Musterlösung zu Aufgabe 5.2

Wandschalung: Bemessung einer Holzträgerschalung mit Schalhaut aus senkrechten Brettern

Materialauswahl

Zur Verfügung stehendes Material:

- Schalhaut: Senkrechte gehobelte Bretter 21 mm (z.B. Nut und Feder),
- Sparschalung: Planlatten, 3/12 cm, Abstand 28 cm,
- Längsträger: Holzschalungsträger H 20, V_d = 16,5 kN, M_d = 7,5 kNm und $E \cdot I$ = 450 kNm^2
- Gurtungen: 2 U 100 aus Stahl S 235 (St 37), E = 210.000 N/mm², $I_y = 2 \cdot 206$ cm^4, $W_y = 2 \cdot 41{,}2$ cm³, $S_y = 2 \cdot 24{,}5$ cm³, $t = 2 \cdot 8{,}5$ mm, $E \cdot I_y$ = 865,2 kNm²
- Ankerung: Spannstab DYWIDAG ∅ 15 mm,

Belastung

Die Bemessung der Wandschalung ist mit dem maximalen Frischbetondruck $\sigma_{hk,max}$ durchzuführen:

$$\sigma_{hk,\max} = 51{,}0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_d = \sigma_{hk,\max} \cdot \gamma_F = r_k \cdot \gamma_F = 51{,}0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1{,}5 = 76{,}5 \text{ kN/m}^2$$

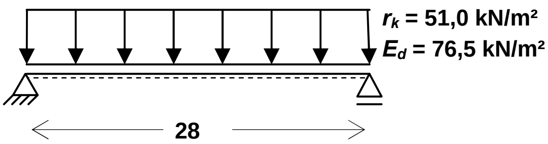
mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F = 1,5 für veränderliche Lasten nach DIN 1052 „Holzbauwerke“.

---

a) Nachweis der Schalhaut

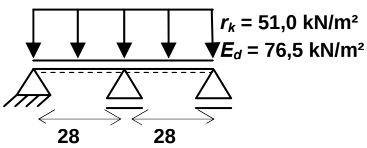
Statisches System: Einfeldträger

Der Abstand der Sparschalung wird mit ℓ = 28 cm angenommen.



Statisches System: Zweifeldträger

für die Schubbemessung:



Prinzipiell wird der Bemessung das statische System des Einfeldträgers zugrunde gelegt, solange es auf der sicheren Seite liegt. Für die Schubbemessung ist jedoch der Zweifeldträger das ungünstigere statische System und wird hier immer dann zugrunde gelegt, wenn dieser Fall nicht ausgeschlossen werden kann.

Schubbemessung

Maximale Querkraft $V_{r,d}$ nach *Gleichung (2.18)*

$$V_{r,d} = 1{,}25 \cdot \frac{E_d \cdot \ell}{2} = 1{,}25 \cdot \frac{76{,}5\ \mathrm{kN/m^2} \cdot 0{,}28\ \mathrm{m}}{2} = 13{,}39\ \mathrm{kN/m}$$

Maximale Schubspannung τ_d mit *Gleichung (2.16)*

$$\tau_d = \frac{1{,}5 \cdot V_{r,d}}{A} = \frac{1{,}5 \cdot 13{,}39\ \mathrm{kN/m}}{0{,}021\ \mathrm{m} \cdot 1\ \mathrm{m/m}} = 956{,}25\ \mathrm{kN/m^2}$$

Der charakteristische Wert $f_{v,k}$ für die Schubspannung für Nadelholz (NH) beträgt nach DIN 1052

$$f_{v,k} = 2.000\ \mathrm{kN/m^2}$$

Als Dauer der Lasteinwirkung kann bei Schalungen in der Regel ein Zeitraum unter einer Woche angenommen werden. Somit kann gewöhnlich mit der Lasteinwirkungsklasse „Kurz“ nach *Tabelle 2.9* gerechnet werden.

