

Pos. 101.2 KehlbalkenGK : 0NKL : 1Kehlbalkenabstand  $e_{KB}$  : 65,0 cm

Kehlbalken : Kantholz - KVH Nsi - S10 K TS, C24, (DIN 4074-1) - Fi/Ta - 8 / 20 cm

Verbindungsmittel : Bolzen, Sechskantschrauben mit Schaft und Muttern, M12 - 4.6 - DIN 601

d / l : 12 / 420 mm

Unterlegscheiben, M12 - DIN 1052

d<sub>2</sub> / d<sub>1</sub> / s : 58 / 14 / 6 mm

## 1.0 Lastannahmen (pro Kehlbalken)

## 1.1 Charakteristische Eigenlasten (DIN EN 1991-1-1)

(KLED: ständig)

## • Eigenlast Kehlbalkenlage (von unten nach oben)

1	untere Beplankung Gipskartonplatte	: $g_{k,i} * d_{BPL} * e_{KB}$	: 0,09 * 1,25 * 0,650	= 0,073 kN/m
2	Lattung	: $g_{k,i} * d_L * b_L * e_{KB} / e_L$	: 4,20 * 0,030 * 0,050 * 0,650 / 0,450	= 0,009 kN/m
3	Faserdämmung Mineralfaser	: $g_{k,i} * d_D * (e_L - b_L) * e_{KB} / e_L$	: 0,01 * 3,00 * ( 0,450 - 0,050 ) * 0,650 / 0,450	= 0,017 kN/m
4	Dampfsperre	: $g_{i,k} * e_{SP}$	: 0,07 * 0,650	= 0,046 kN/m
5	Kehlbalken	: $g_{i,k} * b_{KB} * d_{KB}$	: 4,20 * 0,080 * 0,200	= 0,067 kN/m
6	Faserdämmung	: $g_{i,k} * d_D * (e_{KB} - b_{KB})$	: 0,01 * 20,0 * ( 0,650 - 0,080 )	= 0,114 kN/m
				$g_{1z,k} = \underline{0,33} \text{ kN/m}$

## • Eigenlast Ausbau (von unten nach oben)

7	Holzschalung	: $g_{i,k} * d_{SCH} * e_{KB}$	: 4,20 * 0,018 * 0,650	= 0,049 kN/m
8	Trittschalldämmung Mineralfaser	: $g_{i,k} * d_{TS} * e_{KB}$	: 0,01 * 2,00 * 0,650	= 0,013 kN/m
9	Holzschalung Holzwerkstoff	: $g_{i,k} * d_{SCH} * e_{KB}$	: 0,09 * 1,60 * 0,650	= 0,094 kN/m
10	Fußbodenbelag Laminat	: $g_{i,k} * d_{FB} * e_{KB}$	: 0,09 * 0,80 * 0,650	= 0,047 kN/m
				$g_{2z,k} = \underline{0,20} \text{ kN/m}$

## 1.2 Charakteristische Nutzlasten (DIN EN 1991-1-1)

(KLED:mittel)

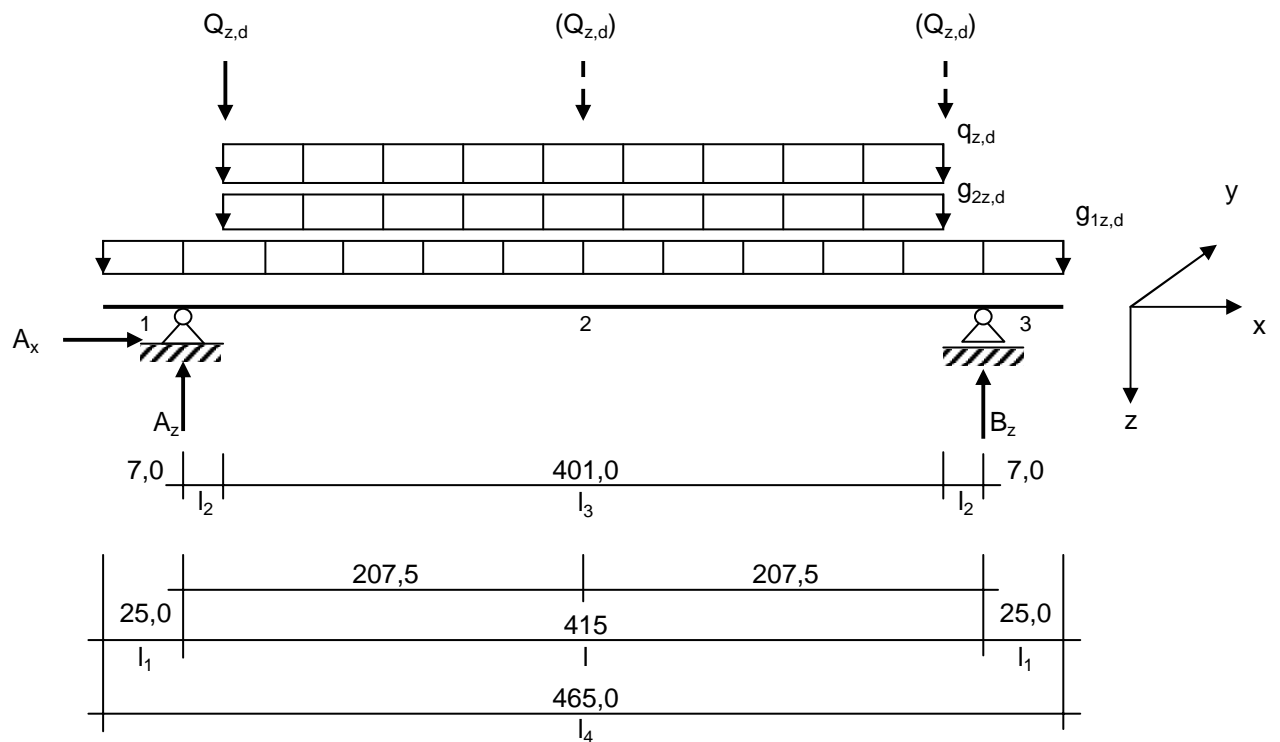
## • Lotrechte Nutzlasten (Spitzboden ausgebaut)

