

Name: _____
 Matr. Nr.: _____

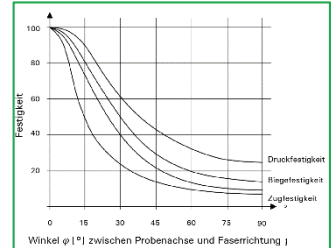
Schriftliche Prüfung aus TWL2

2015

FÜR DAS ERFOLGREICHE BESTEHEN DIESER PRÜFUNG MÜSSEN MINDESTENS 38 VON 75 PUNKTE ERREICHT WERDEN!
 BEARBEITUNGSZEIT: 75 MINUTEN.

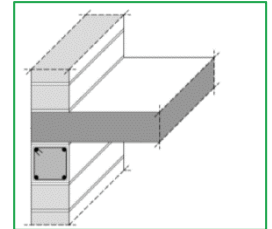
1) Wie hängen die Festigkeiten des Holzes vom Winkel zwischen Stabachse und Faserrichtung ab (Skizze)? **3 Punkte**

Nachdem das Holz ein anisotropes Material ist, hängen die Festigkeiten des Holzes sehr stark von Faserrichtung ab. Die Festigkeiten sind parallel zur Faser generell größer als quer dazu, die Festigkeit nimmt mit steigendem Winkel ab, der Zusammenhang zwischen Winkel und Festigkeit ist nicht linear.



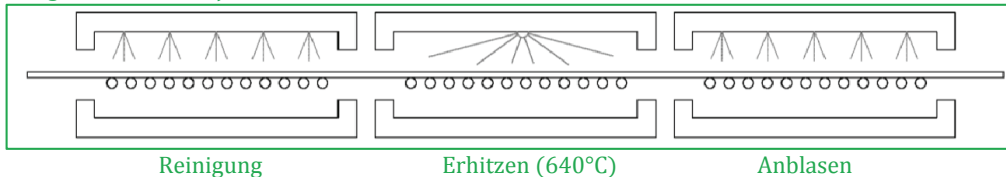
2) Was ist ein Ringbalken? (Antwort mit Skizze) **3 Punkte**

Ringbalken sind in der Wandebene liegende Bauteile, die außer Zugkräfte auch Biegemomente aufnehmen können. Sie bilden die obere Halterung der Außenwände bzw. die horizontale Aussteifung. Ein Ringbalken kann auch die Funktion eines Ringankers übernehmen, wenn er als geschlossener Ring um das ganze Gebäude herumgeführt wird. Ringbalken können aus bewehrtem Mauerwerk, aus Stahlbeton, aus Holz oder auch aus Stahl konstruiert werden.



3) Wie wird ein Floatglas vorgespannt? **3 Punkte**

Thermisch vorgespannte Gläser werden durch Erhitzen von Floatglasscheiben auf 640°C und durch nachfolgendes schnelles Abkühlen durch Anströmen mit kalter Luft (Anblasen) erzeugt. Die Floatglasscheibe wird durch die über den Querschnitt ungleichmäßig fortschreitende Abkühlung zunächst an den oberflächennahen Zonen kontrahiert. (Das Zusammenziehen und die damit einhergehende Verfestigung der Randzonen führen zu Druckspannungen im Randbereich und Zugspannungen im Glaskern.)



4) Benennen Sie die angezeichneten Elemente eines Bewehrungskorbes im Stahlbetonbau! **3 Punkte**

konstruktive Bewehrung

Bügelbewehrung (Querkraft)

Biegezugbewehrung oder Längsbewehrung (Zugkräfte aus Biegung)

5) Was bedeutet, dass „Beton nach seiner Druckfestigkeit klassifiziert ist“? Erklären Sie den Satz mit eigenen Wörtern! **3 Punkte**

Das bedeutet, dass die Druckfestigkeit des Betons normgemäß gemessen wird, und er nach dieser charakteristischen mechanischen Eigenschaft in eine Festigkeitsklasse eingeteilt wird. Andere Festigkeitswerte werden von Druckfestigkeit gerechnet bzw. werden von der jeweiligen Klasse (z.B.: C25/30 oder C30/37, usw...) entnommen, weil die Druckfestigkeit ausreichend aussagekräftig ist, um das Trag- und Verformungsverhalten des Betons direkt oder indirekt zu beurteilen.