Da Schalungen regelmäßig hoher Feuchtigkeit ausgesetzt sind, ist in den meisten Fällen die Annahme der Nutzungsklasse 3 zu empfehlen.

Damit muss mit einem Modifikationsbeiwert von k_{mod} = 0,70 nach *Tabelle 2.11* gerechnet werden. Der Bemessungswert $f_{v,d}$ für die Schubspannung im Nadelholz wird damit entsprechend *Gleichung (2.31)*

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 2.000\ \mathrm{kN/m^2} \cdot \frac{0{,}7}{1{,}3} = 1.076{,}9\ \mathrm{kN/m^2}$$

Der Nachweis der Schubspannung lautet somit

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{956{,}25\ \mathrm{kN/m^2}}{1.076{,}9\ \mathrm{kN/m^2}} = 0{,}89 < 1{,}0 \quad \text{nach } \textit{Gleichung (2.15)}$$

Biegebemessung

Maximales Moment $M_{r,d}$

$$M_{r,d} = \frac{E_d \cdot \ell^2}{8} = \frac{76{,}5\ \mathrm{kN/m^2} \cdot 0{,}28^2\ \mathrm{m^2}}{8} = 0{,}75\ \mathrm{kNm/m}$$

Vorhandene Spannung $\sigma_{m,d}$ nach *Gleichung (2.13)*

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{r,d}}{W_n} = \frac{0{,}75\ \mathrm{kNm/m} \cdot 6}{0{,}021^2\ \mathrm{m^2} \cdot 1\ \mathrm{m/m}} = 10.200{,}0\ \mathrm{kN/m^2}$$

Der charakteristische Wert $f_{m,k}$ für die Biegespannung für Nadelholz der Festigkeitsklasse C 24 beträgt nach DIN 1052

$$f_{m,k} = 24.000\ \mathrm{kN/m^2}$$

Der Bemessungswert $f_{m,d}$ für die Biegespannung im Nadelholz (NH) wird damit entsprechend *Gleichung (2.31)*

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 24.000\ \mathrm{kN/m^2} \cdot \frac{0{,}7}{1{,}3} = 12.923{,}1\ \mathrm{kN/m^2}$$

Der Nachweis der Schubspannung lautet somit

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{10.200{,}0\ \mathrm{kN/m^2}}{1{,}0 \cdot 12.923{,}1\ \mathrm{kN/m^2}} = 0{,}79 < 1{,}0$$

mit Kippbeiwert k_m = 1,0.

Kippbeiwert k_m

Für den Kippbeiwert gilt k_m = 1,0, wenn die Ersatzstablänge $\ell_{ef} < 140 \cdot b^2/h$ ist. Auf eine Ermittlung der Ersatzstablänge ℓ_{ef} nach DIN 1052 wird verzichtet. Sie wird näherungsweise zu $\ell_{ef} \approx \ell$ angenommen. Entsprechend ihrer Größenordnung erfüllt sie bei Schalungskonstruktionen in der Regel die obige Bedingung.

Für ein Schalbrett der Breite b = 10,4 cm mit Spannweite ℓ = 28 cm gilt: ℓ_{ef} < 140 · 0,104²/0,021 = 72,11 m; $\ell_{ef} \approx \ell$ = 0,28 m < 72,11 m.

Berechnung der Durchbiegung

Nach *Gleichung (2.17)* wird die Durchbiegung w mit der charakteristischen Einwirkung ohne Teilsicherheitsbeiwert berechnet:

$$w = \frac{5 \cdot r_k \cdot \ell^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$w = \frac{5 \cdot 51{,}0\ \text{kN/m}^2 \cdot 0{,}28^4\ \text{m}^4 \cdot 12}{384 \cdot 1{,}1 \cdot 10^7\ \text{kN/m}^2 \cdot 0{,}021^3\ \text{m}^3 \cdot 1\ \text{m/m}} = 0{,}0005\ \text{m} = 0{,}5\ \text{mm}$$

mit $E_{0,mean}$ = 1,1 · 10^7 kN/m² für NH, C 24, parallel zur Faser (DIN 1052).

