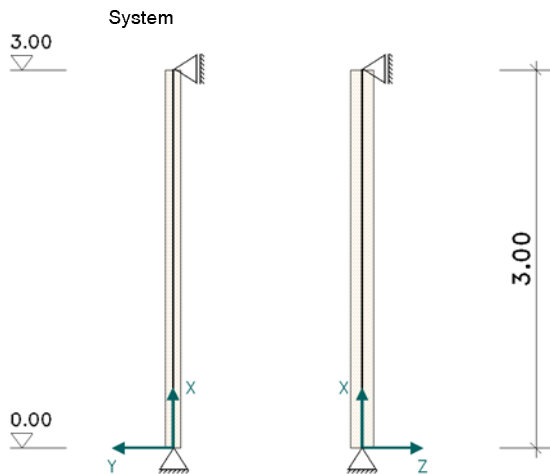


## Holzstütze

Bemessung nach DIN EN 1995-1-1:2010-12 mit NA-Deutschland (DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08)



Nutzungsklasse des Bauwerkes: 1

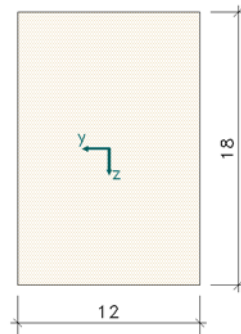
Holzart **Nadelvollholz**

Holzgüte **C24 (S10)**

Lagersituation an Kopf- und Fußende

Lager	Querkraft		Moment	
	$C_{QY}$ kN/m	$C_{QZ}$ kN/m	$C_{MY}$ kNm/-	$C_{MZ}$ kNm/-
Kopf	fest	fest	----	----
Fuß	fest	fest	----	----

Querschnitt, Maßstab 1:5



## 1. Belastung

### 1.1. Einwirkungsstruktur

Auf der linken Seite sind die Einwirkungen und Lastfälle in einer Baumstruktur dargestellt. Auf der rechten Seite sind deren überlagerungsspezifische Eigenschaften angegeben.

verwendete Symbole: Einwirkung Lastfall

#### 1: ständige Lasten

1: g

#### ständige Lasten

additiv

#### 9: Wind

2: Y-Richtung

3: Z-Richtung

#### veränderliche Windlasten

alternativ in Gruppe A

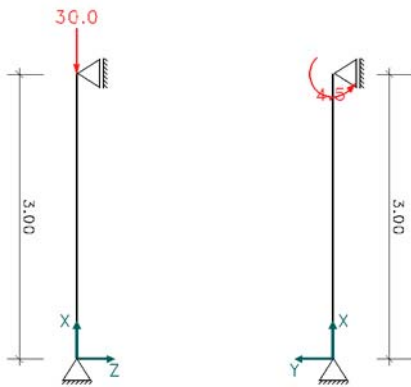
alternativ in Gruppe A

### 1.2. Tabelle der Lastbilder

Lastf.	Lastbild	Einleitung	Richtung	Wert	Einheit
1	Punktlast	Kopf	N	30.00	kN
2	Punktlast	Kopf	$M_z$	4.50	kNm
	Streckenlast	volle Höhe	$q_{y,oben}$	0.50	kN/m
			$q_{y,unten}$	1.50	kN/m
3	Streckenlast	volle Höhe	$q_{z,oben}$	2.00	kN/m
			$q_{z,unten}$	4.00	kN/m

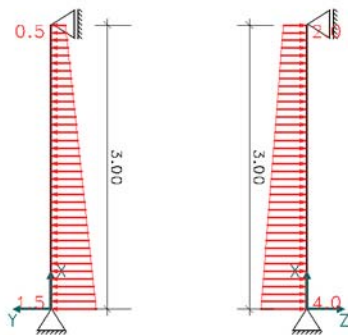
### 1.2.1. Grafiken der Punktlasten

Lastfall 1 (Bild 1)      Lastfall 2 (Bild 2)



### 1.2.2. Grafiken der Streckenlasten

Lastfall 2 (Bild 1)      Lastfall 3 (Bild 2)



### 1.3. Eigengewicht der Stütze

Das Gewicht der Stütze wird mit 7.00 kN/m<sup>3</sup> im Lastfall 1 berücksichtigt.

### 1.4. Lastsummen

$$\Sigma N = 30.45 \text{ kN} \quad \Sigma H_y = 3.00 \text{ kN} \quad \Sigma H_z = 9.00 \text{ kN}$$

## 2. Tragfähigkeit nach Th.II.O

### 2.1. Berücksichtigung von baulichen Imperfektionen

#### 2.1.1. Imperfektionsfiguren

Je Achsrichtung wird eine Imperfektionsfigur entsprechend [1], Abschnitt 5.4.4 ermittelt.

Ersatzlänge  $\beta = l_0/l$

Schiefstellung  $\Phi = 0.005$  bzw.  $\Phi = 0.005 \cdot (5/h)^{0.5}$  bei  $h > 5 \text{ m}$

max. Vorverformung  $e = \Phi \cdot 0.5 \cdot l_0$

Knicklast  $N_{Ki} = (\pi/l_0)^2 \cdot EI$

Richtung	Form	$\beta$	$l_0$ m	$\Phi$	e cm	EI MNm <sup>2</sup>	$N_{Ki}$ MN
Y	Krümmung	1.00	3.00	0.0050	0.750	70.05	76.82
Z	Krümmung	1.00	3.00	0.0050	0.750	70.05	76.82

$l_0$  - Knicklänge    EI - Biegesteifigkeit

#### 2.1.2. Richtung der Imperfektion

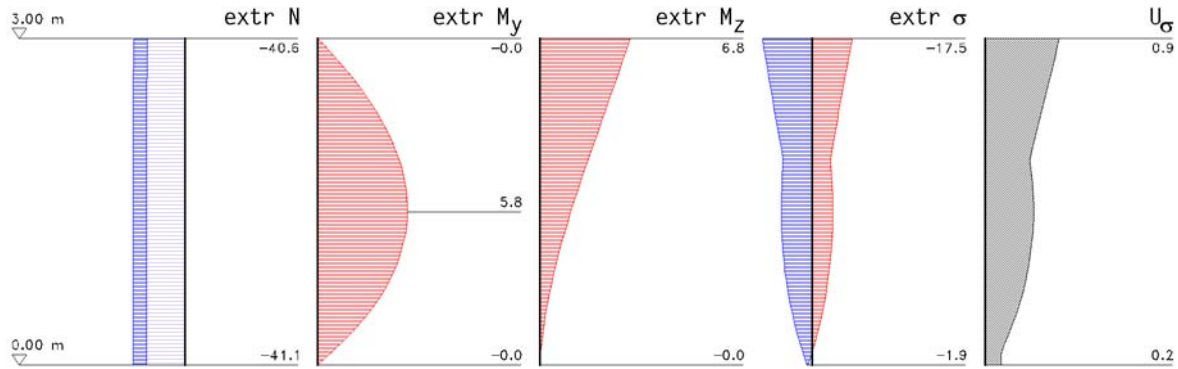
$N_{Ki,z}/N_{Ki,y} = 1.00 \Rightarrow$  immer in Richtung der Verformung aus planmäßiger Last.