6) Gegeben ist eine Stütze aus Stahl (S235, HEA 400), oben und unten in beiden Richtungen gelenkig gelagert. Länge $L = 6,00$ m. Die konzentrierte Belastung von oben ist $F=1\ 080$ kN, und wirkt noch eine horizontale Windlast in der z-Richtung $w=6,50$ kN/m. Führen Sie die notwendigen Stabilitätsnachweise! (Eigengewicht der Stütze ist zu berücksichtigen!) **20 Punkte**

Knicken um y-Achse:

$$A = 159 \text{ cm}^2 \text{ (Tabelle HEA 400)}$$

$$W_y = 2\ 310 \text{ cm}^3 \text{ (Tabelle HEA 400)}$$

$$I_y = 45\ 070 \text{ cm}^4 \text{ (Tabelle HEA 400)}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{45\ 070 \text{ cm}^4}{159 \text{ cm}^2}} = 16,8 \text{ cm} \text{ (oder aus der Tabelle für HEA 400 ablesen)}$$

$$l_{k,y} = 1 * l = 1 * 600 \text{ cm} = 600 \text{ cm} \text{ (Eulerfall 2)}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{k,y}}{i_y} = \frac{600 \text{ cm}}{16,8 \text{ cm}} = 35,7 \Rightarrow 36 \text{ (gemäß Tabelle 3-10, Knickspannungslinie „a“)}$$

$$\chi_y = 0,957 \text{ (Tabelle 3-11)}$$

Eigengewicht Stütze:

$$G = 125 \text{ kg/m} \text{ (Tabelle HEA 400)} \Rightarrow 1\ 250 \text{ N/m} = 1,25 \text{ kN/m}$$

$$G[\text{kN}] = 1,25 \text{ kN/m} * 6,00 \text{ m} = 7,5 \text{ kN}$$

$$N = 1\ 080 \text{ kN} + 7,5 \text{ kN} = 1\ 087,5 \text{ kN}$$

$$M_y = \frac{w * L^2}{8} = \frac{6,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * (6,00 \text{ m})^2}{8} = 29,25 \text{ kNm} = 2\ 925 \text{ kNcm}$$

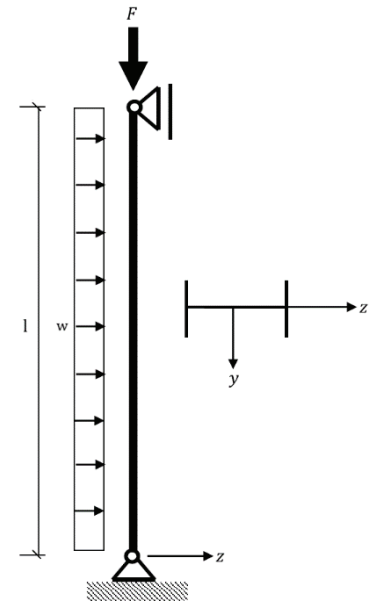
$$\frac{|N|}{\chi_y * A} * \gamma_F + 1,5 * \frac{|M_y|}{W_y} * \gamma_F \leq \sigma_{R,d}$$

$$\sigma_{R,d} = 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \text{ (Tabelle 3-9)}$$

$$\frac{|1\ 087,5 \text{ kN}|}{0,957 * 159 \text{ cm}^2} * 1,40 + 1,5 * \frac{|2\ 925 \text{ kNcm}|}{2\ 310 \text{ cm}^3} * 1,40 \leq 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$10,01 + 2,66 = 12,67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Nachweis erbracht!



Knicken um z-Achse:

$$I_z = 8\ 560 \text{ cm}^4 \text{ (Tabelle HEA 400)}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{8\ 560 \text{ cm}^4}{159 \text{ cm}^2}} = 7,34 \text{ cm} \text{ (oder aus der Tabelle für HEA 400 ablesen)}$$

$$l_{k,z} = 1 * l = 1 * 600 \text{ cm} = 600 \text{ cm} \text{ (Eulerfall 2)}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{k,z}}{i_z} = \frac{600 \text{ cm}}{7,34 \text{ cm}} = 81,7 \Rightarrow 82 \text{ (gemäß Tabelle 3-10, Knickspannungslinie „b“)}$$

$$\chi_z = 0,678 \text{ (Tabelle 3-12)}$$

$$\frac{|N|}{\chi_y * A} * \gamma_F \leq \sigma_{R,d}$$

$$\frac{|1\ 087,5 \text{ kN}|}{0,678 * 159 \text{ cm}^2} * 1,40 \leq 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$14,1 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

