

STATISCHE BERECHNUNG

Stand vom 02/2017

Bauvorhaben: Hochwasserrückhaltebecken Kleine Striegis

Teilobjekte: Stahlwasserbau, Hochwasserrückhaltebecken

Auftraggeber: Stadtverwaltung Hainichen

Auftragsnummer:

Objektplanung: ICL Ingenieur Consult GmbH

Tragwerksplanung: ICL Ingenieur Consult GmbH

Seitenanzahl: 63
Nachträge: -
Anlagen: -

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. P. Zetzsche

Projektleiter:
Dipl.-Ing. W. Holze

Inhaltsverzeichnis:

1.	Vorbemerkungen	3
2.	Verwendete Unterlagen/Vorschriften	1
3.	Bautechnische Erläuterungen	2
4.	Leistungsabgrenzung und Hinweise für die weiterführende Planung	3
5.	Bauteil Betriebsauslass	4
5.1	Eigenlasten	4
5.2	Hydrostatische Einwirkungen	4
5.2.1	Hydrostatischer Druck aus dem Oberwasser	4
5.2.2	Reibung	5
5.3	Auftrieb	9
5.4	Sog	9
5.5	Schließdruck nach DIN 19704-1 min 5 kN/m	9
5.6	Eisauflast	9
5.7	Eisdruck (anzunehmender Mindestwert nach DIN 19704-1, 150 kN/m ²)	9
5.8	Wasserauflast	9
5.9	Sonstige Einwirkungen	9
5.10	Resultierende Einwirkungen:	10
5.11	Spindelantrieb	11
5.12	Nachweis Trapezgewindespindel	15
5.13	Nachweis Führungsrohr	17
5.14	Drehmomenteneinstellung zur Lastbegrenzung	19
5.15	Nachweis Verbindungsbolzen:	20
5.16	Nachweis Tragöse	20
5.17	Nachweis Traverse/ Tragrahmen für Antrieb Schütz:	21
6.	Bauteil Ökodurchlass	23
6.1	Eigenlasten	23
6.2	Hydrostatische Einwirkungen	23
6.3	Hydrostatischer Druck aus dem Oberwasser	23
6.4	Auftrieb	25
6.5	Sog	25
6.6	Schließdruck nach DIN 19704-1 min 5 kN/m	25
6.7	Eisauflast	26
6.8	Eisdruck (anzunehmender Mindestwert nach DIN 19704-1, 150 kN/m ²)	26
6.9	Wasserauflast	26
6.10	Sonstige Einwirkungen	26
6.11	Resultierende Einwirkungen	27
6.12	Spindelantrieb	28
6.13	Nachweis Trapezgewindespindel	32
6.14	Nachweis Führungsrohr	34
6.15	Drehmomenteneinstellung zur Lastbegrenzung	35
6.16	Nachweis Verbindungsbolzen:	36
6.17	Nachweis Tragöse	36
6.18	Nachweis Traverse/ Tragrahmen für Antrieb Schütz:	37

1. Vorbemerkungen

Gegenstand der vorliegenden Berechnung ist die maschinentechnische Bemessung der Schützanlage und des Antriebes des Betriebsdurchlasses sowie des Ökodurchlasses des Hochwasserrückhaltebeckens Kleine Striegis.

Die Ermittlung der Antriebskräfte des **Rollschützes** des Betriebsauslasses sowie des **Gleitschützes** des Ökodurchlasses erfolgt auf Grundlage vorgegebener Wasserstände und konstruktiver Verhältnisse.

Der mechanische Antriebsstrang der Schütztafel als steigende Ausführung, bestehend aus Kegelradgetriebe und elektronischem Drehantrieb (Hersteller AUMA), wird passend zu den erforderlichen Antriebsleistungen auf Grundlage der Herstellerangaben ausgewählt.

In den nachfolgenden Berechnungen sind die **blau gekennzeichneten Werte** variable Größen, die **schwarz gekennzeichneten Werte** errechnete Größen.

2. Verwendete Unterlagen/Vorschriften

- [1] Entwurfsplanung / Bauzeichnungen, ICL/K&H (12/2016),
- [2] DIN 19 074 – 1 Stahlwasserbauten, Berechnungsgrundlagen,
- [3] DIN 19 074 – 2 Stahlwasserbauten, Bauliche Durchbildung und Herstellung,
- [4] DIN EN 1090-2:2011-10, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken
- [5] DIN 103 Trapezgewinde,
- [6] DIN 28 086 Tragösen an Apparaten für Montage,
- [7] Stahlwasserbauten, Kommentar zur DIN 19 704,
- [8] Herstellungsunterlagen AUMA Kegelradgetriebe, Drehantriebe.

3. Bautechnische Erläuterungen

Die vorliegende Berechnung geht davon aus, dass die Schützenanlagen als Roll- bzw. Gleitschütz mit Spindeltrieb in steigender Ausführung errichtet wird.

Auszug aus Planentwurfszeichnungen ICL - Klemm & Hensen 2016:

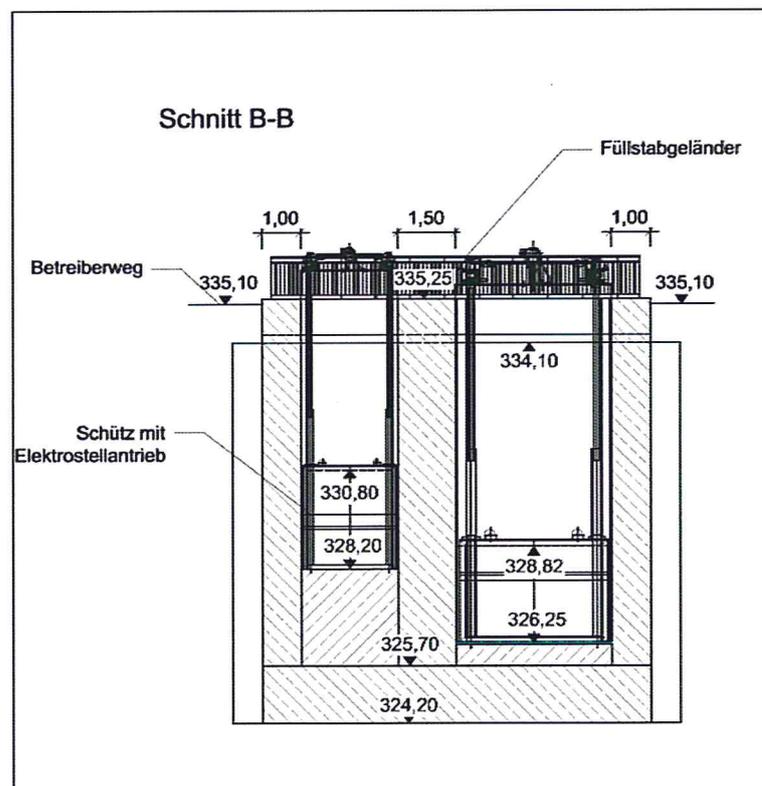
Ausschnitt Plan GP 04, Bauwerksplan

Die Vorgaben der Bemessungswasserstände erfolgte seitens des AG.

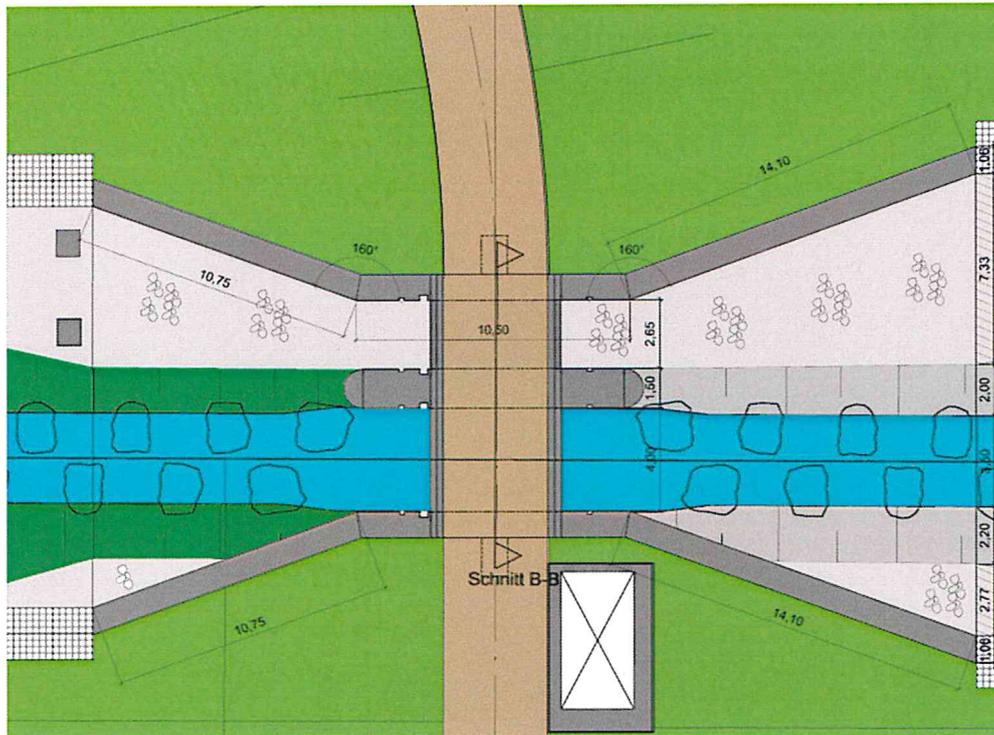
Die Schütze besitzt je einen Antriebsstrang, der aus einem Drehantrieb, 2 Wellen, 2 Kegelaradgetrieben und zwei Trapezgewindespindeln besteht.

Der Ermittlung der min. / max. Spindeltriebskräfte werden die jeweils ungünstigsten Konstellationen zugrunde gelegt.

Die Antriebsstränge der Schütze sind durch Endlagenabschaltung, Einstellung der Antriebsleistung am Drehantrieb (getrennt für Hub – und Senkvorgang) sowie durch eine drehmomenteneinstellbare Sicherheitskupplung in den Kegelaradtriebeingangswellen geschützt.



Systemskizze: Breite Ökodurchlass: 2,65 m
 Breite Betriebsdurchlass: 4,00 m



Auszug, Bauwerksplan

4. Leistungsabgrenzung und Hinweise für die weiterführende Planung

1. Die statischen Nachweise für folgende Bauteile insbesondere der Verbindungsmittel sind im Rahmen der Werkplanung des AN zu erbringen:
 - Schütze einschließlich Führungsbahnen und Rückverankerungen unter Berücksichtigung der spezifischen Reibungs- und Antriebskräfte,
 - Notverschlüsse einschließlich Führungsbahnen und Rückverankerungen unter Berücksichtigung der spezifischen Reibungs- und Antriebskräfte,
 - Rechen
2. Die genaue Antriebskraft ist vom AN im Rahmen der Werkplanung für dessen individuelle Konstruktion zu ermitteln. Die Dimensionierung des Antriebs ist Bestandteil der Werkplanung des AN.
3. An den Schwellen und Seitenführungsnischen der Schütze sind Heizleitungen vorzusehen. Die Dimensionierung der Heizung ist Bestandteil der Werkplanung des AN.
4. An den Schützen sind Losreißkräfte infolge Verkleben durch regelmäßige Probetriebe und Wartung zu minimieren bzw. auszuschließen.

5. Bauteil Betriebsauslass

5.1 Eigenlasten

Das Eigengewicht (EG) der Schütztafel (ohne Dichtung und Korrosionsschutz) aus Stahl S235J2 mit $23,50 \text{ kN/m}^3$ wird auf 2.400 kg geschätzt.

Rechenwert EG: **24 kN**

Hierin ist berücksichtigt, dass die Wasserauflast auf den Horizontalsteifen mit gehoben werden muss.

5.2 Hydrostatische Einwirkungen

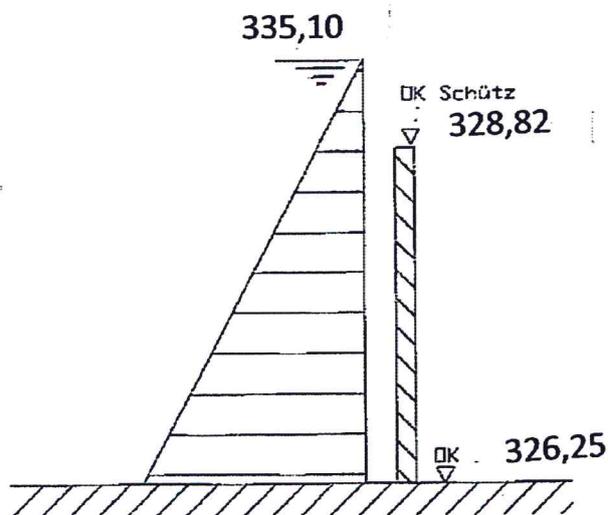
Der Antrieb des Schützes wird – auf der sicheren Seite liegend – für die Situation bemessen, dass zum einen der hydrostatische Druck von + 335,10 mDHHN im Oberwasser wirkt und zum anderen, dass im Unterwasser kein Wasser geführt wird. Aus diesem Grund wird kein hydrostatischer Gegendruck zum Ansatz gebracht.

Der Lastfall hydrostatischer Druck aus dem Unterwasser und keine Wasserführung im Oberwasser wird nicht betrachtet, da dieser Lastfall wesentlich geringer ist als der o. g.

Der Schütz besitzt Seiten-, Kopf- und Sohdichtung. Die Belastung aus dem hydrostatischen Druck auf die Schütztafeln wird über die HDPE- Dichtleisten abgetragen.

5.2.1 Hydrostatischer Druck aus dem Oberwasser

Skizzen in der Berechnung sind unmaßstäblich!



Geometrie der Schütztafel

Breite $b:=$ 4,40 m
Höhe $h:=$ 2,57 m
Dicke $d:=$ 0,312 m

Fläche Stauhaut:
 $A:=$ 11,31 m^2

Hochwasserrückhaltebecken Kleine Striegis

Rollreibung der seitlichen Führungsrollen					
Σ Kräfte der Rollreibung	F_{RR}	=	77,60	kN	

Gleitreibung

Gleitreibung ergibt sich aus Dichtungskraft x Reibungszahl

Fläche der Seitendichtung, auf die der hydrostatische Druck wirkt (einseitig)

Höhe	H	=	2,57	m	
Breite Dichtung	b	=	0,04	m	
Fläche	A _D	=	0,103	m ²	
Mittlerer hydrostatischer Druck	m _D =(F _H /A _S)	=	76,00	kN/m ²	
Dichtungskraft	m _D ×A _D	=	7,81	kN	
Reibungszahl Gummi Stahl			1,0		
Kraft zur Überwindung der Gleitreibung	F_{RG}	=	7,80	kN	
Σ Kräfte der Roll- und Gleitreibung		=	85,00	kN	

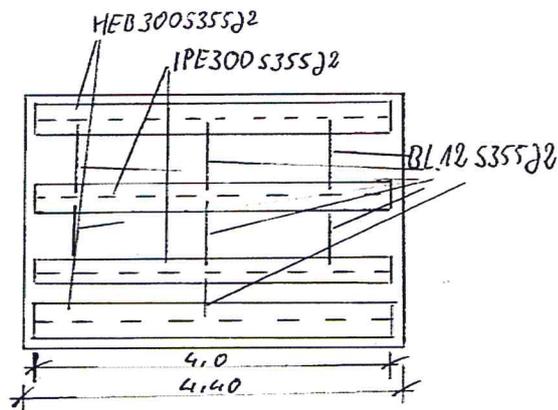
Reibung aus Eisdruck

Radius der Laufrolle	R	=	185,00	mm	
Radius Zapfen	r	=	40,00	mm	
Eisdruck	F _E	=	198,00	kN	siehe Pkt. 5.7
Hebelarm der Rollreibung	f	=	1,00	mm	DIN 19701-1 ¹⁾
Gleitreibungszahl	μ	=	0,30		²⁾
	μ ₀ /μ	=	1,10		
Rollreibungsmoment	M _R	=	198.000,00	Nmm	
Kraft zur Überwindung des Rollwiderstandes	F _{R1} =M _R /R	=	1.070,27	N	
			1,10	kN	
Zapfenreibungsmoment	M _Z = F _h ×r×μ×μ ₀ /μ	=	2.613.600	Nm	
			2.612,60	kN	
Kraft zur Überwindung der Zapfenreibung	F _{R2} = R/M _Z	=	14.127,57	N	
			14,13	kN	
Gesamtkraft	F _{RR} = F _{R1} + F _{R2}	=	15,00	kN	
Kraft zur Überwindung der Rollreibung der seitlichen Führungsrollen		=	2,00	kN	³⁾
Σ Kräfte der Rollreibung	F_{RR}	=	18,01	kN	

Hochwasserrückhaltebecken Kleine Striegis

- 1) Da die Rollenlaufbahn bereits über Eindrücke der Laufrollen verfügen kann, wird für f der doppelte Wert gegenüber DIN 19 704 - 1 veranschlagt.
- 2) Zapfenreibungszahl nach DIN 19 704 - 1.
- 3) Die Kräfte zur Überwindung der der Rollreibung in den seitlichen Führungsrollen werden mit $\sim 10\%$ der Rollreibungskräfte in den Laufrollen angesetzt.