### 2.2. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1+I <sub>Z</sub>
2	ständig	1.35 · Lf1+I <sub>Z</sub>
3	ständig	Lf1+1.5 · Lf2-I <sub>Y</sub>
4	ständig	1.35 · Lf1+1.5 · Lf2-I <sub>Y</sub>
5	ständig	Lf1+1.5 · Lf3+I <sub>Z</sub>
6	ständig	1.35 · Lf1+1.5 · Lf3+I <sub>Z</sub>

### 2.3. Extremale Ergebnisse

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse



x m	N		My		Mz		σ		U <sub>c</sub>	U <sub>t</sub>
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	Min N/mm <sup>2</sup>	Max N/mm <sup>2</sup>		
3.00	-40.61	<b>-29.93</b>	<b>-0.00</b>	0.00	0.00	<b>6.75</b>	<b>-17.51</b>	<b>14.23</b>	<b>0.93</b>	0.00
1.88	-40.73	-30.16	0.00	5.31	0.00	3.58	-10.17	6.51	0.56	0.00
1.50	-40.81	-30.22	0.00	5.82	0.00	2.55	-10.87	7.26	0.60	0.00
1.41	-40.83	-30.23	0.00	<b>5.83</b>	0.00	2.31	-10.89	7.28	0.60	0.00
0.00	<b>-41.12</b>	-30.37	-0.00	-0.00	<b>-0.00</b>	0.00	-1.90	-1.41	0.20	<b>0.00</b>

#### Maßgebende Ausnutzung Biegung und Druck:

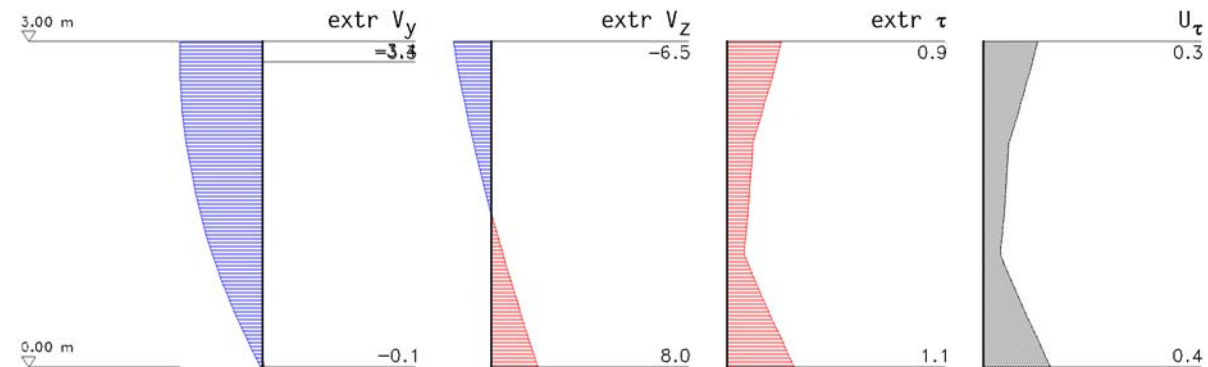
Aus Lastkollektiv 4 an der Stelle x = 3.00 m, mit den Schnittgrößen:

$$N/M_y/M_z = -40.61 \text{ kN} / -0.00 \text{ kNm} / 6.75 \text{ kNm}$$

$$\max U_{\sigma,c} = -17.51 / -18.91 = 0.93 < 1.0 \Rightarrow \text{Zulässige Ausnutzung wird eingehalten}$$

#### Maßgebende Ausnutzung Biegung und Zug:

Es ist keine entsprechende Belastung vorhanden.



x m	Vy		Vz		τ	U <sub>τ</sub>
	Min kN	Max kN	Min kN	Max kN		
3.00	-3.34	0.00	<b>-6.47</b>	-0.00	0.90	0.29
2.91	<b>-3.35</b>	0.00	-6.18	-0.00	0.86	0.28
1.13	-2.16	0.00	0.00	1.55	0.30	0.10
1.03	-2.02	0.00	0.00	2.05	<b>0.29</b>	0.09
0.00	-0.08	<b>0.07</b>	0.00	<b>7.99</b>	1.11	<b>0.36</b>

#### Maßgebende Ausnutzung Querkraft:

Aus Lastkollektiv 6 an der Stelle x = 0.00 m, mit den Schnittgrößen:

$$N/M_y/M_z = -41.02 \text{ kN} / -0.00 \text{ kNm} / 0.00 \text{ kNm}$$

$$\max U_{\tau} = 1.11 / 3.08 = 0.36 < 1.0 \Rightarrow \text{Zulässige Ausnutzung wird eingehalten}$$

## 3. Gebrauchstauglichkeit

Nachweis der zulässigen Endverformung nach [1], Abschnitt 7.2

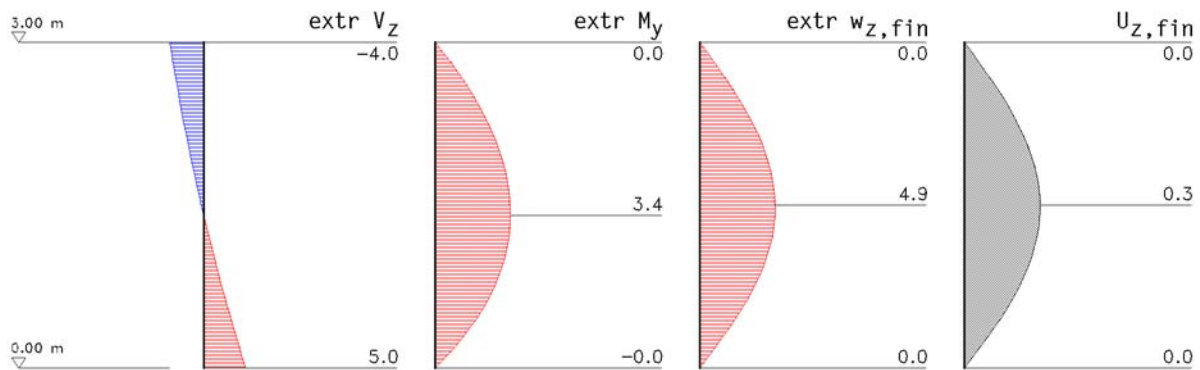
### 3.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1
2	ständig	Lf1+Lf2
3	ständig	Lf1+Lf3

### 3.2. Extremale Ergebnisse

#### 3.2.1. Nachweis der Endverformung in Z-Richtung

Zulässige Endverformung für eine Pendelstütze:  $zul w_{fin} = 3000/200 = 15.0 \text{ mm}$



x m	N		V <sub>Z</sub>		M <sub>y</sub>		w <sub>Z,fin</sub>		U <sub>Z,fin</sub>
	Min kN	Max kN	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min mm	Max mm	-
3.00	-48.00	<b>-48.00</b>	<b>-4.00</b>	-0.00	-0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
1.59	-48.34	-48.34	-0.53	-0.00	0.00	3.34	0.0	4.9	0.33
1.41	-48.39	-48.39	0.00	0.03	0.00	<b>3.39</b>	0.0	<b>4.9</b>	<b>0.33</b>
0.00	<b>-48.73</b>	-48.73	0.00	<b>5.00</b>	<b>-0.00</b>	-0.00	<b>0.0</b>	0.0	0.00

