

$$A_{E,B} = \frac{R_{B,d}}{E_{d0}} = \frac{27,4 \text{ kN}}{7,58 \text{ kN/m}^2} = 3,6 \text{ m}^2$$

Die Stellfristen für diese Baustützen als Hilfsstützen wurden in *Übungsbeispiel 6.1* ermittelt.

b) Bemessung mit zulässigen Traglasten $F_{N,zul}$ der Baustützen

Gewählt wird eine Baustütze B 30 ($\ell_{max} = 3,00 \text{ m}$) mit $F_{N,zul} = 13,4 \text{ kN}$ (Tabelle 2.22). Die zulässige Traglast kann nach Gleichung (2.50) vergrößert werden, da die Baustütze mit $\ell = 2,60 \text{ m}$ nicht auf die maximale Länge ℓ_{max} ausgezogen werden muss.

B-Stützen:

$$F_{N,zul} = 40 \text{ kN} \cdot \frac{\ell_{max}}{\ell^2} = 40 \text{ kN} \cdot \frac{3,0 \text{ m}}{2,6^2 \text{ m}^2} = 17,7 \text{ kN} < 30 \text{ kN}$$

Für die Hilfsunterstützung mit einer Baustütze B 30 mit $F_{N,zul} = 17,7 \text{ kN}$ Traglast kann für die Deckenlast im Bauzustand folgende Einflussfläche A_E je Stütze erreicht werden:

$$A_{E,B} = \frac{F_{N,zul}}{E_0} = \frac{17,7 \text{ kN}}{5,0 \text{ kN/m}^2} = 3,5 \text{ m}^2$$

6.5 Bemessung einer Deckenschalung

Eine überschlägige Bemessung einer Deckenschalung ist mit Bemessungstabellen der Schalungshersteller möglich. Diese Tabellen eignen sich bei Deckenschalungen insbesondere für die Auswahl der Träger- und Stützenabstände und der Deckenstützen. Im Folgenden wird zunächst ein ausführliches Beispiel für die Bemessung einer Deckenschalung dargestellt. Danach folgen Bemessungsbeispiele mit Tabellen.

Übungsbeispiel 6.3

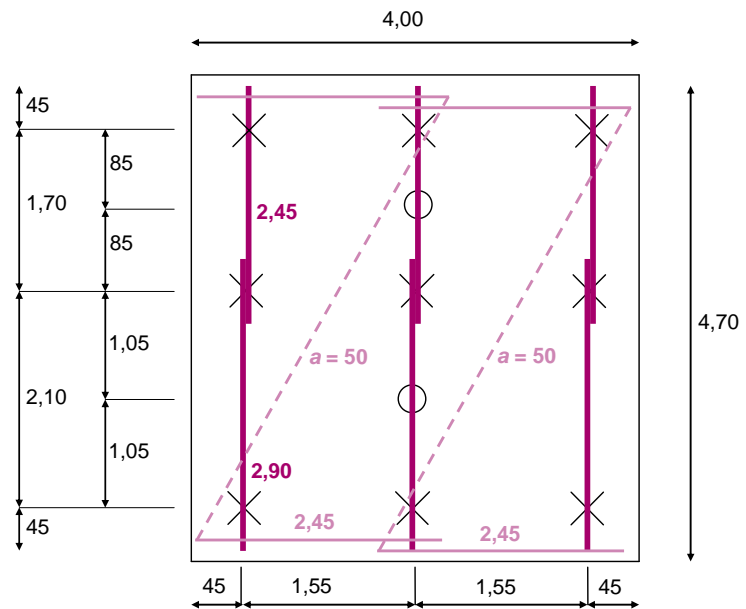
Grundriss-Entwurf der Schalung

In diesem Beispiel soll die Deckenschalung für den Grundriss eines Raumes mit den lichten Maßen $4,00 \text{ m} \cdot 4,70 \text{ m}$ geplant werden.

Konstruktion, Einsatzplanung und Bemessung einer Deckenschalung:

In Abschnitt 6.5 wird eine Deckenschalung ganzheitlich im Zusammenhang in den *Übungsbeispielen 6.3 bis 6.8* behandelt.

