

## Aufgabe 1:

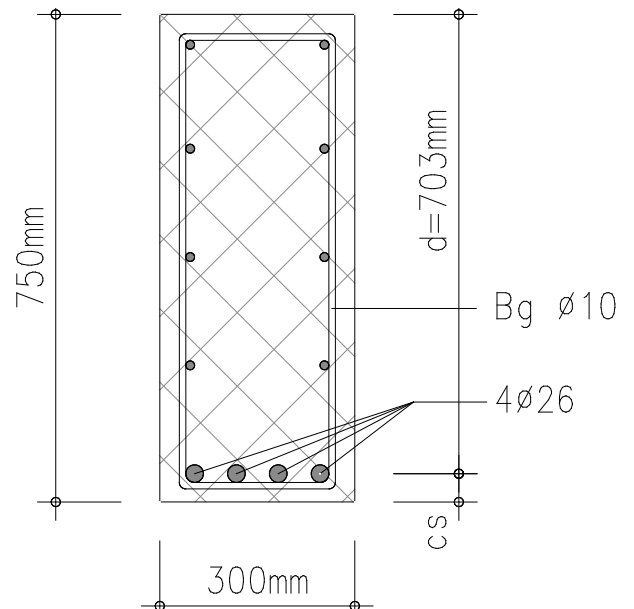
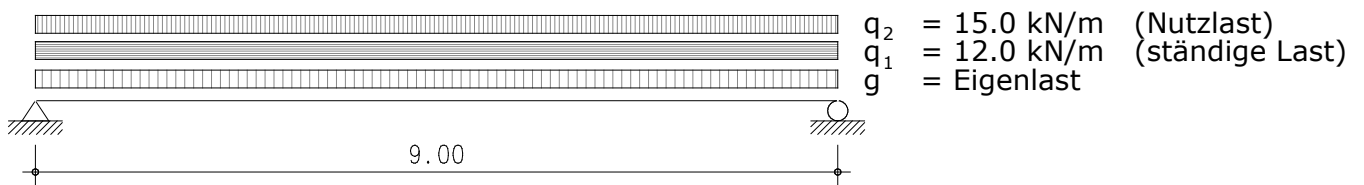
Ein Biegeträger aus Stahlbeton mit den Abmessungen 300 x 750 mm ist mit gleichmässig verteilten Lasten belastet.

Gesucht: Erforderliche Bewehrung  
Schubnachweis

Folgende Spezifikationen sollen dabei berücksichtigt werden:

- Beton C25/30  $f_c = 16.5 \text{ N/mm}^2$
- Stahl B500B  $f_y = 435 \text{ N/mm}^2$
- Betonüberdeckung  $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

Als Lastfaktor gilt 1.4



Bemessungswerte der Eigenlast:

$$g = h \cdot b \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 0.75 \text{ m} \cdot 0.30 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 5.63 \text{ kN/m}$$

Abschätzung der statischen Höhe d:

$$d = h - c_{\text{nom}} - \varnothing \text{Bg} - \frac{1}{2} \varnothing \text{Längs} = 750 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ mm} = 695 \text{ mm}$$

$$P_{\text{Total}} = 5.63 \text{ kN/m} + 12.0 \text{ kN/m} + 15.0 \text{ kN/m} = 32.63 \text{ kN/m} \cdot 1.4 = 46 \text{ kN/m}$$

$$\text{Biegemoment: } M_d = \frac{46 \text{ kN/m} \cdot (9\text{m})^2}{8} = 465.75 \text{ kNm} \rightarrow 466 \text{ kNm}$$

$$\text{erforderliche } A_{s,\text{erforderlich}} = \frac{M_d}{0.9 \cdot d \cdot f_{sd}} = \frac{466 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{0.9 \cdot 695 \text{ mm} \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 1'712.65 \text{ mm}^2$$

Wahl einer möglichen Bewehrung:

$$4 \varnothing 26 \rightarrow A_{\text{eff}} = 2'124 \text{ mm}^2 \geq A_{s,\text{erf.}} = 1'693.16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrolle der statischen Höhe d: } d_{\text{eff}} = 750 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 26 \text{ mm} = 697 \text{ mm} \geq 695 \text{ mm} \quad \text{i.O.}$$

