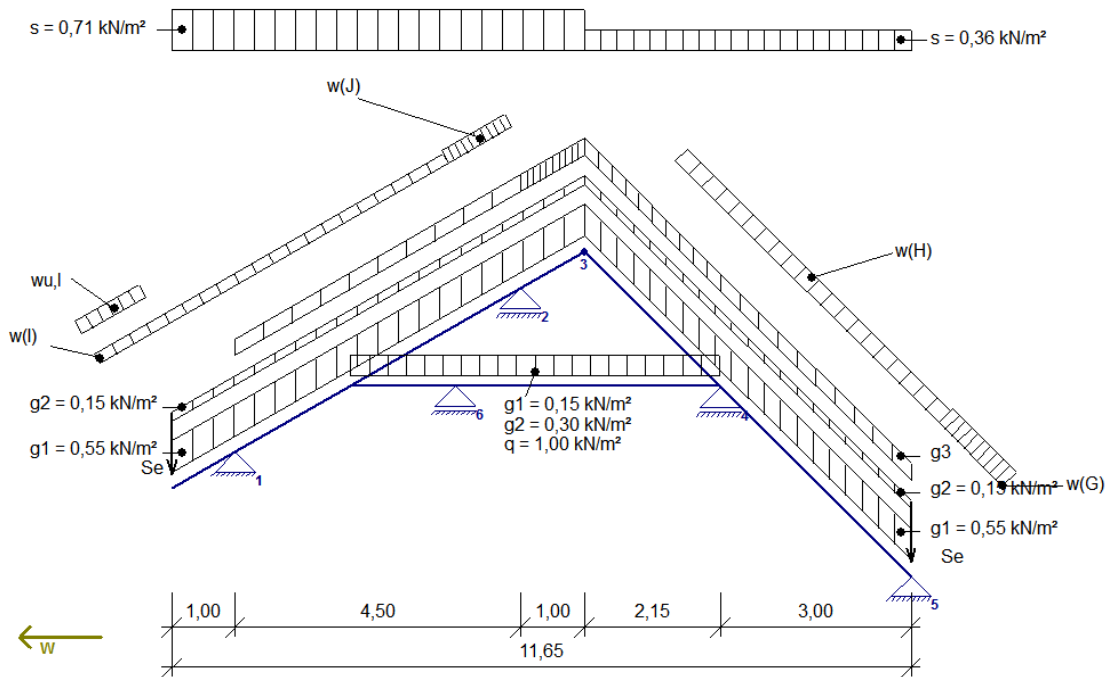
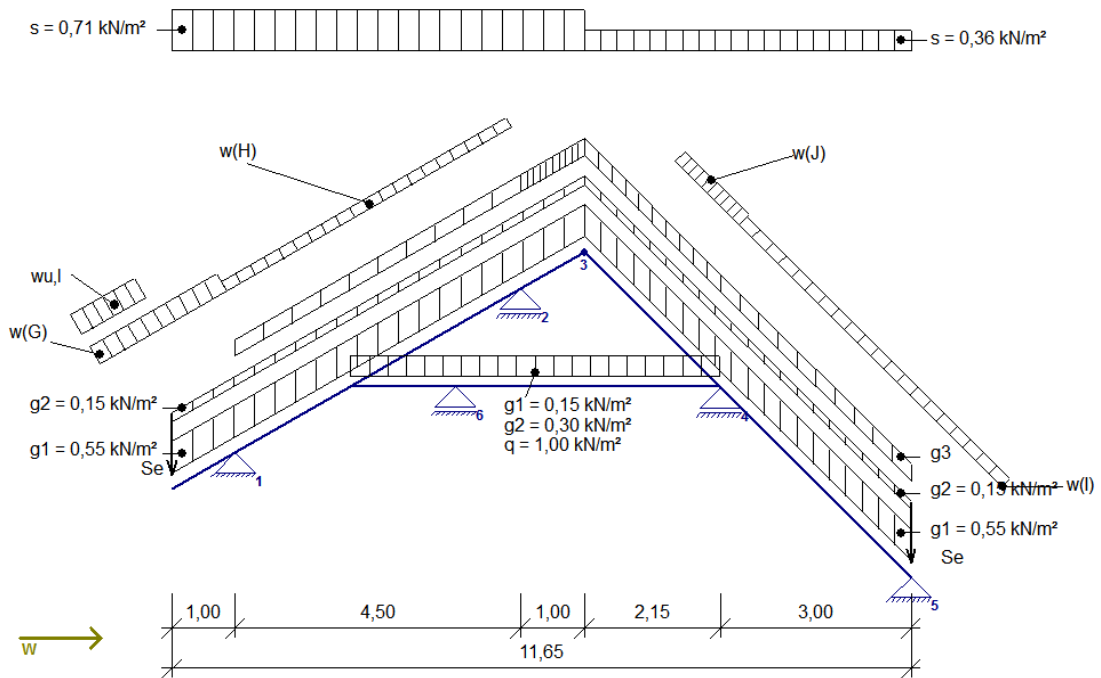


