Prüfung Holzbau II vom 25. 6. 2013 (zu berechnen 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)

Die nachfolgend dargestellte doppelsymmetrische Befestigung eines Stützenfußes ist mit einem innen liegenden Stahlblech und Stabdübeln (SDü) ausgeführt. Die Schnittkräfte sind am Anschlussmittelpunkt C mit folgenden Werten gegeben:

$N_\mathrm{d} = 14{,}0\ \mathrm{kN}$ $\quad V_\mathrm{d} = 9{,}0\ \mathrm{kN}$ $\quad M_\mathrm{d} = 45{,}0\ \mathrm{kNm}$

Berechnen Sie folgende Werte für den Standsicherheitsnachweis

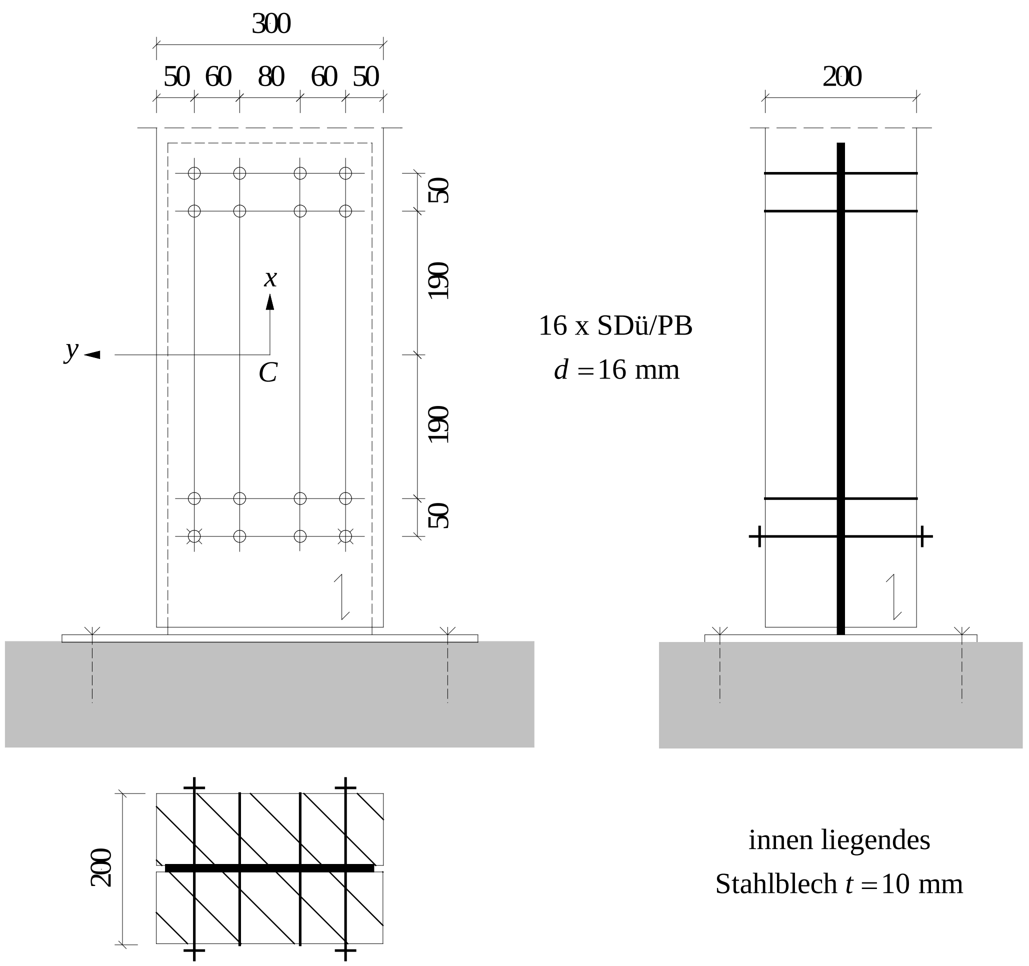
a) Maximale Belastung eines SDü mit 2 Scherfugen aus M_d jeweils in x- und y-Richtung

b) Maximale Belastung eines SDü mit 2 Scherfugen aus und N_d in x-Richtung V_d in y-Richtung

c) Resultierende maximale Belastung eines SDü mit 2 Scherfugen

d) Winkel zwischen der resultierenden maximalen Belastung eines SDü und der Faserrichtung

e) Ermittlung der Querkraft im Anschlussbereich



Aufgabe 2 (25 Punkte)

Das in der nachfolgenden Zeichnung dargestellte Tragwerk besteht aus zwei horizontalen Einfeldträgern, die durch eine vertikale Stütze gelenkig verbunden sind. Die Belastung ist wie folgt gegeben:

$F_{G,k} = 12{,}1\ \mathrm{kN}$ Ständige Last

$F_{Q,k} = 33{,}6\ \mathrm{kN}$ Veränderliche Last, Kategorie E: Lagerräume

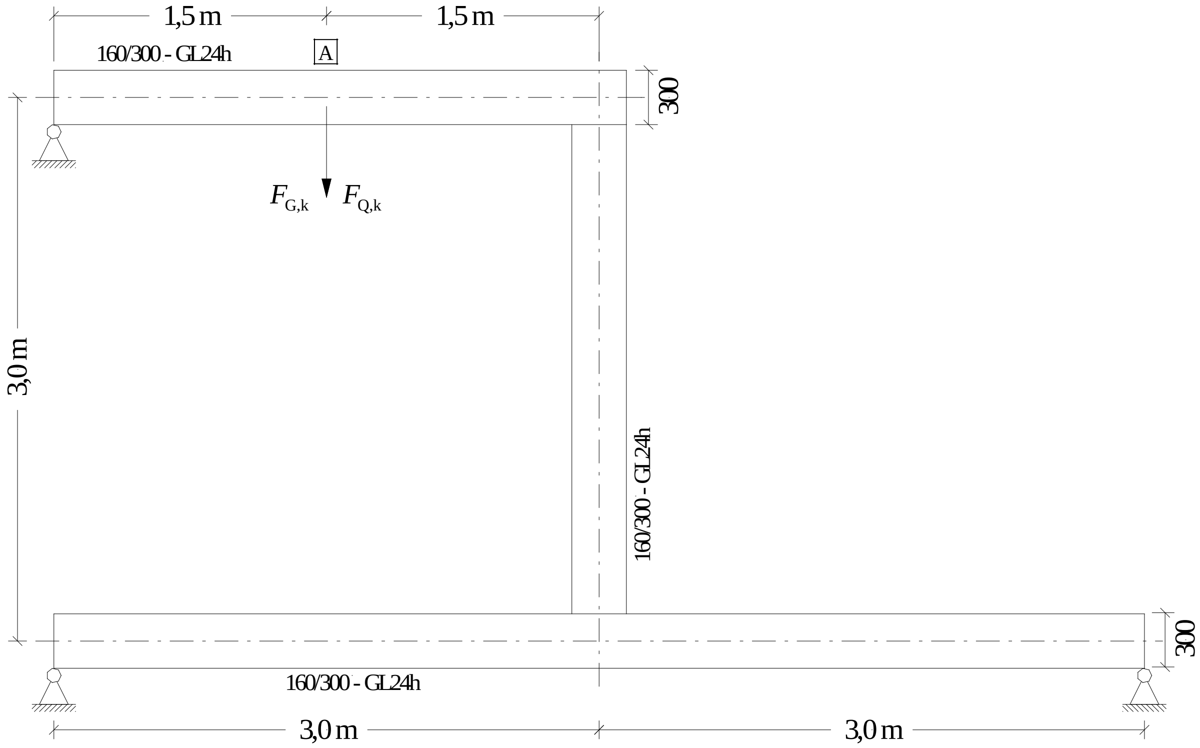
Zu berücksichtigen sind nur die Verformungsanteile aus Biegung.

