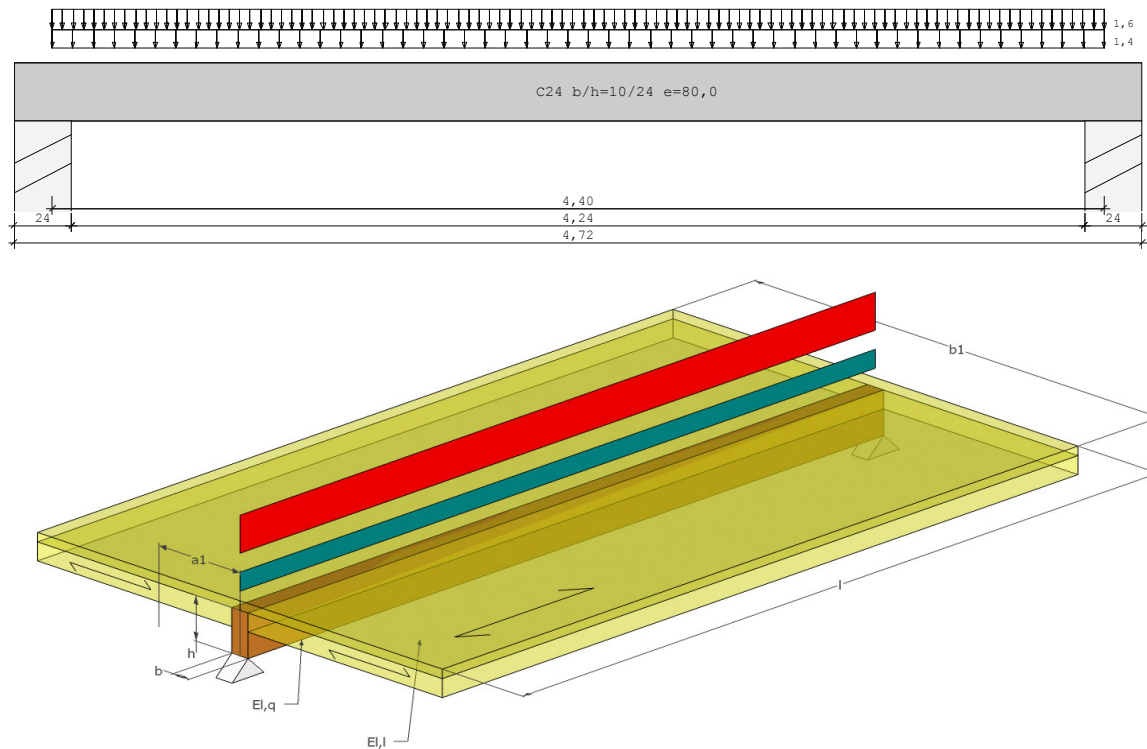


DLT – Beispiel 1: Schwingungen von Holzbalkendecken nach DIN EN 1995:2013

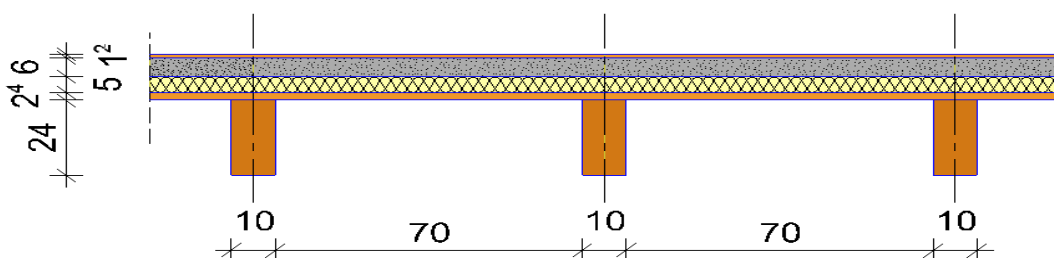
System: Holzbalkendecke mit Zementestrich und Abstand $a_1 = 0,80\text{m}$



Eingabewerte für den Schwingungsnachweis sind nachfolgend umrahmt / gelb hinterlegt