Eigengewicht (Annahme) 24 kN



$$S355J2, G = 7.856 \text{ kg/m}^3 = 78,56 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Stauhaut: } 4,40\text{m} * 2,57 \text{ m} * 0,011 \text{ m} = 0,125 \text{ m}^3$$

$$G_S = 9,82 \text{ kN}$$

$$G_{SR} = 10,00 \text{ kN}$$

$$\text{HEB300, } G = 1,193 \text{ kN/m}$$

$$G_H = 2 * 4 \text{ m} * 1,193 \text{ kN/m}$$

$$G_H = 9,544 \text{ kN}$$

$$G_{HR} = 10,00 \text{ kN}$$

$$\text{IPE300, } G = 0,422 \text{ kN/m}$$

$$G_I = 2 * 4 \text{ m} * 0,422 \text{ kN/m}$$

$$G_I = 3,376$$

$$G_{IR} = 3,5 \text{ kN}$$

$$\text{Dicke Schütz} \quad d = 0,32 \text{ m}$$

$$\text{Breite Schütz} \quad b = 4,40 \text{ m}$$

$$\text{hydrostatischer Druck } = p_U \quad 89,00 \text{ kN/m}^2$$

5.3 Auftrieb

$$F_A = d \times b \times p_U = 125,31 \text{ kN}$$

5.4 Sog

Bei Unterströmung kann Sog an der UK Schütz auftreten

$$F_S = 84,00 \text{ kN angenommen } 60 \text{ kN/m}^2 \text{ (600 mbar)}$$

5.5 Schließdruck nach DIN 19704-1 min 5 kN/m

Rechenwert 6 kN

$$F_{SD} = 6 \text{ kN/m} \times b$$

$$F_{SD} = 26,40 \text{ kN}$$

5.6 Eisauflast

Eisauflasten wurden Seitens des AG nicht spezifiziert, es wird jedoch eine Auflast von 3 kN/m angenommen.

$$F_{EA} = 3 \text{ kN/m} \times b$$

$$F_{EA} = 13,20 \text{ kN}$$

5.7 Eisdruck (anzunehmender Mindestwert nach DIN 19704-1, 150 kN/m²)

$$p = 150 \text{ kN/m}^2$$

$$h = 0,30 \text{ m}$$

$$b = 4,40 \text{ m}$$

$$F_E = 198,00 \text{ kN}$$

5.8 Wasserauflast

$$\text{Wassersäule über OK Schütz} \quad 6,28 \text{ m}$$

$$\text{Dicke Schütz} \quad 0,32 \text{ m}$$

$$F_W = 88,00 \text{ kN}$$

5.9 Sonstige Einwirkungen

Der Einfluss von Windlasten auf die Schütztafel ist vernachlässigbar.

Gegen einseitige Bewegungsbehinderungen durch Fremdkörper sowie bei Blockierung infolge Festklemmen oder Festfrieren der Schütztafel sind die Antriebe durch ihre Sicherheitseinrichtungen geschützt.

5.10 Resultierende Einwirkungen:

Lfd. NR	Bezeichnung		
1	Eigenlast	24,00	kN
2	Reibungskräfte		
2.1	Reibungskräfte aus hydrostatischem Druck	85,00	kN
2.2	Reibungskräfte aus Eisdruck	18,10	kN
3	Schließdruck	26,40	kN
4	Auftrieb	125,31	kN
5	Sog	84,00	kN
6	Eisauflast	13,20	kN
7	Wasserauflast	88,00	KN

max. Zugkraft $(1+2.1+2.2+5+6+7)$ = 312,30 [kN]

min. Zugkraft $(1+0,5*(2,1+2,2)-4)$ = -50,00 [kN]

max. Druckkraft $(2.1+2.2+3+4-1)$ = 230,81 [kN]

min. Druckkraft $(0,5*(2,1+2,2)-5-6-7-1)^{1)}$ = -157,65 [kN]

max. Zugkraft 312,00 [kN]

max. Druckkraft 231,00 [kN]

**Für die Bemessung werden die ermittelten max. Zug-/
Druckkräfte mit 10 % Sicherheit beaufschlagt:**

Erforderliche Zug- Druckkraft je Spindel: $\max F = \frac{F \cdot 1,1}{2}$

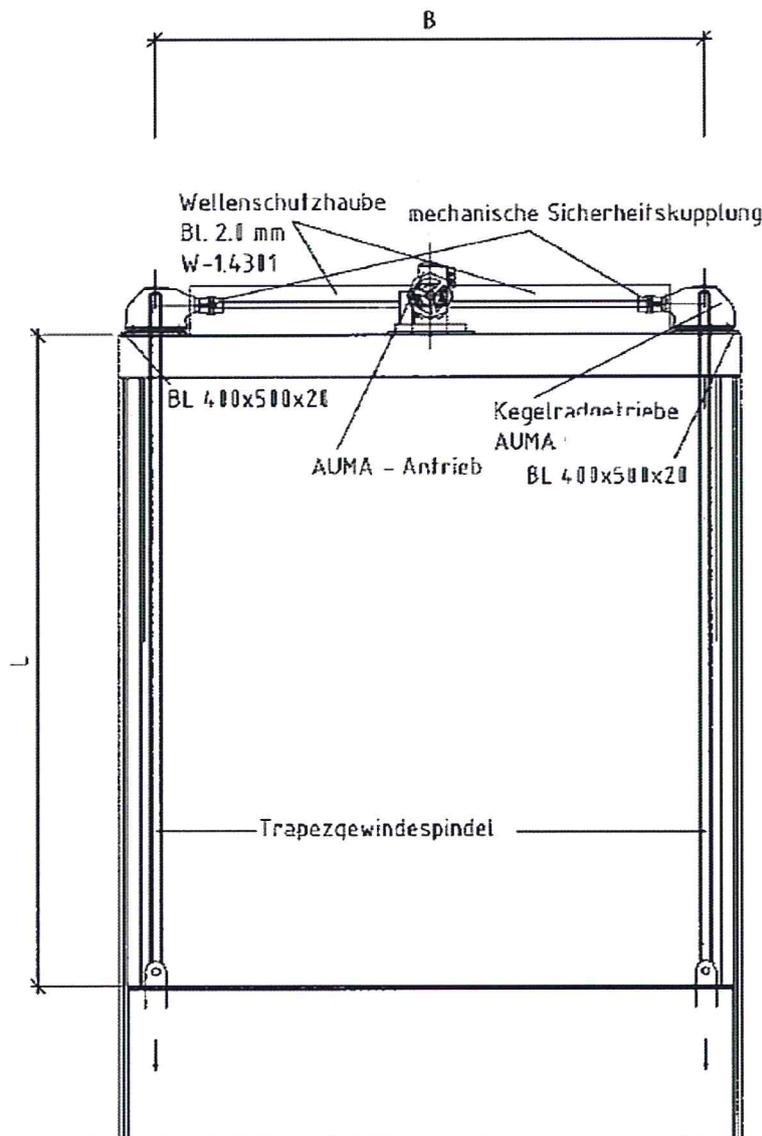
max. $F_z =$ 172,00 [kN]

max. $F_D =$ 127,05 [kN]

¹⁾ Es ist unter ungünstigen Konstellationen möglich, dass beim Heben Druckkräfte bzw. beim Senken Zugkräfte auftreten können. Diese, der Bewegung entgegen gerichteten Kräfte, sind aber in jedem Fall günstiger als die, die der Bemessung zugrunde liegen.

5.11 Spindeltrieb

System und Belastung



max L: 3.600 mm

max B: 5.000 mm

Aufwärtsbewegung/ Arbeitshub $F_A = 172,00 \text{ kN}$

Abwärtsbewegung/ Rückhub $F_R = 127,50 \text{ kN}$

Spindelantrieb

Erforderliche Zugkraft je Spindel:

	max. $F_z =$	260,70 [kN]
	max. $F_D =$	214,00 [kN]
erf. Hubkraft (je Spindel)	$FA =$	260.700,00 [N]

Trapezgewinde (eingängig)

Abmessung		TR 110 x 12 DIN 103
Gewindenenddurchm.	$d =$	110 mm
Steigung	$P =$	12 mm
Flankendurchmesser	$d_2 =$	104 mm
Kerndurchmesser	$d_3 =$	97 mm
Kernquerschnitt	$A_3 =$	7.390 mm ²
Flankenüberdeckung	$H_1 =$	6 mm

Material Spindel

1.4301 EN 10088-3

$R_{p0,2} =$	190 N/mm ²
$R_{p1,0} =$	225 N/mm ²
$R_m =$	500 N/m ²
$E =$	200.000 N/mm ²

Stützlager

Mittlerer Durchmesser der Lagerstützfläche (angenommen)	$D_L =$	130 mm
	$R_L =$	65 mm
Reibzahl im Lager	Wälzlager $\mu_L \approx$	0,01
Steigungswinkel	$\tan \alpha = P / (d_2 \cdot \pi) =$	0,0367
	$\alpha =$	2,1034
	$\cos \alpha =$	0,9993
Flankenwinkel im Achsschnitt	$b =$	15
Flankenwinkel im Normalschnitt	$b_N =$	14,9903
Reibwinkel des Gewindes	$r_G =$	4,7343
Reibzahl im Gewinde bei ausreichender Fettschmierung	$m_G \sim$	0,08
	$\tan b =$	0,2679
	$\tan b_N =$	0,2678
	$\cos b_N =$	0,9660
	$\tan r_G = m_G / \cos b_N =$	0,0828
	$\tan (a + r_G) =$	0,1199
	$\tan (a - r_G) =$	-0,0459

Wirkungsgrad beim Arbeitshub

$$\eta_A = \tan \alpha / \tan (\alpha + \rho_G) \quad \eta_A = \quad 0,3063$$

Wirkungsgrad beim Rückhub

$$\eta_R = \tan (\alpha - \rho_G) / \tan \alpha \quad \eta_A = \quad -1,2511 \quad \text{Selbsthemmung!}$$

Antriebsdrehmoment $M_A = F_A * \tan (\alpha + \rho_G) * r_2 + F_A * \mu_L * R_L =$

$$M_A = 1.184.279,42 \text{ Nmm} \\ 1.184,00 \text{ Nm}$$

Rückdrehmoment $M_R = F_A * \mu_L * R_L - F_A * \tan (\alpha - \rho_G) * r_2 =$

$$M_R = 522.775,54 \text{ Nmm} \\ 523,00 \text{ Nm}$$

Hochwasserrückhaltebecken Kleine Striegis

Kegelradgetriebe

Typ	auma	GK 25.20
gem. Technische Angaben Kegelradgetriebehersteller		
Untersetungsverhältnis	i = 1 : 8	
Eingangsmoment	397 Nm	
Abtriebsmoment	2.000,00 Nm	
Faktor		7,2
Spindeldurchmesser	80 mm	
Eingangswellendurchmesser	30 mm	

Drehantrieb

passender Drehantrieb	auma	SA 14.1 - 90
Leistung (elektrisch)		3 kW
Lebensdauer, Betätigungszyklen		10.000

9. Drehantriebsmoment am Getriebe

	FA =	260,70 kN
	MA = M1 =	1.795,00 Nm
	ME = M2 =	249,00 Nm
	n2 =	90 U / min
	n1 =	11,30 U / min
	Hubgeschwindigkeit	113 mm / min

Leistungsbedarf

mechanisch, bei gleichförmiger Bewegung ohne Beschleunigung

	$\omega =$	9,42 1/s
(je Spindel)	N =	2.346 W
	Nges. =	4.692 W
	Nges. =	5,000 kW

5.12 Nachweis Trapezgewindespindel

Position Nr.: Spindel T 110 x 12

Querschnittsabmessungen

$d_k =$	97,00 mm
$L =$	3.000 mm
$\beta =$	1
$s_k =$	3.000 mm

Querschnittswerte

$A =$	7.389,81 mm ²
$I =$	4,35E+06 mm ⁴
$W =$	89.601,46 mm ³
$W_T =$	179.202,92 mm ³

Material 1.4301
DIN 19704

$f_{u,k} =$	500,00 N/mm ²
$f_{y,k} =$	190,00 N/mm ²
$E =$	200.000,00 N/mm ²

Belastung

Rückhub	$F_R =$	2,14E+05 N
Arbeitshub	$F_A =$	2,61E+05 N
Antriebsmoment	$M_A =$	1,80E+06 Nmm

Festigkeitsnachweis

max. Zugspannung	$\sigma = F_A/A =$	/	35,28 N/mm ²
Torsionsspannung	$\tau = M_A/W_t =$	DIN 103/kN	10,02 N/mm ²
Vergleichsspannung	$\sigma_v = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0,5} =$	(mm ²² +3·mm ²) ^{0,5}	39,31 N/mm ²
		zul $\sigma_v = 0,13 \cdot R_m =$	65,00 N/mm ²
		$\sigma_v/zul \sigma_v =$	0,60 < 1

Knicksicherheitsnachweis

Planmäßiges Führungsspiel

$$f_0 = 2 \text{ mm}$$

Ersatzimperfektion des Gestänges (DIN 19704-1, 10.2.3)

$$w_0 = l/300 = 10,00 \text{ mm}$$

Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung nach DIN 19704-1, Tabelle 6:

$$\gamma_F = 1,35$$

Bemessungslast

$$F_d = 288.900,00 \text{ kN}$$

Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit nach DIN 19704-1, 9.5.2

$$\gamma_M = 1,5$$

Bemessungswert der Eulerschen Knicklast

$$N_{k,i,d} = 635.408,19 \text{ N}$$

Bemessungswert der Normalkraft

$$N_d = 288.900,00 \text{ N}$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 1. Ordnung

$$\max M_d^I = 3,467E+06 \text{ Nmm}$$

Vergrößerungsfaktor

$$c = 1,83$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 2. Ordnung

$$\max M_d^{II} = 6,357E+06 \text{ Nmm}$$

Bemessungswert der Normalspannung aus Druck plus Biegung

$$\sigma_d^{II} = 110,04 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der
Streckgrenze

$$f_{y,d} = f_{y,k}/\gamma_M = 126,67 \text{ N/mm}^2$$

Tragsicherheitsnachweis

$$S_d/R_d < 1$$

$$\sigma_d^{II}/f_{y,d} = \quad / \quad = 0,87 < 1,0$$

5.13 Nachweis Führungsrohr

Position Nr.: Rohr 142 x 10

Querschnittsabmessungen

d_K	=	142,00	mm
t	=	10,00	mm
L	=	3.600	mm
β	=	1	
s_K	=	3.600	mm

Querschnittswerte

A	=	4.146,90	mm ²
I	=	9,08E+06	mm ⁴
W	=	127.940,70	mm ³
W_T	=	273.695,55	mm ³

Material 1.4301

DIN 19704

$f_{u,k}$	=	500,00	N/mm ²
$f_{y,k}$	=	190,00	N/mm ²
E	=	200.000,00	N/mm ²

Belastung

Rückhub	F_R	=	1,27E+05	N
Arbeitshub	F_A	=	1,72E+05	N
Antriebsmoment	M_A	=	1,18E+06	Nmm

Festigkeitsnachweis

max. Zugspannung	$\sigma = F_A/A =$	1,27E+05/4.146,90	41,48 N/mm ²
Torsionsspannung	$\tau = M_A/W_t =$	1,18E+06/273.695,55	4,33 N/mm ²
Vergleichsspannung	$\sigma_v = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0,5} =$		42,15 N/mm ²

$$\text{zul } \sigma_v = 0,13 \cdot R_m = 65,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v / \text{zul } \sigma_v = 0,65 < 1$$

Knicksicherheitsnachweis

Planungsmäßiges Führungsspiel

$$f_0 = 2,00 \text{ mm}$$

Ersatzimperfektion des Gestänges (DIN 19704-1, 10.2.3)

$$w_0 = l/300 = 12,00 \text{ mm}$$

Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung nach DIN 19704-1, Tabelle 6:

$$\gamma_F = 1,35$$

Bemessungslast

$$F_D = 171.517,50 \text{ kN}$$

Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit DIN 19704-1, 9.5.2:

$$\gamma_M = 1,50$$

Bemessungswert der Eulerschen Knicklast

$$N_{k,i,d} = 922.360,17 \text{ N}$$

Bemessungswert der Normalkraft

$$N_d = 171.517,50 \text{ N}$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 1. Ordnung

$$\max M^I_d = 2,401E+06 \text{ Nmm}$$

Vergrößerungsfaktor

$$c = 1,23$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 2. Ordnung

$$\max M^{II}_d = 2,950E+06 \text{ Nmm}$$

Bemessungswert der Normalspannung aus Druck plus Biegung

$$\sigma^{II}_d = 64,42 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Streckgrenze

$$f_{y,d} = f_{y,k}/\gamma_M = 126,67 \text{ Nmm}^2$$

Tragsicherheitsnachweis

$$\sigma^{II}_d / f_{y,d} = 44,48 / 126,67 =$$

$$S_d / R_d < 1$$

$$0,51 < 1$$

5.14 Drehmomenteneinstellung zur Lastbegrenzung

Der Antriebsstrang ist (unter den genannten Voraussetzungen und bei Einhaltung der vorgegebenen Lastkonstellationen) ausreichend bemessen und besitzt genügend Leistungsreserven.

