

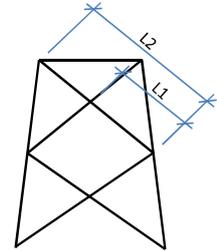
## 8.2 Ausfuchung des Mastschaftes - Erdseilstütze

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>ESTÜ - Wand X / Y</b>	<b>Position:</b> 1, 2, 15, 16, 29, 30, 43, 44
----------------	---	--------------------------	---

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

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-13,58</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>13,14</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>11,66</b>	kN	

Ausfuchungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>508</b>	=	457	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>305</b>	=	275	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:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

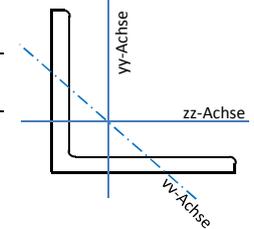
Schenkel 2:

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 -13,58 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	$S_d / N_d = 0,86$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,X} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	35,53 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,Z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 35,53 < 200
		<b>max <math>\lambda = 35,53</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,47$	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,67$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,86$	[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>-105,45</b>	kN
----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,13 &lt; 1</b>	Auslastung: 13%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 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]
	<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>-101,46</b>	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,13 &lt; 1</b>	Auslastung: 13%
--	-------------------	--------------------	-----------------

## 8.2 Ausfuchung des Mastschaftes - Erdseilstütze

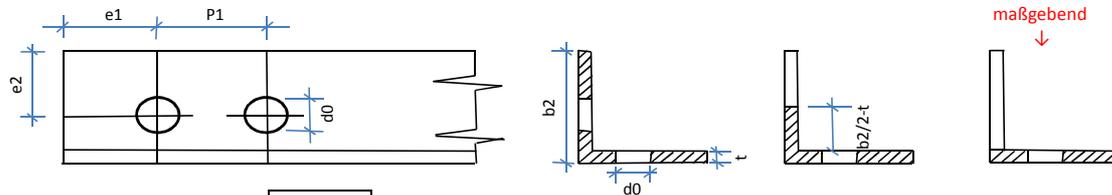
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	ESTÜ - Wand X / Y	Position: 1, 2, 15, 16, 29, 30, 43, 44
---------	--	-------------------	--

### 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!



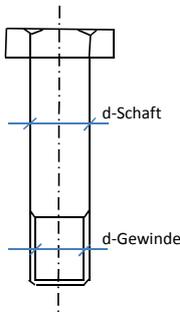
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**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:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,35 < 1**      Auslastung: 35%

### 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

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

maßgebende Normalkraft maxN : 13,58 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

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

#### 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**

$\alpha_b = 1.20 * e_1 / d_0 =$	1,71
$\alpha_b = 1.85 * (e_1 / d_0 - 0.5) =$	1,72
$\alpha_b = 2.30 * (e_2 / d_0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b = 0.96 * (p_1 / d_0 - 0.5) =$	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  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 32,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 13,58 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,42 < 1**      Auslastung: 42%

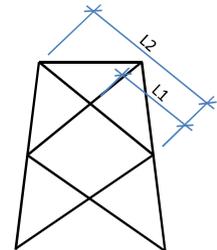
## 8.2 Ausfachung des Mastschaftes - Erdseilstütze

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>ESTÜ - Wand X / Y</b>	<b>Position: 3, 4, 17, 18, 31, 32, 45, 46</b>
----------------	---	--------------------------	---

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

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-7,59</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>7,79</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>7,67</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>602</b>	=	542	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>348</b>	=	313	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:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$  cm<sup>2</sup>  
 Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$  Druckkraft -7,59 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  $\alpha = 0,49$

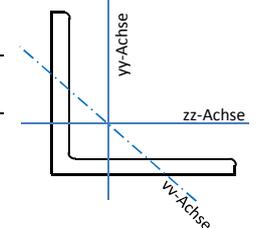
	$S_d / N_d = 1,01$	$\geq 2/3$
	Stützkraft ist Zugkraft	

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	40,54	$< 200$
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv}$	= 40,54	$< 200$
		<b>max <math>\lambda = 40,54</math></b>		

Bezugsschlankeitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]  
 bezogene Schlankeitsgrad  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,53$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$  [1]  
 $K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,83$  [1]

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



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -100,97$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,08 < 1$  Auslastung: 8%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

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

Bezugsschlankeitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$  [1]  
 bezogene Schlankeitsgrad  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,52$  [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:  $N_d / N_{R,d} = 0,07 < 1$  Auslastung: 7%

## 8.2 Ausfuchung des Mastchaftes - Erdseilstütze

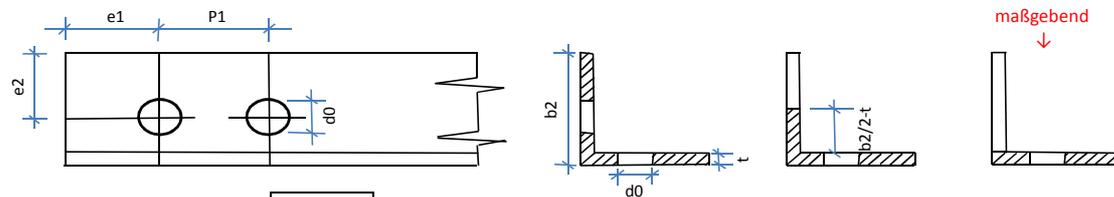
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	ESTÜ - Wand X / Y	Position: 3, 4, 17, 18, 31, 32, 45, 46
---------	--	-------------------	--

### 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 )

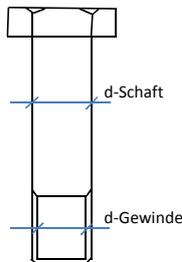
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,21 < 1$  Auslastung: 21%

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

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

maßgebende Normalkraft maxN : 7,79 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,29 < 1$  Auslastung: 29%

#### 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**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,71$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,72$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,14$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 1,71</math> (nach EN 50 341-1)</b>

**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 : 7,79 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,24 < 1$  Auslastung: 24%

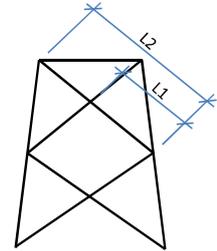
## 8.2 Ausfuchung des Mastschaftes - Erdseilstütze

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>ESTÜ - Wand X / Y</b>	<b>Position:</b> 5, 6, 19, 20, 33, 34, 47, 48
----------------	---	--------------------------	---

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

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-5,36	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	5,20	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	5,10	kN	

Ausfuchungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	751	=	676	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	428	=	385	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:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ 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:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$  Druckkraft -5,36 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  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,95$	$\geq 2/3$
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	49,86	$< 200$
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv}$	= 49,86	$< 200$
		<b>max <math>\lambda = 49,86</math></b>		

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

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

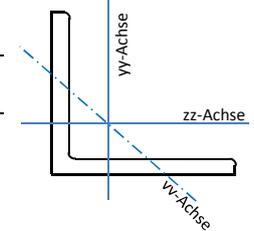
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,82$  [1]

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

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

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -92,17$  kN

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



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

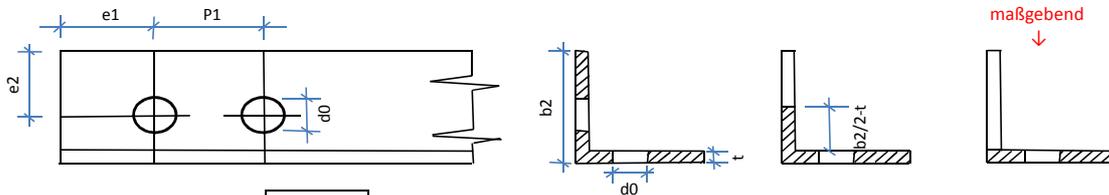
Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,05 < 1$  Auslastung: 5%

## 8.2 Ausfuchung des Mastchaftes - Erdseilstütze

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	ESTÜ - Wand X / Y	Position: 5, 6, 19, 20, 33, 34, 47, 48
---------	--	-------------------	--

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

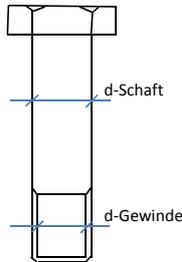
<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>				
<b>Nettofläche <math>A_{net}</math>:</b>	<i>( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )</i>				
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!	