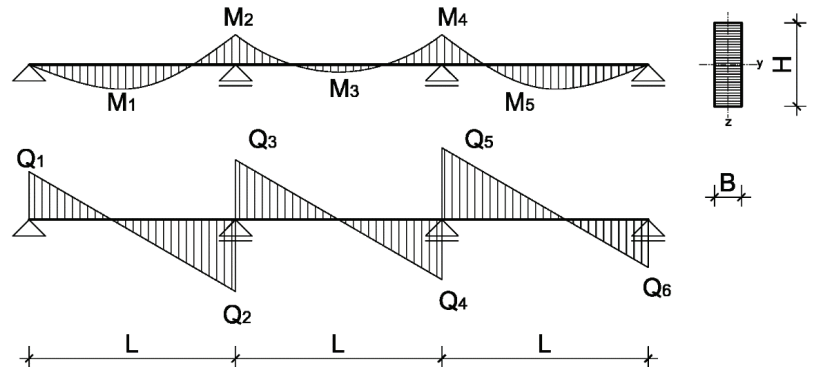
Nachweis erbracht!



7) Gegeben ist ein Durchlaufträger (Brettschichtholz - GL28h): $L=9,00\text{m}$, $B=200\text{mm}$, $H=450\text{mm}$. Die Schnittgrößen sind wie dargestellt schon ermittelt:

$$\begin{array}{lll} M_1=M_5=64,80 \text{ kNm} & M_2=M_4=-81,00 \text{ kNm}, & M_3=20,25 \text{ kNm} \\ Q_1=36,0 \text{ kN} & Q_2=-54,0 \text{ kN} & Q_3=45 \text{ kN} \\ Q_4=-45,0 \text{ kN} & Q_5=54,0 \text{ kN} & Q_6=-36 \text{ kN} \end{array}$$

- Bestimmen Sie die maximalen Beanspruchungen (M_{\max} , Q_{\max})!
 - Führen Sie den Tragsicherheitsnachweis (Biegespannung) durch!
 - Führen Sie den Tragsicherheitsnachweis (Schubspannung) durch!
 - Führen Sie den Gebrauchstauglichkeitsnachweis durch, wenn die elastische quasi-ständige Durchbiegung bekannt ist: $w = 17 \text{ mm}$!
- 20 Punkte**



$$B = 20 \text{ cm} \quad H = 45 \text{ cm} \quad L = 900 \text{ cm}$$

a) Die Beanspruchungen sind angegeben, müssen nur die absolut größten Werte ausgewählt werden:

$$\begin{aligned} M_{\max} &= |M_2| = |M_4| = |-81,0 \text{ kNm}| = 81,0 \text{ kNm} = 8\,100 \text{ kNcm} \\ Q_{\max} &= |Q_2| = |Q_5| = 54,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

b) $M_y = 8\,100 \text{ kNcm}$

$$W_y = B \cdot H^2 / 6 = 20 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^2 / 6 = 6\,750 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{S,k} = \frac{M_{y,\max}}{W_y} = \frac{8\,100 \text{ kNcm}}{6\,750 \text{ cm}^3} = 1,20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{S,d} = \sigma_{S,k} \cdot \gamma_F = 1,20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 1,40 = 1,68 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{R,d} = 1,80 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \text{ (Tabelle 2 - 18)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{S,d} &\leq \sigma_{R,d} \\ 1,68 \text{ kN/cm}^2 &< 1,80 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis erbracht!

c) $Q = 54,0 \text{ kN}$

$$A = 20 \text{ cm} \cdot 45 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{S,k} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{54,0 \text{ kN}}{900 \text{ cm}^2} = 0,09 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{S,d} = \tau_{S,k} \cdot \gamma_F = 0,09 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 1,40 = 0,13 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{R,d} = 0,16 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \text{ (Tabelle 2 - 18)}$$

$$\begin{aligned} \tau_{S,d} &\leq \tau_{R,d} \\ 0,13 \text{ kN/cm}^2 &< 0,16 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis erbracht!

d) Die quasi-ständige Durchbiegung ist schon bekannt: $w_{D,\text{elastisch}} = w = 17 \text{ mm} = 1,70 \text{ cm}$

$$\text{Langzeitverformung: } w_{\text{vorh}} \approx (1+0,6) \cdot w_{D,\text{elastisch}} = (1+0,6) \cdot 1,70 \text{ cm} = 2,72 \text{ cm}$$

$$\text{Zulässige Verformung: } w_{\text{zul}} = L/250 = 900 \text{ cm} / 250 = 3,60 \text{ cm}$$

