

7.3 Bemessung der Eckstiele

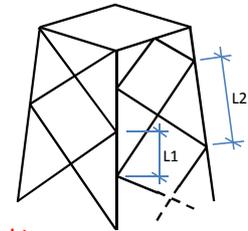
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Erdseilstütze	Pos. : 384 / 369
-------------------------	---------------------	----------------------	-------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-91,39	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	86,04	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,00)

Ausfachungsart: **nicht versetzt**

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,X} = L_2$	=	1,0	*	950	=	950 mm (um yy-Achse)
$S_{k,Z} = L_1$	=	1,0	*	950	=	950 mm (um vv-Achse)



	Profil:	L	65	x	65	x	t	6	mm
--	----------------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	7,53	cm ²	Herstellungsart = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,97	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_z = i_{vv}$	=	1,27	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:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 65 / 6 = 10,83$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,715$	=> $p1 = 1,00$

Schenkel 2:

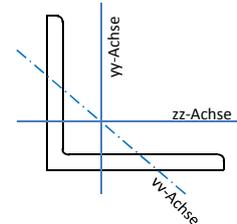
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 65 / 6 = 10,83$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,715$	=> $p2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-p1) + b2 * (1-p2)]$	=	7,53	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1}$:	-243,01	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 $\alpha = 0,49$

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,X} = \lambda_2$	=>	$L_2 / i_{yy} = 48,22$	< 120
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,Z} = \lambda_1$	=>	$L_1 / i_{vv} = 74,80$	< 120
			max $\lambda = 74,80$	



Bezugsschlankheitsgrad	λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit	λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,98$	[1]

Φ_{bk}	=	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,17$	[1]
K_{bk}	=	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,55$	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -134,20$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,68 < 1$ Auslastung: 68%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

Biegedrillknicken): $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 54,17 < 120$

Bezugsschlankheitsgrad	λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit	λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,71$	[1]

Φ_{bdk}	=	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,88$	[1]
K_{bdk}	=	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,72$	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -174,77$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,52 < 1$ Auslastung: 52%

7.3 Bemessung der Eckstiele

Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Erdseilstütze	Pos. : 384 / 369
-------------------------	---------------------	----------------------	-------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

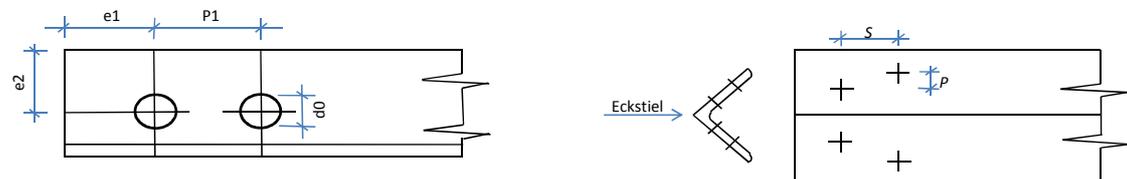
Schraubenverbindung:

Anzahl (n) 4	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit 1	Schraubenreihen pro Schenkel nR = 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)

Schraubenabstände:

senkrecht P = 0 mm	A _{net} 1: A - 2 (d ₀ * t * nR) = 5,37 cm ²
parallel S = 60 mm	A _{net} 2: nach EN 50341-1 J.3.2 = cm ²
A_{net} min: 5,37 cm²	



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

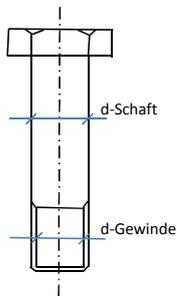
Zugbeanspruchbarkeit N_{R,z} = (0.9 * A_{net} * f_u / γ_{M2}) * 0.9 = **170,51 kN** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

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:



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**

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} = α_v * A_v * f_{uB} / γ_{Mb} = 48,24	- → Σ = 48,24 kN
Scherbeanspruchbarkeit F_{v,Rd} = 192,96 kN	

maßgebende Normalkraft maxN : 91,39 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: maxN / F_{v,Rd} = **0,47 < 1** Auslastung: 47%

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 = 65 mm
e2 = 30 mm
P1 = 60 mm

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

α _b = 1.20 * e1 / d0 = 4,33
α _b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) = 5,76
α _b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) = 2,68
α _b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) = 2,72
maßgebend min α_b = 2,68 (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit F_{b,Rd} = min α_b * d * t * f_u / γ_{M2} * 0.8 = 80,78 kN → * n Schrauben = 323,13 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 91,39 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: maxN / F_{b,Rd} = **0,28 < 1** Auslastung: 28%