1	aus Flächenlast	: $q_{i,k} * e_{KB}$	: 2,00 * 0,650	$q_{z,k} = \underline{1,30} \text{ kN/m}$
2	aus Einzellast <sup>a</sup>	:		$Q_{z,k} = \underline{1,00} \text{ kN}$

a Die Einzellast dient zur Ermittlung der örtlichen Mindesttragfähigkeit, hier die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel und eines Kehlbalken.

Nach DIN EN 1991-1-1/NA, Tabelle 6.1DE, Anmerkung e, muß die Einzellast nicht mit anderen Nutzlasten überlagert werden und kann mit ihrem charakteristischen Wert angesetzt werden.

## 2.0 System und Belastung



(schematische Darstellung)

[cm]

## 2.1 Lastzusammenstellung, charakteristische Werte

## • Eigenlast

$g_{1z,k} :$  = 0,33 kN/m  
 $g_{2z,k} :$  = 0,20 kN/m

## • Lotrechte Nutzlasten

$q_{z,k} :$  = 1,30 kN/m  
 $Q_{z,k} :$  = 1,00 kN

## 2.2 Lastfallkombinationen und Bemessungslasten (DIN EN 1990, DIN EN 1991-1-1)

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR, EQU)

LK	LF 1 Eigenlast $g_{z,k}$ $\gamma_{G,sup}$ 1,35		LF 2 Nutzlast $q_{z,k}$ $\gamma_Q$ 1,50 $\Psi_0$ 0,70		LF 3 <sup>a</sup> Nutzlast $Q_{z,k} (l_2)$ $\gamma_Q$ 1,00 $\Psi_0$ 0,00		LF 4 <sup>a</sup> Nutzlast $Q_{z,k} (l/2)$ $\gamma_Q$ 1,00 $\Psi_0$ 0,00							KLED	$k_{mod}$	
	Lastfallkombinationen: $E_d = \sum \gamma_g * G_{k,i} \oplus \gamma_Q * Q_{k,i} \oplus \sum \gamma_Q * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$															
	1	1,35		-		-		-							ständig	0,60
	2	1,35		1,50		-		-							mittel	0,80
3	1,35		-		1,00		-							mittel	0,80	
4	1,35		-		-		1,00							mittel	0,80	
Bemessungslasten:																
LK	[kN/m]		[kN/m]		[kN]		[kN]							KLED	$k_{mod}$	
	$g_{1z,k}$	$g_{2z,k}$	$q_{z,k}$		$Q_{z,k} (l_2)$		$Q_{z,k} (l/2)$									
1	0,44	0,27	-		-		-							ständig	0,60	
2	0,44	0,27	1,95		-		-							mittel	0,80	
3	0,44	0,27	-		1,00		-							mittel	0,80	
4	0,44	0,27	-		-		1,00							mittel	0,80	

Bauvorhaben : Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung und Garage  
Bauherr : Eheleute Paul und Lieselotte Schmitt

Dok. # / Rev. : CAL-S-21-07-16 / 0  
Seite : 4

- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Anfangsverformung für charakteristische Werte)

LK <sup>b</sup>	LF 1 Eigenlast		LF 2 Nutzlast		LF 3 <sup>a</sup> Nutzlast		LF 4 <sup>a</sup> Nutzlast						
	g <sub>z,k</sub>		q <sub>z,k</sub>		Q <sub>z,k</sub> (l <sub>2</sub> )		Q <sub>z,k</sub> (l/2)						
	γ <sub>G,sup</sub>		γ <sub>G</sub>	Ψ <sub>0</sub>	γ <sub>G</sub>	Ψ <sub>0</sub>	γ <sub>G</sub>	Ψ <sub>0</sub>					
	1,00		1,00	0,70	1,00	0,00	1,00	0,00					
Lastfallkombinationen: E <sub>d</sub> = ∑ γ <sub>g</sub> * G <sub>k,i</sub> ⊕ γ <sub>Q</sub> * Q <sub>k,i</sub> ⊕ ∑ γ <sub>Q</sub> * Ψ <sub>0,i</sub> * Q <sub>k,i</sub>													
5	1,00		1,00		-		-						
6	1,00		-		-		1,00						
Bemessungslasten:													
LK <sup>b</sup>	[kN/m]		[kN/m]		[kN]		[kN]						
	g <sub>1z,k</sub>	g <sub>2z,k</sub>	q <sub>z,k</sub>										
5	0,33	0,20	1,30		-		-						
6	0,33	0,20	-		-		1,00						

a siehe Kommentar zur Einzellast Seite 1

b maßgebende Lastkombinationen für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis

## 3.0 Auflager und Schnittkräfte

## 3.1 Auflagerreaktionen

$$\Sigma A_{z,d} = \Sigma B_{z,d} = \Sigma F_{ax,d} = g_{1z,d} \cdot l_4 / 2 \oplus g_{2z,d} \cdot l_3 / 2 \oplus q_{z,d} \cdot l_3 / 2 \oplus Q_{z,d} \cdot (l_3 + l_2) / l \oplus Q_{z,d} / 2$$

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR, EQU)

LK	LF 1 Eigenlast		LF 2 Nutzlast		LF 3 Nutzlast		LF 4 Nutzlast		Resultierende Auflagerreaktionen		
	$g_{1z,d}$	$g_{2z,d}$	$q_{z,d}$		$Q_{z,d} (l_2)$		$Q_{z,d} (l/2)$				
	[kN]		[kN]		[kN]		[kN]		[kN]		
	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$\Sigma A_{z,d}$	$\Sigma B_{z,d}$	$\Sigma F_{ax,d}$
1	1,02	0,55	-		-		-		1,57		
2	1,02	0,55	3,91		-		-		5,48		
3	1,02	0,55	-		0,98		-		2,56		
4	1,02	0,55	-		-		0,50		2,07		

- Grenzzustand Gebrauchstauglichkeit

LK	LF 1 Eigenlast		LF 2 Nutzlast		LF 3 Nutzlast		LF 4 Nutzlast		Resultierende Auflagerreaktionen		
	$g_{1z,d}$	$g_{2z,d}$	$q_{z,d}$		$Q_{z,d} (l_2)$		$Q_{z,d} (l/2)$				
	[kN]		[kN]		[kN]		[kN]		[kN]		
	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$A_{z,d}$	$B_{z,d}, F_{ax,d}$	$\Sigma A_{z,d}$	$\Sigma B_{z,d}$	$\Sigma F_{ax,d}$
5	0,76	0,41	2,61		-		-		3,77		
6	0,76	0,41	-		-		0,50		1,66		

## 3.2 Schnittkräfte

$$|\Sigma V_{Az,d}| = |\Sigma V_{Bz,d}| = g_{1z,d} \cdot l_4 / 2 - g_{1z,d} \cdot l_1 \oplus g_{2z,d} \cdot l_3 / 2 \oplus q_{z,d} \cdot l_3 / 2 \oplus Q_{z,d} \cdot (l_3 + l_2) / l \oplus Q_{z,d} / 2$$

$$\Sigma M_{fy,d} = g_{1z,d} \cdot l^2 / 8 - g_{1z,d} \cdot l_1^2 / 2 \oplus g_{2z,d} \cdot l_3 / 8 \cdot (2 \cdot l - l_3) \oplus q_{z,d} \cdot l_3 / 8 \cdot (2 \cdot l - l_3) \oplus Q_{z,d} \cdot (l - l_2) / 2 - Q_{z,d} \cdot l_3 / 2 \oplus Q_{z,d} / 2 \cdot l / 2$$

$$\Sigma M_{Ay,d} = \Sigma M_{By,d} = g_{1z,d} \cdot l_1^2 / 2$$

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR, EQU)

LK	LF 1 Eigenlast		LF 2 Nutzlast		LF 3 Nutzlast		LF 4 Nutzlast		Resultierende Schnittkräfte	
	$g_{1z,d}$	$g_{2z,d}$	$q_{z,d}$		$Q_{z,d} (l_2)$		$Q_{z,d} (l/2)$			
	[kN]		[kN]		[kN]		[kN]		[kN]	
	$V_{Az,d}$	$V_{Bz,d}$	$V_{Az,d}$	$V_{Bz,d}$	$V_{Az,d}$	$V_{Bz,d}$	$V_{Az,d}$	$V_{Bz,d}$	$\Sigma V_{Az,d}$	$\Sigma V_{Bz,d}$
1	0,91	0,55	-		-		-		1,46	
2	0,91	0,55	3,91		-		-		5,37	
3	0,91	0,55	-		0,98		-		2,45	
4	0,91	0,55	-		-		0,50		1,96	