Der obere Träger hat am Punkt $\boxed{A}$ eine Überhöhung: $w_c = 10{,}0\ \mathrm{mm}$.

a) Berechnen Sie die Werte der vertikalen Anfangsverschiebung des Punktes $\boxed{A}$ aus ständiger und veränderlicher Last nach dem Prinzip der virtuellen Kräfte (PvK).

b) Führen Sie den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für den Punkt $\boxed{A}$ mit einer Trägerlänge von 3,0 m.

Nutzungsbedingungen: NKL 1.



Aufgabe 3 (20 Punkte)

Die in der nachfolgenden Zeichnung dargestellte symmetrische Konstruktion ist durch eine Einzellast am Punkt $\boxed{A}$ belastet.

Die Anschlüsse der Hölzer an die Massivdecke oben sind jeweils mit einem innenliegenden Stahlblech und SDü ausgeführt.

Die Anschlüsse der Hölzer unten sind mit jeweils mit 2 außenliegenden Stahlblechen und 2 Gruppen profilierter Nägel ausgeführt.

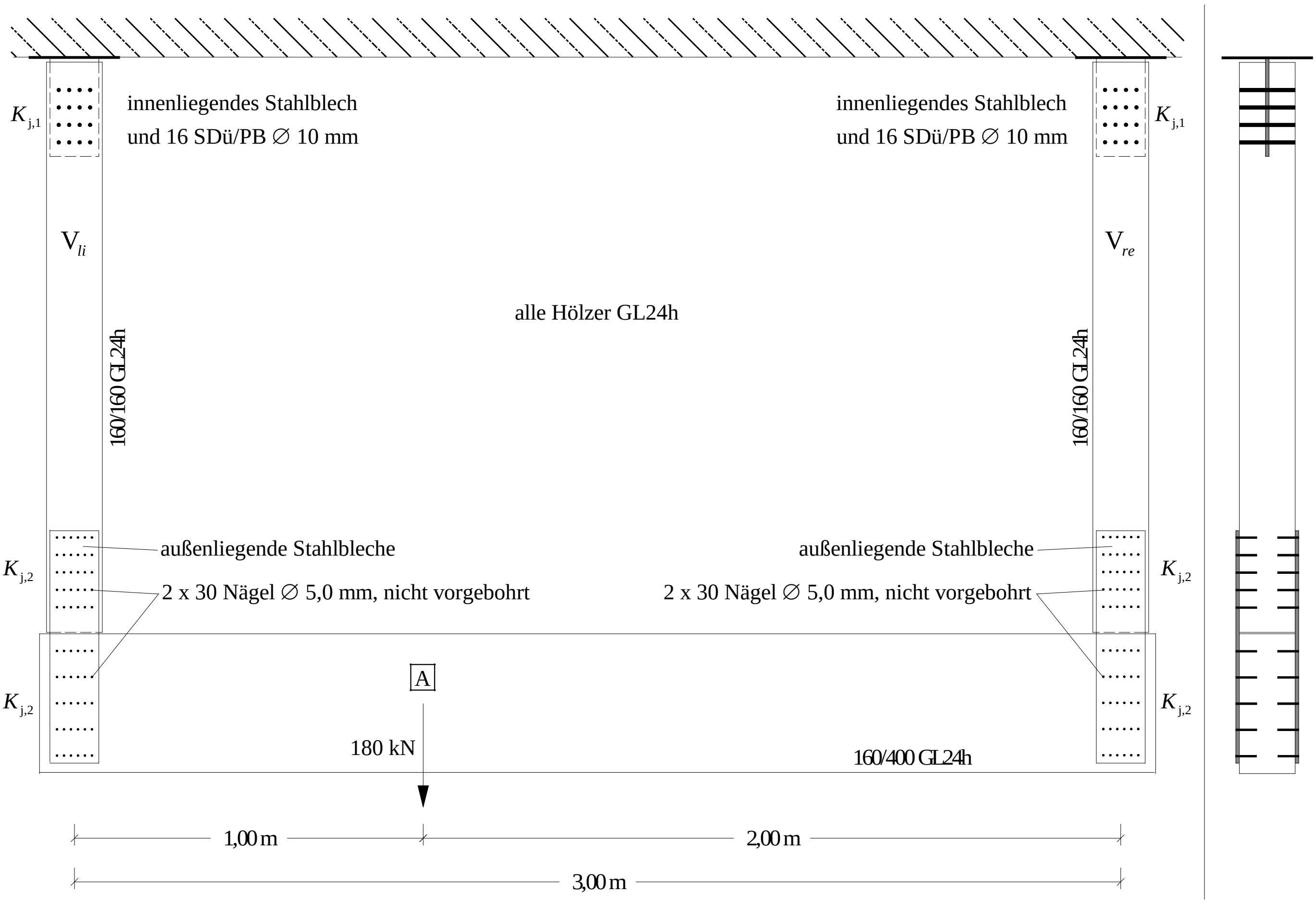
Es soll die vertikale Verschiebung am Punkt $\boxed{A}$ berechnet werden, hier nur der Anteil aus der Nachgiebigkeit der Verbindungen. Führen Sie Berechnung in folgenden Schritten durch:

a) Wegfedersteifigkeiten $K_{j,1}$ eines Stabdübel-Stahlblech-Anschlusses oben

b) Wegfedersteifigkeiten $K_{j,2}$ eines Nagel-Stahlblech-Anschlusses unten

c) vertikale Anfangsverschiebung w_v am Punkt $\boxed{A}$

Nutzungsbedingungen: NKL 1.



Aufgabe 4 (30 Punkte)

Eine beidseitig gelenkig gelagerte und planmäßig mittig belastete Kreuzstütze hat den in der nachfolgenden Zeichnung dargestellten doppeltsymmetrischen Querschnitt. Es handelt sich um eine Kombination aus Nadelvollholz und Brettschichtholz.

Der Bemessungswert der Druckkraft beträgt: $F_{\text{d}} = 1.250 \text{ kN}$

Führen Sie den Nachweis der Standsicherheit im Anfangszustand in folgenden Schritten:

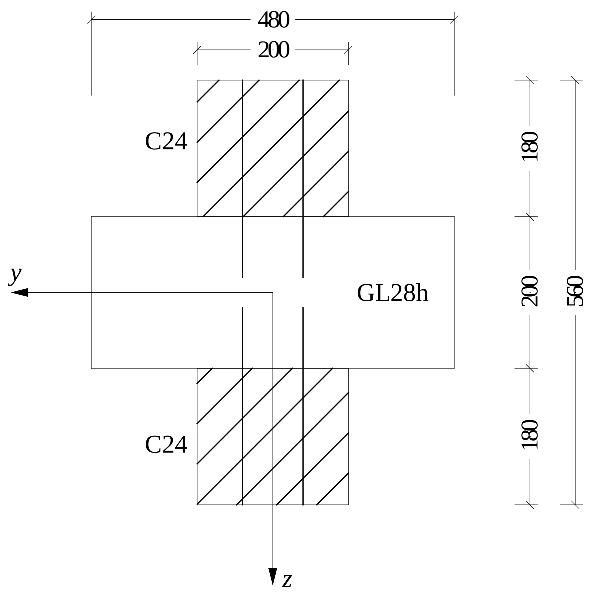
a) Berechnung der Längssteifigkeit des Gesamtquerschnitts $(EA)_{\text{tot}}$

b) Berechnung der Spannungen $\sigma_{\text{i,c,d}}$ in den Querschnittsteilen

c) Knicknachweis für die nachgiebige Achse (Knicken um die y-Achse) für die jeweiligen Querschnittsteile

d) Standsicherheitsnachweis der Verbindungsmittel für den Bemessungswert der Tragfähigkeit einer Scherfuge $F_{\text{v,Rd}} = 2.700 \text{ N}$

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Stützenlänge $l = 7{,}50$ m

Verbindungsmittel:

vorgebohrte Nägel $d = 7{,}0$ mm

zweireihig, Abstand in Längsrichtung $s = 50$ mm

Folgende Werte sind gegeben im Anfangszustand:

	C24	GL28h
E-Modul	$E_1 = 11.000 \text{ N/mm}^2$	$E_2 = 12.600 \text{N/mm}^2$
Verschiebungsmodul	$K_1 = \frac{2}{3} \cdot 2.244 \cong 1.500 \text{ N/mm}$	
Querschnittsflächen (für 1 Querschnitt)	$A_1 = 200 \cdot 180 = 36.000 \text{ mm}^2$	$A_2 = 480 \cdot 200 = 96.000 \text{ mm}^2$
Trägheitsmomente (für 1 Querschnitt)	$I_{1,y} = \frac{200 \cdot 180^3}{12} = 97{,}2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$I_{2,y} = \frac{480 \cdot 200^3}{12} = 320 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
Bemessungswerte Festigkeit	$f_{\text{c,0,d}} = 14{,}5 \text{ N/mm}^2$	$f_{\text{c,0,d}} = 18{,}3 \text{ N/mm}^2$

Lösung der Prüfung Holzbau II vom 25.6.2013 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

Aufgabe 1 $\sum 25$

a) Maximale Belastung eines SDü mit 2 Scherfugen aus M_d jeweils in x- und y-Richtung

2 $$\sum x_i^2 + \sum y_i^2 = 2 \cdot 4 \cdot \left(190^2 + 240^2\right) + 2 \cdot 4 \cdot \left(40^2 + 100^2\right) = 842{,}4 \cdot 10^3 \ \mathrm{mm}^2$$

1 $$y_\mathrm{j} = 100 \ \mathrm{mm}$$

2 $$F_\mathrm{M,x} = \frac{M_\mathrm{d} \cdot y_\mathrm{j}}{\sum x_\mathrm{i}^2 + \sum y_\mathrm{i}^2} = \frac{45{,}0 \cdot 10^6 \cdot 100}{842{,}4 \cdot 10^3} = 5.342 \ \mathrm{N}$$

1 $$x_\mathrm{j} = 240 \ \mathrm{mm}$$

3 $$F_\mathrm{M,y} = \frac{M_\mathrm{d} \cdot x_\mathrm{j}}{\sum x_\mathrm{i}^2 + \sum y_\mathrm{i}^2} = \frac{45{,}0 \cdot 10^6 \cdot 240}{842{,}4 \cdot 10^3} = 12.821 \ \mathrm{N}$$

b) Maximale Belastung eines SDü mit 2 Scherfugen aus N_d in x-Richtung V_d in y-Richtung

2 $$F_\mathrm{N} = \frac{14.000}{16} = 875 \ \mathrm{N}$$

2 $$F_\mathrm{V} = \frac{9.000}{16} = 563 \ \mathrm{N}$$

c) Resultierende maximale Belastung eines SDü mit 2 Scherfugen

3 $$F = \sqrt{\left(F_\mathrm{M,x} + F_\mathrm{N}\right)^2 + \left(F_\mathrm{M,y} + F_\mathrm{V}\right)^2} = \sqrt{\left(5.342 + 875\right)^2 + \left(12.821 + 563\right)^2}$$
$$F = \sqrt{6.217^2 + 13.384^2} = 14.757 \ \mathrm{N}$$

d) Winkel zwischen der resultierenden maximalen Belastung eines SDü und der Faserrichtung

2 $$\alpha = \arctan \frac{F_\mathrm{M,y} + F_\mathrm{V}}{F_\mathrm{M,x} + F_\mathrm{N}} = \arctan \frac{13.348}{6.217} = \arctan\left(2{,}1470\right) = 65{,}1°$$

e) Ermittlung der Querkraft im Anschlussbereich

3 $$\sum \left|x_i\right| = 8 \cdot \left(190 + 240\right) = 3.440 \ \mathrm{m}$$

1 $$V_\mathrm{A,d} = \frac{\left|M_\mathrm{d}\right|}{2} \cdot \frac{\sum \left|x_i\right|}{\sum x_i^2 + \sum y_i^2} + \frac{\left|V_\mathrm{d}\right|}{2}$$

3 $$V_\mathrm{A,d} = \frac{45 \cdot 10^6}{2} \cdot \frac{3.440}{842{,}4 \cdot 10^3} + \frac{9.000}{2} = 96.380 \ \mathrm{N} = 96{,}4 \ \mathrm{kN}$$

Aufgabe 2 $\sum 25$

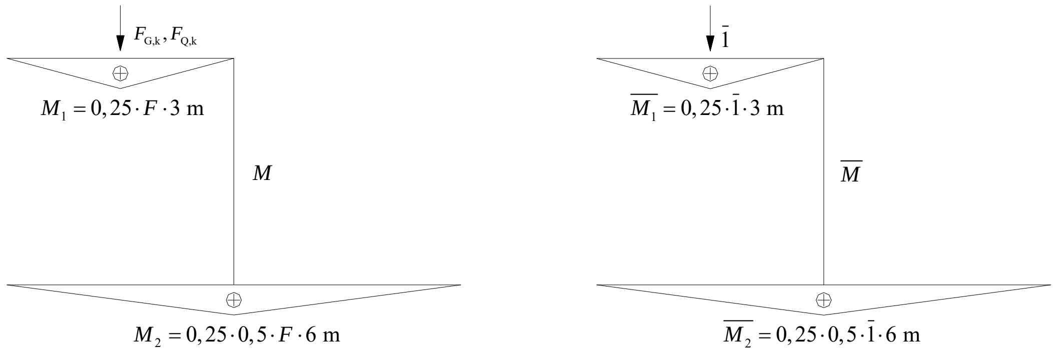
a) Anfangsverschiebung aus ständiger und veränderlicher Last nach PvK

1 $E_{0,\mathrm{mean}} = 11.600\ \mathrm{N/mm^2}$

2 $I = \dfrac{b \cdot h^3}{12} = \dfrac{160 \cdot 300^3}{12} = 360 \cdot 10^6\ \mathrm{mm^4}$

2 $k_{\mathrm{def}} = 0{,}6$

2 $\psi_{2,1} = 0{,}8$

4 

2 $M_1 = 0{,}25 \cdot F_{\mathrm{G,k}} \cdot 3{,}0\ \mathrm{m} = 0{,}25 \cdot 12.100 \cdot 3.000 = 9{,}075 \cdot 10^6\ \mathrm{Nmm} \quad M_2 = M_1$

2 $\overline{M_1} = 0{,}25 \cdot \bar{1} \cdot 3{,}0\ \mathrm{m} = 0{,}25 \cdot \bar{1} \cdot 3.000 = 0{,}75 \cdot 10^3\ \mathrm{mm} \qquad \overline{M_2} = \overline{M_1}$

2 $w_{\mathrm{inst,G}} = \dfrac{M_1 \cdot \overline{M_1}}{3 \cdot E_{0,\mathrm{mean}} \cdot I} \cdot 3.000 + \dfrac{M_2 \cdot \overline{M_2}}{3 \cdot E_{0,\mathrm{mean}} \cdot I} \cdot 6.000 = \dfrac{9{,}075 \cdot 10^6 \cdot 0{,}75 \cdot 10^3}{3 \cdot 11{,}6 \cdot 10^3 \cdot 360 \cdot 10^6} \cdot \left(3.000 + 6.000\right) = 4{,}9\ \mathrm{mm}$

Anfangsverschiebung aus veränderlicher Last

2 $w_{\mathrm{inst,Q,1}} = \dfrac{F_{\mathrm{Q,k}}}{F_{\mathrm{G,k}}} \cdot w_{\mathrm{inst,G}} = \dfrac{33{,}6}{12{,}1} \cdot 4{,}9 = 13{,}6\ \mathrm{mm}$

b) Gebrauchstauglichkeitsnachweis für Punkt A

2 $w_{\mathrm{inst}} = w_{\mathrm{inst,G}} + w_{\mathrm{inst,Q,1}} = 4{,}9 + 13{,}6 = 18{,}5\ \mathrm{mm} > \dfrac{l}{200} = 15\ \mathrm{mm} \rightarrow$ nicht eingehalten

