

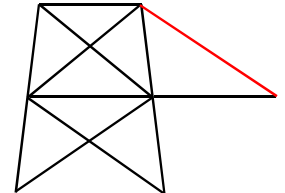
5.3 Querträger 1 - Obergurt

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

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:	β 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)



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

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

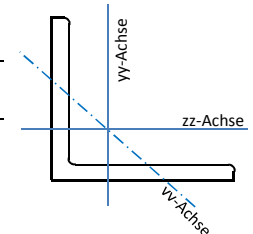
2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

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

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	132,17	< 200	
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 195,27	< 200	
		max $\lambda =$	195,27		



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):

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

5.3 Querträger 1 - Obergurt

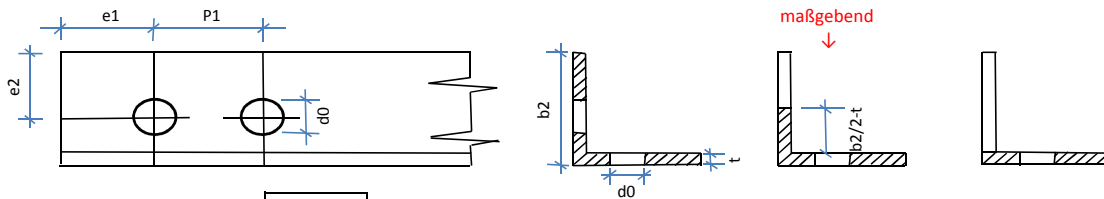
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Obergurt	Position: 387, 392, 403, 397
---------	--	-----------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$ **81,44 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%

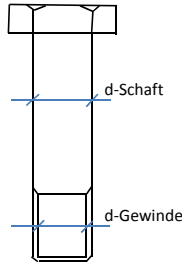
4.) Nachweis der Verbindung:

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 ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
Scherfläche liegt im	Schaft	Schaft	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01	cm ²

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

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

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung

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

$\alpha_b =$	$1.20 * e1 / d_0 =$	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 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

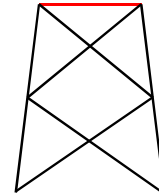
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalstab Obergurt Wand X	Position: 386, 396
----------------	---	--	---------------------------

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:	β 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 ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$ cm²

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): $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$ siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3 $83,48 < 200$

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

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]

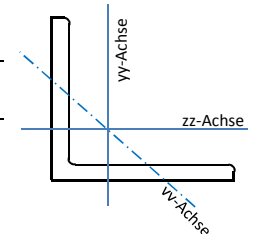
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 2,15$ [1]

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

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

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

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



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

5.3 Querträger 1 - Obergurt

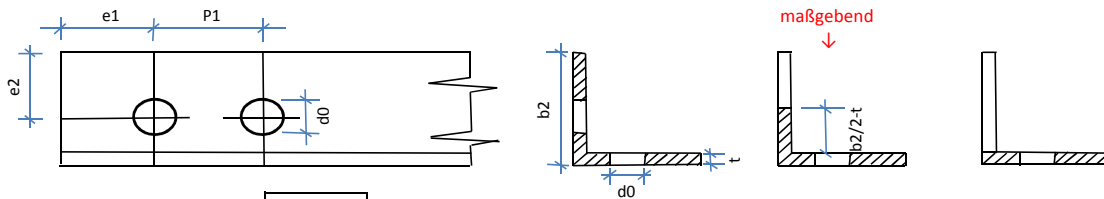
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalstab Obergurt Wand X	Position: 386, 396
---------	--	--	--------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

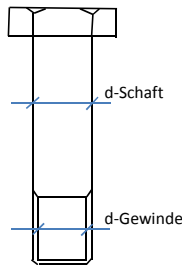
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$ **81,44 kN** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

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

↓ * n Schrauben

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: **96,48 kN**

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

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} =$ **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)

Abstände der Bohrung

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

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e_1 / d_0 =$ 2,33

$\alpha_b = 1.85 * (e_1 / d_0 - 0.5) =$ 2,67

$\alpha_b = 2.30 * (e_2 / d_0 - 0.5) =$ 2,04

$\alpha_b = 0.96 * (p_1 / d_0 - 0.5) =$ 4,85

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

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

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

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

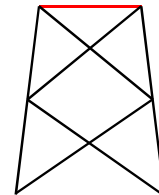
5.3 Querträger 1 - Obergurt

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalstab Obergurt Wand y	Position: 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:	β 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 ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$ cm²