Position: 1 Beispiel für ein asymmetrisches Pfettendach mit Firstgelenk



**Systemwerte:**

Gebäudelänge = 10,0 m

**linke Dachseite:**

 Dachneigung = 30 °  
 Anzahl Felder = 2 °  
 Kragarm unten = 1,000 m  
 Klauentiefe = 3,0 cm

**rechte Dachseite:**

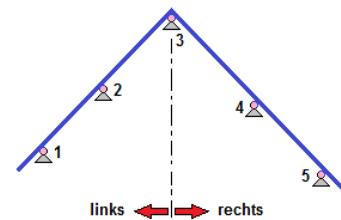
 Dachneigung = 45 °  
 Anzahl Felder = 2 °  
 Kragarm unten = 0,000 m  
 Klauentiefe = 3,0 cm

Feld	Feldlänge [m] (Grundlänge)
1	4,500
2	1,000

Feld	Feldlänge [m] (Grundlänge)
1	3,000
2	2,150

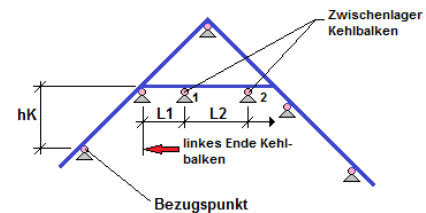
**Auflagerdefinition:**

Knoten	horizontale Lagerung	vertikale Lagerung
1	fest	fest
2	frei	fest
3	frei	frei
4	frei	fest
5	fest	fest


**Kehlbalken:**

 Höhenlage  $h_K = 1,050$  m

Der Kehlbalken ist einmal zusätzlich unterstützt.

 Abschnittslänge  $L_1 = 1,650$  m

**Belastung:**
**Eigengewichtslasten:**
**linke Dachseite:**

 Dacheindeckung = 0,55 kN/m<sup>2</sup> DFL  
 Konstruktion = 0,15 kN/m<sup>2</sup> DFL  
 Ausbaulast Kragarm = 0,00 kN/m<sup>2</sup> DFL  
 Ausbaulast Feld 1 = 0,30 kN/m<sup>2</sup> DFL  
 Ausbaulast Feld 2 = 0,30 kN/m<sup>2</sup> DFL

**rechte Dachseite:**

 Dacheindeckung = 0,55 kN/m<sup>2</sup> DFL  
 Konstruktion = 0,15 kN/m<sup>2</sup> DFL  
 Ausbaulast Feld 1 = 0,30 kN/m<sup>2</sup> DFL  
 Ausbaulast Feld 2 = 0,30 kN/m<sup>2</sup> DFL

 Konstruktion Kehlbalken = 0,15 kN/m<sup>2</sup>  
 Ausbau Kehlbalken = 0,30 kN/m<sup>2</sup>
**Schneelast: DIN 1055-5:2005-07**

 Schneelastzone = 2  
 Höhe A über NN = 300 m  
 Schneelast  $s_k = 0,89$  kN/m<sup>2</sup> GFL

**linke Dachseite:**

 Schneelast  $s = 0,71$  kN/m<sup>2</sup> GFL  
 $\mu_e = 0,80$  [-]  
 Schneeüberh.  $s_e$  (40%) = 0,068 kN/m  
 Kein Schneefanggitter vorhanden!

