

P 3333006

Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)
Friesische Straße 53
25980 Sylt

Erweiterung der Kläranlage Sylt
Erneuerung Schlammbehandlung

Statische Berechnung – 1. Nachtrag

Kap. A: Faultürme

Verfasser:

Dr. Born - Dr. Ermel GmbH

- Ingenieure -

Finienweg 7

28832 Achim

Telefon: 04202 / 7 58-0

Telefax: 04202 / 7 58-500

E-Mail: info@born-ermel.de

Internet: www.born-ermel.de

Achim, im März 2024

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A2.N1

Inhaltsverzeichnis

VORBEMERKUNGEN	3
PLANUNGSUNTERLAGEN	3
FESTLEGUNGEN ZUR WASSERUNDURCHLÄSSIGKEIT	4
BAUSTOFFE	4
GRÜNDUNG	4
LASTANNAHMEN / LASTFÄLLE / ÜBERLAGERUNGEN.....	4
STATISCHE BERECHNUNGEN.....	5
Pos. A1.N1: DECKEL + ÜBERZÜGE	5
Pos. A1.1.N1: Deckel.....	5
Pos. A1.2.N1: Stb.-Überzug.....	6
Pos. A1.3: Stb.-Aufkantung Rührwerk	6
Pos. A2.N1: BEHÄLTERWAND.....	7
Pos. A3.N1: BODENPLATTE	22
Pos. A6.N1: FUNDAMENT FASSADENBEGRÜNUNG	32

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A3.N1

Vorbemerkungen

Der vorliegende Nachtrag ist aufgrund von planerischen Änderungen im Rahmen der Ausführungsplanung erforderlich. Die Angaben der Hauptstatik aus [10] bleiben weiterhin gültig, sofern sie im Nachtrag nicht geändert werden. Es sind die dort aufgeführten Ausführungen zu beachten.

Sämtliche Bauteile sollen umlaufend für die Expositionsklasse XS1 ausgelegt und somit mit einer Mindestbetongüte C30/37 sowie einer Betonüberdeckung von $c_{nom} = 55\text{mm}$ konstruiert werden. Die hieraus erforderlichen Umbemessungen sind Inhalt dieses statischen Nachtrages.

Planungsunterlagen

- [1] Ausführungsplan „Faulbehälter und Maschinenhaus Grundriss Ebene +2,04m“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-101“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 09.12.2021
- [2] Ausführungsplan „Faulbehälter und Maschinenhaus Dachaufsichten Ebene 15,12m, 18,34m“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-102“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 09.12.2021
- [3] Ausführungsplan „Faulbehälter und Maschinenhaus Schnitte 1-1, 2-2“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-103“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 09.12.2021
- [4] Ausführungsplan „Faulbehälter und Maschinenhaus Schnitt 3-3“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-104“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 09.12.2021
- [5] Ausführungsplan „Faulbehälter und Maschinenhaus Übersicht Pfähle -2,28m“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-106“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 09.12.2021
- [6] Ausführungsplan „Faulbehälter und Maschinenhaus Grundriss Pfahlrost Ebene +0,79m“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-107“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 09.12.2021
- [7] Ausführungsplan „Faulbehälter und Maschinenhaus Untersicht Decke über EG Ebene +6,54m“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-108“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 09.12.2021
- [8] Ausführungsplan „Faulbehälter Details“ zum Projekt „Zentralkläwerk Westerland Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung (Zeichnungs-Nr. 3333006-03-B-109“ angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: 21.02.2022

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A4.N1

- [9] Baugeologisches Gutachten zur Gründung einer Erweiterung der Kläranlage Sylt (Auftrag 19/168) angefertigt durch Dr. Ruck + Partner GmbH aus 24340 Eckernförde; Planstand: 25.07.2019
- [10] Statische Berechnung zur Erweiterung der Kläranlage Sylt – Erneuerung Schlammbehandlung „Kap. A: Faultürme“, angefertigt durch Dr. Born – Dr. Ermel GmbH aus 28832 Achim; Planstand: Nov. 2021

Festlegungen zur Wasserundurchlässigkeit

siehe [10]

Baustoffe

siehe [10]

Gründung

siehe [10]

Lastannahmen / Lastfälle / Überlagerungen

siehe [10]

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A5.N1

Statische Berechnungen

Pos. A1.N1: Deckel + Überzüge

Pos. A1.1.N1: Deckel

BEMESSUNG

Gem. EDV sowie nachfolgender Zusatznachweise

gewählt:

Stb.-Platte $h = 40\text{cm}$

C30/37; XC3, XS1, XF2, XA1, WA; $c_{\text{nom}} = 55\text{mm}$

Bewehrung: Grundbewehrung: # $\varnothing 12/15$

(im Randbereich radial / ringförmig im
Innenbereich kreuzweise verlegen)

**Zulagen gem. nachfolgender Skizze sowie
Pos. A1.2 & A1.3 (vgl. Hauptstatik)**

Hinweise:

- Für den Deckel bestehen keine WU-Anforderungen, so dass sich die Rissbreitenbegrenzung auf die Gewährleistung der Dauerhaftigkeit beschränkt ($w_k \leq 0,30\text{mm}$). Die Dichtheit des Deckels wird weitestgehend durch die Vorspannung gewährleistet. Auf weitere Nachweise wird verzichtet.
- Bewehrungsführung siehe auch Hauptstatik aus [10]

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A6.N1

Pos. A1.2.N1: Stb.-Überzug

BEMESSUNG

Gem. EDV sowie nachfolgender Zusatznachweise

gewählt:	Stb.-Überzug $b / h = 30 / 195 \text{ cm}$ C30/37; XC4, XS1, XF2, XA1, WF; $c_{\text{nom}} = 55\text{mm}$ Bewehrung: gem. Hauptstatik aus [10]
-----------------	---

Pos. A1.3: Stb.-Aufkantung Rührwerk

BEMESSUNG

Konstruktiv o.w.N.:

gewählt:	Stb.-Aufkantung $t = 30\text{cm}$ C30/37; XC4, XS1, XF2, XA1, WA; $c_{\text{nom}} = 55\text{mm}$ Bewehrung: gem. Hauptstatik aus [10]
-----------------	--

Hinweise:

- Zur Vermeidung größerer Temperaturzwängungen wird empfohlen, die Aufkantung zu dämmen
- Die Wanddicke ist je nach Ausbildung des Wandkopfes zur Auflage des Rührwerks ggf. auf $t = 35\text{cm}$ zu erhöhen
- Die Bewehrungsführung ist nach Abgleich der tatsächlichen Rührwerkslasten im Rahmen der Ausführungsplanung ggf. anzupassen.
- Die Rissbreitenbegrenzung erfolgt zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit auf $w_k \leq 0,30\text{mm}$



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A7.N1

Pos. A2.N1: Behälterwand

BEMESSUNG

Gem. EDV + Vorbetrachtungen

gewählt:

Wand mit $t = 40\text{cm}$

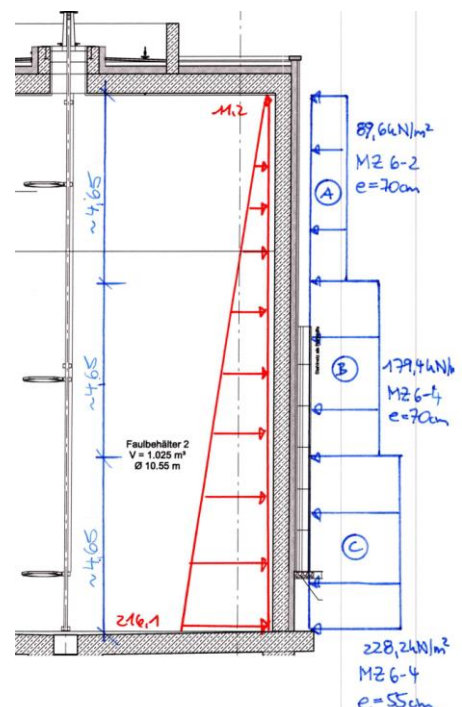
C30/37; XC2, XS1, XA1, WA; $c_{\text{nom}} = 55\text{mm}$

**Bewehrung: # $\varnothing 12/15$ + Zulagen & Schubbewehrung
gem. nachfolgender Nachweise &
Ausführungen**

**Spannstahl: SUSPA-Monolitzen MZ 6-2 + MZ 6-4
(gem. Zul.-Nr. Z13.2-40
Geltungsdauer bis 02.07.2022)**

Hinweise:

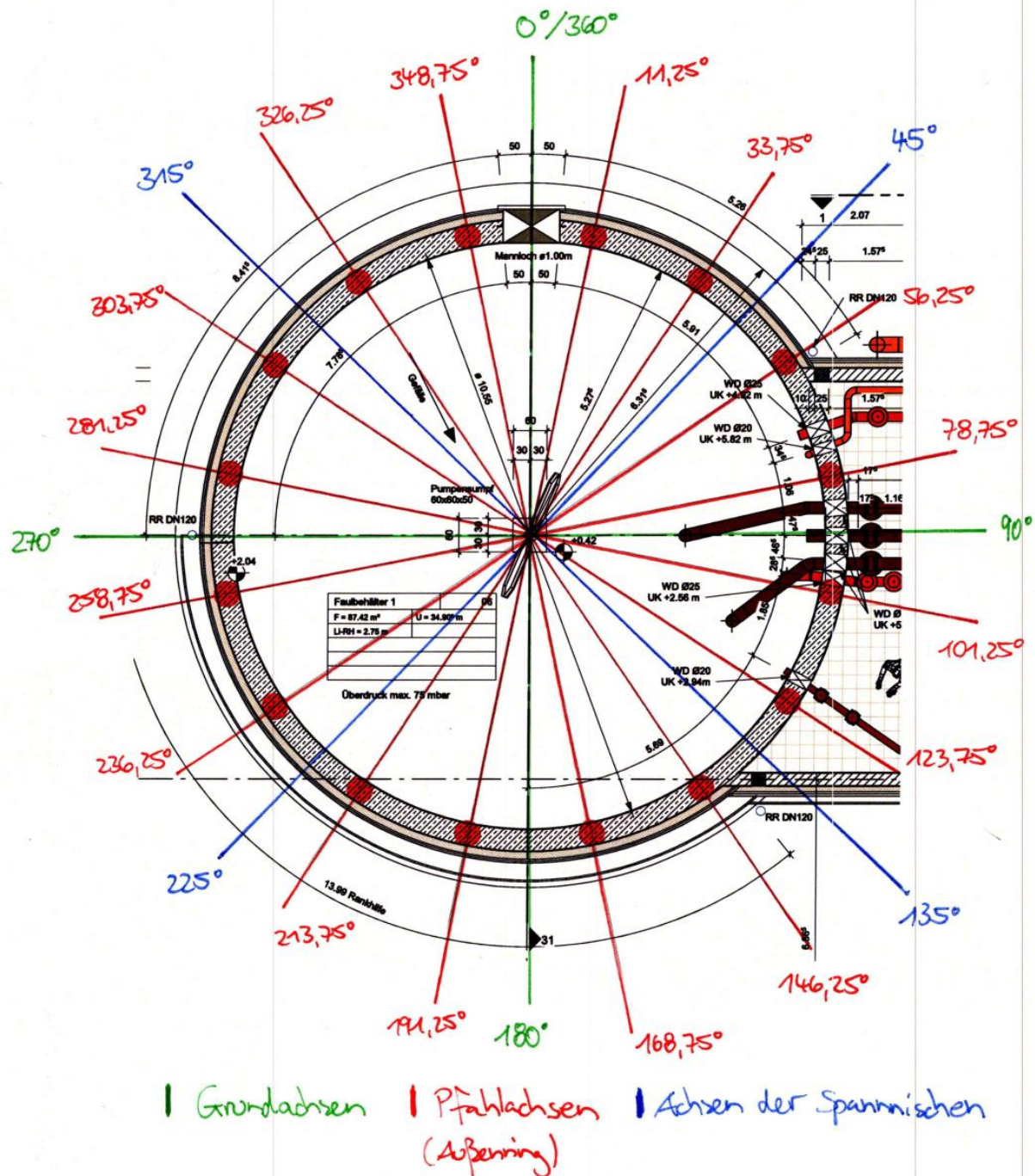
- Der globale Nachweis der Wasserdichtheit erfolgt EDV-gestützt anhand der resultierenden Risstiefe. Nachfolgend erfolgen ergänzende Nachweise zur örtlichen Wasserdichtheit im Bereich der Spannnischen.
- Im Wandbereich von Sohloberkante bis 2,00m oberhalb der Sohloberkante ist zur Minimierung des Rissbildungsrisikos wasserführender Trennrisse eine horizontale Zulagebewehrung $\varnothing 12/15$ vorzusehen. Im betrachteten Wandbereich ergibt sich in Ringrichtung somit eine Grundbewehrung von $\varnothing 12/7,5$.
- Es werden folgende Spannbereiche angesetzt:





Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)	Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme

- Die Achsen der Spannischen sind zwischen die Gründungspfähle des Außenrings zu legen. Es wird folgende Anordnung / Achsbezeichnung empfohlen:



Die Vorspannung in Achse 135° ist auf den Bauablauf des Maschinenhauses abzustimmen!

- Bewehrungsführung siehe auch Hauptstatik aus [10]



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A9.N1

Betrachtungen für den Restwandquerschnitt hinter den Spannnischen

Geometrie der Nischen für MZ6-4 & MZ6-2 siehe Hauptstatik aus [10]

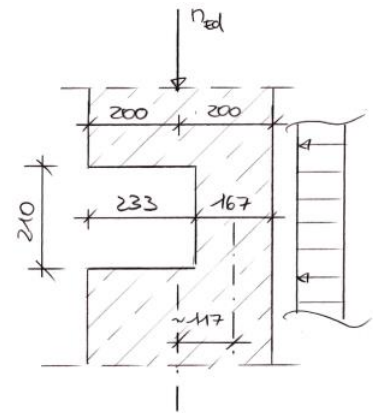
Bemessung des Restwandquerschnitts in Meridianrichtung – Unterste 2 Spannnischen

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Es wird angenommen, dass die senkrechte Normalkraft durch den Restwandquerschnitt geht und das Meridianmoment um die Nische herum fließt. Die Auswirkungen des Stützmoments infolge Innendruck auf den Restquerschnitt (Zug innen) sind gering und werden nachfolgend durch Rundung berücksichtigt. Die Bewehrungslage auf der Innenseite wird mit 5,0cm berücksichtigt.

Die Meridiandruckkraft folgt im GZT zu (vgl. a. EDV):

$$n_{y,Ed} \approx 240,0 \text{ kN/m}$$



Das Versatzmoment aus der Meridiandruckkraft folgt zu:

$$\Delta M_d = 0,117 \cdot 240,0 = 28,1 \text{ kNm/m}$$

Die Bemessung folgt zu:

Schneider Bautabellen für Ingenieure , 21. Auflage		Bundesanzeiger Verlag	
Schnitz/Goris: Stahlbetonbau			
Biegebemessung für Rechteckquerschnitte			
Anwendung der Tafel 2a in Kapitel E (Querschnitte ohne Druckbewehrung)			
Querschnitt:			
$h =$	0,17 m		
$d =$	0,09 m		
$b =$	1,00 m		
Schnittgrößen			
$M_{Ed} =$	28,1 kNm	$M_{Eds} =$	29,7 kNm
$N_{Ed} =$	-240,0 kN (Druck)		
Teilsicherheitsbeiwerte für den Tragwiderstand:			
allgemein		$\gamma_c =$	1,50
		$\gamma_s =$	1,15
Baustoffe:			
C 30/37	$f_{cd} = 30,0 \text{ MN/m}^2$	B500:	$f_{yk} = 500,0 \text{ MN/m}^2$
$\alpha_{cc} = 0,85 \text{ (DE)}$	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{cd} / \gamma_c = 17,0 \text{ MN/m}^2$		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,8 \text{ MN/m}^2$
Bemessung:			
$\mu_{Eds} = 0,216$		$M_{Eds} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$	
Ablesung in Kapitel E, Tafel 2a:			
$\Rightarrow \omega = 0,248$		(interpolierte Ablesung)	
$\sigma_{sd} = f_{yd} = 435,0 \text{ MN/m}^2$			
$\epsilon_{c2} = -3,50 \text{ ‰}$		$\epsilon_{s1} = 7,96 \text{ ‰}$	
$\zeta = 0,873$		$z = \zeta \cdot d = 0,079 \text{ m}$	
$\xi = 0,306$		$x = \xi \cdot d = 0,028 \text{ m}$	
$A_{s1} = 3,2 \text{ cm}^2$			



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A10.N1

Die Meridianzugkraft folgt im GZT zu (vgl. a. EDV):

$$n_{y,Ed} \approx 100,0 \text{ kN/m}$$

Das Versatzmoment aus der Meridianzugkraft folgt zu:

$$\Delta M_d = 0,117 \cdot 100,0 = 11,7 \text{ kNm/m}$$

Die Bemessung folgt zu:

Schneider Bautabellen für Ingenieure, 21. Auflage
Schnitz/Goris: Stahlbetonbau
Bundesanzeiger Verlag

Biegebemessung für Rechteckquerschnitte

Anwendung der Tafel 2a in Kapitel E (Querschnitte ohne Druckbewehrung)

Querschnitt:

$h = 0,17 \text{ m}$
 $d = 0,09 \text{ m}$
 $b = 1,00 \text{ m}$

Schnittgrößen

$M_{Ed} = 11,7 \text{ kNm}$ $M_{Eds} = 11,1 \text{ kNm}$
 $N_{Ed} = 100,0 \text{ kN (Zug)}$

Teilsicherheitsbeiwerte für den Tragwiderstand:

allgemein $\gamma_c = 1,50$
 $\gamma_s = 1,15$

Baustoffe:

C 30/37 $f_{cd} = 30,0 \text{ MN/m}^2$ B500: $f_{yk} = 500,0 \text{ MN/m}^2$
 $\alpha_{cc} = 0,85 \text{ (DE)}$ $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{cd} / \gamma_c = 17,0 \text{ MN/m}^2$ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,8 \text{ MN/m}^2$

Bemessung:

$\mu_{Eds} = 0,081$ $M_{Eds} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$

[Ableseung in Kapitel E, Tafel 2a:](#) $\Rightarrow \omega = 0,085$ (interpolierte Ablesung)
 $\sigma_{sd} = f_{yd} = 435,0 \text{ MN/m}^2$
 $\epsilon_{cz} = -3,04 \text{ ‰}$ $\epsilon_{s1} = 25,00 \text{ ‰}$
 $\zeta = 0,956$ $z = \zeta \cdot d = 0,086 \text{ m}$
 $\xi = 0,108$ $x = \xi \cdot d = 0,010 \text{ m}$