Berechnung des vorhandenen Bewehrungsgehaltes:

$$\rho_{\text{eff}} = \frac{A_{\text{eff}}}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{2'124 \text{ mm}^2}{300 \text{ mm} \cdot 697 \text{ mm}} \cdot 100\% = 1.02\% \quad 0.2\% \leq 1.02\% \leq 1.6\% \quad \text{i.O.}$$

Berechnung der Lage der Nulllinie:

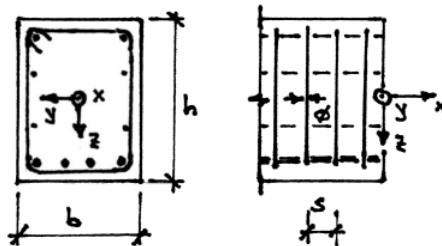
$$x_{\text{eff}} = \frac{A_{\text{eff}} \cdot f_{sd}}{0.85 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2'124 \text{ mm}^2 \cdot 435 \text{ N/mm}^2}{0.85 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 16.5 \text{ N/mm}^2} = 219.59 \text{ mm} \leq \frac{d_{\text{eff}}}{2} = \frac{697 \text{ mm}}{2} = 348.50 \text{ mm} \quad \text{i.O.}$$

Schubnachweis:

$$\tau_{c,d} = \frac{V_d}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{207 \cdot 10^3 \text{ N}}{300 \text{ mm} \cdot 697 \text{ mm}} = 0.99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_{c,d} = 1.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{i.O.}$$

Bügelbewehrung:

Bei Balken sind stets Bügel anzuordnen deren Abstand  $25 \varnothing$  nicht übersteigt und die Längsbewehrung umfassen. Ihre Querschnittsfläche muss mindestens 0.2 % der dazugehörigen Betonquerschnittsfläche betragen und sie müssen derart verankert sein, dass die Bügelkräfte über die Höhe des Hebelarms der inneren Kräfte wirksam werden können. (SIA 262, 5.5.2.2/4)



$$s \leq 25 \varnothing, \quad \frac{\varnothing^2 \pi}{2bs} \geq 0.2\%$$

Wäre der für die Berechnung angenommene Wert der statischen Höhe d wesentlich grösser als der letztendlich vorhandene Wert  $d_{\text{eff}}$ , so müsste mit der ermittelten statischen Höhe ein weiterer Berechnungsgang durchgeführt werden. Dies ist hier nicht der Fall. Die vorhandene statische Höhe  $d_{\text{eff}} = 697 \text{ mm}$  stimmt mit dem abgeschätzten Wert  $d = 685 \text{ mm}$  sehr gut überein.

## Aufgabe 1:

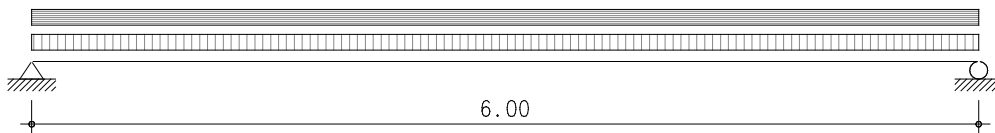
Gegeben ist eine Wohnungsdecke aus Stahlbeton. Neben der Eigenlast ist als ständige Last ein Zementüberzug von 5cm zu berücksichtigen. ( $\gamma_{\text{Zement}} = 22 \text{ kN/m}^3$ )

Die Nutzlast beträgt  $2 \text{ kN/m}^2$

Gesucht: Erforderliche Bewehrung pro Meter Decke für die 1. und 2. Lage  
Schubnachweis

Folgende Spezifikationen sollen dabei berücksichtigt werden:

- Beton C25/30  $f_c = 16.5 \text{ N/mm}^2$
- Stahl B500B  $f_t = 435 \text{ N/mm}^2$
- Betonüberdeckung  $c = 30 \text{ mm}$



- $q_2 = 2.0 \text{ kN/m}$  (Nutzlast)
- $q_1 = 1.1 \text{ kN/m}$  (Zementüberzug)
- $g =$  Eigenlast