**rechte Dachseite:**

 Schneelast  $s = 0,36$  kN/m<sup>2</sup> GFL  
 $\mu_e = 0,40$  [-]  
 Schneeüberh.  $s_e$  (40%) = 0,017 kN/m  
 Kein Schneefanggitter vorhanden!

**Windlast: DIN 1055-4:2006-03**

Windzone = 1 (Binnenland)  
 Höhe über Grund = 8,000 m  
 Geschwindigkeitsdruck  $q_{ref}$  = 0,32 kN/m<sup>2</sup>  
 GelKategorie = nicht erforderlich, da vereinfachtes Verfahren!  
 Windstaudruck  $q$  = 0,50 kN/m<sup>2</sup>  
 Dachart = Satteldach  
 Unterwind am Traufüberstand wird berücksichtigt (unterer Kragarm)!  
 Giebelüberstand vorhanden --> Unterwind wird angesetzt (Sognachweis Randsparren)

**Außendruckbeiwerte  $c_{pe}$  und Windlasten  $w_{e,k}$ :**

Die Bereiche F und G werden von der Gebäudekante aus angesetzt (anstatt von der Traufkante).  
 Bei Sattel- und Walmdächern werden für die Bereiche F / G und H die positiven  $c_{pe}$ -Werte angesetzt.  
 Werte für  $w_{e,k}$  bei Anströmung unter 90° mit  $c_{pe}$ -Werten, sonst mit  $c_{pe,10}$ -Werten!

$e/10 = 1,00$  m       $e/4 = 2,50$  m  
 $e/10 (90^\circ) = 1,07$  m       $e/4 (90^\circ) = 2,66$  m       $e/2 (90^\circ) = 5,33$  m

**linke Dachseite:**

 Lasteinzugsfläche Sparren = 5,10 m<sup>2</sup>

Bereich	$c_{pe,10}$ [-]	$c_{pe,1}$ [-]	$c_{pe}$ [-]	$w_{e,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
G	0,70	0,70	0,70	0,35
H	0,40	0,40	0,40	0,20
I	-0,40	-0,40	-0,40	-0,20
J	-0,50	-0,50	-0,50	-0,25
F(90°)	-1,10	-1,50	-1,22	-0,61
G(90°)	-1,40	-2,00	-1,58	-0,79
H(90°)	-0,80	-1,20	-0,92	-0,46
Unterwind Luv	-0,80	-1,00	-0,86	-0,40
Unterwind Lee	0,50	0,50	0,50	-0,25

**rechte Dachseite:**

 Lasteinzugsfläche Sparren = 4,95 m<sup>2</sup>

Bereich	$c_{pe,10}$ [-]	$c_{pe,1}$ [-]	$c_{pe}$ [-]	$w_{e,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
G	0,70	0,70	0,70	0,35
H	0,60	0,60	0,60	0,30
I	-0,40	-0,40	-0,40	-0,20
J	-0,50	-0,50	-0,50	-0,25
F(90°)	-1,10	-1,50	-1,22	-0,61
G(90°)	-1,40	-2,00	-1,58	-0,79
H(90°)	-0,90	-1,20	-0,99	-0,50
Unterwind Luv	-0,80	-1,00	-0,86	-0,40
Unterwind Lee	0,50	0,50	0,50	-0,25

**Nutzlasten  $q$ :**

 Nutzlast  $q$  auf Kehlbalken = 1,00 kN/m<sup>2</sup>

KLED für Nutzlasten = mittel  
 Kategorie für Nutzlasten = E - Lagerräume

**Sonderlasten:**

 Einzellast  $Q_k$  (Mannlast) wird in ungünstiger Stellung berücksichtigt (Kragarm / Feld).

