagonale für die Zugkraft D_1

$$F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{105}{20} = 5,25 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{(n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{5,25}{0,670 \cdot 7,90} = 0,99 < 1,0$$

Aufgabe 3 $\Sigma 15$

a) Tragfähigkeitsnachweis des geschwächten Holzquerschnitts (2 Querschnittshälften 75mm/140mm)

$$(\max \{b; h\} = 140 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,014 \cdot 1,125 \cdot 8,62 = 9,83 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = \left(160 - \underset{\substack{\text{Stahlblech} \\ t=10 \text{ mm}}}{10} \right) \cdot \left(140 - \frac{2 \cdot 12}{3 \text{ SDü}} \right) = 17.400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{D_1}{A_n} = \frac{105.000}{17.400} = 6,03 \text{ Nmm}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{\frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d}} = \frac{6,03}{\frac{2}{3} \cdot 9,83} = \frac{6,03}{6,56} = 0,92 < 1$$

b) Zugkraft $F_{t,d}$

$$F_d = 105 \text{ kN}$$

$$t = 75 \text{ mm}$$

$$a = 60 \text{ mm}$$

$$F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a} = \frac{105 \cdot 75}{2 \cdot 5 \cdot 60} = 13,125 \text{ kN} \rightarrow \text{je PB: } 0,5 \cdot 13,125 = 6,563 \text{ kN (beide Lösungen zutreffend)}$$

Aufgabe 4 $\sum 25$

$$(h > 600 \text{ mm}) \rightarrow f_{m,d} = 19,7 \text{ N/mm}^2 \quad f_{t,0,d} = 13,8 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 200 \cdot 1.400 = 280.000 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 \cdot 1.400^2}{6} = 65,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_d = V_d \cdot l = 140 \cdot 6,50 = 910 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{910 \cdot 10^6}{65,33 \cdot 10^6} = 13,93 \text{ N/mm}^2$$

$$a_1 = 1,27 \quad a_2 = 1,03 \quad a_z = +700$$

$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot 2 \right]} = \frac{6.500}{1,27 \cdot \left[1 - 1,03 \cdot \frac{700}{6.500} \cdot 2 \right]} = \frac{6.500}{0,988} = 6.577 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2}} = 0,0548 \cdot \sqrt{\frac{6.577 \cdot 1.400}{200^2}} = 0,831$$

$$k_{crit} = 0,937$$

Einachsige Biegung und Zug:

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

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{13,93}{0,937 \cdot 19,7} = 0,75 < 1$$

Prüfung Holzbau I vom 3. 2. 2009 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

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

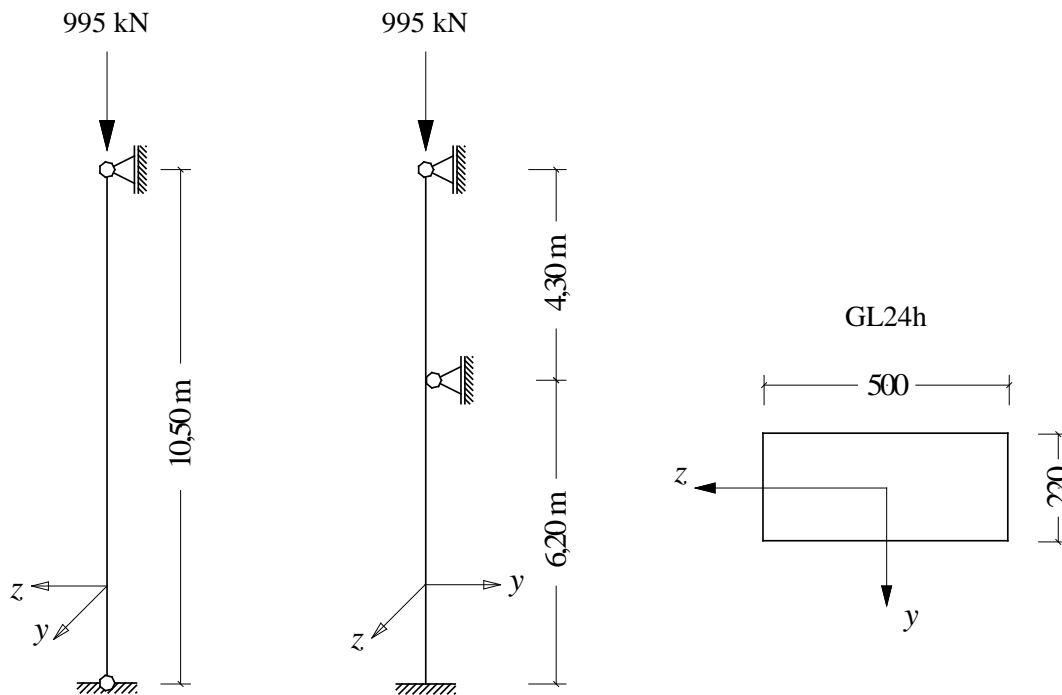
Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Aufgabe 1 (25 Punkte)

Prüfen Sie für das System der Zeichnung 1, ob unter der gegebenen Last F_d ausreichende Sicherheit gegen Biegeknicken für die Stütze besteht. Ermitteln Sie die Knicklängen und führen Sie den Stabilitätsnachweis

- a) für das Knicken um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung)
- b) für das Knicken um die z-Achse (Ausweichen in y-Richtung)

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 2.

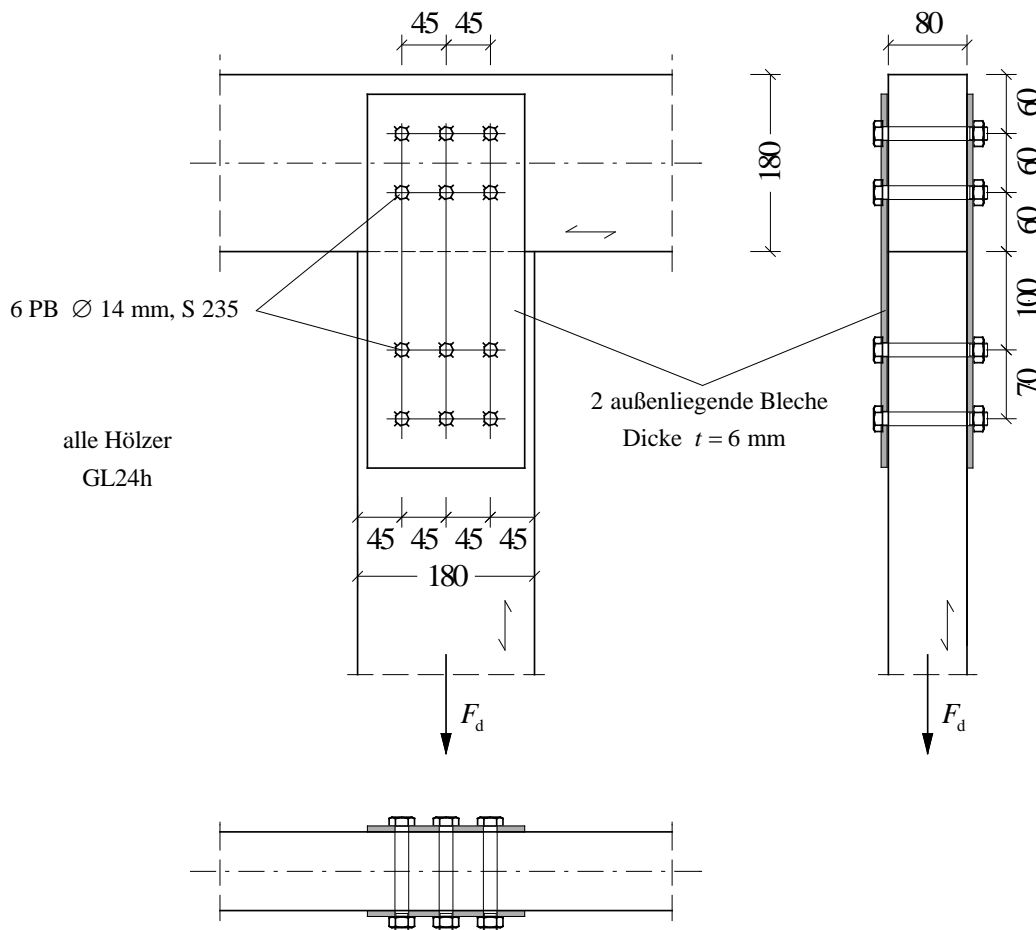


Zeichnung 1

Aufgabe 2 (35 Punkte)

An den horizontalen Balken in Zeichnung 2 wird mit zwei außen liegenden dünnen Stahlblechen und Passbolzen (PB) ein senkrechter Stab angehängt. Ermitteln Sie Tragfähigkeit der beiden PB-Gruppen in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der PB im Holz der oberen Gruppe.
- Ermitteln Sie für die obere Gruppe die maximale aufnehmbare Kraft F_d für KLED mittel und NKL 1 ($k_{\text{mod}} = 0,80$).
- Überprüfen Sie die Anordnung der PB im Holz der unteren Gruppe.
- Ermitteln Sie für die untere Gruppe die maximale aufnehmbare Kraft F_d für KLED mittel und NKL 1 ($k_{\text{mod}} = 0,80$).



