

Beispiel:

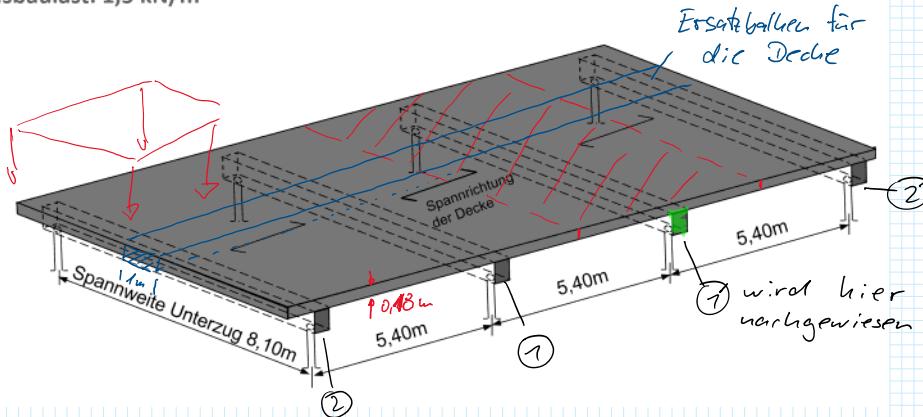
3-feldrige Unterzugsdecke

Deckenplatte 18cm dick, einachsig gespannt

Gesucht: Bemessung der Unterzüge $h/b=60/60$

Nutzlast: $q = 3,5 \text{ kN/m}^2$

Ausbau last: 1,5 kN/m²



Belastung: Flächenlast [kN/m^2]

ständige Last:

$$\begin{aligned} \text{Eigengewicht Decke: } \quad g_1 &= 25 \frac{4 \text{ m}}{\text{m}^3} \cdot 0,18 \text{ m} = 4,5 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \\ \text{Ausbaulast } \quad \quad \quad g_2 &= 1,5 \frac{4 \text{ m}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

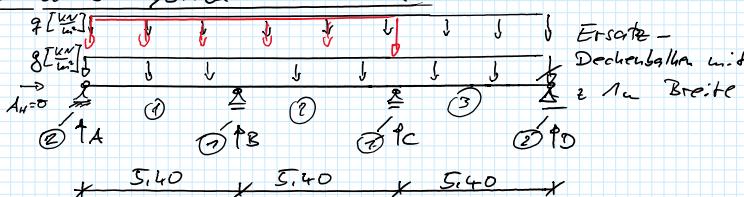
veränderliche Last: Nutzlast

$$g = \frac{6,0 \frac{kv}{Lm}}{2}$$

Teilsichterleiter: $V = 135$ f= steilese/arter

$$\sigma_G = 1,5 \quad \text{für veränderliche Lasten}$$

statisches System der Decke:



gesucht: größte Last für die Unterzüge

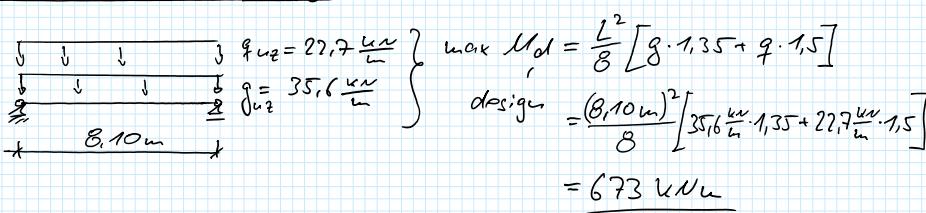
ungünstigste Laststellung oder veränderlichen Last: in Feld ⑦ ⑧
 $B = 1,2 \cdot g \cdot L$

Belastung des Unterzuges:

$$\text{ständig: } g_{uz} = 1,10 \cdot 5,4 \text{ m} \cdot 6,0 \frac{\text{Nm}}{\text{m}^2} = 35,6 \frac{\text{Nm}}{\text{m}} \quad \left. \right\} \text{charakteristisch}$$

$$\text{Veränderlich: } q_{\text{uz}} = \underbrace{1,20 \cdot 5,4 \text{ m} \cdot 3,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}_{\text{Durchnahmfaktor}} = 22,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \left. \right\} \text{ (ohne Sicher Leiter)}$$