**Auflagerkräfte (charakt. Werte):**
**Auflagerkräfte [kN/m] für Grundlastfälle (Wind mit cpe,10)**

Lager	V LF g	H LF g	V LF s	H LF s	V LF w,li	H LF w,li	V LF w,re	H LF w,re	V LF q	H LF q
1	4,48	4,60	2,96	2,49	0,42	0,34	-0,70	0,47	-0,15	0,26
2	2,89	0,00	1,81	0,00	0,63	0,00	-0,74	0,00	-0,01	0,00
4	1,30	0,00	-1,23	0,00	-2,61	0,00	2,71	0,00	1,95	0,00
5	6,30	4,60	2,94	2,49	1,64	2,11	-1,25	2,05	-0,27	0,26
6	2,08	0,00	0,08	0,00	0,04	0,00	-0,03	0,00	4,29	0,00

**Auflagerkräfte [kN/m] für Windlastfälle (mit cpe-Werten), NB = Normalbereich, RB = Randbereich**

Lager	V w,li	H w,li	V w,re	H w,re	V w,90° NB	H w,90° NB	V w,90° RB	H w,90° RB
1	0,39	0,38	-0,70	0,47	-1,70	0,86	-3,88	2,07
2	0,63	0,00	-0,74	0,00	-1,51	0,00	-3,96	0,00
4	-2,64	0,00	2,71	0,00	-1,06	0,00	-2,17	0,00
5	1,66	2,14	-1,25	2,05	-1,22	0,03	-2,94	0,45
6	0,04	0,00	-0,03	0,00	-0,05	0,00	-0,11	0,00

**Holzbemessung nach DIN 1052-(2008)**
**Sparren links:**

(Werte in Klammern gelten für Nachweis an Stützen mit verringertem Querschnitt durch Klauen)

<b>b / h = 8,0 / 12,0 cm, e = 68,0 cm</b>	A = 96,0 (72,0) cm <sup>2</sup> iy = 3,5 cm <sup>2</sup>	Wy = 192,0 (108,0) cm <sup>3</sup> iz = 2,3 cm <sup>3</sup> ly = 1152,0 cm <sup>4</sup>
-------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------

**Sparren rechts:**

(Werte in Klammern gelten für Nachweis an Stützen mit verringertem Querschnitt durch Klauen)

<b>b / h = 8,0 / 16,0 cm, e = 68,0 cm</b>	A = 128,0 (104,0) cm <sup>2</sup> iy = 4,6 cm <sup>2</sup>	Wy = 341,3 (225,3) cm <sup>3</sup> iz = 2,3 cm <sup>3</sup> ly = 1152,0 cm <sup>4</sup>
-------------------------------------------	---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------

**Kehlbalken:**

(Querschnittswerte gelten auch bei zweiteiligen Kehlbalken je Träger!)

<b>b / h = 8,0 / 16,0 cm, e = 68,0 cm</b>	A = 160,0 cm <sup>2</sup> iy = 5,8 cm <sup>2</sup>	Wy = 533,3 cm <sup>3</sup> iz = 2,3 cm <sup>3</sup> ly = 5333,3 cm <sup>4</sup>
-------------------------------------------	-------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

**Nadelholz C24**

 E<sub>0,mean</sub> = 11000,000 N/mm<sup>2</sup>

 G<sub>mean</sub> = 690,000 N/mm<sup>2</sup>

 f<sub>m,k</sub> = 24,00 N/mm<sup>2</sup>

 f<sub>t,0,k</sub> = 14,00 N/mm<sup>2</sup>

 f<sub>c,0,k</sub> = 21,00 N/mm<sup>2</sup>

 f<sub>v,k</sub> = 2,00 N/mm<sup>2</sup>

 γ<sub>M</sub> = 1,300 [-]

### Bemessungsparameter:

- Nutzungsklasse NKL = 1
- $f_{v,d}$  wird in Bereichen  $x \geq 1,50$  m vom Hirnholzende nicht um 30% erhöht
- $zul.w_{Q,inst} = l/300$  (seltene Bemessungssituation)
- $zul.(w_{fin} - w_{G,inst}) = l/200$  (seltene Bemessungssituation)
- $zul.w_{fin} = l/200$  (quasi-ständige Bemessungssituation)
- Werte für  $zul.$  Durchbiegungen  $w$  werden bei Kragarmen verdoppelt!
- bei Kragarmen werden nur positive Durchbiegungen erfasst
- Kippnachweis wird nicht geführt! (Kippen durch Dachverschalung / Lattung verhindert)

### Nachweise linker Sparren:

Md + Nd Feld (Biegung):  $\eta = 0,24 < 1,00$  |  $max.Sigma,d$  = 4,13 N/mm<sup>2</sup>

Md + Nd Stütze (Biegung):  $\eta = 0,64 < 1,00$  |  $max.Sigma,d$  = 10,87 N/mm<sup>2</sup>

Querkraft (Schub):  $\eta = 0,26 < 1,00$  |  $max.Tau,d$  = 0,37 N/mm<sup>2</sup>

Knicken: kein Nachweis geführt!

