

# STATISCHER NACHWEIS

für MEISER HTS-Deckenbalken

nach ETA-Entwurf und DIN 1052: 2008-12

## Berechnung der Querschnittswerte

Teilsicherheitsbeiwert auf der Materialseite:	$\gamma_M = 1,3$
Teilsicherheitswert für die ständige Einwirkung:	$\gamma_G = 1,35$ (belastend)
Teilsicherheitswert für die veränderliche Einwirkung:	$\gamma_Q = 1,5$ (belastend)

Gurte: Nadelholz der Festigkeitsklasse C24 und höherwertig bzw. Brettschichtholz der Festigkeitsklasse GL24 und höherwertig; nach Einordnung in DIN 1052: 2008-12

$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$  (als Mindestwert für C24)

Charakteristische Tragfähigkeitswerte:

- $f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$  (Biegefestigkeit: Gurtrandspannung, als Mindestwert für C24)
- $f_{t,0,k} = 14 \text{ N/mm}^2$  (Zugfestigkeit: Schwerpunktspannung im Zuggurt, als Mindestwert für C24)
- $f_{v,k} = 33 \text{ N/mm}$  (Schubfluss zwischen HTS-Steg und Holz – Einstegträger)
- $f_{v,k} = 60 \text{ N/mm}$  (Schubfluss zwischen HTS-Steg und Holz - Doppelstegträger)

Verschiebungsmodul der Verbindung des HTS-Stegs mit dem Holz:

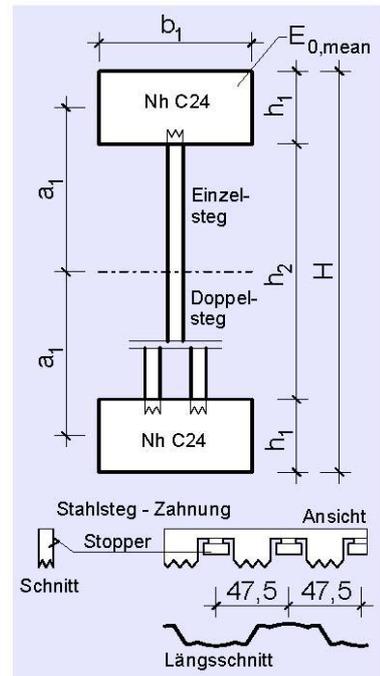
für den Tragfähigkeitsnachweis (Spannungsnachweise):

$K_U = 1700 \text{ N/mm}$

für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Durchbiegungsnachweise):  $K_{ser} = 2500 \text{ N/mm}$

Abstand der Stegzähne:	Einzelsteg	$s_{1(3)} = 47,50 \text{ mm}$
	Doppelsteg	$s_{1(3)} = 23,75 \text{ mm}$

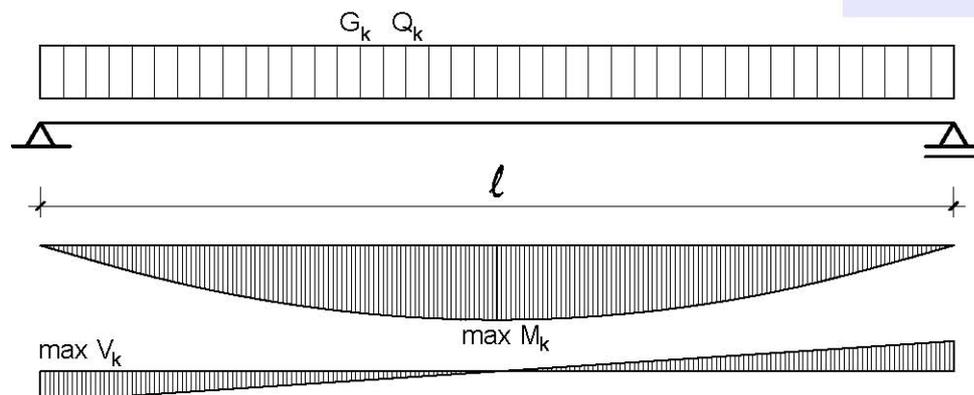
- H = Trägerhöhe
- $h_1$  = Gurthöhe ( $\geq 50 \text{ mm}$ )
- $h_2$  = Steghöhe (Nennmaß)
- $b_1$  = Gurtbreite
- $a_1$  = Abstand des Schwerpunkts des Gurtes von der Nulllinie