Belastungen:

Eigengewicht	$g_k = h \cdot \gamma_{\text{Beton}}$	$= 0.20 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3$	$= 5.0 \text{ kN/m}^2$
Zementüberzug		$= 0.05 \text{ m} \cdot 22 \text{ kN/m}^3$	$= 1.1 \text{ kN/m}^2$
	Total $g_k$		$= 6.1 \text{ kN/m}^2$

Nutzlast  $q_k = 2.0 \text{ kN/m}^2$

Bemessungswert:

$$p_d = g_k \cdot \gamma_G + q_k \cdot \gamma_Q = 6.1 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.35 + 2.0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.50 = 11.24 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{auf 1m Breite}$$

$$\text{Biegemoment: } M_d = \frac{11.24 \text{ kN/m} \cdot (6\text{m})^2}{8} = 50.56 \text{ kNm}$$

$$A_d = B_d = V_{d,\text{max}} = \frac{p_d \cdot l}{2} = \frac{11.24 \text{ kN/m} \cdot (6\text{m})}{2} = 33.72 \text{ kN}$$

Abschätzung der statischen Höhe  $d$ :

$$d = h - c_{\text{nom}} - \varnothing Bg - \frac{1}{2} \varnothing \text{Längs} = 200 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 14 \text{ mm} = 163 \text{ mm}$$

$$\text{erforderliche } A_{s,\text{erforderlich}} = \frac{M_d}{0.9 \cdot d \cdot f_{sd}} = \frac{50.56 \cdot 10^6 \text{ Nm}}{0.9 \cdot 163 \text{ mm} \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 792.30 \text{ mm}^2$$

Wahl einer möglichen Bewehrung:

$$\varnothing 14 \text{ t} = 150 \rightarrow A_{\text{vorh}} = 1'026 \text{ mm}^2 \text{ oder } \varnothing 16 \text{ t} = 200 \rightarrow A_{\text{vorh}} = 1'005 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Achtung statische Höhe } d \text{ beträgt 1cm weniger}$$

Kontrolle der statischen Höhe  $d$  erübrigt sich.

Berechnung des vorhandenen Bewehrungsgehaltes:

$$\rho_{\text{eff}} = \frac{A_{s,\text{vorh}}}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{1'026 \text{ mm}^2}{1'000 \text{ mm} \cdot 163 \text{ mm}} \cdot 100\% = 0.63\% \quad 0.15\% \leq 0.63\% \leq 1.6\% \quad \text{i.O.}$$

falls  $\rho_{\text{max}}$  überschritten wird, ist die statische Höhe  $d$  höher zu setzen und ergibt somit eine andere Plattenstärke

Berechnung der Lage der Nulllinie:

$$x_{\text{eff}} = \frac{A_{\text{vorh}} \cdot f_{sd}}{0.85 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1'026 \text{ mm}^2 \cdot 435 \text{ N/mm}^2}{0.85 \cdot 1'000 \text{ mm} \cdot 16.5 \text{ N/mm}^2} = 31.82 \text{ mm} \leq \frac{d_{\text{eff}}}{2} = \frac{163 \text{ mm}}{2} = 81.50 \text{ mm} \quad \text{i.O.} \rightarrow \text{sonst Deckenstärke erhöhen}$$

Schubnachweis:

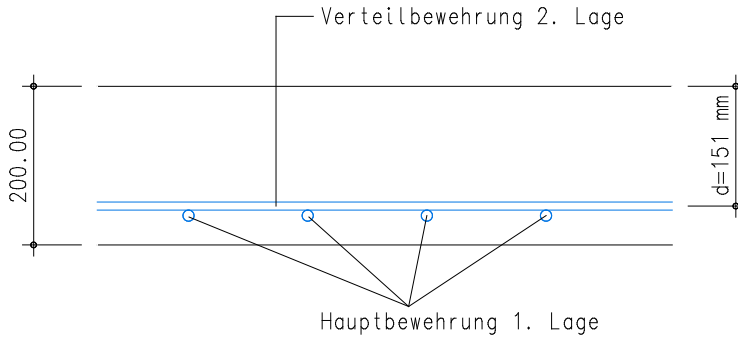
$$\tau_{c,d} = \frac{V_d}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{33.72 \cdot 10^3 \text{ N}}{1'000 \text{ mm} \cdot 163 \text{ mm}} = 0.21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_{c,d} = 1.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{i.O.} \rightarrow \text{falls } \tau_{c,d} \text{ grösser als } 1.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ Schubbewehrung}$$

Nach Norm muss jedes 2<sup>te</sup> Eisen verankert, d.h. aufgebogen werden!