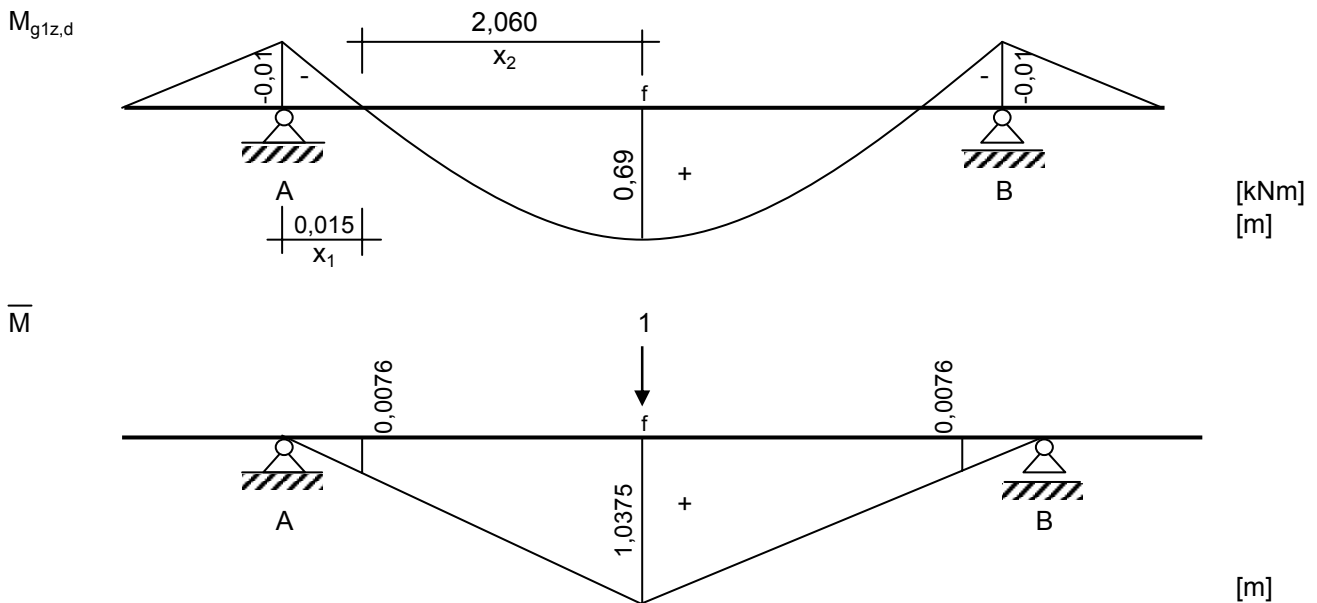
  

Biegemomente (Feldmitte)										
LK	[kNm]		[kNm]		[kNm]		[kNm]		[kNm]	
	$M_{fy,d}$		$M_{fy,d}$		$M_{fy,d}$		$M_{fy,d}$		$\Sigma M_{fy,d}$	
1	0,93	0,59	-		-		-		1,52	
2	0,93	0,59	4,19		-		-		5,72	
3	0,93	0,59	-		0,04		-		1,56	
4	0,93	0,59	-		-		1,04		2,56	

- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

LK	LF 1 Eigenlast		LF 2 Nutzlast	LF 3 Nutzlast	LF 4 Nutzlast	Resultierende Schnittkräfte	
	$g_{1z,d}$	$g_{2z,d}$	$q_{z,d}$	$Q_{z,d} (l_2)$	$Q_{z,d} (l/2)$		
Biegemomente (Auflager und Feldmitte)							
LK	[kNm]			[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
	$M_{Ay,d}$ $M_{By,d}$	$M_{fy,d}$	$M_{fy,d}$	$M_{fy,d}$	$M_{fy,d}$	$M_{fy,d}$	$\Sigma M_{Ay,d}$ $\Sigma M_{By,d}$ $\Sigma M_{fy,d}$
5	-0,01	0,69	0,44	2,80	-	-	-0,01   3,92
6	-0,01	0,69	0,44	-	-	1,04	-0,01   2,17

- Momentenlinien (für Durchbiegung aufgrund  $g_{1z,d}$ )<sup>a</sup>



- Momentennullpunkt

$$0 = g_{1z,d} * (l_1 + x_1)^2 * 1/2 - A_{z,d} * x_1$$

$$0 = 0,33 * (0,25 + x_1)^2 * 1/2 - 0,76 * x_1$$

$$0 = 0,16 * (0,06 + 0,50 * x_1 + x_1^2) - 0,76 * x_1$$

$$0 = 0,01 + 0,08 * x_1 + 0,16 * x_1^2 - 0,76 * x_1$$

$$0 = 0,16 * x_1^2 - 0,68 * x_1 + 0,01$$

- Iterative Näherung

$$x_{i+1} = x_i - \frac{0,16 * x_i^2 - 0,68 * x_i + 0,01}{0,33 * x_i - 0,68 + 0,01} \quad (\text{für } n = 2)$$

i	$x_i$	$0,16 * x_i^2 - 0,68 * x_i + 0,01$	$0,33 * x_i - 0,68 + 0,01$	$x_{i+1} = x_i - \frac{(3)}{(4)}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0	0,0300	-0,0100	-0,6570	0,0148
1	0,0148	0,0002	-0,6620	0,0151
2	0,0151	0,0000	-0,6619	0,0151
3	0,0151	0,0000	-0,6619	0,0151

## 4.0 Tragsicherheitsnachweis Kehlbalken

NKL : 1

$b_{KB}$	: 80 mm	$A$	: 16000 mm <sup>2</sup>	$f_{v,k}$	: 4,00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,90,k}$	: 2,50 N/mm <sup>2</sup>
$d_{KB}$	: 200 mm	$W_y$	: 533333 mm <sup>3</sup>	$f_{m,k}$	: 24,00 N/mm <sup>2</sup>	$\rho_k$	: 350 kg/m <sup>3</sup>
$d$	: 12 mm	$\gamma_m$	: 1,30				