7.3 Bemessung der Eckstiele

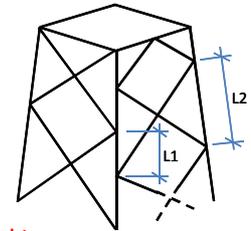
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 1	Pos. : 622 / 576
-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-394,45	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	351,43	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,00)

Ausfachungsart: **versetzt**

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2$	=	1,0	*	1301	=	1301 mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1$	=	1,0	*	651	=	651 mm (um vv-Achse)



	Profil:	L	100	x	100	x	t	10	mm
--	----------------	----------	------------	----------	------------	----------	----------	-----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	19,15	cm ²	Herstellungsort = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,89	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,95	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:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 100 / 10 = 10,00$	< 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:

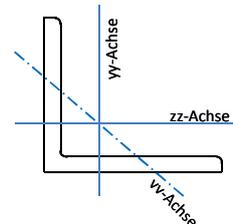
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 100 / 10 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	19,15	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-618,02	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 $\alpha = 0,49$

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,X} = \lambda_2 =>$	$L_2 / i_{yy} = 45,03$	< 120
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} = 33,35$	< 120
		max $\lambda = 45,03$	



Bezugsschlankheitsgrad λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,59$	[1]

$\phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,77	[1]
$K_{bk} = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,79	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-489,27 kN**

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,81 < 1** Auslastung: 81%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

Biegedrillknicken): $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$ < 120

Bezugsschlankheitsgrad λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$	[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: $N_{R,d} = K_{bdk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-465,19 kN**

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,85 < 1** Auslastung: 85%

7.3 Bemessung der Eckstiele

Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 1	Pos. : 622 / 576
-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:

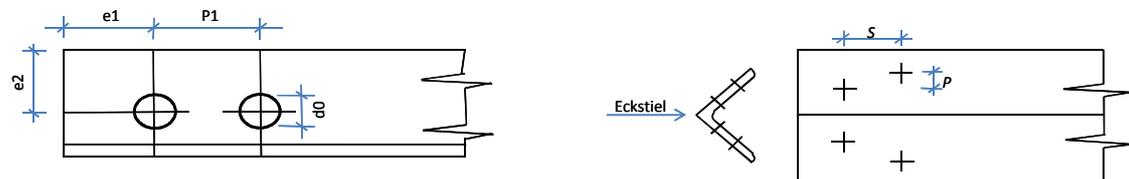
Anzahl (n) 6	Größe M 20	Güte 5.6	Schnittigkeit $S_v =$ 1	Schraubenreihen pro Schenkel $n_R =$ 1
Lochspiel: 2 mm				
$d_0 =$ 22 mm				

Stabstahlgüte = S355
Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm²
Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm²

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

Schraubenabstände:

senkrecht $P =$ 0 mm	$A_{net} 1: A - 2 (d_0 * t * n_R) =$ 14,75 cm ²
parallel $S =$ 60 mm	$A_{net} 2: \text{nach EN 50341-1 J.3.2} =$ cm²
$A_{net} \text{ min: } \mathbf{14,75}$ cm ²	



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

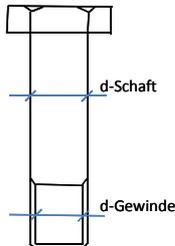
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$ **468,34** kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} =$ **0,75 < 1** Auslastung: 75%

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:



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**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
↓	Schaft	Schaft
↓	↓	↓
Faktor $\alpha_v :$ 0,6	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

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ 452,16 kN ↓ * n Schrauben

maßgebende Normalkraft maxN : 394,45 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} =$ **0,87 < 1** Auslastung: 87%

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

$e1 =$ 40 mm
$e2 =$ 45 mm
$P1 =$ 60 mm

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

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 =$ 2,18
$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) =$ 2,44
$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) =$ 3,55
$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) =$ 2,14
maßgebend min $\alpha_b =$ 2,14 (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} =$ $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$ 134,11 kN \rightarrow * n Schrauben = **804,64** kN

maßgebende Normalkraft maxN : 394,45 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} =$ **0,49 < 1** Auslastung: 49%

7.3 Bemessung der Eckstiele

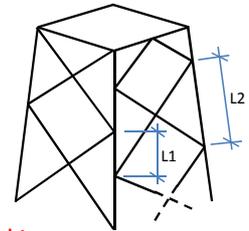
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 2	Pos. : 638 / 592
-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-633,65	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	586,83	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,00)