## Statisches System

$G_k$  = charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung

$Q_k$  = charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung



## Grenzzustände der Tragfähigkeit

$$k_{1,3} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot s_{1(3)}}{\ell^2 \cdot K_u} \quad \gamma_{1,3} = \frac{1}{1 + k_{1,3}}$$

$$I_{\text{ef}} = 2 \cdot \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + 2 \cdot \gamma_{1,3} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot a_1^2$$

$$\max M_d = (\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k) \cdot \ell^2 / 8$$

$$\max V_d = (\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k) \cdot \ell / 2$$

Klasse der Lasteinwirkungsdauer bei Deckenbalken: „mittel“

Nutzungsklasse 1:  $k_{\text{mod}} = 0,8$

Nutzungsklasse 2:  $k_{\text{mod}} = 0,8$

### Randspannung im Gurt

$$\sigma_{m,d} = \frac{\max M_d}{I_{\text{ef}}} \cdot \left( \gamma_{1,3} \cdot a_1 + \frac{h_1}{2} \right) \quad f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} \quad \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{mit } f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

### Schwerpunktspannung im Zuggurt

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{\max M_d}{I_{\text{ef}}} \cdot \gamma_{1,3} \cdot a_1 \quad f_{t,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} \quad \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \quad \text{mit } f_{t,0,k} = 14 \text{ N/mm}^2$$

(bei gehaltenem Druckgurt)

### Schubfluss in der Gurt-Steg-Verbindung

$$\tau_{v,d} = \frac{\max V_d}{I_{\text{ef}}} \cdot \gamma_{1,3} \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \quad f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \quad \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

mit  $f_{v,k} = 33 \text{ N/mm}$  für Einstegträger bzw.  $f_{v,k} = 60 \text{ N/mm}$  für Doppelstegträger ( $h_1 \geq 50 \text{ mm}$ )

Bei Überschreitung von  $f_{v,d}$ : Schubverstärkung z.B. mit aufgenagelten OSB/3-Platten

erforderliche Schubverstärkungslänge: 
$$\ell_{\text{req}} = \frac{\max V_d - V_d(f_{v,d})}{\max V_d} \cdot \frac{\ell}{2}$$

Die Dicke der Verstärkung und die Anzahl und Art der Verbindungsmittel sind nach DIN 1052: 2008-12 zu ermitteln.

### Vertikalkraft im Auflagerbereich

Steht eine große Einzellast direkt über dem Auflager (z.B. Einzelwand über dem Auflager), so kann folgender charakteristischer Wert für die Auflagerkraft angesetzt werden:

Endauflager:  $F_{V,E,Rk} = 15,0 \text{ kN}$

Zwischenaflager:  $F_{V,in,Rk} = 42,0 \text{ kN}$

### Verbindung Gurt-Steg auf Herausziehen

Wird die Verbindung Gurt-Steg auf Herausziehen beansprucht (z.B. durch eine untergehängte Decke) so kann folgender charakteristischer Wert angenommen werden:

$$f_{ax,k} = 1,0 \text{ N/mm} = 1,0 \text{ kN/m}$$

Entlastungsmöglichkeit durch zusätzliche Zugverbindung zum Obergurt.

## Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

$$k_{1,3} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot s_{1(3)}}{\ell^2 \cdot K_{\text{ser}}} \quad \gamma_{1,3} = \frac{1}{1 + k_{1,3}}$$

$$I_{\text{ef}} = 2 \cdot \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + 2 \cdot \gamma_{1,3} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot a_1^2$$

$$\max M_{G,k} = G_k \cdot \ell^2 / 8$$

$$\max M_{Q,k} = Q_k \cdot \ell^2 / 8$$

Nutzungsklasse 1:  $k_{\text{def}} = 0,6$

Nutzungsklasse 2:  $k_{\text{def}} = 0,8$

Nutzlasten Kategorie:	A	B	C	D	E
$\psi_2$ nach DIN 1055-100	0,3	0,3	0,6	0,6	0,8

### Anfangsdurchbiegung unter der veränderlichen Einwirkung

Hier empfiehlt DIN 1052: 2008-12 den Grenzwert  $w_{Q,\text{inst}} \leq \ell / 300$

$$w_{Q,\text{inst}} = \frac{\max M_{Q,k} \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}} \leq \frac{\ell}{300}$$