Zeichnung 2

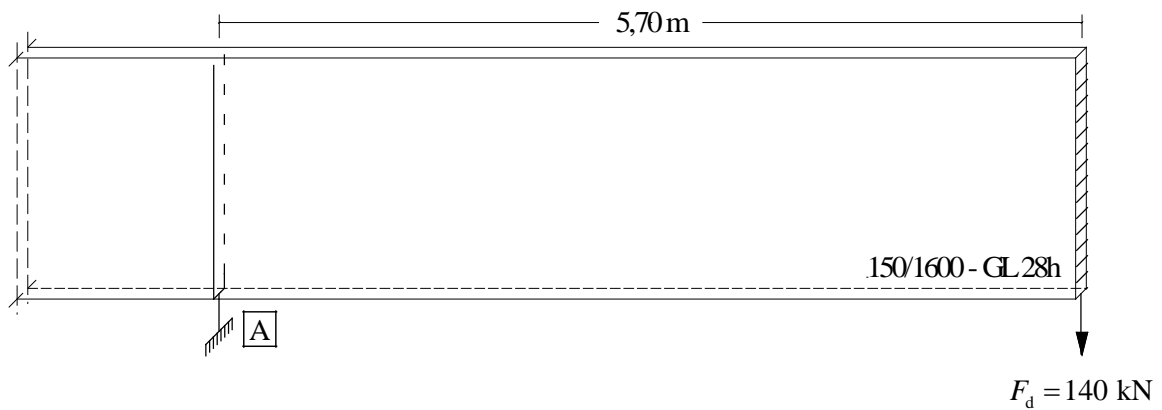
Aufgabe 3 (15 Punkte)

Berechnen Sie die maximal aufnehmbare Zugkraft F_d aus dem Tragsicherheitsnachweis der Zugspannungen für das untere Holz der vorstehenden *Zeichnung 2* für KLED mittel und NKL 1 unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.

Aufgabe 4 (25 Punkte)

Der nachstehend dargestellte BSH-Träger aus GL 28h mit einem Rechteckquerschnitt liegt am Punkt **A** auf einem Gabellager und krägt nach rechts aus. Der Kragarm wird an seinem Ende durch eine Einzellast belastet, die an der Trägerunterkante eingeleitet wird.

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



Zeichnung 3

Aufgabe 1 $\sum 25$

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

2 $A = 220 \cdot 500 = 110.000 \text{ mm}^2$

2 $\sigma_{c,0,d} = \frac{995.000}{110.000} = 9,05 \text{ N/mm}^2$

2 $i_y = 0,289 \cdot 500 = 144,5 \text{ mm}$

a) Knicken um y

3 $l_{ef,y} = \beta \cdot s_y = 1,0 \cdot 10.500 = 10.500 \text{ mm}$

2 $\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{10.500}{144,5} = 72,7$

2 $k_{c,y} = 0,625$

2 $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{9,05}{0,625 \cdot 16,7} = 0,87 < 1$

b) Knicken um z

2 $i_z = 0,289 \cdot 220 = 63,6 \text{ mm}$

2 oben: $l_{ef,z} = \beta \cdot s_y = 1,0 \cdot 4.300 = 4.300 \text{ mm}$

2 unten: $l_{ef,z} = \beta \cdot s_y = 0,71 \cdot 6.200 = 4.402 \text{ mm}$

2 $\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{4.402}{63,6} = 69,2 \rightarrow \text{nicht maßgeblich}$

Aufgabe 2 $\sum 35$

a) Überprüfung der Dübelanordnung im oberen Holz

	Vorschrift bei $\alpha = 90^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 14 \text{ mm}$	vorhanden [mm]	
6	a_1	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 3 \cdot d$	42 mm	45 mm
	a_2	$3 \cdot d$	42 mm	60 mm
	$a_{3,t}$	---	---	---
	$a_{3,c}$	---	---	---
	$a_{4,t}$	$\max \{ (2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d \} = 4 \cdot d$	56 mm	60 mm
	$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	42 mm	60 mm

b) Ermittlung der maximal aufnehmbaren Kraft F_d in der oberen SDÜ-Gruppe

2 $\alpha = 90^\circ$

2 $t_{\text{req}} = (1/k_1) \cdot k_2 \cdot \frac{60,7 + 79,8}{2} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 70,25 = 67,4 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$

$$2 \quad F_{v,Rd,Joh} = k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{3,70 + 5,95}{2} = 1,042 \cdot 1,0 \cdot 4,825 = 5,03 \text{ kN}$$

$$2 \quad F_{v,Rd} = 1,25 \cdot 5,03 = 6,28 \text{ kN}$$

$$2 \quad \frac{F_{v,Ed}}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} < 1,0 \rightarrow F_{v,Ed} \leq (n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd} = 1,0 \cdot 6,28 \text{ kN}$$

$$2 \quad F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{F_d}{12} \rightarrow F_{v,Ed} = 12 \cdot 6,28 = 75,4 \text{ kN}$$

c) Überprüfung der Dübelanordnung im unteren Holz

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 14 \text{ mm}$	vorhanden [mm]
	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	70 mm	70 mm
	$3 \cdot d$	42 mm	45 mm
6	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	98 mm	100 mm
	---	---	---
	---	---	---
	$3 \cdot d$	42 mm	45 mm

d) Ermittlung der maximal aufnehmbaren Kraft F_d in der unteren SDü-Gruppe

$$2 \quad \alpha = 0^\circ$$

$$2 \quad t_{req} = (1/k_1) \cdot k_2 \cdot \frac{49,1 + 63,3}{2} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 56,2 = 53,9 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$$

$$2 \quad F_{v,Rd,Joh} = k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{4,58 + 7,51}{2} = 1,042 \cdot 1,0 \cdot 6,045 = 6,30 \text{ kN}$$

$$2 \quad F_{v,Rd} = 1,25 \cdot 6,30 = 7,87 \text{ kN}$$

$$1 \quad \frac{F_{v,Ed}}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} < 1,0 \rightarrow F_{v,Ed} \leq (n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd} = 0,735 \cdot 7,87 \text{ kN} = 5,79 \text{ kN}$$

$$2 \quad F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{F_d}{12} \rightarrow F_{v,Ed} = 12 \cdot 5,79 = 69,5 \text{ kN}$$

Aufgabe 3 $\sum 15$

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

$$4 \quad A_n = 80 \cdot \left(180 - \frac{3 \cdot 14}{3 \text{ PB}}\right) = 11.040 \text{ mm}^2$$

$$5 \quad \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{F_d}{A_n} \rightarrow \max F_d = f_{t,0,d} \cdot A_n$$

$$4 \quad \max F_d = 11,2 \cdot 11.040 = 123.648 \text{ N} = 123,6 \text{ kN}$$

Aufgabe 4 $\sum 25$

$$1 \quad (h > 600 \text{ mm}) \rightarrow f_{m,d} = 0,875 \cdot 17,2 = 15,1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad M_d = F \cdot l = 140 \cdot 5,70 = 798 \text{ kNm}$$

$$1 \quad W = \frac{150 \cdot 1.600^2}{6} = 64 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$1 \quad \sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{798 \cdot 10^6}{64 \cdot 10^6} = 12,47 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \quad a_1 = 1,27 \quad a_2 = 1,03 \quad a_z = -800 \text{ mm}$$

$$2 \quad l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot 2\right]} = \frac{5.700}{1,27 \cdot \left[1 - 1,03 \cdot \frac{-800}{5.700} \cdot 2\right]} = \frac{5.700}{1,637} = 3.482 \text{ mm}$$

$$1 \quad \lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2}} = 0,0554 \cdot \sqrt{\frac{3.482 \cdot 1.600}{150^2}} = 0,872$$

$$1 \quad k_{crit} = 0,906$$

$$1 \quad \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{12,47}{0,906 \cdot 15,1} = 0,91 < 1$$