Die Sicherheitseinrichtungen müssen einzeln bzw. in Kombination den Überlastschutz der Spindeln die Druckbeanspruchung zuverlässig gewährleisten.

Vorschlag für die Absicherung

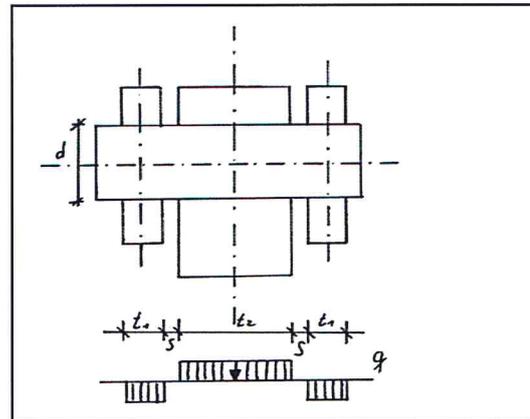
Drehmomentbegrenzung an der Eingangswelle des Kegelradgetriebes:

Heben	$M_E =$	200 Nm
Senken	$M_E =$	180 Nm

Wenn diese Antriebsmomente für den Hub- oder Schließvorgang (z.B. während des Probetriebes) nicht ausreichen sollten, können - nach rechnerischer Überprüfung - höhere Werte eingestellt werden. Dies liegt dann vornehmlich darin begründet, daß die im Betrieb auftretenden Reibwerte von den angenommenen Werten abweichen können.

5.15 Nachweis Verbindungsbolzen:

$d =$	45 [mm]
$t_1 =$	20 [mm]
$t_2 =$	40 [mm]
$s =$	1 [mm]
$F_{LN} =$	172,00 [kN]
$A =$	1.590 [mm ²]
$W =$	8.946 [mm ³]
$q =$	4,30 [kN/mm]
$M_{max} =$	$(t_2 * q * (t_1 + 2 * s + t_2)) / 6$
$M_{max} =$	1,78 [kN/m]



Um das statische System darzustellen, wird von einer 50% Einspannung ausgegangen.

						Material
$s_b =$	198,67	[N/mm ²]	<	360,0	[N/mm ²]	X20CR13
$t_b =$	54,07	[N/mm ²]	<	240,0	[N/mm ²]	
$s_{t1} =$	95,56	[N/mm ²]	<	210,0	[N/mm ²]	S235JRG2
$s_{t2} =$	95,56	[N/mm ²]	<	210,0	[N/mm ²]	

5.16 Nachweis Tragöse

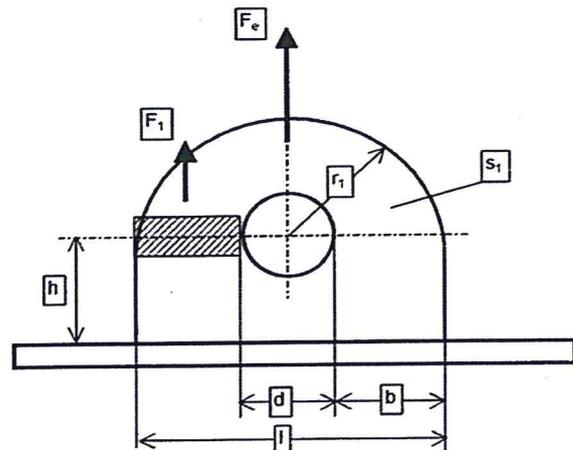
Abmessungen:

$d =$	45,0 [mm]
$r_1 =$	43,0 [mm]
$h =$	76,0 [mm]
$s_1 =$	30,0 [mm]
$l =$	145,0 [mm]
$b =$	50,0 [mm]
$2c = d + b$	95 [mm]

Material S235JRG2

Belastung:

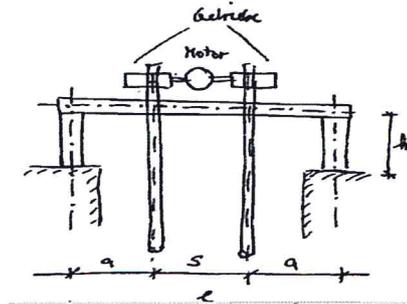
$F_e = 172 \text{ kN}/2$	86,00 [kN]	
$F_1 =$	43,00 [kN]	
$M_b = 1.021.250,00$	[kN/mm]	$M_b = (F_1 * (d/2 + b/2)) / 2$
$W = 12.500,00$	[mm ³]	$W = s_1 * b^2 / 6$
$A = 1.500,00$	[mm ²]	$A = s_1 * b$
$\sigma_{ges} =$	81,73 [N/mm]	$\sigma_{ges} = M_b / W + F_1 / A$
$\sigma_{zul} =$	160,00 [N/mm]	



5.17 Nachweis Traverse/ Tragrahmen für Antrieb Schütz:

Geometrie

Öffnung	l=	5,000 m
Länge	L=	3,000 m
Spindelabstand	s=	2,850 m
Randabstand	a=	1,075 m
Höhe	h=	0,750 m



Belastung

Ständige Lasten

$$\gamma_F = 1,35$$

$$g_{QT} = 1,00$$

v

h

$$1,00$$

$$0,00 \text{ kN/m}$$

$$G_M = 1,00$$

$$1,00$$

$$0,00 \text{ kN/m}$$

$$G_G = 1,10$$

$$1,00$$

$$0,00 \text{ kN/m}$$

Veränderliche Lasten

$$\gamma_F = 1,50$$

$$I = 270,00$$

v

h

$$270,00$$

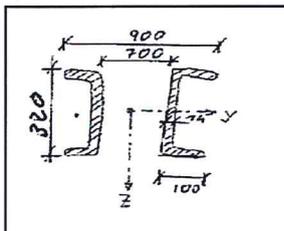
$$0,00 \text{ kN}$$

$$F_R = -155,00$$

$$-155,00$$

$$0,00 \text{ kN}$$

Querschnittswerte



QT 2 x U 320 – 700

Stütze 2 x U 220 - 700

$$A = 75,80 \text{ cm}^2$$

$$A = 37,40 \text{ cm}^2$$

$$A_Y = 14,53 \text{ cm}^2$$

$$A_Y = 8,84 \text{ cm}^2$$

$$A_Z = 39,26 \text{ cm}^2$$

$$A_Z = 17,22 \text{ cm}^2$$

$$W_Y = 679,38 \text{ cm}^3$$

$$W_Y = 244,55 \text{ cm}^3$$

$$W_Z = 80,68 \text{ cm}^3$$

$$W_Z = 299,96 \text{ cm}^3$$

Material

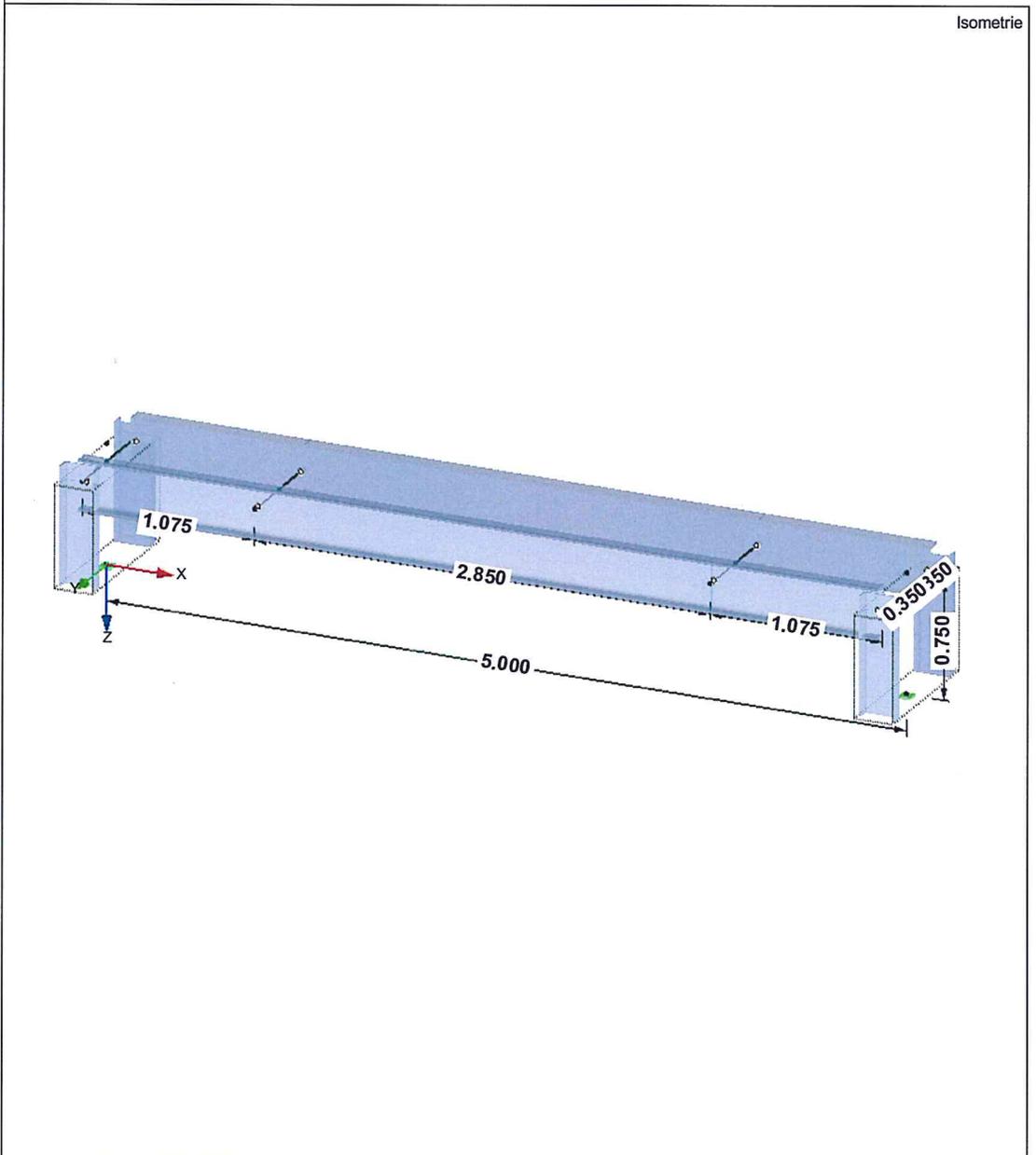
S235

Tragfähigkeitsnachweis siehe EDV Ausdruck.

INHALT

Grafik	Strukturdaten, Isometrie	1	Grafik	Komponentenweise - Koordinatensystem	
Grafik	QUERSCHNITTE - BEZEICHNUNG, Isometrie	2	Grafik	LF1 - Heben - LF1, Isometrie	7
Grafik	MODELL - STABNUMMERN, Isometrie	3	Grafik	LF1 - Kombiniertes Bild	8
1	Modell		4	Ergebnisse - Lastfälle,	
1.2	Materialien	4		Lastkombinationen	
1.3	Querschnitte	4	4.4	Knoten - Lagerkräfte	9
Grafik	U 320	5		STAHL	
	Querschnittswerte	5		FA1 - Spannungsanalyse	
1.8	Knotenlager	6	1.1.1	Basisangaben	10
1.11	Stabsätze	6	1.1.2	Details	10
2	Lastfälle und Kombinationen		1.2	Materialien	10
2.1	Lastfälle	7	1.3.1	Querschnitte	10
2.5	Lastkombinationen	7	2.1	Spannungen querschnittsweise	10
3	Lasten		3.1	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	10
	LF1 - Heben - 3.1 Knotenlasten -	7	Grafik	STAHL FA1 - Modell, Isometrie	11

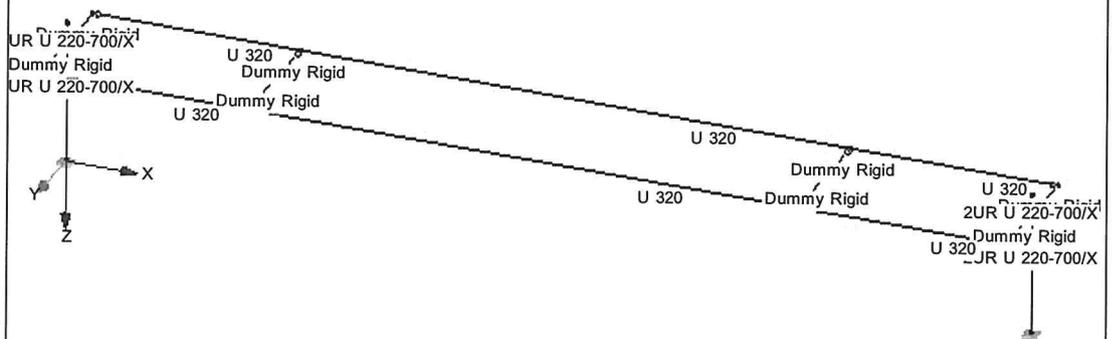
STRUKTURDATEN



QUERSCHNITTE - BEZEICHNUNG

Querschnittsbezeichnung

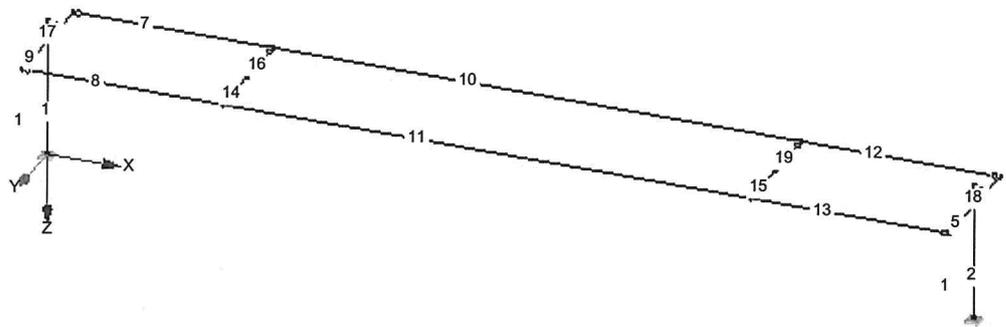
Isometrie



MODELL - STABNUMMERN

Stabnummerierung
Stabsatznummerierung
Lagernummerierung

Isometrie



1.2 MATERIALIEN

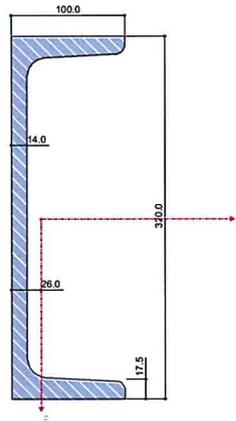
Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Spez. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Baustahl S 235 EN 10025-2:2004-11 21000.00	8076.92	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