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]

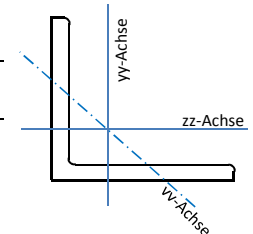
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 2,15$ [1]

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

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

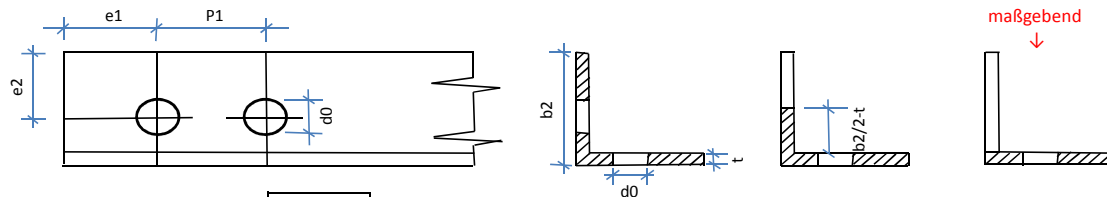
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b1 - d0) * t = 1,60 \text{ cm}^2$ maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,85 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln: $0.9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,70 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend

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



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

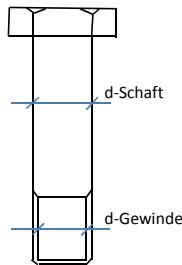
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 45,72 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,12 < 1$ 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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft
↓	↓
Faktor α_v : 0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v : 2,01	2,01 cm ²

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

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: **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)

Abstände der Bohrung

e1 = **25** mm

e2 = **25** mm

P1 = **entfällt**

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

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

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

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

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

maßgebend min α_b = 1,64 (nach EN 50 341-1)

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

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
---------	--	------------------	------------------------------

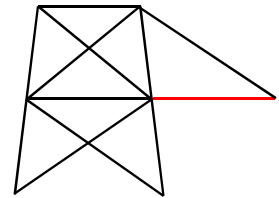
1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

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:	β 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 ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,29	cm	Stabstahlgröße =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,55	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²



2.) Stabilitätsnachweise:

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

Schenkel 1:			
Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 80 / 10 = 8,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528 \Rightarrow \rho1 = 1,00$
Schenkel 2:			
Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 80 / 10 = 8,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528 \Rightarrow \rho2 = 1,00$

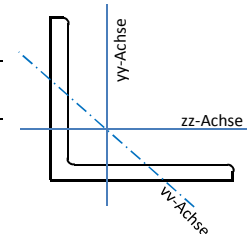
Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho1) + b2 * (1-\rho2)] =$	15,11	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-487,64	Druckkraft -182,48 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

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

Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankeit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	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:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t =$ 40,00

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

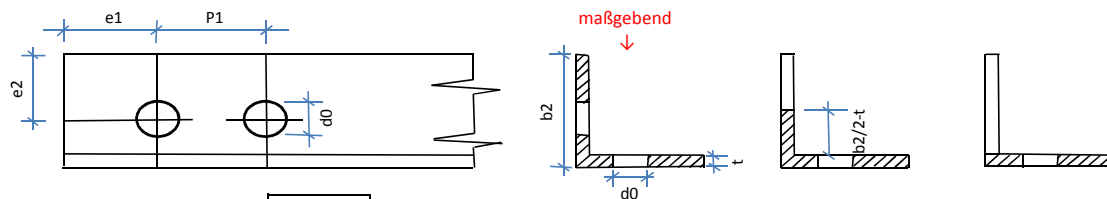
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Untergurt	Position: 428, 429, 438, 439
---------	--	------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : 1,25

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = (0.9 * A_{net} * f_u / γ_{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%

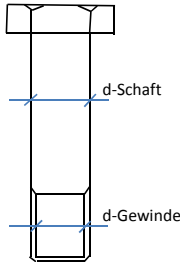
4.) Nachweis der Verbindung:

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 ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	2,45	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : 1,25

	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
Scherfläche liegt im	Schaft	Schaft	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	3,14	3,14	cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$ = $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb}$ = 75,36 - $\rightarrow \Sigma$ = 75,36 kN
 \downarrow * 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 γ_{M2} : 1,25