## 4.1 Schubspannungsnachweis (DIN EN 1995-1-1, 6.1.7)

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

Mit:

$$\tau_{z,d} = 1,5 \cdot V_{z,d} / A_{net}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_m \cdot k_{cr}$$

$$k_{cr} = 2,00 / f_{v,k} = 2,00 / 4,00 = 0,50$$

$$A_{net} = b_{KB} \cdot d_{KB} - d_B \cdot d_{KB} = 80 \cdot 200 - 13 \cdot 200 = 13400 \text{ mm}^2$$

$$d_B = d + 1 \text{ mm} = 12 + 1 = 13 \text{ mm}$$

## • Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR, EQU)

LK	[kN] $V_{z,d}$	[N/mm <sup>2</sup> ] $\tau_{z,d}$ $f_{v,d}$		$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}$	$\leq$	1	KLED	$k_{mod}$	
1	1,46	0,164	0,923	0,177	<	1	ständig	0,60	OK !
2	5,37	0,601	1,231	0,489	<	1	mittel	0,80	OK !
3	2,45	0,274	1,231	0,222	<	1	mittel	0,80	OK !
4	1,96	0,220	1,231	0,178	<	1	mittel	0,80	OK !

## 4.2 Biegespannungsnachweis (DIN EN 1995-1-1, 6.1.6)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

Mit:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_m \quad (\text{für } h > 150 \text{ mm, keine Erhöhung von } f_{m,k})$$

## • Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR, EQU)

LK	[kNm] $M_{y,d}$	[N/mm <sup>2</sup> ] $\sigma_{m,y,d}$ $f_{m,y,d}$		$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}$	$\leq$	1	KLED	$k_{mod}$	
1	1,52	2,855	11,077	0,258	<	1	ständig	0,60	OK !
2	5,72	10,717	14,769	0,726	<	1	mittel	0,80	OK !
3	1,56	2,920	14,769	0,198	<	1	mittel	0,80	OK !
4	2,56	4,800	14,769	0,325	<	1	mittel	0,80	OK !

## 4.3 Druckspannungsnachweis rechtwinklig zur Faserrichtung (DIN EN 1995-1-1, 8.5.2)

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} \leq 1$$

Mit:

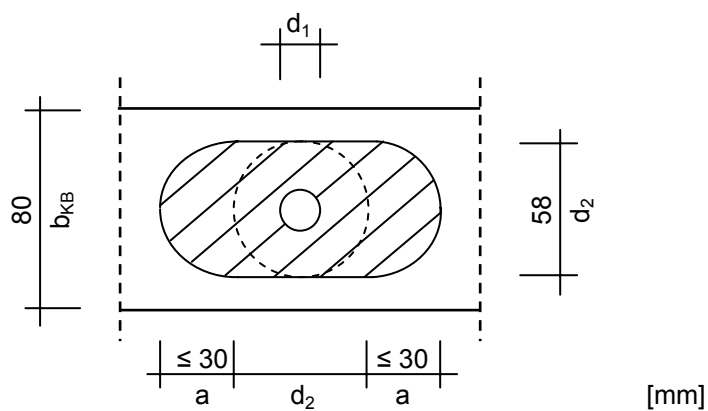
$$\sigma_{c,90,d} = F_{ax,d} / A_{ef}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} / \gamma_m$$

- Wirksame Kontaktfläche

$$A_{ef} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_1^2) + 2 \cdot a \cdot d_2$$

$$A_{ef} = \frac{\pi}{4} \cdot (58^2 - 14^2) + 2 \cdot 30 \cdot 58 = 5968 \text{ mm}^2$$



- Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR, EQU)

LK	[kN]	[N/mm²]		$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}$	$\leq$	1	KLED	$k_{mod}$	
	$F_{ax,d}$	$\sigma_{c,90,d}$	$f_{c,90,d}$						
1	1,57	0,263	3,462	0,076	<	1	ständig	0,60	OK !
2	5,48	0,919	4,615	0,199	<	1	mittel	0,80	OK !
3	2,56	0,428	4,615	0,093	<	1	mittel	0,80	OK !
4	2,07	0,347	4,615	0,075	<	1	mittel	0,80	OK !



## 5.0 Biegedrillknicknachweis / Kippen

$b_{KB}$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8,0</span> cm	$E_{0,05}$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">733,3</span> kN/cm <sup>2</sup>	$W_y$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">533333</span> mm <sup>3</sup>	$I$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">415,0</span> cm
$d_{KB}$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">20,0</span> cm	$G_{0,05}$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">46,0</span> kN/cm <sup>2</sup>	$f_{m,k}$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">24,0</span> N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_m$ :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,30</span>