$A_{s1} = 5,3 \text{ cm}^2$

An beiden Enden der Nischen wird zur Umlenkung des Meridianmoments ein 40cm verstärkter Streifen bemessen. Das Meridianmoment ergibt sich im GZT im unteren Wandbereich wie folgt (vgl. a. EDV):

$$m_{y,Ed} \approx 133,0 \text{ kNm/m}$$

Der verstärkte Streifen neben der Spannnische ist somit für folgendes Moment auszulegen

$$M_{Ed} \approx 133,0 \cdot \frac{1,178}{2} + 133,0 \cdot 0,40 = 131,5 \text{ kNm}$$



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A11.N1

Es wird wiederum die Meridianzugkraft der vorangehenden Nachweise berücksichtigt (vgl. a. EDV):

$$N_d = 100,0 \cdot 0,40 = 40,0 \text{ kN}$$

Die Bemessung folgt zu:

Schneider Bautabellen für Ingenieure , 21. Auflage			Bundesanzeiger Verlag	
Schnitz/Goris: Stahlbetonbau				
Biegebemessung für Rechteckquerschnitte				
Anwendung der Tafel 2a in Kapitel E (Querschnitte ohne Druckbewehrung)				
Querschnitt:				
$h =$	0,40	m		
$d =$	0,32	m		
$b =$	0,40	m		
Schnittgrößen				
$M_{Ed} =$	133,0	kNm	$M_{Eds} =$	128,1 kNm
$N_{Ed} =$	40,0	kN (Zug)		
Teilsicherheitsbeiwerte für den Tragwiderstand:				
<div>allgemein</div>			$\gamma_c =$	1,50
			$\gamma_s =$	1,15
Baustoffe:				
<div>C 30/37</div>		$f_{cd} =$	30,0	MN/m ²
$\alpha_{cc} :$ 0,85 (DE)		$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c =$	17,0	MN/m ²
		B500:	$f_{yk} =$	500,0 MN/m ²
			$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	434,8 MN/m ²
Bemessung:				
		$\mu_{Eds} =$	0,181	$M_{Eds} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$
Ablesung in Kapitel E, Tafel 2a:				
		$\Rightarrow \omega =$	0,202	(interpolierte Ablesung)
		$\sigma_{sd} = f_{yd} =$	435,0	MN/m ²
		$\epsilon_{c2} =$	-3,50 ‰	$\epsilon_{s1} =$ 10,54 ‰
		$\zeta =$	0,896	$z = \zeta \cdot d =$ 0,289 m
		$\xi =$	0,25	$x = \xi \cdot d =$ 0,081 m
		$A_{s1} =$	11,1	cm ²

Neben Nischenenden zusätzlich 2Ø20 + 1Ø16 stellen!

$$(\Delta A_{s, \text{erf}} = 11,1 - 7,54 \times 0,4 = 8,1 \text{ cm}^2 \leq 10,3 \text{ cm}^2)$$

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A12.N1

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis der Druckzonenhöhe (Dichtheitsnachweis) im Restquerschnitt der Wand ergibt sich im GZG_{char} folgende Meridiandruckkraft (vgl. EDV):

$$n_{y,Ed} \approx 100 \text{ kN/m}$$

Das Versatzmoment aus der Meridiandruckkraft folgt zu:

$$\Delta M_d = 0,117 \cdot 100,0 = 11,7 \text{ kNm/m}$$

Die Ermittlung der Druckzonenhöhe erfolgt unter dem Bewehrungsansatz von $\emptyset 12/15$ zu:

Schneider Bautabellen für Ingenieure, 21. Auflage Bundesanzeiger

Schmitz/Goris: Stahlbetonbau

Berechnung der Spannungen im Stahlbetonquerschnitt (Gebrauchszustand)

Beschreibung				Spannungen im Stahlbetonquerschnitt																																											
Beschreibung: Bautabellen 21. Auflage, S. 5.94 (EC 2-1-1) aktiver Datensatz: [14] Spannungsnachweis bei Biegung mit Längskraft				Daten laden von: Datensatz Nr. 14 Daten schreiben in: 																																											
Beton: Festigkeitsklasse C30/37 Kriechzahl ϕ: 6,06 oder $\alpha_e = $ 6,06				<input type="radio"/> Zustand I (ungerissener Querschnitt) <input checked="" type="radio"/> Zustand II (abgeschlossene Rissbildung)																																											
Elastizitätsmodul E_{cm} 32.800,0 MN/m ² (gemäß Festigkeitsklasse) E_c MN/m ² (ggf. abweichende Benutzervorgabe) E_c 32.800,0 MN/m ² (übernommen) $E_{c,eff}$ 33.003 MN/m²				$\phi = $ -0,007 $\alpha_e = $ 6,06																																											
Geometrie, Bewehrung: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Abschnitt</th><th>Höhe</th><th>Breite</th></tr> <tr><td>0</td><td></td><td>1,000</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,167</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td></tr> </table>				Abschnitt	Höhe	Breite	0		1,000	1	0,167	1,000	2			3			4			5			6			Schnittgrößen (bezogen auf den Schwerpunkt des Betonquerschnitts im Zustand I) N -100,00 kN (Druck: negativ) M 11,70 kNm																			
Abschnitt	Höhe	Breite																																													
0		1,000																																													
1	0,167	1,000																																													
2																																															
3																																															
4																																															
5																																															
6																																															
Ergebnisse: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th><th>Dehnungen [%]</th><th>Spannungen [MN/m²]</th><th>Kräfte [kN]</th><th>a (von ob.) [m]</th><th>Momente [kNm]</th><th>a</th><th>a/d</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Beton oben</td><td>-0,220</td><td>-7,28</td><td>F_{c2} -0,1514</td><td>0,014</td><td>M_{c2} 0,0105</td><td>a = 0,014 m</td><td>a/d = 0,131</td></tr> <tr> <td>Bew. oben</td><td>0,103</td><td></td><td>F_{s2} 0,0000</td><td></td><td>M_{s2} 0,0000</td><td>x = 0,042 m</td><td>x/d = 0,393</td></tr> <tr> <td>Bew. unten</td><td>0,341</td><td>68,21</td><td>F_{s1} 0,0514</td><td>0,106</td><td>M_{s1} 0,0012</td><td>z = 0,092 m</td><td>z/d = 0,869</td></tr> <tr> <td>Beton unten</td><td>0,664</td><td>0,00</td><td>F_{c1} 0,0000</td><td></td><td>M_{c1} 0,0000</td><td>1/r = 5,297</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Dehnungen [%]	Spannungen [MN/m ²]	Kräfte [kN]	a (von ob.) [m]	Momente [kNm]	a	a/d	Beton oben	-0,220	-7,28	F_{c2} -0,1514	0,014	M_{c2} 0,0105	a = 0,014 m	a/d = 0,131	Bew. oben	0,103		F_{s2} 0,0000		M_{s2} 0,0000	x = 0,042 m	x/d = 0,393	Bew. unten	0,341	68,21	F_{s1} 0,0514	0,106	M_{s1} 0,0012	z = 0,092 m	z/d = 0,869	Beton unten	0,664	0,00	F_{c1} 0,0000		M_{c1} 0,0000	1/r = 5,297		Kontrolle: Sum.int: -0,10000 Summe: 0,00000			
	Dehnungen [%]	Spannungen [MN/m ²]	Kräfte [kN]	a (von ob.) [m]	Momente [kNm]	a	a/d																																								
Beton oben	-0,220	-7,28	F_{c2} -0,1514	0,014	M_{c2} 0,0105	a = 0,014 m	a/d = 0,131																																								
Bew. oben	0,103		F_{s2} 0,0000		M_{s2} 0,0000	x = 0,042 m	x/d = 0,393																																								
Bew. unten	0,341	68,21	F_{s1} 0,0514	0,106	M_{s1} 0,0012	z = 0,092 m	z/d = 0,869																																								
Beton unten	0,664	0,00	F_{c1} 0,0000		M_{c1} 0,0000	1/r = 5,297																																									

Spannungs-Dehnungsansatz Beton:
 Linear (nur Gebrauchszustand), Zust. II
 Anwendungsgrenze bezgl. σ_c :
 $-0,40 f_{cm} = -15,2 \text{ MN/m}^2$
 Zulässige Spannungen im Gebrauchszustand:
 im Beton
 $-0,60 f_{ck} = -18,0 \text{ MN/m}^2$
 $-0,45 f_{ck} = -13,5 \text{ MN/m}^2$
 im Stahl
 $0,80 f_{yk} = 400,0 \text{ MN/m}^2$
 $1,00 f_{yk} = 500,0 \text{ MN/m}^2$
 Mittlere Zugfestigkeit des Betons:
 $f_{ctm} = 2,9 \text{ MN/m}^2$

Nachweis: $x = 4,2\text{cm} \geq 3,0\text{cm}$

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A13.N1

Für den Nachweis der Druckzonenhöhe (Dichtheitsnachweis) im Restquerschnitt der Wand ergibt sich im GZG_{char} folgende Meridianzugkraft (vgl. EDV):

$$n_{y,Ed} \approx 50,1 \text{ kN/m}$$

Das Versatzmoment aus der Meridianzugkraft folgt zu:

$$\Delta M_d = 0,117 \cdot 50,1 = 5,9 \text{ kNm/m}$$

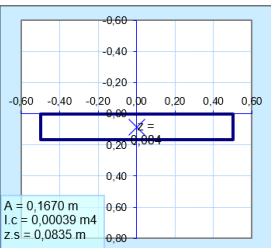
Die Ermittlung der Druckzonenhöhe erfolgt unter dem Bewehrungsansatz von $\varnothing 12/7,5$ zu:

Schneider Bautabellen für Ingenieure, 21. Auflage Bundesanzeiger
Verlag

Schmitz/Goris: Stahlbetonbau

Berechnung der Spannungen im Stahlbetonquerschnitt (Gebrauchszustand)

Beschreibung				Spannungen im Stahlbetonquerschnitt																																											
Beschreibung: aktiver Datensatz: [14] Bautabellen 21. Auflage, S. 5.94 (EC 2-1-1) Spannungsnachweis bei Biegung mit Längskraft				Daten laden von: Datensatz Nr. 14 Daten schreiben in:																																											
Beton: Festigkeitsklasse C30/37 Kriechzahl ϕ : 6,06 oder $\alpha_e =$				<input type="radio"/> Zustand I (ungerissener Querschnitt) <input checked="" type="radio"/> Zustand II (abgeschlossene Rissbildung)																																											
Elastizitätsmodul E_{cm} 32.800,0 MN/m ² (gemäß Festigkeitsklasse) E_c 32.800,0 MN/m ² (ggf. abweichende Benutzervorgabe) E_c 32.800,0 MN/m ² (übernommen) $E_{c,eff}$ 33.003 MN/m ²				$\varphi =$ -0,007 $\alpha_e =$ 6,06																																											
Geometrie, Bewehrung: <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Abschnitt</th> <th>Höhe</th> <th>Breite</th> <th>Bewehrung, Lage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td></td> <td>1,000</td> <td>d_2 0,061 m</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0,167</td> <td>1,000</td> <td>A_{s2} 7,54 cm²</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td>A_{s1} 15,08 cm²</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td>d_1 0,061 m</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Abschnitt	Höhe	Breite	Bewehrung, Lage	0		1,000	d_2 0,061 m	1	0,167	1,000	A_{s2} 7,54 cm ²	2				3			A_{s1} 15,08 cm ²	4			d_1 0,061 m	5				6				Schnittgrößen (bezogen auf den Schwerpunkt des Betonquerschnitts im Zustand I) N 50,10 kN (Druck: negativ) M 5,90 kNm											
Abschnitt	Höhe	Breite	Bewehrung, Lage																																												
0		1,000	d_2 0,061 m																																												
1	0,167	1,000	A_{s2} 7,54 cm ²																																												
2																																															
3			A_{s1} 15,08 cm ²																																												
4			d_1 0,061 m																																												
5																																															
6																																															
Ergebnisse: <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Dehnungen [%]</th> <th>Spannungen [MN/m²]</th> <th>Kräfte [kN]</th> <th>a (von ob.) [m]</th> <th>Momente [kNm]</th> <th>a [m]</th> <th>a/d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Beton oben</td> <td>-0,118</td> <td>-3,89</td> <td>F_{c2} -0,0583</td> <td>0,010</td> <td>M_{c2} 0,0043</td> <td>0,010</td> <td>0,094</td> </tr> <tr> <td>Bew. oben</td> <td>0,122</td> <td>24,36</td> <td>F_{s2} 0,0184</td> <td>0,061</td> <td>M_{s2} -0,0004</td> <td>0,030</td> <td>0,283</td> </tr> <tr> <td>Bew. unten</td> <td>0,299</td> <td>59,72</td> <td>F_{s1} 0,0901</td> <td>0,106</td> <td>M_{s1} 0,0020</td> <td>0,096</td> <td>0,906</td> </tr> <tr> <td>Beton unten</td> <td>0,538</td> <td>0,00</td> <td>F_{c1} 0,0000</td> <td></td> <td>M_{c1} 0,0000</td> <td>1/r</td> <td>3,929</td> </tr> </tbody> </table>					Dehnungen [%]	Spannungen [MN/m ²]	Kräfte [kN]	a (von ob.) [m]	Momente [kNm]	a [m]	a/d	Beton oben	-0,118	-3,89	F_{c2} -0,0583	0,010	M_{c2} 0,0043	0,010	0,094	Bew. oben	0,122	24,36	F_{s2} 0,0184	0,061	M_{s2} -0,0004	0,030	0,283	Bew. unten	0,299	59,72	F_{s1} 0,0901	0,106	M_{s1} 0,0020	0,096	0,906	Beton unten	0,538	0,00	F_{c1} 0,0000		M_{c1} 0,0000	1/r	3,929	Kontrolle: Sum.int: 0,05010 Summe: 0,00000			
	Dehnungen [%]	Spannungen [MN/m ²]	Kräfte [kN]	a (von ob.) [m]	Momente [kNm]	a [m]	a/d																																								
Beton oben	-0,118	-3,89	F_{c2} -0,0583	0,010	M_{c2} 0,0043	0,010	0,094																																								
Bew. oben	0,122	24,36	F_{s2} 0,0184	0,061	M_{s2} -0,0004	0,030	0,283																																								
Bew. unten	0,299	59,72	F_{s1} 0,0901	0,106	M_{s1} 0,0020	0,096	0,906																																								
Beton unten	0,538	0,00	F_{c1} 0,0000		M_{c1} 0,0000	1/r	3,929																																								



Spannungs-Dehnungsansatz Beton:
 Linear (nur Gebrauchszustand), Zust. II
 Anwendungsgrenze bezgl. σ_c :
 $-0,40 f_{cm} = -15,2 \text{ MN/m}^2$
 Zulässige Spannungen im Gebrauchszustand:
 im Beton
 $-0,60 f_{ck} = -18,0 \text{ MN/m}^2$
 $-0,45 f_{ck} = -13,5 \text{ MN/m}^2$
 im Stahl
 $0,80 f_{yk} = 400,0 \text{ MN/m}^2$
 $1,00 f_{yk} = 500,0 \text{ MN/m}^2$
 Mittlere Zugfestigkeit des Betons:
 $f_{ctm} = 2,9 \text{ MN/m}^2$

Nachweis: $x = 3,0 \text{ cm} = 3,0 \text{ cm}$

Im Nischenbereich auf Behälteraußenseite $\varnothing 14/10,0$ anordnen!



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A14.N1

Für den Dichtheitsnachweis im verstärkten Streifen neben den Spannnischenenden ergibt sich das Meridianmoment im GZG_{char} im unteren Wandbereich wie folgt (vgl. a. EDV):

$$m_{y,Ed} \approx 87,0 \text{ kNm/m}$$

Der verstärkte Streifen neben der Spannnische ist somit für folgendes Moment auszulegen

$$M_{Ed} \approx 87,0 \cdot \frac{1,178}{2} + 87,0 \cdot 0,40 = 86,1 \text{ kNm}$$

Es wird wiederum die Meridianzugkraft der vorangehenden Nachweise berücksichtigt (vgl. a. EDV):

$$N_d = 50,1 \cdot 0,40 = 20,0 \text{ kN}$$

Die Ermittlung der Druckzonenhöhe ergibt sich zu:

Schneider Bautabellen für Ingenieure, 21. Auflage Bundesanzeiger

Schnitz/Goris: Stahlbetonbau

Berechnung der Spannungen im Stahlbetonquerschnitt (Gebrauchszustand)

Beschreibung				Spannungen im Stahlbetonquerschnitt																																													
Beschreibung: Bautabellen 21. Auflage, S. 5.94 (EC 2-1-1) aktiver Datensatz: [14] Spannungsnachweis bei Biegung mit Längskraft				Daten laden von: Datensatz Nr. 14 Daten schreiben in:																																													
Beton: Festigkeitsklasse C30/37 Elastizitätsmodul E_{cm} 32.800,0 MN/m ² (gemäß Festigkeitsklasse) E_c MN/m ² (ggf. abweichende Benutzervorgabe) E_c 32.800,0 MN/m ² (übernommen) Kriechzahl φ : 0,007 oder α_e = 6,06				<input type="radio"/> Zustand I (ungerissener Querschnitt) <input checked="" type="radio"/> Zustand II (abgeschlossene Rissbildung)																																													
Geometrie, Bewehrung: Abschnitt Höhe Breite 0 1,000 1,000 1 0,400 1,000 2 3 4 5 6 Bewehrung, Lage d_2 0,061 m A_{s2} 0,00 cm ² A_{s1} 10,80 cm ² d_1 0,061 m <input type="checkbox"/> Nettoquerschnitt				Schnittgrößen (bezogen auf den Schwerpunkt des Betonquerschnitts im Zustand I) N 50,00 kN (Druck: negativ) M 86,10 kNm																																													
Ergebnisse:				Spannungs-Dehnungsansatz Beton: Linear (nur Gebrauchszustand), Zust. II Anwendungsgrenze bezgl. σ_c : -0,40 f_{cm} = -15,2 MN/m ² Zulässige Spannungen im Gebrauchszustand: im Beton -0,60 f_{ck} = -18,0 MN/m ² -0,45 f_{ck} = -13,5 MN/m ² im Stahl 0,80 f_{yk} = 400,0 MN/m ² 1,00 f_{yk} = 500,0 MN/m ² Mittlere Zugfestigkeit des Betons: f_{ctm} = 2,9 MN/m ²																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th></th><th>Dehnungen [%]</th><th>Spannungen [MN/m²]</th><th>Kräfte [kN]</th><th>a (von ob.) [m]</th><th>Momente [kNm]</th></tr></thead><tbody><tr><td>Beton oben</td><td>-0,269</td><td>-8,89</td><td>F_{c2} -0,2470</td><td>0,019</td><td>M_{c2} 0,0448</td></tr><tr><td>Bew. oben</td><td>0,027</td><td></td><td>F_{s2} 0,0000</td><td></td><td>M_{s2} 0,0000</td></tr><tr><td>Bew. unten</td><td>1,375</td><td>274,98</td><td>F_{s1} 0,2970</td><td>0,339</td><td>M_{s1} 0,0413</td></tr><tr><td>Beton unten</td><td>1,671</td><td>0,00</td><td>F_{c1} 0,0000</td><td></td><td>M_{c1} 0,0000</td></tr><tr><td colspan="2">Kontrolle:</td><td>Sum.int: 0,05000</td><td></td><td></td><td>0,08610</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>Summe: 0,00000</td><td></td><td></td><td>0,00000</td></tr></tbody></table>					Dehnungen [%]	Spannungen [MN/m ²]	Kräfte [kN]	a (von ob.) [m]	Momente [kNm]	Beton oben	-0,269	-8,89	F_{c2} -0,2470	0,019	M_{c2} 0,0448	Bew. oben	0,027		F_{s2} 0,0000		M_{s2} 0,0000	Bew. unten	1,375	274,98	F_{s1} 0,2970	0,339	M_{s1} 0,0413	Beton unten	1,671	0,00	F_{c1} 0,0000		M_{c1} 0,0000	Kontrolle:		Sum.int: 0,05000			0,08610			Summe: 0,00000			0,00000				
	Dehnungen [%]	Spannungen [MN/m ²]	Kräfte [kN]	a (von ob.) [m]	Momente [kNm]																																												
Beton oben	-0,269	-8,89	F_{c2} -0,2470	0,019	M_{c2} 0,0448																																												
Bew. oben	0,027		F_{s2} 0,0000		M_{s2} 0,0000																																												
Bew. unten	1,375	274,98	F_{s1} 0,2970	0,339	M_{s1} 0,0413																																												
Beton unten	1,671	0,00	F_{c1} 0,0000		M_{c1} 0,0000																																												
Kontrolle:		Sum.int: 0,05000			0,08610																																												
		Summe: 0,00000			0,00000																																												