Abstände der Bohrung

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

α_b =	1.20 * e1 / d0 =	2,18
α_b =	1.85 * (e1 / d0 - 0.5) =	2,44
α_b =	2.30 * (e2 / d0 - 0.5) =	2,51
α_b =	0.96 * (p1 / d0 - 0.5) =	2,57
maßgebend min α_b =		2,18 (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd}$ = min α_b * d * t * f_u / γ_{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

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

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:	β 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)

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

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

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

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)

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 $56,06 < 200$

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):

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

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

5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

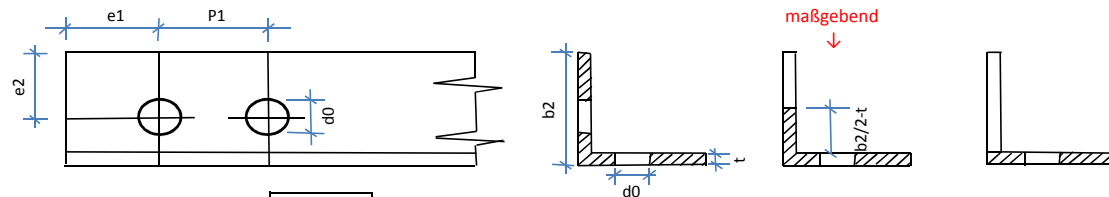
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalverband Wand X	Position: 432, 433, 436, 437
---------	--	---------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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 γ_{M2} : **1,25**

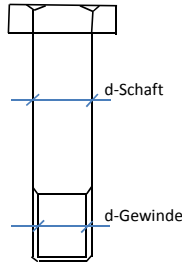
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 280,05 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 2,45 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
	↓	↓	
	Schaft	Schaft	
	↓	↓	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	3,14	3,14	cm ²

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

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

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

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 =	55	mm
e2 =	40	mm
p1 =	70	mm

Teilsicherheitsbeiwert γ_{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

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

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:	β 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 ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,02	cm	Stabstahlqualität =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,37	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 9,40$ cm²

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)

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	63,61	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 47,03	< 200
		max $\lambda =$	63,61	

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):

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

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

5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

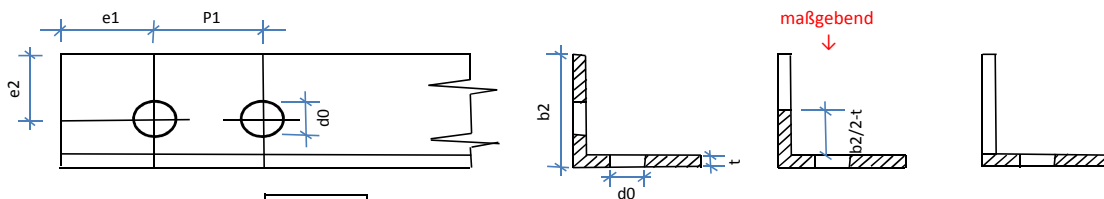
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalverband Wand Y	Position: 430, 431, 434, 435
---------	--	---------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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 γ_{M2} : **1,25**

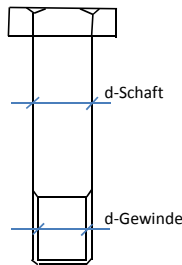
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 174,03 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

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

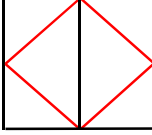
maßgebende Normalkraft maxN : 26,12 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

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

5.3 Querträger 1 - Horizontalverband

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

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:	β 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	50	x	50	x
					5 mm

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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)

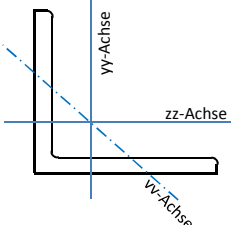
Knickspannungslinie C \Rightarrow Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00 < 2/3$
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 ζ -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

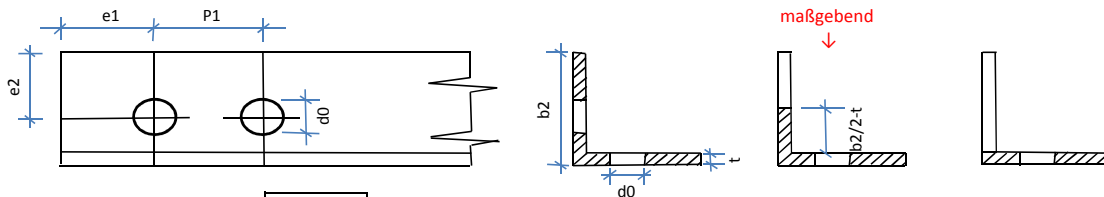
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalverband Diagonalen	Position: 128, 129, 130, 131
----------------	---	--	-------------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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 γ_{M2} : **1,25**