## Verteilbewehrung VE

Abschätzung der statischen Höhe d:

$$d = h - c_{\text{nom}} - \varnothing_{\text{Längs}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{Quer}} = 200 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 14 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} = 151 \text{ mm}$$



Berechnung des minimalen Bewehrungsgehaltes:

auch für VE gilt  $\rho = 0.15\%$

$$A_{s_{\text{min}}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = \frac{0.15\% \cdot 1'000 \text{ mm} \cdot 151 \text{ mm}}{100\%} = 226.50 \text{ mm}^2 \rightarrow 227 \text{ mm}^2$$

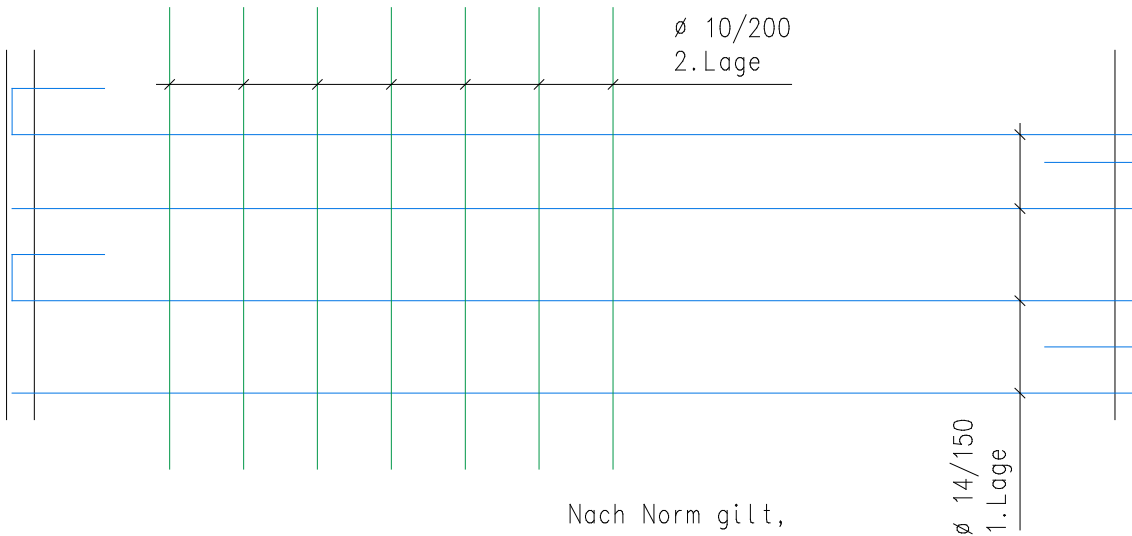
$$a_{\text{max}} = 1.2 \cdot h \quad \text{immer einhalten} \quad a_{\text{max}} = 1.2 \cdot 200 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Wahl der VE: } \varnothing 10, t=200 \rightarrow A_{s_{\text{vorhanden}}} = 393 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{min}}} = 227 \text{ mm}^2$$

## 2. Möglichkeit zur Bestimmung von VE:

$$\frac{1}{5} \text{ der Hauptbewehrung} \quad VE = \frac{1}{5} \cdot 1'026 \text{ mm}^2 = 205.20 \text{ mm}^2$$

wird fast nie massgebend ausser bei sehr grosser Hauptbewehrung  
 $\varnothing 8, t=200$  wäre wirtschaftlicher



Nach Norm gilt,  
 dass jedes 2-te  
 Eisen verankert werden muss