Grundriss-Entwurf und Aufbau der Schalung, Materialauswahl, Belastung



× Deckenstützen mit Stützbein und Gabelkopf

○ Zusätzliche Deckenstützen

— Jochträger H 20, Längen $L = 2,90$ m; $2,45$ m

— Querträger H 20, Abstand $a = 0,50$ m, Länge $L = 2,45$ m

Bild 6.21 Grundriss Deckenschalung

Bei der Auswahl der Holzschalungsträger muss geklärt werden, ob die Jochträger in Längs- oder Querrichtung angeordnet werden sollen. Bei dem kleinen Beispielgrundriss ist diese Auswahl unerheblich, jedoch bei großflächigen Grundrissen, wie beispielsweise von großen Stahlbeton-Skelettbauten mit mehreren Bauteilen und Geschossen, ist die Optimierung der Schalung durchaus sinnvoll, da nicht nur Anzahl und Längen der Träger, sondern auch die Anzahl der Stützen und deren Auslastung optimiert und damit nicht nur Material-, sondern vor allem Lohnkosten eingespart werden können. Der erfahrene Anwender der Schalungssysteme kann mithilfe von Software der Schalungshersteller durch Ausprobieren mehrerer Varianten den Materialeinsatz optimieren.

Für den Entwurf der Deckenschalung (*Bild 6.21*) sind folgende Kriterien wichtig:

- In einem geschlossenen Raum werden immer mindestens zwei Träger hintereinander verlegt und ungefähr mittig überlappend gestoßen. Dies gilt sowohl für Jochträger als auch für Querträger. Daraus ergeben sich immer zwei Randjoche und mindestens ein Mitteljoch.
- Die Querträger sollten nach Möglichkeit als Einfeldträger eingebaut werden, um das Ausschalen zu erleichtern.
- Am Trägerende und am Trägerstoß müssen Stützen mit Stützbein und Gabelkopf aufgestellt werden.
- Der Abstand der Randjoche und der Stützen am Jochträgerende ist von den Konstruktionsmaßen der Stützbeine abhängig. Hier wurde ein erforderlicher Abstand zur Wand von 45 cm gewählt.
- Als Jochträger wurden exemplarisch zweierlei Träger gewählt, da die Träger sich auf den Gabelköpfen um mindestens 30 cm überlappen müssen, um die Kippsicherung der Träger zu gewährleisten.
- Da die Randträger eine geringere Einflussfläche und damit eine geringere Belastung haben, werden dort zunächst keine zusätzlichen Deckenstützen vorgesehen.

Schalungsaufbau

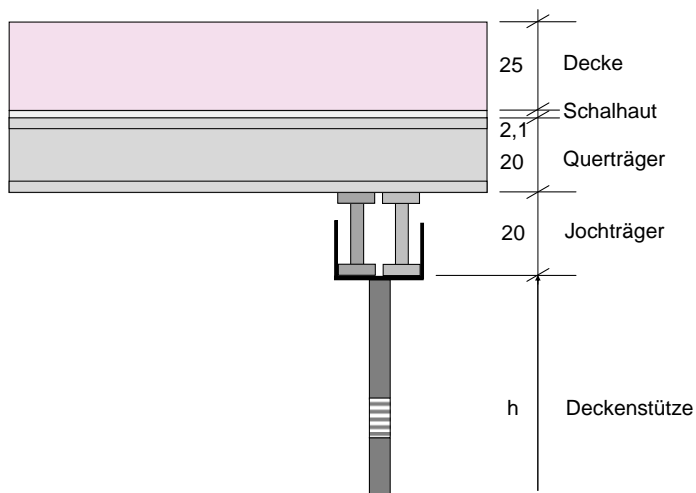


Bild 6.22 Querschnitt Deckenschalung

Eigengewicht Deckenschalung

Das Eigengewicht wird für Deckenschalungen

- mit Holzschalungsträgern H 20 zu $g = 0,30 \text{ kN/m}^2$ (System: DOKA Dokaflex),
- mit Holzschalungsträger GT 24 zu $g = 0,40 \text{ kN/m}^2$ (System: PERI Multiflex) angegeben.