Prüfung Holzbau I vom 17. 7. 2009 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

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

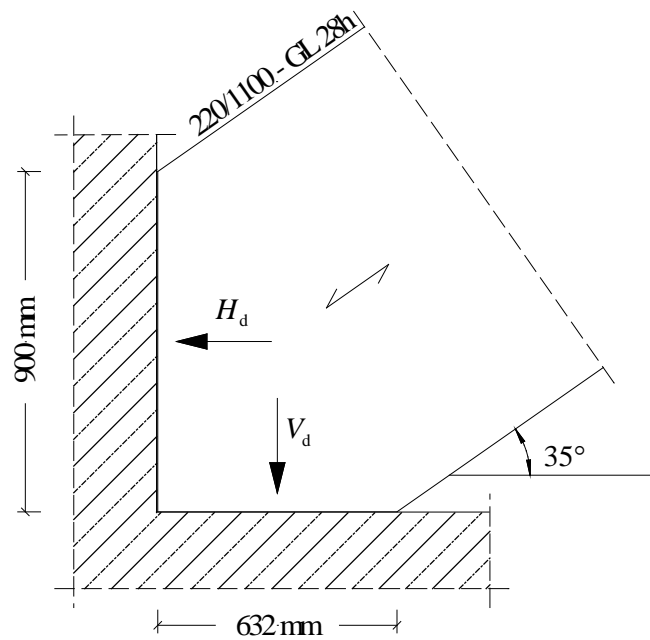
Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

Aufgabe 1 (15 Punkte)

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

- a) maximaler Bemessungswert der horizontalen Auflagerkraft H_d
- b) maximaler Bemessungswert der vertikalen Auflagerkraft V_d

Nutzungsbedingungen: KLED lang und NKL 2.



Zeichnung 1

Aufgabe 2 (15 Punkte)

Diese Aufgabe entfällt, da der Stoff in die Lehrveranstaltung Holzbau-III (MA) verlagert wurde.

Aufgabe 3 (35 Punkte)

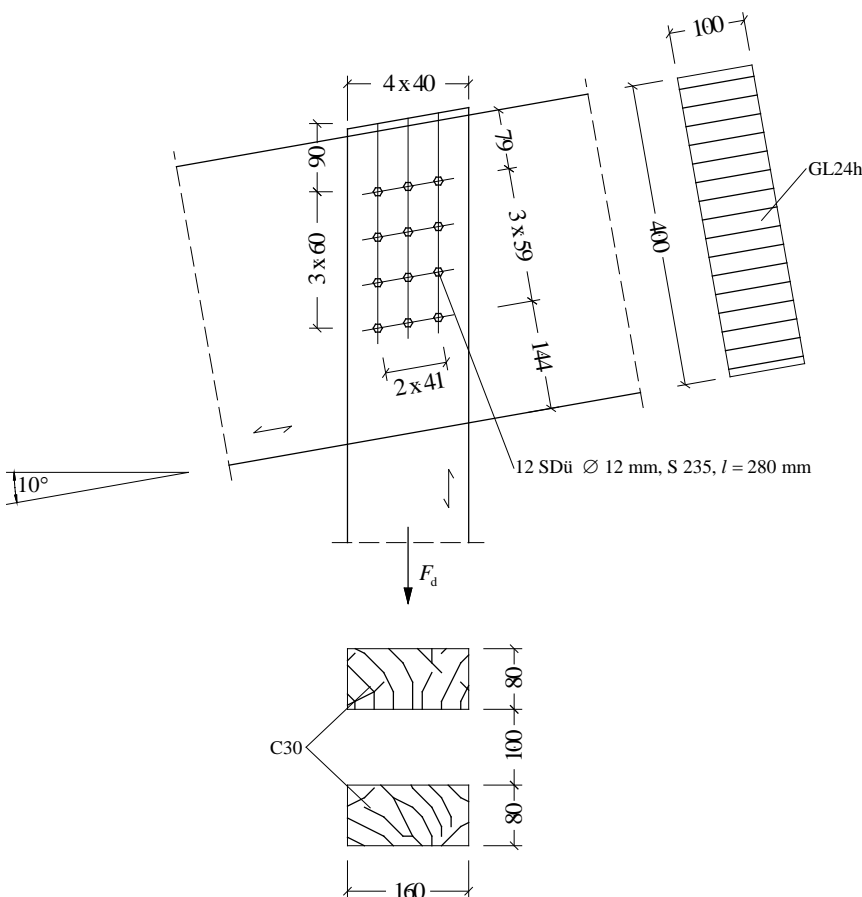
An einen einteiligen geneigten Balken aus Brettschichtholz ist ein zweiteiliger senkrechter Zugstab aus Vollholz mit Stabdübeln angeschlossen. Der Bemessungswert der Zugkraft beträgt:

$$F_d = 78 \text{ kN}.$$

Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der SDÜ im geneigten BSH-Balken.
- Überprüfen Sie die Anordnung der SDÜ im senkrechten Zugstab.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel mit $k_{\text{mod}} = 0,90$.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit des senkrechten Zugstabs.

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Aufgabe 4 (35 Punkte)

Der nachstehend dargestellte BSH-Träger aus GL 24h mit einem Rechteckquerschnitt liegt auf zwei Gabelagern auf. An diesen Gabelagern ist nur die Verdrehung um die Balkenlängsachse (x-Achse) verhindert, ansonsten ist der Querschnitt frei drehbar gelagert.

Es wirken gleichzeitig Biegung und Druck aus folgenden Belastungen:

$q_{z,d} = 50 \text{ kN/m}$ am oberen Trägerrand angreifend

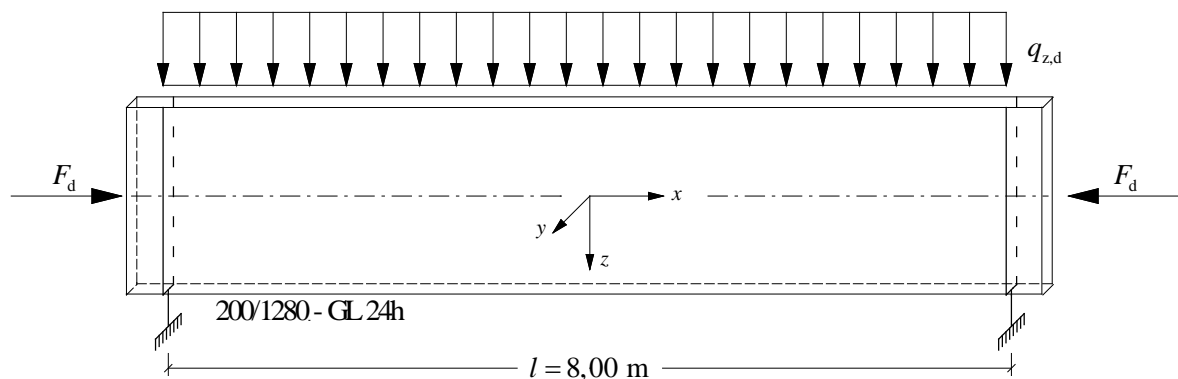
$F_d = 400 \text{ kN}$ zentrische Druckkraft

Die wahrscheinlichste Versagensart ist Knicken um die z-Achse bei gleichzeitigem Kippen

Führen Sie den Stabilitätsnachweis in folgenden Schritten:

- Bestimmung des Knickbeiwertes $k_{c,z}$
- Bestimmung des Kippbeiwertes k_m
- Stabilitätsnachweis

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Zeichnung 2

Aufgabe 1 $\sum 15$

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

$$f_{c,35,d} = 0,875 \cdot 4,56 = 3,99 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,55,d} = 0,875 \cdot 2,61 = 2,28 \text{ N/mm}^2$$

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

a) maximaler Bemessungswert der horizontalen Auflagerkraft H_d

$$\alpha = 35^\circ$$

$$A_{ef} = 220 \cdot (900 + 30 \cdot \sin 35^\circ) = 201.786 \text{ mm}^2$$

$$\max H_d = A_{ef} \cdot f_{c,\alpha,d} = 201.786 \cdot 3,99 = 805.126 \text{ N} = 805,1 \text{ kN}$$

b) maximaler Bemessungswert der vertikalen Auflagerkraft V_d

$$\alpha = 55^\circ$$

$$A_{ef} = 220 \cdot (632 + 30 \cdot \cos 35^\circ) = 144.446 \text{ mm}^2$$

$$\max V_d = A_{ef} \cdot f_{c,\alpha,d} = 144.446 \cdot 2,28 = 329.337 \text{ N} = 329,3 \text{ kN}$$

Aufgabe 2 $\sum 15$

Diese Aufgabe entfällt, da der Stoff in die Lehrveranstaltung Holzbau-III (MA) verlagert wurde.