## 5.1 Bezogener Kippschlankheitsgrad, Rechteckquerschnitt (DIN EN 1995-1-1, 6.3.3)

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b_{KB}^2}{d_{KB} \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 8,0^2}{20 \cdot 394,6} \cdot 733 \cdot 10^1 = 46,39 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{ef} = \frac{I}{a_1 \cdot \left[ 1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{I} \cdot \sqrt{\frac{B}{T}} \right]} = \frac{415}{1,13 \cdot \left[ 1 - 1,44 \cdot \frac{10,0}{415} \cdot \sqrt{\frac{625778}{157013}} \right]} = 394,59 \text{ cm}$$

$$B = \frac{E_{05} \cdot b_{KB}^3 \cdot d_{KB}}{12} = \frac{733,3 \cdot 8^3 \cdot 20}{12} = 625778 \text{ kNcm}^2$$

$$T = \frac{G_{05} \cdot b_{KB}^3 \cdot d_{KB}}{3} = \frac{46 \cdot 8^3 \cdot 20}{3} = 157013 \text{ kNcm}^2$$

$$a_1 = (\text{näherungsweise für eine parabelförmige Momentenlinie}) = 1,13$$

$$a_2 = (\text{näherungsweise für eine parabelförmige Momentenlinie}) = 1,44$$

$$a_z^a = d_{KB} / 2 = 20,0 / 2 = 10,0 \text{ cm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \frac{24,0}{46,39} = 0,72$$

Kippsicherheitsnachweis nicht erforderlich ! > 0,75

a der Abstand des Lastangriffs zum Schubmittelpunkt wird mit  $d_{KB} / 2$  angenommen.

## 6.0 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

$b_{KB}$  : 80 mm       $I_y$  : 5333 cm<sup>4</sup>       $E_{0,mean}$  : 11000 N/mm<sup>2</sup>  
 $d_{KB}$  : 200 mm

### 6.1 Empfohlene Grenzwerte der Durchbiegungen von Biegestäben (DIN EN 1995-1-1, 7.2, Tabelle 7.2)

	$w_{inst}$	$w_{fin}$	$w_{net,fin}$
Beiseitig aufgelagerte Biegestäbe	$l / 500 - l / 300$	$l / 300 - l / 150$	$l / 350 - l / 250$
Auskragende Biegestäbe	$l / 250 - l / 150$	$l / 150 - l / 75$	$l / 175 - l / 125$

gewählt:

$w_{inst} \leq 4150 / \underline{300} \leq \underline{13,8}$  mm  
 $w_{fin} \leq 4150 / \underline{250} \leq \underline{16,6}$  mm  
 $w_{net,fin} \leq$  nicht anwendbar, keine Vorkrümmung vorhanden

### 6.2 Anfangsdurchbiegung (DIN EN 1995-1-1, 2.2.3)

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,Q1} + \sum \Psi_0 \cdot w_{inst,Qi}$$

$$w_{inst,g1} = -1/12 \cdot M_{Ay,d} \cdot \bar{M} \cdot x_1 \cdot 2 + 1/12 \cdot M_{fy,d} \cdot (3 \cdot \bar{M}_1 + 5 \cdot \bar{M}_2) \cdot x_2 \cdot 2 \quad (\text{siehe Seite } 6)$$

$$w_{inst,g2} = (1/384 \cdot g_{z,k} / 2 \cdot l^4 \cdot (5 - 24\alpha^2 + 16\alpha^4)) / (E_{0,mean} \cdot I_y)$$

$$w_{inst,q} = (1/384 \cdot q_{z,k} / 2 \cdot l^4 \cdot (5 - 24\alpha^2 + 16\alpha^4)) / (E_{0,mean} \cdot I_y)$$

$$w_{inst,Q} = (1/48 \cdot Q_{z,d} \cdot l^3) / (E_{0,mean} \cdot I_y)$$

Mit:

$$\alpha = l_2 / l = 7,0 / 415,0 = 0,017$$

Lk <sup>a</sup>	LF 1 Eigenlast $g_{z,k}$ [mm]		LF 2 Nutzlast $q_{z,k}$ [mm]		LF 3 Nutzlast $Q_{z,k}(l_2)$ [mm]		LF 4 Nutzlast $Q_{z,k}(l/2)$ [mm]		[mm]	
	$w_{inst,g1}$	$w_{inst,g2}$	$w_{inst,q}$		$w_{inst,Q}$		$w_{inst,Q}$			
5	2,1	1,3	8,5		-		-		12,0	OK !
6	2,1	1,3	-		-		2,54		6,0	OK !

## 6.3 Enddurchbiegung (DIN EN 1995-1-1, 2.2.3)

$$w_{fin} = w_{fin,g} + w_{fin,Q1} + \sum w_{fin,Qi}$$

$$w_{fin,g} = (w_{inst,g1} + w_{inst,g2}) * (1 + k_{def})$$

$$w_{fin,Q1} = w_{inst,Q1} * (1 + \Psi_2 * k_{def})$$

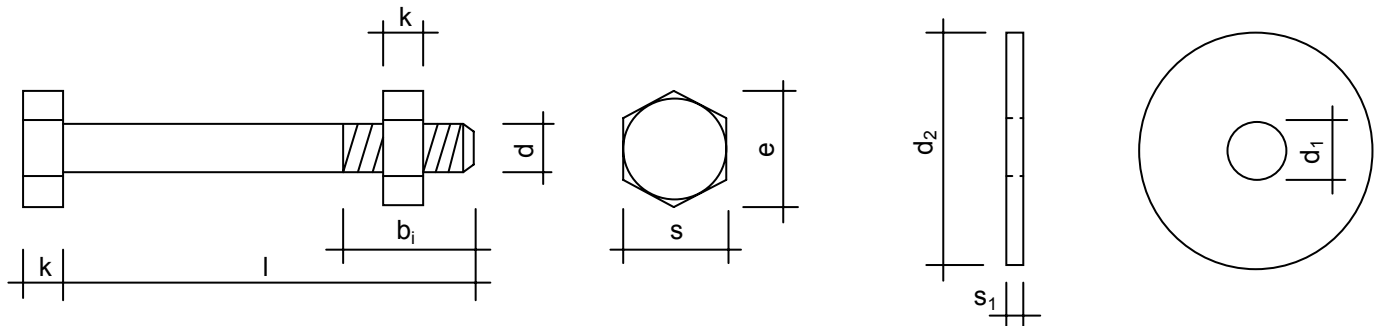
$$w_{fin,Qi} = w_{inst,Qi} * (\Psi_{0,i} * \Psi_2 * k_{def})$$