1.3 QUERSCHNITTE

Quers. Nr.	Mater. Nr.	I_x [cm ⁴]		I_y [cm ⁴]		I_z [cm ⁴]	Hauptachsen α [°]	Drehung α' [°]	Gesamtabmessungen [mm]	
		A [cm ²]		A_y [cm ²]					A_z [cm ²]	Breite b
1	Dummy Rigid		0.00			0.00			0.0	0.0
2	U 320 EN 10279 1	66.70		10870.00		597.00	0.00	0.00	100.0	320.0
		75.80		14.53		39.26				
3	2UR U 220-700/X DIN 1026-1:1963 1	28.72		5380.00		394.00	0.00	0.00	860.0	220.0
		74.80		17.68		34.44				

U 320

EN 10279



[mm]

QUERSCHNITTSWERTE

U 320

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Profilhöhe	h	320.0	mm
Profilbreite	b	100.0	mm
Stegdicke	t _s	14.0	mm
Flanschdicke	t _f	17.5	mm
Ausrundungsradius innen	r	17.5	mm
Ausrundungsradius außen	r ₁	8.8	mm
Querschnittsfläche	A	75.80	cm ²
Schubfläche	A _y	14.53	cm ²
Schubfläche	A _z	39.26	cm ²
Gurtfläche	A _G	39.90	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,y}	39.41	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,z}	46.31	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,y}	32.55	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,z}	42.35	cm ²
Abstand der Schwerachse z-z	e _y	26.0	mm
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I _y	10870.00	cm ⁴
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I _z	597.00	cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	121.0	mm
Trägheitsradius	i _z	28.1	mm
Polarer Trägheitsradius bezogen auf S	i _p	124.2	mm
Polarer Trägheitsradius bezogen auf M	i _{p,M}	133.2	mm
Volumen	V	7580.00	cm ³ /m
Querschnittsgewicht	G	59.5	kg/m
Mantelfläche	A _{Mantel}	0.982	m ² /m
Profilfaktor	A _m /V	129.551	1/m
Torsionsträgheitsmoment	I _t	66.70	cm ⁴
Schubmittelpunkt-Lage bezogen auf S	Y _M	-48.2	mm
Wölbwiderstand bezogen auf M	I _ω	96100.00	cm ⁶
Widerstandsmoment	W _{z,min}	-229.62	cm ³
Widerstandsmoment	W _{z,max}	80.68	cm ³
Widerstandsmoment	W _y	679.38	cm ³
Widerstandsmoment	W _z	80.68	cm ³
Wölbwiderstandsmoment	W _ω	1033.16	cm ⁴
Statisches Moment	S _{y,max}	413.00	cm ³
Statisches Moment	S _{z,max}	44.38	cm ³
Wölbordinate	ω _{max}	93.02	cm ²
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit ω)	S _{ω,max}	470.75	cm ⁴
Kindem'sche Querschnittsstrecke	f _{z,Kindem}	243.1	mm
Querschnittsstrecke	f _{t,y}	339.5	mm
Plast. Widerstandsmoment (für max. aufnehm. Biegemoment)	W _{pl,y,max}	825.71	cm ³
Plast. Widerstandsmoment (für vollplast. Biegemoment)	W _{pl,y,voll}	729.71	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,z}	151.91	cm ³
Plastisches Wölbwiderstandsmoment	W _{pl,ω}	2040.00	cm ⁴
Plast. Formbeiwert (für max. aufnehm. Biegemoment)	α _{pl,y,max}	1.215	
Plast. Formbeiwert (für vollplast. Biegemoment)	α _{pl,y,voll}	1.074	
Plastischer Formbeiwert	α _{pl,z}	1.883	
Plastischer Formbeiwert	α _{pl,ω}	1.975	
Schubmittelpunkt-Lage bezogen auf S (auf Grundlage der FEM)	Y _{M,FEM}	-48.1	mm
Wölbwiderstand (auf Grundlage der FEM)	I _{ω,FEM}	94232.00	cm ⁶
Knicklinie (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{y,DIN}	c	
Knicklinie (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{z,DIN}	c	
Knicklinie für Stahl mit f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{y,DIN,S460}	c	
Knicklinie für Stahl mit f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{z,DIN,S460}	c	
Knicklinie nach EN	KL _{y,EN}	c	
Knicklinie nach EN	KL _{z,EN}	c	
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	KL _{y,EN,S460}	c	
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	KL _{z,EN,S460}	c	
Flanschlochdurchmesser	d _L	25.0	mm
Flanschlochabstand	w	63.0	mm
Vollpl. Normalkr. nach DIN 18800-1 für f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	1653.000	kN
Vollpl. Querkraft nach DIN 18800-1 für f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,z,d}	533.500	kN
Vollpl. Biegemoment nach DIN 18800-1 für f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,y,d}	159.223	kNm

1.8 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Folge	Lagerdrehung [°]			Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
			um X	um Y	um Z		u_x	u_y	u_z	φ_x	φ_y	φ_z
1	8,9	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					

1.11 STABSÄTZE

Satz Nr.	Stabsatz Bezeichnung	Typ	Stab Nr.	Länge [m]	Kommentar
1		Stabzug	1	0.640	
2		Stabzug	2	0.640	

2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	Keine Norm Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Heben	Nutzlasten	<input type="checkbox"/>			

2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall

3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE
- KOORDINATENSYSTEM

LF1: Heben

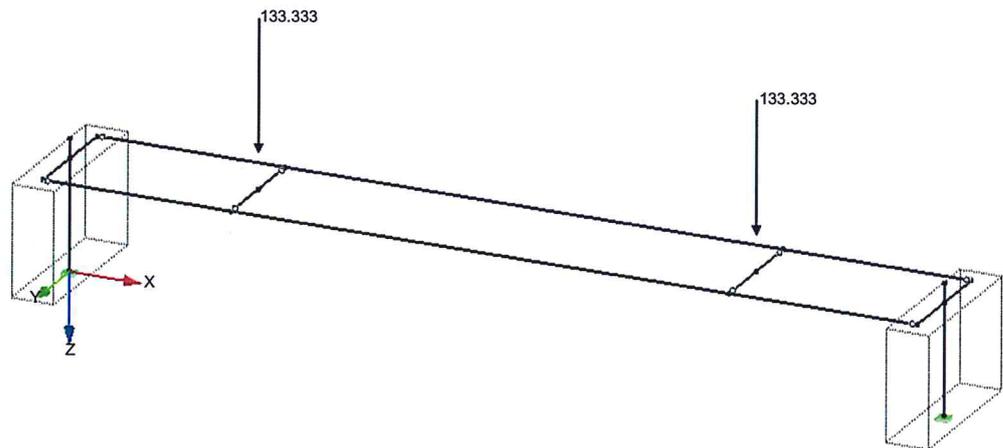
LF1
Heben

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten- system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x	M_y	M_z
2	17	0 Globales XYZ	0.000	0.000	133.333	0.000	0.000	0.000
3	21	0 Globales XYZ	0.000	0.000	133.333	0.000	0.000	0.000

HEBEN - LF1

LF 1: Heben
Belastung [kN]

Isometrie



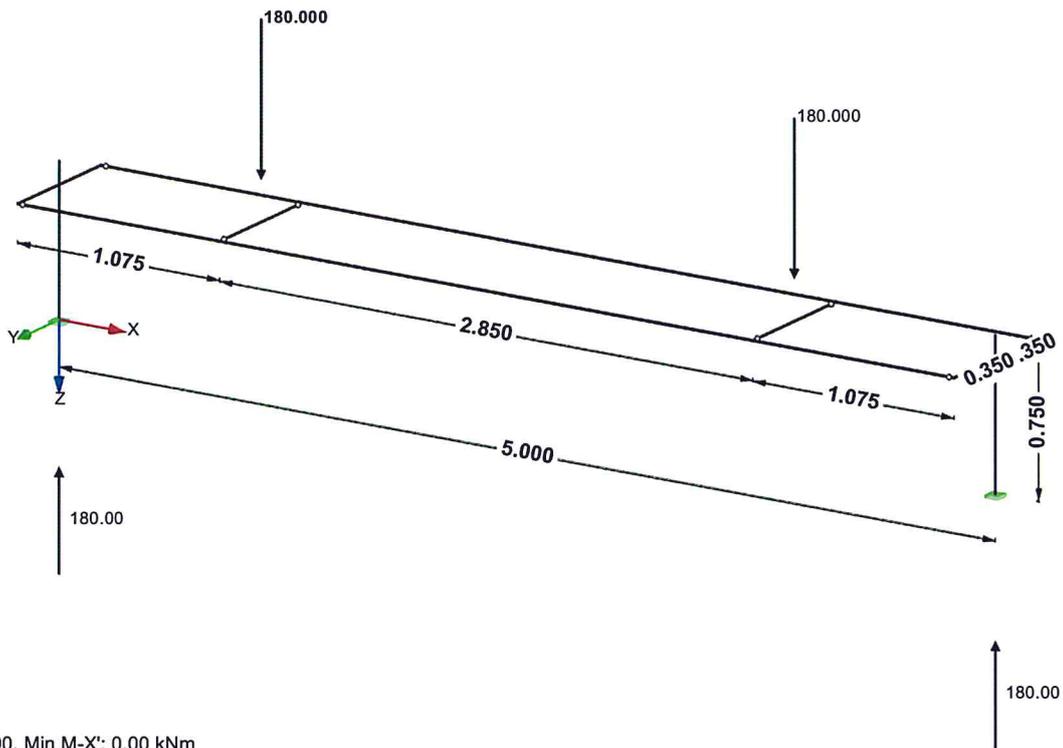
KOMBINIERTES BILD

LK 11: 1.35*LF1

Belastung [kN]

Lagerreaktionen[kN], [kNm]

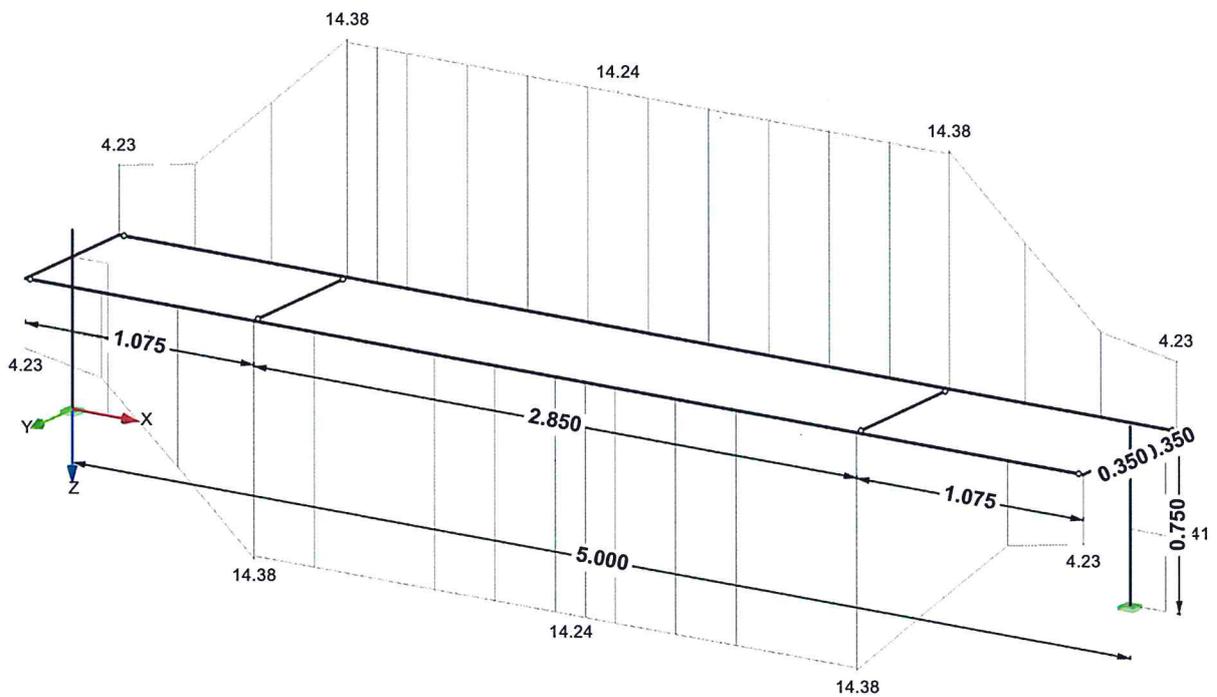
Isometrie



Max M-X: 0.00, Min M-X: 0.00 kNm
Max P-Z: 180.00, Min P-Z: 180.00 kN
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN

STAHL FA1

Isometrie



Max Sigma-v: 14.38, Min Sigma-v: 0.00 [kN/cm²]

4.4 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
8	LF1	0.00	0.00	133.33	0.00	0.00	0.00	Heben
	LK11	0.00	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	
9	LF1	0.00	0.00	133.33	0.00	0.00	0.00	Heben
	LK11	0.00	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	
Σ Lager	LF1	0.00	0.00	266.67				
Σ Lasten	LF1	0.00	0.00	266.67				
Σ Lager	LK11	0.00	0.00	360.00				
Σ Lasten	LK11	0.00	0.00	360.00				

1.1.1 BASISANGABEN

Zu bemessende Stäbe:	Alle	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK11	1.35*LF1

1.1.2 DETAILS

Örtlich begrenzte Plastizierung berücksichtigen:	<input type="checkbox"/>
Normalspannungen mit Alpha-pl berechnen:	<input type="checkbox"/>
FAKTOREN FÜR SIGMA-V	
Sigma	1.00
Tau	3.00
Vereinfachte Berücksichtigung exzentrischer Lasteinleitung:	<input type="checkbox"/>

1.2 MATERIALIEN

Matl. Nr.	Material-Bezeichnung	Teilsich.-Faktor $\gamma_M [-]$	Streckgrenze $f_{yk} [kN/cm^2]$	Manuell	Grenzspannungen [kN/cm ²]		
					grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v
1	Baustahl S 235	1.00	23.50	<input type="checkbox"/>	23.50	13.57	23.50

1.3.1 QUERSCHNITTE

Quer. Nr.	Matl. Nr.	Querschnitt Bezeichnung	$I_x [cm^4]$ A [cm ²]	$I_y [cm^4]$ $\alpha_{pl,y}$	$I_z [cm^4]$ $\alpha_{pl,z}$	Kommentar
1	0	Dummy Rigid	0.00 0.00	0.00 1.00	0.00 1.00	
Der Querschnitt wird nicht bemessen, da seine charakteristischen Spannungen nicht definiert sind.						
2	1	U 320 EN 10279	66.70 75.80	10870.00 1.07	597.00 1.88	
3	1	2UR U 220-700/X DIN 1026-1:1963	28.72 74.80	5380.00 1.19	394.00 1.92	

2.1 SPANNUNGEN QUERSCHNITTSWEISE

Quer. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	S-Punkt Nr.	Lastfall	Spannungsart	Spannung [kN/cm ²]		Ausnutzung
						Vorhanden	Limit	
2	U 320 EN 10279							
	7	1.075	1	LK11	Sigma gesamt	14.24	22.50	0.63
	7	1.075	9	LK11	Tau gesamt	-2.44	13.57	0.18
3	2UR U 220-700/X DIN 1026-1:1963							
	1	0.000	8	LK11	Sigma gesamt	-2.41	23.50	0.10
	1	0.640	2	LK11	Tau gesamt	0.00	13.57	0.00
	1	0.000	8	LK11	Sigma-v	2.41	23.50	0.10