Ausfachungsart: **versetzt**

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2$	=	1,0	*	1501	=	1501 mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1$	=	1,0	*	752	=	752 mm (um vv-Achse)



	Profil:	L	140	x	140	x	t	13	mm
--	----------------	----------	------------	----------	------------	----------	----------	-----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	34,95	cm ²	Herstellungsart = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	4,06	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	2,74	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:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 140 / 13 = 10,77$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,711$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

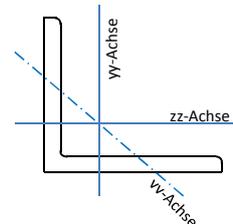
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 140 / 13 = 10,77$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,711$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	34,95	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-1127,93	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 $\alpha = 0,49$

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,X} = \lambda_2 =>$	$L_2 / i_{yy} = 36,93$	< 120
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} = 27,42$	< 120
		max $\lambda = 36,93$	



Bezugsschlankheitsgrad λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,48$	[1]
Φ_{bk}	=	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,69$	[1]
K_{bk}	=	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,85$	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-961,31 kN**

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,66 < 1** Auslastung: 66%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

Biegedrillknicken): $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 53,85 < 120$

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

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

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bdk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-814,11 kN**

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,78 < 1** Auslastung: 78%

7.3 Bemessung der Eckstiele

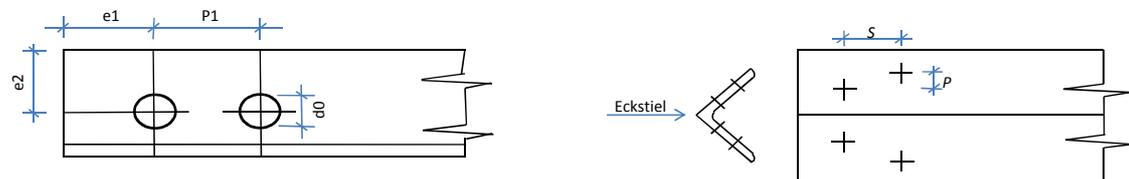
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 2	Pos. : 638 / 592
-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 6	Größe M 24	Güte 5.6	Schnittigkeit $S_v =$ 2	Schraubenreihen pro Schenkel $nR =$ 2
	Lochspiel: 2 mm				
	$d_0 =$ 26 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)

Schraubenabstände:	senkrecht $P =$ 35 mm	$A_{net} 1:$	A - 2 ($d_0 * t * nR$) = 28,19 cm ²	
	parallel $S =$ 70 mm	$A_{net} 2:$	nach EN 50341-1 J.3.2 = 30,53 cm ²	
		$A_{net} \text{ min:}$	28,19 cm ²	

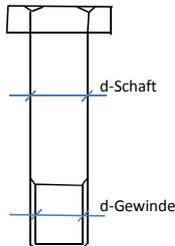


Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25		
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ =	$(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$	895,09 kN	(EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)
Zugbeanspruchungsnachweis:	$N_z / N_{R,z} =$	0,66 < 1	Auslastung: 66%

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 24	Güte :	5.6
Schaftquerschnitt $A_{sch} :$	4,52 cm ²	Streckgrenze $f_{yb} :$	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp} :$	3,53 cm ²	Zugfestigkeit $f_{ub} :$	500 N/mm ²
Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} :	1,25		
Scherfläche liegt im	Schnitt 1 Schaft	Schnitt 2 Schaft	
Faktor $\alpha_v :$	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v :$	4,52	4,52	cm ²
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$	$\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$	108,48	$\rightarrow \Sigma =$ 216,96 kN
			\downarrow * n Schrauben
			Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ 1301,76 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 633,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{v,Rd} =$	0,49 < 1	Auslastung: 49%
-----------------------------------	---------------------	--------------------	-----------------

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	
$e1 =$	50 mm
$e2 =$	45 mm
$P1 =$	70 mm

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25		
$\alpha_b =$	$1.20 * e1 / d_0 =$	2,31	
$\alpha_b =$	$1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) =$	2,63	
$\alpha_b =$	$2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) =$	2,83	
$\alpha_b =$	$0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) =$	2,10	
	maßgebend min $\alpha_b =$	2,10	(nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} =$ $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$ **205,92 kN** \rightarrow * n Schrauben = **1235,53 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 633,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{b,Rd} =$	0,51 < 1	Auslastung: 51%
-----------------------------------	---------------------	--------------------	-----------------