<b>Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{M2}</math> :</b>	<b>1,25</b>
<b>Zugbeanspruchbarkeit <math>N_{R,z}</math> =</b>	$(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$ <b>37,15 kN</b> <span style="float: right;"><i>( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )</i></span>
<b>Zugbeanspruchungsnachweis:</b>	$N_z / N_{R,z} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>0,14 &lt; 1</b></span> <span style="float: right;">Auslastung: 14%</span>

### 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 :	<b>M 12</b>	Güte :	<b>5.6</b>
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>
<b>Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{Mb}</math> :</b>	<b>1,25</b>		
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	$\rightarrow \Sigma =$ <b>27,12 kN</b>
			$\downarrow$ * n Schrauben
			<b>Scherbeanspruchbarkeit <math>F_{v,Rd} =</math> 27,12 kN</b>
maßgebende Normalkraft maxN :	5,36 kN	(Betrag ohne Vorzeichen)	
<b>Zugbeanspruchungsnachweis:</b>	$maxN / F_{v,Rd} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>0,20 &lt; 1</b></span>	Auslastung: 20%	

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

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

<b>Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{M2}</math> :</b>	<b>1,25</b>
<b>Abstände der Bohrung</b>	
e1 = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>20</b></span> mm	$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 =$ 1,71
e2 = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>20</b></span> mm	$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) =$ 1,72
P1 = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> entfällt	$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) =$ 2,14
	$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) =$ entfällt
	<b>maßgebend min <math>\alpha_b =</math> 1,71</b> (nach EN 50 341-1)
<b>Lochleibungsbeanspruchbarkeit <math>F_{b,Rd} =</math></b>	$min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$ <b>32,26 kN</b> $\rightarrow$ * n Schrauben = <b>32,26 kN</b>
maßgebende Normalkraft maxN :	5,36 kN (Betrag ohne Vorzeichen)
<b>Zugbeanspruchungsnachweis:</b>	$maxN / F_{b,Rd} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>0,17 &lt; 1</b></span> <span style="float: right;">Auslastung: 17%</span>

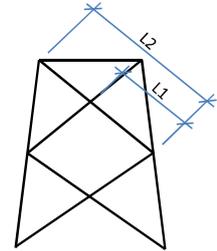
## 8.2 Ausfuchung des Mastschaftes - Erdseilstütze

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>ESTÜ - Wand X / Y</b>	<b>Position:</b> 7, 8, 21, 22, 35, 36, 49, 50
----------------	---	--------------------------	---

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

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-3,63</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>3,77</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>3,72</b>	kN	
Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>914</b>	=	823 mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>515</b>	=	464 mm (um vv-Achse)

Ausfuchungsart: **gekreuzte Diagonalen**



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:  $\lambda_{p,1} = b1 / t = 40 / 5 = 8,00 < 13,8 \Rightarrow$  bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig

bezogene Plattenschlankheit:  $\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528 \Rightarrow \rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:  $\lambda_{p,2} = b2 / t = 40 / 5 = 8,00 < 13,8 \Rightarrow$  bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig

bezogene Plattenschlankheit:  $\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528 \Rightarrow \rho_2 = 1,00$

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

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28 \text{ Druckkraft } -3,63 \text{ kN zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )}$

#### 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  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 1,02 \geq 2/3$   
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  $60,00 < 200$

Biegeknicken um die  $\zeta$ -Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow L_1 / i_{vv} = 60,00 < 200$

**max  $\lambda = 60,00$**

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

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,79 [1]$

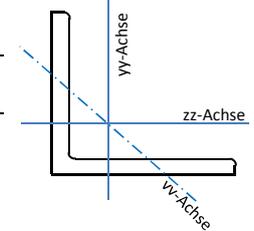
$\Phi_{bk} = 0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] = 0,95 [1]$

$K_{bk} = 1 / ( \Phi + \sqrt{ \Phi^2 - \lambda' * \lambda' } ) = 0,67 [1]$

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

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -82,10 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,04 < 1$  Auslastung: 4%