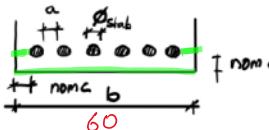
statisches System Unterzug:



1.4 Durchlaufräger ¹⁾							
1.4.1 Durchlaufräger mit gleichen Stützweiten über 2 bis 5 Felder ²⁾							
Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6		
							
Momente	Tafelwert $q \cdot l^3$		Tafelwert $q \cdot l$		Tafelwert $F \cdot l$		
Kräfte	Tafelwert $q \cdot l$		Tafelwert F		Tafelwert F		
Die Feldmomente M_1, M_2 usw. sind die Höchstwerte der Feldmomente in den Feldern 1, 2 usw.							
Lastfall	Kraftgrößen						
		Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6
$\Delta \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,070 -0,125 -0,625	 0,048 -0,078 -0,328	 0,056 -0,093 -0,393	 0,058 -0,106 -0,456	 0,150 -0,188 -0,688	 0,223 -0,333 -1,33
$\Delta \quad 1 \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,096 -0,160 -0,693	 0,065 -0,099 -0,407	 0,076 -0,103 -0,447	 0,085 -0,103 -0,494	 0,203 -0,237 -0,944	 0,273 -0,307 -1,016
$\Delta \quad 1 \quad \Delta \quad 2 \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,080 -0,100 -0,600	 0,054 -0,074 -0,313	 0,064 -0,082 -0,374	 0,071 -0,085 -0,433	 0,175 -0,190 -0,650	 0,240 -0,260 -1,260
$\Delta \quad 1 \quad \Delta \quad 2 \quad 2 \quad \Delta \quad \Delta \quad \Delta$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,075 -0,090 -0,590	 0,052 -0,072 -0,327	 0,061 -0,080 -0,387	 0,075 -0,093 -0,449	 0,213 -0,238 -0,705	 0,280 -0,307 -1,033
$\Delta \quad 1 \quad \Delta \quad 2 \quad 2 \quad 3 \quad \Delta \quad \Delta$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,101 -0,120 -0,630	 0,068 -0,089 -0,360	 0,089 -0,108 -0,433	 0,094 -0,113 -0,452	 0,218 -0,243 -0,705	 0,285 -0,313 -1,033
$\Delta \quad 1 \quad \Delta \quad 2 \quad 2 \quad 3 \quad 3 \quad \Delta \quad \Delta$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,075 -0,090 -0,590	 0,052 -0,072 -0,327	 0,061 -0,080 -0,387	 0,075 -0,093 -0,449	 0,213 -0,238 -0,705	 0,280 -0,307 -1,033
$\Delta \quad 1 \quad \Delta \quad 2 \quad 2 \quad 3 \quad 3 \quad D$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,075 -0,090 -0,590	 0,052 -0,072 -0,327	 0,061 -0,080 -0,387	 0,075 -0,093 -0,449	 0,213 -0,238 -0,705	 0,280 -0,307 -1,033
$\Delta \quad 1 \quad \Delta \quad 2 \quad 2 \quad 3 \quad 3 \quad 3 \quad \Delta \quad \Delta$ $\overbrace{A \quad B \quad C \quad D}$	M_1 M_2 V_{st}	 0,075 -0,090 -0,590	 0,052 -0,072 -0,327	 0,061 -0,080 -0,387	 0,075 -0,093 -0,449	 0,213 -0,238 -0,705	 0,280 -0,307 -1,033

7.2. Vorbemessung Stahlbetonträger

- ① Einwirkendes Moment: $M_{sd} = M_g \cdot 1,35 + M_Q \cdot 1,5 = 673 \text{ kNm}$ (C.O.) Sicherheitsbeiwerte Lastseite: $\alpha_g = 1,35$ $\alpha_Q = 1,5$
- ② Querschnitt als \square vorgeben: $b = 60 \text{ cm}$ $h = 60 \text{ cm}$ $g_{Trag} = b \cdot h \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,6 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ $\leq M_{Rd} = 9 \cdot 87^2 \cdot 1,35 \approx 100 \text{ kNm}$
- ③ Innen Hebelarm: $z = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot (h - \text{Betondeckung})$ (Betondeckung wird vorgegeben) Annahme: $h_{nom} c + \frac{ds}{2} = 6 \text{ cm}$ $\rightarrow d = 0,60 \text{ m} - 0,06 \text{ m} = 0,54 \text{ m} \rightarrow z = 0,8 \cdot 0,54 = 0,432 \text{ m}$
- ④ Bewehrung auf Zugseite vorgeben



mit Mindestabstand:

$a > 20 \text{ mm}$ oder $a > \phi_{stab}$ überprüfen, wie viele Stäbe hineinpassen

$$n = \frac{(b - 2 \cdot \text{nom} c)}{2 \cdot \phi_{stab}} \Rightarrow A_s = n \cdot A_{\phi_{stab}}$$

Tabelle

$$h = \frac{60 - 2 \cdot 6}{2 \cdot 2,8} = 8,5 \text{ gewählt: } 8 \cdot 6,16 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A_s = 8 \cdot 6,16 \text{ cm}^2 = 49 \text{ cm}^2$$

⑤ $F_{sd} = A_s \cdot f_{yd} = A_s \cdot \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15} = 49 \cdot \frac{50}{1,15} = 2130 \text{ kN}$

⑥ $M_{sd} = F_{sd} \cdot z = 2130 \text{ kN} \cdot 0,432 \text{ m} = 916 \text{ kNm}$

$100\% \geq \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \geq 80\% \quad \checkmark$

$\frac{M_{sd}}{M_{Rd}} < 80\%$ unwirtschaftlich

$\frac{M_{sd}}{M_{Rd}} > 100\%$ unsicher

→ ⑦ $\frac{M_{sd}}{M_{Rd}} = \frac{916}{773} = 0,84 \stackrel{!}{=} 84\% \text{ Ausnutzung}$

→ ② Querschnitt verkleinern

→ ② Querschnitt vergrößern

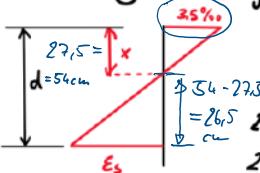
⑦ Vorgabe Betonfestigkeit f_{ck} gewählt: $C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3,0 \text{ cm}^2$

⑧ Betondruckzone berechnen auf erlaubbare Druckkraft $f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{1,5} = 0,85 \cdot \frac{3,0}{1,5} = 1,7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ mit $F_{cd} = f_{cd} \cdot b \cdot h_b$ mit $F_{cd} = F_{sd}$ $\Rightarrow h_b = \frac{F_{sd}}{0,95 \cdot f_{cd} \cdot b}$ Höhe der Betondruckzone: $x = \frac{h_b}{0,8}$

zu berechnen $h_b = \frac{2130 \text{ kN}}{0,95 \cdot 1,7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 60 \text{ cm}} = 22 \text{ cm}$; $x = \frac{22 \text{ cm}}{0,8} = 27,5 \text{ cm}$

⑨ Stahldehnung bestimmen

[technisch Stahldehnung
zeichnerisch maßstäblich]



⑨.1 $d = h - \text{nom} c - \frac{1}{2} \phi_{stab}$

⑨.2 Vorgabe $E_s = -3,5\%$ (Betondruckstauchung)

⑨.3 Dreisatz: $\frac{3,5\%}{x} = \frac{E_s}{d - x}$

$2,18\% \leq E_s \leq 25\% \quad \checkmark \rightarrow ⑩ \quad \frac{E_s}{26,5} = \frac{3,5\%}{27,5} \rightarrow E_s = 3,5\% \cdot \frac{26,5}{27,5} = 3,4\% > 2,18\% < 25\%$

$2,18\% > E_s$ unwirtschaftlich → ② Querschnitt verkleinern oder → ④ Stahl reduzieren

$E_s > 25\%$ unsicher → ② Querschnitt vergrößern oder → ④ Stahl erhöhen

⑩ Innen Hebelarm:

$$z = d - \frac{1}{2} h_b \quad \left\{ \begin{array}{l} z \geq 0,95 \cdot z_{\text{aus } ②} \quad \checkmark \\ z < 0,95 \cdot z_{\text{aus } ③} \rightarrow ② \text{ Querschnitt vergrößern } z = 54 \text{ cm} - \frac{22 \text{ cm}}{2} = 43 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Annahme oben: $z = 43 \text{ cm}$ ✓