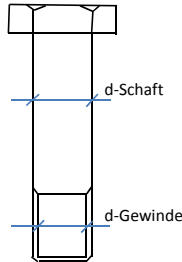
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 81,44 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
	↓	↓	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01	cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ $\rightarrow \Sigma = 48,24 \text{ kN}$
 $\downarrow * n \text{ Schrauben}$
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: **96,48 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 γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 = 1,67$
 $\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) = 1,64$
 $\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) = 2,04$
 $\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) = 2,19$
maßgebend min $\alpha_b = 1,64$ (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%

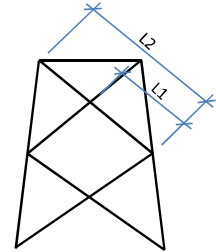
5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

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

Ausfachungsart: gekreuzte Diagonalen



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

Profil:	L	50	x	50	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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

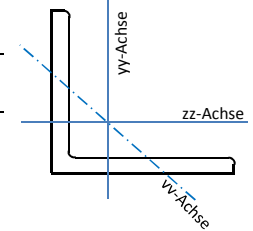
Schenkel 2:

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 ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-155,01	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)

Knickschwerachse 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
		max $\lambda = 29,23$	



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]

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

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

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

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:	$N_d / N_{R,d} =$	0,22 < 1	Auslastung: 22%
--	-------------------	----------	-----------------

5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

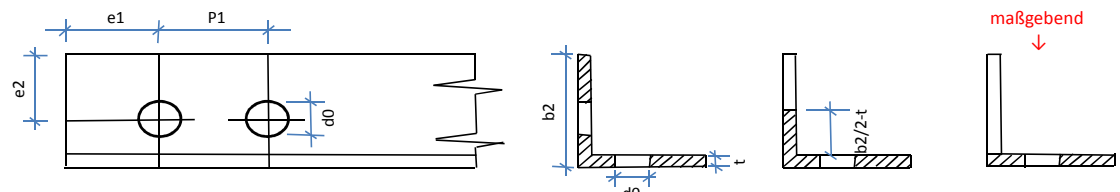
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 1	Position: 100, 101, 114, 115
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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 γ_{M2} : **1,25**

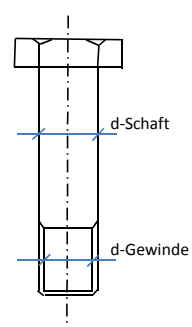
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}) \cdot 0,9 = 45,72 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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



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

Schaftquerschnitt A_{sch} : 2,01 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
Scherfläche liegt im Schaft	Scherfläche liegt im Schaft
↓	↓
Faktor α_v : 0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v : 2,01	2,01 cm ²

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

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 γ_{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 α_b = 1,64 (nach EN 50 341-1)

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

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

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

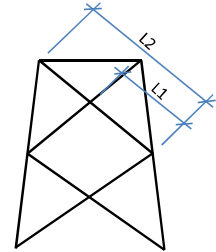
5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

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

Ausfachungsart: gekreuzte Diagonalen



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

Profil:	L	50	x	50	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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

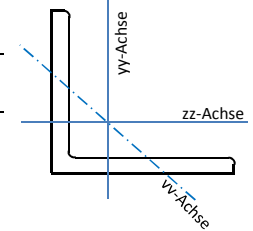
Schenkel 2:

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 ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-155,01	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
		max $\lambda = 35,15$	



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

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,19 < 1	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:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-116,67	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,21 < 1	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:

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

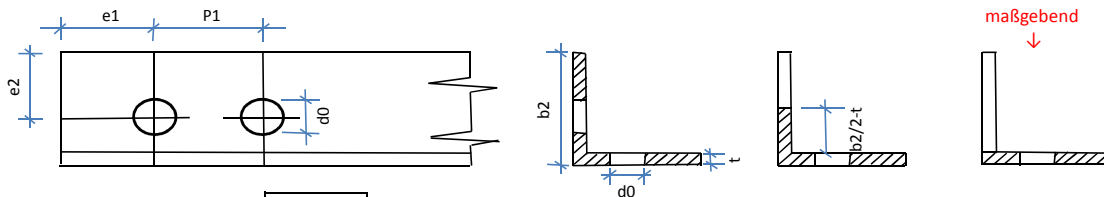
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b1 - d0) * t = 1,60 \text{ cm}^2$ maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)

Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,85 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend

Anschluss an beiden Schenkeln: $0.9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,70 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend

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



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

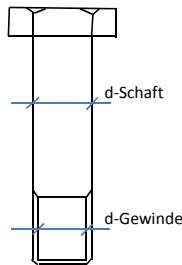
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 45,72 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
	↓	↓	
	Schaft	Schaft	
	↓	↓	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01	cm ²

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

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

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

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,59 < 1$ 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 γ_{M2} : **1,25**

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

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

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

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

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

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

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

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,70 < 1$ Auslastung: 70%

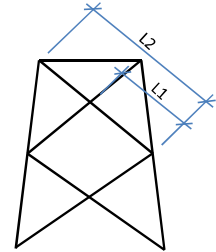
5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

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

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



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

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

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$ cm²

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

	$S_d / N_d = 0,91$	$\geq 2/3$
	Stützkraft ist Zugkraft	

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	53,48	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	L_1 / i_{vv}	= 53,48	< 200
		max $\lambda = 53,48$		

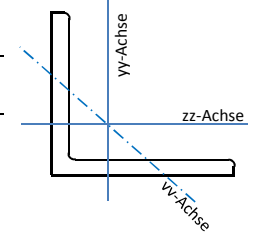
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$ [1]

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

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,26 < 1$ Auslastung: 26%

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: $N_d / N_{R,d} = 0,23 < 1$ 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:

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

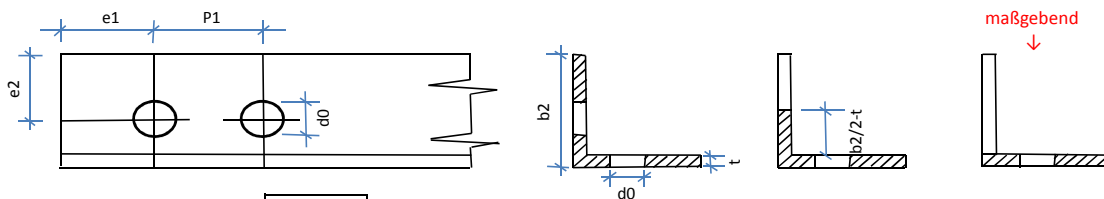
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

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 γ_{M2} : **1,25**

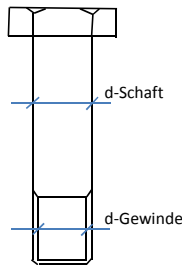
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft
↓	↓
Faktor α_v : 0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v : 1,13	1,13 cm ²

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

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

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

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

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 γ_{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%

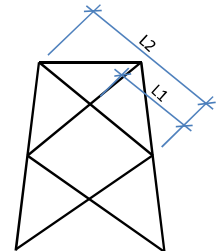
5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

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

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



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

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

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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

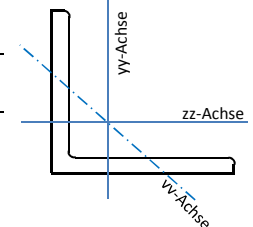
Schenkel 2:

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 ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	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
		max $\lambda = 63,38$	



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

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,22 < 1	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:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	--	----------------	----

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

5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

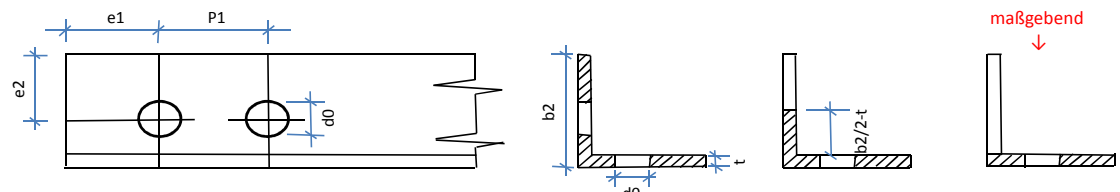
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

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 γ_{M2} : **1,25**

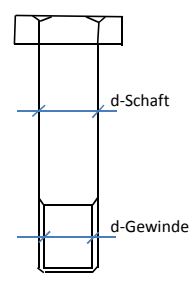
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,50 < 1$ 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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
Scherfläche liegt im Schaft	Scherfläche liegt im Schaft
↓	↓
Faktor α_v : 0,6	Faktor α_v : 0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v : 1,13	maßgebender Abscherquerschnitt A_v : 1,13 cm ²