7.3 Bemessung der Eckstiele

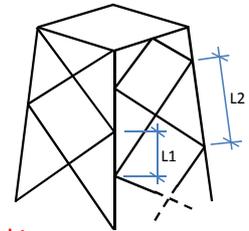
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 3	Pos. : 646 / 600
-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-733,65	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	684,17	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,00)

Ausfachungsart: **versetzt**

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1602	=	1602	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	802	=	802	mm (um vv-Achse)



	Profil:	L	140	x	140	x	t	15	mm
--	----------------	----------	------------	----------	------------	----------	----------	-----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	40,00	cm ²	Herstellungsort = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	4,25	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	2,73	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:	$\lambda_{p,1} =$	$b_1 / t = 140 / 15 = 9,33$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b_1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	$\Rightarrow \rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

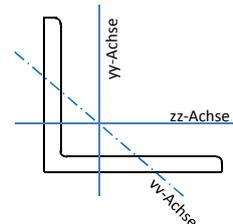
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b_2 / t = 140 / 15 = 9,33$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b_1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	$\Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b_1 * (1-\rho_1) + b_2 * (1-\rho_2)] =$	40,00	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-1290,91	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 \Rightarrow Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,X} = \lambda_2 \Rightarrow$	$L_2 / i_{yy} = 37,69$	< 120
Biegeknicken um die ζ -Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,\zeta} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv} = 29,38$	< 120
		max $\lambda = 37,69$	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,49$	[1]

$\phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,69$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,85$	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-1093,04	kN
----------------------------	--	-----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,67 < 1	Auslastung: 67%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

Biegedrillknicken):	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 46,67$	< 120
---------------------	---	---------

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,61$	[1]

$\phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,79$	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,78$	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bdk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-1005,61	kN
-----------------------------	---	-----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,73 < 1	Auslastung: 73%
--	-------------------	--------------------	-----------------

7.3 Bemessung der Eckstiele

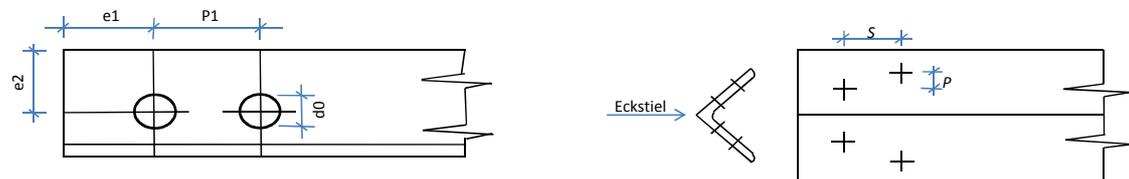
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 3	Pos. : 646 / 600
-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Anzahl (n)</td> <td>Größe</td> <td>Güte</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">M 24</td> <td style="text-align: center;">5.6</td> </tr> </table>	Anzahl (n)	Größe	Güte	6	M 24	5.6	Schnittigkeit $S_v =$ 2	Schraubenreihen pro Schenkel $nR =$ 2
Anzahl (n)	Größe	Güte							
6	M 24	5.6							
	Lochspiel: 2 mm								
	$d_0 =$ 26 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)

Schraubenabstände:	senkrecht $P =$ 35 mm parallel $S =$ 70 mm	$A_{net} 1: A - 2 (d_0 * t * nR) =$ 32,20 cm ² $A_{net} 2: \text{nach EN 50341-1 J.3.2} =$ 34,90 cm ² $A_{net} \text{ min:}$ 32,20 cm ²	
---------------------------	---	--	--

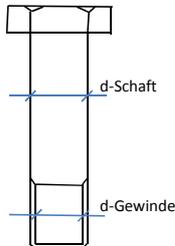


Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25		
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ =	$(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$	1022,41 kN	(EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)
Zugbeanspruchungsnachweis:	$N_z / N_{R,z} =$ 0,67 < 1	Auslastung: 67%	

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 24	Güte : 5.6
Schaftquerschnitt $A_{sch} :$ 4,52 cm ²	Streckgrenze $f_{yb} :$ 300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp} :$ 3,53 cm ²	Zugfestigkeit $f_{ub} :$ 500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : 1,25

	Schnitt 1	Schnitt 2	
Scherfläche liegt im	Schaft	Schaft	
	↓	↓	
Faktor $\alpha_v :$	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v :$	4,52	4,52	cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$ 108,48

$\rightarrow \Sigma =$ 216,96 kN
↓ * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ 1301,76 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 733,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{v,Rd} =$ 0,56 < 1	Auslastung: 56%
-----------------------------------	---	-----------------