Aufgabe 3 $\sum 35$

a) Überprüfung der Anordnung der SDü im geneigten BSH-Balken

	Vorschrift bei $\alpha = 80^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 12 \text{ mm}$	vorhanden [mm]
a_1	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 3,35 \cdot d$	40,2	41
a_2	$3 \cdot d$	36	59
$a_{3,t}$	---	---	---
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	$\max \{ (2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d \} = 3,97 \cdot d$	47,6	144
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	36	79

b) Überprüfung der SDü-Anordnung im senkrechten Zugstab

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 12 \text{ mm}$	vorhanden [mm]
a_1	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	60	60
a_2	$3 \cdot d$	36	40
$a_{3,t}$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	84	90
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	---	---	---
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	36	40

c) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,42 \text{ N/mm}^2$$

$\alpha = 80^\circ$ im geneigten BSH-Balken, gleiche Rohdichten GL24h und C30

$$t_{\text{req}} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 57 = 54,7 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$$

$$t_{\text{req}} = (1/1,042) \cdot 1,0 \cdot 66 = 63,3 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} = 1,125 \cdot 1,042 \cdot 1,0 \cdot 4,08 = 4,78 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{78.000}{24} = 3.250 \text{ N} = 3,25 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM in Lastrichtung

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{3,25}{4,78} = 0,68 < 1,0$$

Tragfähigkeitsnachweis für die Kraftkomponente in Faserrichtung des geneigten Balkens

$$\alpha = 80^\circ: n = 3 \rightarrow (n_{\text{ef}}/n) = 0,967$$

$$\frac{F_{v,Ed} \cdot \cos \alpha}{(n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{3,25 \cdot \cos 80^\circ}{0,967 \cdot 4,78} = 0,12 < 1$$

Tragfähigkeitsnachweis für die Kraftkomponente in Faserrichtung des senkrechten Zugstabs

$$\alpha = 0^\circ: n = 4 \rightarrow n_{\text{ef}}/n = 0,686$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{(n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{3,25}{0,686 \cdot 4,78} = 0,99 < 1,0$$

d) Nachweis der Tragfähigkeit des senkrechten Zugstabs

$$(\max\{b; h\} > 150 \text{ mm}) \rightarrow k_h = 1,0 \rightarrow f_{t,0,d} = 1,0 \cdot 1,125 \cdot 11,1 = 12,5 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = 2 \cdot 80 \cdot (160 - 3 \cdot 12) = 19.840 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{78.000}{19.840} = 3,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{3,93}{0,4 \cdot 12,5} = 0,79 < 1$$

Aufgabe 4 $\sum 35$

$$(h > 600 \text{ mm}) \rightarrow f_{m,d} = 1,0 \cdot 1,125 \cdot 14,8 = 16,7 \text{ N/mm}^2$$

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

a) Bestimmung des Knickbeiwertes $k_{c,z}$

$$l_{ef,z} = \beta \cdot s_z = 1,0 \cdot 8.000 = 8.000 \text{ mm}$$

$$i_z = 0,289 \cdot 200 = 57,7$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{8.000}{57,7} = 138,6$$

$$k_{c,z} = 0,192$$

b) Bestimmung des Kippbeiwertes k_{crit}

$$a_1 = 1,13 \quad a_2 = 1,44 \quad a_z = +1.280/2 = 640 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot 2 \right]} = \frac{8.000}{1,13 \cdot \left[1 - 1,44 \cdot \frac{+640}{8.000} \cdot 2 \right]} = \frac{8.000}{0,870} = 9.199 \text{ mm}$$

$$\kappa_m = 0,0521$$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2}} = 0,0521 \cdot \sqrt{\frac{9.199 \cdot 1.280}{200^2}} = 0,894$$

$$k_{crit} = 0,890$$

c) Stabilitätsnachweis

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A_n} = \frac{400.000}{200 \cdot 1.280} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,d} = \frac{q_{z,d} \cdot l^2}{8} = \frac{50 \cdot 8.000^2}{8} = 400 \cdot 10^6 \text{ kNm}$$

$$W_y = \frac{200 \cdot 1.280^2}{6} = 54,613 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{400 \cdot 10^6}{54,613 \cdot 10^6} = 7,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1$$

$$\frac{1,56}{0,192 \cdot 16,7} + \left(\frac{7,32}{0,890 \cdot 16,7} \right)^2 = 0,487 + 0,493^2 = 0,73 < 1$$

Prüfung Holzbau I vom 11. 2. 2010 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

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

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

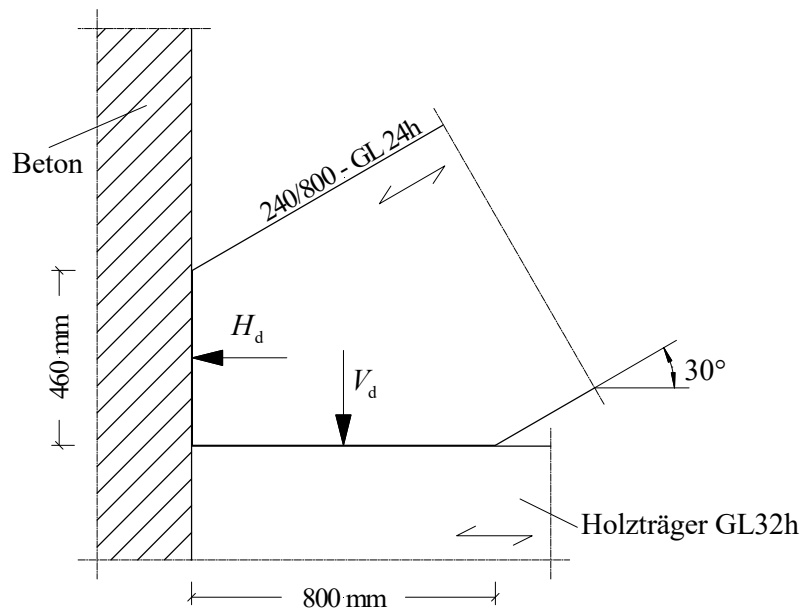
Aufgabe 1 (20 Punkte)

Ein unter 30° geneigter Fachwerkstab aus Brettschichtholz ist am Schnittpunkt einer senkrechten Betonwand und einem anderen horizontalen Brettschichtholzträger aufgelagert.

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

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

Nutzungsbedingungen: KLED mittel und NKL 1.