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

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

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 γ_{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 : 18,6 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

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

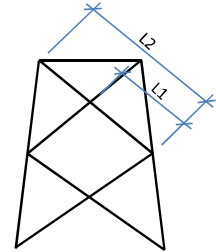
5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

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

Ausfachungsart: gekreuzte Diagonalen



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

b1	b2	t
Profil: L 40	x 40	x 5
mm		

Querschnittswerte:	$A =$	3,79	cm ²	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 ²
				Zugfestigkeit $f_u =$ 490 N/mm ²
				E-Modul = 210000 N/mm ²

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

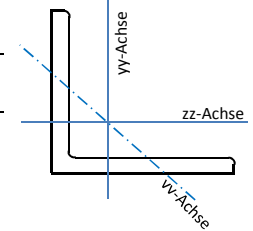
Schenkel 2:

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 ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft -14,61 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	$S_d / N_d = 0,99 \geq 2/3$	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
		max $\lambda = 73,98$	



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

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

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => 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:	$N_d / N_{R,d} =$	0,14 < 1	Auslastung: 14%
--	-------------------	----------	-----------------

5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

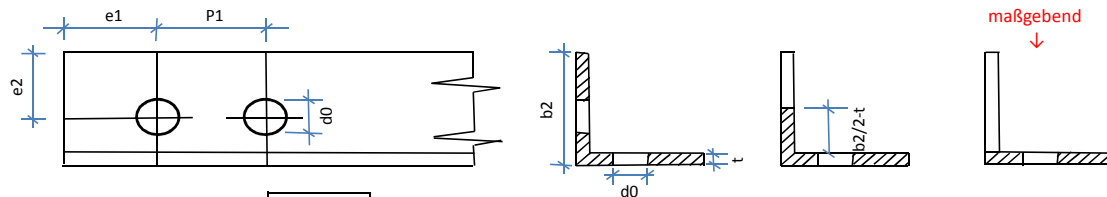
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 5	Position: 108, 109, 122, 123
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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	cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	(b1 - d0 + (b2/2)) * t =	2,30	cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	0.9 * (A - 2 * d0 * t) =	2,15	cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	A / A_{net} =	3,79 / 1,30 =	2,91	> 1,14 => bei S335 maßgebend!

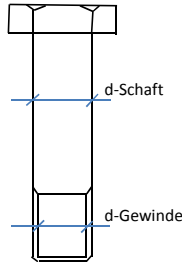


Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ =	(0.9 * A_{net} * f_u / γ_{M2}) * 0.9 = 37,15 kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)
Zugbeanspruchungsnachweis:	$N_z / N_{R,z} = $ 0,39 < 1 Auslastung: 39%

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:



Schraubengröße :	M 12	Güte :	5.6
Schaftquerschnitt A_{sch} :	1,13 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	0,843 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

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

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung	
e1 =	20 mm
e2 =	20 mm
P1 =	entfällt

$\alpha_b =$	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
maßgebend min α_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 : 14,61 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

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

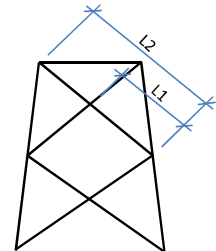
5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

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

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



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

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

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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

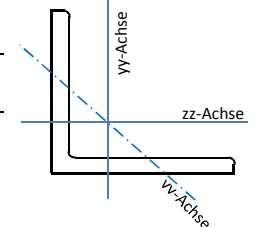
Schenkel 2:

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$ cm²
 Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$ Druckkraft -12,27 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 $\alpha = 0,49$	$S_d / N_d = 0,97$	>= 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
	max $\lambda = 85,51$	



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

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,21 < 1$ 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: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -101,46$ kN

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

5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

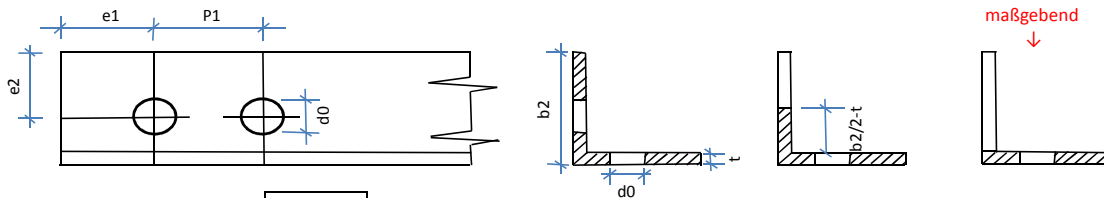
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Horizontalfachwerk Feld 6	Position: 110, 111, 124, 125
----------------	---	---	-------------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