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

$e1 =$	50	mm
$e2 =$	45	mm
$P1 =$	70	mm

$\alpha_b =$	$1.20 * e1 / d_0 =$	2,31
$\alpha_b =$	$1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) =$	2,63
$\alpha_b =$	$2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) =$	2,83
$\alpha_b =$	$0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) =$	2,10
	maßgebend min $\alpha_b =$	2,10 (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$ 237,60 kN \rightarrow * n Schrauben = 1425,62 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 733,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{b,Rd} =$ 0,51 < 1	Auslastung: 51%
-----------------------------------	---	-----------------

7.3 Bemessung der Eckstiele

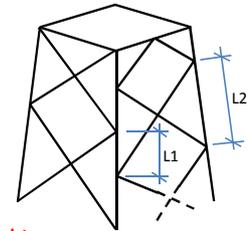
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 4a	Pos. : 648 / 602
-------------------------	---------------------	------------------	-------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-752,62	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	698,63	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,00)

Ausfachungsart: **versetzt**

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1710	=	1710	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	857	=	857	mm (um vv-Achse)



	b1		b2		t	
Profil:	L 140	x	140	x	15	mm

Querschnittswerte:	A	=	40,00	cm ²	Herstellungsart = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	4,25	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_z = i_{vv}$	=	2,73	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:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 140 / 15 = 9,33$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	=> $p1 = 1,00$

Schenkel 2:

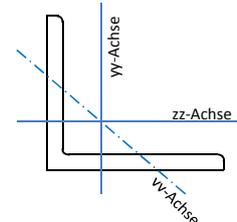
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 140 / 15 = 9,33$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b2 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	=> $p2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-p1) + b2 * (1-p2)] = 40,00$	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -1290,91$	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 $\alpha = 0,49$

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	$L_2 / i_{yy} = 40,24$	< 120
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} = 31,39$	< 120
		max $\lambda = 40,24$	



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

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

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

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -1068,89$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,70 < 1$ Auslastung: 70%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

Biegedrillknicken): $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 46,67 < 120$

Bezugsschlankheitsgrad	$\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit	$\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,61$	[1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,79$	[1]
$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,78$	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -1005,61$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,75 < 1$ Auslastung: 75%

7.3 Bemessung der Eckstiele

Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 4a	Pos. : 648 / 602
------------------	--------------	-----------	------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:
(Anschluss Diagonale)

Anzahl (n)	Größe	Güte	Schnittigkeit	Schraubenreihen pro Schenkel
1	M 16		1	nR = 1

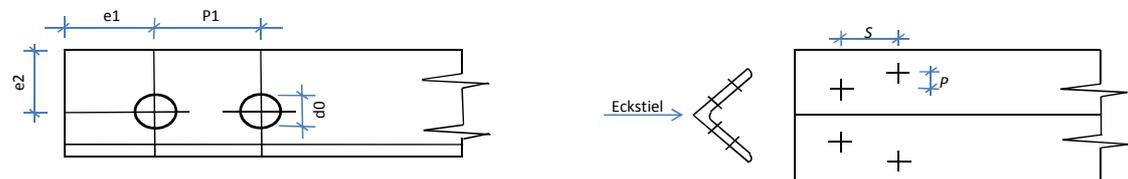
Lochspiel: 2 mm
d0 = 18 mm

Stabstahlgüte = S355
Streckgrenze f_y = 355 N/mm²
Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm²

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

Schraubenabstände:

senkrecht P	0 mm	A _{net} 1: A - 2 (d ₀ * t * nR) = 37,30 cm ²
parallel S	0 mm	A _{net} 2: nach EN 50341-1 J.3.2 = cm ²
		A_{net} min: 37,30 cm²



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : 1,25

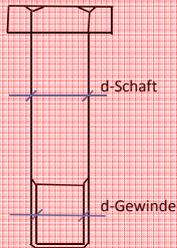
Zugbeanspruchbarkeit N_{R,z} = (0.9 * A_{net} * f_u / γ_{M2}) * 0.9 = 1184,35 kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: N_z / N_{R,z} = 0,59 < 1 Auslastung: 59%

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: 0

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

Kein Anschluss nachzuweisen

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : #NV

Scherfläche liegt im Schaft / im Gewinde

Faktor α_v: 0,6 / 0,6

Scherbeanspruchbarkeit F_{v,Rd} = α_v * A_v * f_{ub} / γ_{Mb} = #NV

Scherbeanspruchbarkeit F_{v,Rd} = #NV kN

maßgebende Normalkraft maxN : 752,62 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: maxN / F_{v,Rd} = #NV #NV Auslastung: #NV