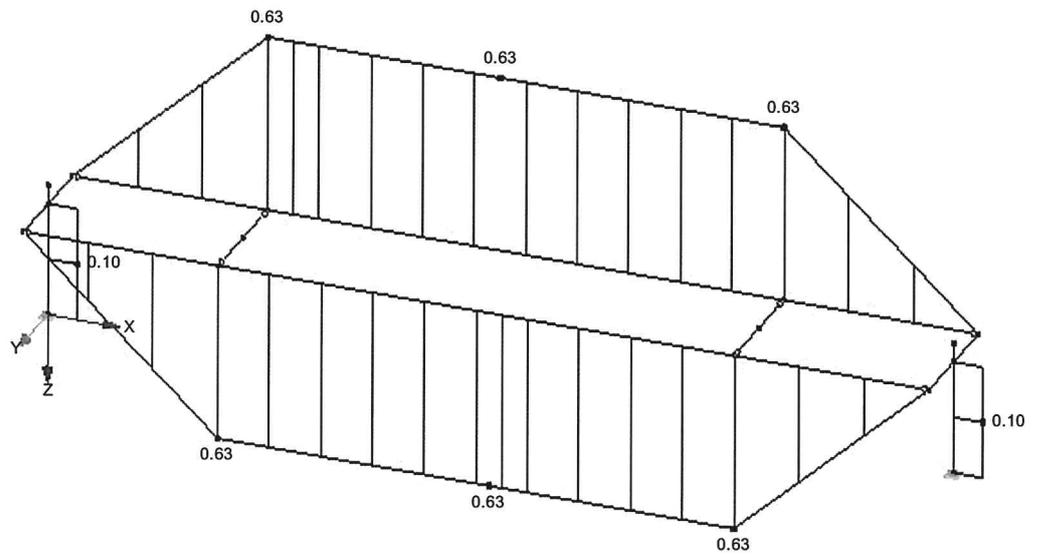
3.1 MASSGEBENDE SCHNITTGRÖSSEN STABWEISE

Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	Kräfte [kN]			Momente [kNm]		
			N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z
1	0.000	LK11	-180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.000	LK11	-180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	1.075	LK11	0.00	0.00	-90.00	0.00	-96.75	0.00
8	1.075	LK11	0.00	0.00	90.00	0.00	96.75	0.00
10	0.000	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	-96.75	0.00
11	0.000	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	96.75	0.00
12	0.000	LK11	0.00	0.00	90.00	0.00	-96.75	0.00
13	0.000	LK11	0.00	0.00	-90.00	0.00	96.75	0.00
17	0.104	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.104	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

MODELL

STAHL FA1

Isometrie



Max Sigma gesamt: 0.63, Min Sigma gesamt: 0.00

6. Bauteil Ökodurchlass

6.1 Eigenlasten

Das Eigengewicht (EG) der Schütztafel (ohne Dichtung und Korrosionsschutz) aus Stahl S235J2 mit $23,5 \text{ kN/m}^3$ wird auf 2.000 kg geschätzt.

Rechenwert EG: 20 kN

Hierin ist berücksichtigt, dass die Wasserauflast auf den Horizontalsteifen mit gehoben werden muss.

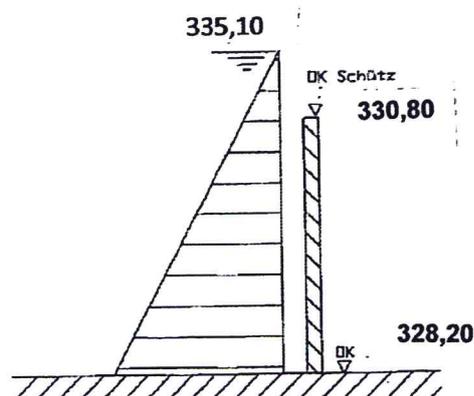
6.2 Hydrostatische Einwirkungen

Der Antrieb des Schützes wird – auf der sicheren Seite liegend – für die Situation bemessen, dass zum einen der hydrostatische Druck von + 335,10 mDHHN im Oberwasser wirkt und zum anderen, dass im Unterwasser kein Wasser geführt wird. Aus diesem Grund wird kein hydrostatischer Gegendruck zum Ansatz gebracht.

Der Lastfall hydrostatischer Druck aus dem Unterwasser und keine Wasserführung im Oberwasser wird nicht betrachtet, da dieser Lastfall wesentlich geringer ist als der o. g.

Der Schütz besitzt Seiten-, Kopf- und Sohdichtung. Die Belastung aus dem hydrostatischen Druck auf die Schütztafel wird über die HDPE- Dichtleisten abgetragen.

6.3 Hydrostatischer Druck aus dem Oberwasser



Geometrie der Schütztafel

Breite $b:=$ 2,65 m
Höhe $h:=$ 2,60 m
Dicke $d:=$ 0,312 m

Fläche Stauhaut:
 $A:=$ 6,89 m²

Skizzen in der Berechnung sind unmaßstäblich!

Berechnung zur Einwirkung der Antriebskraftermittlung

Höchststau 335,10

Hydrostatische Einwirkungen:

Po bei HN =	330,80	=>	4,30	= 4,40
Pu bei HN =	328,20	=>	6,90	= 7,00
Pm bei HN =	329,50	=>	5,60	= 5,60

Diff. Zs [m] gerundet:

Rechenwert $P \times \rho$ Wasser (10 kN/m³)

Po =	44,00 kN/m ²
Pu =	70,00 kN/m ²
Pm =	57,00 kN/m ²

Geometrie der Schütztafel:

Höhe [m] =	2,60	A _s =	2,60 x 2,65 = 6,89 [m ²]
Breite [m] =	2,65		

Eigengewicht der Schütztafel: 20 kN

Resultierende Beanspruchung:

$$F_H = P_m \times A_s = 393,00 \text{ kN} = 393.000,00 \text{ N}$$

Gleitreibung

Gleitreibung ergibt sich aus dem Produkt Wasserdruck x Reibungszahl x Reibbeiwert

Reibungszahl PE/ Stahl $\mu = 0,2$

$$F_{HR} = \mu_o / \mu * \mu * F_H$$

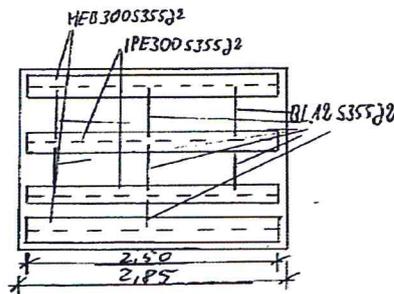
$$F_{HR} = \frac{\mu_o}{\mu} = 94,30 \text{ kN}$$
$$F_{RG} = 95,00 \text{ kN}$$

Reibung aus Eisdruck

$$\mu_o / \mu * \mu * F_E$$

$$F_{HR} = 29,00 \text{ kN}$$

Eigengewicht (Annahme) 20 kN



$$S235J2, G = 7.856 \text{ kg/m}^3 = 78,56 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Stauhaut: } 2,85 \text{ m} * 2,60 \text{ m} * 0,011 \text{ m} = 0,083 \text{ m}^3$$

$$G_S = 6,5 \text{ kN}$$

$$G_{SR} = 10,00 \text{ kN}$$

$$\text{HEB300, } G = 1,193 \text{ kN/m}$$

$$G_H = 2 * 2,5 \text{ m} * 1,193 \text{ kN/m}$$

$$G_H = 5,965 \text{ kN}$$

$$G_{HR} = 7,00 \text{ kN}$$

$$\text{IPE300, } G = 0,422 \text{ kN/m}$$

$$G_I = 2 * 2,5 \text{ m} * 0,422 \text{ kN/m}$$

$$G_I = 2,11$$

$$G_{IR} = 3,0 \text{ kN}$$

$$\text{Dicke Schütz } d = 0,32 \text{ m}$$

$$\text{Breite Schütz } b = 2,85 \text{ m}$$

$$\text{hydrostatischer Druck } = p_U = 70,00 \text{ kN/m}^2$$

6.4 Auftrieb

$$F_A = d * b * p_U = 59,00 \text{ kN}$$

6.5 Sog

Bei Unterströmung kann Sog an der UK Schütz auftreten

$$F_S = 51,00 \text{ kN angenommen } 60 \text{ kN/m}^2 \text{ (600 mbar)}$$

6.6 Schließdruck nach DIN 19704-1 min 5 kN/m

$$\text{Rechenwert } 6 \text{ kN}$$

$$F_{SD} = 6 \text{ kN/m} * b$$

$$F_{SD} = 16,00 \text{ kN}$$

6.7 Eisauflast

Eisauflasten wurden Seitens des AG nicht spezifiziert, es wird jedoch eine Auflast von 4 kN/m angenommen.

$$F_{EA} = 4 \text{ kN/m} \times b$$

$$F_{EA} = 7,00 \text{ kN}$$

6.8 Eisdruck (anzunehmender Mindestwert nach DIN 19704-1, 150 kN/m²)

$$p = 150 \text{ kN/m}^2$$

$$h = 0,30 \text{ m}$$

$$b = 2,65 \text{ m}$$

$$F_E = 119,25 \text{ kN}$$

6.9 Wasserauflast

Wassersäule über OK Schütz 4,30 m

Dicke Schütz 0,32 m

$$F_W = 36,00 \text{ kN}$$

6.10 Sonstige Einwirkungen

Der Einfluss von Windlasten auf die Schütztafel ist vernachlässigbar.

Gegen einseitige Bewegungsbehinderungen durch Fremdkörper sowie bei Blockierung infolge Festklemmen oder Festfrieren der Schütztafel sind die Antriebe durch ihre Sicherheitseinrichtungen geschützt.

6.11 Resultierende Einwirkungen

Lfd. NR	Bezeichnung		
1	Eigenlast	20,00	kN
2	Reibungskräfte		
2.1	Reibungskräfte aus hydrostatischem Druck	95,00	kN
2.2	Reibungskräfte aus Eisdruck	29,00	kN
3	Schließdruck	16,00	kN
4	Auftrieb	59,00	kN
5	Sog	51,00	kN
6	Eisauflast	7,00	kN
7	Wasserauflast	36,00	kN

$$\text{max. Zugkraft} \quad (1+2.1+2.2+5+6+7) \quad = \quad 238,00 \text{ [kN]}$$

$$\text{min. Zugkraft} \quad (1+0,5*(2.1+2.2)-4) \quad = \quad 23,00 \text{ [kN]}$$

$$\text{max. Druckkraft} \quad (2.1+2.2+3+4-1) \quad = \quad 179,00 \text{ [kN]}$$

$$\text{min. Druckkraft} \quad (0,5*(2.1+2.2)-5-6-7-1)^{1)} \quad = \quad -52,00 \text{ [kN]}$$

$$\text{max. Zugkraft} \quad 238,00 \text{ [kN]}$$

$$\text{max. Druckkraft} \quad 179,00 \text{ [kN]}$$

**Für die Bemessung werden die ermittelten max. Zug-/
Druckkräfte mit 10 % Sicherheit beaufschlagt:**

$$\text{Erforderliche Zug- Druckkraft je Spindel:} \quad \max F = \frac{F \cdot 1,1}{2}$$

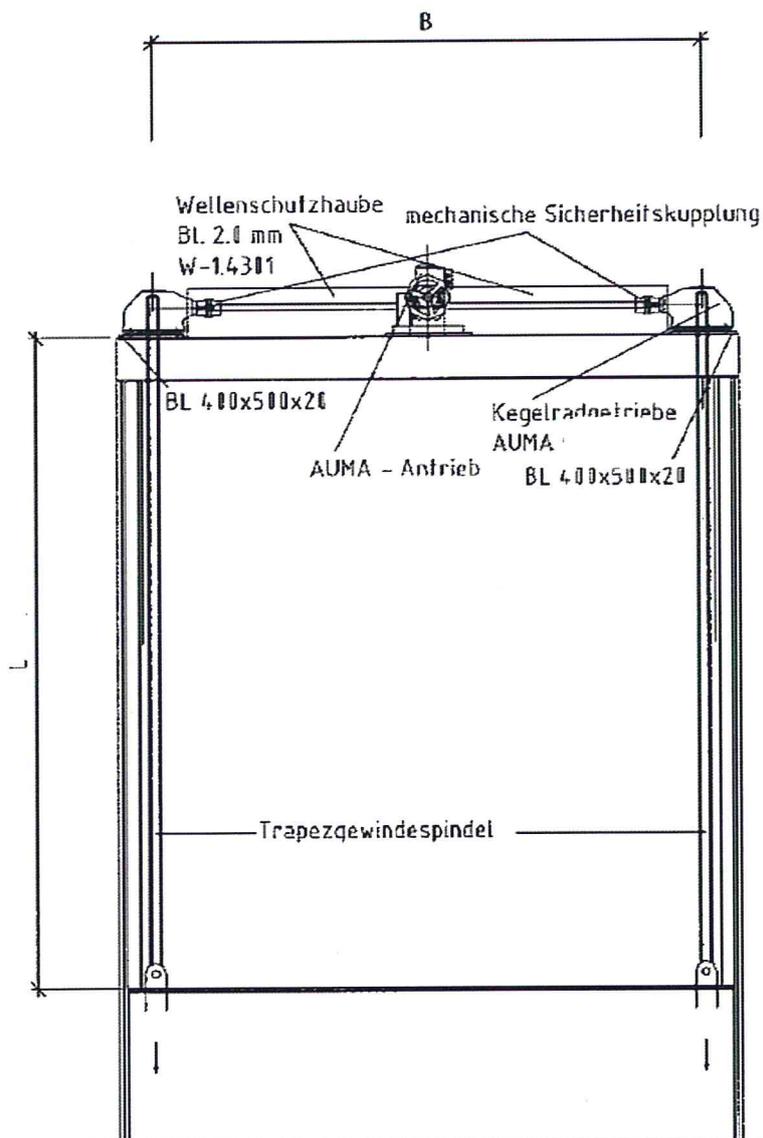
$$\text{max. } F_z = 131,90 \text{ [kN]}$$

$$\text{max. } F_D = 99,45 \text{ [kN]}$$

Es ist unter ungünstigen Konstellationen möglich, dass beim Heben Druckkräfte bzw. beim Senken Zugkräfte auftreten können. Diese, der Bewegung entgegen gerichteten Kräfte, sind aber in jedem Fall günstiger als die, die der Bemessung zugrunde liegen.