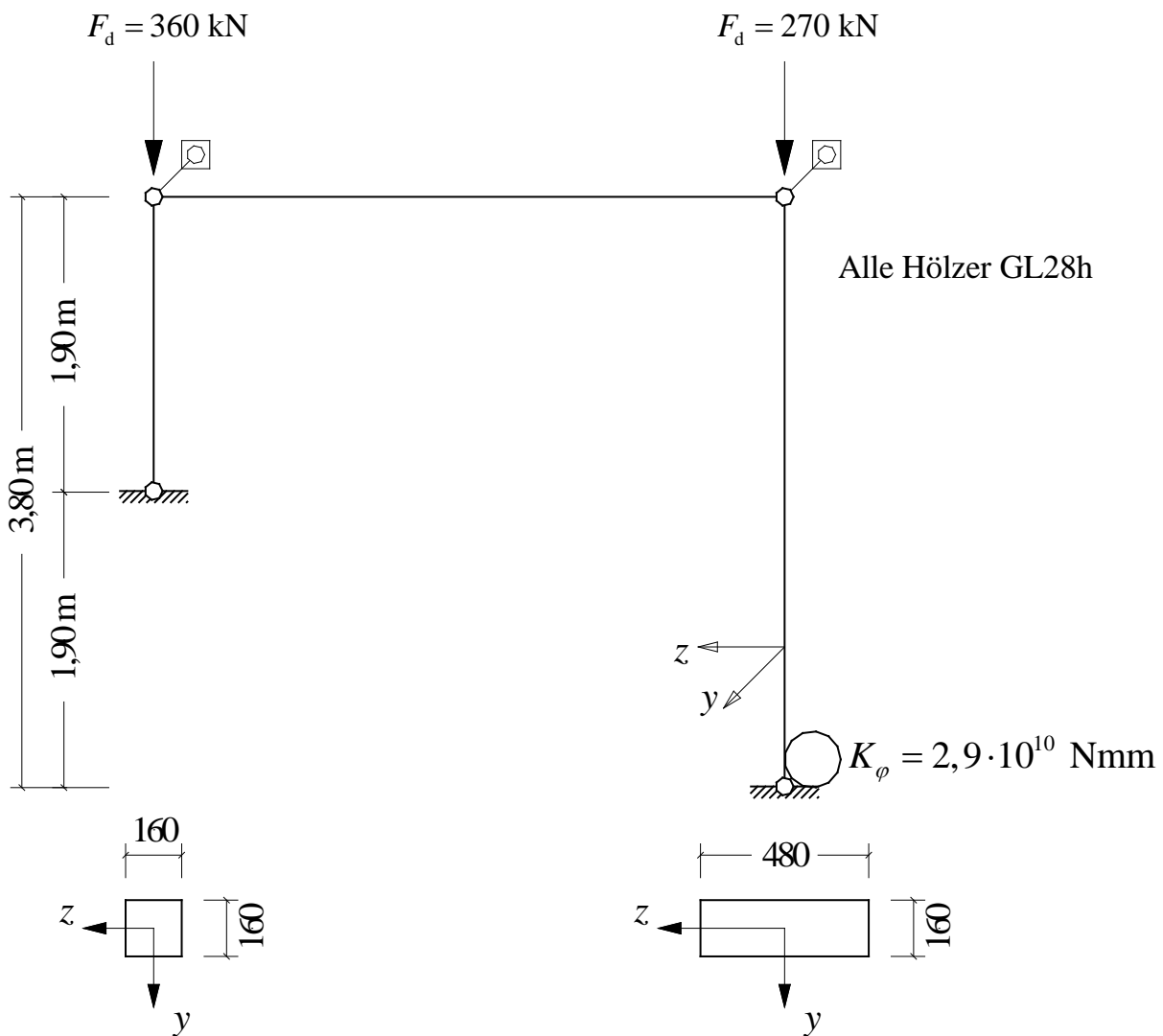


Aufgabe 2 (25 Punkte)

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

Nutzungsbedingungen: KLED lang und NKL 1.



Aufgabe 3 (35 Punkte)

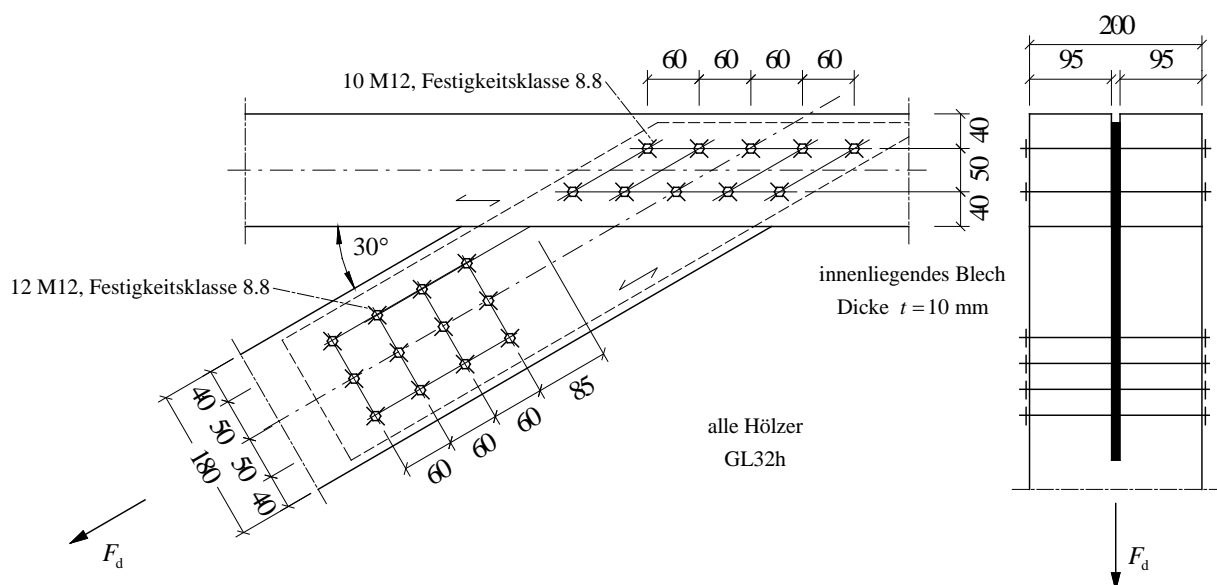
An einen einteiligen horizontalen Balken ist ein einteiliger geneigter Zugstab durch ein innenliegendes Stahlblech und Bolzen angeschlossen. Der Bemessungswert der Zugkraft beträgt:

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

Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit in folgenden Schritten:

- Überprüfen Sie die Anordnung der Bolzen im geneigten Zugstab.
- Überprüfen Sie die Anordnung der Bolzen im horizontalen Balken.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab unter Berücksichtigung der Zugtragfähigkeit.
- Führen sie den Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im horizontalen Balken unter Berücksichtigung der Zugtragfähigkeit.

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 Bolzen im geneigten Zugstab aus der Aufgabe 3, die am nächsten bei der Anschlussstelle liegen, sind zusätzlich auf Herausziehen belastet. Berechnen Sie den Bemessungswert der Zugkraft $F_{t,d}$, die diese drei Bolzen zusammen aufnehmen müssen.

Aufgabe 1 $\sum 20$

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

a) maximaler Bemessungswert der horizontalen Auflagerkraft H_d

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\text{GL 24h mit } k_{c,90} = 1,75 : f_{c,30,d} = 7,31 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{cf} = 240 \cdot (460 + 30 \cdot \sin 30^\circ) = 114.000 \text{ mm}^2$$

$$\max H_d = 114.000 \cdot 7,31 = 833.340 \text{ N} = 833,3 \text{ kN}$$

b) maximaler Bemessungswert der vertikalen Auflagerkraft V_d

-aus Druckspannungsnachweis an Fachwerkstab GL24h mit

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\text{GL 24h mit } k_{c,90} = 1,0 : f_{c,60,d} = 2,14 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{cf} = 240 \cdot (800 + 30 \cdot \sin 60^\circ) = 198.235 \text{ mm}^2$$

$$\max V_d = 198.235 \cdot 1,0 \cdot 2,14 = 424.223 \text{ N} = 424,3 \text{ kN}$$

-aus Druckspannungsnachweis an Holzträger GL32h

$$\alpha = 90^\circ$$

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

$$\text{GL 32h: } f_{c,90,d} = 2,03 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{cf} = 240 \cdot (800 + 30) = 199.200 \text{ mm}^2$$

$$\max V_d = 199.200 \cdot 3,55 = 707.160 \text{ N} = 707,2 \text{ kN}$$

$$\max V_d = 424,3 \text{ kN ist maßgeblich}$$

Aufgabe 2 $\sum 25$

$$f_{c,0,d} = 0,875 \cdot 16,3 = 14,3 \text{ N/mm}^2$$

a) Knicken des Systems durch Knicken des rechten Stiels um die y-Achse

$$A = 160 \cdot 480 = 76.800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{270.000}{76.800} = 3,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = \frac{h}{N} \cdot \sum \frac{N_i}{h_i} = \frac{3.800}{270.000} \cdot \frac{360.000}{1.900} = 2,667$$

$$I_y = \frac{160 \cdot 480^3}{12} = 1,475 \cdot 10^9$$

$$\frac{E_{0,\text{mean}}}{\gamma_M} = \frac{12.600}{1,3} = 9.690 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot (E_{0,\text{mean}}/\gamma_M) \cdot I}{h \cdot K_\varphi}\right) \cdot (1 + \alpha)} = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot 9.690 \cdot 1,475 \cdot 10^9}{3.800 \cdot 2,9 \cdot 10^{10}}\right) \cdot (1 + 2,667)} = 4,400$$

$$l_{\text{ef}} = \beta \cdot h = 4,400 \cdot 3.800 = 16.720 \text{ mm}$$

$$i_y = 0,289 \cdot 480 = 138,72 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{ef}}}{i_y} = \frac{16.720}{138,72} = 120,7$$

$$k_{c,y} = 0,247$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,52}{0,247 \cdot 14,3} = 0,997 < 1$$

b) Knicken der rechten Stütze

$$A = 160 \cdot 160 = 25.600 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{360.000}{25.600} = 14,1 \text{ N/mm}^2$$

$$i_y = i_z = 0,289 \cdot 160 = 46,2 \text{ mm}$$

$$l_{\text{ef,y}} = \beta \cdot s_y = 1,0 \cdot 1.900 = 1.900 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{ef,y}}}{i_y} = \frac{1.900}{46,2} = 41,1$$

$$k_{c,y} = 0,941$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{14,1}{0,941 \cdot 14,3} = 1,05 > 1 \rightarrow \text{unzulässig}$$