Einwirkungsgruppe EWG	Wohnräume		
Querschnitt 10/24, Balkenabstand	$a_1 = 0,80\text{ m}$	$E = 11000\text{ N/mm}^2$, $g = 6,00\text{ kN/m}^3$	
Deckenbreite quer zur Spannrichtung	$b_1 = 7,00\text{ m}$	Deckenlänge	$l = 4,40\text{ m}$
Aufbau:			
Holzbelag 12mm			$g = 6,00\text{ kN/m}^3$
Zementestrich (nass) $d = 60\text{mm}$	$E = 30000\text{ N/mm}^2 = 30,0 \cdot 10^9\text{ N/m}^2$		$g = 22,0\text{ kN/m}^3$
Dämmung 50mm			$g = 0,10\text{ kN/m}^3$
Holzverschalung 24mm	$E = 11000\text{ N/mm}^2 = 11,0 \cdot 10^9\text{ N/m}^2$		$g = 6,00\text{ kN/m}^3$
Modaler Dämpfungsgrad :	Holzbalkendecke mit Nassestrich		$\zeta = 0,03$

Querschnitt:



Lasten und Massen

Flächenlast Verkehr q			q_k	Einheit
Wohnräume Kategorie A			2,00	kN/m ²
Flächenlast Ständig g		Dicke d	g_k	
Holzboden	1,2 cm	0,012*1,0*6,0/1,0	0,072	kN/m ²
Estrich	6,0 cm	0,06*1,0*22,0/1,0	1,320	kN/m ²
Dämmung	5,0 cm	0,05*0,1*1,0/1,0	0,005	kN/m ²
Holzverschalung	2,4 cm	1,00*0,024*6,0/1,0	0,144	kN/m ²
Gebälk 10/24	24,0 cm	0,10*0,24*6,0/0,8	0,180	kN/m ²
Summe g			1,721	kN/m ²
Gewählt g			1,75	kN/m ²
Quasi-ständiger Anteil		$\psi_2 * q_k = 0,3 * 2,0$	0,60	kN/m ²
Summe g + $\psi_2 * q_k$			2,35	kN/m ²
Massen				
Masse m_g			175	kg/m ²
Masse m_{g+q}			235	kg/m ²

Steifigkeiten

Biegesteifigkeiten		EI	Einheit
Decke	Zementestrich (Nass) d= 60mm		
	$E = 30000 \text{ N/mm}^2$	30000	MN/m ²
	$I_q = 1,0 * 0,06^3 / 12$	$0,180 * 10^{-4}$	m ⁴
	$EI_q = E * I_q = 30000,0 * 0,180 * 10^{-4}$	0,540	MNm ² /m
	Holzverschalung 24mm		
	$E = 11000 \text{ N/mm}^2$	11000	MN/m ²
	$I_q = 1,0 * 0,024^3 / 12$	$0,0115 * 10^{-4}$	m ⁴
	$EI_q = E * I_q = 11000 * 0,01152 * 10^{-4}$	0,013	MNm ² /m
Balken	10/24 e = 0,80 m		
	$E = 11000 \text{ N/mm}^2$	11000	MN/m ²
	$I_l = 0,10 * 0,24^3 / 12$	$1,1520 * 10^{-4}$	m ⁴
	$EI_{\text{Balken}} = E * I_l = 11000 * 1,152 * 10^{-4}$	1,267	MNm ²
Zusätzliche Steifigkeiten längs		EI_l	
	Estrich $EI_l = 0,540 \text{ MNm}^2 / \text{m} * 0,8\text{m}$	0,432	MNm ²
	Holzverschalung	0,000	MNm ²
Gesamtsteifigkeit längs			
	Zusätzliche Steifigkeit längs	0,432	MNm ²
	Gebälk	1,267	MNm ²
	Summe längs	1,699	MNm ²
	$EI_l = EI_{\text{Balken}} / e = 1,699 \text{ MNm}^2 / 0,8\text{m}$	2,124	MNm ² /m
Quersteifigkeit		EI_q	
	Estrich	0,540	MNm ² /m
	Holzverschalung	0,013	MNm ² /m
	Summe quer	0,553	MNm ² /m

Nachweis der Schwingungen

Eigenfrequenz

Beiwert für die Quersteifigkeit

$$\alpha = \frac{b_1}{l} \cdot \sqrt[4]{\frac{EI_l}{EI_q}} = \frac{7,00 \text{ m}}{4,40 \text{ m}} \cdot \sqrt[4]{\frac{21,24 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2 / \text{m}}{5,53 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2 / \text{m}}} = 2,23$$