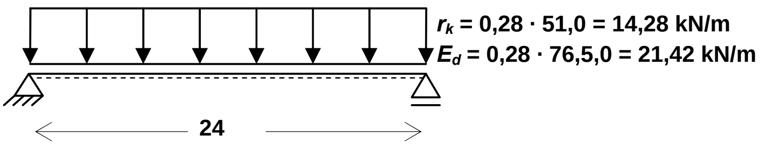
Der Nachweis der Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202 erfolgt nach der Bemessung der gesamten Schalungskonstruktion.

---

b) Nachweis der Sparschalung

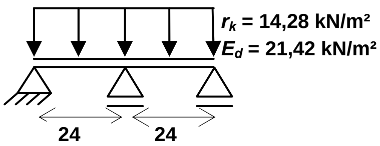
Statisches System: Einfeldträger

Der Abstand der Längsträger beträgt 24 cm.



Statisches System: Zweifeldträger

für die Schubbemessung:



Für die Schubbemessung ist hier der Zweifeldträger das ungünstigere statische System.

Schubbemessung

Maximale Querkraft $V_{r,d}$ nach *Gleichung (2.18)*

$$V_{r,d} = 1{,}25 \cdot \frac{E_d \cdot \ell}{2} = 1{,}25 \cdot \frac{21{,}42\ \text{kN/m}^2 \cdot 0{,}24\ \text{m}}{2} = 3{,}21\ \text{kN}$$

Maximale Schubspannung τ_d mit *Gleichung (2.16)*

$$\tau_d = \frac{1{,}5 \cdot V_{r,d}}{A} = \frac{1{,}5 \cdot 3{,}21\ \text{kN}}{0{,}12\ \text{m} \cdot 0{,}03\ \text{m}} = 1.338{,}8\ \text{kN/m}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1.338{,}8\ \text{kN/m}^2}{1.076{,}9\ \text{kN/m}^2} = 1{,}24 > 1{,}0 \qquad \text{(Nachweis nicht erfüllt)}$$

Da die Schubspannungen zu groß sind, muss ein genauerer Nachweis geführt werden. Die Querkraft nimmt ab der Auflagerkante nicht mehr zu, sondern wird zur Auflagermitte hin kleiner (*Bild 1*). Deshalb kann hier mit der lichten Weite zwischen den Kantholzträgern als Spannweite gerechnet werden. Da die Spannweite ℓ in *Gleichung (2.18)* linear eingeht, kann die Schubspannung im Verhältnis des lichten Abstands ℓ' zum Achsmaß der Kantholzträger proportional abgemindert werden. Der lichte Abstand ℓ' der senkrechten Kantholzträger berechnet sich dafür zu:

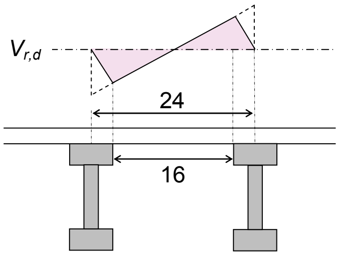


Bild 1 Querkraftverlauf

$$\ell' = 24\text{ cm} - 8\text{ cm} = 16\text{ cm}$$

$$\tau_d' = 1.338{,}8\text{ kN/m}^2 \cdot \frac{16\text{ cm}}{24\text{ cm}} = 892{,}5\text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\tau_d'}{f_{v,d}} = \frac{892{,}5\text{ kN/m}^2}{1.076{,}9\text{ kN/m}^2} = 0{,}83 < 1{,}0 \qquad \text{(Nachweis erfüllt)}$$

Bemessungswert der Schubspannung

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

$$f_{v,d} = 2.000\text{ kN/m}^2 \cdot \frac{0{,}7}{1{,}3}$$

$$f_{v,d} = 1.076{,}9\text{ kN/m}^2$$

Biegebemessung

Maximales Moment $M_{r,d}$

$$M_{r,d} = \frac{E_d \cdot \ell^2}{8} = \frac{21{,}42\text{ kN/m} \cdot 0{,}24^2\text{ m}^2}{8} = 0{,}15\text{ kNm}$$