$w_{\mathrm{fin}} = w_{\mathrm{inst}} + \left(w_{\mathrm{inst,G}} + \sum_{i=1}^{n} \psi_{2,\mathrm{i}} \cdot w_{\mathrm{inst,Q,i}} \right) \cdot k_{\mathrm{def}}$

2

$w_{\mathrm{fin}} = 18{,}5 + \left(4{,}9 + 0{,}8 \cdot 13{,}6\right) \cdot 0{,}6 = 28{,}0\ \mathrm{mm} > \dfrac{l}{150} = 20\ \mathrm{mm} \rightarrow$ nicht eingehalten

$w_{\mathrm{net,fin}} = \left(w_{\mathrm{inst,G}} + \sum_{i=1}^{n} \psi_{2,\mathrm{i}} \cdot w_{\mathrm{inst,Q,i}} \right) \cdot \left(1 + k_{\mathrm{def}}\right) - w_{\mathrm{c}}$

2

$w_{\mathrm{net,fin}} = \left(4{,}9 + 0{,}8 \cdot 13{,}6\right) \cdot \left(1 + 0{,}6\right) - 10{,}0 = 15\ \mathrm{mm} > \dfrac{l}{250} = 12\ \mathrm{mm} \rightarrow$ nicht eingehalten

Aufgabe 3 $\sum 20$

a) Wegfedersteifigkeit $K_{\mathrm{j,1}}$ eines Stabdübel-Stahlblech-Anschlusses oben

1 $K_{\mathrm{ser}} = \underbrace{2\cdot}_{\text{Stahlblech-Holz-Verbindung}} 3.221 = 6.442\ \mathrm{N/mm}$

2 $K_{\mathrm{j,1}} = n \cdot m \cdot K_{\mathrm{ser}} = 16 \cdot 2 \cdot 6.442 = 206.144\ \mathrm{N/mm}$

b) Wegfedersteifigkeit $K_{\mathrm{j,2}}$ eines Nagel-Stahlblech-Anschlusses unten

1 $K_{\mathrm{ser}} = \underbrace{2\cdot}_{\text{Stahlblech-Holz-Verbindung}} 895 = 1.790\ \mathrm{N/mm}$

2 $K_{\mathrm{j,2}} = n \cdot m \cdot K_{\mathrm{ser}} = 60 \cdot 1 \cdot 1.790 = 107.400\ \mathrm{N/mm}$

b) vertikale Anfangsverschiebung w_{v} am Punkt $\boxed{\mathrm{A}}$

2 $\mathrm{V}_{li} = \frac{2}{3} \cdot 180 = +120,0\ \mathrm{kN}$

2 $\mathrm{V}_{re} = \frac{1}{3} \cdot 180 = +60,0\ \mathrm{kN}$

2 $\overline{V_{li}} = \frac{2}{3} \cdot \overline{1} = +\frac{2}{3}$

2 $\overline{V_{re}} = \frac{1}{3} \cdot \overline{1} = +\frac{1}{3}$

3 $w_{\mathrm{v}} = \sum \frac{S_{\mathrm{k}} \cdot \overline{S}_{\mathrm{k}}}{K_{\mathrm{j}}} = \frac{V_{li} \cdot \overline{V_{li}}}{K_{\mathrm{j,1}}} + \frac{V_{re} \cdot \overline{V_{re}}}{K_{\mathrm{j,1}}} + 2 \cdot \frac{V_{li} \cdot \overline{V_{li}}}{K_{\mathrm{j,2}}} + 2 \cdot \frac{V_{re} \cdot \overline{V_{re}}}{K_{\mathrm{j,2}}}$

3 $w_{\mathrm{v}} = \frac{120 \cdot 10^3 \cdot \frac{2}{3} + 60 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3}}{206.144} + 2 \cdot \frac{120 \cdot 10^3 \cdot \frac{2}{3} + 60 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3}}{107.400}$

$w_{\mathrm{v}} = 0,49 + 1,86 = 2,35\ \mathrm{mm}$

Aufgabe 4 $\sum 30$

a) Längssteifigkeit des Gesamtquerschnitts $(EA)_{\text{tot}}$

2 $(EA)_{\text{tot}} = 2 \cdot E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2 = 2 \cdot 11.000 \cdot 36.000 + 12.600 \cdot 96.000 = 2{,}002 \cdot 10^9 \text{ N}$

b) Spannungen $\sigma_{\text{i,c,d}}$ in den Querschnittsteilen

2 $\sigma_{\text{1,c,d}} = \dfrac{F_{\text{d}} \cdot E_1}{(EA)_{\text{tot}}} = \dfrac{1{,}250 \cdot 10^6 \cdot 11.000}{2{,}002 \cdot 10^9} = 6{,}87 \text{ N/mm}^2$

2 $\sigma_{\text{2,c,d}} = \dfrac{F_{\text{d}} \cdot E_2}{(EA)_{\text{tot}}} = \dfrac{1{,}250 \cdot 10^6 \cdot 12.600}{2{,}002 \cdot 10^9} = 7{,}87 \text{ N/mm}^2$

c) Knicknachweis für die nachgiebige Achse (Knicken um die y-Achse)

2 $s_1 = 50/2 = 25 \text{ mm}$

2 $\gamma_1 = \dfrac{1}{1 + \dfrac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_1}{K_1 \cdot l^2}} = \dfrac{1}{1 + \dfrac{\pi^2 \cdot 11.000 \cdot 36.000 \cdot 25}{1.500 \cdot 7.500^2}} = 0{,}463$

1 $a_1 = \dfrac{h_1 + h_2}{2} = \dfrac{180 + 200}{2} = 190 \text{ mm}$

Effektive Schlankheit

2 $(E \cdot I)_{\text{y,ef}} = 2 \cdot E_1 \cdot \left(I_{\text{1,y}} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2\right) + E_2 \cdot I_{\text{2,y}}$

$(E \cdot I)_{\text{y,ef}} = 2 \cdot 11.000 \cdot \left(97{,}2 \cdot 10^6 + 0{,}463 \cdot 36.000 \cdot 190^2\right) + 12.600 \cdot 320 \cdot 10^6 = 19{,}42 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$

1 $i_{\text{y,ef}} = \sqrt{(EI)_{\text{y,ef}} / (EA)_{\text{tot}}} = \sqrt{19{,}42 \cdot 10^{12} / 2{,}002 \cdot 10^9} = 98{,}5 \text{ mm}$

1 $\lambda_{\text{y}} = \dfrac{l_{\text{y}}}{i_{\text{y,ef}}} = \dfrac{7.500}{98{,}5} = 76{,}1$

2 $k_{\text{1,c,y}} = 0{,}488$

2 $k_{\text{2,c,y}} = 0{,}574$

2 $\dfrac{\sigma_{\text{1,c,d}}}{k_{\text{1,c,y}} \cdot f_{\text{1,c,d}}} = \dfrac{6{,}87}{0{,}488 \cdot 14{,}5} = 0{,}97 < 1$

2 $\dfrac{\sigma_{\text{2,c,d}}}{k_{\text{2,c,y}} \cdot f_{\text{2,c,d}}} = \dfrac{7{,}87}{0{,}574 \cdot 18{,}3} = 0{,}75 < 1$

d) Standsicherheitsnachweis der Verbindungsmittel

2 $\lambda_{\text{ef}} \geq 60 \rightarrow V_{\text{d}} = F_{\text{c,d}} / (60 \cdot k_{\text{c}})$

2 $V_{\text{d}} = \dfrac{F_{\text{c,d}}}{60 \cdot k_{\text{c}}} = \dfrac{1{,}250 \cdot 10^6}{60 \cdot 0{,}488} = 42.690 \text{ N}$ angenommene Querkraft