6.12 Spindelantrieb

System und Belastung



max L: 3.000 mm
max B: 2.650 mm
Aufwärtsbewegung/ Arbeitshub $F_A = 131,00 \text{ kN}$
Abwärtsbewegung/ Rückhub $F_R = 98,45 \text{ kN}$

Spindelantrieb

Erforderliche Zugkraft je Spindel:

	max. $F_Z =$	131,00 [kN]
	max. $F_D =$	99,45 [kN]
erf. Hubkraft (je Spindel)	FA =	131.000,00 [N]

Trapezgewinde (eingängig)

Abmessung		TR 110 x 12 DIN 103
Gewindenenddurchm.	d =	110 mm
Steigung	P =	12 mm
Flankendurchmesser	d ₂ =	104 mm
Kerndurchmesser	d ₃ =	97 mm
Kernquerschnitt	A ₃ =	7.390 mm ²
Flankenüberdeckung	H ₁ =	6 mm

Material Spindel

	1.4301 EN 10088-3
$R_{p0,2} =$	190 N/mm ²
$R_{p1,0} =$	225 N/mm ²
$R_m =$	500 N/m ²
E =	200.000 N/mm ²

Stützlager

Mittlerer Durchmesser der Lagerstützfläche (angenommen)	$D_L =$	130 mm
	$R_L =$	65 mm
Reibzahl im Lager	Wälzlager $\mu_L \approx$	0,01
Steigungswinkel	$\tan \alpha = P / (d_2 \cdot \pi) =$	0,0367
	$\alpha =$	2,1034
	$\cos \alpha =$	0,9993
Flankenwinkel im Achsschnitt	b =	15
Flankenwinkel im Normalschnitt	b _N =	14,9903
Reibwinkel des Gewindes	r _G =	4,7343
Reibzahl im Gewinde bei ausreichender Fettschmierung	m _G ~	0,08
	$\tan b =$	0,2679
	$\tan b_N =$	0,2678
	$\cos b_N =$	0,9660
	$\tan r_G = m_G / \cos b_N =$	0,0828
	$\tan (a + r_G) =$	0,1199
	$\tan (a - r_G) =$	-0,0459

Wirkungsgrad beim Arbeitshub

$$\eta_A = \tan \alpha / \tan (\alpha + \rho_G) \quad \eta_A = \quad 0,3063$$

Wirkungsgrad beim Rückhub

$$\eta_R = \tan (\alpha - \rho_G) / \tan \alpha \quad \eta_A = \quad -1,2511 \quad \text{Selbsthemmung!}$$

Antriebsdrehmoment $M_A = F_A * \tan (\alpha + \rho_G) * r_2 + F_A * \mu_L * R_L =$

$$M_A = \quad 901.980,25 \text{ Nmm} \\ \quad \quad \quad 902,00 \text{ Nm}$$

Rückdrehmoment $M_R = F_A * \mu_L * R_L - F_A * \tan (\alpha - \rho_G) * r_2 =$

$$M_R = \quad 397.856,50 \text{ Nmm} \\ \quad \quad \quad 398,00 \text{ Nm}$$

Kegelradgetriebe

Typ auma GK 25.20

gem. Technische Angaben Kegelradgetriebehersteller

Untersetzungsverhältnis $i = 1 : 8$

Eingangsmoment	397 Nm	
Abtriebsmoment	2.000,00 Nm	
Faktor		7,2
Spindeldurchmesser	80 mm	
Eingangswellendurchmesser	30 mm	

Drehantrieb

passender Drehantrieb auma SA 14.1 - 90

Leistung (elektrisch)	3 kW
Lebensdauer, Betätigungszyklen	10.000

9. Drehantriebsmoment am Getriebe

FA =	260,70 kN
MA = M1 =	1.795,00 Nm
ME = M2 =	249,00 Nm
n2 =	90 U / min
n1 =	11,30 U / min
Hubgeschwindigkeit	113 mm / min

Leistungsbedarf

mechanisch, bei gleichförmiger Bewegung ohne Beschleunigung

$\omega =$	9,42 1/s
(je Spindel) N =	2.346 W
Nges. =	4.692 W
Nges. =	5,000 kW

6.13 Nachweis Trapezgewindespindel

Position Nr.: Spindel T 110 x 12

Querschnittsabmessungen

dK = 97,00 mm
L = 2.700 mm
 $\beta = 1$
sk = 2.700 mm

Querschnittswerte

A = 7.389,81 mm²
I = 4,35E+06 mm⁴
W = 89.601,46 mm³
W_T = 179.202,92 mm³

Material 1.4301
DIN 19704

f_{u,k} = 500,00 N/mm²
f_{y,k} = 190,00 N/mm²
E = 200.000,00 N/mm²

Belastung

Rückhub F_R = 9,85E+04 N
Arbeitshub F_A = 1,31E+05 N
Antriebsmoment M_A = 9,02E+05 Nmm

Festigkeitsnachweis

max. Zugspannung	$\sigma = F_A/A =$	1,31E+05/7.389	17,73 N/mm ²
Torsionsspannung	$\tau = M_A/W_t =$	9,02E+05/179.202	5,032 N/mm ²
Vergleichsspannung	$\sigma_{\varpi} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0,5} =$		19,75 N/mm ²
		zul $\sigma_{\varpi} = 0,13 \cdot R_m =$	65,00 N/mm ²
		$\sigma_{\varpi}/\text{zul } \sigma_{\varpi} =$	0,30 < 1

Knicksicherheitsnachweis

Planmäßiges Führungsspiel

f₀ = 2 mm

Ersatzimperfektion des Gestänges (DIN 19704-1, 10.2.3)

w₀ = l/300 = 9,00 mm

Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung nach DIN 19704-1, Tabelle 6:

$\gamma_{\Phi} = 1,35$

Bemessungslast

F_d = 132.907,50 kN

Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit nach DIN 19704-1, 9.5.2

$\gamma_M = 1,5$

Hochwasserrückhaltebecken Kleine Striegis

Bemessungswert der Eulerschen Knicklast

$$N_{k,i,d} = 784.454,56 \text{ N}$$

Bemessungswert der Normalkraft

$$N_d = 132.907,50 \text{ N}$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 1. Ordnung

$$\max M_d^I = 1,462E+06 \text{ Nmm}$$

Vergrößerungsfaktor

$$c = 1,20$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 2. Ordnung

$$\max M_d^{II} = 1,760E+06 \text{ Nmm}$$

Bemessungswert der Normalspannung aus Druck plus Biegung

$$\sigma_{\delta}^{II} = 37,63 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Streckgrenze

$$f_{y,d} = f_{y,k}/\gamma_M = 126,67 \text{ N/mm}^2$$

Tragsicherheitsnachweis

$$S_d/R_d < 1$$

$$\sigma_{II\delta}/f_{y,d} = 37,63/126,67 = 0,30 < 1,0$$

6.14 Nachweis Führungsrohr

Position Nr.: Rohr 142 x 10

Querschnittsabmessungen

d_K	=	142,00	mm
t	=	10,00	mm
L	=	2.700	mm
β	=	1	
s_K	=	2700	mm

Querschnittswerte

A	=	4.146,90	mm ²
I	=	9,08E+06	mm ⁴
W	=	127.940,70	mm ³
W_T	=	273.695,55	mm ³

Material 1.4301

DIN 19704

$f_{u,k}$	=	500,00	N/mm ²
$f_{y,k}$	=	190,00	N/mm ²
E	=	200.000,00	N/mm ²

Belastung

Rückhub	F_R	=	9,85E+04	N
Arbeitshub	F_A	=	1,31E+05	N
Antriebsmoment	M_A	=	9,02E+05	Nmm

Festigkeitsnachweis

max. Zugspannung	$\sigma = F_A/A =$	9,85E+04/4.146,90	31,59 N/mm ²
Torsionsspannung	$\tau = M_A/W_t =$	9,02E+05/273.695,55	3,30 N/mm ²
Vergleichsspannung	$\sigma_v = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0,5} =$		32,10 N/mm ²

$$\text{zul } \sigma_v = 0,13 \cdot R_m = 65,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v / \text{zul } \sigma_v = 0,49 < 1$$

Knicksicherheitsnachweis

Planungsmäßiges Führungsspiel

$$f_0 = 2,00 \text{ mm}$$

Ersatzimperfektion des Gestänges (DIN 19704-1, 10.2.3)

$$w_0 = l/300 = 9,00 \text{ mm}$$

Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung nach DIN 19704-1, Tabelle 6:

$$\gamma_F = 1,35$$

Bemessungslast

$$F_D = 132.907,50 \text{ kN}$$

Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit DIN 19704-1, 9.5.2:

$$\gamma_M = 1,50$$

Bemessungswert der Eulerschen Knicklast

$$N_{k,i,d} = 1.639.751,42 \text{ N}$$

Bemessungswert der Normalkraft

$$N_d = 132.907,50 \text{ N}$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 1. Ordnung

$$\max M_d^I = 1,462E+06 \text{ Nmm}$$

Vergrößerungsfaktor

$$c = 1,09$$

Maximales Biegemoment nach Theorie 2. Ordnung

$$\max M_d^{II} = 1,591E+06 \text{ Nmm}$$

Bemessungswert der Normalspannung aus Druck plus Biegung

$$\sigma_d^{II} = 44,48 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Streckgrenze

$$f_{y,d} = f_{y,k}/\gamma_M = 126,67 \text{ Nmm}^2$$

Tragsicherheitsnachweis

$$\sigma_d^{II} / f_{y,d} = 44,48 / 126,67 =$$

$$S_d / R_d < 1$$

$$0,35 < 1$$

6.15 Drehmomenteneinstellung zur Lastbegrenzung

Der Antriebsstrang ist (unter den genannten Voraussetzungen und bei Einhaltung der vorgegebenen Lastkonstellationen) ausreichend bemessen und besitzt genügend Leistungsreserven.

Die Sicherheitseinrichtungen müssen einzeln bzw. in Kombination den Überlastschutz der Spindeln die Druckbeanspruchung zuverlässig gewährleisten.

Vorschlag für die Absicherung

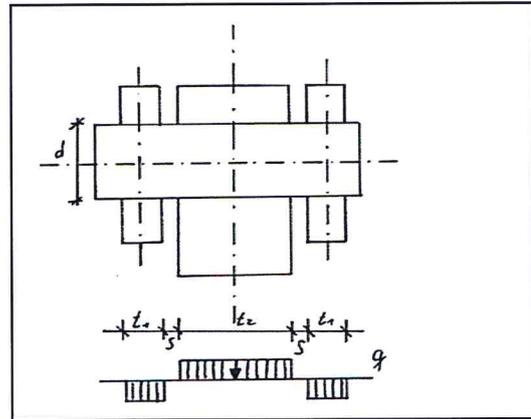
Drehmomentbegrenzung an der Eingangswelle des Kegelradgetriebes:

Heben	$M_E =$	190 Nm
Senken	$M_E =$	150 Nm

Wenn diese Antriebsmomente für den Hub- oder Schließvorgang (z.B. während des Probebetriebes) nicht ausreichen sollten, können - nach rechnerischer Überprüfung - höhere Werte eingestellt werden. Dies liegt dann vornehmlich darin begründet, daß die im Betrieb auftretenden Reibwerte von den angenommenen Werten abweichen können.

6.16 Nachweis Verbindungsbolzen:

$$\begin{aligned}
 d &= 40 \text{ [mm]} \\
 t_1 &= 30 \text{ [mm]} \\
 t_2 &= 30 \text{ [mm]} \\
 s &= 1 \text{ [mm]} \\
 F_{LN} &= 130,90 \text{ [kN]} \\
 A &= 1.257 \text{ [mm}^2\text{]} \\
 W &= 6.283 \text{ [mm}^3\text{]} \\
 q &= 4,36 \text{ [kN/m]} \\
 M_{\max} &= (t_2 \cdot q \cdot (t_1 + 2 \cdot s + t_2)) / 6 \\
 M_{\max} &= 1,35 \text{ [kN/m]}
 \end{aligned}$$



Um das statische System darzustellen, wird von einer 50% Einspannung ausgegangen.

						Material
$s_b =$	215,28	[N/mm ²]	<	360,0	[N/mm ²]	X20CR13
$t_b =$	52,08	[N/mm ²]	<	240,0	[N/mm ²]	
$s_{t1} =$	54,54	[N/mm ²]	<	210,0	[N/mm ²]	S235JRG2
$s_{t2} =$	109,08	[N/mm ²]	<	210,0	[N/mm ²]	

6.17 Nachweis Tragöse

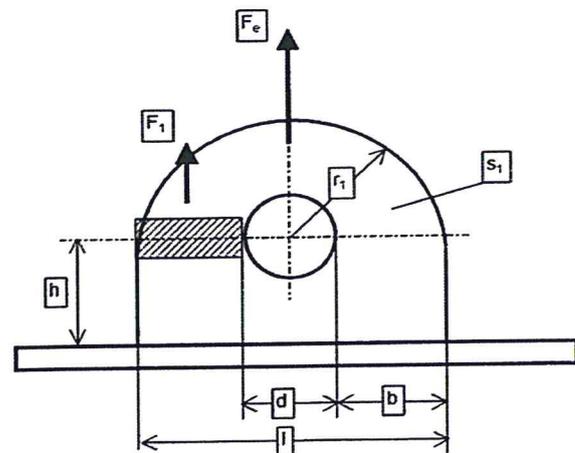
Abmessungen:

$$\begin{aligned}
 d &= 40,0 \text{ [mm]} \\
 r_1 &= 50,0 \text{ [mm]} \\
 h &= 76,0 \text{ [mm]} \\
 s_1 &= 40,0 \text{ [mm]} \\
 l &= 120,0 \text{ [mm]} \\
 b &= 40,0 \text{ [mm]} \\
 2c &= d + b \quad 80 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Material S235JRG2

Belastung:

$$\begin{aligned}
 F_e &= 130,90 \text{ kN/2} \quad 65,45 \text{ [kN]} \\
 F_1 &= 32,73 \text{ [kN]} \\
 M_b &= 654.500,00 \text{ [kN/mm]} \\
 W &= 10.666,67 \text{ [mm}^3\text{]} \\
 A &= 1.600,00 \text{ [mm}^2\text{]} \\
 \sigma_{\text{ges}} &= 61,38 \text{ [N/mm]} \\
 \sigma_{\text{zul}} &= 160,00 \text{ [N/mm]}
 \end{aligned}$$

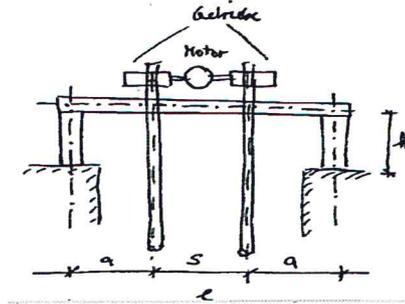


$$\begin{aligned}
 M_b &= (F_1 \cdot (d/2 + b/2)) / 2 \\
 W &= s_1 \cdot b^2 / 6 \\
 A &= s_1 \cdot b \\
 \sigma_{\text{ges}} &= M_b / W + F_1 / A
 \end{aligned}$$

6.18 Nachweis Traverse/ Tragrahmen für Antrieb Schütz:

Geometrie

Öffnung	l=	2,650 m
Länge	L=	3,000 m
Spindelabstand	s=	1,050 m
Randabstand	a=	0,800 m
Höhe	h=	0,800 m