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

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,04 < 1$  Auslastung: 4%

## 8.2 Ausfachung des Mastchaftes - Erdseilstütze

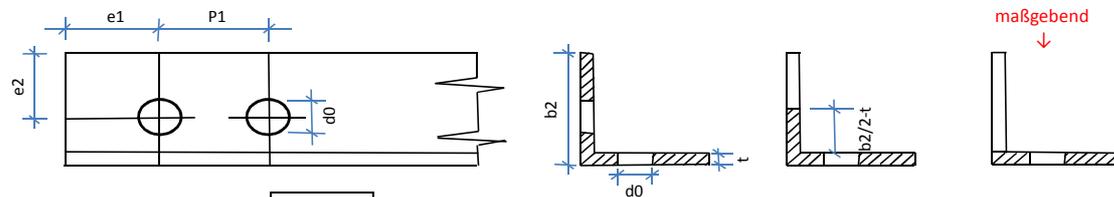
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	ESTÜ - Wand X / Y	Position: 7, 8, 21, 22, 35, 36, 49, 50
---------	--	-------------------	--

### 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 :  $(b_1 - d_0) * t = 1,30 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,30 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,15 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



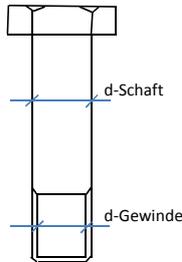
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**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:**  $N_z / N_{R,z} = 0,10 < 1$  Auslastung: 10%

### 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  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  →  $\Sigma = 27,12 \text{ kN}$   
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **27,12 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 3,77 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,14 < 1$  Auslastung: 14%

#### 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**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,71$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,72$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,14$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**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 : 3,77 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,12 < 1$  Auslastung: 12%

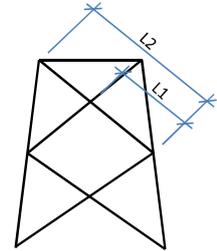
## 8.2 Ausfachung des Mastschaftes - Erdseilstütze

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>ESTÜ - Wand X / Y</b>	<b>Position: 9, 10, 23, 24, 37, 38, 51, 52</b>
----------------	---	--------------------------	--

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

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-2,91</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>2,84</b>	kN	Lastfall: D Voll (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>2,52</b>	kN	
Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1055</b>	=	950 mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>584</b>	=	526 mm (um vv-Achse)

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



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

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$  Druckkraft -2,91 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  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,87$	$\geq 2/3$	Stützkraft ist Zugkraft
--------------------	------------	-------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	68,04	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 68,04	< 200
		<b>max <math>\lambda = 68,04</math></b>		

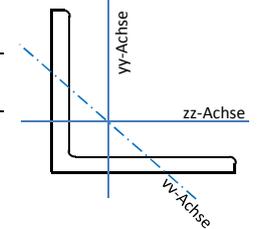
Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,89$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2 * \lambda'] = 1,07$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda'^2 * \lambda'}) = 0,61$  [1]

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



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -74,07$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,04 < 1$  Auslastung: 4%

#### 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]

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

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

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

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

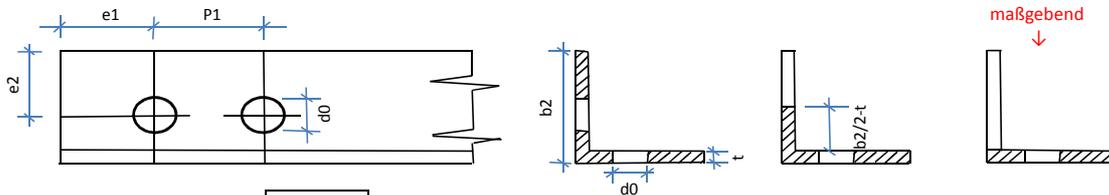
Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,03 < 1$  Auslastung: 3%

## 8.2 Ausfuchung des Mastchaftes - Erdseilstütze

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	ESTÜ - Wand X / Y	Position: 9, 10, 23, 24, 37, 38, 51, 52
---------	--	-------------------	---

### 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>				
<b>Nettofläche <math>A_{net}</math>:</b>	<i>( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )</i>				
Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b1 - d0) * t =$		1,30 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)	
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b1 - d0 + (b2/2)) * t =$		2,30 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend	
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d0 * t) =$		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!	