2 $F_{\text{1,v,Ed}} = \dfrac{V_{\text{d}} \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_1}{(E \cdot I)_{\text{ef}}} = \dfrac{42.690 \cdot 0{,}463 \cdot 11.000 \cdot 36.000 \cdot 190 \cdot 25}{19{,}42 \cdot 10^{12}} = 1.915 \text{ N}$

1 $\dfrac{F_{\text{1,v,d}}}{F_{\text{v,Rd}}} = \dfrac{1.915}{2.700} = 0{,}71 < 1$

Prüfung Holzbau II vom 8. 7. 2014 (zu berechnen 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)

Der nachfolgend skizzierte einseitig eingeschnittene doppelte Versatz soll in folgenden Schritten entworfen und bemessen werden:

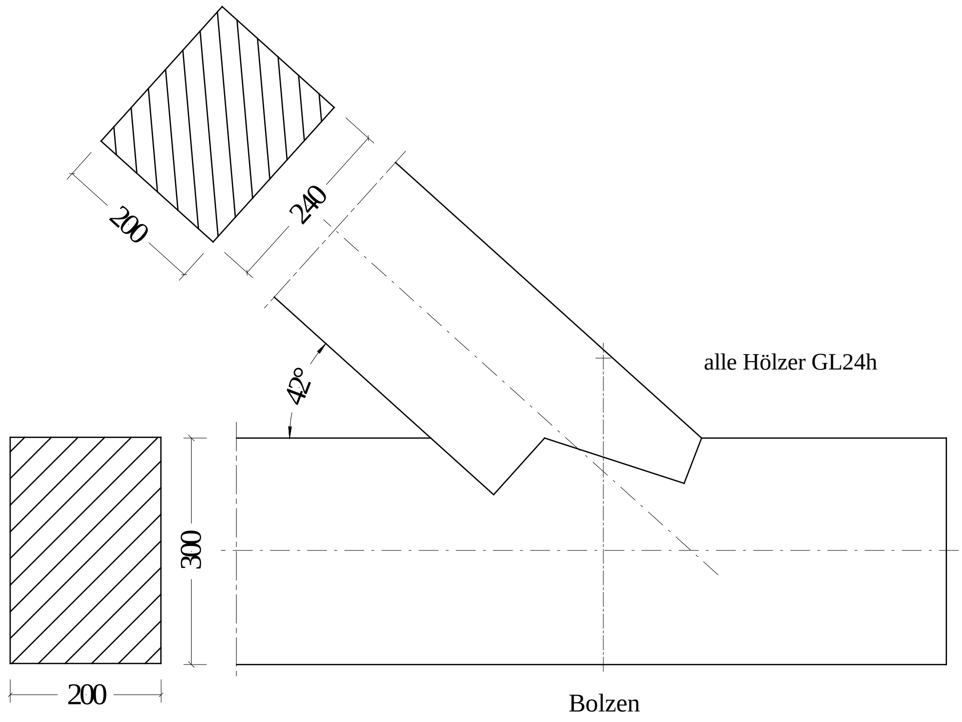
a) Bestimmung der maximalen Werte von t_{v2} und t_{v1}

b) Bestimmung des Bemessungswertes der maximal aufnehmbaren Stabkraft S_{Ed} für die unter a) berechneten Werte

c) Berechnung der erforderlichen Vorholzlängen l_{V1} und l_{V2} im Last aufnehmenden Holz für den unter b) berechneten Bemessungswert der maximal aufnehmbaren Stabkraft S_{Ed}

d) Überprüfung der erforderlichen Vorholzlängen l_{V1} und l_{V2} im Last aufnehmenden Holz für den unter b) berechneten Bemessungswert der maximal aufnehmbaren Stabkraft S_{Ed}

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Aufgabe 2 (25 Punkte)

Der in der nachfolgenden Zeichnung dargestellte Dreigelenkrahmen besteht aus vertikalen Stützen und einem horizontalen Träger, die alle den gleichen Querschnitt haben. Die Belastung ist wie folgt gegeben:

$F_{G,k} = 0{,}9 \text{ kN}$ Ständige Last

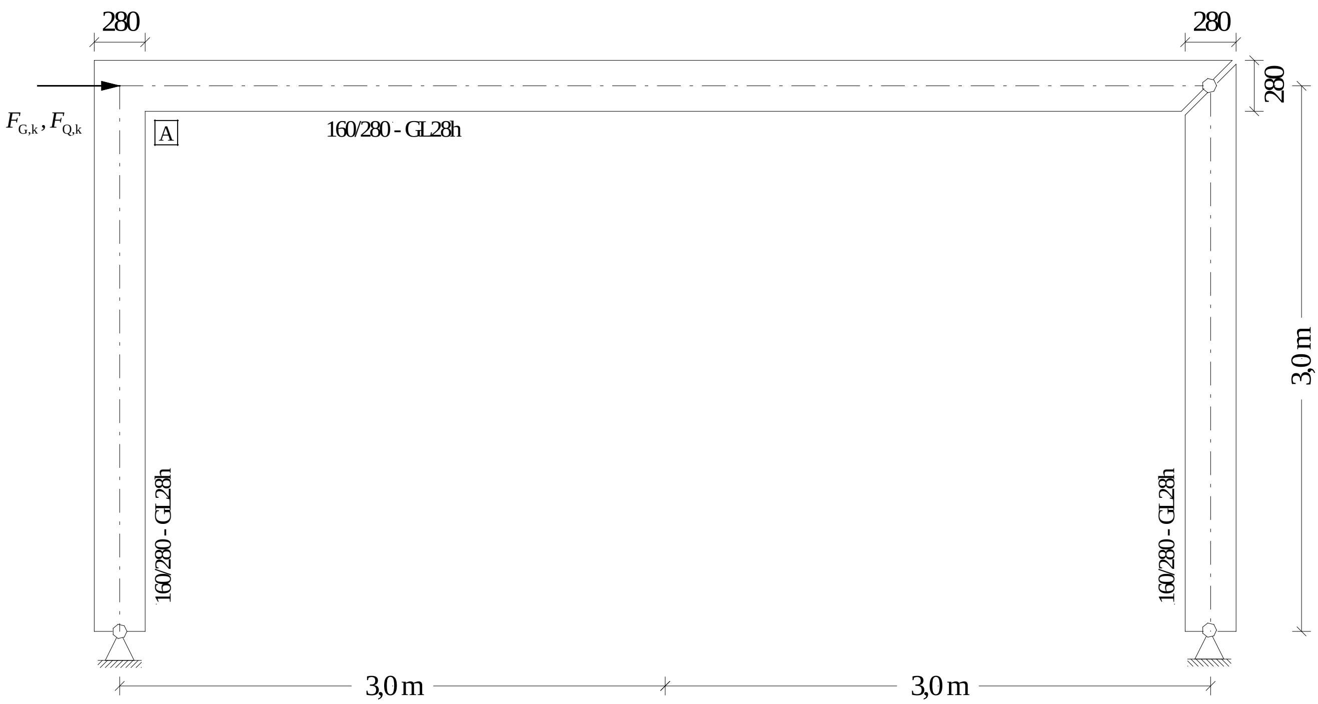
$F_{Q,k} = 1{,}7 \text{ kN}$ Veränderliche Last, Kategorie E: Lagerräume

Zu berechnen sind <u>nur</u> die Verformungsanteile aus <u>Biegung</u>. Der Träger hat keine Überhöhung.

a) Berechnen Sie die Werte der horizontalen Anfangsverschiebung der linken Rahmenecke Punkt $\boxed{\text{A}}$ aus ständiger und veränderlicher Last nach dem Prinzip der virtuellen Kräfte (PvK).

b) Führen Sie den Gebrauchstauglichkeitsnachweis für horizontale Verschiebung für den Punkt $\boxed{\text{A}}$. Die Bestimmung der maximal zulässigen Durchbiegungen soll für einen <u>Kragträger</u> mit der Länge $l = 3{,}0 \text{ m}$ erfolgen.