### Anfangsdurchbiegung unter der veränderlichen Einwirkung und Kriechverformung aus der ständigen und quasi-ständigen Einwirkung

Hier empfiehlt DIN 1052: 2008-12 den Grenzwert  $w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} \leq \ell / 200$

$$w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} = w_{G,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + w_{Q,\text{inst}} - w_{G,\text{inst}} = k_{\text{def}} \cdot w_{G,\text{inst}} + w_{Q,\text{inst}}$$

$$w_{G,\text{inst}} = \frac{(\max M_{G,k} + \psi_2 \cdot \max M_{Q,k}) \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}}$$

$$w_{Q,\text{inst}} = \frac{\max M_{Q,k} \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}}$$

$$w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} = k_{\text{def}} \cdot w_{G,\text{inst}} + w_{Q,\text{inst}} \leq \ell / 200$$

### Enddurchbiegung unter der ständigen und quasi-ständigen Einwirkung

Hier empfiehlt DIN 1052: 2008-12 den Grenzwert  $w_{\text{fin}} - w_0 \leq \ell / 200$

$$w_{G,\text{inst}} = \frac{(\max M_{G,k} + \psi_2 \cdot \max M_{Q,k}) \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}}$$

$w_0$  = Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden)

$$w_{\text{fin}} - w_0 = (1 + k_{\text{def}}) \cdot w_{G,\text{inst}} - w_0 \leq \ell / 200$$

### Schwingungsnachweis

Hier empfiehlt DIN 1052: 2008-12 den Grenzwert  $w_{\text{fin}} \leq 6 \text{ mm}$

$$w_{G,\text{inst}} = \frac{(\max M_{G,k} + \psi_2 \cdot \max M_{Q,k}) \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}}$$

$$w_{\text{fin}} = (1 + k_{\text{def}}) \cdot w_{G,\text{inst}} \leq 6 \text{ mm}$$

# STATISCHER NACHWEIS

für MEISER HTS-Dachpfetten

nach ETA-Entwurf und DIN 1052: 2008-12

## Berechnung der Querschnittswerte

Teilsicherheitsbeiwert auf der Materialseite:	$\gamma_M = 1,3$
Teilsicherheitswert für die ständige Einwirkung:	$\gamma_G = 1,35$ (belastend)
Teilsicherheitswert für die veränderliche Einwirkung:	$\gamma_Q = 1,5$ (belastend)

Gurte: Nadelholz der Festigkeitsklasse C24 und höherwertig bzw. Brettschichtholz der Festigkeitsklasse GL24 und höherwertig; nach Einordnung in DIN 1052: 2008-12

$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$  (als Mindestwert für C24)

Charakteristische Tragfähigkeitswerte:

- $f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$  (Biegefestigkeit: Gurtrandspannung, als Mindestwert für C24)
- $f_{t,0,k} = 14 \text{ N/mm}^2$  (Zugfestigkeit: Schwerpunktspannung im Zuggurt, als Mindestwert für C24)
- $f_{v,k} = 33 \text{ N/mm}$  (Schubfluss zwischen HTS-Steg und Holz – Einstegträger)
- $f_{v,k} = 60 \text{ N/mm}$  (Schubfluss zwischen HTS-Steg und Holz - Doppelstegträger)

Verschiebungsmodul der Verbindung des HTS-Stegs mit dem Holz:

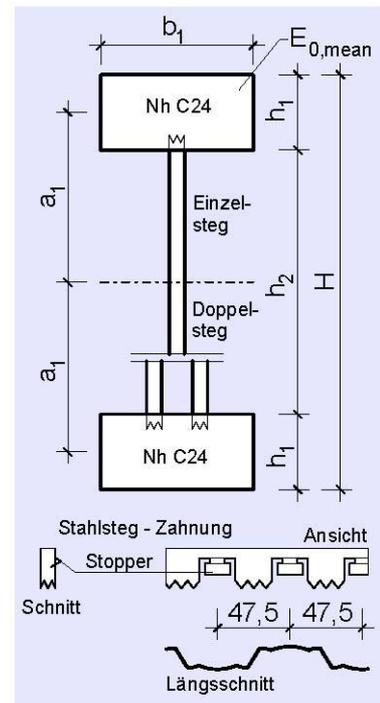
für den Tragfähigkeitsnachweis (Spannungsnachweise):