Durchbiegung :  $max.\eta = 0,22 < 1,00$

$k_{,mod} = 0,90$  [-] (Feld),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,35 \cdot w_{,li} + 1,35 \cdot s$

$k_{,mod} = 0,90$  [-] (Stütze),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,35 \cdot w_{,li} + 1,35 \cdot s$

$k_{,mod} = 0,90$  [-] (Querkraft),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,35 \cdot w_{,li} + 1,35 \cdot s$

Md,S / Nd,S = -1,15 / -1,33 (Stütze) --> Grundkombination

Md,F / Nd,F = 0,79 / -0,09 (Feld) --> Grundkombination

Vd = 2,39 kN --> Grundkombination

ext.w,fin Feld = 0,37 cm (quasi-ständig)

ext.w<sub>Q,inst</sub> Feld = 0,17 cm

ext.(w,fin - w<sub>G,inst</sub>) Feld = 0,31 cm

ext.w,fin Kragarm, links = 0,16 cm (quasi-ständig)

ext.w<sub>Q,inst</sub> Kragarm, links = 0,17 cm

ext.(w,fin - w<sub>G,inst</sub>) Kragarm, links = 0,23 cm

### Nachweise rechter Sparren:

Md + Nd Feld (Biegung):  $\eta = 0,31 < 1,00$  |  $max.Sigma,d$  = 5,55 N/mm<sup>2</sup>

Md + Nd Stütze (Biegung):  $\eta = 0,52 < 1,00$  |  $max.Sigma,d$  = 9,03 N/mm<sup>2</sup>

Querkraft (Schub):  $\eta = 0,23 < 1,00$  |  $max.Tau,d$  = 0,33 N/mm<sup>2</sup>

Knicken: kein Nachweis geführt!

Durchbiegung :  $max.\eta = 0,22 < 1,00$

$k_{,mod} = 0,90$  [-] (Feld),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,50 \cdot Q_{k,Feld,re}$

$k_{,mod} = 0,90$  [-] (Stütze),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,35 \cdot w_{,re} + 1,35 \cdot s$

$k_{,mod} = 0,90$  [-] (Querkraft),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,35 \cdot w_{,re} + 1,35 \cdot s + 1,35 \cdot q$

Md,S / Nd,S = -1,98 / -2,56 (Stütze) --> Grundkombination

Md,F / Nd,F = 1,76 / -4,83 (Feld) --> Grundkombination

Vd = 2,78 kN --> Grundkombination

ext.w,fin Feld = 0,47 cm (quasi-ständig)

ext.w<sub>Q,inst</sub> Feld = 0,17 cm

ext.(w,fin - w<sub>G,inst</sub>) Feld = 0,35 cm

### Nachweise Kahlbalken:

Md + Nd Feld (Biegung):  $\eta = 0,31 < 1,00$  |  $max.Sigma,d$  = N/mm<sup>2</sup>

Querkraft (Schub):  $\eta = 0,18 < 1,00$  |  $max.Tau,d$  = 0,22 N/mm<sup>2</sup>

Knicken: kein Nachweis geführt!

Durchbiegung :  $max.\eta = 0,18 < 1,00$

$k_{,mod} = 0,80$  [-] (Biegung),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$   
 $k_{,mod} = 0,80$  [-] (Querkraft),  $LFK=1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$   
 $Md / Nd = 2,51 / -3,48$   
 $Vd = 2,38$  kN  
 $ext.w,fin = 0,34$  cm (quasi-ständig)  
 $ext.wQ,inst = 0,25$  cm  
 $ext.(w,fin - wG,inst) = 0,38$  cm

### Nachweis Auflagerpressung:

$f_{c,90,k} = 2,500$  N/mm<sup>2</sup> für Pfette  
 $k_{c,90} = 1,00$  [-] für Pfette  
max. Breite B der Pfette = 18,0 [cm]  
Überstand  $\ddot{u} = 30$  mm wird beidseitig angesetzt