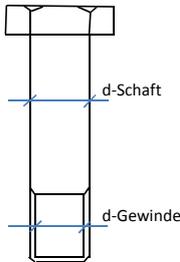
<b>Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{M2}</math> :</b>	<b>1,25</b>	
<b>Zugbeanspruchbarkeit <math>N_{R,z}</math> =</b>	$(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$	<b>37,15 kN</b> <i>( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )</i>
<b>Zugbeanspruchungsnachweis:</b>	$N_z / N_{R,z} =$	<b>0,08 &lt; 1</b> Auslastung: 8%

### 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 :	<b>M 12</b>	Güte :	<b>5.6</b>
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>
<b>Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{Mb}</math> :</b>	<b>1,25</b>		
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} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =</math></b>	<b>27,12</b>	$\rightarrow \Sigma =$	<b>27,12 kN</b>
			<b>↓ * n Schrauben</b>
			<b>Scherbeanspruchbarkeit <math>F_{v,Rd} = 27,12</math> kN</b>

maßgebende Normalkraft maxN : 2,91 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

<b>Zugbeanspruchungsnachweis:</b>	$maxN / F_{v,Rd} =$	<b>0,11 &lt; 1</b>	Auslastung: 11%
-----------------------------------	---------------------	--------------------	-----------------

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

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

<b>Abstände der Bohrung</b>	
e1 =	<b>20 mm</b>
e2 =	<b>20 mm</b>
P1 =	entfällt

<b>Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{M2}</math> :</b>	<b>1,25</b>
$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 =$	1,71
$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) =$	1,72
$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) =$	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 : 2,91 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

<b>Zugbeanspruchungsnachweis:</b>	$maxN / F_{b,Rd} =$	<b>0,09 &lt; 1</b>	Auslastung: 9%
-----------------------------------	---------------------	--------------------	----------------

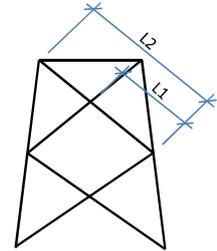
## 8.2 Ausfuchung des Mastschaftes - Erdseilstütze

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>ESTÜ - Wand X / Y</b>	<b>Position: 11, 12, 25, 26, 39, 40, 53, 54</b>
----------------	---	--------------------------	---

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

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-2,36</b>	kN	Lastfall: D Voll (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>2,24</b>	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>0,92</b>	kN	
Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1246</b>	=	1121 mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>684</b>	=	616 mm (um vv-Achse)

Ausfuchungsart: **gekreuzte Diagonalen**



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 => 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 -2,36 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  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,39$	< 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  $64,28 < 200$

Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,Z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 79,69 < 200$

**max  $\lambda = 79,69$**

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

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,04$  [1]

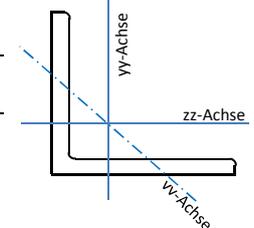
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,25$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,52$  [1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -63,03$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,04 < 1$  Auslastung: 4%



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

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,02 < 1$  Auslastung: 2%

## 8.2 Ausfachung des Mastchaftes - Erdseilstütze

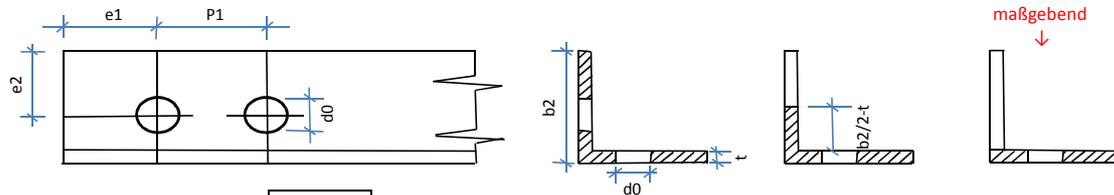
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	ESTÜ - Wand X / Y	Position: 11, 12, 25, 26, 39, 40, 53, 54
---------	--	-------------------	--