Vorhandene Spannung $\sigma_{m,d}$ nach *Gleichung (2.13)*

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_n} = \frac{0{,}15\text{ kNm} \cdot 6}{0{,}03^2\text{ m}^2 \cdot 0{,}12\text{ m}} = 8.568{,}0\text{ kN/m}^2$$

für Festigkeitsklasse NH, C 24, Vollholz

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{8.568{,}0\text{ kN/m}^2}{1{,}0 \cdot 12.923{,}1\text{ kN/m}^2} = 0{,}66 < 1{,}0$$

mit Kippbeiwert k_m = 1,0

Kippbeiwert k_m

Für den Kippbeiwert gilt k_m = 1,0, wenn die Ersatzstablänge ℓ_{ef} < 140 · b^2/h ist.

Auf eine Ermittlung der Ersatzstablänge ℓ_{ef} nach DIN 1052 wird verzichtet. Sie wird näherungsweise zu $\ell_{ef} \approx \ell$ angenommen.

Entsprechend ihrer Größenordnung erfüllt sie für die Planlatten der Stützenschalung die obige Bedingung:

Für eine Planlatte 3/12 cm mit der Spannweite ℓ = 24 cm gilt: ℓ_{ef} < 140 · 0,12²/0,03 = 67,2 m; $\ell_{ef} \approx$ l = 0,24 m < 67,2 m.

Bemessungswert der Biegespannung

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = 24.000 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{0{,}7}{1{,}3}$$

$$f_{m,d} = 12.923{,}1 \text{ kN/m}^2$$

Berechnung der Durchbiegung *w*

Nach *Gleichung (2.17)* wird die Durchbiegung *w* mit der charakteristischen Einwirkung ohne Teilsicherheitsbeiwert berechnet.

$$w = \frac{5 \cdot r_k \cdot \ell^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$w = \frac{5 \cdot 14{,}28 \text{ kN/m} \cdot 0{,}24^4 \text{ m}^4 \cdot 12}{384 \cdot 1{,}1 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2 \cdot 0{,}03^3 \text{ m}^3 \cdot 0{,}12 \text{ m}} = 0{,}0002 \text{ m} = 0{,}2 \text{ mm}$$

mit $E_{0,mean}$ = 1,1 · 10^7 kN/m² für NH, C 24, parallel zur Faser (DIN 1052).

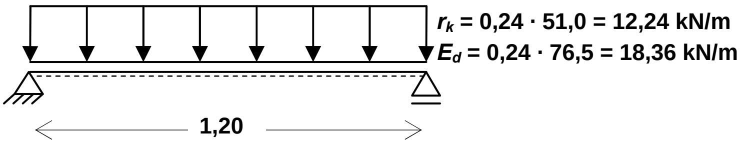
Die Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202 werden für die Gesamtkonstruktion nachgewiesen (siehe *Übungsbeispiel 4.6*).

---

c) Nachweis der senkrechten Träger

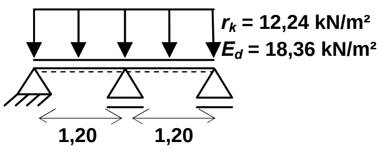
Statisches System: Einfeldträger

Der Gurtungsabstand beträgt ℓ = 1,20 m.



Statisches System: Zweifeldträger

für die Schubbemessung:



Prinzipiell wird der Bemessung das statische System des Einfeldträgers zugrunde gelegt, solange es auf der sicheren Seite liegt. Für die Schubbemessung ist jedoch der Zweifeldträger das ungünstigere statische System und wird hier zugrunde gelegt.

