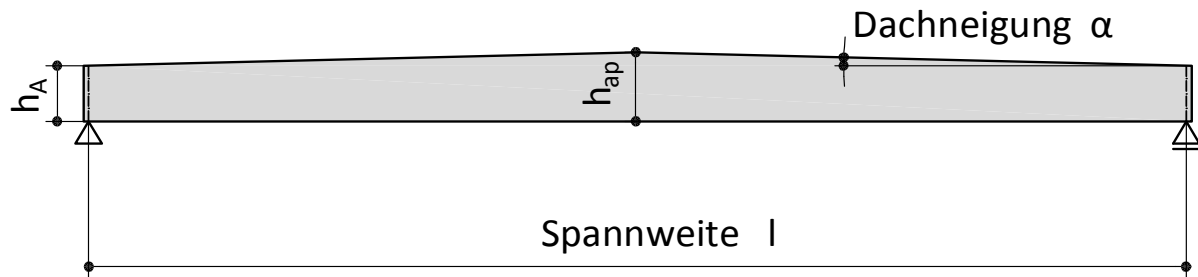


Satteldachbinder mit geradem Untergurt

Geometrie- und Materialkennwerte



Spannweite

$$l = 25,0 \text{ m}$$

Dachneigung

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{\text{Neigung}}{100}\right) = \text{atan}\left(\frac{2,5\%}{100}\right) = \text{atan}\left(\frac{2,5}{100}\right) = 1,43^\circ$$

Querschnittswerte

$$b = 18 \text{ cm}$$

$$h_A = 130 \text{ cm}$$

$$h_{ap} = h_A + \frac{l}{2} \cdot 10^{-2} \cdot \tan(\alpha) = 130 + \frac{25,0}{2} \cdot 10^{-2} \cdot \tan(1,43) = 161,2 \text{ cm}$$

Festigkeitsklasse

$$\text{Holz} = \text{GL28c}$$

Klima

Nutzungsstufe 1 (trockener Innenraum)

Statisches System

Gelenkig gelagerter Einfeldträger

Einwirkungen

charakteristisch

$$\text{Ständig } g_k = 6,61 \text{ kN/m}$$

$$\text{Schnee } s_k = 4,32 \text{ kN/m}$$

$$\text{Winddruck } w_k = 0,83 \text{ kN/m}$$

Einwirkungskombinationen

E1

$$\begin{aligned} e_d &= 1,35 * g_k + 1,50 * s_k \\ &= 1,35 * 6,61 + 1,50 * 4,32 \\ &= 15,40 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Nutzungsstufe 1, KLED kurz --> $k_{mod} = 0,90$
= maßgebend für Biegebemessung des Dachbinders

E2

$$\begin{aligned} e_{2,d} &= 1,35 * g_k + 1,50 * (s_k + 0,6 * w_k) \\ &= 1,35 * 6,61 + 1,50 * (4,32 + 0,6 * 0,83) \\ &= 16,15 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Nutzungsstufe 1, KLED kurz/sehr kurz $k_{mod} = 1,0$
Trotz des höheren Zahlenwertes für die Linienlast e_d
wird die Einwirkungskombination nicht
bemessungsmaßgebend, da k_{mod} günstiger ist.

Schnittgrößen

Auflagerkraft

$$A_d = \frac{e_d * l}{2} = \frac{15,40 * 25,0}{2} = 192,5 \text{ kN}$$

Biegemoment
in Feldmitte

$$M_{ap,d} = \frac{e_d * l^2}{8} = \frac{15,40 * 25,0^2}{8} = 1203 \text{ kNm}$$

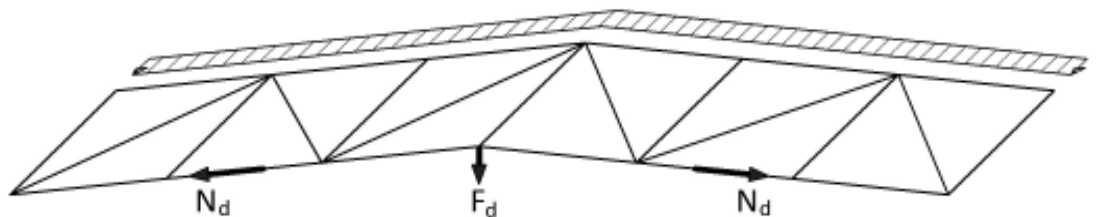
$k_{mod} = 0,90$

Umlenkkraft
im First aus
Aussteifungs-
verband

(aus Pos. ...)