Nutzungsbedingungen: <u>NKL 1</u>.



Aufgabe 3 (15 Punkte)

Die in der nachfolgenden Zeichnung dargestellte Konstruktion ist durch eine Einzellast belastet.

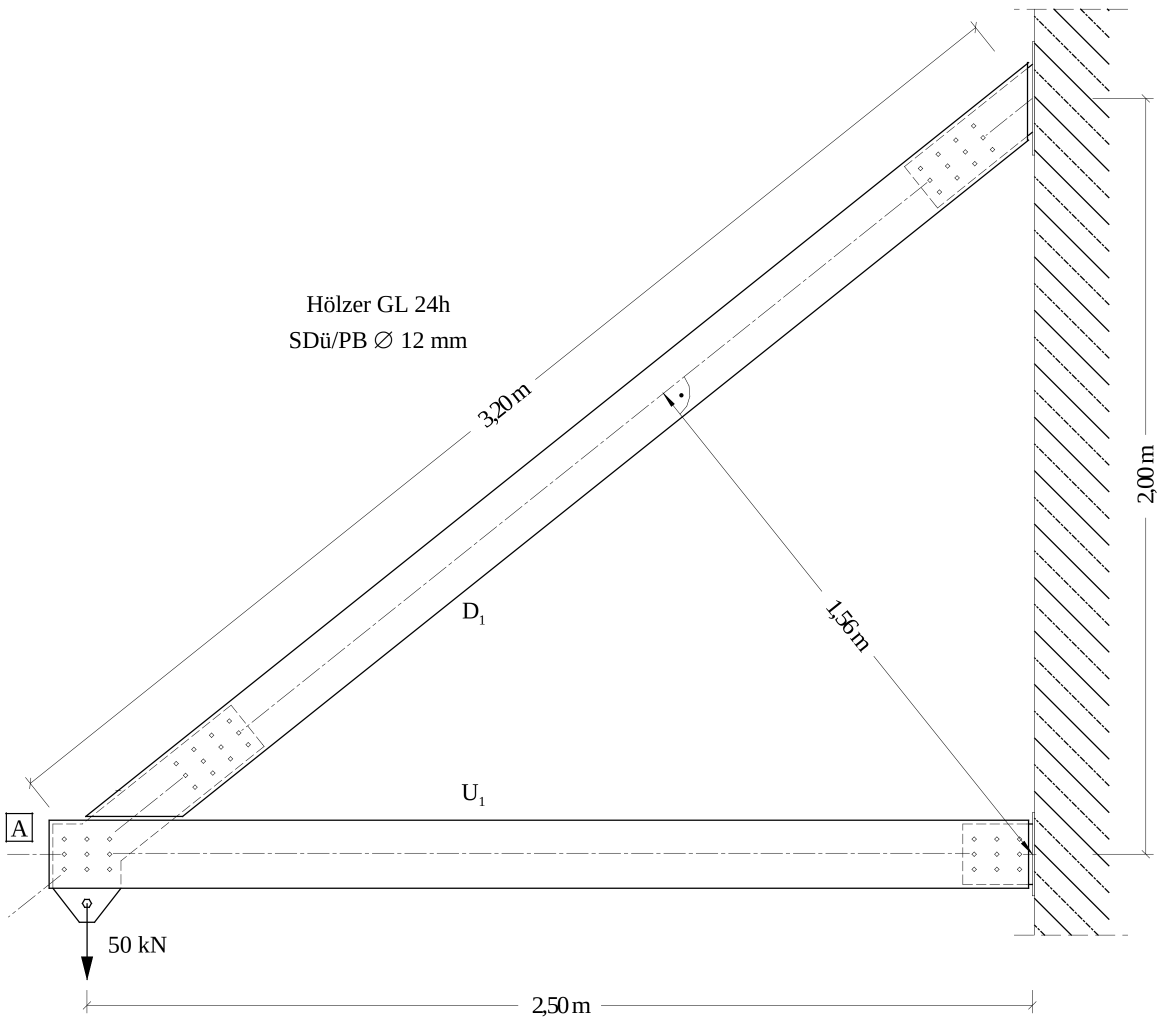
Alle Anschlüsse der Hölzer sind mit einem innenliegenden Blech und SDÜ/PB ausgeführt.

Es soll die vertikale Verschiebung am Punkt $\boxed{\text{A}}$ berechnet werden, hier nur der Anteil aus der Nachgiebigkeit der SDü/PB-Verbindungen. Führen Sie Berechnung in folgenden Schritten durch:

a) Wegfedersteifigkeiten K_j der einzelnen SDü/PB-Gruppen

b) vertikale Anfangsverschiebung w_v am Punkt $\boxed{\text{A}}$

Nutzungsbedingungen: NKL 1.



Aufgabe 4 (35 Punkte)

Ein Einfeldträger mit konstanter Streckenlast hat den in der nachfolgenden Zeichnung dargestellten Querschnitt. Der Träger ist gegen seitliches Ausweichen gesichert.

Die Bemessungswerte der Belastung betragen: $\max M_{y,d} = 4,063\ \mathrm{kNm}$ und $V_{max,d} = 3,25\ \mathrm{kN}$.

Führen Sie den Nachweis der Standsicherheit für den Anfangszustand in folgenden Schritten:

a) Berechnung der Biegesteifigkeit des Gesamtquerschnitts $(E \cdot I)_{ef}$.

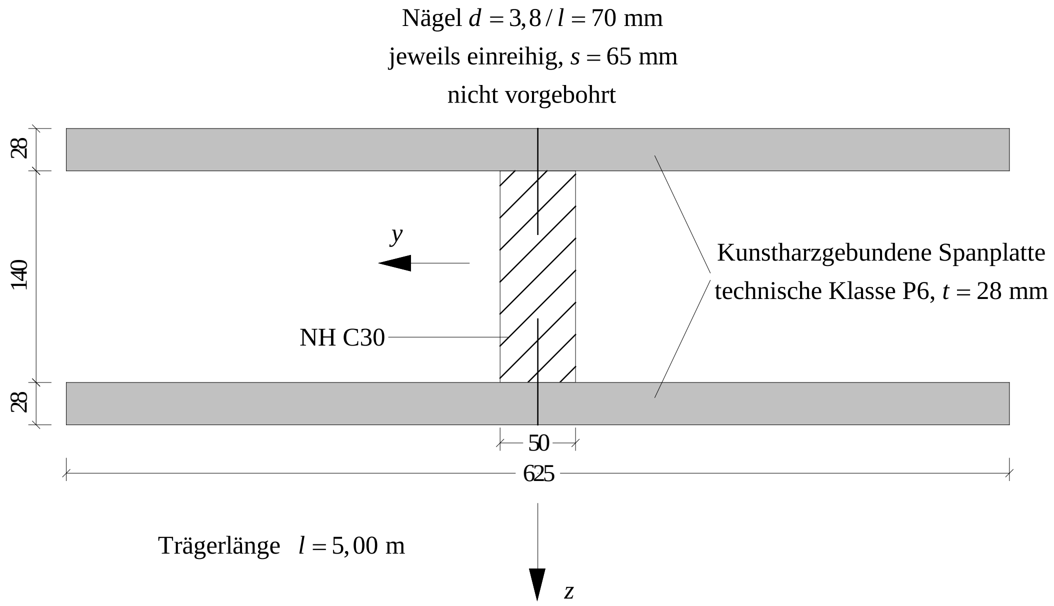
b) Ermittlung der Schwerpunktspannungen $\sigma_{i,d}$ der Querschnittsteile.

c) Ermittlung Biegespannungen $\sigma_{m,i,d}$ der Querschnittsteile.

d) Tragfähigkeitsnachweis der Querschnittsteile
Hinweis: der Träger ist gegen seitliches Ausweichen gesichert $(k_c = 1,0)$

e) Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel. Tragfähigkeit einer Scherfuge: $F_{v,Rd} = 770\ \mathrm{N}$

Nutzungsbedingungen: KLED kurz und NKL 1.