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 = mm
e2 = mm
P1 = entfällt

Anschluss an Schuss 4b

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : #NV

α_b = 1,20 * e1 / d0 = 0,00
α_b = 1,8 * (e1 / d0 - 0,5) = 0,93
α_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = -1,15
α_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = entfällt

maßgebend min α_b = -1,15 (nach EN 50341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit F_{b,Rd} = min α_b * d * t * f_v / γ_{M2} * 0.8 = #DIV/0! kN → * n Schrauben = #DIV/0! kN

maßgebende Normalkraft maxN : 752,62 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: maxN / F_{b,Rd} = #DIV/0! #DIV/0! Auslastung: #DIV/0!

7.3 Bemessung der Eckstiele

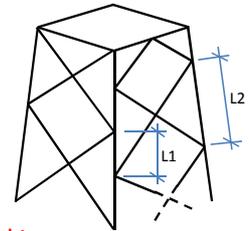
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 4b	Pos. : 652 / 606
-------------------------	---------------------	------------------	-------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-729,34	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	673,09	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,00)

Ausfachungsart: **versetzt**

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2$	=	1,0	*	1910	=	1910 mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1$	=	1,0	*	956	=	956 mm (um vv-Achse)



	b1		b2		t	
Profil:	L	140	x	140	x	15 mm

Querschnittswerte:	A	=	40,00	cm ²	Herstellungsart = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	4,25	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	2,73	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:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 140 / 15 = 9,33$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

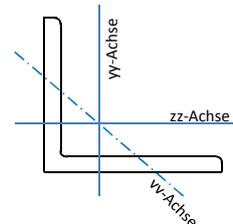
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 140 / 15 = 9,33$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	40,00	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-1290,91	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 $\alpha = 0,49$

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,X} = \lambda_2 =>$	$L_2 / i_{yy} = 44,94$	< 120
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} = 35,02$	< 120
		max $\lambda = 44,94$	



Bezugsschlankheitsgrad λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,59$	[1]
$\phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda']$	=	0,77	[1]
$K_{bk} = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda' * \lambda'})$	=	0,79	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-1022,89 kN**

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,71 < 1** Auslastung: 71%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

Biegedrillknicken): $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 46,67 < 120$

Bezugsschlankheitsgrad λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,61$	[1]
$\phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda']$	=	0,79	[1]
$K_{bdk} = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda' * \lambda'})$	=	0,78	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bdk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-1005,61 kN**

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,73 < 1** Auslastung: 73%

7.3 Bemessung der Eckstiele

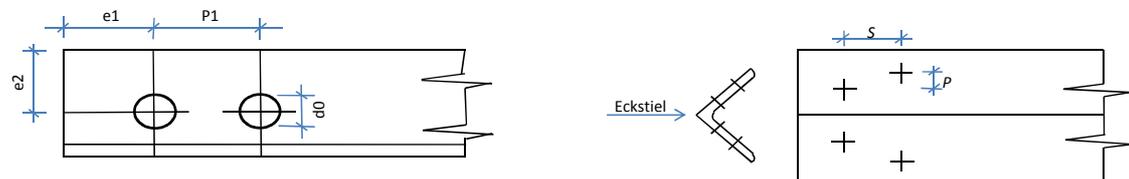
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 4b	Pos. : 652 / 606
-------------------------	---------------------	------------------	-------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 6	Größe M 24	Güte 5.6	Schnittigkeit $S_v =$ 2	Schraubenreihen pro Schenkel $nR =$ 2
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 26 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)

Schraubenabstände:	senkrecht $P =$ 35 mm	$A_{net} 1:$	A - 2 (d0 * t * nR) = 32,20 cm ²	
	parallel $S =$ 70 mm	$A_{net} 2:$	nach EN 50341-1 J.3.2 = 34,90 cm ²	
		$A_{net} \text{ min:}$	32,20 cm ²	

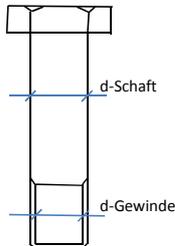


Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25		
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ =	$(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$	1022,41 kN	(EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)
Zugbeanspruchungsnachweis:	$N_z / N_{R,z} =$	0,66 < 1	Auslastung: 66%

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 24	Güte :	5.6
Schaftquerschnitt $A_{sch} :$	4,52 cm ²	Streckgrenze $f_{yb} :$	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp} :$	3,53 cm ²	Zugfestigkeit $f_{ub} :$	500 N/mm ²