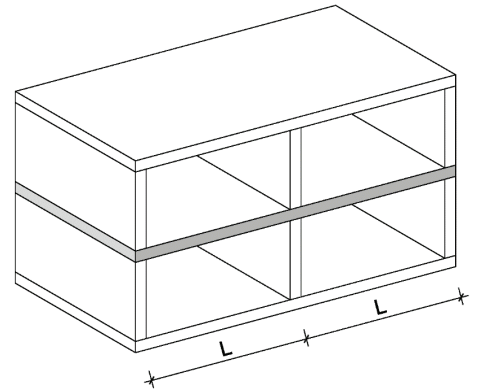
$$\begin{aligned} w_{\text{vorh}} &\leq w_{\text{zulässig}} \\ 1,70 \text{ cm} &< 3,60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Nachweis erbracht!



8) Gegeben ist eine Stahlbetondecke (C25/30), auf die Decke soll eine Ausbaulast $g_2 = 2,4 \text{ kN/m}^2$ und eine Nutzlast von $p = 2,0 \text{ kN/m}^2$ einwirken. $L=5,20 \text{ m}$.

- Bestimmen Sie mittels Vordimensionierung die Plattenhöhe (h) der Betondecke mit der Formel:
 $h = L_i/30 + 0,04 \text{ [m]}$ ($L_i =$ ideale Stützweite)
- Bestimmen Sie die Deckeneigenlast (g_1)!
- Bestimmen Sie die Gesamtlast (q), die auf die Decke einwirkt.
- Bestimmen Sie das größte Moment der Decke mit $M_B = -q \cdot L^2 / 8$!
- Ermitteln Sie die erforderliche Längsbewehrung an dieser Stelle (über der mittleren Mauer) und vergleichen Sie diese mit der Bewehrungsmenge aus der vereinfachten Berechnung!



a) $L_i = 0,85 \cdot L = 0,85 \cdot 5,20 \text{ m} = 4,42 \text{ m}$ (siehe Skriptum, Abbildung 4-11)
 $h = L_i/30 + 0,04 = 4,42 \text{ m} / 30 + 0,04 \text{ m} = 0,187 \text{ m} = 18,7 \text{ cm}$, gewählt: $h = 19 \text{ cm}$
 $d = h - 0,04 = 0,19 \text{ m} - 0,04 \text{ m} = 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$

b) $g_1 = h \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 0,19 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 4,75 \text{ kN/m}^2$

c) Eigengewicht: $g = g_1 + g_2 = 4,75 \text{ kN/m}^2 + 2,40 \text{ kN/m}^2 = 7,15 \text{ kN/m}^2$
Nutzlast: $p = 2,00 \text{ kN/m}^2$
Gesamtlast: $q = g + p = 7,15 \text{ kN/m}^2 + 2,00 \text{ kN/m}^2 = 9,15 \text{ kN/m}^2$

d) Biegemoment für einen Meter breiten Streifen:
 $m_B = -q \cdot L^2 / 8 = -9,15 \text{ kN/m}^2 \cdot (5,20 \text{ m})^2 / 8 = -30,93 \text{ kNm/m}$

e)
 $\eta = 1,20$ (Tabelle 4 – 9)

$$\omega \cdot \eta = \frac{m \cdot \gamma_F}{d^2} \cdot \eta = \frac{30,93 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \cdot 1,40}{(0,15 \text{ m})^2} \cdot 1,20 = 2\,309$$

$\partial = 0,022$ (Tabelle 4 – 5)

Erforderliche Stahlmenge pro 1 m Deckenbreite

$$a_s = \partial \cdot \frac{|m| \cdot \gamma_F}{d} = 0,022 \cdot \frac{\left| -30,93 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \right| \cdot 1,40}{0,15 \text{ m}} = 6,35 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Die vereinfachte Berechnung:

$$a_{s,v} \approx 0,04 \cdot \frac{|m|}{d} = 0,04 \cdot \frac{\left| -30,93 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \right|}{0,15 \text{ m}} = 8,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$6,35 \text{ cm}^2/\text{m} < 8,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Die Stahlmenge aus der vereinfachten Berechnung bleibt in dem Fall auf der sicheren Seite.