Aufgabe 3 $\sum 35$

a) Überprüfung der Anordnung der Bolzen im geneigten Zugstab

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 12$ mm	vorhanden [mm]
a_1	$(4 + \cos \alpha) \cdot d = 5 \cdot d$	60	60
a_2	$4 \cdot d$	48	50
$a_{3,t}$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	84	85
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	---	---	---
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	36	40

b) Überprüfung der Anordnung der Bolzen im horizontalen Balken

	Vorschrift bei $\alpha = 30^\circ$	mindestens [mm] bei $d = 12$ mm	vorhanden [mm]
a_1	$(4 + \cos \alpha) \cdot d = 4,87 \cdot d$	58,4	60
a_2	$4 \cdot d$	48	50
$a_{3,t}$	---	---	---
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\} = 3 \cdot d$	36	40
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	36	40

c) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab
 $\alpha = 0^\circ$

$$t_{\text{req}} = (1/1,108) \cdot 1,491 \cdot 69,4 = 93,4 \text{ mm} < 95 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} = 1,125 \cdot 1,108 \cdot 1,491 \cdot 6,48 = 12,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 1,25 \cdot 12,04 = 15,05 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM in Lastrichtung

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

$$\alpha = 0^\circ: n = 4 \rightarrow n_{\text{ef}} = 2,74$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{(n_{\text{ef}}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{8,75}{(2,74/4) \cdot 15,05} = 0,85 < 1,0$$

d) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im horizontalen Balken
 $\alpha = 30^\circ$

$$t_{\text{req}} = (1/1,108) \cdot 1,491 \cdot 73,9 = 99,4 \text{ mm} > 95 \text{ mm} \rightarrow F_{v,Rk,Joh} \text{ abmindern !}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} = 1,125 \cdot 1,108 \cdot 1,491 \cdot 6,09 \cdot (95/99,4) = 10,82 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = F_{v,Rd,Joh} + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot F_{ax,Rd} \\ k_{Joh} \cdot F_{v,Rd,Joh} \end{array} \right\} = 10,82 + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot 18,60 \\ 0,25 \cdot 10,82 \end{array} \right\} = 13,52 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM in Lastrichtung

$$F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{210.000}{5 \cdot 2 \cdot 2} = 10.500 \text{ N} = 10,5 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{10,5}{13,52} = 0,78 < 1$$

Tragfähigkeitsnachweis für eine Scherfläche eines VM für die Kraftkomponente in Faserrichtung

$$\frac{F_{v,Ed} \cdot \cos \alpha}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,0,Rd}} = \frac{10,5 \cdot \cos 30^\circ}{0,780 \cdot 13,52} = 0,86 \leq 1$$

Aufgabe 4 $\sum 20$

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

$$(\max \{b; h\} = 180 \text{ mm}) \rightarrow f_{t,0,d} = 1,1 \cdot 1,125 \cdot 13,8 = 17,1 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = 2 \cdot 95 \cdot [180 - 3 \cdot (12 + 1,0)] = 26.790 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{210.000}{26.790} = 7,84 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{7,84}{\frac{2}{3} \cdot 17,1} = 0,69 \leq 1$$

b) Zugkraft in den auf Herausziehen beanspruchten Bolzen

$$F_d = 0,5 \cdot 210 = 105 \text{ kN}$$

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

$$n = 4$$

$$a = 60 \text{ mm}$$

$$F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a} = \frac{105.000 \cdot 95}{2 \cdot 4 \cdot 60} = 20.781 \text{ N} = 20,8 \text{ kN}$$

Prüfung Holzbau I vom 14. 2. 2011 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

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

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte					/100

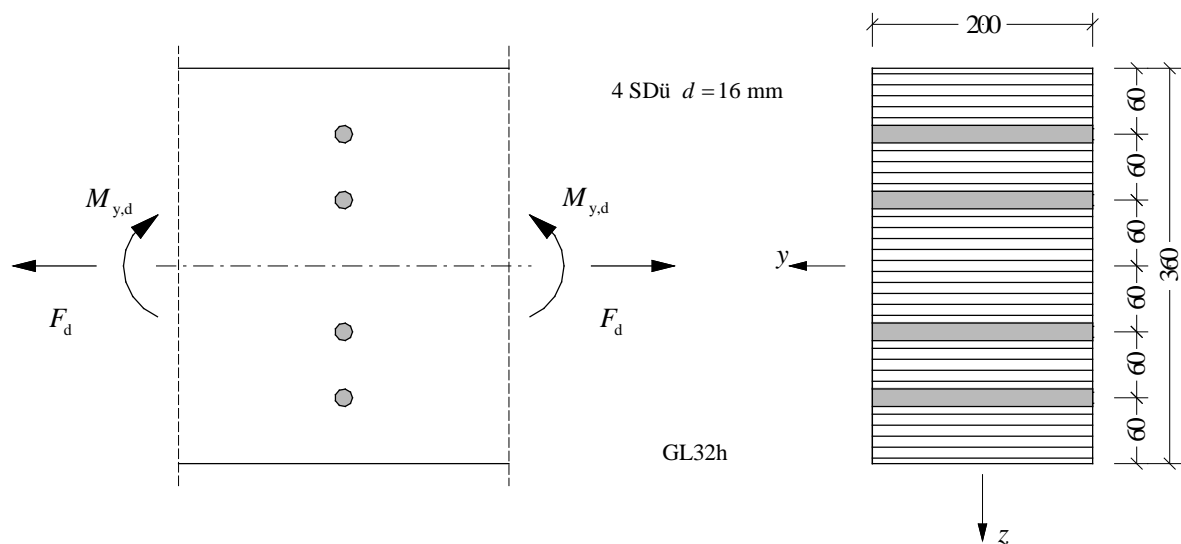
Aufgabe 1 (20 Punkte)

Ein Balken aus Brettschichtholz GL32h ist durch einachsige Biegung mit Zugkraft belastet.