Belastung

Ständige Lasten

$$\gamma_F = 1,35$$

$$g_{QT} = 1,00$$

v

h

$$1,00$$

$$0,00 \text{ kN/m}$$

$$G_M = 1,00$$

$$1,00$$

$$0,00 \text{ kN/m}$$

$$G_G = 1,10$$

$$1,00$$

$$0,00 \text{ kN/m}$$

Veränderliche Lasten

$$\gamma_F = 1,50$$

$$F_A = 135,00$$

v

h

$$135,00$$

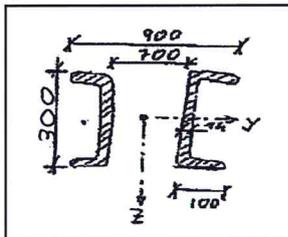
$$0,00 \text{ kN}$$

$$F_R = -99,00$$

$$-99,00$$

$$0,00 \text{ kN}$$

Querschnittswerte



QT 2 x U 300 – 700

Stütze 2 x U 200 - 700

$$A = 58,80 \text{ cm}^2$$

$$A = 64,40 \text{ cm}^2$$

$$A_Y = 12,85 \text{ cm}^2$$

$$A_Y = 15,65 \text{ cm}^2$$

$$A_Z = 26,61 \text{ cm}^2$$

$$A_Z = 29,42 \text{ cm}^2$$

$$W_Y = 535,33 \text{ cm}^2$$

$$W_Y = 382,00 \text{ cm}^2$$

$$W_Z = 67,81 \text{ cm}^2$$

$$W_Z = 53,83 \text{ cm}^2$$

Material

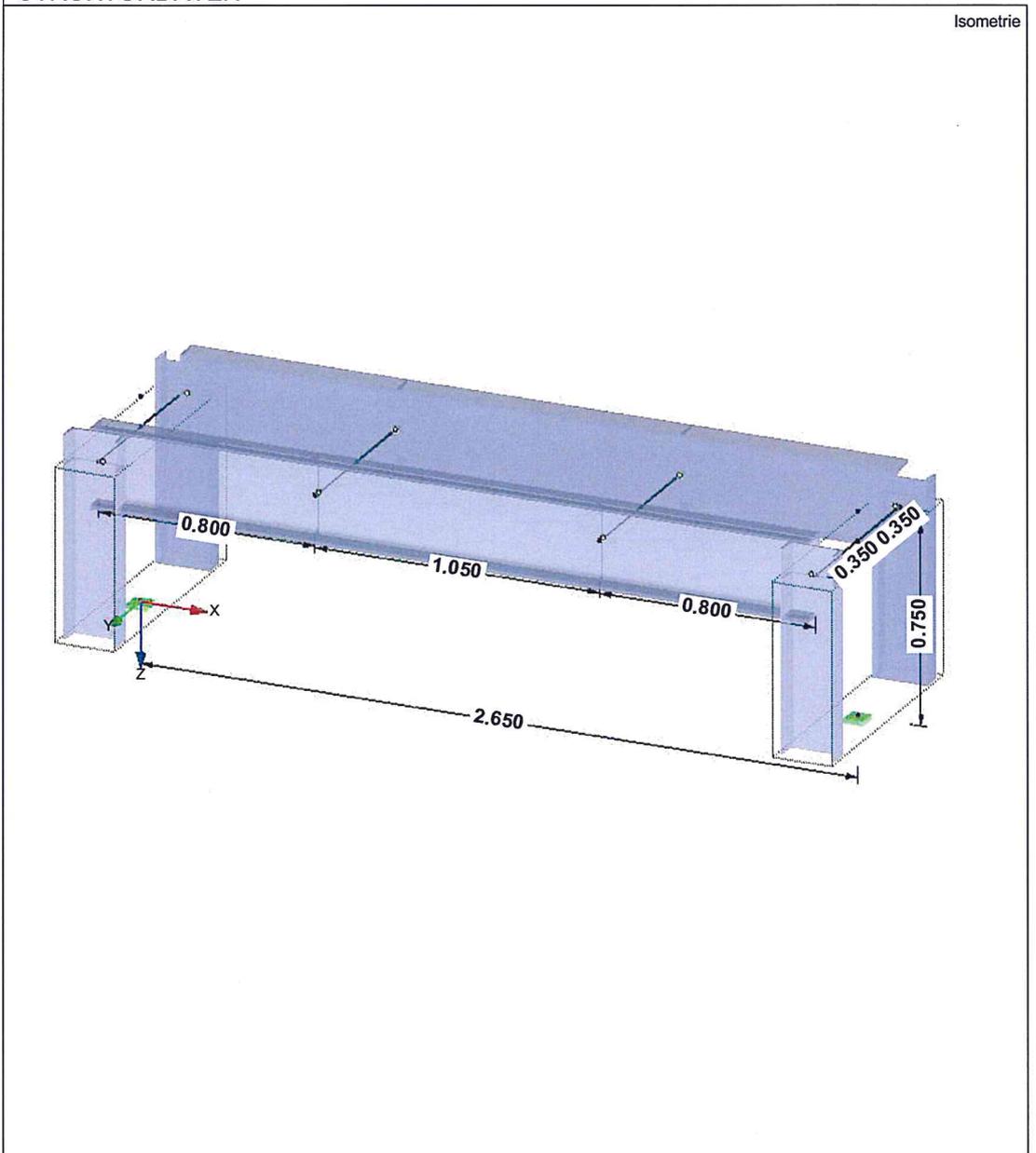
S235

Tragfähigkeitsnachweis siehe EDV Ausdruck.

INHALT

Grafik	Strukturdaten, Isometrie	1	Grafik	Komponentenweise - Koordinatensystem	
Grafik	QUERSCHNITTE - BEZEICHNUNG, Isometrie	2	Grafik	LF1 - Heben - LF1, Isometrie	7
Grafik	MODELL - STABNUMMERN, Isometrie	3	Grafik	LF1 - Globale Verformungen u, LF1: Heben, Isometrie	8
1	Modell		Grafik	LF1 - Kombiniertes Bild	9
1.2	Materialien	4	4	Ergebnisse - Lastfälle, Lastkombinationen	
1.3	Querschnitte	4	4.4	Knolen - Lagerkräfte	10
Grafik	U 300	5		STAHL	
2	Querschnittswerte	5		FA1 - Spannungsanalyse	
	UR U 200-700/X	6	1.1.1	Basisangaben	11
	Querschnittswerte	6	1.1.2	Details	11
1.8	Knolenlager	6	1.2	Materialien	11
1.11	Stabsätze	6	1.3.1	Querschnitte	11
2	Lastfälle und Kombinationen		2.1	Spannungen querschnittsweise	11
2.1	Lastfälle	7	3.1	Maßgebende Schnittgrößen stabweise	11
2.5	Lastkombinationen	7	Grafik	STAHL FA1 - Modell, Isometrie	12
3	Lasten				
	LF1 - Heben - 3.1 Knolenlasten -	7			

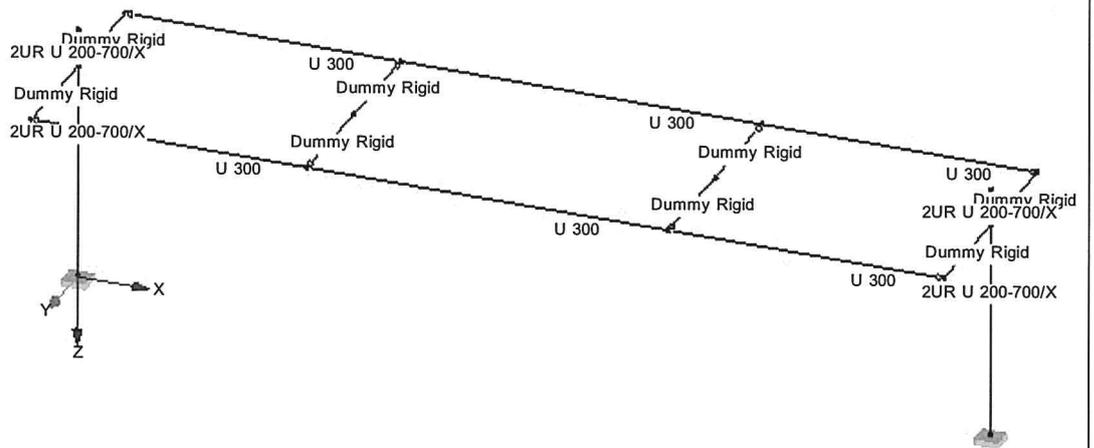
STRUKTURDATEN



QUERSCHNITTE - BEZEICHNUNG

Querschnittsbezeichnung

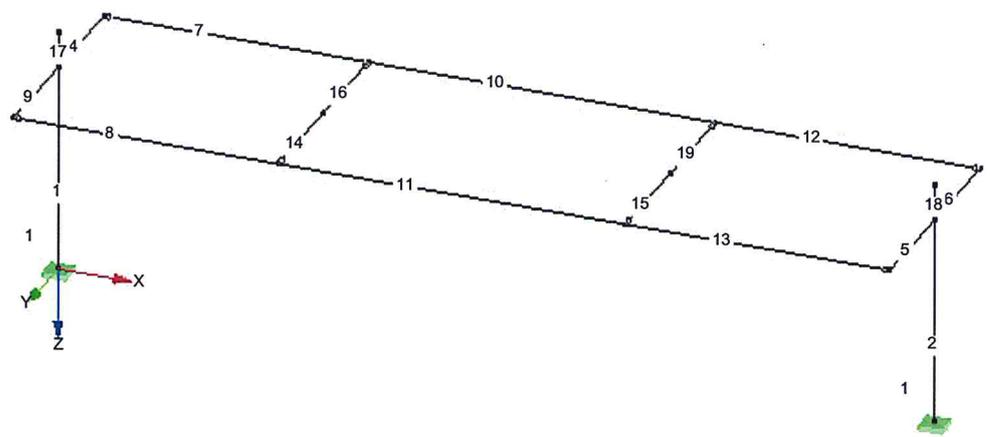
Isometrie



MODELL - STABNUMMERN

Stabnummerierung
Stabsatznummerierung
Lagernummerierung

Isometrie



1.2 MATERIALIEN

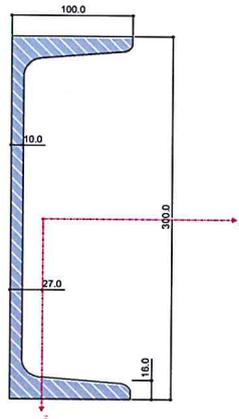
Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Spez. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Baustahl S 235 EN 10025-2:2004-11 21000.00	8076.92	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

1.3 QUERSCHNITTE

Quers. Nr.	Mater. Nr.	I_x [cm ⁴]	I_y [cm ⁴]	I_z [cm ⁴]	Hauptachsen α [°]	Drehung α' [°]	Gesamtabmessungen [mm]	
		A [cm ²]	A_y [cm ²]	A_z [cm ²]			Breite b	Höhe h
1	Dummy Rigid	0.00		0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
2	U 300 DIN 1026-1:1963 1	37.40	8030.00	495.00	0.00	0.00	100.0	300.0
		58.80	12.85	26.61				
3	2UR U 200-700/X DIN 1026-1:1963 1	21.33	3820.00	296.00	0.00	0.00	850.0	200.0
		64.40	15.65	29.42				

U 300

DIN 1026-1:1963



[mm]

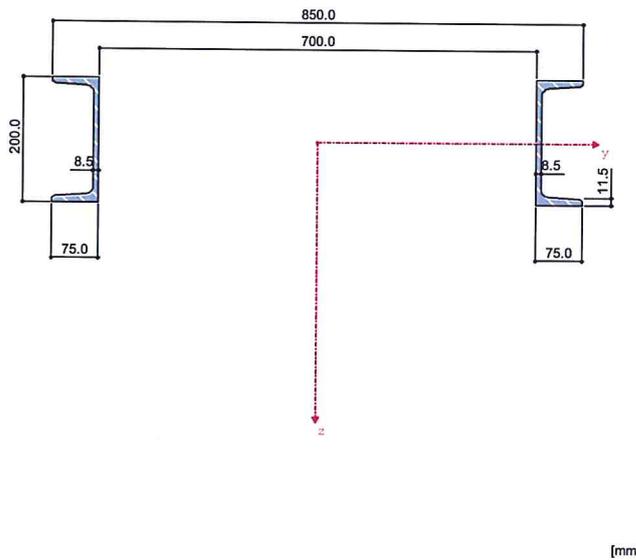
QUERSCHNITTSWERTE

U 300

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Profilhöhe	h	300.0	mm
Profilbreite	b	100.0	mm
Stegdicke	t _s	10.0	mm
Flanschdicke	t _f	16.0	mm
Ausrundungsradius innen	r	16.0	mm
Ausrundungsradius außen	r ₁	8.0	mm
Querschnittsfläche	A	58.80	cm ²
Schubfläche	A _y	12.85	cm ²
Schubfläche	A _z	26.61	cm ²
Gurtfläche	A _G	26.80	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,y}	34.60	cm ²
Wirksame Schubfläche nach EC 3	A _{v,z}	30.96	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,y}	30.40	cm ²
Plastische Schubfläche	A _{pl,z}	28.40	cm ²
Abstand der Schwerachse z-z	e _y	27.0	mm
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I _y	8030.00	cm ⁴
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I _z	495.00	cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	117.0	mm
Trägheitsradius	i _z	29.0	mm
Polarer Trägheitsradius bezogen auf S	i _p	120.5	mm
Polarer Trägheitsradius bezogen auf M	i _{p,M}	132.1	mm
Volumen	V	5880.00	cm ³ /m
Querschnittsgewicht	G	46.2	kg/m
Mantelfläche	A _{Mantel}	0.950	m ² /m
Profilfaktor	A _{m/V}	161.565	1/m
Torsionsträgheitsmoment	I _t	37.40	cm ⁴
Schubmittelpunkt-Lage bezogen auf S	y _M	-54.1	mm
Wölbwiderstand bezogen auf M	I _ω	69100.00	cm ⁶
Widerstandsmoment	W _{z,min}	-183.33	cm ³
Widerstandsmoment	W _{z,max}	67.81	cm ³
Widerstandsmoment	W _y	535.33	cm ³
Widerstandsmoment	W _z	67.81	cm ³
Wölbwiderstandsmoment	W _ω	829.28	cm ⁴
Statisches Moment	S _{y,max}	316.00	cm ³
Statisches Moment	S _{z,max}	36.34	cm ³
Wölbordinate	ω _{max}	83.33	cm ²
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit ω)	S _{ω,max}	376.96	cm ⁴
Kindem'sche Querschnittsstrecke	r _{z,Kindem}	205.0	mm
Querschnittsstrecke	r _{M,y}	313.2	mm
Plast. Widerstandsmoment (für max. aufnehm. Biegemoment)	W _{pl,y,max}	632.63	cm ³
Plast. Widerstandsmoment (für vollplast. Biegemoment)	W _{pl,y,voll}	571.69	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,z}	129.86	cm ³
Plastisches Wölbwiderstandsmoment	W _{pl,ω}	1590.00	cm ⁴
Plast. Formbeiwert (für max. aufnehm. Biegemoment)	α _{pl,y,max}	1.182	
Plast. Formbeiwert (für vollplast. Biegemoment)	α _{pl,y,voll}	1.068	
Plastischer Formbeiwert	α _{pl,z}	1.915	
Plastischer Formbeiwert	α _{pl,ω}	1.917	
Schubmittelpunkt-Lage bezogen auf S (auf Grundlage der FEM)	y _{M,FEM}	-53.3	mm
Wölbwiderstand (auf Grundlage der FEM)	I _{ω,FEM}	68288.00	cm ⁶
Knicklinie (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{y,DIN}	c	
Knicklinie (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{z,DIN}	c	
Knicklinie für Stahl mit f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{y,DIN,S460}	c	
Knicklinie für Stahl mit f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{z,DIN,S460}	c	
Knicklinie nach EN	KL _{y,EN}	c	
Knicklinie nach EN	KL _{z,EN}	c	
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	KL _{y,EN,S460}	c	
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	KL _{z,EN,S460}	c	
Flanschlochdurchmesser	d _L	28.0	mm
Flanschlochabstand	w	61.0	mm
Vollpl. Normalkr. nach DIN 18800-1 für f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	1282.000	kN
Vollpl. Querkraft nach DIN 18800-1 für f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,z,d}	357.700	kN
Vollpl. Biegemoment nach DIN 18800-1 für f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,y,d}	124.744	kNm

ZUR U 200-700/X

DIN 1026-1:1963



QUERSCHNITTSWERTE

ZUR U 200-700/X

Querschnittswert	Symbol	Wert	Einheit
Querschnittsfläche	A	64.40	cm ²
Schubfläche	A _y	15.65	cm ²
Schubfläche	A _z	29.42	cm ²
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I _y	3820.00	cm ⁴
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I _z	296.00	cm ⁴
Polares Trägheitsmoment	I _p	4116.00	cm ⁴
Trägheitsradius	i _y	77.0	mm
Trägheitsradius	i _z	21.4	mm
Polarer Trägheitsradius	i _p	80.0	mm
Querschnittsgewicht	G	50.6	kg/m
Mantelfläche	A _{Mantel}	1.322	m ² /m
Torsionsträgheitsmoment	I _t	21.33	cm ⁴
Wölbwiderstand bezogen auf M	I _ω	10500.40	cm ⁶
Abklingfaktor	λ	0.002795	1/mm
Widerstandsmoment	W _y	382.00	cm ³
Widerstandsmoment	W _z	53.83	cm ³
Wölbwiderstandsmoment	W _ω	253.81	cm ⁴
Statisches Moment	S _{y,max}	113.85	cm ³
Statisches Moment	S _{z,max}	14.64	cm ³
Wölbordinate	ω _{max}	41.37	cm ²
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit ω)	S _{ω,max}	100.49	cm ⁴
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,y,max}	456.00	cm ³
Plastisches Widerstandsmoment	W _{pl,z,max}	103.74	cm ³
Plastischer Formbeiwert	α _{pl,y,max}	1.194	
Plastischer Formbeiwert	α _{pl,z,max}	1.927	
Knicklinie (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{y,DIN}	c	c
Knicklinie (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{z,DIN}	c	c
Knicklinie für Stahl mit f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{y,DIN,S460}	c	c
Knicklinie für Stahl mit f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	KL _{z,DIN,S460}	c	c
Knicklinie nach EN	KL _{y,EN}	c	c
Knicklinie nach EN	KL _{z,EN}	c	c
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	KL _{y,EN,S460}	c	c
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	KL _{z,EN,S460}	c	c

1.8 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Folge	Lagerdrehung [°]			Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
			um X	um Y	um Z		u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z
1	8,9	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					

1.11 STABSÄTZE

Satz Nr.	Stabsatz Bezeichnung	Typ	Stab Nr.	Länge [m]	Kommentar
1		Stabzug	1	0.640	
2		Stabzug	2	0.640	

57

2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	Keine Norm Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Heben	Nutzlasten	<input type="checkbox"/>			