$K_U = 1700 \text{ N/mm}$

für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Durchbiegungsnachweise):  $K_{ser} = 2500 \text{ N/mm}$

Abstand der Stegzähne:	Einzelsteg	$s_{1(3)} = 47,50 \text{ mm}$
	Doppelsteg	$s_{1(3)} = 23,75 \text{ mm}$

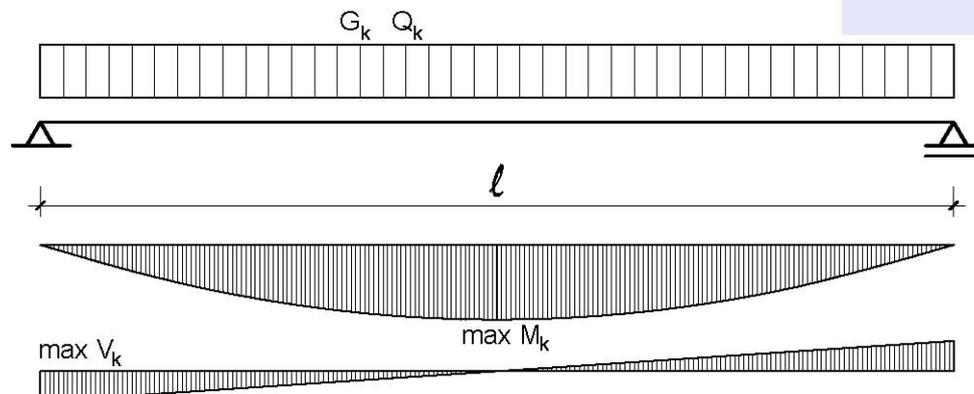
- H = Trägerhöhe
- $h_1$  = Gurthöhe ( $\geq 50 \text{ mm}$ )
- $h_2$  = Steghöhe (Nennmaß)
- $b_1$  = Gurtbreite
- $a_1$  = Abstand des Schwerpunkts des Gurtes von der Nulllinie



## Statisches System

$G_k$  = charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung

$Q_k$  = charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung



## Grenzzustände der Tragfähigkeit

$$k_{1,3} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot s_{1(3)}}{\ell^2 \cdot K_u} \quad \gamma_{1,3} = \frac{1}{1 + k_{1,3}}$$

$$I_{ef} = 2 \cdot \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + 2 \cdot \gamma_{1,3} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot a_1^2$$

$$\max M_d = (\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k1} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}) \cdot \ell^2 / 8$$

$$\max V_d = (\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k1} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}) \cdot \ell / 2$$

z.B.:  $Q_{k1}$  = Schneelast und  $Q_{k2}$  = Windlast

Klasse der Lasteinwirkungsdauer bei Dachpfetten: „kurz“

Nutzungsklasse 1:  $k_{mod} = 0,9$

Nutzungsklasse 2:  $k_{mod} = 0,9$

Nutzlasten:	Schnee $\leq$ 1000 m ü.NN	Schnee $>$ 1000 m ü.NN	Wind
$\psi_0$ nach DIN 1055-100	0,5	0,7	0,6

### Randspannung im Gurt

$$\sigma_{m,d} = \frac{\max M_d}{I_{ef}} \cdot \left( \gamma_{1,3} \cdot a_1 + \frac{h_1}{2} \right) \quad f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} \quad \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{mit } f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

### Schwerpunktspannung im Zuggurt

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{\max M_d}{I_{ef}} \cdot \gamma_{1,3} \cdot a_1 \quad f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} \quad \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \quad \text{mit } f_{t,0,k} = 14 \text{ N/mm}^2$$

(bei gehaltenem Druckgurt)

### Schubfluss in der Gurt-Steg-Verbindung

$$\tau_{v,d} = \frac{\max V_d}{I_{ef}} \cdot \gamma_{1,3} \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \quad f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \quad \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

mit  $f_{v,k} = 33 \text{ N/mm}$  für Einstegträger bzw.  $f_{v,k} = 60 \text{ N/mm}$  für Doppelstegträger ( $h_1 \geq 50 \text{ mm}$ )