Führen Sie den Nachweis der Tragsicherheit in folgenden Schritten

- Berechnung der Nettoquerschnittsfläche für Zugbelastung A_n
- Nachweis dass das Netto-Widerstandsmoment $W_{y,n}$ bezogen auf die Schwerlinie des ungeschwächten Querschnittes berechnet werden darf
- Berechnung des Netto-Widerstandsmomentes $W_{y,n}$
- Nachweis der Tragsicherheit für $F_d = 275 \text{ kN}$ und $M_{y,d} = 66,6 \text{ kNm}$

Nutzungsbedingungen: KLED kurz 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

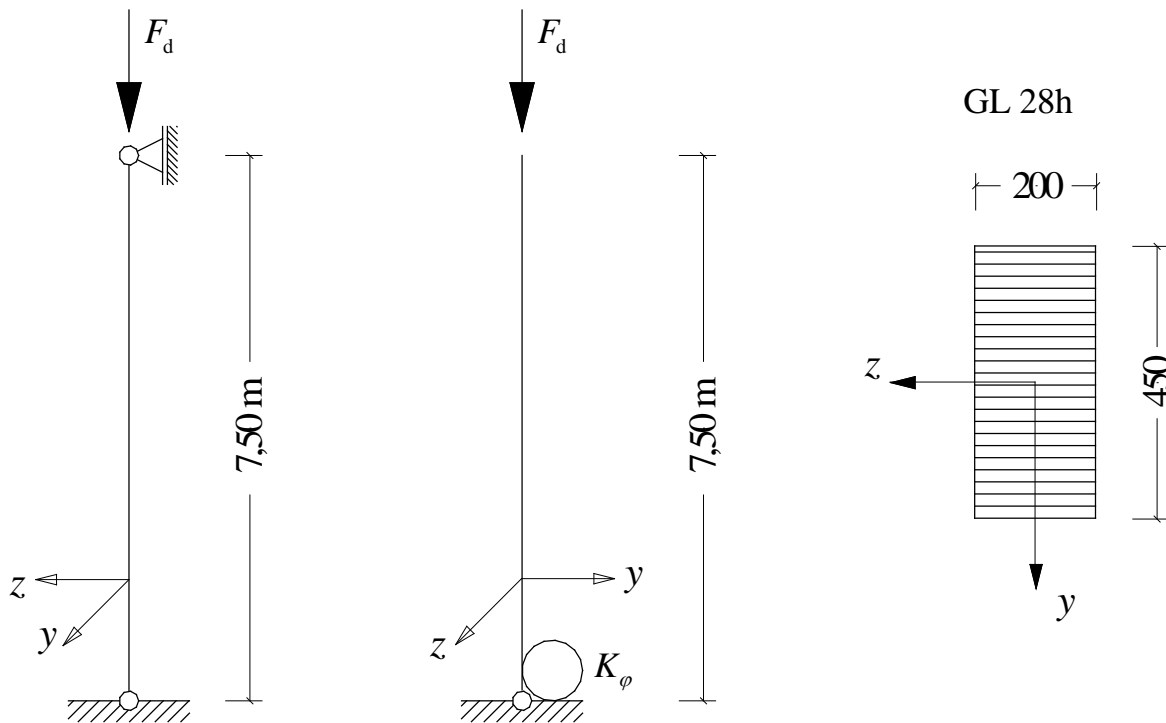
- für das Knicken der Stütze um die y-Achse (Ausweichen in z-Richtung)
- für das Knicken der Stütze um die z-Achse (Ausweichen in y-Richtung)

Belastung und Federsteifigkeit:

$$F_d = 310 \text{ kN}$$

$$K_\varphi = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ Nmm}$$

Nutzungsbedingungen: KLED mittel und NKL 1.



Aufgabe 3 (35 Punkte)

Die Zeichnung zu dieser Aufgabe befindet sich auf der folgenden Seite.

An einen einteiligen horizontalen Balken ist ein einteiliger geneigter Zugstab aus GL24h durch zwei außenliegende Sperrholzlasche F50/25 E70/25 und profilierte Nägel Tragfähigkeitsklasse 1A angeschlossen.

Der Bemessungswert der Zugkraft beträgt:

$$F_d = 170 \text{ kN} .$$

Führen Sie den Nachweis der Tragfähigkeit in folgenden Schritten:

- a) Überprüfen Sie die Anordnung der Nägel in den Sperrholzlaschen.
- b) Überprüfen Sie die Randabstände der Nägel im geneigten Zugstab (GL24h).
- c) Führen sie den Nachweis der Tragsicherheit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Nägel für Zugbeanspruchung. Der Außendurchmesser des Nagelkopfes ist $d_h = 12,0 \text{ mm}$. Zu beachten: die Zugtragfähigkeit profilierter Nägel muss auf 70% abgemindert werden, wenn vorgebohrt wird.

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

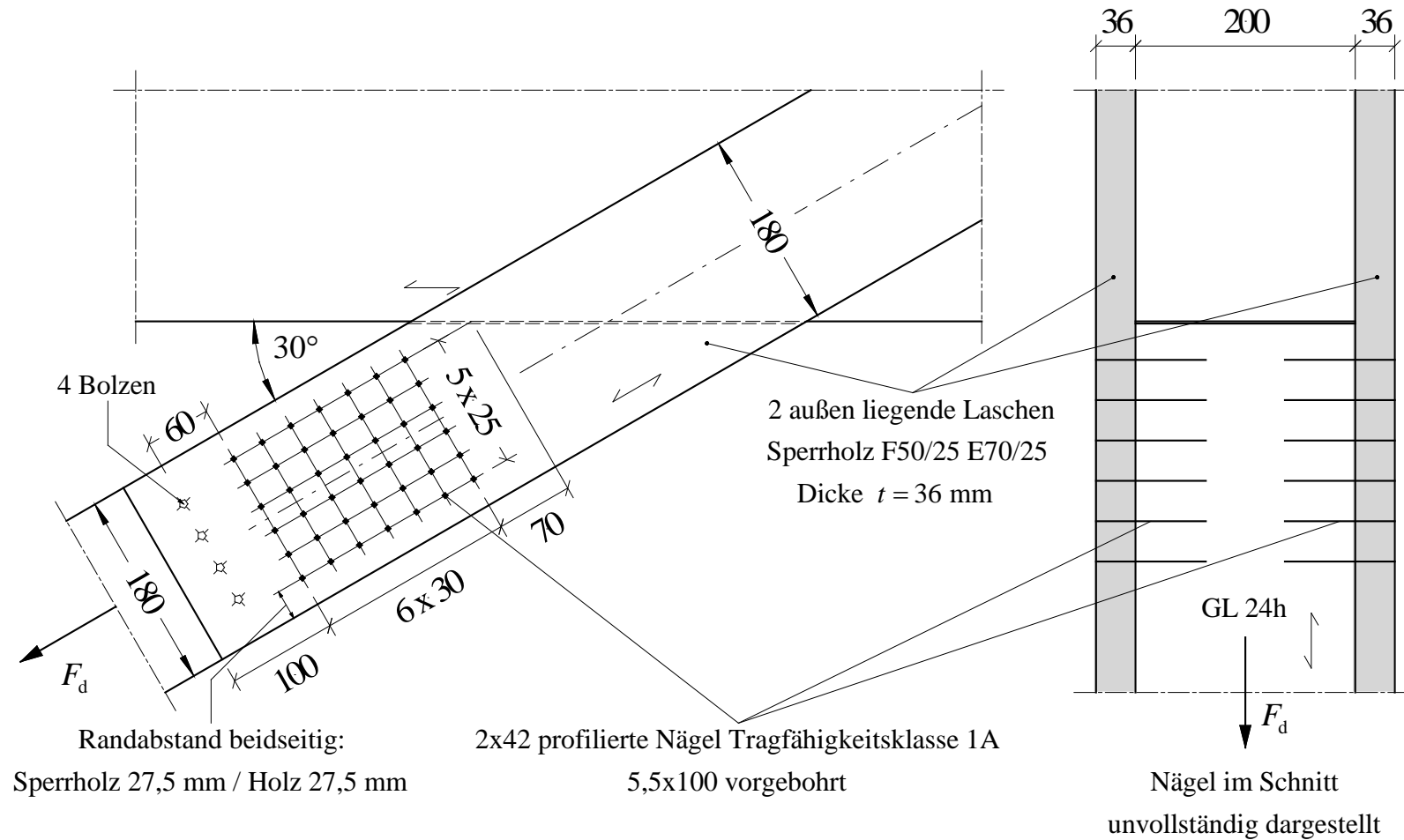
Aufgabe 4 (20 Punkte)

Die Zeichnung zu dieser Aufgabe befindet sich auf der folgenden Seite.

- a) Führen Sie den Tragsicherheitsnachweis der Zugspannungen für die Sperrholzlaschen aus der Aufgabe 3 für KLED kurz und NKL 1 unter Berücksichtigung der besonderen Regeln für Zugverbindungen.
- b) Da die Nägel vorgebohrt werden, sind die vier Bolzen am linken unteren Ende der Sperrholzlaschen aus der Aufgabe 3 auf Herausziehen belastet. Berechnen Sie den Bemessungswert der Zugkraft $F_{t,d}$, die diese vier Bolzen zusammen aufnehmen müssen.