Nachweis: $x = 5,6\text{cm} \geq 3,0\text{cm}$

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A15.N1

Bemessung des Restwandquerschnitts in Meridianrichtung – Ab 3. Spannnische

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Annahmen wie zuvor! Die Meriandruckkraft folgt im GZT zu (vgl. a. EDV):

$$n_{Ed} \approx 235,0 \text{ kN/m}$$

Versatzmoment und Bemessung somit wie zuvor!

An beiden Enden der Nischen wird zur Umlenkung des Meridianmoments ein 40cm verstärkter Streifen bemessen. Das Meridianmoment ergibt sich im GZT wie folgt (vgl. a. EDV):

$$m_{y,Ed} \approx 31,6 \text{ kNm/m}$$

Der verstärkte Streifen neben der Spannnische ist somit für folgendes Moment auszulegen

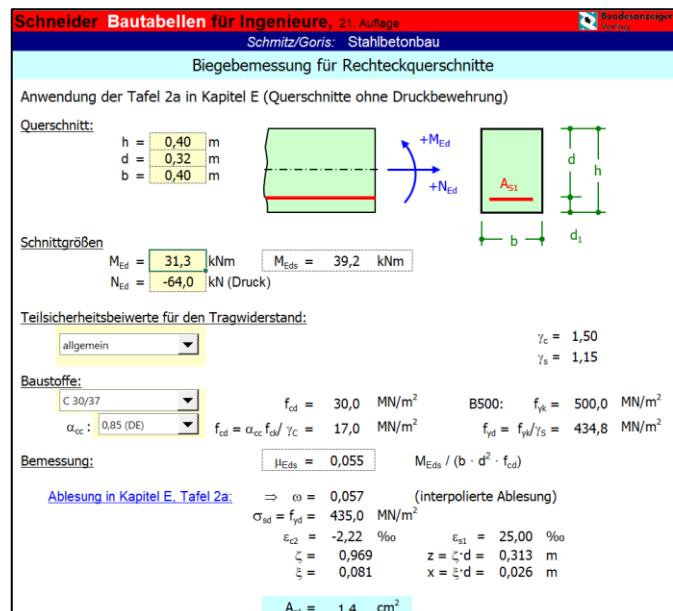
$$M_{Ed} \approx 31,6 \cdot \frac{1,178}{2} + 31,6 \cdot 0,40 = 31,3 \text{ kNm}$$

Für die günstige Meriandruckkraft wird lediglich das Eigengewicht berücksichtigt (vgl. a. EDV):

$$N_d \approx 160,0 \cdot 0,40 = 64,0 \text{ kN}$$

Die Bemessung folgt zu:

Keine Zulagen erforderlich!



Schneider Bautabellen für Ingenieure, 21. Auflage
 Schmitz/Goris: Stahlbetonbau
 Bundesanstalt für Bauwesen

Biegebemessung für Rechteckquerschnitte
 Anwendung der Tafel 2a in Kapitel E (Querschnitte ohne Druckbewehrung)

Querschnitt:
 h = 0,40 m
 d = 0,32 m
 b = 0,40 m

Schnittgrößen:
 M_{Ed} = 31,3 kNm
 N_{Ed} = -64,0 kN (Druck)
 M_{E_{ds}} = 39,2 kNm

Teilsicherheitsbeiwerte für den Tragwiderstand:
 allgemein
 γ_c = 1,50
 γ_s = 1,15

Baustoffe:
 C 30/37
 α_{cc} = 0,85 (DE)
 f_{cd} = 30,0 MN/m²
 f_{yk} = 500,0 MN/m²
 f_{td} = α_{cc} · f_{cd} / γ_c = 17,0 MN/m²
 f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 434,8 MN/m²

Bemessung:
 |M_{E_{ds}}| = 0,055
 M_{E_{ds}} / (b · d² · f_{cd})
 ⇒ ω = 0,057 (interpolierte Ablesung)
 σ_{sd} = f_{yd} = 435,0 MN/m²
 e_{c2} = -2,22 ‰
 ζ = 0,969
 ζ = 0,081
 e_{s1} = 25,00 ‰
 z = ζ · d = 0,313 m
 x = ζ · d = 0,026 m
 A_{s1} = 1,4 cm²

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Gem. vorangehender Betrachtungen

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A16.N1

Bemessung des Restwandquerschnitts in Meridianrichtung – Oberste 2 Spannnischen (Bereich Deckel)

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Annahmen wie zuvor! Die Meriandruckkraft folgt im GZT zu (vgl. a. EDV):

$$n_{Ed} \ll 235,0 \text{ kN/m}$$

Versatzmoment und Bemessung somit wie zuvor!

An beiden Enden der Nischen wird zur Umlenkung des Meridianmoments ein 40cm verstärkter Streifen bemessen. Das Meridianmoment ergibt sich im GZT im oberen Wandbereich wie folgt (vgl. a. EDV):

$$m_{x,Ed} \approx 51,0 \text{ kNm/m}$$

Der verstärkte Streifen neben der Spannnische ist somit für folgendes Moment auszulegen

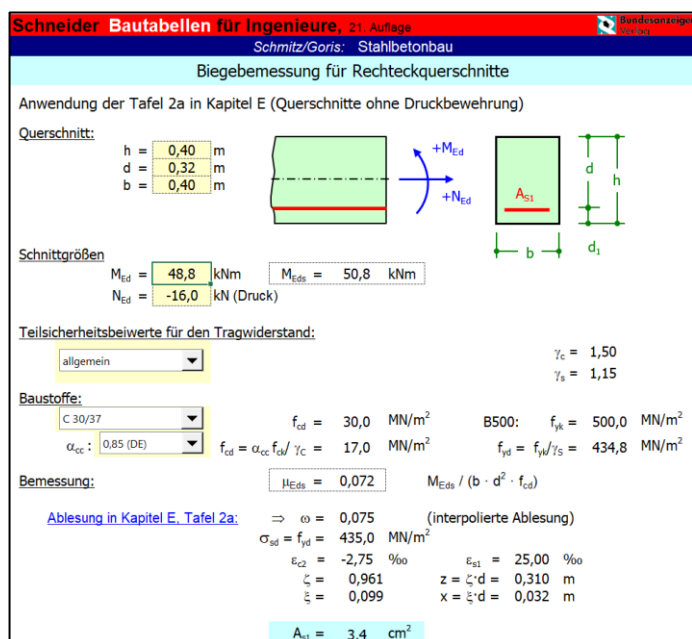
$$M_{Ed} \approx 51,0 \cdot \frac{1,113}{2} + 51,0 \cdot 0,40 = 48,8 \text{ kNm}$$

Für die günstige Meriandruckkraft wird lediglich das Eigengewicht berücksichtigt (vgl. a. EDV):

$$N_d = 40,0 \cdot 0,40 = 16,0 \text{ kN}$$

Die Bemessung folgt zu:

Keine Zulagen erforderlich!