Schubbemessung

Maximale Querkraft $V_{r,d}$ nach *Gleichung (2.18)*

$$V_{r,d} = 1{,}25 \cdot \frac{E_d \cdot \ell}{2} = 1{,}25 \cdot \frac{18{,}36 \text{ kN/m} \cdot 1{,}20 \text{ m}}{2} = 13{,}77 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert nach *Tabelle 2.18* für Holzschalungsträger H 20 beträgt V_d = 16,5 kNm

$$\frac{V_{r,d}}{V_d} = \frac{13{,}77\text{ kN}}{16{,}5\text{ kN}} = 0{,}83 < 1{,}0$$

Tabelle 1 Bemessungswerte für Holzschalungsträger H 20 (*Tabellen 2.15 und 2.17*)

Bemessungswerte	Zulässige Lasten
V_d = 16,5 kN	zul Q = 11 kN
$M_{n,d}$ = 7,5 kNm	zul M = 5 kNm
$E \cdot I$ = 450 kNm²	

Biegebemessung

Maximales Moment $M_{r,d}$

$$M_{r,d} = \frac{E_d \cdot \ell^2}{8} = \frac{18{,}36\text{ kN/m} \cdot 1{,}20^2\text{ m}^2}{8} = 3{,}30\text{ kNm}$$

Die Gurtungen stellen die Auflager der Gitterträger dar. Nach *Tabelle 2.17* beträgt damit der Bemessungswert des Moments für Holzschalungsträger H 20 M_d = 7,5 kNm.

$$\frac{M_{r,d}}{M_d} = \frac{3{,}30\text{ kNm}}{7{,}5\text{ kNm}} = 0{,}47 < 1{,}0$$

Berechnung der Durchbiegung

Nach *Gleichung (2.17)* wird die Durchbiegung w mit der charakteristischen Einwirkung ohne Teilsicherheitsbeiwert berechnet.

$$w = \frac{5 \cdot r_k \cdot \ell^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

Nach *Tabelle 2.17* gilt für Holzschalungsträger H 20 $E \cdot I$ = 450 kNm².

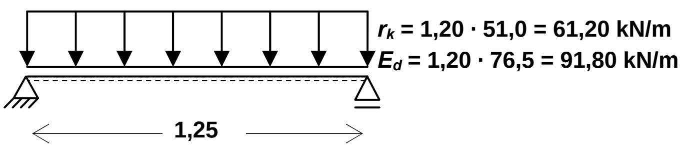
$$w = \frac{5 \cdot 12{,}24\text{ kN/m} \cdot 1{,}20^4\text{ m}^4}{384 \cdot 450\text{ kNm}^2} = 0{,}0007\text{ m} = 0{,}7\text{ mm}$$

---

d) Nachweis der Gurtungen

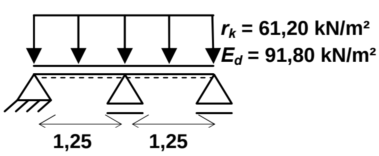
Statisches System: Einfeldträger

Der größte Ankerabstand beträgt bei einer Elementbreite von 2,50 m ℓ =1,25 m. Bei einhäuptigen und ankerlosen Wandschalungen werden die Abstützböcke immer entsprechend den Ankerabständen angeordnet.



Statisches System: Zweifeldträger

für die Schubbemessung:



Für die Schubbemessung ist hier der Zweifeldträger das ungünstigere statische System.

Schubbemessung

Die maximale Querkraft $V_{r,d}$ wird nach *Gleichung (2.18)* berechnet zu:

$$V_{r,d} = 1{,}25 \cdot \frac{E_d \cdot \ell}{2} = 1{,}25 \cdot \frac{91{,}80 \text{ kN/m} \cdot 1{,}25 \text{ m}}{2} = 71{,}72 \text{ kN}$$

Die maximale Schubspannung τ_d für Stahlprofile ergibt sich nach *Gleichung (5.4)* berechnet zu:

$$\tau_d = \frac{V_{r,d} \cdot S_y}{I_y \cdot t} = \frac{71{,}72 \text{ kN} \cdot 2 \cdot 24{,}5 \text{ cm}^3}{2 \cdot 206 \text{ cm}^4 \cdot 2 \cdot 0{,}85 \text{ cm}}$$

$$\tau_d = 5{,}0175 \text{ kN/cm}^2 = 50.175 \text{ kN/m}^2 = 50{,}175 \text{ N/mm}^2$$