Bemessungswert der Zugfestigkeit für Sperrholz F50/25 E70/25 für die gegebene Einbausituation für KLED kurz und NKL 1: $f_{t,0,d} = 24,9 \text{ N/mm}^2$

Zeichnung zu den Aufgaben 3 und 4



Aufgabe 1 $\sum 20$

$$h = \max \{b; h\} = 360 \text{ mm} \rightarrow k_{h,y} = k_{h,t} = 1,052$$

$$f_{t,0,d} = 1,052 \cdot 1,125 \cdot 13,8 = 16,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 1,052 \cdot 1,125 \cdot 19,7 = 23,3 \text{ N/mm}^2$$

a) Nettoquerschnittsfläche für Zugbelastung

$$A_n = 200 \cdot (360 - 4 \cdot 16) = 59.200 \text{ mm}^2 \quad \text{bei Zugbelastung liegen alle 4 Bohrungen in der Zugzone}$$

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

$$A = 200 \cdot 360 = 72.000 \text{ mm}^2$$

$$\Delta A = 2 \cdot 200 \cdot 16 = 6.400 \text{ mm}^2 \quad \text{bei Biegung liegen nur 2 Bohrungen in der Zugzone}$$

$\frac{\Delta A}{A} = \frac{6.400}{72.000} = 0,089 < 0,10 \rightarrow W_{y,n}$ darf für Schwerlinie des ungeschwächten Querschnitts berechnet werden

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

$$I_{y,n} = \underbrace{\frac{200 \cdot 360^3}{12}}_{I_{y,\text{brutto}}} - \underbrace{\left[2 \cdot \frac{200 \cdot 16^3}{12} + \underbrace{(60^2 + 120^2)}_{\text{Steineranteil}} \cdot 200 \cdot 16 \right]}_{I_{y,\text{Schwächung}}} = 777,6 \cdot 10^6 - \left(\underbrace{0,136 \cdot 10^6}_{\substack{\text{Anteil} \\ \text{vernachlässigbar}}} + \underbrace{57,6 \cdot 10^6}_{\text{Steineranteil}} \right) = 719,9 \cdot 10^6$$

$$W_{y,n} = \frac{I_{y,n}}{|z_{\text{Rand}}|} = \frac{I_{y,n}}{\frac{h}{2}} = \frac{719,9 \cdot 10^6}{180} = 3,999 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

d) Nachweis der Tragsicherheit

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_n} = \frac{275.000}{59.200} = 4,645 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{y,n}} = \frac{66,6 \cdot 10^6}{3,999 \cdot 10^6} = 16,65 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{4,645}{16,3} + \frac{16,65}{23,3} = 0,385 + 0,715 = 1,00 \leq 1$$

Aufgabe 2 $\sum 25$

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

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

$$\gamma_M = 1,3$$

$$A = 200 \cdot 450 = 90.000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{310.000}{90.000} = 3,44 \text{ N/mm}^2$$

a) Knicken der Stütze um die y-Achse

$$l_{\text{ef},y} = 7.500 \text{ mm}$$

$$i_y = \frac{200}{\sqrt{12}} = 57,7$$

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_y} = \frac{7.500}{57,7} = 129,9$$

$$k_{c,y} = 0,214$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,44}{0,214 \cdot 16,3} = 0,99 < 1$$

b) Knicken der Stütze um die z-Achse

$$I_z = \frac{200 \cdot 450^3}{12} = 1,519 \cdot 10^9$$

$$\beta = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot (E_{0,\text{mean}} / \gamma_M) \cdot I_z}{h \cdot K_\varphi}} = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot (12.600 / 1,3) \cdot 1,519 \cdot 10^9}{7.500 \cdot 2,5 \cdot 10^{10}}} = 2,185$$

$$l_{\text{ef},z} = \beta \cdot h = 2,185 \cdot 7.500 = 16.389 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{450}{\sqrt{12}} = 129,9$$

$$\lambda_z = \frac{l_{\text{ef},z}}{i_z} = \frac{16.389}{129,9} = 126,2 \rightarrow \text{Knicken um z ist nicht maßgeblich}$$

Aufgabe 3 $\sum 35$

a) Überprüfung der Anordnung der Nägel in den Sperrholzlaschen

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$ vorgebohrt, $d = 5,5$ mm	mindestens [mm] bei $d = 5,5$ mm	vorhanden [mm]
a_1	$0,85 \cdot (4 + \cos \alpha) \cdot d = 4,25 \cdot d$	27,5	30
a_2	$0,85 \cdot (3 + \sin \alpha) \cdot d \rightarrow 2,55 \cdot d$	14,3	25
$a_{3,t}$	$(3 + 4 \cdot \sin 90^\circ) \cdot d = 7 \cdot d$	38,5	100
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	---	---	---
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	16,5	27,5

b) Überprüfung der Randabstände der Nägel im geneigten Zugstab

	Vorschrift bei $\alpha = 0^\circ$ vorgebohrt, $d = 5,5$ mm	mindestens [mm] bei $d = 5,5$ mm	vorhanden [mm]
$a_{3,t}$	$(7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 12 \cdot d$	66	70
$a_{3,c}$	---	---	---
$a_{4,t}$	---	---	---
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$	16,5	27,5

c) Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im geneigten Zugstab

$$t_{\text{pen}} = 64 \text{ mm} > (8 \cdot d = 8 \cdot 5,5 = 44 \text{ mm}) \rightarrow \text{keine Abminderung der Tragfähigkeit}$$

$$f_{\text{ax,k}} = 30 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 30 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 4,332 \text{ N/mm}^2 \text{ in GL24h}$$

$$f_{\text{head,k}} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 500^2 = 15,0 \text{ N/mm}^2 \text{ in Sperrholz}$$

$$F_{\text{ax,Rk}} = 0,70 \cdot \min \left\{ \begin{array}{l} f_{\text{ax,k}} \cdot d \cdot t_{\text{pen}} \\ f_{\text{head,k}} \cdot d_h^2 \end{array} \right\} = 0,70 \cdot \min \left\{ \begin{array}{l} 4,332 \cdot 5,5 \cdot (100 - 36) \\ 15,0 \cdot 12^2 \end{array} \right\} = 0,70 \cdot \min \left\{ \begin{array}{l} 1.525 \\ 2.160 \end{array} \right\} = 1.067 \text{ N}$$

$$F_{\text{ax,Rd}} = 0,9 \cdot \frac{1.067}{1,3} = 739 \text{ N}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$1: \text{ Sperrholz } f_{h,1,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot 5,5) \cdot 600 = 62,37 \text{ N/mm}^2 (= f_{h,k})$$

$$2: \text{ GL24h } f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 5,5) \cdot 380 = 30,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{30,85}{62,37} = 0,495$$

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 5,5^{2,6} = 15.143 \text{ Nmm}$$

$$t_{1,\text{req}} = 6 \cdot d = 6 \cdot 5,5 = 33 \text{ mm} < 36 \text{ mm}$$

$$t_{2,\text{req}} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+0,495}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{15.143}{30,85 \cdot 5,5}} = 39,5 \text{ mm} < 64 \text{ mm}$$

$$F_{v,\text{Rk,Joh}} = 1,15 \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} = 1,15 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 15.143 \cdot 62,37 \cdot 5,5} = 2.965 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,Joh} = \frac{0,9 \cdot 2.965}{1,3} = 2.053 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rd,Joh} + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot F_{ax,Rd} \\ k_{Joh} \cdot F_{v,Rd,Joh} \end{array} \right\} = 2.053 + \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot 739 \\ 0,50 \cdot 2.053 \end{array} \right\} = 2.238 \text{ N}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{F_d}{n \cdot m \cdot p} = \frac{170.000}{2 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1} = 2.024 \text{ N}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{(n_{ef}/n) \cdot F_{v,Rd}} = \frac{2.024}{1,0 \cdot 2.238} = 0,90 < 1,0$$

Aufgabe 4 $\sum 20$

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

$$A_n = 2 \cdot (180 - 6 \cdot 5,5) \cdot 36 = 10.584 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{170.000}{1.584} = 16,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{\frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d}} = \frac{16,1}{\frac{2}{3} \cdot 24,9} = 0,97 < 1$$

b) gesamte Zugkraft in den auf Herausziehen beanspruchten Bolzen

$$F_d = 0,5 \cdot 170 = 85 \text{ kN}$$

$$t = 36 \text{ mm}$$

$$n = 7$$

$$a = 60 \text{ mm}$$

$$F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a} = \frac{85.000 \cdot 36}{2 \cdot 7 \cdot 60} = 3.643 \text{ N}$$