Lk <sup>a</sup>	LF 1	LF 2	LF 3	LF 4	[mm]	OK !	
	Eigenlast	Nutzlast	Nutzlast	Nutzlast			
	$g_{z,k}$	$q_{z,k}$	$Q_{z,k} (l_2)$	$Q_{z,k} (l/2)$			
	$k_{def}$	$\Psi_0$	$\Psi_2$	$\Psi_0$			$\Psi_2$
	0,60	0,60	0,70	0,30			0,60
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]			
$w_{fin,g}$	$w_{fin,q}$	$w_{fin,Q}$	$w_{fin,Q}$	$w_{fin}$			
5	5,5	10,1	-	-	15,6	OK !	
6	5,5	-	-	2,99	8,5	OK !	

## 7.0 Tragsicherheitsnachweis Verbindungsmittel, Bolzen

## 7.1 Charakteristische Tragfähigkeitswerte, Abmessungen von Bolzen und Unterlegscheiben

- Sechskantschrauben mit Schaft und Muttern DIN 601 / Unterlegscheiben DIN 1052

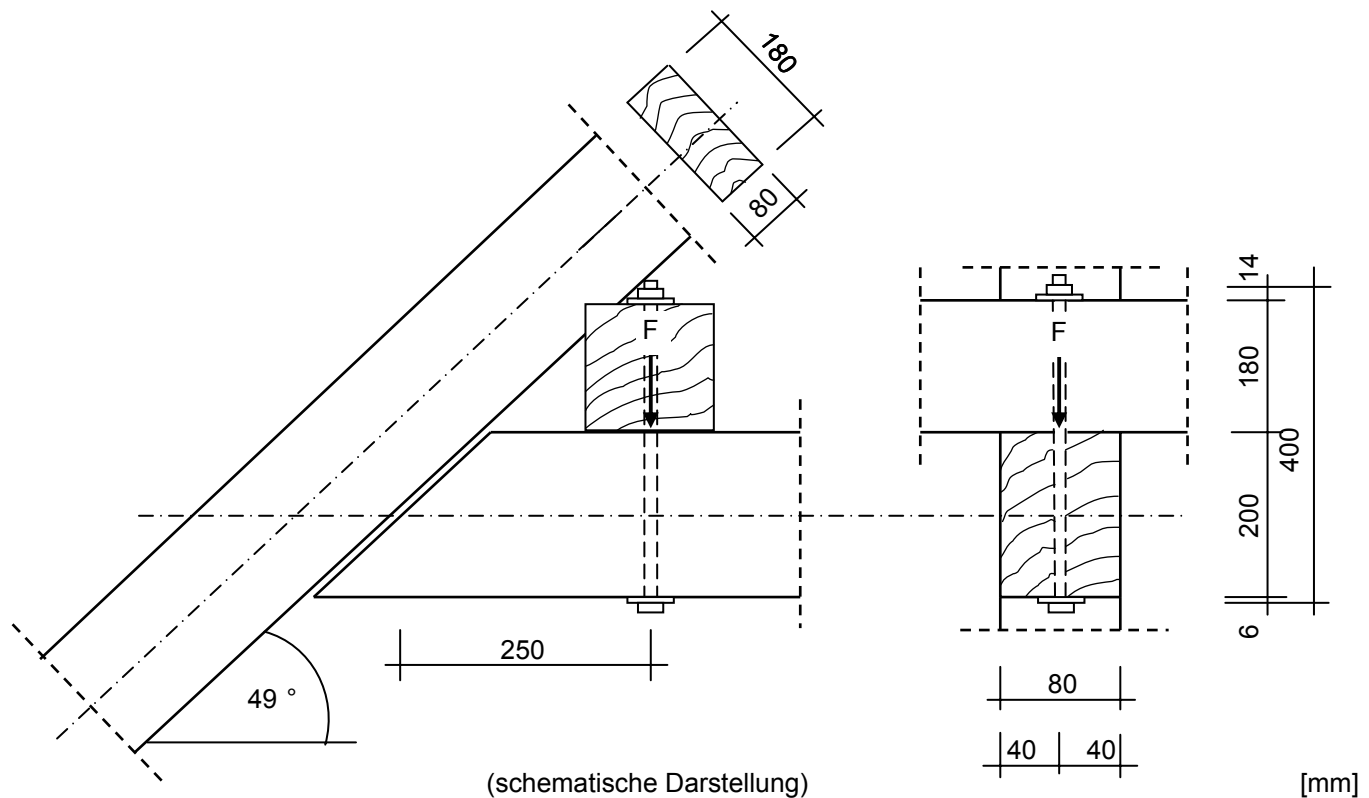


d	k [mm]	s / e [mm]	b <sub>2</sub> [mm]	b <sub>3</sub> [mm]	b <sub>4</sub> [mm]	f <sub>u,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
M12	8	19 / 20,88	30	36	49	400
M16	10	24 / 26,17	38	44	57	400
M20	13	30 / 32,95	46	52	65	400