Schneider Bautabellen für Ingenieure, 21. Auflage
 Schmitz/Goris: Stahlbetonbau

Biegebemessung für Rechteckquerschnitte

Anwendung der Tafel 2a in Kapitel E (Querschnitte ohne Druckbewehrung)

Querschnitt:
 $h = 0,40 \text{ m}$
 $d = 0,32 \text{ m}$
 $b = 0,40 \text{ m}$

Schnittgrößen:
 $M_{Ed} = 48,8 \text{ kNm}$
 $N_{Ed} = -16,0 \text{ kN (Druck)}$
 $M_{Eds} = 50,8 \text{ kNm}$

Teilsicherheitsbeiwerte für den Tragwiderstand:
 allgemein
 $\gamma_c = 1,50$
 $\gamma_s = 1,15$

Baustoffe:
 C 30/37
 $\alpha_{cc} = 0,85 \text{ (DE)}$
 $f_{cd} = 30,0 \text{ MN/m}^2$
 $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{cd} / \gamma_c = 17,0 \text{ MN/m}^2$
 B500: $f_{yk} = 500,0 \text{ MN/m}^2$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,8 \text{ MN/m}^2$

Bemessung:
 $\mu_{Eds} = 0,072$
 $M_{Eds} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$
 Ablesung in Kapitel E, Tafel 2a:
 $\Rightarrow \eta = 0,075$ (interpolierte Ablesung)
 $\sigma_{sd} = f_{yd} = 435,0 \text{ MN/m}^2$
 $\epsilon_{c2} = -2,75 \text{ ‰}$
 $\zeta = 0,961$
 $\xi = 0,099$
 $\epsilon_{s1} = 25,00 \text{ ‰}$
 $z = \zeta \cdot d = 0,310 \text{ m}$
 $x = \xi \cdot d = 0,032 \text{ m}$
 $A_{s1} = 3,4 \text{ cm}^2$

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Gem. vorangehender Betrachtungen



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A17.N1

Schubbemessung im Bereich der Sohle

Für die Schubbemessung ergibt sich im Abstand d vom Auflagertrand folgende Bemessungsquerkraft (vgl. a. EDV):

$$v_{x,Ed} = 148,0 \text{ kN/m}$$

Für den Schubnachweis ist die Arbeitsfuge zu berücksichtigen. Eine rechtwinklig zur Systemachse angeordnete Fuge wirkt sich ähnlich wie ein Biegeriss aus. Die Querkraftnachweise können daher grundsätzlich wie bei einer nicht vorhandenen Fuge geführt werden. Es ist lediglich die Schubtragfähigkeit des Querschnittes ohne Querkraftbewehrung und die vertikale Komponente der Rissreibungskraft im Verhältnis $c/0,5$ abzumindern (vgl. DIN EN 1992-1-1; 6.2.5 (NA.6)). Der Abminderungsfaktor für eine raue Fuge ergibt sich zu:

$$\frac{c}{0,5} = \frac{0,4}{0,5} = 0,80$$

Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

Betongüte		=	C30/37
charakt. Betondruckfestigkeit	f_{ck}	=	30,00 N/mm ²
design Betondruckfestigkeit	f_{cd}	=	17,00 N/mm ²
Bauteilhöhe	h	=	40,00 cm
Querschnittsbreite in der Zugzone	b_w	=	100,00 cm
Schwerlage Bewehrung	d_1	=	7,70 cm
Statische Nutzhöhe	d	=	32,30 cm
Einwirkende Querkraft	V_{ed}	=	148,00 kN/m
Einwirkende Normalkraft	N_{ed}	=	0,00 kN/m
Vorh. Längsbewehrung	a_s	=	7,54 cm ² /m

Ermittlung der Eingangsparameter

κ_1		=	0,0525
κ	=	1,787	→ 1,787
v_{min}		=	0,458
σ_{cd}	=	0,00	→ 0,00 MN/m ²
ρ_l	=	0,0023	→ 0,0023

Hieraus folgen:

Bemessungswiderstand (x 0,80)	$V_{Rd,c}$	=	88,34 kN/m
Mindestwert (x 0,00)	$V_{Rd,c,min}$	=	0,00 kN/m

Nachweis:

$$V_{Ed} / V_{Rd} = 1,68 > 1,00$$

Querkraftbewehrung erforderlich!



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A18.N1

Bemessung der Querkraftbewehrung

Betongüte	=	C30/37
charakt. Betondruckfestigkeit	f_{ck} =	30,00 N/mm ²
design Betondruckfestigkeit	f_{cd} =	17,00 N/mm ²
Bauteilhöhe	h =	40,00 cm
Querschnittsbreite in der Zugzone	b_w =	100,00 cm
Schwerlage Bewehrung	d_1 =	7,70 cm
Statische Nutzhöhe	d =	32,30 cm
Betondeckung der Druckbewehrung	$c_{v,l}$ =	5,50 cm
Einwirkende Querkraft	V_{ed} =	148,00 kN/m
Einwirkende Normalkraft	N_{ed} =	0,00 kN/m

Ermittlung des Hebelarms der inneren Kräfte

z	mit $0,9 \times d$	$z1$	=	29,1 cm
z	mit $d - 2 \times c_{v,l}$	$z2$	=	21,3 cm
z	mit $d - c_{v,l} - 3,0\text{cm}$	$z3$	=	23,8 cm
				<hr/>
		z	=	21,3 cm

Ermittlung des Druckstrebenneigungswinkels

σ_{cd}	=	0,00	→	0,00 MN/m ²
Betontraganteil		$V_{Rd,cc} \times 0,8$	=	127,07 kN/m
$\cot \theta$	=	8,4868	→	3,00

Nachweis der Druckstrebe

v_{min}	=	0,780	→	0,75
Bemessungswiderstand		$V_{Rd,max}$	=	814,73 kN/m
		$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	=	0,18 < 1,00

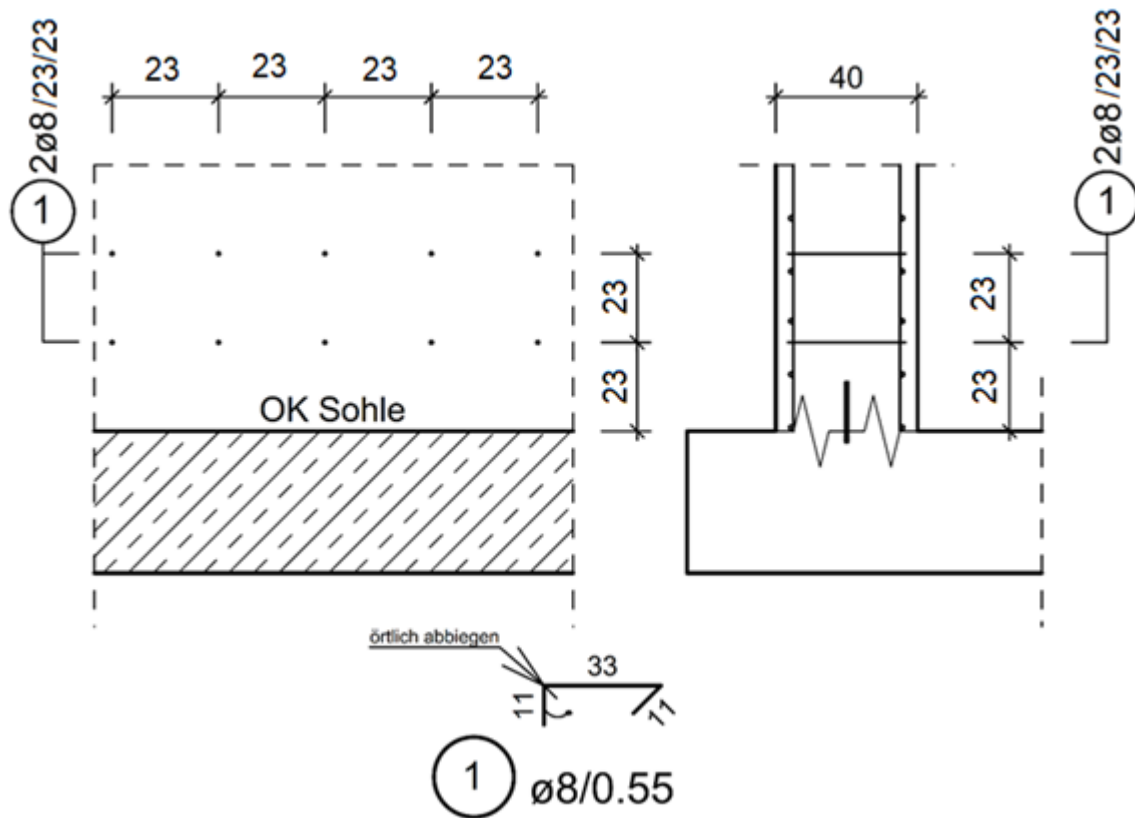
Nachweis der Druckstrebe erfüllt!**Ermittlung der erforderlichen Querkraftbewehrung**

erforderliche Querkraftbewehrung	asw	=	5,32 cm²/m²
---	-------------------------	----------	--



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A19.N1

PRINZIPISKIZZE FÜR SCHUBZULAGEN IM SOHLBEREICH



Zulagen bis 0,50m ü. OK Sohle anordnen!



