

## 5.3 Querträger 1 - Obergurt

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Obergurt</b>	<b>Position: 387, 392, 403, 397</b>
----------------	---	------------------------	-------------------------------------

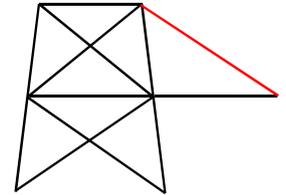
### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall:	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	21,24	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1900	=	1900	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1900	=	1900	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	50	x	50	x	5 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>



### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

	$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--	--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	132,17 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 195,27 < 200
		<b>max <math>\lambda = 195,27</math></b>	

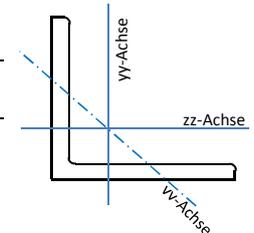
Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 2,56$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 4,34$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,13$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -19,74$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,75$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

## 5.3 Querträger 1 - Obergurt

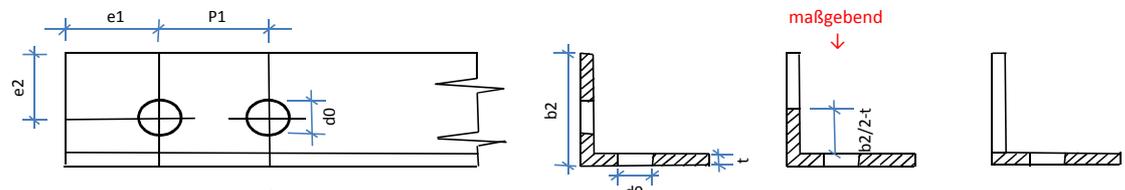
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Obergurt	Position: 387, 392, 403, 397
---------	--	-----------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>2</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 1,60 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 2,85 = 1,69 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

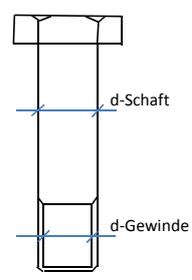
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 81,44 \text{ kN}$  ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,26 < 1$  Auslastung: 26%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  →  $\sum = 48,24 \text{ kN}$   
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **96,48 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 21,24 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,22 < 1$  Auslastung: 22%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Abstände der Bohrung

e1 =	35	mm
e2 =	25	mm
p1 =	50	mm

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 = 2,33$   
 $\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) = 2,67$   
 $\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) = 2,04$   
 $\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) = 2,19$

**maßgebend min  $\alpha_b$  = 2,04** (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 51,29 \text{ kN} \rightarrow$  \* n Schrauben = **102,58 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 21,24 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,21 < 1$  Auslastung: 21%

## 5.3 Querträger 1 - Obergurt

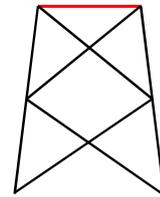
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalstab Obergurt Wand X</b>	<b>Position: 386, 396</b>
----------------	---	--	---------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-1,52	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,00)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	34,17	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1200	=	1200	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1200	=	1200	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	50	x	50	x	5 mm



Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

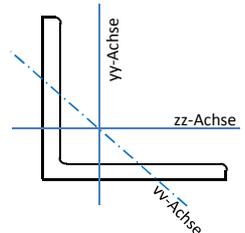
#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:			
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho1 = 1,00$
Schenkel 2:			
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho1) + b2 * (1-\rho2)] =$	4,80	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-155,01	Druckkraft -1,52 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	83,48	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv}$	= 123,33	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>123,33</b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	1,61	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	2,15	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,28	[1]
	<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>	

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-43,44	kN
----------------------------	--	--------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,03 < 1	Auslastung: 3%
-----------------------------------	-------------------	----------	----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t =$	50,00

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,75	[1]
	<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>	

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-116,67	kN
-----------------------------	--	---------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,01 < 1	Auslastung: 1%
--	-------------------	----------	----------------

## 5.3 Querträger 1 - Obergurt

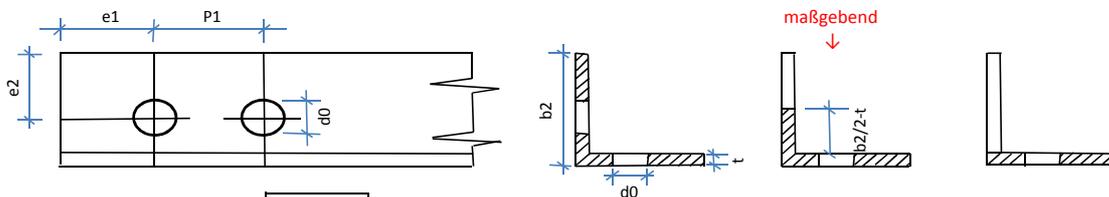
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalstab Obergurt Wand X	Position: 386, 396
---------	--	--	--------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>2</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) \cdot t = 1,60 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) \cdot t = 2,85 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 \cdot (A - 2 \cdot d_0 \cdot t) = 2,70 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 2,85 = 1,69 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

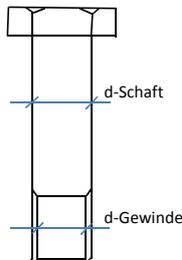
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}) \cdot 0,9 = 81,44 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,42 < 1$  Auslastung: 42%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 16** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im Schnitt 1 Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft
↓	↓
Faktor $\alpha_v$ : 0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v \cdot A_v \cdot f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$   $\rightarrow \Sigma = 48,24 \text{ kN}$   
 $\downarrow$  \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **96,48 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 34,17 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $\max N / F_{v,Rd} = 0,35 < 1$  Auslastung: 35%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

e1 =	35	mm
e2 =	25	mm
P1 =	100	mm

$\alpha_b = 1,20 \cdot e_1 / d_0 = 2,33$   
 $\alpha_b = 1,85 \cdot (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,67$   
 $\alpha_b = 2,30 \cdot (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$   
 $\alpha_b = 0,96 \cdot (p_1 / d_0 - 0,5) = 4,85$   
**maßgebend min  $\alpha_b = 2,04$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $\min \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} \cdot 0,8 = 51,29 \text{ kN} \rightarrow$  \* n Schrauben = **102,58 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 34,17 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $\max N / F_{b,Rd} = 0,33 < 1$  Auslastung: 33%

## 5.3 Querträger 1 - Obergurt

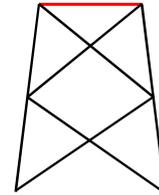
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalstab Obergurt Wand</b> y	<b>Position:</b> 406, 407
----------------	---	---	---------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-7,09	kN	Lastfall: D Voll (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	5,66	kN	Lastfall: D Teil (Vert.-Last *1,00)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1200	=	1200	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1200	=	1200	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	50	x	50	x	5 mm



Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft -7,09 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $83,48 < 200$

Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 123,33 < 200$

**max  $\lambda = 123,33$**

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,61$  [1]

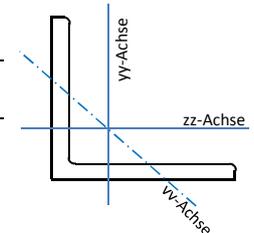
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 2,15$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,28$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -43,44$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,16 < 1$  Auslastung: 16%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,06 < 1$  Auslastung: 6%

## 5.3 Querträger 1 - Obergurt

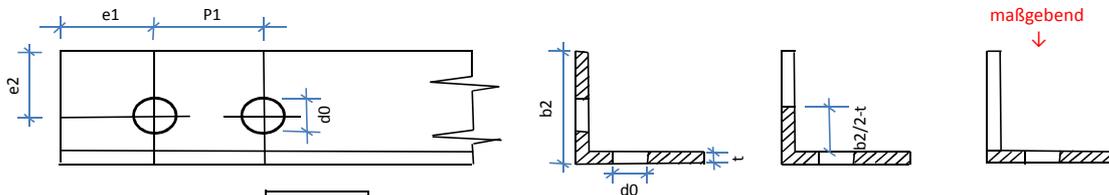
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalstab Obergurt Wand y	Position: 406, 407
---------	--	--	--------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b1 - d0) * t =$	1,60 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b1 - d0 + (b2/2)) * t =$	2,85 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d0 * t) =$	2,70 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	4,80 / 1,60 = 3,00	>1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

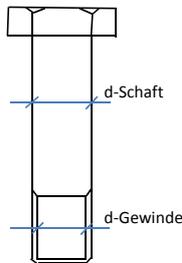
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$  **45,72 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,12 < 1** Auslastung: 12%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1 Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft	
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01	cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$  =**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$  48,24 kN

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$  =** 48,24 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 7,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} =$  **0,15 < 1** Auslastung: 15%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

**e1 =** **25** mm

**e2 =** **25** mm

**p1 =** entfällt

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 =$  1,67

$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) =$  1,64

$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) =$  2,04

$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) =$  entfällt

**maßgebend min  $\alpha_b =$  1,64** (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$  =**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$  **41,26 kN** → \* n Schrauben = **41,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 7,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,17 < 1** Auslastung: 17%

## 5.3 Querträger 1 - Untergurt

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Untergurt	Position: 428, 429, 438, 439
---------	--	------------------	------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

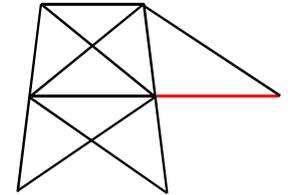
max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-182,48	kN	Lastfall:	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	138,57	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1003	=	1003	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	542	=	542	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	b1	x	b2	x	t	mm
		80		80		10	

Querschnittswerte:	$A$	=	15,11	cm <sup>2</sup>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,29	cm
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,55	cm

Herstellungart	=	warm gewalzt
Stabstahlgüte	=	S355
Streckgrenze $f_y$	=	355 N/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit $f_u$	=	490 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul	=	210000 N/mm <sup>2</sup>



### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 80 / 10 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 80 / 10 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 15,11$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -487,64$  Druckkraft -182,48 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3
Stützkraft nicht vorhanden	

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	43,79	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 34,92	< 200
		<b>max <math>\lambda = 43,79</math></b>		

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,57$  [1]

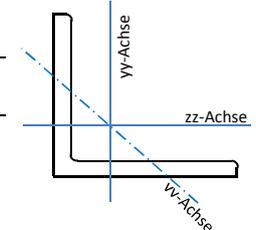
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,76$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,80$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -390,71$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,47 < 1$  Auslastung: 47%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,52$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,83$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -404,62$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,45 < 1$  Auslastung: 45%

## 5.3 Querträger 1 - Untergurt

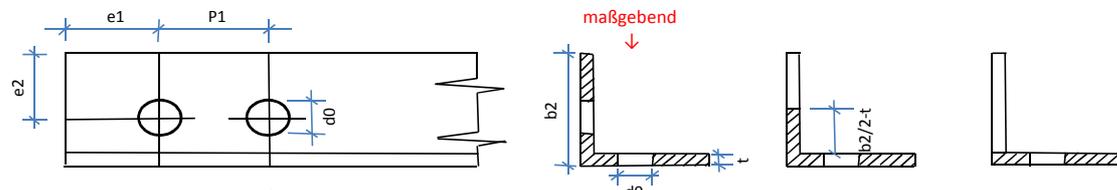
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Untergurt	Position: 428, 429, 438, 439
---------	--	------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>5</b>	Größe <b>M 20</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>2</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>22 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	( b1 - d0 ) * t =	5,80	cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	( b1 - d0 + ( b2/2 ) ) * t =	9,80	cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	0.9 * ( A - 2 * d0 * t ) =	9,64	cm <sup>2</sup>	maßgebend (beide Schenkel angeschlossen)
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	A / $A_{net}$ =	15,11 / 9,64 =	1,57	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  = ( 0.9 \*  $A_{net}$  \*  $f_u$  /  $\gamma_{M2}$  ) \* 0.9 = **275,45 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

Zugbeanspruchungsnachweis:  $N_z / N_{R,z}$  = **0,50 < 1** Auslastung: 50%

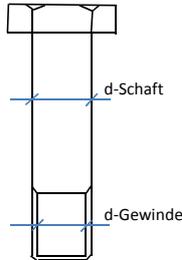
### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 20** Güte : **5.6**



Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	3,14	cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300	N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	2,45	cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500	N/mm <sup>2</sup>

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  : **1,25**

	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
Scherfläche liegt im	Schaft	Schaft	
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	3,14	3,14	cm <sup>2</sup>

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$  =  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb}$  = 75,36 -  $\rightarrow \Sigma$  = 75,36 kN  
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$  = 376,80 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 182,48 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:  $maxN / F_{v,Rd}$  = **0,48 < 1** Auslastung: 48%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  : **1,25**

Abstände der Bohrung

e1 =	40	mm
e2 =	35	mm
P1 =	70	mm

$\alpha_b$ =	1.20 * e1 / d0 =	2,18	
$\alpha_b$ =	1.85 * ( e1 / d0 - 0.5 ) =	2,44	
$\alpha_b$ =	2.30 * ( e2 / d0 - 0.5 ) =	2,51	
$\alpha_b$ =	0.96 * ( p1 / d0 - 0.5 ) =	2,57	
<b>maßgebend min <math>\alpha_b</math> = 2,18</b>			(nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$  = min  $\alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8$  = **136,84 kN**  $\rightarrow$  \* n Schrauben = **684,22 kN**

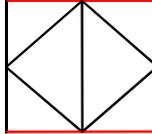
maßgebende Normalkraft maxN : 182,48 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:  $maxN / F_{b,Rd}$  = **0,27 < 1** Auslastung: 27%