Materialauswahl

Zur Verfügung stehendes Material:

- Schalhaut: Dreischichtenplatte $d = 21$ mm
- Träger: Holzschalungsträger H 20, $V_d = 16,5$ kN, $M_d = 7,5$ kNm und $E \cdot I = 450$ kNm²
- Deckenstützen

Belastung

Ständige Lasten: Eigengewicht der Schalung

$$\text{Schalung } g = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Zwischensumme ständige Lasten } g_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

Veränderliche Lasten: Verkehrslasten nach DIN EN 12812

$$\text{Decke, Frischbeton (Q}_2\text{)} q_{k,1} = 0,25 \text{ m} \cdot 26 \text{ kN/m}^3 = 6,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Bauarbeiten, Arbeitskräfte (Q}_2\text{)} q_{k,2} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

Zusatzlast Ortbeton (Q₄, min. 0,75 kN/m², max. 1,75 kN/m²)

$$q_{k,3} = 6,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,1 = 0,65 \text{ kN/m}^2 < 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Zwischensumme veränderliche Lasten } q_k = 8,00 \text{ kN/m}^2$$

Summe der Einwirkungen

$$r_k = g_k + q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2 + 8,00 \text{ kN/m}^2 = 8,30 \text{ kN/m}^2 \text{ (Gleichung 2.5),}$$

$$E_d = 1,35 \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 8,00 \text{ kN/m}^2 = 12,41 \text{ kN/m}^2$$

mit den Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_G = 1,35$ für ständige Einwirkungen und $\gamma_Q = 1,5$ für veränderliche Einwirkungen (Gleichung 2.9).

Verkehrslast nach DIN 4421 (alt)

auf eine quadratische Einflussfläche von $3 \text{ m} \cdot 3 \text{ m}$ Grundfläche 20 % der Betoneigenlast, mindestens jedoch $1,5 \text{ kN/m}^2$, maximal $5,0 \text{ kN/m}^2$, hier gilt mit $6,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,2 = 1,30 \text{ kN/m}^2$:

$$q_k = 1,50 \text{ kN/m}^2 > 1,30 \text{ kN/m}^2 \text{ und}$$

$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ auf die restlichen Betonierflächen.

Einflussfläche der Verkehrslasten

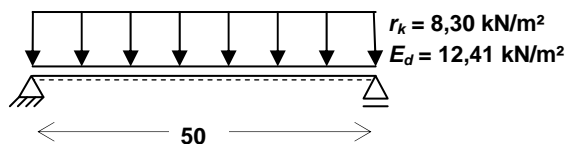
Die quadratische Einflussfläche von $3 \text{ m} \cdot 3 \text{ m}$ Grundfläche für die Verkehrslasten nach DIN EN 12812 oder DIN 4421 ist im Allgemeinen größer als die Einflussfläche aller Konstruktionselemente wie Träger und Stützen. Die Lastannahmen bezogen auf diese Einflussfläche werden daher bei Deckenschalungen in der Regel maßgebend.

Nachweis der Schalhaut

Übungsbeispiel 6.4

Statisches System: Einfeldträger

Der Querträgerabstand wird mit $\ell = 50$ cm angenommen.



Schubbemessung

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

$$V_{r,d} = 1,25 \cdot \frac{E_d \cdot \ell}{2} = 1,25 \cdot \frac{12,41 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m}}{2} = 3,88 \text{ kN/m}$$

Maximale Schubspannung τ_d mit Gleichung (2.16)

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_{r,d}}{A} = \frac{1,5 \cdot 3,88 \text{ kN/m}}{0,021 \text{ m} \cdot 1 \text{ m/m}} = 277,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{277,1 \text{ kN/m}^2}{592,3 \text{ kN/m}^2} = 0,47 < 1,0 \text{ nach Gleichung (2.15)}$$

Biegebemessung

Maximales Moment $M_{r,d}$:

$$M_{r,d} = \frac{E_d \cdot \ell^2}{8} = \frac{12,41 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5^2 \text{ m}^2}{8} = 0,39 \text{ kNm/m}$$