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

	Schnitt 1	Schnitt 2	
Scherfläche liegt im	Schaft	Schaft	
	↓	↓	
Faktor $\alpha_v :$	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v :$	4,52	4,52	cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$	$\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$	108,48			
					$\rightarrow \Sigma =$ 216,96 kN
					↓ * n Schrauben
					Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ 1301,76 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 729,34 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{v,Rd} =$	0,56 < 1	Auslastung: 56%
-----------------------------------	---------------------	--------------------	-----------------

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 =	50 mm
e2 =	45 mm
P1 =	70 mm

$\alpha_b =$	1.20 * e1 / d0 =	2,31	
$\alpha_b =$	1.85 * (e1 / d0 - 0.5) =	2,63	
$\alpha_b =$	2.30 * (e2 / d0 - 0.5) =	2,83	
$\alpha_b =$	0.96 * (p1 / d0 - 0.5) =	2,10	
	maßgebend min $\alpha_b =$	2,10	(nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} =$	$min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$	237,60 kN		\rightarrow * n Schrauben = 1425,62 kN
--	--	------------------	--	---

maßgebende Normalkraft maxN : 729,34 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{b,Rd} =$	0,51 < 1	Auslastung: 51%
-----------------------------------	---------------------	--------------------	-----------------

7.3 Bemessung der Eckstiele

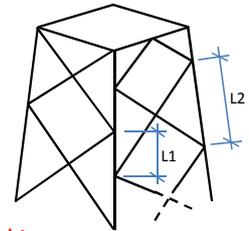
Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 5	Pos. : 660 / 610
-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-688,45	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	631,55	kN	Ha-1 (Vert.-Last *1,00)

Ausfachungsart: **nicht versetzt**

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2$	=	1,0	*	1361	=	1361 mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1$	=	1,0	*	1361	=	1361 mm (um vv-Achse)



	b_1		b_2		t	
Profil:	L	140	x	140	x	15 mm

Querschnittswerte:	A	=	40,00	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	4,25	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta\zeta} = i_{vv}$	=	2,73	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:	$\lambda_{p,1}$	=	$b_1 / t = 140 / 15 = 9,33$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b_1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

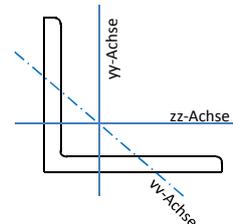
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b_2 / t = 140 / 15 = 9,33$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b_1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,616$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b_1 * (1-\rho_1) + b_2 * (1-\rho_2)] =$	40,00	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-1290,91	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 $\alpha = 0,49$

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,X} = \lambda_2 =>$	$L_2 / i_{yy} = 32,02$	< 120
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,Z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} = 49,85$	< 120
		max $\lambda = 49,85$	



Bezugsschlankheitsgrad λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$	[1]

$\phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,82	[1]
$K_{bk} = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,75	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-973,19 kN**

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,71 < 1** Auslastung: 71%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

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

Biegedrillknicken): $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 46,67 < 120$

Bezugsschlankheitsgrad λ_a	=	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit λ'	=	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,61$	[1]

$\phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,79	[1]
$K_{bdk} = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,78	[1]

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

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bdk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-1005,61 kN**

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,68 < 1** Auslastung: 68%

7.3 Bemessung der Eckstiele

Gestänge: CA2-04	Typ WA1 +0.0	Schuss 5	Pos. : 660
------------------	--------------	----------	------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung: (Anschluss Diagonale "Hosenbein")

Anzahl (n)	Größe	Güte	Schnittigkeit	Schraubenreihen pro Schenkel
1	M 20		1	nR = 1

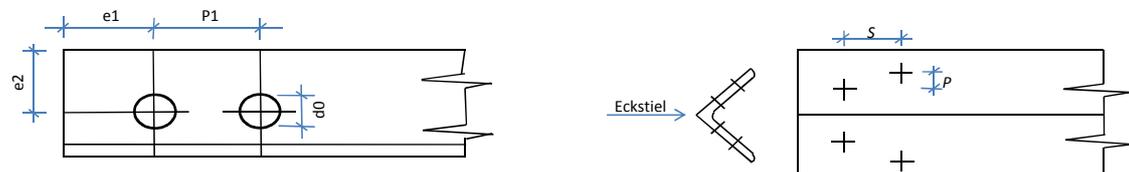
Lochspiel: 2 mm
d0 = 22 mm

Stabstahlgüte = S355
Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm²
Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm²