Zugkraft im Gurt $N_d = 47,90 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} F_d &= 2 * N_d * \sin(\alpha) \\ &= 2 * 47,90 * \sin(1,43) \\ &= 2,39 \text{ kN} \end{aligned}$$

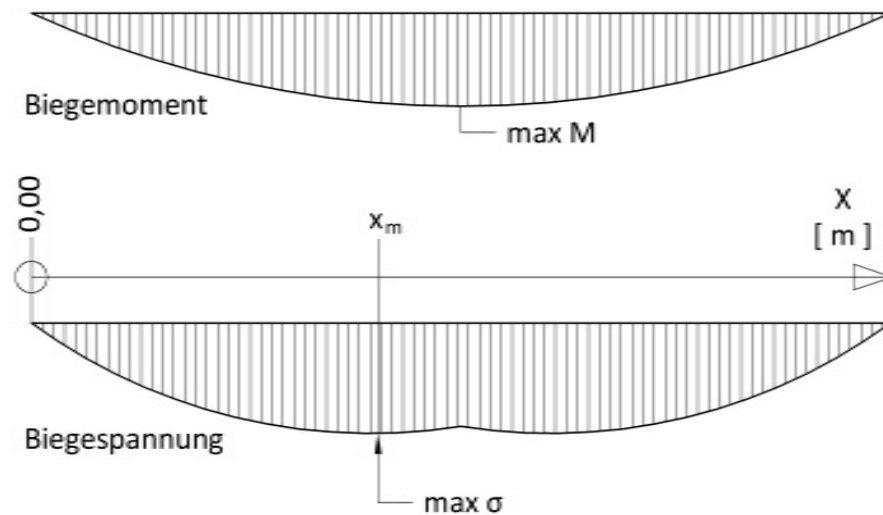


Biegemoment
infolge
Umlenkraft

$$M_{ap2,d} = \frac{F_d \cdot l}{4} = \frac{2,39 \cdot 25,0}{4} = 14,9 \text{ MNm}$$

Stelle x_m [m]
der größten
Biegespannung

$$x_m = \frac{l \cdot h_A}{2 \cdot h_{ap}} = \frac{25,0 \cdot 130}{2 \cdot 161,2} = 10,08 \text{ m}$$



Binderhöhe
an der Stelle x_m

$$h_x = h_A + \frac{2 \cdot x_m}{l} \cdot (h_{ap} - h_A) = 155,2 \text{ cm}$$

Biegemoment
an der Stelle x_m

$$\begin{aligned} M_d &= A_d \cdot x_m - e_d \cdot \frac{x_m^2}{2} + M_{ap2,d} \cdot \frac{x_m}{0,5 \cdot l} \\ &= 192,5 \cdot 10,08 - 15,40 \cdot \frac{10,08^2}{2} + 14,9 \cdot \frac{10,08}{0,5 \cdot 25,0} = 1170 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tragfähigkeitsnachweise

Maximale Biegezugspannung an der Stelle x_m

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h_x^2} \cdot 10^3 = \frac{6 \cdot 1170}{18 \cdot 155,2^2} \cdot 10^3 = 16,19 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{\frac{k_{\text{mod}}}{1,3} \cdot f_{m,k}} = \frac{16,19}{\frac{0,90}{1,3} \cdot 28,0} = 0,84 < 1$$

Anmerkung: Die tatsächliche Biegespannung ist wegen der veränderlichen Querschnittshöhe nicht mehr linear über die Querschnittshöhe verteilt. Im konkreten Beispiel ergibt sich auf der Biegezugseite des Querschnitts eine Spannungsvergrößerung. In EC 5-1-1 wird diese Vergrößerung unter der stillschweigenden Annahme vernachlässigt, dass der Winkel, mit dem sich die Binderhöhe verändert, sehr klein ist. Diese Vereinfachung ist nur für Neigungswinkel $\alpha < 10^\circ$ abgesichert.

Maximale Biegedruckspannung an der Stelle x_m

Annahme: Der gedrückte Rand des Binders sei kontinuierlich gehalten, beispielsweise durch Dachtrapezbleche, die als Schubfeld ausgebildet werden.

Weiter unten wird dieser Tragfähigkeitsnachweis noch einmal geführt unter der Annahme, dass der gedrückte Rand seitlich ausweichen kann.

Abminderungs-

beiwert für Druckspannungen entlang des angeschnittenen Randes [EC 5-1-1, Gl. (6.40)]

$$k_{m,a} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,k}}{f_{v,k}} \cdot \tan(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{m,k}}{f_{c,90,k}} \cdot (\tan(\alpha))^2\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{28,0}{3,50} \cdot \tan(1,43)\right)^2 + \left(\frac{28,0}{2,7} \cdot (\tan(1,43))^2\right)^2}} = 0,981$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{\frac{k_{\text{mod}}}{1,3} \cdot k_{m,a} \cdot f_{m,k}} = \frac{16,19}{\frac{0,90}{1,3} \cdot 0,981 \cdot 28,0} = 0,85 < 1$$