2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall

3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE - KOORDINATENSYSTEM

LF1: Heben

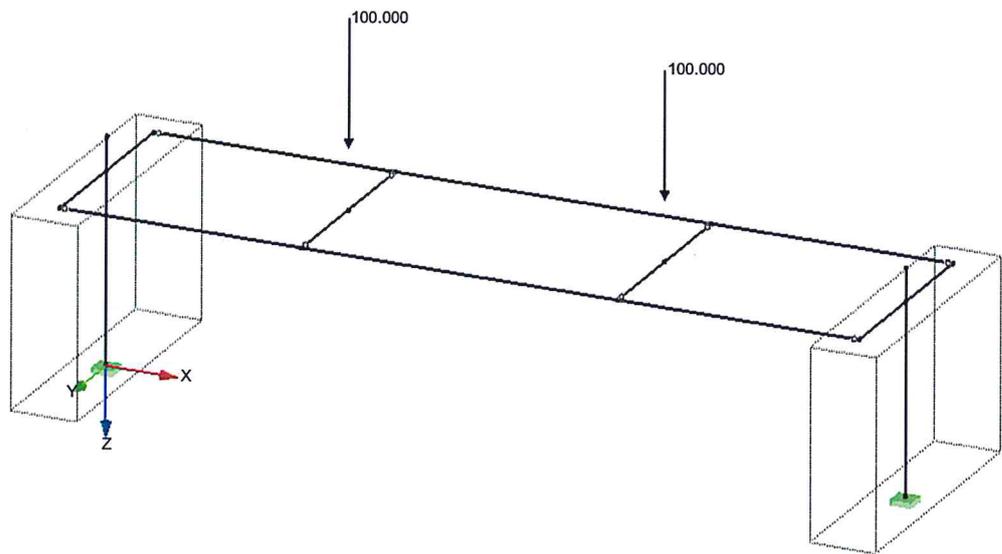
LF1
Heben

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten- system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x	M_y	M_z
2	17,21	0 Globales XYZ	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	0.000

HEBEN - LF1

LF 1: Heben
Belastung [kN]

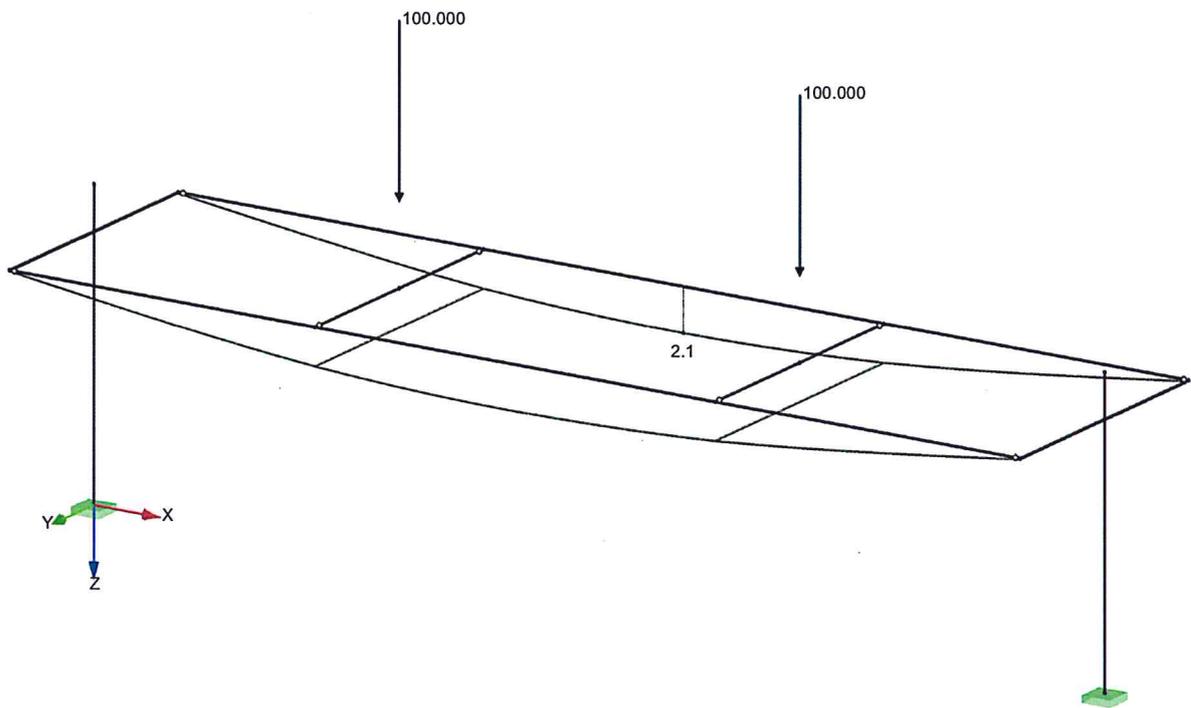
Isometrie



■ GLOBALE VERFORMUNGEN u

LF 1: Heben
Belastung [kN]
Globale Verformungen u

Isometrie

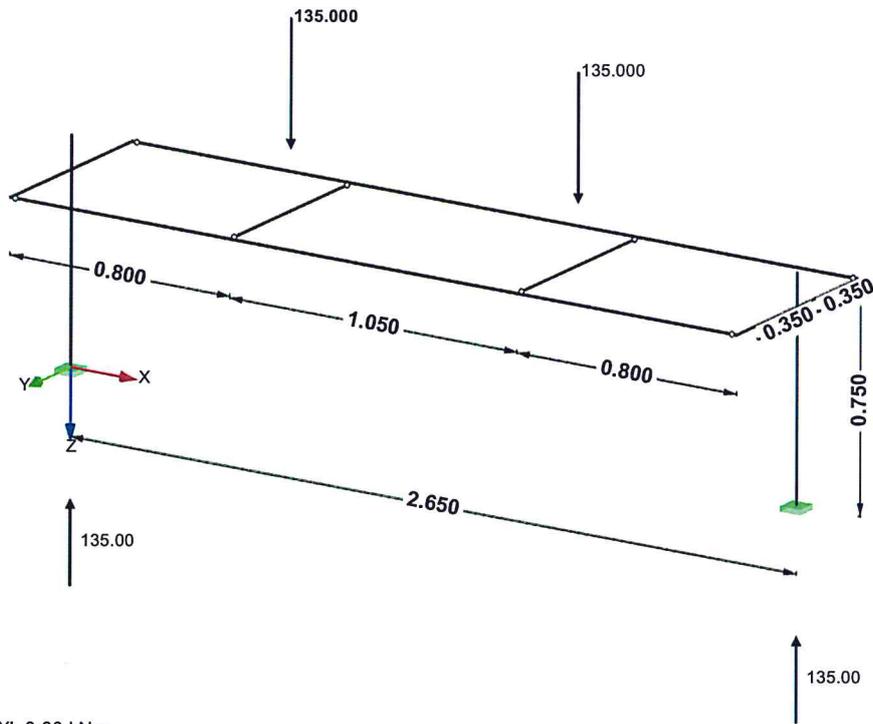


Max u: 2.1, Min u: 0.0 mm
Faktor für Verformungen: 53.00

KOMBINIERTES BILD

LK 11: 1.35*LF1
Belastung [kN]
Lagerreaktionen[kN], [kNm]

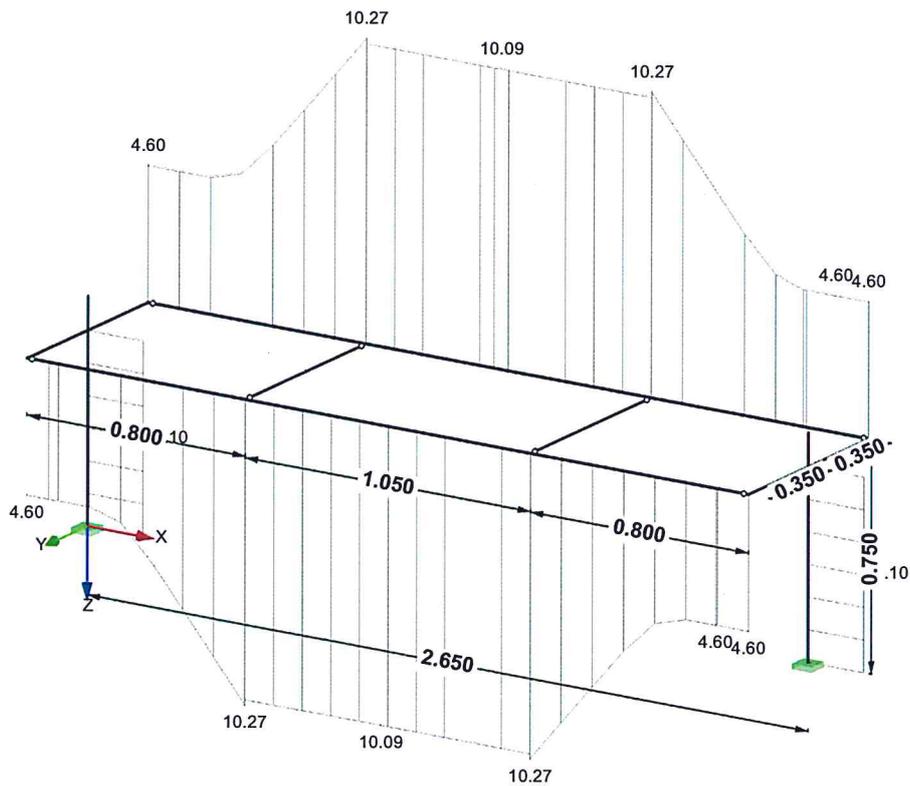
Isometrie



Max M-X': 0.00, Min M-X': 0.00 kNm
Max P-Z': 135.00, Min P-Z': 135.00 kN
Max P-Y': 0.00, Min P-Y': 0.00 kN
Max P-X': 0.00, Min P-X': 0.00 kN

STAHL FA1

Isometrie



Max Sigma-v: 10.27, Min Sigma-v: 0.00 [kN/cm²]

■ 4.4 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
8	LF1	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	Heben
	LK11	0.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00	
9	LF1	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	Heben
	LK11	0.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00	
Σ Lager	LF1	0.00	0.00	200.00				
Σ Lasten	LF1	0.00	0.00	200.00				
Σ Lager	LK11	0.00	0.00	270.00				
Σ Lasten	LK11	0.00	0.00	270.00				

1.1.1 BASISANGABEN

Zu bemessende Stäbe:	Alle	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK11	1.35*LF1

1.1.2 DETAILS

Örtlich begrenzte Plastizierung berücksichtigen:	<input type="checkbox"/>
Normalspannungen mit Alpha-pl berechnen:	<input type="checkbox"/>
FAKTOREN FÜR SIGMA-V	
Sigma	1.00
Tau	3.00
Vereinfachte Berücksichtigung exzentrischer Lasteinleitung:	<input type="checkbox"/>

1.2 MATERIALIEN

Matl. Nr.	Material-Bezeichnung	Teilsich.-Faktor $\gamma_M [-]$	Streckgrenze $f_{yk} [kN/cm^2]$	Grenzspannungen [kN/cm ²]			
				Manuell	grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v
1	Baustahl S 235	1.00	23.50	<input type="checkbox"/>	23.50	13.57	23.50

1.3.1 QUERSCHNITTE

Quer. Nr.	Matl. Nr.	Querschnitt Bezeichnung	$I_t [cm^4]$ A [cm ²]	$I_y [cm^4]$ $\alpha_{pl,y}$	$I_z [cm^4]$ $\alpha_{pl,z}$	Kommentar
1	0	Dummy Rigid	0.00 0.00	0.00 1.00	0.00 1.00	
Der Querschnitt wird nicht bemessen, da seine charakteristischen Spannungen nicht definiert sind.						
2	1	U 300 DIN 1026-1:1963	37.40 58.80	8030.00 1.07	495.00 1.92	
3	1	2UR U 200-700/X DIN 1026-1:1963	21.33 64.40	3820.00 1.19	296.00 1.93	

2.1 SPANNUNGEN QUERSCHNITTSWEISE

Quer. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	S-Punkt Nr.	Lastfall	Spannungsart	Spannung [kN/cm ²]		Ausnutzung
						Vorhanden	Limit	
2	U 300 DIN 1026-1:1963							
	7	0.800	1	LK11	Sigma gesamt	10.09	23.50	0.43
	7	0.800	9	LK11	Tau gesamt	-2.66	13.57	0.20
3	2UR U 200-700/X DIN 1026-1:1963							
	1	0.000	1	LK11	Sigma gesamt	-2.10	23.50	0.09
	1	0.640	2	LK11	Tau gesamt	0.00	13.57	0.00
	1	0.000	1	LK11	Sigma-v	2.10	23.50	0.09

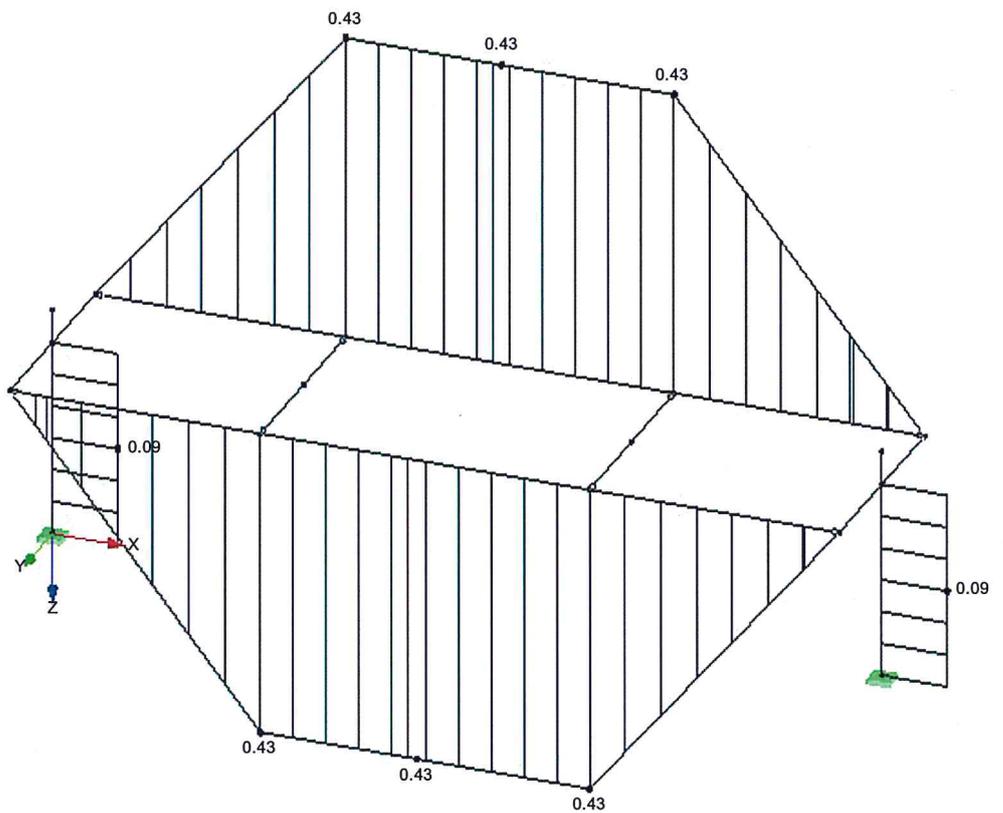
3.1 MASSGEBENDE SCHNITTGRÖSSEN STABWEISE

Stab Nr.	Stelle x [m]	Lastfall	Kräfte [kN]			Momente [kNm]		
			N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z
1	0.000	LK11	-135.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.000	LK11	-135.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.800	LK11	0.00	0.00	-67.50	0.00	-54.00	0.00
8	0.800	LK11	0.00	0.00	67.50	0.00	54.00	0.00
10	0.000	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	-54.00	0.00
11	0.000	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	54.00	0.00
12	0.000	LK11	0.00	0.00	67.50	0.00	-54.00	0.00
13	0.000	LK11	0.00	0.00	-67.50	0.00	54.00	0.00
17	0.000	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.000	LK11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

MODELL

STAHL FA1

Isometrie



Max Sigma gesamt: 0.43, Min Sigma gesamt: 0.00