#### Maßgebende Ausnutzung Endverformung in Z-Richtung:

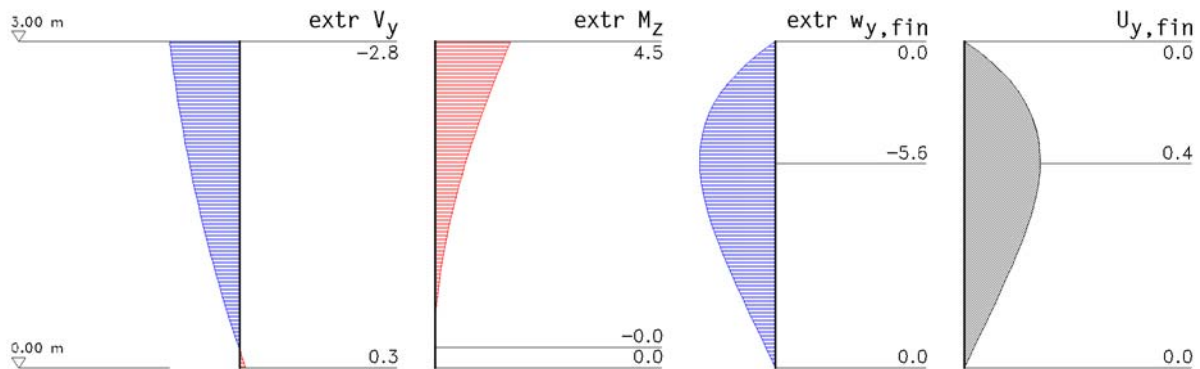
Aus Lastkollektiv 3 an der Stelle  $x = 1.50 \text{ m}$ , mit den Schnittgrößen:

$$N/V_Z/M_y = -48.36 \text{ kN} / -0.25 \text{ kN} / 3.38 \text{ kNm}$$

$$\max U_{Z,fin} = 4.9/15.0 = 0.33 < 1.0 \Rightarrow \text{Zulässige Ausnutzung wird eingehalten}$$

#### 3.2.2. Nachweis der Endverformung in Y-Richtung

Zulässige Endverformung für eine Pendelstütze:  $zul w_{fin} = 3000/200 = 15.0 \text{ mm}$



x m	N		V <sub>Z</sub>		M <sub>y</sub>		w <sub>Z,fin</sub>		U <sub>Z,fin</sub>
	Min kN	Max kN	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min mm	Max mm	-
3.00	-48.00	<b>-48.00</b>	<b>-2.75</b>	0.00	0.00	<b>4.50</b>	0.0	0.0	0.00
2.91	-48.02	-48.02	-2.70	0.00	0.00	4.24	-1.1	0.0	0.07
2.06	-48.23	-48.23	-2.13	0.00	0.00	2.19	-5.5	0.0	0.37
1.97	-48.25	-48.25	-2.06	0.00	0.00	1.99	<b>-5.6</b>	0.0	<b>0.37</b>
0.19	-48.68	-48.68	-0.03	0.00	<b>-0.02</b>	0.00	-0.7	0.0	0.05
0.00	<b>-48.73</b>	-48.73	0.00	<b>0.25</b>	0.00	0.00	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	0.00

#### Maßgebende Ausnutzung Endverformung in Y-Richtung:

Aus Lastkollektiv 2 an der Stelle  $x = 1.88 \text{ m}$ , mit den Schnittgrößen:

$$N/V_y/M_z = -48.27 \text{ kN} / -1.98 \text{ kN} / 1.80 \text{ kNm}$$

$$\max U_{y,fin} = -5.6/15.0 = 0.38 < 1.0 \Rightarrow \text{Zulässige Ausnutzung wird eingehalten}$$

## 4. Brandschutz

Nachweis nach der Methode mit reduzierten Eigenschaften entsprechend [2], Abschn. 4.2.3.

Berechnung nach Theorie II. Ordnung

### Brandbeanspruchung

geforderte Feuerwiderstandsdauer:  $t = 30 \text{ min}$ , alleseitig beflammt

### 4.1. Statisches System

Für die Berechnung im Brandfall wird ein wie folgt verändertes statisches System angenommen:

- oben eine zusätzliche Momenteneinspannung um die Y- und Z-Achse
- unten eine zusätzliche Momenteneinspannung um die Y-Achse

### 4.2. Rechenwerte

#### Querschnittskennwerte

$A = 216.0 \text{ cm}^2$   
 $i_{r,y}/i_{r,z} = 5.20/3.47 \text{ cm}$   
 $W_y/W_z = 648.0/432.0 \text{ cm}^3$   
 $I_T = 6084.4 \text{ cm}^4$

#### Festigkeitskennwerte

$f_{m,k} = 24.00 \text{ N/mm}^2$  (Biegung)  
 $f_{t,0,k} = 14.00 \text{ N/mm}^2$  (Zug in Faserricht.)  
 $f_{c,0,k} = 21.00 \text{ N/mm}^2$  (Druck in Faserricht.)  
 $f_{v,k} = 4.00 \text{ N/mm}^2$  (Schub)

#### Steifigkeitskennwerte

$E_{005} = 7333.33 \text{ N/mm}^2$  (E-Modul in Faserricht.)  
 $G_{005} = 7333.33 \text{ N/mm}^2$  (Schubmodul)

#### Erhöhungsfaktoren Biege- und Zugfestigkeit

$k_{h,y}/k_{h,z} = 1.000/1.046$ ,  $k_{h,t} = 1.000$  (Höhenbeiwert)

#### Verteilungsbeiwert Biegespannung

$k_m = 0.7$  (Formbeiwert)

#### Rissfaktor für die Schubbeanspruchung

$k_{cr} = 0.500$

### Abbrandtiefe

Bemessungswert der ideellen Abbrandtiefe:  $d_{char,n} = 24 \text{ mm}$

### Rechnerische Abmessungen im Brandfall

Restquerschnitt:  $b_{y,Rest}/b_{z,Rest} = 7.2/13.2 \text{ cm}$

Knickbeiwerte  $k_{c,y} = k_{c,z} = 1.0$

### Kippbeiwert

eff. Länge  $l_{ef} = 3.00 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{m,crit} = 66.67 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,m} = 0.594 \Rightarrow k_{crit} = 1.000$

Materialsicherheit  $\gamma_{M,fi} = 1.00$

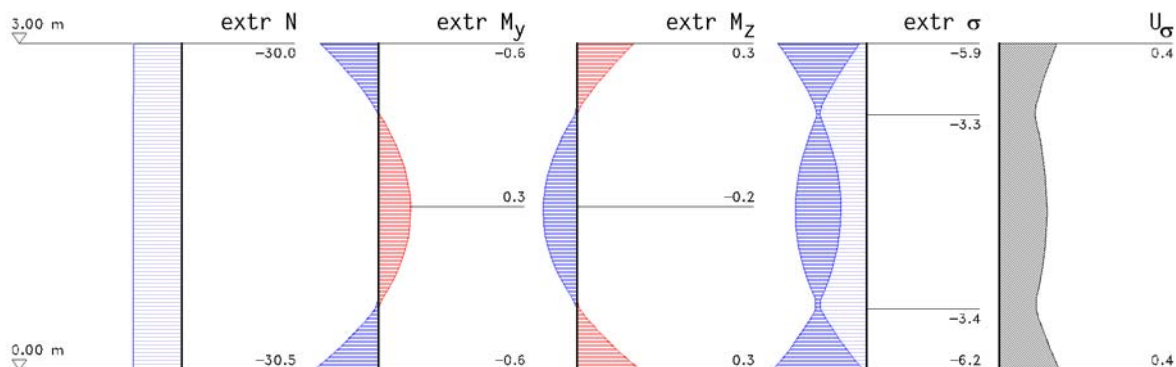
### 4.3. Berücksichtigung von baulichen Imperfektionen