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

Schraubenabstände: senkrecht P = 0 mm, parallel S = 0 mm

$A_{net} 1: A - 2 (d_0 * t * nR) = 33,40$ cm²
 $A_{net} 2: \text{nach EN 50341-1 J.3.2} =$ cm²
 $A_{net} \text{ min: } 33,40$ cm²



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

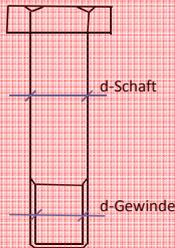
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z} = (0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 = 1060,52$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,60 < 1$ Auslastung: 60%

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 20, Güte: 0

Schaftquerschnitt $A_{sch} : 3,14$ cm², Streckgrenze $f_{yb} : \#NV$ N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp} : 2,45$ cm², Zugfestigkeit $f_{ub} : \#NV$ N/mm²

Kein Anschluss nachzuweisen

Scherfläche liegt im Schaft / im Gewinde

Faktor $\alpha_v : 0,6$ / $0,6$

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

maßgebende Normalkraft maxN : 688,45 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: maxN / $F_{v,Rd} = \#NV$ Auslastung: #NV

Eckstiel dringt in Fundament ein

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Abstände der Bohrung: e1, e2, P1

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M2} :$

$\alpha_b = 1.2 * e1 / d0 = 0,00$
 $\alpha_b = 1.35 * (e1 / d0 - 0.5) = -0,93$
 $\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) = -1,15$
 $\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) = \text{entfällt}$
 maßgebend min $\alpha_b = -1,15$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 = \#DIV/0!$ kN → * n Schrauben = #DIV/0! kN

maßgebende Normalkraft maxN : 688,45 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: maxN / $F_{b,Rd} = \#DIV/0!$ Auslastung: #DIV/0!

7.2 Vergleich der Berechnungsverfahren

Gestänge: CA2-04

Typ WA1 +0.0

1.) Ergebnis der Plausibilitätsprüfung:

Eckstiel	max. Druckkraft* [kN]			%
	Mom.-gl.	FEM	Differenz	
ESTÜ	-91,56	-91,39	0,17	-0,18
Schuss 1	-367,04	-394,45	-27,41	6,95
Schuss 2	-635,90	-633,65	2,25	-0,36
Schuss 3	-720,58	-733,65	-13,07	1,78
Schuss 4a	-741,57	-752,62	-11,05	1,47
Schuss 4b	-739,16	-729,34	9,82	-1,35
Schuss 5	-703,53	-688,45	15,08	-2,19

Eckstiel	max. Zugkraft* [kN]			%
	Mom.-gl.	FEM	Differenz	
ESTÜ	86,82	86,04	-0,78	-0,91
Schuss 1	324,39	351,43	27,04	7,69
Schuss 2	587,67	586,83	-0,84	-0,14
Schuss 3	667,97	684,17	16,20	2,37
Schuss 4a	684,06	698,63	14,57	2,09
Schuss 4b	676,40	673,09	-3,31	-0,49
Schuss 5	635,53	631,55	-3,98	-0,63

* Alle Werte incl. Teilsicherheitsbeiwert

Die Schnittgrößen der Eckstiele wurden mit der Finite-Elemente-Methode berechnet und durch Anwendung des Momentengleichgewichtes um den Diagonalschnittpunkt des entsprechenden Feldes auf Plausibilität geprüft. Beim Betrachten der Schnittgrößen der Eckstiele fällt auf, dass durch beide Berechnungsverfahren ähnliche Schnittgrößen ermittelt werden. Die Differenz beträgt ca. 3%. Lediglich beim Schuss 1 tritt eine größere Abweichung auf ca. 8%. Die Ursache für diese Differenz ist ein Profilwechsel der Eckstielstäbe. Schuss 1 ist mit einem L-100x100x10 Profil ausgeführt. Schuss 2 hingegen ist mit einem L-140x140-13 Profil ausgeführt. Bei der Berechnung mit der Finite-Elemente-Methode wird das räumliche statische System gebildet indem die Schwerachsen der Eckstiele gemittelt werden. Nur so kann ein durchlaufender Stab ohne Knick modelliert werden. Bei der Berechnung mittels Momentengleichgewicht wird der exakte Schwerlinienabstand aus der Konstruktionszeichnung als Berechnungsgrundlage genommen. Die Eckstiele wurden mit den Schnittgrößen der Finite-Elemente-Methode bemessen. Die Finite-Elemente-Methode erfasst ausserdem die ungleichmäßige Kraftverteilung durch die versetzte Ausfachung.