### Nachweis linker Sparren:

Auflagerpressung:  $max.eta = 0,50 < 1,00$  |  $max.Sigma_{,90,d} = 0,86$  N/mm<sup>2</sup>  
Länge des Auflagers = 6,0 cm --> Lagerlänge =  $\min(B, Pfette / L, Klaue)$   
Breite des Auflagers = 14,0 cm  
 $max.Fd = 7,209$  kN  
 $k_{mod} = 0,9$  [-]

### Nachweis rechter Sparren:

Auflagerpressung:  $max.eta = 0,97 < 1,00$  |  $max.Sigma_{,90,d} = 0,86$  N/mm<sup>2</sup>  
Länge des Auflagers = 4,2 cm --> Lagerlänge =  $\min(B, Pfette / L, Klaue)$   
Breite des Auflagers = 14,0 cm  
 $max.Fd = 9,982$  kN  
 $k_{mod} = 0,9$  [-]

### Brandbemessung nach DIN 4102-22:

Brandbemessung erfolgt nach vereinfachtem Verfahren mit ideellen Restquerschnitten  
Bemessung erfolgt mit aussergewöhnlichen Einwirkungskombinationen nach DIN 1055-100  
Branddauer  $t_f = 30$  Minuten (F30, R30)  
dreiseitige Brandbeanspruchung  
Abbrandrate betan = 0,8 mm/min  
Abbrandtiefe  $d(t_f) = 24,0$  mm  
Sicherheitszuschlag  $d_0 = 7$  mm  
Abbrandtiefe, gesamt  $def = 31,0$  mm

### Sparren links: :

Holzbreite Brand = 1,8 cm  
Holzhöhe-Brand = 8,9 cm (Feld)  
Holzhöhe-Brand = 8,9 cm (Stütze)  
A-Brand = 16,0 cm<sup>2</sup> (Feld)  
Wy-Brand = 23,8 cm<sup>3</sup> (Feld)  
A-Brand = 16,2 cm<sup>2</sup> (Stütze)  
Wy-Brand = 24,3 cm<sup>3</sup> (Stütze)  
iy-Brand = 2,6 cm  
iz-Brand = 0,5 cm  
 $\gamma_M = 1,00$  [-]

$Md + Nd$  Feld (Biegung):  $eta = 0,69 < 1,00$  |  $max.Sigma_{,d} = 13,62$  N/mm<sup>2</sup>  
 $Md + Nd$  Stütze (Biegung):  $eta = 0,99 < 1,00$  |  $max.Sigma_{,d} = 19,54$  N/mm<sup>2</sup>  
Querkraft (Schub):  $eta = 0,56 < 1,00$  |  $max.Tau_{,d} = 0,90$  N/mm<sup>2</sup>  
Knicken: kein Nachweis geführt!

$$k_{fi} = 1,25 [-]$$

$$M_{d,S} / N_{d,S} = -0,46 / -0,83 \text{ (Stütze)} \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

$$M_{d,F} / N_{d,F} = 0,32 / -0,40 \text{ (Feld)} \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

$$V_d = 0,96 \text{ kN} \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

### Sparren rechts: :

$$\text{Holzbreite Brand} = 1,8 \text{ cm}$$

$$\text{Holzhöhe-Brand} = 12,9 \text{ cm (Feld)}$$

$$\text{Holzhöhe-Brand} = 12,9 \text{ cm (Stütze)}$$

$$A\text{-Brand} = 23,2 \text{ cm}^2 \text{ (Feld)}$$

$$W_y\text{-Brand} = 49,9 \text{ cm}^3 \text{ (Feld)}$$

$$A\text{-Brand} = 23,4 \text{ cm}^2 \text{ (Stütze)}$$

$$W_y\text{-Brand} = 50,7 \text{ cm}^3 \text{ (Stütze)}$$

$$i_y\text{-Brand} = 3,7 \text{ cm}$$

$$i_z\text{-Brand} = 0,5 \text{ cm}$$

$$\gamma_M = 1,00 [-]$$

$$M_d + N_d \text{ Feld (Biegung): } \eta = 0,73 < 1,00 \quad |\max.\sigma_{d}| = 15,78 \text{ N/mm}^2$$

$$M_d + N_d \text{ Stütze (Biegung): } \eta = 0,89 < 1,00 \quad |\max.\sigma_{d}| = 18,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Querkraft (Schub): } \eta = 0,49 < 1,00 \quad |\max.\tau_{d}| = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