## 5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalverband Wand X</b>	<b>Position: 432, 433, 436, 437</b>
----------------	---	--	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-150,53	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart: 
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	117,07	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,00)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1284	=	1284	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	642	=	642	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	80	x	80	x	10 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	15,11	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,29	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,55	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 80 / 10 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 80 / 10 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 15,11 \text{ cm}^2$

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -487,64 \text{ Druckkraft } -150,53 \text{ kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)}$

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

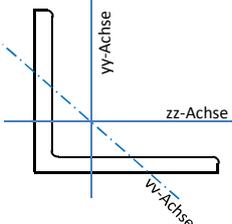
Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $56,06 < 200$

Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 41,37 < 200$

**max  $\lambda = 56,06$**



Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41 [1]$

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,73 [1]$

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,90 [1]$

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,70 [1]$

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -343,18 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,44 < 1$  Auslastung: 44%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41 [1]$

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,52 [1]$

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72 [1]$

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,83 [1]$

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -404,62 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,37 < 1$  Auslastung: 37%

## 5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

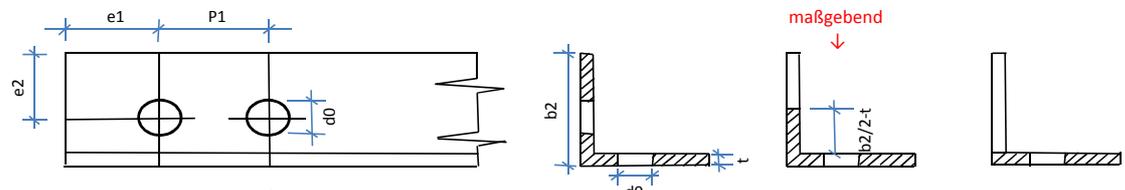
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalverband Wand X	Position: 432, 433, 436, 437
---------	--	---------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>4</b>	Größe <b>M 20</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>22 mm</b>				
				Stabstahlgüte =	S355
				Streckgrenze $f_y$ =	355 N/mm <sup>2</sup>
				Zugfestigkeit $f_u$ =	490 N/mm <sup>2</sup>

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 5,80 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 9,80 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d_0 * t) = 9,64 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 15,11 / 9,80 = 1,54 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

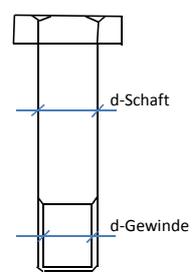
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 280,05 \text{ kN}$  ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,42 < 1$  Auslastung: 42%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 20** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 3,14 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 2,45 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
Scherfläche liegt im Schaft	Scherfläche liegt im Schaft
↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	3,14 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$  =**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 75,36$   $\rightarrow \Sigma = 75,36 \text{ kN}$   
 $\downarrow$  \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$  = 301,44 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 150,53 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,50 < 1$  Auslastung: 50%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Abstände der Bohrung

e1 =	55	mm
e2 =	40	mm
p1 =	70	mm

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 = 3,00$   
 $\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) = 3,70$   
 $\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) = 3,03$   
 $\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) = 2,57$

**maßgebend min  $\alpha_b$  = 2,57** (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$  =**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 161,48 \text{ kN} \rightarrow$  \* n Schrauben = **645,90 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 150,53 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,23 < 1$  Auslastung: 23%

## 5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalverband Wand Y</b>	<b>Position: 430, 431, 434, 435</b>
----------------	---	--	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-22,91	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,00)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	26,12	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1284	=	1284	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	642	=	642	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	70	x	70	x	7
						mm

Querschnittswerte:	$A$	=	9,40	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,02	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,37	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 70 / 7 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 70 / 7 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 9,40$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -303,27$  Druckkraft -22,91 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	63,61	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 47,03	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>63,61</b>	

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,83$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,00$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,64$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -194,62$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,12 < 1$  Auslastung: 12%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,75$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -228,27$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,10 < 1$  Auslastung: 10%

## 5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

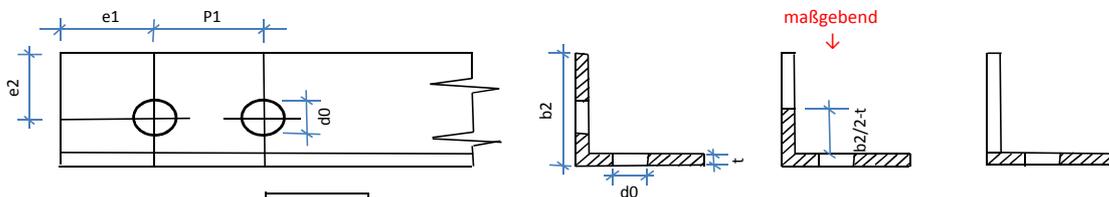
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalverband Wand Y	Position: 430, 431, 434, 435
---------	--	---------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>2</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355	N/mm <sup>2</sup>
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490	N/mm <sup>2</sup>

**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 3,64 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 6,09 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d_0 * t) = 6,19 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 9,40 / 6,09 = 1,54 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

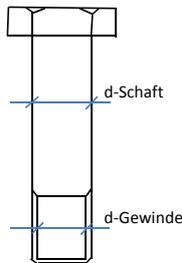
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 174,03 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,15 < 1$  Auslastung: 15%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 16** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  →  $\Sigma = 48,24 \text{ kN}$   
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **96,48 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 26,12 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,27 < 1$  Auslastung: 27%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

**Abstände der Bohrung**

e1 =	30	mm
e2 =	40	mm
p1 =	80	mm

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 = 2,00$   
 $\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) = 2,16$   
 $\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) = 3,96$   
 $\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) = 3,79$   
**maßgebend min  $\alpha_b = 2,00$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 70,25 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 140,49 \text{ kN}$

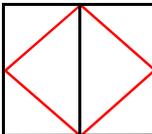
maßgebende Normalkraft maxN: 26,12 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,19 < 1$  Auslastung: 19%

## 5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalverband Diagonalen</b>	<b>Position: 128, 129, 130, 131</b>
----------------	---	--	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-33,26	kN	Lastfall: J-2 Vollbelegung	Ausfachungsart: 
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	33,05	kN	Lastfall: J-2 Vollbelegung	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	
Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	908	=	908	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	908	=	908	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t
Profil:	L	x	x	x	mm
	50		50		5

Querschnittswerte:	$A =$	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy} =$	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv} =$	0,97	cm	Streckgrenze $f_y =$	355 N/mm <sup>2</sup>
				Zugfestigkeit $f_u =$	490 N/mm <sup>2</sup>
				E-Modul =	210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche:

( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:  $\lambda_{p,1} = b1 / t = 50 / 5 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$  bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig

bezogene Plattenschlankheit:  $\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:  $\lambda_{p,2} = b2 / t = 50 / 5 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$  bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig

bezogene Plattenschlankheit:  $\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80 \text{ cm}^2$