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

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{r,d}}{W_n} = \frac{0,39 \text{ kNm/m} \cdot 6}{0,021^2 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m/m}} = 5306,1 \text{ kN/m}^2$$

Für eine Dreischichtenplatte 3-S-Platte (Fichte) mit der Nenndicke von 21 mm nach Tabelle 2.7 gilt zu $\sigma_{15\%} = 5,9 \text{ N/mm}^2 = 5.900 \text{ kN/m}^2$. Der Bemessungswert ergibt sich dann aus den Gleichungen (2.30) und (2.32) zu:

$$f_{m,d} = 0,875 \cdot \text{zul } \sigma_{15\%} \cdot \gamma_F$$

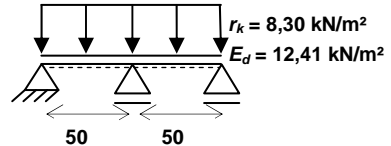
$$f_{m,d} = 0,875 \cdot 5.900 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 = 7.743,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{5.306,1 \text{ kN/m}^2}{1,0 \cdot 7.743,8 \text{ kN/m}^2} = 0,69 < 1,0 \text{ nach Gleichung (2.12):}$$

mit $k_m = 1,0$.

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 vorausgesetzt, wenn dieser Fall nicht ausgeschlossen werden kann.

Bemessungswert der Schubspannung für Dreischichtenplatten (Fichte)

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

$$f_{v,d} = 1.100 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{0,7}{1,3}$$

$$f_{v,d} = 592,3 \text{ kN/m}^2$$

mit $f_{v,k} = 1.100 \text{ kN/m}^2$ nach DIN 1052 für Sperrholz der Biegefestigkeitsklasse F25/10 parallel zur Faserrichtung der Deckfurniere. Herstellerangaben über die Schubfestigkeit von Dreischichtenplatten liegen nicht vor.

Berechnung der Durchbiegung

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

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

Dreischichtenplatte (Fichte)

E-Modul längs (parallel zur Faser) Holzfeuchte 15 %: $E_{mean} = 0,800 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$.

Holzfeuchte 20 %

$$E_{mean} = 0,733 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$$

E-Modul quer (senkrecht zur Faser)

Holzfeuchte 15 %:

$$E_{mean} = 0,107 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$$

Holzfeuchte 20 %

$$E_{mean} = 0,098 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$$

Für eine Dreischichtenplatte 3-S-Platte (Fichte) mit der Nenndicke von 21 mm nach Tabelle 2.7 gilt $E_{mean} = 8.000 \text{ N/mm}^2 = 0,8 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$. Für eine Holzfeuchtigkeit von 20 % ergibt sich der Bemessungswert dann aus Gleichung (2.33) zu:

$$E_{20\%} = 0,9167 \cdot E_{mean}$$

$$E_{20\%} = 0,9167 \cdot 0,8 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2 = 0,733 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$w = \frac{5 \cdot 8,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5^4 \text{ m}^4 \cdot 12}{384 \cdot 0,733 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,021^3 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ m/m}}$$

$$w = 0,0012 \text{ m} = 1,2 \text{ mm}$$

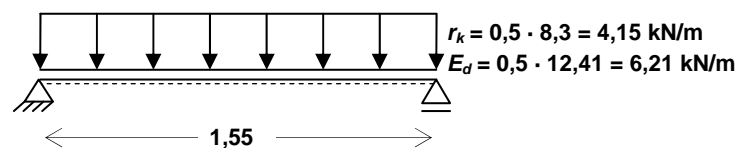
Die Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202 werden für die Gesamtkonstruktion nachgewiesen (siehe Übungsbeispiel 6.7).

Nachweis der Querträger

Übungsbeispiel 6.5

Statisches System: Einfeldträger

Der Jochträgerabstand beträgt $\ell = 1,55 \text{ m}$.



Schubbemessung

Die Querträger werden als Einfeldträger verlegt. Als ungünstigster Fall wird daher hier der Einfeldträger der Schubbemessung zugrunde gelegt.