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

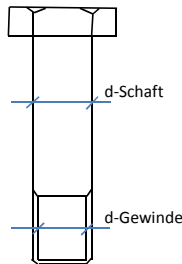
Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t =$	1,30 cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t =$	2,30 cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d_0 * t) =$	2,15 cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?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



Teilsicherheitsbeiwert γ_{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 ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	0,843 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb}:	1,25
---	-------------

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13 cm ²

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 : 12,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$\max N / F_{v,Rd} =$ 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 γ_{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
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 : 12,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$\max N / F_{b,Rd} =$ 0,38 < 1	Auslastung: 38%
-----------------------------------	--	-----------------

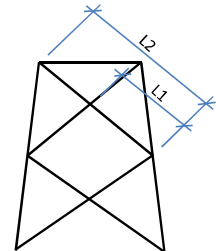
5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

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:	β 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	b1	x	b2	x	t	
		40		40		5	mm

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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

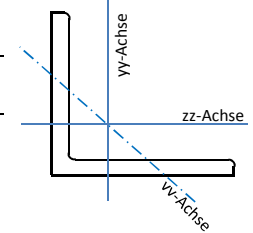
Schenkel 2:

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 ²
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 \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	97,63 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv} =$	97,63 < 200
		max $\lambda =$	97,63



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

5.4 Querträger 1 - Horizontalfachwerk

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

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

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

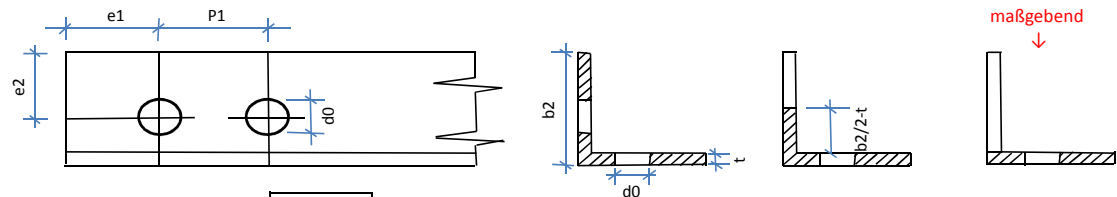
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

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 γ_{M2} : **1,25**

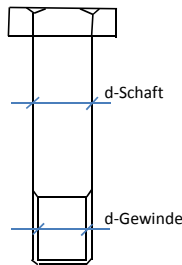
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im Schaft	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	↓	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13 cm ²

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: 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 γ_{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: 10,04 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

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

5.5 Querträger 1 - Vertikalfachwerk

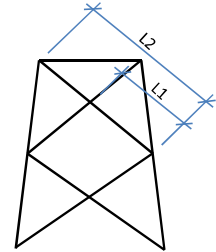
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Vertikalfachwerk	Position: 57, 61, 65, 69
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

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:	β 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 ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,28	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,87	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,30$ cm²

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)

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 $171,15 < 200$

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

max $\lambda = 252,56$

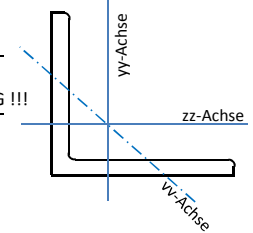
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

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):

Knickschwerachse 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:

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

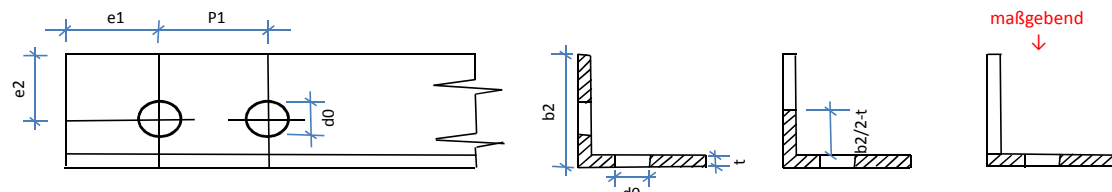
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