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01 \text{ Druckkraft } -33,26 \text{ kN zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )}$

#### 2.2) Biegeknicken (BK):

( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knickspannungslinie C  $\Rightarrow$  Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00 < 2/3$   
Stützkraft nicht vorhanden

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $63,17 < 200$

Biegeknicken um die  $\zeta$ -Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow L_1 / i_{vv} = 93,32 < 200$

**max  $\lambda = 93,32$**

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41 [1]$

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,22 [1]$

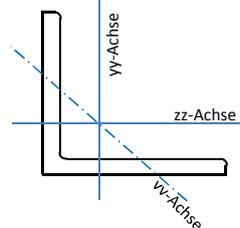
$\Phi_{bk} = 0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] = 1,50 [1]$

$K_{bk} = 1 / ( \Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'} ) = 0,42 [1]$

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -65,68 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,51 < 1$  Auslastung: 51%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C  $\Rightarrow$  Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41 [1]$

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65 [1]$

$\Phi_{bdk} = 0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] = 0,83 [1]$

$K_{bdk} = 1 / ( \Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'} ) = 0,75 [1]$

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,29 < 1$  Auslastung: 29%

## 5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

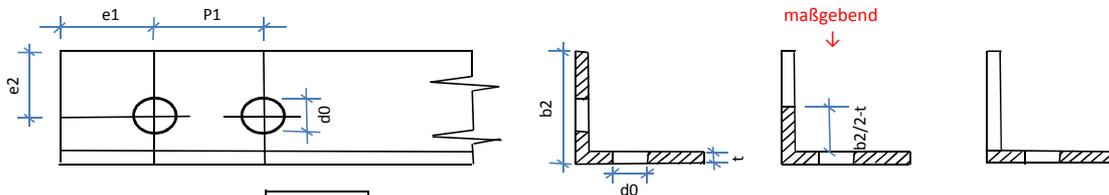
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalverband Diagonalen</b>	<b>Position: 128, 129, 130, 131</b>
----------------	---	--	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>2</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 1,60 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 2,85 = 1,69 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

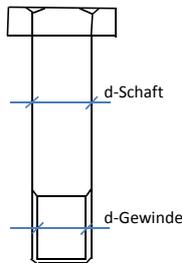
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 81,44 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,41 < 1$  Auslastung: 41%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 16** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im Schnitt 1 (Schaft) oder ggf. Schnitt 2 (Schaft). Faktor  $\alpha_v$ : 0,6. maßgebender Abscherquerschnitt  $A_v$ : 2,01 cm<sup>2</sup>.

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24 \text{ kN}$  (für eine Schraube).  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 48,24 \text{ kN} * n \text{ Schrauben} = 96,48 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft maxN: 33,26 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,34 < 1$  Auslastung: 34%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 =	25	mm
e2 =	25	mm
p1 =	50	mm

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e_1 / d_0 = 1,67$   
 $\alpha_b = 1.85 * (e_1 / d_0 - 0.5) = 1,64$   
 $\alpha_b = 2.30 * (e_2 / d_0 - 0.5) = 2,04$   
 $\alpha_b = 0.96 * (p_1 / d_0 - 0.5) = 2,19$   
**maßgebend min  $\alpha_b = 1,64$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 41,26 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 82,51 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft maxN: 33,26 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,40 < 1$  Auslastung: 40%

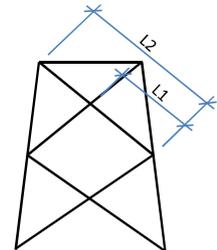
## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 1</b>	<b>Position: 100, 101, 114, 115</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-25,54</b>	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>29,40</b>	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>29,16</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>573</b>	=	516	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>316</b>	=	284	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

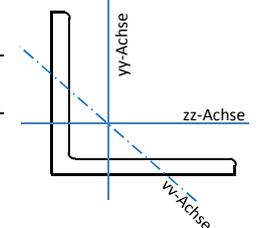
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>4,80</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-155,01</b>	Druckkraft -25,54 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,14$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	29,23 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} =$	29,23 < 200
		<b>max <math>\lambda = 29,23</math></b>	
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,38	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,62	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,91	[1]
		<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>



Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-140,52</b>	kN
----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,18 &lt; 1</b>	Auslastung: 18%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$	
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]	
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]	
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]	
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]	
	<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-116,67</b>	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,22 &lt; 1</b>	Auslastung: 22%
--	-------------------	--------------------	-----------------

## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

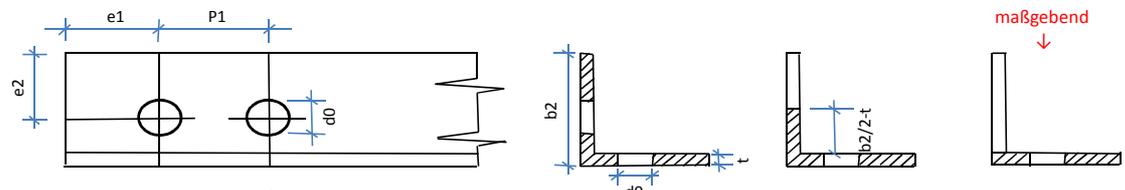
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 1	Position: 100, 101, 114, 115
---------	--	----------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	↓				
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	↓				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) \cdot t =$	1,60 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) \cdot t =$	2,85 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 \cdot (A - 2 \cdot d_0 \cdot t) =$	2,70 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	4,80 / 1,60 = 3,00	>1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** 1,25

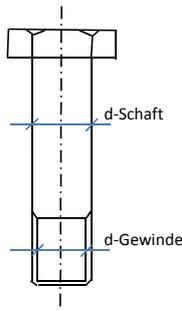
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}) \cdot 0.9 =$  45,72 kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  0,64 < 1 Auslastung: 64%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : M 16 Güte : 5.6

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** 1,25

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
Scherfläche liegt im Schaft	Schaft	
↓	↓	
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$   $\alpha_v \cdot A_v \cdot f_{ub} / \gamma_{Mb} =$  48,24 kN**

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$  48,24 kN** ( \* n Schrauben )

maßgebende Normalkraft maxN : 29,4 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} =$  0,61 < 1 Auslastung: 61%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

e1 =	25	mm
e2 =	25	mm
p1 =		entfällt

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** 1,25

$\alpha_b =$	$1.20 \cdot e1 / d_0 =$	1,67
$\alpha_b =$	$1.85 \cdot (e1 / d_0 - 0.5) =$	1,64
$\alpha_b =$	$2.30 \cdot (e2 / d_0 - 0.5) =$	2,04
$\alpha_b =$	$0.96 \cdot (p1 / d_0 - 0.5) =$	entfällt
<b>maßgebend min <math>\alpha_b =</math></b>		<b>1,64</b> (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} =$   $min \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} \cdot 0.8 =$  41,26 kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 41,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 29,4 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  0,71 < 1 Auslastung: 71%