Siehe Abschnitt 2.1. (Tragfähigkeit nach Th.II.0)

### 4.4. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1+I <sub>Z</sub>
2	ständig	Lf1+0.2·Lf2+I <sub>y</sub>
3	ständig	Lf1+0.2·Lf3+I <sub>Z</sub>

### 4.5. Extremale Ergebnisse



x m	N		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>		σ		U <sub>c</sub>	U <sub>t</sub>
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	Min N/mm <sup>2</sup>	Max N/mm <sup>2</sup>		
3.00	-30.00	<b>-30.00</b>	-0.57	-0.00	0.00	0.28	-5.87	-0.45	0.37	0.00
2.34	-30.10	-30.10	0.00	0.01	-0.01	0.00	-3.25	-3.08	0.23	0.00
1.69	-30.20	-30.20	0.00	0.29	-0.16	0.00	-4.59	-1.77	0.31	0.00
1.59	-30.21	-30.21	0.00	0.31	-0.16	0.00	-4.65	-1.70	0.31	0.00
1.50	-30.23	-30.23	0.00	<b>0.31</b>	<b>-0.17</b>	0.00	-4.69	-1.67	0.31	0.00
0.66	-30.35	-30.35	0.00	0.04	-0.02	0.00	-3.39	-3.00	0.24	0.00
0.56	-30.37	-30.37	-0.03	-0.00	0.00	0.01	-3.36	-3.03	0.24	0.00
0.00	<b>-30.45</b>	-30.45	<b>-0.63</b>	-0.00	0.00	<b>0.31</b>	<b>-6.21</b>	<b>-0.20</b>	<b>0.39</b>	<b>0.00</b>

### Maßgebende Ausnutzung Biegung und Druck:

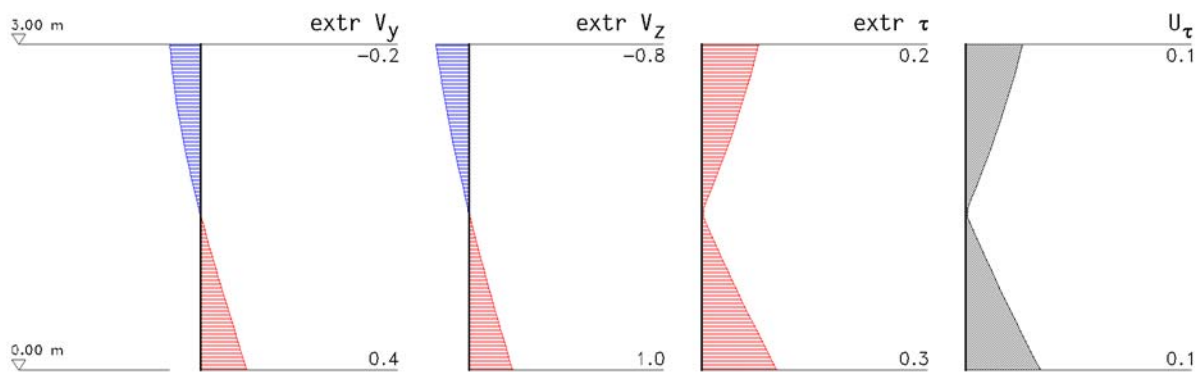
Aus Lastkollektiv 3 an der Stelle  $x = 0.00 \text{ m}$ , mit den Schnittgrößen:

$$N/M_y/M_z = -30.45 \text{ kN} / -0.63 \text{ kNm} / 0.00 \text{ kNm}$$

$$\max U_{\sigma,c} = -6.21/-15.85 = 0.39 < 1.0 \Rightarrow \text{Zulässige Ausnutzung wird eingehalten}$$

### Maßgebende Ausnutzung Biegung und Zug:

Es ist keine entsprechende Belastung vorhanden.



x m	V <sub>y</sub>		V <sub>z</sub>		τ N/mm <sup>2</sup>	U <sub>τ</sub> -
	Min kN	Max kN	Min kN	Max kN		
3.00	-0.24	0.00	-0.78	-0.00	0.25	0.06
2.91	-0.23	0.00	-0.75	-0.00	0.24	0.06
1.50	-0.02	0.00	-0.03	-0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.36	-0.00	1.02	0.32	0.08

### Maßgebende Ausnutzung Querkraft:

Aus Lastkollektiv 3 an der Stelle x = 0.00 m, mit den Schnittgrößen:

$$N/M_y/M_z = -30.45 \text{ kN} / -0.63 \text{ kNm} / 0.00 \text{ kNm}$$

$$\max U_{\tau} = 0.32/4.00 = 0.08 < 1.0 \Rightarrow \text{Zulässige Ausnutzung wird eingehalten}$$

## 5. Auflagerreaktionen

### 5.1. Charakteristische Lagerreaktionen der Lastfälle am Stützenkopf

Lf	N <sub>k</sub> kN	H <sub>k,y</sub> kN	H <sub>k,z</sub> kN	M <sub>k,y</sub> kN	M <sub>k,z</sub> kN
1	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
2	0.00	2.75	-0.00	-0.00	0.00
3	0.00	-0.00	4.00	-0.00	-0.00
Σ	-0.00	2.75	4.00	-0.00	0.00

### 5.2. Charakteristische Lagerreaktionen der Lastfälle am Stützfuß

Lf	N <sub>k</sub> kN	H <sub>k,y</sub> kN	H <sub>k,z</sub> kN	M <sub>k,y</sub> kN	M <sub>k,z</sub> kN
1	30.45	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2	0.00	0.25	-0.00	-0.00	0.00
3	0.00	-0.00	5.00	-0.00	-0.00
Σ	30.45	0.25	5.00	-0.00	0.00

### 5.3. Bemessungswerte der Lagerreaktionen (Tragfähigkeit Th.II.O.) am Stützenkopf

LK	N <sub>Ed</sub> kN	H <sub>Ed,y</sub> kN	H <sub>Ed,z</sub> kN	M <sub>Ed,y</sub> kN	M <sub>Ed,z</sub> kN
1	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
3	0.00	4.12	0.00	0.00	-0.00
4	0.00	4.12	0.00	0.00	-0.00
5	0.00	-0.00	6.00	-0.00	-0.00
6	0.00	-0.00	6.00	0.00	-0.00

### 5.4. Bemessungswerte der Lagerreaktionen (Tragfähigkeit Th.II.O.) am Stützfuß

LK	N <sub>Ed</sub> kN	H <sub>Ed,y</sub> kN	H <sub>Ed,z</sub> kN	M <sub>Ed,y</sub> kN	M <sub>Ed,z</sub> kN
1	30.45	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
2	41.11	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
3	30.45	0.38	0.00	-0.00	-0.00
4	41.11	0.38	0.00	-0.00	-0.00
5	30.45	-0.00	7.50	-0.00	-0.00