d	d <sub>1</sub> [mm]	d <sub>2</sub> [mm]	s <sub>1</sub> [mm]
M12	14	58	6
M16	18	68	6
M20	23	80	8

b<sub>2</sub> : bis 120mm Längeb<sub>3</sub> : von 130 bis 200mm Längeb<sub>4</sub> : über 200mm Länge

## 7.2 Geometrie des Anschlusses / der Verbindungsmittel

d : 12 mm    l : 420 mm    k : 8 mm    s<sub>1</sub> : 6 mm

[mm]

### 7.3 Nachweis der Verbindungsmittel Bolzen

d : 12 mm       $f_u$  : 400 N/mm<sup>2</sup>       $\gamma_m$  : 1,25

- Zugspannungsnachweis (DIN EN 1993-1-8, 3.6.1)

$$\frac{F_{ax,d}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

Mit:

$$F_{t,Rd} = k_2 * f_u * A_s / \gamma_{M2}$$

$$A_s = \pi * d^2 / 4 = 3,14 * 12^2 / 4 = 113 \text{ mm}^2$$

$$k_2 = 0,9$$

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR, EQU)

	[kN]		$\frac{F_{ax,d}}{F_{t,Rd}}$	$\leq$	1	KLED	$k_{mod}$	
	$F_{ax,d}$	$F_{t,Rd}$	$\frac{F_{ax,d}}{F_{t,Rd}}$					
1	1,57	32,57	0,05	<	1	ständig	0,60	OK !
2	5,48	32,57	0,17	<	1	mittel	0,80	OK !
3	2,56	32,57	0,08	<	1	mittel	0,80	OK !
4	2,07	32,57	0,06	<	1	mittel	0,80	OK !

### 8.0 Mindestbauteildicke und Mindestabstände für Bolzen / Passbolzen

$b_{KB}$  : 80 mm       $d_{KB}$  : 200 mm       $A_{KB}$  : 16000 mm<sup>2</sup>

- Mindestbauteildicke

Die Mindestbauteilabmessungen ergeben sich aus den Tragsicherheitsnachweisen des Kahlbalken in den jeweiligen Grenzzuständen.

Zusätzlich ist eine konstruktive Mindestbauteildicke tragender Bauteile von 24cm und ein Mindestquerschnittsfläche von 1400mm<sup>2</sup> zu beachten (DIN 1052:2008-12, 7.2.3).

Mindestbauteilabmessungen aufgrund von erforderlichen Randabständen der Bolzen nach DIN EN 1995-1-1, Tabelle 8.4 oder Tabelle 8.5 (NA) sind nicht relevant, da im Sinne der Tabellen keine Kraft in Faserrichtung, oder in einem Winkel zur Faserrichtung wirkt.

Bauteil	erforderlich $b_{KB}$	vorhanden $b_{KB}$	erforderlich $A_{KB}$	vorhanden $A_{KB}$
	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]
Kahlbalken	24	80	1400	16000
Unterlegscheibe	58	80	-	-

gewählt:

Kehlbalken:

Kantholz - KVH Nsi - S10 K TS, C24, (DIN 4074-1) - Fi/Ta -  $d_{TL} / b_{TL} : 8 / 20 \text{ cm}$

Kehlbalkenabstand  $e_{KB} : 65,0 \text{ cm}$

Verbindungsmittel:

Bolzen, Sechskantschrauben mit Schaft und Muttern, M12 - 4.6 - DIN 601

$d / l : 12 / 420 \text{ mm}$

Ein Bolzen per Kehlbalken / Pfettenkreuzung

Unterlegscheiben, M12 - DIN 1052

$d_2 / d_1 / s : 58 / 14 / 6 \text{ mm}$

Eine Unterlegscheibe oben und eine Unterlegscheibe unten

Bemerkungen:

- Nach DIN EN 1995-1-1, 4.2 Tabelle 4.1 ist kein Korrosionsschutz für Bolzen mit  $d > 4 \text{ mm}$  in der Nutzungsklasse 1 und 2 erforderlich.

Kommen imprägnierte Pfetten oder Kehlbalken zum Einsatz, muß nach NCL Zu 4.2 (NA.4) der erforderliche Korrosionsschutz der Nutzungsklasse 3 nach Tabelle 4.2 der DIN EN eingehalten werden (Fe/Zn 25c/ bzw. Z350).

Bei Verwendung von gerbstoffreichen Hölzern (z.B. Eiche) sind nach NCL Zu 4.2 (NA.4) Verbindungsmittel aus nichtrostendem Stahl zu verwenden.

Kommen chemische Holzschutzmittel zum Einsatz, sind die Angaben der Holzschutzmittelhersteller bezüglich des geforderten Korrosionsschutz von Verbindungsmitteln zu beachten.