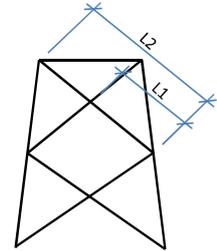
## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 2</b>	<b>Position: 102, 103, 116, 117</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-24,96</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>28,70</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>28,58</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>691</b>	=	622	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>380</b>	=	342	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

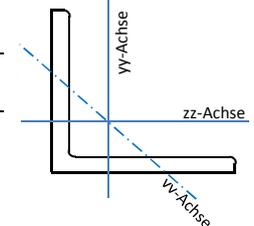
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>4,80</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-155,01</b>	Druckkraft -24,96 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,15$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	35,15 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 35,15 < 200
		<b>max <math>\lambda = 35,15</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,46	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,67	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,87	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-134,09</b>	kN
----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,19 &lt; 1</b>	Auslastung: 19%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-116,67</b>	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,21 &lt; 1</b>	Auslastung: 21%
--	-------------------	--------------------	-----------------

## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 2	Position: 102, 103, 116, 117
---------	--	----------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

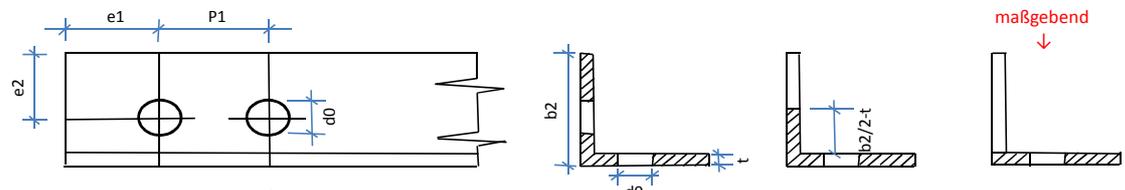
**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) \cdot t = 1,60 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) \cdot t = 2,85 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 \cdot (A - 2 \cdot d_0 \cdot t) = 2,70 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

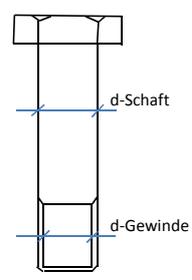
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}) \cdot 0,9 = 45,72 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,63 < 1$  Auslastung: 63%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 16** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
Scherfläche liegt im Schaft	Scherfläche liegt im Schaft
↓	↓
Faktor $\alpha_v$ : 0,6	Faktor $\alpha_v$ : 0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 2,01	maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v \cdot A_v \cdot f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24 \text{ kN}$

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 48,24 \text{ kN}$  (↓ \* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft maxN: 28,7 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $\max N / F_{v,Rd} = 0,59 < 1$  Auslastung: 59%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

**Abstände der Bohrung**

e1 = **25** mm

e2 = **25** mm

P1 = **entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 \cdot e_1 / d_0 = 1,67$

$\alpha_b = 1,85 \cdot (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$

$\alpha_b = 2,30 \cdot (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$

$\alpha_b = 0,96 \cdot (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b$  = 1,64** (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $\min \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} \cdot 0,8 = 41,26 \text{ kN} \rightarrow$  \* n Schrauben = **41,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 28,7 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $\max N / F_{b,Rd} = 0,70 < 1$  Auslastung: 70%

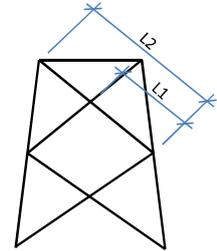
## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 3</b>	<b>Position: 104, 105, 118, 119</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-22,96</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>20,92</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>20,90</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>836</b>	=	752	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>459</b>	=	413	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: ( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

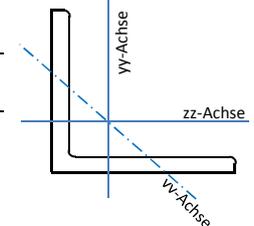
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft -22,96 kN zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )

#### 2.2) Biegeknicken (BK): ( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,91$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	53,48 < 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 53,48 < 200
		<b>max <math>\lambda = 53,48</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,70	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	0,87	[1]
$K_{bk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{( \Phi^2 - \lambda' * \lambda' )} ) =$	0,72	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-88,63</b>	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,26 &lt; 1</b>	Auslastung: 26%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{( \Phi^2 - \lambda' * \lambda' )} ) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,23 &lt; 1</b>	Auslastung: 23%
--	-------------------	--------------------	-----------------

## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 3	Position: 104, 105, 118, 119
---------	--	----------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

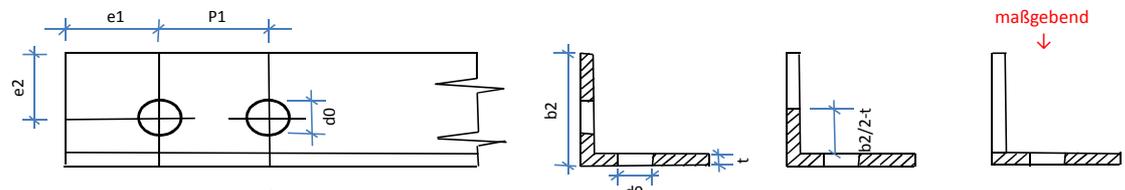
**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,30 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,30 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,15 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

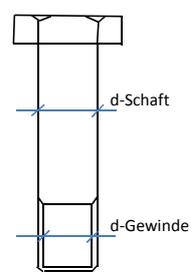
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,56 < 1$  Auslastung: 56%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 12** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 1,13 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 0,843 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
Scherfläche liegt im Schaft	Scherfläche liegt im Schaft
↓	↓
Faktor $\alpha_v$ : 0,6	Faktor $\alpha_v$ : 0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 1,13	maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12 \text{ kN}$

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 27,12 \text{ kN}$  (\* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft maxN: 22,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,85 < 1$  Auslastung: 85%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Abstände der Bohrung

**e1 = 20 mm**

**e2 = 20 mm**

**P1 = entfällt**

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 = 1,71$

$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) = 1,72$

$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) = 2,14$

$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,71$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 32,26 \text{ kN} \rightarrow$  \* n Schrauben = **32,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 22,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,71 < 1$  Auslastung: 71%

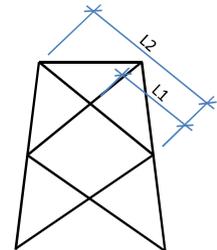
## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 4</b>	<b>Position: 106, 107, 120, 121</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-17,28</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>18,60</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>18,60</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>994</b>	=	895	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>544</b>	=	490	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

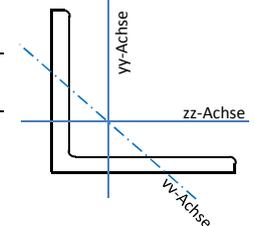
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft -17,28 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,08$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	63,38 < 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 63,38 < 200
		<b>max <math>\lambda = 63,38</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,83$	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,00$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,64$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-78,71</b>	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,22 &lt; 1</b>	Auslastung: 22%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,52$	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,83$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,17 &lt; 1</b>	Auslastung: 17%
--	-------------------	--------------------	-----------------

## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

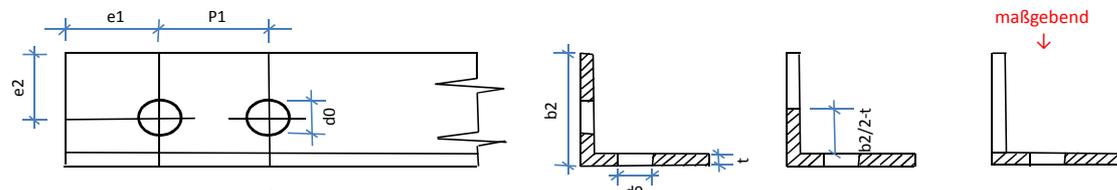
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 4</b>	<b>Position: 106, 107, 120, 121</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t =$	1,30 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t =$	2,30 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d_0 * t) =$	2,15 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	3,79 / 1,30 = 2,91	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

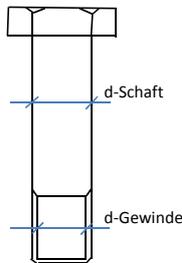
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$  **37,15 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,50 < 1**      Auslastung: 50%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12**      Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 1,13 cm<sup>2</sup>      Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 0,843 cm<sup>2</sup>      Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1 Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft	
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13	cm <sup>2</sup>
<b>Scherbeanspruchbarkeit <math>F_{v,Rd} =</math></b>	$\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$	27,12	kN
			↓ * n Schrauben
<b>Scherbeanspruchbarkeit <math>F_{v,Rd} =</math></b>			<b>27,12 kN</b>

maßgebende Normalkraft maxN : 18,6 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} =$  **0,69 < 1**      Auslastung: 69%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

**e1 =** **20** mm

**e2 =** **20** mm

**p1 =** **entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 =$  1,71

$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) =$  1,72

$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) =$  2,14

$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) =$  entfällt

**maßgebend min  $\alpha_b =$  1,71** (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} =$**   $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$  **32,26 kN** → \* n Schrauben = **32,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 18,6 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,58 < 1**      Auslastung: 58%

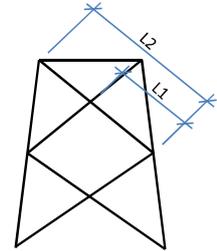
## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 5</b>	<b>Position: 108, 109, 122, 123</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-14,61</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>14,41</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>14,41</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1166</b>	=	1049	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>635</b>	=	572	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_1 = 1,00$

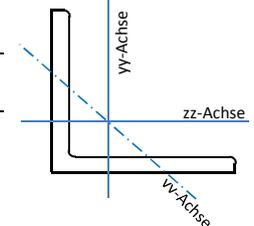
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft <b>-14,61 kN</b> zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C $\Rightarrow$ Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,99 \geq 2/3$	Stützkraft ist Zugkraft
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	73,98 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv} =$	73,98 < 200
		<b>max <math>\lambda = 73,98</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,97	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	1,16	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,56	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-68,31</b>	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,21 &lt; 1</b>	Auslastung: 21%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C $\Rightarrow$ Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,14 &lt; 1</b>	Auslastung: 14%
--	-------------------	--------------------	-----------------

## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 5</b>	<b>Position: 108, 109, 122, 123</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

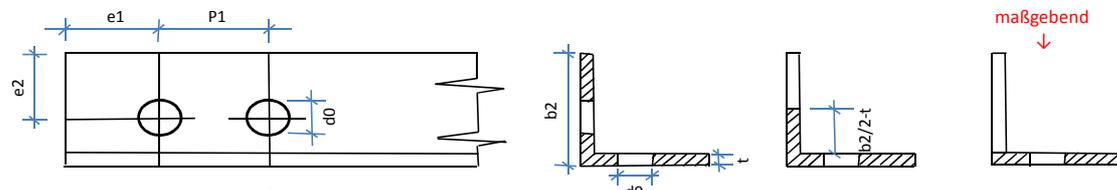
**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,30 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,30 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,15 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

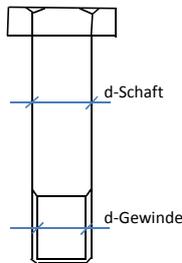
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$  ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,39 < 1$  Auslastung: 39%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 1,13 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 0,843 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
	↓	↓	
	Schaft	Schaft	
	↓	↓	
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13	cm <sup>2</sup>

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  -  $\rightarrow \Sigma = 27,12 \text{ kN}$

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 27,12 \text{ kN}$**

maßgebende Normalkraft maxN : 14,61 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,54 < 1$  Auslastung: 54%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 20 mm**

**e2 = 20 mm**

**P1 = entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 = 1,71$

$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) = 1,72$

$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) = 2,14$

$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,71$  (nach EN 50 341-1)**

Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 32,26 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 32,26 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft maxN : 14,61 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,45 < 1$  Auslastung: 45%

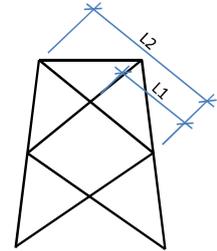
## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 6</b>	<b>Position: 110, 111, 124, 125</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-12,27</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>11,94</b>	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>11,94</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1352</b>	=	1217	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>734</b>	=	661	mm (um vv-Achse)

b1	b2	t
Profil: L <b>40</b>	x <b>40</b>	x <b>5</b>
mm		

Querschnittswerte:	$A =$	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy} =$	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv} =$	0,77	cm	Streckgrenze $f_y =$ 355 N/mm <sup>2</sup>
				Zugfestigkeit $f_u =$ 490 N/mm <sup>2</sup>
				E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: ( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

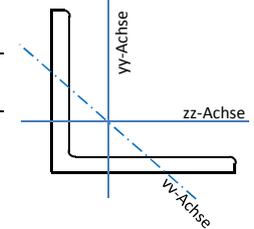
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft <b>-12,27 kN</b> zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )

#### 2.2) Biegeknicken (BK): ( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,97$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	85,51 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 85,51 < 200
		<b>max <math>\lambda = 85,51</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	1,12	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	1,35	[1]
$K_{bk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')} ) =$	0,47	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-57,98</b>	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,21 &lt; 1</b>	Auslastung: 21%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')} ) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,12 &lt; 1</b>	Auslastung: 12%
--	-------------------	--------------------	-----------------

## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

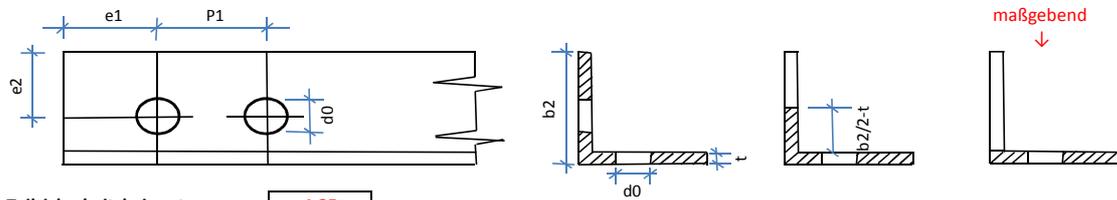
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 6</b>	<b>Position: 110, 111, 124, 125</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t =$	1,30 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t =$	2,30 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d_0 * t) =$	2,15 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	3,79 / 1,30 = 2,91	>1,14 => bei S335 maßgebend!