LK	NEd kN	HEd,y kN	HEd,z kN	MEd,y kN	MEd,z kN
6	41.11	-0.00	7.50	-0.00	-0.00

## 6. Zusammenfassung

Alle Nachweise konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Maximale Ausnutzungen der geführten Nachweise:

Tragfähigkeit Th.II.0 (Biegung und Druck)	93 %
Tragfähigkeit Th.II.0 (Biegung und Zug)	0 %
Tragfähigkeit Th.II.0 (Querkraft)	36 %
Gebrauchstauglichkeit (Endverformung in Z-Richtung)	33 %
Gebrauchstauglichkeit (Endverformung in Y-Richtung)	38 %
Brandschutz (Biegung und Druck)	39 %
Brandschutz (Biegung und Zug)	0 %
Brandschutz (Querkraft)	8 %

Literatur und Normen:

- [1] DIN EN 1995-1-1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen - Teil 1-1: Allgem. Regeln und Regeln für den Hochbau, Dez. 2010  
 [2] DIN EN 1995-1-2: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen - Teil 1-2: Allgem. Regeln - Tragwerksbem. für den Brandfall, Dez. 2010

## DETAILNACHWEISPUNKT BEI X = 0.00 M

### Querschnittsbeschreibung

Material: Holz Nadelholz C24 (S10)

Rechteck: b = 12.0 cm, d = 18.0 cm

Kennwerte: A = 216.0 cm<sup>2</sup>, A<sub>0</sub> = 144.0 cm<sup>2</sup>, W<sub>T</sub> = 598.8 cm<sup>3</sup>

W<sub>y</sub>-/W<sub>y+</sub> = 648.0/648.0 cm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>-/W<sub>z+</sub> = 432.0/432.0 cm<sup>3</sup>

### EC 5 Gebrauchstauglichkeit

Nachweis der Verformungen:  $\gamma_{M,EMod} = 1.30$

Vergleichslängen: L<sub>v,m</sub> = 3.000 m, L<sub>v,n</sub> = 3.000 m

Grenzwert Teil A in m-Richtung:  $U_m/\gamma_{M,EMod} = W_{m,inst} \leq W_{m,inst,req} = L_{v,m}/300 = 10.0$  mm

Grenzwert Teil A in n-Richtung:  $U_n/\gamma_{M,EMod} = W_{n,inst} \leq W_{n,inst,req} = L_{v,n}/300 = 10.0$  mm

Grenzwert Teil B in m-Richtung:  $U_m/\gamma_{M,EMod} = W_{m,fin} \leq W_{m,fin,req} = L_{v,m}/200 = 15.0$  mm

Grenzwert Teil B in n-Richtung:  $U_n/\gamma_{M,EMod} = W_{n,fin} \leq W_{n,fin,req} = L_{v,n}/200 = 15.0$  mm

Grenzwert Teil C in m-Richtung:  $U_m/\gamma_{M,EMod} = W_{m,net,fin} \leq W_{m,net,fin,req} = L_{v,m}/300 = 10.0$  mm

Grenzwert Teil C in n-Richtung:  $U_n/\gamma_{M,EMod} = W_{n,net,fin} \leq W_{n,net,fin,req} = L_{v,n}/300 = 10.0$  mm

Überhöhungen: w<sub>m,0</sub> = 0.00 mm, w<sub>n,0</sub> = 0.00 mm

### Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	u <sub>x</sub> mm	u <sub>y</sub> mm	u <sub>z</sub> mm	φ <sub>x</sub> %	φ <sub>y</sub> %	φ <sub>z</sub> %	N kN	Q <sub>y</sub> kN	Q <sub>z</sub> kN	T kNm	M <sub>y</sub> kNm	M <sub>z</sub> kNm	Faktorisierung
<b>Lastkollektivgruppe 1: standard</b>													
1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-4.96	-48.7	0.25	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf2
3	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
<b>Extremierung der Lastkombinationen</b>													
min u <sub>x</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max u <sub>x</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min u <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max u <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min u <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max u <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min φ <sub>x</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max φ <sub>x</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min φ <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
max φ <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min φ <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-4.96	-48.7	0.25	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf2
max φ <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min N	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max N	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min Q <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max Q <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-4.96	-48.7	0.25	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf2
min Q <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max Q <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3

Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	u <sub>x</sub> mm	u <sub>y</sub> mm	u <sub>z</sub> mm	φ <sub>x</sub> %	φ <sub>y</sub> %	φ <sub>z</sub> %	N kN	Q <sub>y</sub> kN	Q <sub>z</sub> kN	T kNm	M <sub>y</sub> kNm	M <sub>z</sub> kNm	Faktorisierung
min T	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max T	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min M <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
max M <sub>y</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min M <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max M <sub>z</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-4.96	-48.7	0.25	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf2
min σ <sub>1</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
max σ <sub>1</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min σ <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
max σ <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min σ <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max σ <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
min σ <sub>4</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max σ <sub>4</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
min σ <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
max σ <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min σ <sub>6</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max σ <sub>6</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
min σ <sub>7</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max σ <sub>7</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.99	0.00	-48.7	0.00	5.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1+Lf3
min σ <sub>8</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1
max σ <sub>8</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-48.7	0.00	0.00	0.000	-0.00	0.00	1.6*Lf1

Nachweis der Lastkombinationen

Lastkollektiv 1, Lastkollektivgruppe 1: standard

Durchbiegungen in mm: u<sub>m</sub> = 0.00, u<sub>n</sub> = 0.00 ⇒ w<sub>m</sub> = 0.00, w<sub>n</sub> = 0.00

|w<sub>m</sub>|/w<sub>m,req</sub> = |0.00|/15.00 = 0.00, |w<sub>n</sub>|/w<sub>n,req</sub> = |0.00|/15.00 = 0.00

Max. Ausnutzung: U = 0.000 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

Lastkollektiv 2, Lastkollektivgruppe 1: standard

Durchbiegungen in mm: u<sub>m</sub> = 0.00, u<sub>n</sub> = 0.00 ⇒ w<sub>m</sub> = 0.00, w<sub>n</sub> = 0.00

|w<sub>m</sub>|/w<sub>m,req</sub> = |0.00|/15.00 = 0.00, |w<sub>n</sub>|/w<sub>n,req</sub> = |0.00|/15.00 = 0.00

Max. Ausnutzung: U = 0.000 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

Lastkollektiv 3, Lastkollektivgruppe 1: standard

Durchbiegungen in mm: u<sub>m</sub> = 0.00, u<sub>n</sub> = 0.00 ⇒ w<sub>m</sub> = 0.00, w<sub>n</sub> = 0.00

|w<sub>m</sub>|/w<sub>m,req</sub> = |0.00|/15.00 = 0.00, |w<sub>n</sub>|/w<sub>n,req</sub> = |0.00|/15.00 = 0.00

Max. Ausnutzung: U = 0.000 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

Zusammenfassung:

U<sub>m</sub> = 0.000 1.6\*Lf1

U<sub>n</sub> = 0.000 1.6\*Lf1

U = 0.000 1.6\*Lf1

Max. Ausnutzung: U = 0.000 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

EC 5 Tragfaehigkeit Th.II.O.

Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	u <sub>x</sub> mm	u <sub>y</sub> mm	u <sub>z</sub> mm	φ <sub>x</sub> %	φ <sub>y</sub> %	φ <sub>z</sub> %	N kN	Q <sub>y</sub> kN	Q <sub>z</sub> kN	T kNm	M <sub>y</sub> kNm	M <sub>z</sub> kNm	Faktorisierung
<b>Lastkollektivgruppe 1: standard</b>													
1	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
2	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.63	0.00	-41.1	0.00	0.03	0.000	-0.00	0.00	1.35*Lf1
3	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-10.01	-30.5	0.07	0.00	0.000	-0.00	-0.00	Lf1+1.5*Lf2
4	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-11.10	-41.1	-0.08	0.00	0.000	-0.00	-0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf2
5	-0.00	0.00	0.00	0.00	-11.54	0.00	-30.4	0.00	7.85	0.000	-0.00	0.00	Lf1+1.5*Lf3
6	-0.00	0.00	0.00	0.00	-11.95	0.00	-41.0	0.00	7.99	0.000	-0.00	0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf3
<b>Extremierung der Lastkombinationen</b>													
min u <sub>x</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.63	0.00	-41.1	0.00	0.03	0.000	-0.00	0.00	1.35*Lf1
max u <sub>x</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min u <sub>y</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max u <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-11.10	-41.1	-0.08	0.00	0.000	-0.00	-0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf2
min u <sub>z</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.63	0.00	-41.1	0.00	0.03	0.000	-0.00	0.00	1.35*Lf1
max u <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-11.54	0.00	-30.4	0.00	7.85	0.000	-0.00	0.00	Lf1+1.5*Lf3
min φ <sub>x</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max φ <sub>x</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min φ <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-11.95	0.00	-41.0	0.00	7.99	0.000	-0.00	0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf3
max φ <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-10.01	-30.5	0.07	0.00	0.000	-0.00	-0.00	Lf1+1.5*Lf2
min φ <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-11.10	-41.1	-0.08	0.00	0.000	-0.00	-0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf2
max φ <sub>z</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min N	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-11.10	-41.1	-0.08	0.00	0.000	-0.00	-0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf2
max N	-0.00	0.00	0.00	0.00	-11.54	0.00	-30.4	0.00	7.85	0.000	-0.00	0.00	Lf1+1.5*Lf3
min Q <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-11.10	-41.1	-0.08	0.00	0.000	-0.00	-0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf2
max Q <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-10.01	-30.5	0.07	0.00	0.000	-0.00	-0.00	Lf1+1.5*Lf2
min Q <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-10.01	-30.5	0.07	0.00	0.000	-0.00	-0.00	Lf1+1.5*Lf2
max Q <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-11.95	0.00	-41.0	0.00	7.99	0.000	-0.00	0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf3
min T	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max T	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min M <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-11.95	0.00	-41.0	0.00	7.99	0.000	-0.00	0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf3
max M <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-11.10	-41.1	-0.08	0.00	0.000	-0.00	-0.00	1.35*Lf1+1.5*Lf2





## Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	u <sub>x</sub> mm	u <sub>y</sub> mm	u <sub>z</sub> mm	φ <sub>x</sub> ‰	φ <sub>y</sub> ‰	φ <sub>z</sub> ‰	N kN	Q <sub>y</sub> kN	Q <sub>z</sub> kN	T kNm	M <sub>y</sub> kNm	M <sub>z</sub> kNm	Faktorisierung
min M <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-10.01	-30.5	0.07	0.00	0.000	-0.00	-0.00	Lf1+1.5*Lf2
max M <sub>z</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>1</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>1</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>2</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>2</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>3</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>3</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>4</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>4</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>5</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>5</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>6</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>6</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>7</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>7</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
min σ <sub>8</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1
max σ <sub>8</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.46	0.00	-30.5	0.00	0.01	0.000	-0.00	0.00	Lf1

## Nachweis der Lastkombinationen

### Lastkollektiv 1, Lastkollektivgruppe 1: standard

Schnittkräfte in kN: N = -30.45, V<sub>y</sub> = 0.00, V<sub>z</sub> = 0.01

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.00, M<sub>z</sub> = 0.00

Materialsicherheits-, Modifikationsbeiwert: γ<sub>M</sub> = 1.30, k<sub>mod</sub> = 0.60

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>m,y,d</sub> = 11.08, f<sub>m,z,d</sub> = 11.58, f<sub>t,0,d</sub> = 6.46, f<sub>c,0,d</sub> = 9.69

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: σ<sub>0,d</sub> = -1.41, -0.00 ≤ σ<sub>m,y,d</sub> ≤ 0.00, -0.00 ≤ σ<sub>m,z,d</sub> ≤ 0.00

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: -1.41 ≤ σ<sub>d</sub> ≤ -1.41

Biegung und Druck (um y-Achse, unten, links): U<sub>σ</sub> = 0.145

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>v,d</sub> = 1.85, f<sub>tor,d</sub> = 1.98

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>: τ<sub>d</sub> = 0.00, τ<sub>tor,d</sub> = 0.00

Querkraft und Torsion: (τ<sub>tor,d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>tor,d</sub> + ((τ<sub>d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>v,d</sub>)<sup>2</sup> = 1 ⇒ U<sub>τ</sub> = 0.001

Max. Ausnutzung: U = 0.145 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

### Lastkollektiv 2, Lastkollektivgruppe 1: standard

Schnittkräfte in kN: N = -41.11, V<sub>y</sub> = 0.00, V<sub>z</sub> = 0.03

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.00, M<sub>z</sub> = 0.00

Materialsicherheits-, Modifikationsbeiwert: γ<sub>M</sub> = 1.30, k<sub>mod</sub> = 0.60

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>m,y,d</sub> = 11.08, f<sub>m,z,d</sub> = 11.58, f<sub>t,0,d</sub> = 6.46, f<sub>c,0,d</sub> = 9.69

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: σ<sub>0,d</sub> = -1.90, -0.00 ≤ σ<sub>m,y,d</sub> ≤ 0.00, -0.00 ≤ σ<sub>m,z,d</sub> ≤ 0.00

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: -1.90 ≤ σ<sub>d</sub> ≤ -1.90

Biegung und Druck (um y-Achse, unten, links): U<sub>σ</sub> = 0.196

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>v,d</sub> = 1.85, f<sub>tor,d</sub> = 1.98

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>: τ<sub>d</sub> = 0.00, τ<sub>tor,d</sub> = 0.00

Querkraft und Torsion: (τ<sub>tor,d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>tor,d</sub> + ((τ<sub>d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>v,d</sub>)<sup>2</sup> = 1 ⇒ U<sub>τ</sub> = 0.002

Max. Ausnutzung: U = 0.196 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

### Lastkollektiv 3, Lastkollektivgruppe 1: standard

Schnittkräfte in kN: N = -30.46, V<sub>y</sub> = 0.07, V<sub>z</sub> = 0.00

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.00, M<sub>z</sub> = -0.00

Materialsicherheits-, Modifikationsbeiwert: γ<sub>M</sub> = 1.30, k<sub>mod</sub> = 1.00

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>m,y,d</sub> = 18.46, f<sub>m,z,d</sub> = 19.30, f<sub>t,0,d</sub> = 10.77, f<sub>c,0,d</sub> = 16.15

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: σ<sub>0,d</sub> = -1.41, -0.00 ≤ σ<sub>m,y,d</sub> ≤ 0.00, -0.00 ≤ σ<sub>m,z,d</sub> ≤ 0.00