Folgende Werte sind gegeben:

	Spanplatte P6	NH C30
E-Modul	$E_1 = E_3 = 1.900\ \mathrm{N/mm^2}$	$E_2 = 12.000\ \mathrm{N/mm^2}$
Verschiebungsmodul	$K_1 = K_3 = \frac{2}{3} \cdot 948 = 632\ \mathrm{N/mm}$	
Querschnittsflächen	$A_1 = A_3 = 625 \cdot 28 = 17,5 \cdot 10^3\ \mathrm{mm^2}$ $\frac{A_1}{A_{1,n}} = \frac{A_3}{A_{3,n}} = 1$	$A_2 = 50 \cdot 140 = 7 \cdot 10^3\ \mathrm{mm^2}$ $\frac{A_2}{A_{2,n}} = 1$
Trägheitsmomente	$I_{1,y} = I_{3,y} = \frac{625 \cdot 28^3}{12} = 1,143 \cdot 10^6\ \mathrm{mm^4}$ $\frac{I_1}{I_{1,n}} = \frac{I_3}{I_{3,n}} = 1$	$I_{2,y} = \frac{50 \cdot 140^3}{12} = 11,433 \cdot 10^6\ \mathrm{mm^4}$ $\frac{I_2}{I_{2,n}} = 1$
Bemessungswerte der Festigkeit	$f_{c,0,d} = 8,0\ \mathrm{N/mm^2}$ $f_{t,0,d} = 5,4\ \mathrm{N/mm^2}$ $f_{m,d} = 8,2\ \mathrm{N/mm^2}$	$f_{c,0,d} = 16,0\ \mathrm{N/mm^2}$ $f_{t,0,d} = 12,5\ \mathrm{N/mm^2}$ $f_{m,d} = 20,8\ \mathrm{N/mm^2}$

Lösung der Prüfung Holzbau II vom 8.7.2014 (nach DIN EN 1995-1-1 und NA:2013-08)

Aufgabe 1 $\sum 25$

a) Bestimmung der maximalen Werte von t_{v2} und t_{v1}

2 $\gamma = 42° \rightarrow t_{v2} \leq h_G/4 \rightarrow t_{v2} = 75 \text{ mm}$

2 $t_{v1} \leq \min\begin{Bmatrix} 0{,}8 \cdot t_{v2} \\ t_{v2} - 10 \text{ mm} \end{Bmatrix} = \min\begin{Bmatrix} 0{,}8 \cdot 75 \\ 75 - 10 \text{ mm} \end{Bmatrix} = 60 \text{ mm}$

b) Bestimmung des Bemessungswertes der maximal aufnehmbaren Stabkraft S_d

2 $\alpha = \frac{\gamma}{2} = 21°$ $\quad f_{c,\alpha,d} = 1{,}125 \cdot \frac{8{,}40 + 7{,}88}{2} = 9{,}16 \text{ N/mm}^2$

3 $S_{1,Rd} = \frac{t_{v1} \cdot b \cdot f_{c,\alpha,d}}{\cos^2 \alpha} = \frac{60 \cdot 200 \cdot 9{,}16}{\cos^2 21°} = 126.117 \text{ N} = 126{,}1 \text{ kN}$

2 $\alpha = \gamma = 42°$ $\quad f_{c,d} = f_{c,\alpha,d} = 1{,}125 \cdot 4{,}88 = 5{,}49 \text{ N/mm}^2$

3 $S_{2,Rd} = \frac{t_{v2} \cdot b \cdot f_{c,d}}{\cos \alpha} = \frac{75 \cdot 200 \cdot 5{,}49}{\cos 42°} = 110.813 \text{ N} \simeq 110{,}8 \text{ kN}$

1 $\max S_{Ed} = S_{1,Rd} + S_{2,Rd} = 126{,}1 + 110{,}8 = 236{,}9 \text{ kN}$

c) Berechnung der erforderlichen Vorholzlängen l_{V1} und l_{V2}

3 $\text{erf } l_{v1} = \frac{S_{1,Rd} \cdot \cos\gamma}{b \cdot f_{v,d}} = \frac{126.100 \cdot \cos 42°}{200 \cdot 1{,}125 \cdot 1{,}54} = 270 \text{ mm}$

3 $\text{erf } l_{v2} = \frac{S_{Ed} \cdot \cos\gamma}{b \cdot f_{v,d}} = \frac{236.900 \cdot \cos 42°}{200 \cdot 1{,}125 \cdot 1{,}54} = 508 \text{ mm}$

d) Überprüfung der erforderlichen Vorholzlängen l_{V1} und l_{V2}

2 $\frac{\text{erf } l_{v1}}{8 \cdot t_{v1}} = \frac{270}{8 \cdot 60} = 0{,}56 \leq 1$

2 $\frac{\text{erf } l_{v2}}{8 \cdot t_{v2}} = \frac{508}{8 \cdot 75} = 0{,}85 < 1$

Aufgabe 2 $\sum 25$

a) Anfangsverschiebung aus ständiger und veränderlicher Last nach PvK

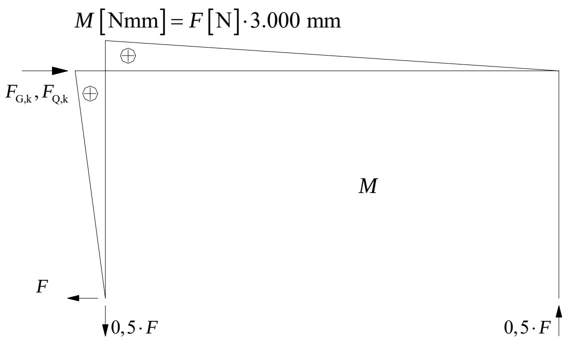
1 $E_{0,\text{mean}} = 12.600 \text{ N/mm}^2$

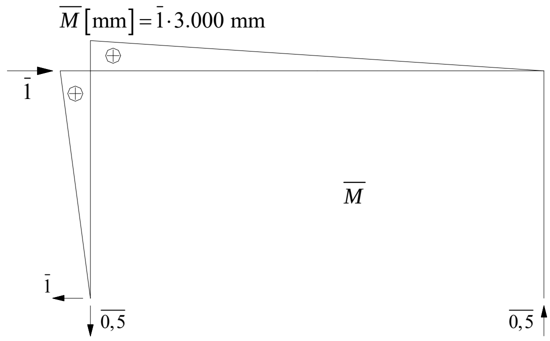
2 $I = \dfrac{b \cdot h^3}{12} = \dfrac{160 \cdot 280^3}{12} = 292,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

2 $k_{\text{def}} = 0,6$

2 $\psi_{2,1} = 0,8$

4





2 $M = 900 \cdot 3.000 = 2,7 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$

2 $\overline{M} = 3 \cdot 10^3 \text{ mm}$

2 $w_{\text{inst,G}} = \dfrac{M \cdot \overline{M}}{3 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I} \cdot (3.000 + 6.000) = \dfrac{2,7 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^3}{3 \cdot 12,6 \cdot 10^3 \cdot 292,7 \cdot 10^6} \cdot 9 \cdot 10^3 = 6,6 \text{ mm}$

Anfangsverschiebung aus veränderlicher Last

2 $w_{\text{inst,Q,1}} = \dfrac{w_{\text{inst,G}}}{F_{\text{G,k}}} \cdot F_{\text{Q,k}} = \dfrac{1,7}{0,9} \cdot 6,6 = 12,5 \text{ mm}$

b) Gebrauchstauglichkeitsnachweis für Punkt A

2 $w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,G}} + w_{\text{inst,Q,1}} = 6,6 + 12,5 = 19,1 \text{ mm} \leq \dfrac{l}{150} = 20 \text{ mm}$

