

Schwingungsbemessung von Wohnungsdecken aus Holz

Paul Grunder c/o Paul Grunder AG, Ingenieur- und Planungsbüro für Holzbau, 9053 Teufen AR

Das Schwingen hat in der Gebrauchstauglichkeitsbetrachtung erste Priorität, denn die heutigen Nutzer wünschen sich „Beton-ähnliche“ Verhältnisse.

Wenn wir nicht wollen, dass beim Begehen von Böden die Gläser in den Gestellen klirren oder Mitbewohner im Schlaf gestört werden, muss die Eigenschwingung der Konstruktion begrenzt werden. Diese Schwingungen im Bereich von 1 bis ca. 35 Hz (Hertz) kann man nicht hören, aber spüren. Ideale Böden in Wohnungen sollten eine Eigenschwingung von rund 8 Hz aufweisen.

Die rechnerische Erfahrung zeigt Abhängigkeiten, die in einfache Formeln umgearbeitet werden können.

Ein wichtiger Parameter ist die dauernde Durchbiegung aus dem Eigengewicht und der quasi ständigen Nutzlast. Die DIN 1052:2008 begrenzt diese auf 6 mm. Dies ergibt eine Eigenfrequenz von rund 7.2 Hz. Diese Verformung sollte nach unserer Erfahrung aber nicht grösser sein als 5 mm. Dies ergibt eine Eigenfrequenz von rund 8.0 Hz.

$$w_g + \psi w_q = 5 \text{ mm}$$

- g : Eigengewicht resp. ständige Einwirkung aber ohne Zwischenwände und Auflasten
- p : quasi ständige Nutzlast; sie beträgt im Wohnungsbau 2.0 kN/m^2
- Ψ beträgt nach Norm 0.3, folglich 30% der Nutzlast von 2.0 kN/m^2 , also 0.6 kN/m^2

Wir suchen immer die erforderliche Tragwerkshöhe h bei vorgegebener Breite b . Folglich kann die Durchbiegungsformel entsprechend umgestellt und algebraisch gekürzt werden.

Die Normen sehen vor, dass bei Zweifeldträgern das Verhältnis zwischen beiden Feldern einbezogen werden kann. Dies bewährt sich in der Praxis nicht, denn in einer Wohnung richtet sich die Trägerdimension nach dem ungünstigsten Umstand und das ist mit grösster Wahrscheinlichkeit immer ein Einfeldträger.

Material sparen lohnt sich nicht und wenn wir die Abstufungen der Erhältlichkeit betrachten, schon gar nicht.

Hauptformel für Einfeldbalken und Platten

$$\text{Balkenhöhe allgemein : } h = \sqrt[3]{\frac{5 \times a \times (g + 0.6) \times \ell^4 \times 12}{384 \times 11000 \times b \times 5}}$$

Wobei:

$$\text{Durchbiegung } W = \frac{5 \times q \times \ell^4}{384 \times E \times J}$$

$$\text{Flächenmoment 2. Grades } J_z : J_z = \frac{b \times h^3}{12}$$

Gekürzte Hauptformel

$$h = \sqrt[3]{\frac{a \times (g + p) \times \ell^4}{352000 \times b}}$$

Wobei

a = Trägerabstand in m, bei Vollholzplatten und Verbundquerschnitten ist a = 1.0 m

b = Trägerbreite

h = Trägerhöhe

g = Ständige Einwirkung

p = quasi ständige Einwirkung, nämlich 0.6 kN/m²

ℓ = Spannweite in mm

Beispiel 1, Balkenlage mit Bretterboden min 20 mm

Spannweite ℓ = 5.0 m, Balkenabstand a = 0.6 m, Ständige Einwirkung g = 1.8 kN/m², Nutzlast nach Norm 2.0 kN/m², quasi ständige Nutzlast q = 0.6 kN/m², Balkenbreite b = 120 mm

$$h = \sqrt[3]{\frac{0.6 \times (1.8 + 0.6) \times 5000^4}{352000 \times 120}} = 277 \text{ mm}$$

Ein Balken von 120 / 280 genügt den Anforderungen. Weitere Nachweise sind nicht erforderlich.

Da Brettschichtholz nur in Abstufungen von 40 mm und andere Querschnitte nur in Abstufungen von 20 mm in Handel erhältlich sind, macht es keinen Sinn, diese Annäherungsrechnung noch zu differenzieren. Mit etwas gesundem Menschenverstand kann der Praktiker sich entscheiden.