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 γ_{M2} : **1,25**

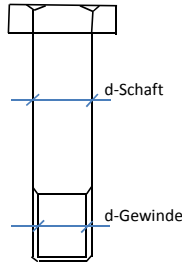
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}) \cdot 0.9 = 44,29 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
	↓	↓	
	Schaft	Schaft	
	↓	↓	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13	cm ²

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

↓ * 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 γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1.20 \cdot e1 / d_0 = 2,14$

$\alpha_b = 1.85 \cdot (e1 / d_0 - 0.5) = 2,38$

$\alpha_b = 2.30 \cdot (e2 / d_0 - 0.5) = 2,46$

$\alpha_b = 0.96 \cdot (p1 / d_0 - 0.5) = \text{entfällt}$

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

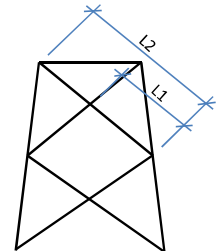
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Vertikalfachwerk	Position: 59, 63, 67, 71
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

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:	β 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 ²	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 ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$ cm²

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]

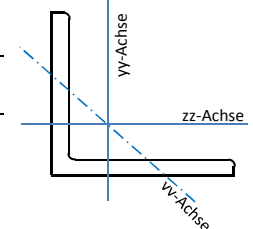
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 3,31$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,17$ [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:

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

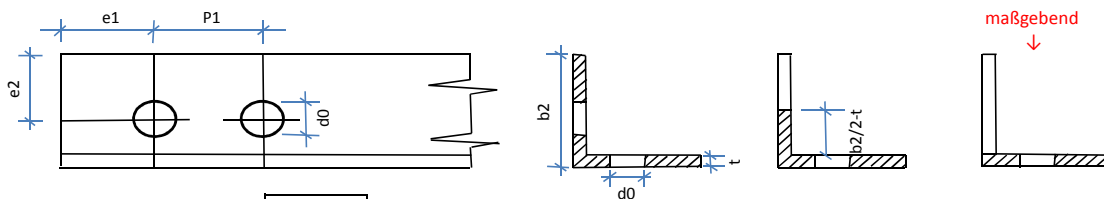
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

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 γ_{M2} : **1,25**

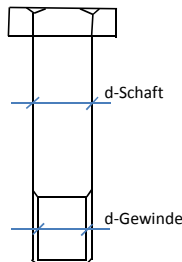
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2	
	↓	↓	
	Schaft	Schaft	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13	cm ²

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

\downarrow * n Schrauben

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 γ_{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 Schrauben = 40,19 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

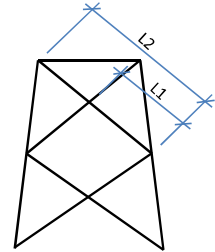
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.1 Vertikalfachwerk	Position: 59, 63, 67, 71
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

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:	β 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 ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlqualität =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

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: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$ cm²

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
		max $\lambda =$	55,66	

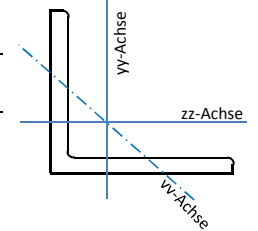
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

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:

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

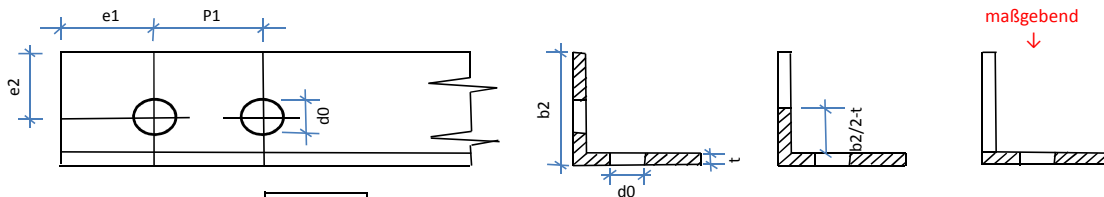
Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

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 γ_{M2} : **1,25**

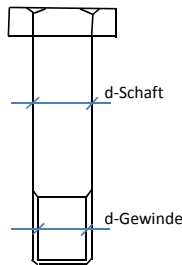
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 37,15 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²

Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft
↓	↓
Faktor α_v : 0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v : 1,13	1,13 cm ²

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

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

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 γ_{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 Schrauben = **40,19 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 1,24 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,03 < 1$ Auslastung: 3%