### 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**

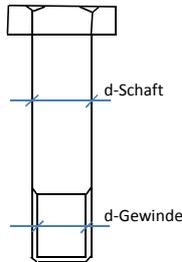
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$  **37,15 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,06 < 1** Auslastung: 6%

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

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Schraubengröße :	<b>M 12</b>	Güte :	<b>5.6</b>
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>
<b>Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{Mb}</math> :</b>	<b>1,25</b>		
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} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =</math></b>	<b>27,12</b>	$\rightarrow \Sigma =$	<b>27,12 kN</b>
			$\downarrow$ * n Schrauben
			<b>Scherbeanspruchbarkeit <math>F_{v,Rd} = 27,12</math> kN</b>

maßgebende Normalkraft maxN : 2,36 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 = **20** mm

e2 = **20** mm

P1 = **entfällt**

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

$\alpha_b = 1.20 * e_1 / d_0 =$	1,71
$\alpha_b = 1.85 * (e_1 / d_0 - 0.5) =$	1,72
$\alpha_b = 2.30 * (e_2 / d_0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b = 0.96 * (p_1 / d_0 - 0.5) =$	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 : 2,36 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,07 < 1** Auslastung: 7%

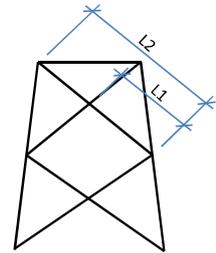
## 8.2 Ausfuchung des Mastschaftes - Erdseilstütze

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>ESTÜ - Wand X / Y</b>	<b>Position: 13, 14, 27, 28, 41, 42, 55, 56</b>
----------------	---	--------------------------	---

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

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-2,05	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	2,41	kN	Lastfall: D Voll (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	1,43	kN	

Ausfuchungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	1454	=	1309	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	793	=	714	mm (um vv-Achse)

b1	b2	t
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:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_1 = 1,00$

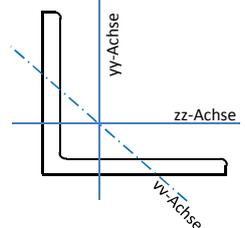
Schenkel 2:

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

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$  cm<sup>2</sup>  
 Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$  Druckkraft -2,05 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	$S_d / N_d = 0,70 \geq 2/3$	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	92,39 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv} =$	92,39 < 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>92,39</b>



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,21$	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,48$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,43$	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -52,51$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,04 < 1$  Auslastung: 4%

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

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,02 < 1$  Auslastung: 2%

## 8.2 Ausfuchung des Mastchaftes - Erdseilstütze

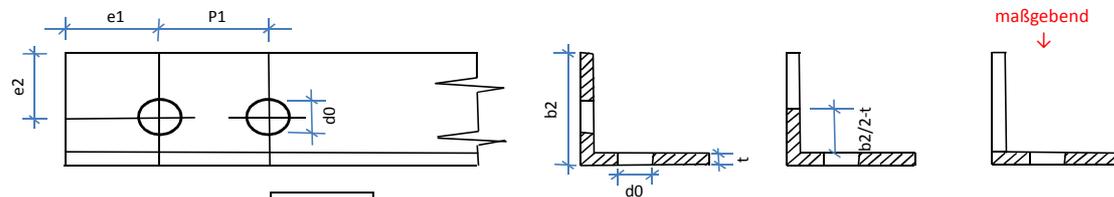
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	ESTÜ - Wand X / Y	Position: 13, 14, 27, 28, 41, 42, 55, 56
---------	--	-------------------	--

### 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:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,06 < 1** Auslastung: 6%

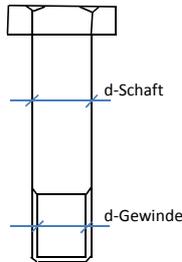
### 4.) Nachweis der Verbindung:

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** →  $\Sigma =$  27,12 kN  
↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$  27,12 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 2,41 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 )

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

**Abstände der Bohrung**

e1 =	<b>20</b> mm
e2 =	<b>20</b> 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 → \* n Schrauben = 32,26 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 2,41 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,07 < 1** Auslastung: 7%