Biegespannung im Firstquerschnitt

Für einen Satteldachbinder mit geradem Untergurt vereinfacht sich EC 5-1-1, Gl. (6.43) zu:

$$\begin{aligned}k_1 &= 1 + 1,4 * \tan(\alpha) + 5,4 * (\tan(\alpha))^2 \\ &= 1 + 1,4 * \tan(1,43) + 5,4 * (\tan(1,43))^2 = 1,038\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{m,d} &= k_1 * \frac{6 * (M_{ap,d} + M_{ap2,d})}{b * h_{ap}^2} * 10^3 \\ &= 1,038 * \frac{6 * (1203 + 14,9)}{18 * 161,2^2} * 10^3 = 16,22 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{\frac{k_{mod}}{1,3} * f_{m,k}} = \frac{16,22}{\frac{0,90}{1,3} * 28,0} = 0,84 < 1$$

Querzugspannung im Firstbereich

Für einen Satteldachbinder mit geradem Untergurt vereinfacht sich EC 5-1-1, Gl. (6.56) zu:

$$k_p = 0,2 * \tan(\alpha) = 0,2 * \tan(1,43) = 0,005$$

Zugspannung
rechtwinklig
zur Faserrichtung

$$\begin{aligned}\sigma_{t,90,d} &= k_p * \frac{6 * (M_{ap,d} + M_{ap2,d})}{b * h_{ap}^2} * 10^3 \\ &= 0,005 * \frac{6 * (1203 + 14,9)}{18 * 161,2^2} * 10^3 = 0,078 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Zugfestigkeit quer $f_{t,90,k} = 0,5 \text{ N/mm}^2$

Bemessungs-
wert der
Querzug-
festigkeit

$$f_{t,90,d} = \frac{k_{mod}}{1,3} * f_{t,90,k} = \frac{0,90}{1,3} * 0,5 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

Beiwert EC 5-1-1, gl. (6.52)

$$k_{dis} = 1,4$$

Volumen-
faktor

EC 5-1-1, gl. (6.51)

$$V_0 = 0,01 * 10^6 = 10000 \text{ cm}^3$$

$$V = b * h_{ap}^2 = 18 * 161,2^2 = 467738 \text{ cm}^3$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{10000}{467738}\right)^{0,2} = 0,463$$

Nachweis EC 5-1-1, gl. (6.50)

$$\eta = \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,d}} = \frac{0,078}{1,4 * 0,463 * 0,35} = 0,34 < 1$$

Zur Aufnahme zusätzlicher klimabedingter Querzugspannungen werden grundsätzlich immer Verstärkungen gemäß EC 5-1-1, NCL NA.6.8.5 empfohlen, insbesondere ab einem Ausnutzungsgrad von $\eta = 0,80$.

Maximale Biegedruckspannung mit Biegedrillknicken (ehemals "Kippen") bei x_m

Annahme: Der gedrückte Rand des Binders kann seitlich ausweichen. Es wird ein Aussteifungsverband angeordnet, der den Binder in n gleich lange Kippfelder unterteilt:
 $n = 6,0$

Abstand der seitlichen Abstützungen

$$l_{ef} = \frac{l}{n} * 10^2 = \frac{25,0}{6,0} * 10^2 = 417 \text{ cm}$$

Querschnittshöhen im Kippfeld

$$\begin{aligned} h_{min} &= h_{ap} - \frac{l_{ef}/100}{l/2} * (h_{ap} - h_A) \\ &= 161,2 - \frac{417/100}{25,0/2} * (161,2 - 130) &= 150,8 \text{ cm} \\ h_{max} &= h_{ap} &= 161,2 \text{ cm} \\ h_{0,65} &= h_{min} + 0,65 * (h_{max} - h_{min}) = 150,8 + 0,65 * (161,2 - 150,8) &= 157,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{l_{ef} * h_{0,65}}{3,14 * b^2}} * \sqrt{\frac{f_{m,k}}{(E_{0,05} * G_{0,05} * 1,4)^{0,5}}} \\ &= \sqrt{\frac{417 * 157,6}{3,14 * 18^2}} * \sqrt{\frac{28,0}{(10500 * 600 * 1,4)^{0,5}}} &= 0,780 \end{aligned}$$

Kippschlankheit

$$k = \frac{l_{ef} * h_{0,65}}{b^2} = \frac{417 * 157,6}{18^2} = 203$$

Kippbeiwert [Schneider-Bautabellen, 20.Aufl., S. 9.32 oder EC 5-1-1, Gl. (6.34)]

$$\rightarrow k_{crit} = 0,98$$

Nachweis

$$\begin{aligned} \frac{\frac{M_d}{2} * 10^3}{b * h_x / 6} &= \frac{1170}{18 * 155,2 / 6} \\ k_{crit} * k_{m,a} * \frac{k_{mod}}{1,3} * f_{m,k} &= 0,98 * 0,981 * \frac{0,90}{1,3} * 28,0 &= 0,87 < 1 \end{aligned}$$