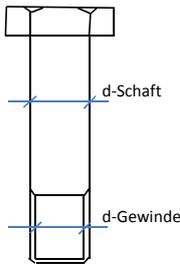
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$  **37,15 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,32 < 1**      Auslastung: 32%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12**      Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	1,13 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	0,843 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$   $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$  27,12      -       $\rightarrow \Sigma =$  27,12 kN**

$\downarrow$  \* n Schrauben

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$  27,12 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 12,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} =$  **0,45 < 1**      Auslastung: 45%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

**e1 =** **20** mm

**e2 =** **20** mm

**P1 =**      entfällt

$\alpha_b =$	$1.20 * e1 / d_0 =$	1,71
$\alpha_b =$	$1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) =$	1,72
$\alpha_b =$	$2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b =$	$0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) =$	entfällt
<b>maßgebend min <math>\alpha_b =</math></b>		<b>1,71</b> (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} =$   $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$  32,26 kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 32,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 12,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,38 < 1**      Auslastung: 38%

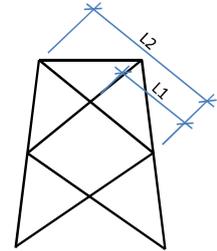
## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 7</b>	<b>Position: 112, 113, 126, 127</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-9,95	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	10,04	kN	Lastfall: Ha-3 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	10,02	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	1553	=	1398	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	838	=	754	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	---	----	---	----	---	---	----

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: ( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

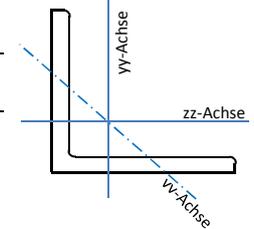
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	3,79	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft -9,95 kN zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )

#### 2.2) Biegeknicken (BK): ( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,01$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	97,63 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 97,63 < 200
		<b>max <math>\lambda = 97,63</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,28$	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] = 1,58$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'} ) = 0,40$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-48,71	kN
----------------------------	--	--------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,20 < 1	Auslastung: 20%
-----------------------------------	-------------------	----------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,52$	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] = 0,72$	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'} ) = 0,83$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	--	---------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,10 < 1	Auslastung: 10%
--	-------------------	----------	-----------------

## 5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 7</b>	<b>Position: 112, 113, 126, 127</b>
----------------	---	---	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

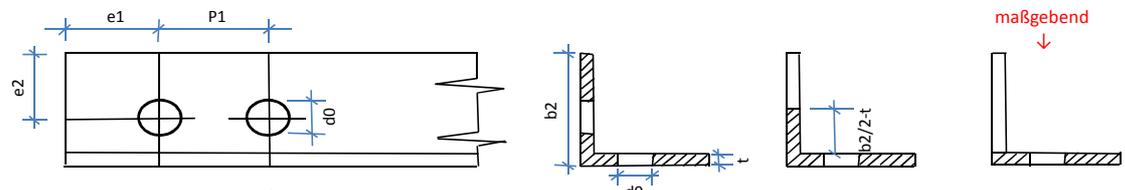
**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,30 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,30 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,15 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

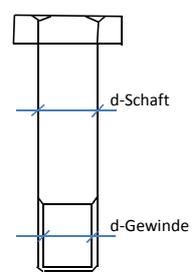
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,27 < 1$  Auslastung: 27%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 12** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 1,13 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 0,843 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
Scherfläche liegt im Schaft	Scherfläche liegt im Schaft
↓	↓
Faktor $\alpha_v$ : 0,6	Faktor $\alpha_v$ : 0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 1,13	maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12 \text{ kN}$

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 27,12 \text{ kN}$  (↓ \* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft maxN: 10,04 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,37 < 1$  Auslastung: 37%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 20 mm**

**e2 = 20 mm**

**P1 = entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 = 1,71$

$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) = 1,72$

$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) = 2,14$

$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,71$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 32,26 \text{ kN} \rightarrow$  \* n Schrauben = **32,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 10,04 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,31 < 1$  Auslastung: 31%

## 5.5 Querträger 1 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position: 57, 61, 65, 69</b>
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

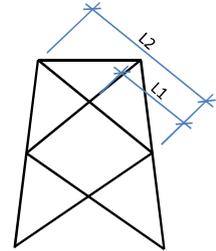
### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall:	
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	2,30	kN	Lastfall:	Ha-2 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	2199	=	2199	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	2199	=	2199	mm (um vv-Achse)

Ausfachungsart: einfache Diagonalen



Profil:	L	45	x	45	x	5	mm
---------	---	----	---	----	---	---	----

Querschnittswerte:	$A$	=	4,30	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,28	cm	Stabstahlqualität =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,87	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,30$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -138,87$  Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschubspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $171,15 < 200$

Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 252,56$  **00 ACHTUNG !!!**

**max  $\lambda = 252,56$**

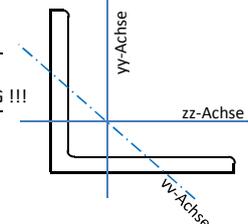
Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 3,31$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 6,72$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,08$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -11,04$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschubspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 45,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,59$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,77$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,79$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -109,97$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

## 5.5 Querträger 1 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Vertikalfachwerk	Position: 57, 61, 65, 69
---------	--	-------------------------	--------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

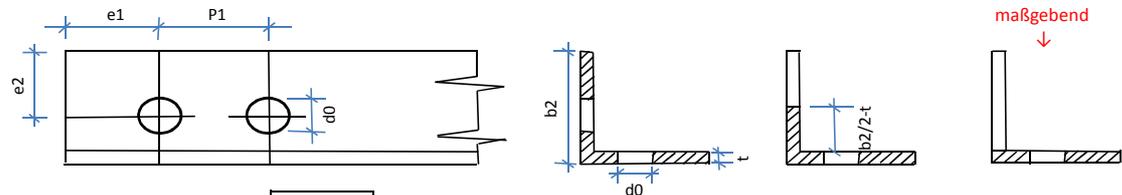
**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) \cdot t = 1,55 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) \cdot t = 2,68 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 \cdot (A - 2 \cdot d_0 \cdot t) = 2,61 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,30 / 1,55 = 2,78 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