Beispiel 2 Vollholzplatte, Stöße mit Doppelkamm und kreuzweise verschraubt.

Spannweite ℓ = 5.0 m, Vollholzplatte, Ständige Einwirkung g = 2.4 kN/m² (**Achtung: Platten sind schwerer als Balkenlagen**), Nutzlast nach Norm 2.0 kN/m², quasi ständige Nutzlast q = 0.6 kN/m², Plattenbreite b = 1000 mm

$$h = \sqrt[3]{\frac{1.0 \times (2.4 + 0.6) \times 5000^4}{352000 \times 1000}} = 174 \text{ mm}$$

Eine Platte von 180 mm genügt den Anforderungen.

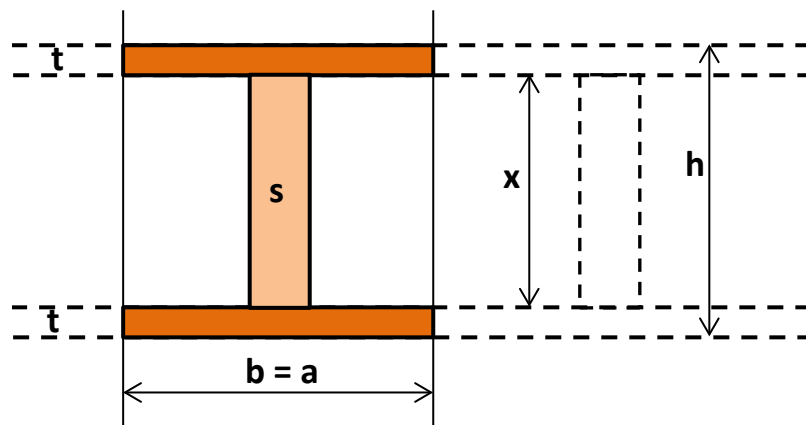
Es sind für Holzdecken im Wohnungsbau keine weiteren Berechnungen, wie die Bestimmung der 1.Eigenfrequenz, die Berechnung der Steifigkeit oder der Nachweis der Schwingungsbeschleunigung erforderlich.

Wenn wir anstelle von Balkendecken oder Vollholzelementen Hohlkasten oder Rippenplatten verwenden, wählen wir folgendes Vorgehen :

Wir müssen beachten, dass die Haupttragrichtung der Platten parallel zu den Stegen verläuft.

Bei Dreischichtplatten wird dies quer zur Rippe gefährlich, denn in dieser Richtung ist die Tragfähigkeit- und Gebrauchstauglichkeit auf die Mittellage reduziert. **Bei Hohlkasten oder Rippenplatten mit Dreischichtplatten muss quer zur Haupttragrichtung eine Last verteilende zusätzliche Platte eingebaut werden ! Bei Hohlkasten oder Rippenplatten mit Furnierschichtholz kann meist darauf verzichtet werden.**

Bei Hohlkasten oder Rippenplatten wird zur Schwingungsbemessung ein fiktives Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment J_z) ermittelt. Dabei wird es heutzutage kaum mehr jemanden in den Sinn kommen, die Verbindung zwischen Platte und Steg nicht zu verkleben. Der Rippenabstand sollte nicht grösser als 1/10 der Spannweite oder 20 x die Dicke der Beplankung sein. Dann darf als mitwirkende Breite der Stegabstand eingesetzt werden. Wir dürfen auch davon ausgehen, dass die E-Moduli von Steg und Platten identisch sind. Der „Trägerabstand“ a , ist die Belastungsbreite.



$$J = \frac{(b \times h^3) - ((b - s) \times x^3)}{12}$$

Beispiel 3 Hohlkasten , Werte wie Beispiele 1 und 2

Beplankung 27 mm KERTO-Q, Steg 60 mm C24, Belastungsbreite 0.5 m, Steghöhe 140 mm, Kastenhöhe 194 mm

$$\text{Ersatzbalken } h = \sqrt[3]{\frac{0.5 \times (1.8 + 0.6) \times 5000^4}{352000 \times 120}} = 261 \text{ mm} ; J = 177.8 \times 10^6$$

$$J = \frac{(500 \times 194^3) - (440 \times 140^3)}{12} = 203.6 \times 10^6 > 177.8 \times 10^6$$

Der Hohlkasten genügt.

P.S. Der Praktiker weiss, dass Hohlkästen mit 27 mm Beplankung ca. $\frac{3}{4}$ so hoch werden wie einfache Balken.