Knicken: kein Nachweis geführt!

$$k_{fi} = 1,25 [-]$$

$$M_{d,S} / N_{d,S} = -0,86 / -4,44 \text{ (Stütze)} \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

$$M_{d,F} / N_{d,F} = 0,70 / -4,19 \text{ (Feld)} \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

$$V_d = 1,22 \text{ kN} \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

### Kehlbalken: :

$$\text{Holzbreite Brand} = 1,8 \text{ cm}$$

$$\text{Holzhöhe-Brand} = 16,9 \text{ cm}$$

$$A\text{-Brand} = 30,4 \text{ cm}^2$$

$$W_y\text{-Brand} = 85,7 \text{ cm}^3$$

$$i_y\text{-Brand} = 4,9 \text{ cm}$$

$$i_z\text{-Brand} = 0,5 \text{ cm}$$

$$\gamma_M = 1,00 [-]$$

$$M_d + N_d \text{ Feld (Biegung): } \eta = 0,98 < 1,00 \quad |\max.\sigma_{d}| = 19,78 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Querkraft (Schub): } \eta = 0,46 < 1,00 \quad |\max.\tau_{d}| = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

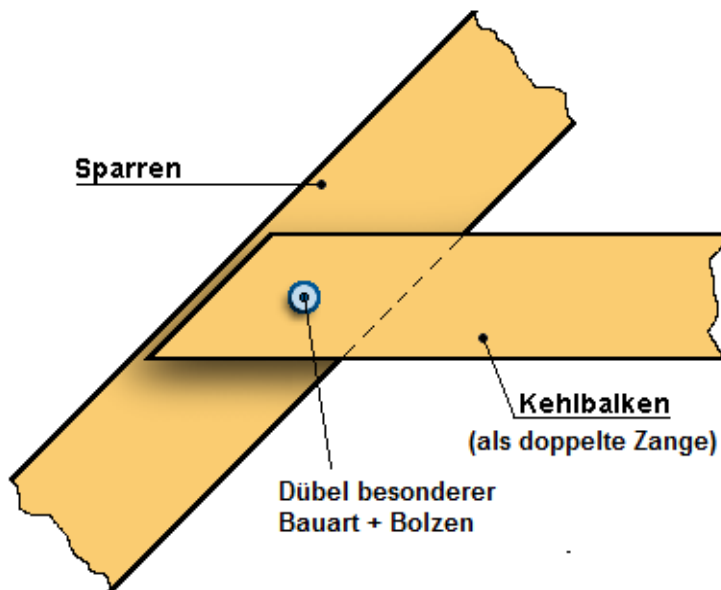
Knicken: kein Nachweis geführt!

$$k_{fi} = 1,25 [-]$$

$$M_d / N_d = 1,62 / -2,62 \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

$$V_d = 1,52 \text{ kN} \rightarrow \text{außergew.LFK}$$

## Nachweis des Kehlbalckenanschlusses



Kehlbalcken mit Dübeln bes. Bauart an Sparren angeschlossen

Dübeltyp = zweiseitiger Ringdübel A1-65mm

Einlass-/Einpresstiefe  $h_e = 15,0$  mm

Bolzen  $d = 10$  mm (Festigkeitsklasse 3.6)

Anzahl Dübel = 1

$\rho_{0,k} = 350,000$  kg/m<sup>3</sup>

$f_{c,90,k} = 2,500$  N/mm<sup>2</sup>

**linker Anschluss:**

$F_d = 7,12 \leq R_{d,tot} = 11,64$  kN

$R_{c,d}$  je Dübel und Scherfläche = 11,636 kN

**rechter Anschluss:**

$F_d = 7,20 \leq R_{d,tot} = 10,74$  kN

$R_{c,d}$  je Dübel und Scherfläche = 10,738 kN