2 $w_{\text{fin}} = w_{\text{inst}} + \left(w_{\text{inst,G}} + \sum_{i=1}^{n} \psi_{2,i} \cdot w_{\text{inst,Q,i}} \right) \cdot k_{\text{def}} = 19,1 + (6,6 + 0,8 \cdot 12,5) \cdot 0,6 = 29,1 \text{ mm} < \dfrac{l}{100} = 30 \text{ mm}$

$w_{\text{net,fin}} = \left(w_{\text{inst,G}} + \sum_{i=1}^{n} \psi_{2,i} \cdot w_{\text{inst,Q,i}} \right) \cdot (1 + k_{\text{def}}) - w_{\text{c}}$

2

$w_{\text{net,fin}} = (6,6 + 0,8 \cdot 12,5) \cdot (1 + 0,6) - 0 = 27 \text{ mm} > \dfrac{l}{150} = 20 \text{ mm} \rightarrow$ nicht erfüllt

Aufgabe 3 $\sum 15$

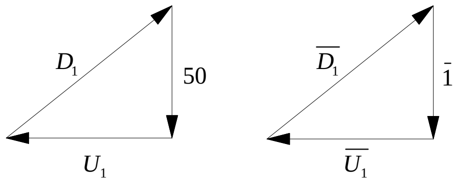
2 $K_{\text{ser}} = \underbrace{2\cdot}_{\text{Stahlblech-Holz-Verbindung}} 3.865 = 7.730\ \text{N/mm}$

a) Wegfedersteifigkeit K_{r} einzelnen SDü/PB-Gruppen

2 $\text{D}_1:\ K_{\text{j,2}} = n \cdot m \cdot K_{\text{ser}} = 12 \cdot 2 \cdot 7.730 = 185.520\ \text{N/mm}$

2 $\text{U}_1:\ K_{\text{j,1}} = n \cdot m \cdot K_{\text{ser}} = 9 \cdot 2 \cdot 7.730 = 139.140\ \text{N/mm}$

b) vertikale Anfangsverschiebung w_{v} am Punkt $\boxed{\text{A}}$



2 $\dfrac{|D_1|}{50} = \dfrac{3,20}{2,0} \rightarrow D_1 = +1,60 \cdot 50 = +80,0\ \text{kN}$

2 $\dfrac{|U_1|}{50} = \dfrac{2,50}{2,0} \rightarrow U_1 = -1,25 \cdot 50 = -62,5\ \text{kN}$

1 $\overline{D_1} = 1,60 \cdot \overline{1} = +1,60$

1 $\overline{U_1} = -1,25 \cdot \overline{1} = -1,25$

3 $w_{\text{v}} = \sum \dfrac{S_{\text{k}} \cdot \overline{S}_{\text{k}}}{K_{\text{j}}} = 2 \cdot \dfrac{80,0 \cdot 10^3 \cdot 1,60}{185.520} + 2 \cdot \dfrac{\left(-62,5 \cdot 10^3\right) \cdot \left(-1,25\right)}{139.140} = 1,380 + 1,123 = 2,503 \approx 2,5\ \text{mm}$

Aufgabe 4 $\sum 35$

a) Biegesteifigkeit des Gesamtquerschnitts $\left(E \cdot I\right)_{\text{ef}}$

2 $s_1 = 65 \text{ mm}$

3 $$\gamma_1 = \gamma_3 = \frac{1}{1+\dfrac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_1}{K_1 \cdot l^2}} = \frac{1}{1+\dfrac{\pi^2 \cdot 1.900 \cdot 17.500 \cdot 65}{632 \cdot 5.000^2}} = 0{,}426; \quad \gamma_2 = 1$$

2 $a_2 = 0$ symmetrisch bezüglich y-Achse

2 $$a_1 = a_3 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = \frac{140+28}{2} - 0 = 84 \text{ mm}$$

3 $$\left(E \cdot I\right)_{\text{ef}} = \sum_1^3 \left(E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2\right)$$
$$= 2 \cdot 1.900 \cdot \left(1{,}143 \cdot 10^6 + 0{,}426 \cdot 17.500 \cdot 84^2\right) + 12.000 \cdot \left(11{,}433 \cdot 10^6 + 1{,}0 \cdot 7.000 \cdot 0^2\right)$$
$$= 3{,}414 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

b) Ermittlung der Schwerpunktspannungen $\sigma_{\text{i,d}}$

2 $$\sigma_{\text{i,d}} = \frac{M_{\text{d}}}{\left(EI\right)_{\text{ef}}} \cdot E_i \cdot \gamma_i \cdot a_i \cdot \frac{A_i}{A_{\text{i,n}}}$$

2 $$\sigma_{\text{1,d}} = \sigma_{\text{3,d}} = \underbrace{\frac{4{,}063 \cdot 10^6}{3{,}414 \cdot 10^{11}} \cdot 1.900}_{0{,}02261} \cdot 0{,}426 \cdot 84 \cdot 1{,}0 = 0{,}809 \text{ N/mm}^2$$

2 $$\sigma_{\text{2,d}} = \underbrace{\frac{4{,}063 \cdot 10^6}{3{,}414 \cdot 10^{11}} \cdot 12.000}_{0{,}14280} \cdot 1 \cdot 0 \cdot 1{,}0 = 0{,}00 \text{ N/mm}^2$$

c) Ermittlung der Biegespannungen $\sigma_{\text{m,i,d}}$

2 $$\sigma_{\text{m,i,d}} = \frac{M_{\text{d}}}{\left(EI\right)_{\text{ef}}} \cdot E_i \cdot \frac{h_i}{2} \cdot \frac{I_i}{I_{\text{i,n}}}$$

2 $$\sigma_{\text{m,1,d}} = \sigma_{\text{m,3,d}} = 0{,}02261 \cdot \frac{28}{2} \cdot 1{,}0 = 0{,}317 \text{ N/mm}^2$$ | 2 $$\sigma_{\text{m,2,d}} = 0{,}14280 \cdot \frac{140}{2} \cdot 1{,}0 = 10{,}00 \text{ N/mm}^2$$

d) Tragfähigkeitsnachweis der Querschnittsteile

Querschnitt 1 - Druck+Biegung:

3 $$\left(\frac{\sigma_{\text{1,c,d}}}{f_{\text{c,0,d}}}\right)^2 + \frac{\sigma_{\text{m,1,d}}}{f_{\text{m,y,d}}} = \left(\frac{0{,}809}{8{,}0}\right)^2 + \frac{0{,}317}{8{,}2} = 0{,}05 \le 1 \text{ und } \frac{\sigma_{\text{1,c,d}}}{k_{\text{c,z}} \cdot f_{\text{c,0,d}}} = \frac{0{,}809}{1{,}0 \cdot 8{,}0} = 0{,}10 < 1$$

3 Querschnitt 2 – Biegung: $\dfrac{\sigma_{\text{m,2,d}}}{f_{\text{m,y,d}}} = \dfrac{10{,}0}{20{,}8} = 0{,}48 < 1$

3 Querschnitt 3 - Zug+Biegung: $\dfrac{\sigma_{\text{3,t,d}}}{f_{\text{t,0,d}}} + \dfrac{\sigma_{\text{m,3,d}}}{f_{\text{m,y,d}}} = \dfrac{0{,}809}{1{,}0 \cdot 5{,}4} + \dfrac{0{,}317}{8{,}2} = 0{,}19 < 1$

e) Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel

2 $$F_{\text{1,v,Ed}} = F_{\text{3,v,Ed}} = \frac{V_{\text{d}} \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_1}{\left(E \cdot I\right)_{\text{ef}}} = \frac{3.250 \cdot 0{,}426 \cdot 1.900 \cdot 17.500 \cdot 84 \cdot 65}{3{,}414 \cdot 10^{11}} = 736 \text{ N}$$

2 $$\frac{F_{\text{1,v,Ed}}}{F_{\text{v,Rd}}} = \frac{736}{770} = 0{,}96 < 1$$