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A20.N1

Schubbemessung im Bereich des Deckels

Für die Schubbemessung ergibt sich in der Systemlinie des Deckels konservativ folgende Bemessungsquerkraft (vgl. a. EDV):

$$v_{x,Ed} = 82,0 \text{ kN/m}$$

Für den Schubnachweis ist die Arbeitsfuge zu berücksichtigen. Eine rechtwinklig zur Systemachse angeordnete Fuge wirkt sich ähnlich wie ein Biegeriss aus. Die Querkraftnachweise können daher grundsätzlich wie bei einer nicht vorhandenen Fuge geführt werden. Es ist lediglich die Schubtragfähigkeit des Querschnittes ohne Querkraftbewehrung und die vertikale Komponente der Rissreibungskraft im Verhältnis $c/0,5$ abzumindern (vgl. DIN EN 1992-1-1; 6.2.5 (NA.6)). Der Abminderungsfaktor für eine raue Fuge ergibt sich zu:

$$\frac{c}{0,5} = \frac{0,4}{0,5} = 0,80$$

Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

Betongüte		=	C30/37
charakt. Betondruckfestigkeit	f_{ck}	=	30,00 N/mm ²
design Betondruckfestigkeit	f_{cd}	=	17,00 N/mm ²
Bauteilhöhe	h	=	40,00 cm
Querschnittsbreite in der Zugzone	b_w	=	100,00 cm
Schwerlage Bewehrung	d_1	=	7,70 cm
Statische Nutzhöhe	d	=	32,30 cm
Einwirkende Querkraft	V_{ed}	=	82,00 kN/m
Einwirkende Normalkraft	N_{ed}	=	0,00 kN/m
Vorh. Längsbewehrung	a_s	=	7,54 cm ² /m

Ermittlung der Eingangsparameter

κ_1		=	0,0525
κ	=	1,787	→ 1,787
v_{min}		=	0,458
σ_{cd}	=	0,00	→ 0,00 MN/m ²
ρ_l	=	0,0023	→ 0,0023

Hieraus folgen:

Bemessungswiderstand (x 0,80)	$V_{Rd,c}$	=	88,34 kN/m
Mindestwert (x 0,00)	$V_{Rd,c,min}$	=	0,00 kN/m

Nachweis:

$$V_{Ed} / V_{Rd} = 0,93 < 1,00$$

Keine Querkraftbewehrung erforderlich!

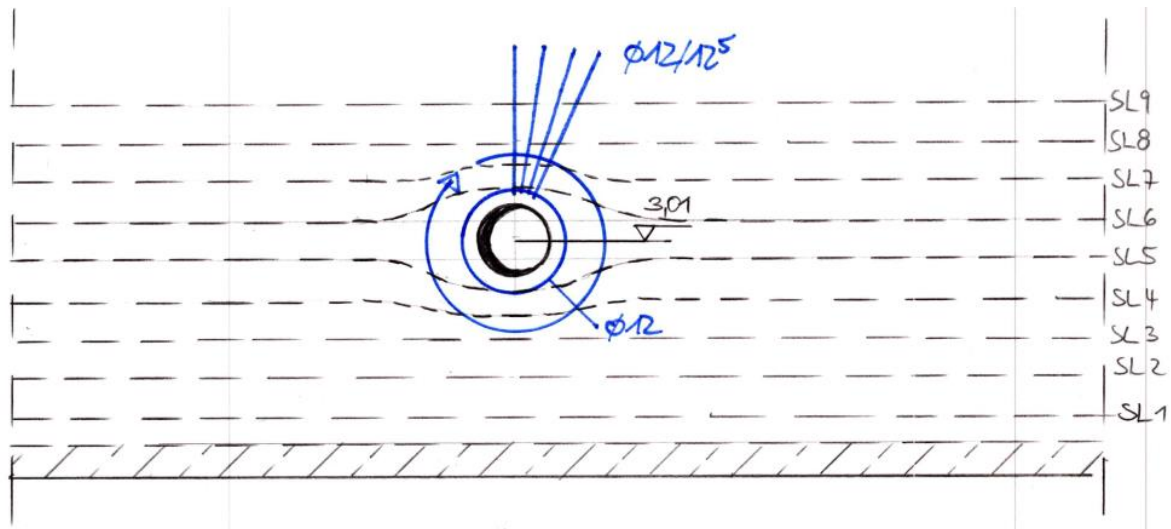
Betrachtungen zur Auswechslung des Mannlochs



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A21.N1

Die Höhenlage der Mannloch-Achse wird auf Grundlage der vorgesehenen Litzenanordnung zu +3,01m ü. OKRF vorgesehen. Hierdurch müssen insgesamt 4 Spannlitzen (SL 4 bis SL 8) umgelenkt werden. Für die Ermittlung der Rückhängebewehrung wird von einem Mindest-Krümmungsradius von $R = 3,00\text{m}$ ausgegangen. Dies ist bei der Definition der Litzenführung im Rahmen der Ausführungsplanung zu berücksichtigen! Die nachfolgend ermittelte Bewehrung liegt bei größeren Krümmungsradien auf der sicheren Seite.

Prinzipskizze zur Bewehrungsführung



Ermittlung der Ulenkkraft:

$$F_{U,d} = \frac{\gamma_P \cdot n \cdot V \cdot f_V}{R} = \frac{1,0 \cdot 2,0 \cdot 797,0 \cdot 0,8704}{3,00} = 462,5 \text{ kN/m}$$

Ermittlung der Rückhängebewehrung:

$$a_{s,erf} = \frac{462,5}{2 \cdot 43,5} = 5,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A22.N1

Pos. A3.N1: Bodenplatte

BEMESSUNG

Gem. EDV

gewählt:	Stb.-Sohle $h = 60\text{cm}$ C30/37; XC2, XS1, XF2, XA1, WA; $c_{\text{nom}} = 55\text{mm}$ Bewehrung: Grundbewehrung: # $\varnothing 16/10,0$ (im Randbereich radial / ringförmig im Innenbereich kreuzweise verlegen) Zulagen & Schubbewehrung gem. nachfolgender Ausführungen sowie [10] Sohlvertiefung biegesteif auswechseln!
-----------------	--

Hinweise:

- Bewehrungsführung siehe auch Hauptstatik aus [10]



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A23.N1

Durchstanznachweis am inneren Pfahlring

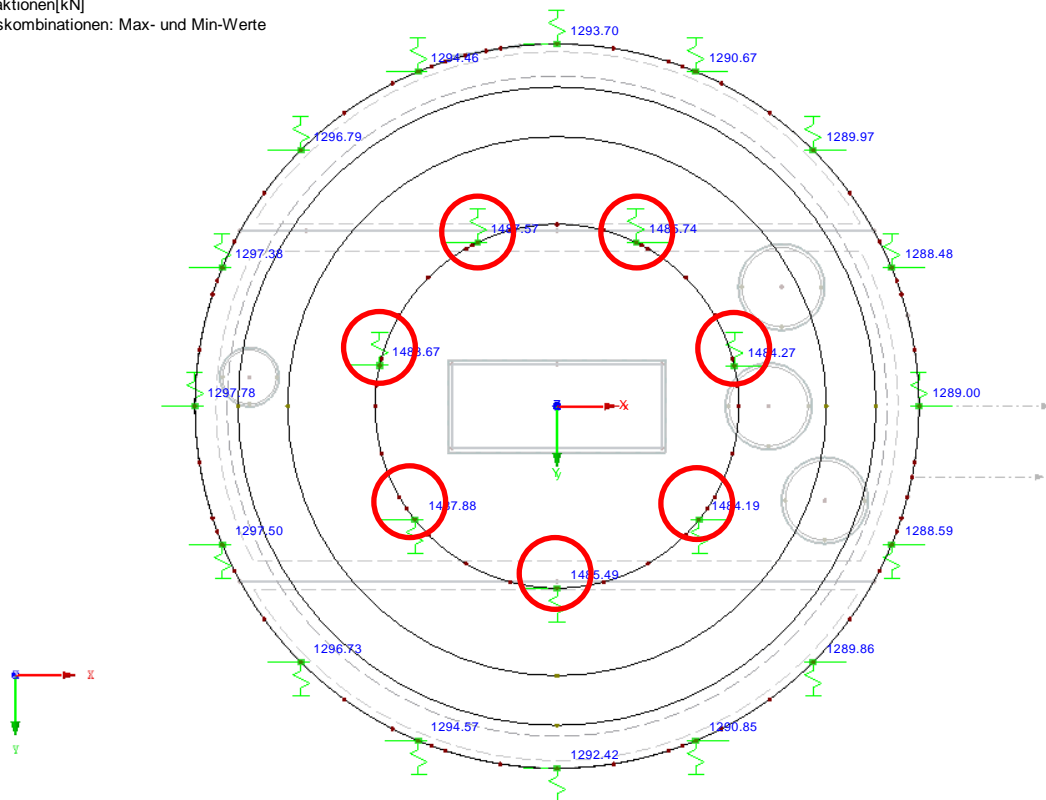
Die maximale Durchstanzlast am inneren Pfahlring ergibt sich zu:

$$V_{Ed,max} = 1490 \text{ kN}$$

Für die Nachweisführung wird ein Pfahlkopfdurchmesser von $D = 44\text{cm}$ angesetzt. Die nachfolgend angesetzte Längsbewehrung ist über U_{out} zu verankern!

EK1 : GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
Lagerreaktionen[kN]
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

In Z-Richtung



Max P-Z: 1488.67, Min P-Z: 0.00 kN



Stellen der Nachweisführung; es wird keine Durchstanzbewehrung erforderlich!