Überprüfung ob das Einhalten der Bedingungen nach EN 1995-1-1, Abs. 7.3.3 (2) ausreichend ist ($f_1 \geq 8$ mit Masse aus ständigem Anteil m_g)

oder ob nach Abs. 7.3.3 (1) eine genauere Untersuchung durchgeführt werden muss ($f_1 \geq 8$ mit Masse aus ständigem und quasi ständigem Anteil m_{g+q})

Grundfrequenz für Platte mit $m_g = 175 \text{ kg/m}^2$

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{EI_l}{m_g}}$$

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot 4,40^2} \cdot \sqrt{\frac{21,24 \cdot 10^5}{175}} = 8,93 \text{ Hz}$$

Einfluss Durchlaufwirkung

l_1/l	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	
k_f	1,00	1,09	1,15	1,20	1,24	1,27	1,3	1,33	1,38	1,42	

Keine Durchlaufwirkung => $k_f = 1,0$

Eigenfrequenz für Platte

$$f_1 = f_0 \cdot k_f \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{\alpha^4}}$$

$$f_1 = 8,93 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{2,23^4}} = 9,10 \text{ Hz} \geq 8 \text{ Hz}$$

Nach EN 1995-1-1, Abs. 7.3.3 (2) sollten bei Schwingungen > 8 Hz die nachfolgenden Anforderungen erfüllt sein.

Begrenzung der Durchbiegung $\frac{w}{F} \leq a \text{ mm/KN}$

Begrenzung der der Schwinggeschwindigkeit infolge Einheitsimpuls

$$\Rightarrow v \leq \beta^{(f_1 \cdot \zeta - 1)} \text{ m/(Ns}^2\text{)}$$

Durchbiegung infolge einer Einzellast

Mitwirkende Plattenbreite für eine Einzellast

$$b_F = \frac{l}{1,1} \cdot \sqrt[4]{\frac{EI_q}{EI_l}} = \frac{b_1}{1,1 \cdot \alpha}$$

$$b_F = \frac{4,40}{1,1} \cdot \sqrt[4]{\frac{5,53 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2 / \text{m}}{21,24 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2 / \text{m}}} = \frac{7,00}{1,1 \cdot 2,23} = 2,85 \text{ m}$$

Durchbiegung

$$w_F = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot EI_l \cdot b_F}$$

$$w_F = \frac{1000 \text{ N} \cdot 4,4^3 \text{ m}^3}{48 \cdot 2,124 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2 / \text{m} \cdot 2,85 \text{ m}} = 0,000293 \text{ m} = 0,29 \text{ mm}$$

Schwinggeschwindigkeit infolge Einheitsimpuls

Anzahl Schwingungen 1. Ordnung mit der Resonanzfrequenz bis 40 Hz

$$n_{40} = \left[\left(\left(\frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right) \cdot \left(\frac{b_1}{l} \right)^4 \cdot \frac{EI_l}{EI_q} \right]^{0,25}$$

$$n_{40} = \left[\left(\left(\frac{40}{9,12} \right)^2 - 1 \right) \cdot \left(\frac{7,0}{4,40} \right)^4 \cdot \frac{21,24 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2 / \text{m}}{5,53 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2 / \text{m}} \right]^{0,25}$$

$$n_{40} = 4,603$$

Schwinggeschwindigkeit

$$v = \frac{4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot n_{40})}{m \cdot b_1 \cdot l + 200}$$

$$v = \frac{4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot 4,603)}{175 \cdot 7,0 \cdot 4,4 + 200} = 0,0023 \text{ m} / \text{Ns}^2$$

Begrenzung der Schwinggeschwindigkeit

$$a = w_F = 0,29 \text{ mm} \quad \zeta = 0,03$$

$$\text{gew.: } a = 0,29 \text{ mm}$$

$$\beta = 180 - 60 \cdot a; \quad \text{für } 0,5 \text{ mm} \leq a \leq 1,0 \text{ mm}$$

$$\beta = 180 - 60 \cdot 0,29 = 162,60 \geq 150$$

$$\beta = 150$$

$$v \leq \beta^{(f_1 \cdot \zeta - 1)}$$

$$v \leq 150,00^{(9,1 \cdot 0,03 - 1)} = 0,026 \text{ m} / \text{Ns}^2$$

$$\text{Eta} = \frac{0,0023}{0,0260} = 0,09 \quad \text{Nachweise erfüllt!}$$