Schubspannung τ_d für Stahlprofile (*Gleichung 5.4*)

$$\tau_d = \frac{V_{r,d} \cdot S_y}{I_y \cdot t}$$

Für Stahl S 235 entsprechend St 37 gilt die Streckgrenze $f_{y,k}$ = 240 N/mm². Die Grenznormalspannung ist:

$$\sigma_{R,d} = f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{1{,}1} = 218{,}2 \text{ N/mm}^2$$

mit γ_M = 1,1. Die Grenzschubspannung ist:

$$\tau_{R,d} = \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \frac{218{,}2 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}} = 126{,}0 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{\tau_{R,d}} = \frac{50.175 \text{ kN/m}^2}{126.000 \text{ kN/m}^2} = 0{,}40 < 1{,}0$$

Stahlprofile S 235 (St 37) für Gurtungen in Wandschalungen:

2 U100:

$I_y = 2 \cdot 206 \text{ cm}^4$, $W_y = 2 \cdot 41{,}2 \text{ cm}^3$, $S_y = 2 \cdot 24{,}5 \text{ cm}^3$, $t = 2 \cdot 8{,}5$ mm, $E \cdot I_y = 865{,}2 \text{ kNm}^2$

Biegebemessung

Maximales Moment $M_{r,d}$

$$M_{r,d} = \frac{E_d \cdot \ell^2}{8} = \frac{91{,}8 \text{ kN/m} \cdot 1{,}25^2 \text{ m}^2}{8} = 17{,}93 \text{ kNm}$$

Die vorhandene Biegespannung $\sigma_{y,d}$ für Stahlprofile wird berechnet nach *Gleichung (5.5)* zu:

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{r,d}}{W_y} = \frac{17{,}93 \text{ kNm}}{2 \cdot 41{,}2 \text{ cm}^3} = 2.176{,}0 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{y,d}}{\sigma_{R,d}} = \frac{2.176{,}0 \text{ kN/m}^2}{218.200 \text{ kN/m}^2} = 0{,}01 < 1{,}0$$

Biegespannung σ_d für Stahlprofile (*Gleichung 5.5*)

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{r,d}}{W_y}$$

Vergleichsspannung σ_V für Stahlprofile (*Gleichung 5.6*)

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_{y,d}^2 + \tau_d^2}$$

Die Vergleichsspannung σ_V ergibt sich nach *Gleichung (5.6)* aus

$$\sigma_V = \sqrt{2.176{,}0^2 + 50.175^2} = 50.222{,}2 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_V}{\sigma_{R,d}} = \frac{50.222{,}2 \text{ kN/m}^2}{218.200 \text{ kN/m}^2} = 0{,}23 < 1{,}0$$

Berechnung der Durchbiegung

Nach *Gleichung (2.17)* wird die Durchbiegung w mit der charakteristischen Einwirkung ohne Teilsicherheitsbeiwert berechnet:

$$w = \frac{5 \cdot r_k \cdot \ell^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$w = \frac{5 \cdot 61{,}20 \text{ kN/m} \cdot 1{,}25^4 \text{ m}^4}{384 \cdot 865{,}2 \text{ kNm}^2} = 0{,}0022 \text{ m} = 2{,}2 \text{ mm}$$

---

e) Nachweis der Ebenheitstoleranzen

Zunächst muss die Summe der größten Durchbiegungen an der jeweils ungünstigsten Stelle berechnet werden. Als größte Durchbiegungen wurden berechnet:

- Für die Schalhaut w = 0,5 mm
- Für die Sparschalung w = 0,2 mm
- Für die senkrechten Träger w = 0,7 mm
- Für die Gurtungen w = 2,2 mm

Berechnung des Messpunktabstands *m*

Der Messpunktabstand m beträgt nach *Gleichung (2.27)*:

$$m_1 = \sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2} = \sqrt{1{,}20^2 \text{ m}^2 + 1{,}25^2 \text{ m}^2} = 1{,}73 \text{ m} > 1{,}50 \text{ m}$$

mit den Spannweiten

- der senkrechten Träger ℓ_1 = 1,20 m (Gurtungsabstand) und
- der Gurtungen ℓ_2 = 1,25 m (Ankerabstand bzw. Abstand der Abstützböcke).