Bei Überschreitung von  $f_{v,d}$ : Schubverstärkung z.B. mit aufgenagelten OSB/3-Platten

$$\text{erforderliche Schubverstärkungslänge: } \ell_{req} = \frac{\max V_d - V_d(f_{v,d})}{\max V_d} \cdot \frac{\ell}{2}$$

Die Dicke der Verstärkung und die Anzahl und Art der Verbindungsmittel sind nach DIN 1052: 2008-12 zu ermitteln.

### Verbindung Gurt-Steg auf Herausziehen

Wird die Verbindung Gurt-Steg auf Herausziehen beansprucht (z.B. durch eine untergehängte Dachschalung) so kann folgender charakteristischer Wert angenommen werden:

$$f_{ax,k} = 1,0 \text{ N/mm} = 1,0 \text{ kN/m}$$

Entlastungsmöglichkeit durch zusätzliche Zugverbindung zum Obergurt.

## Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

$$k_{1,3} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot s_{1(3)}}{\ell^2 \cdot K_{\text{ser}}} \quad \gamma_{1,3} = \frac{1}{1+k_{1,3}}$$

$$I_{\text{ef}} = 2 \cdot \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + 2 \cdot \gamma_{1,3} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot a_1^2$$

$$\max M_{G,k} = G_k \cdot \ell^2 / 8$$

$$\max M_{Q,k} = Q_{k1} \cdot \ell^2 / 8 + \psi_0 \cdot Q_{k2} \cdot \ell^2 / 8$$

Nutzlasten:	Schnee*) ≤ 1000 m ü.NN	Schnee*) > 1000 m ü.NN	Wind
$\psi_0$ nach DIN 1055-100	0,5	0,7	0,6
$\psi_2$ nach DIN 1055-100	0	0,2	0

\*) Eislasten analog Schneelasten

Nutzungsklasse 1:  $k_{\text{def}} = 0,6$

Nutzungsklasse 2:  $k_{\text{def}} = 0,8$

Ständige Lasten nach DIN 1055-1: 2002-06

Windlasten nach DIN 1055-4: 2005-03

Schneelast nach DIN 1055-5: 2005-07

eventuell: Eislast nach E DIN 1055-5: 2003-08

### Anfangsdurchbiegung unter der veränderlichen Einwirkung

Hier empfiehlt DIN 1052: 2008-12 den Grenzwert  $w_{Q,\text{inst}} \leq \ell / 300$

$$w_{Q,\text{inst}} = \frac{\max M_{Q,k} \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}} \leq \frac{\ell}{300}$$

### Anfangsdurchbiegung unter der veränderlichen Einwirkung und Kriechverformung aus der ständigen und quasi-ständigen Einwirkung

Hier empfiehlt DIN 1052: 2008-12 den Grenzwert  $w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} \leq \ell / 200$

$$w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} = w_{G,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + w_{Q,\text{inst}} - w_{G,\text{inst}} = k_{\text{def}} \cdot w_{G,\text{inst}} + w_{Q,\text{inst}}$$

$$w_{G,\text{inst}} = \frac{(\max M_{G,k} + \psi_2 \cdot \max M_{Q,k}) \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}}$$

$$w_{Q,\text{inst}} = \frac{\max M_{Q,k} \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}}$$

$$w_{\text{fin}} - w_{G,\text{inst}} = k_{\text{def}} \cdot w_{G,\text{inst}} + w_{Q,\text{inst}} \leq \ell / 200$$

### Enddurchbiegung unter der ständigen und quasi-ständigen Einwirkung

Hier empfiehlt DIN 1052: 2008-12 den Grenzwert  $w_{\text{fin}} - w_0 \leq \ell / 200$

$$w_{G,\text{inst}} = \frac{(\max M_{G,k} + \psi_2 \cdot \max M_{Q,k}) \cdot \ell^2}{9,6 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}}$$

$w_0$  = Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden)

$$w_{\text{fin}} - w_0 = (1 + k_{\text{def}}) \cdot w_{G,\text{inst}} - w_0 \leq \ell / 200$$