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: -1.41 ≤ σ<sub>d</sub> ≤ -1.41

Biegung und Druck (um z-Achse, unten, rechts): U<sub>σ</sub> = 0.087

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>v,d</sub> = 3.08, f<sub>tor,d</sub> = 3.31

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>: τ<sub>d</sub> = 0.01, τ<sub>tor,d</sub> = 0.00

Querkraft und Torsion: (τ<sub>tor,d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>tor,d</sub> + ((τ<sub>d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>v,d</sub>)<sup>2</sup> = 1 ⇒ U<sub>τ</sub> = 0.003

Max. Ausnutzung: U = 0.087 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

### Lastkollektiv 4, Lastkollektivgruppe 1: standard

Schnittkräfte in kN: N = -41.12, V<sub>y</sub> = -0.08, V<sub>z</sub> = 0.00

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.00, M<sub>z</sub> = -0.00

Materialsicherheits-, Modifikationsbeiwert: γ<sub>M</sub> = 1.30, k<sub>mod</sub> = 1.00

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>m,y,d</sub> = 18.46, f<sub>m,z,d</sub> = 19.30, f<sub>t,0,d</sub> = 10.77, f<sub>c,0,d</sub> = 16.15

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: σ<sub>0,d</sub> = -1.90, -0.00 ≤ σ<sub>m,y,d</sub> ≤ 0.00, -0.00 ≤ σ<sub>m,z,d</sub> ≤ 0.00

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: -1.90 ≤ σ<sub>d</sub> ≤ -1.90

Biegung und Druck (um z-Achse, unten, rechts): U<sub>σ</sub> = 0.118

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>v,d</sub> = 3.08, f<sub>tor,d</sub> = 3.31

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>: τ<sub>d</sub> = 0.01, τ<sub>tor,d</sub> = 0.00

Querkraft und Torsion: (τ<sub>tor,d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>tor,d</sub> + ((τ<sub>d</sub>/U<sub>τ</sub>)/f<sub>v,d</sub>)<sup>2</sup> = 1 ⇒ U<sub>τ</sub> = 0.004

Max. Ausnutzung: U = 0.118 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

### Lastkollektiv 5, Lastkollektivgruppe 1: standard

Schnittkräfte in kN: N = -30.37, V<sub>y</sub> = 0.00, V<sub>z</sub> = 7.85

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.00, M<sub>z</sub> = 0.00

Materialsicherheits-, Modifikationsbeiwert: γ<sub>M</sub> = 1.30, k<sub>mod</sub> = 1.00

## Nachweis der Lastkombinationen

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>:  $f_{m,y,d} = 18.46$ ,  $f_{m,z,d} = 19.30$ ,  $f_{t,0,d} = 10.77$ ,  $f_{c,0,d} = 16.15$

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>:  $\sigma_{0,d} = -1.41$ ,  $-0.00 \leq \sigma_{m,y,d} \leq 0.00$ ,  $-0.00 \leq \sigma_{m,z,d} \leq 0.00$

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>:  $-1.41 \leq \sigma_d \leq -1.41$

Biegung und Druck (um y-Achse, unten, links):  $U_\sigma = 0.087$

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>:  $f_{v,d} = 3.08$ ,  $f_{tor,d} = 3.31$

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>:  $\tau_d = 1.09$ ,  $\tau_{tor,d} = 0.00$

Querkraft und Torsion:  $(\tau_{tor,d}/U_\tau)/f_{tor,d} + ((\tau_d/U_\tau)/f_{v,d})^2 = 1 \Rightarrow U_\tau = 0.354$

Max. Ausnutzung:  $U = 0.354 \leq 1 \Rightarrow$  **Nachweis erfüllt**

### Lastkollektiv 6, Lastkollektivgruppe 1: standard

Schnittkräfte in kN:  $N = -41.02$ ,  $V_y = 0.00$ ,  $V_z = 7.99$

Momente in kNm:  $T = 0.00$ ,  $M_y = -0.00$ ,  $M_z = 0.00$

Materialsicherheits-, Modifikationsbeiwert:  $\gamma_M = 1.30$ ,  $k_{mod} = 1.00$

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>:  $f_{m,y,d} = 18.46$ ,  $f_{m,z,d} = 19.30$ ,  $f_{t,0,d} = 10.77$ ,  $f_{c,0,d} = 16.15$

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>:  $\sigma_{0,d} = -1.90$ ,  $-0.00 \leq \sigma_{m,y,d} \leq 0.00$ ,  $-0.00 \leq \sigma_{m,z,d} \leq 0.00$

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>:  $-1.90 \leq \sigma_d \leq -1.90$

Biegung und Druck (um y-Achse, unten, links):  $U_\sigma = 0.118$

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>:  $f_{v,d} = 3.08$ ,  $f_{tor,d} = 3.31$

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>:  $\tau_d = 1.11$ ,  $\tau_{tor,d} = 0.00$

Querkraft und Torsion:  $(\tau_{tor,d}/U_\tau)/f_{tor,d} + ((\tau_d/U_\tau)/f_{v,d})^2 = 1 \Rightarrow U_\tau = 0.361$

Max. Ausnutzung:  $U = 0.361 \leq 1 \Rightarrow$  **Nachweis erfüllt**

### Zusammenfassung:

$U_{\sigma,c} = 0.196$  1.35\*Lf1

$U_{\sigma,t} = 0.000$  Lf1

$U_\tau = 0.361$  1.35\*Lf1+1.5\*Lf3

$U = 0.361$  1.35\*Lf1+1.5\*Lf3

Max. Ausnutzung:  $U = 0.361 \leq 1 \Rightarrow$  **Nachweis erfüllt**

## EC 5 Brandschutz

Nachweis der Tragfähigkeit (Brandschutz): mit Knicken um y/z und Kippen

Rechteck:  $b = 12.0$  cm,  $d = 18.0$  cm

Brandbeanspruchung:  $t = 2.4$  cm (vierseitig)

Kennwerte:  $A = 95.0$  cm<sup>2</sup>,  $A_Q = 63.4$  cm<sup>2</sup>,  $W_T = 164.9$  cm<sup>3</sup>

$W_y/W_{y+} = 209.1/209.1$  cm<sup>3</sup>,  $W_z/W_{z+} = 114.0/114.0$  cm<sup>3</sup>

Beiwerte für Stabilität:  $k_{c,y} = 1.000$ ,  $k_{c,z} = 1.000$ ,  $k_{crit,y} = 1.000$ ,  $k_{crit,z} = 1.000$

Reduktionsfaktoren für Normalspannungsnachweis:  $k_m = 0.700$ ,  $k_{h,y} = 1.000$ ,  $k_{h,z} = 1.046$ ,  $k_{h,t} = 1.000$

Reduktionsfaktoren für Schubspannungsnachweis:  $k_{cr} = 0.500$ ,  $k_{shape} = 1.075$

Festigkeitskennwerte in MN/m<sup>2</sup>:  $f_{m,y,k} = f_{m,z,k} = 24.00$ ,  $f_{t,0,k} = 14.00$ ,  $f_{c,0,k} = 21.00$ ,  $f_{v,k} = 4.00$

## Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	u <sub>x</sub> mm	u <sub>y</sub> mm	u <sub>z</sub> mm	φ <sub>x</sub> %	φ <sub>y</sub> %	φ <sub>z</sub> %	N kN	Q <sub>y</sub> kN	Q <sub>z</sub> kN	T kNm	M <sub>y</sub> kNm	M <sub>z</sub> kNm	Faktorisierung
<b>Lastkollektivgruppe 4: Brand</b>													
1	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
2	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
3	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	1.02	0.000	-0.63	0.00	Lf1+0.2*Lf3
<b>Extremierung der Lastkombinationen</b>													
min u <sub>x</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	1.02	0.000	-0.63	0.00	Lf1+0.2*Lf3
max u <sub>x</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
min u <sub>y</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max u <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
min u <sub>z</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max u <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	1.02	0.000	-0.63	0.00	Lf1+0.2*Lf3
min φ <sub>x</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max φ <sub>x</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min φ <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	1.02	0.000	-0.63	0.00	Lf1+0.2*Lf3
max φ <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
min φ <sub>z</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max φ <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
min N	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max N	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	1.02	0.000	-0.63	0.00	Lf1+0.2*Lf3
min Q <sub>y</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max Q <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
min Q <sub>z</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max Q <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	1.02	0.000	-0.63	0.00	Lf1+0.2*Lf3
min T	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max T	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min M <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	1.02	0.000	-0.63	0.00	Lf1+0.2*Lf3
max M <sub>y</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
min M <sub>z</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max M <sub>z</sub>	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.36	0.00	0.000	-0.00	0.31	Lf1+0.2*Lf2
min σ <sub>1</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max σ <sub>1</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min σ <sub>2</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max σ <sub>2</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min σ <sub>3</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max σ <sub>3</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min σ <sub>4</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1

## Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	u <sub>x</sub> mm	u <sub>y</sub> mm	u <sub>z</sub> mm	φ <sub>x</sub> %	φ <sub>y</sub> %	φ <sub>z</sub> %	N kN	Q <sub>y</sub> kN	Q <sub>z</sub> kN	T kNm	M <sub>y</sub> kNm	M <sub>z</sub> kNm	Faktorisierung
max σ <sub>4</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min σ <sub>5</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max σ <sub>5</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min σ <sub>6</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max σ <sub>6</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min σ <sub>7</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max σ <sub>7</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
min σ <sub>8</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1
max σ <sub>8</sub>	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-30.5	0.00	-0.00	0.000	-0.14	0.00	Lf1

## Nachweis der Lastkombinationen

### Lastkollektiv 1, Lastkollektivgruppe 4: Brand

Schnittkräfte in kN: N = -30.45, V<sub>y</sub> = 0.00, V<sub>z</sub> = -0.00

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.14, M<sub>z</sub> = 0.00

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>m,y,d</sub> = 18.85, f<sub>m,z,d</sub> = 19.71, f<sub>t,0,d</sub> = 12.18, f<sub>c,0,d</sub> = 13.79

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: σ<sub>0,d</sub> = -3.20, -0.69 ≤ σ<sub>m,y,d</sub> ≤ 0.69, -0.00 ≤ σ<sub>m,z,d</sub> ≤ 0.00

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: -3.89 ≤ σ<sub>d</sub> ≤ -2.52

Biegung und Druck (um y-Achse, Knicken, unten, links): U<sub>σ</sub> = 0.269

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>v,d</sub> = 4.00, f<sub>tor,d</sub> = 4.30

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>: τ<sub>d</sub> = 0.00, τ<sub>tor,d</sub> = 0.00

Querkraft und Torsion: (τ<sub>tor,d</sub> / U<sub>τ</sub>) / f<sub>tor,d</sub> + ((τ<sub>d</sub> / U<sub>τ</sub>) / f<sub>v,d</sub>)<sup>2</sup> = 1 ⇒ U<sub>τ</sub> = 0.000

Max. Ausnutzung: U = 0.269 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

### Lastkollektiv 2, Lastkollektivgruppe 4: Brand

Schnittkräfte in kN: N = -30.45, V<sub>y</sub> = 0.36, V<sub>z</sub> = 0.00

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.00, M<sub>z</sub> = 0.31

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>m,y,d</sub> = 18.85, f<sub>m,z,d</sub> = 19.71, f<sub>t,0,d</sub> = 12.18, f<sub>c,0,d</sub> = 13.79

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: σ<sub>0,d</sub> = -3.20, -0.00 ≤ σ<sub>m,y,d</sub> ≤ 0.00, -2.75 ≤ σ<sub>m,z,d</sub> ≤ 2.75

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: -5.95 ≤ σ<sub>d</sub> ≤ -0.45

Biegung und Druck (um z-Achse, Knicken, unten, links): U<sub>σ</sub> = 0.372

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>v,d</sub> = 4.00, f<sub>tor,d</sub> = 4.30

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>: τ<sub>d</sub> = 0.11, τ<sub>tor,d</sub> = 0.00

Querkraft und Torsion: (τ<sub>tor,d</sub> / U<sub>τ</sub>) / f<sub>tor,d</sub> + ((τ<sub>d</sub> / U<sub>τ</sub>) / f<sub>v,d</sub>)<sup>2</sup> = 1 ⇒ U<sub>τ</sub> = 0.028

Max. Ausnutzung: U = 0.372 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

### Lastkollektiv 3, Lastkollektivgruppe 4: Brand

Schnittkräfte in kN: N = -30.45, V<sub>y</sub> = 0.00, V<sub>z</sub> = 1.02

Momente in kNm: T = 0.00, M<sub>y</sub> = -0.63, M<sub>z</sub> = 0.00

Festigkeitskennwerte (Biegung) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>m,y,d</sub> = 18.85, f<sub>m,z,d</sub> = 19.71, f<sub>t,0,d</sub> = 12.18, f<sub>c,0,d</sub> = 13.79

Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: σ<sub>0,d</sub> = -3.20, -3.00 ≤ σ<sub>m,y,d</sub> ≤ 3.00, -0.00 ≤ σ<sub>m,z,d</sub> ≤ 0.00

Extr. Normalspannungen in MN/m<sup>2</sup>: -6.21 ≤ σ<sub>d</sub> ≤ -0.20

Biegung und Druck (um y-Achse, Knicken, Kippen, unten, links): U<sub>σ</sub> = 0.392

Festigkeitskennwerte (Schub) in MN/m<sup>2</sup>: f<sub>v,d</sub> = 4.00, f<sub>tor,d</sub> = 4.30

Max. Schubspannungen in MN/m<sup>2</sup>: τ<sub>d</sub> = 0.32, τ<sub>tor,d</sub> = 0.00

Querkraft und Torsion: (τ<sub>tor,d</sub> / U<sub>τ</sub>) / f<sub>tor,d</sub> + ((τ<sub>d</sub> / U<sub>τ</sub>) / f<sub>v,d</sub>)<sup>2</sup> = 1 ⇒ U<sub>τ</sub> = 0.080

Max. Ausnutzung: U = 0.392 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**

### Zusammenfassung:

U<sub>σ,c</sub> = 0.392 Lf1+0.2\*Lf3

U<sub>σ,t</sub> = 0.000 Lf1

U<sub>τ</sub> = 0.080 Lf1+0.2\*Lf3

U = 0.392 Lf1+0.2\*Lf3

Max. Ausnutzung: U = 0.392 ≤ 1 ⇒ **Nachweis erfüllt**