Nachweis der Ebenheitstoleranzen

Die Summe der Durchbiegungen $\Sigma\, w$ für den Messpunktabstand m = 1,73 m ergibt sich zu:

$$\sum w = \sum \left(w_{Schalhaut} + w_{Sparschalung} + w_{Träger} + w_{Gurtung}\right)$$

$$\sum w = 0{,}5 \text{ mm} + 0{,}2 \text{ mm} + 0{,}7 \text{ mm} + 2{,}2 \text{ mm} = 3{,}6 \text{ mm}$$

Nach Zeile 7 der *Tabelle 2.6* gilt für den ungünstigeren Messpunktabstand von m = 1,50 m ein maximales Stichmaß von zul $s \leq 4$ mm. Der genaue Wert für zul s für den Messpunktabstand m_1 = 1,73 m kann nach *Tabelle 2.6* interpoliert werden. Damit ist nach *Gleichung (2.28)* mit

$$\sum w = 3{,}6 \text{ mm} < 4 \text{ mm} = \text{zul } s$$

der Nachweis der Ebenheitstoleranzen gemäß Zeile 7 erbracht. Die Anforderungen der Zeilen 5 und 6 sind ebenso eingehalten.

---

f) Nachweis der Ankerkraft

Bei einer einhäuptigen und ankerlosen Wandschalung ist der Nachweis der Ankerkraft entbehrlich. Hier wird der Nachweis der Ankerkraft für eine doppelhäuptige Schalung geführt. Die Ankerkraft entspricht der zweifachen maximalen Querkraft V_d der Gurtung als Einfeldträger:

$$F_N = V_{r,d,Gurtung} \cdot \frac{2}{1{,}25} = 71{,}72 \cdot \frac{2}{1{,}25} = 114{,}75 \text{ kN} < 135{,}0 \text{ kN} = F_{N,d,Anker}$$

für einen Spannstab DYWIDAG Ø 15,0 mm nach *Tabelle 2.23*.

---

g) Nachweis der Holzpressung

Knoten: Senkrechte Träger auf horizontaler Gurtung

Die senkrechten Träger haben auf der horizontalen Gurtung eine Auflagerfläche von (*Bild 2*):

$$A_d = 2 \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}08 = 0{,}008 \text{ m}^2$$

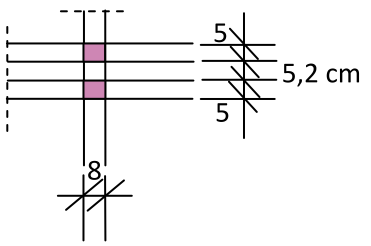


Bild 2 Auflagerfläche Träger – Gurtung

Die zu übertragende Kraft $F_{c,90,d}$ an dieser Stelle entspricht der Summe der Querkräfte von beiden Seiten im senkrechten Träger:

$$F_{c,90,d} = 2 \cdot 13{,}77 \text{ kN} = 27{,}54 \text{ kN}$$

Vorhandene Querdruckspannung $\sigma_{c,90,d}$:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_d} = \frac{27{,}54 \text{ kN}}{0{,}008 \text{ m}^2} = 3.442{,}5 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} = \frac{3.442{,}5 \text{ kN/m}^2}{3.600{,}0 \text{ kN/m}^2} = 0{,}96 < 1{,}0$$

mit dem Bemessungswert der Querdruckfestigkeit (Pressung quer zur Faser) für die Festigkeitsklasse C 24 von $f_{c,90,d}$ = 3,6 N/mm² nach *Abschnitt 2.7*.