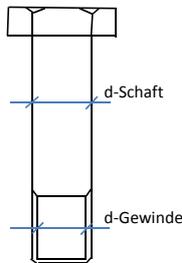
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}) \cdot 0.9 = 44,29 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,05 < 1$  Auslastung: 5%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 12** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 1,13 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 0,843 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im Schaft	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	↓	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot A_v \cdot f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  kN

↓ \* n Schrauben

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 27,12 \text{ kN}$**

maßgebende Normalkraft maxN: 2,3 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $\max N / F_{v,Rd} = 0,08 < 1$  Auslastung: 8%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

**Abstände der Bohrung**

e1 = **25** mm

e2 = **22** mm

P1 = **entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 \cdot e_1 / d_0 = 2,14$

$\alpha_b = 1.85 \cdot (e_1 / d_0 - 0.5) = 2,38$

$\alpha_b = 2.30 \cdot (e_2 / d_0 - 0.5) = 2,46$

$\alpha_b = 0.96 \cdot (p_1 / d_0 - 0.5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 2,14$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} \cdot 0.8 = 40,32 \text{ kN} \rightarrow$  \* n Schrauben = 40,32 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 2,3 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $\max N / F_{b,Rd} = 0,06 < 1$  Auslastung: 6%

## 5.5 Querträger 1 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position: 59, 63, 67, 71</b>
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

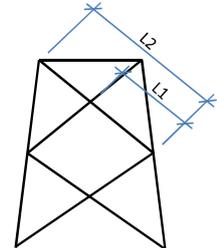
### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-2,56	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	0,12	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1275	=	1275	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1275	=	1275	mm (um vv-Achse)

Ausfachungsart: einfache Diagonalen



Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	---	----	---	----	---	---	----

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$  Druckkraft -2,56 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $111,92 < 200$

Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 165,05 < 200$

**max  $\lambda = 165,05$**

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 2,16$  [1]

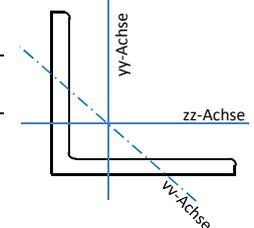
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 3,31$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,17$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -20,99$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,12 < 1$  Auslastung: 12%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,52$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,83$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -101,46$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,03 < 1$  Auslastung: 3%

## 5.5 Querträger 1 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Vertikalfachwerk	Position: 59, 63, 67, 71
---------	--	-------------------------	--------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>	

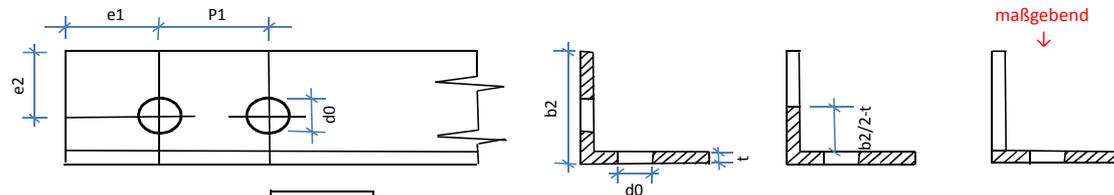
**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,30 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,30 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,15 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

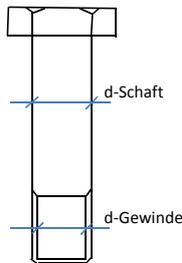
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$  ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 1,13 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 0,843 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
	↓	↓	
	Schaft	Schaft	
	↓	↓	
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13	cm <sup>2</sup>

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  -  $\rightarrow \Sigma = 27,12 \text{ kN}$

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 27,12 \text{ kN}$**

maßgebende Normalkraft maxN : 2,56 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,09 < 1$  Auslastung: 9%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 25 mm**

**e2 = 20 mm**

**P1 = entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 = 2,14$

$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) = 2,38$

$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) = 2,14$

$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 2,14$  (nach EN 50 341-1)**

Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 40,19 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 40,19 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft maxN : 2,56 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,06 < 1$  Auslastung: 6%

## 5.5 Querträger 1 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.1 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position: 59, 63, 67, 71</b>
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

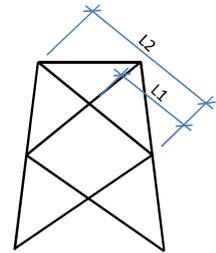
### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-0,15	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	1,24	kN	Lastfall: Ha-2 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	430	=	430	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	430	=	430	mm (um vv-Achse)

Ausfachungsart: einfache Diagonalen



Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	---	----	---	----	---	---	----

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$  Druckkraft -0,15 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	37,74	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 55,66	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>55,66</b>	

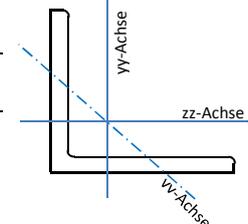
Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,73$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,89$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,71$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -86,45$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,52$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,83$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -101,46$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

## 5.5 Querträger 1 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Vertikalfachwerk	Position: 59, 63, 67, 71
---------	--	-------------------------	--------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>				

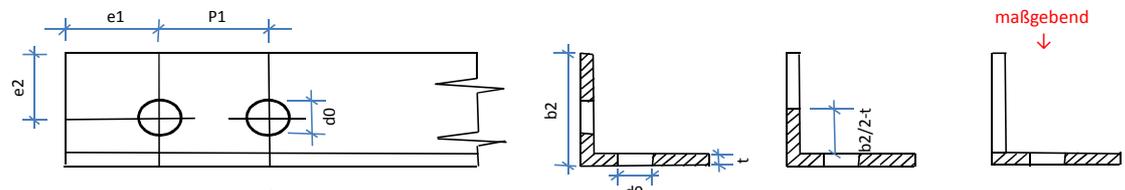
**Nettofläche  $A_{net}$ :** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,30 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,30 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln:  $0.9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,15 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend

Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

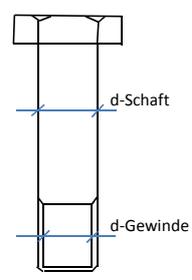
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$  (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,03 < 1$  Auslastung: 3%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen! Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 12** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 1,13 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>

Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 0,843 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
Scherfläche liegt im Schaft	Scherfläche liegt im Schaft
↓	↓
Faktor $\alpha_v$ : 0,6	Faktor $\alpha_v$ : 0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 1,13	maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ : 1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12 \text{ kN}$

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 27,12 \text{ kN}$  (↓ \* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft maxN: 1,24 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,05 < 1$  Auslastung: 5%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

**Abstände der Bohrung**

e1 = **25** mm

e2 = **20** mm

P1 = **entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 = 2,14$

$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) = 2,38$

$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) = 2,14$

$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b$  = 2,14** (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = 40,19 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 40,19 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft maxN: 1,24 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,03 < 1$  Auslastung: 3%