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A24.N1

	001 Projekt	Seite: ...
	P 1	Blatt: 1

Einwirkung

Durchstanzlast	$V_{Ed} = 1490 \text{ kN}$
Dynamischer Anteil	$V_{Ed,dyn} = 0 \text{ kN}$
Lasterhöhungsfaktor	$\beta = 1,10$

Abmessung - Innenstütze Rund

Durchmesser	$D = 440 \text{ mm}$
Plattendicke	$h = 600 \text{ mm}$
Statische Nutzhöhe	$d = 529 \text{ mm}$
Betondeckung oben/unten	$co; cu = 55; 55 \text{ mm}$

Material

Beton	C30/37 ($f_{ck} = 30,0 \text{ N/mm}^2$)
Stahl	B500 ($f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$)
Bewehrungsgrad	$\rho = (\rho_x \cdot \rho_y)^{1/2} = (0,28 \cdot 0,28)^{1/2} = 0,28 \%$
$A_{sx} = 14,8 \text{ cm}^2/\text{m}$ ($\sim \phi 14/104 \text{ mm}$); $A_{sy} = 14,8 \text{ cm}^2/\text{m}$ ($\sim \phi 14/104 \text{ mm}$)	

Folgende Kollapsbewehrung ist über der Stütze anzuordnen:

$$V_{Ed} / 1,4 / f_{yk} = 21,3 \text{ cm}^2$$

Durchstanznachweis nach DIN EC2:2015 + NA:2015 + ETA

Faktor κ	$\kappa = \min\{1 + (200/d)^{1/2}, 2\} = 1,61$
Einfluss der Plattendicke	$\eta = 1 + (d-200)/1000 \{\min 1,0; \max 1,6\} = 1,33$
Faktor $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c} = \max\{0, 18/\gamma_c \cdot (0,10, 1 \cdot u_0/d + 0,6); 0,1\} = 0,10$
Minimale Betontragfähigkeit	$v_{min} = (0,0525/\gamma_c) \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 393,4 \text{ kN/m}^2$
Tragfähigkeit Beton	$v_{Rd,c} = \max\{C_{Rd,c} \cdot \kappa \cdot (\rho \cdot f_{ck})^{1/3}; v_{min}\} = 393,4 \text{ kN/m}^2$

Kritischer Rundschnitt u_{crit}

Kritischer Abstand	$a_{crit} = 2,0d = 1058 \text{ mm}$
Rundschnittslänge	$u_{crit} = 8,030 \text{ m}$
Aufzunehmende Querkraft	$V_{Ed,\beta} = \beta \cdot V_{Ed} = 1639,0 \text{ kN}$
Tragfähigkeit Beton	$V_{Rd,c,crit} = v_{Rd,c} \cdot d \cdot u_{crit} = 1671,1 \text{ kN}$
Maximale Tragfähigkeit	$V_{Rd,max,crit} = V_{Rd,c,crit} \cdot (C_{Rdc}=0,10) \cdot 1,96 = 3275,4 \text{ kN}$

$$V_{Ed,\beta} = 1639,0 \text{ kN} \leq V_{Rd,c,crit} = 1671,1 \text{ kN}$$

Keine Durchstanzbewehrung erforderlich!



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A25.N1

Ergänzende Querkraftbemessung im Bereich der Behälterwand

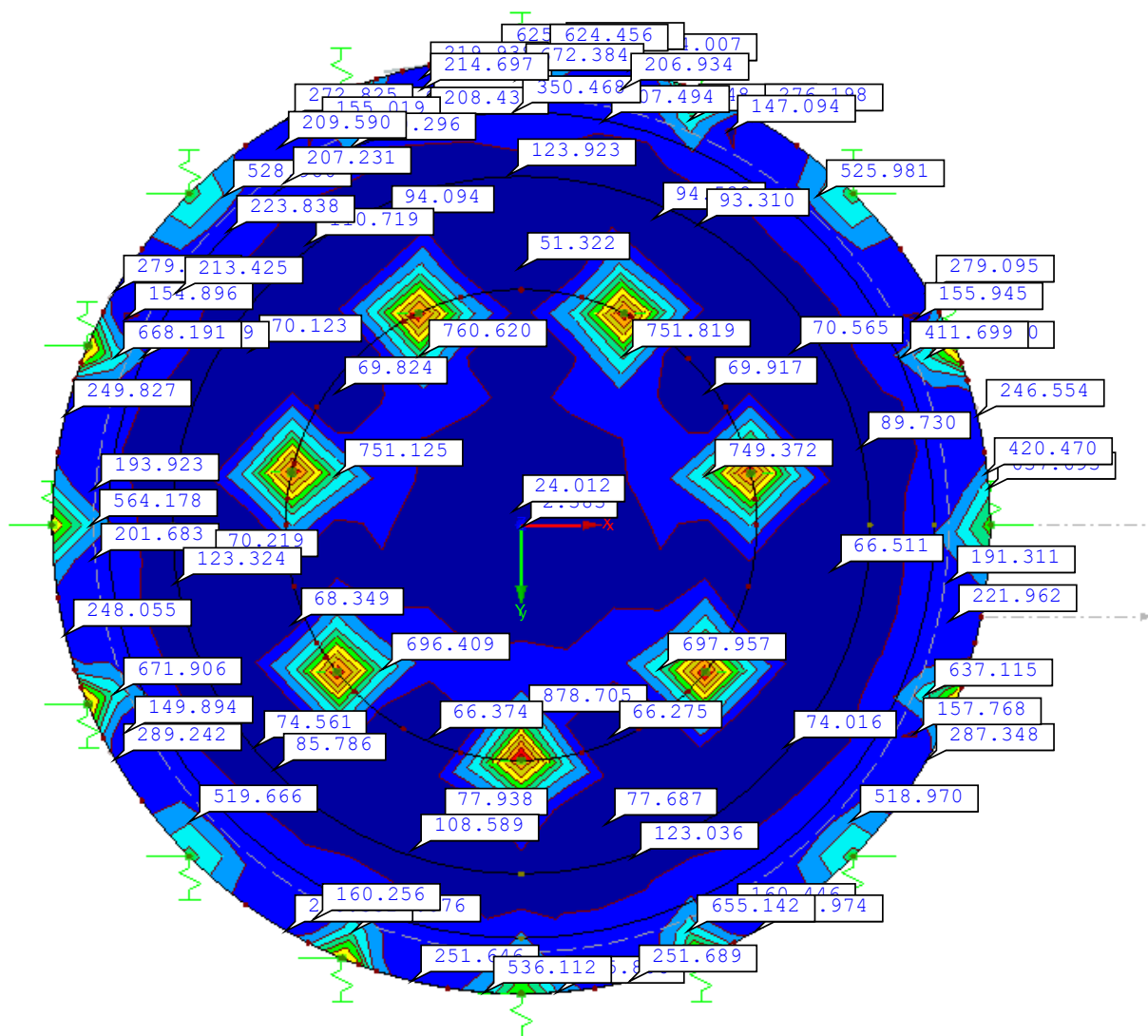
Die Bemessungskraft v_{Ed} ergibt sich zwischen den Pfählen im Abstand d im Wandanschnitt gemäß der EDV zu:

$$v_{Ed} = 220,0 \text{ kN/m}$$

Die Bemessungskraft v_{Ed} ergibt sich im Bereich der Pfähle im Abstand d im Wandanschnitt gemäß der EDV zu:

$$v_{Ed} = 410,0 \text{ kN/m}$$

EDV-Auszug zur Bemessungsquerkraft:





Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A26.N1

Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

Betongüte		=	C30/37
charakt. Betondruckfestigkeit	f_{ck}	=	30,00 N/mm ²
design Betondruckfestigkeit	f_{cd}	=	17,00 N/mm ²
Bauteilhöhe	h	=	60,00 cm
Querschnittsbreite in der Zugzone	b_w	=	100,00 cm
Schwerlage Bewehrung	d_1	=	7,10 cm
Statische Nutzhöhe	d	=	52,90 cm
Einwirkende Querkraft	V_{ed}	=	410,00 kN/m
Einwirkende Normalkraft	N_{ed}	=	0,00 kN/m
Vorh. Längsbewehrung	a_s	=	20,11 cm ² /m

Ermittlung der Eingangsparameter

k_1		=	0,0525
k	=	1,615	→ 1,615
v_{min}		=	0,393
σ_{cd}	=	0,00	→ 0,00 MN/m ²
ρ_l	=	0,0038	→ 0,0038

Hieraus folgen:

Bemessungswiderstand	$V_{Rd,c}$	=	192,29 kN/m
Mindestwert	$V_{Rd,c,min}$	=	208,11 kN/m

Nachweis:

$$V_{Ed} / V_{Rd} = 1,97 > 1,00$$

Querkraftbewehrung erforderlich!



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A27.N1

Bemessung der Querkraftbewehrung

Betongüte		=	C30/37
charakt. Betondruckfestigkeit	f_{ck}	=	30,00 N/mm ²
design Betondruckfestigkeit	f_{cd}	=	17,00 N/mm ²
Bauteilhöhe	h	=	60,00 cm
Querschnittsbreite in der Zugzone	b_w	=	100,00 cm
Schwerlage Bewehrung	d_1	=	7,10 cm
Statische Nutzhöhe	d	=	52,90 cm
Betondeckung der Druckbewehrung	$c_{v,l}$	=	5,50 cm
Einwirkende Querkraft	V_{ed}	=	220,00 kN/m
Einwirkende Normalkraft	N_{ed}	=	0,00 kN/m

Ermittlung des Hebelarms der inneren Kräfte

z	mit $0,9 \times d$	z_1	=	47,6 cm
z	mit $d - 2 \times c_{v,l}$	z_2	=	41,9 cm
z	mit $d - c_{v,l} - 3,0\text{cm}$	z_3	=	44,4 cm
		z	=	41,9 cm

Ermittlung des Druckstrebenneigungswinkels

σ_{cd}	=	0,00	→	0,00 MN/m ²
Betontraganteil		$V_{Rd,cc}$	=	312,46 kN/m
$\cot \theta$	=	-2,8552	→	3,00

Nachweis der Druckstrebe

v_{min}	=	0,780	→	0,75
Bemessungswiderstand		$V_{Rd,max}$	=	1602,68 kN/m
		$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	=	0,14 < 1,00

Nachweis der Druckstrebe erfüllt!

Ermittlung der erforderlichen Querkraftbewehrung

erforderliche Querkraftbewehrung	a_{sw}	=	4,02 cm ² /m ²
---	----------	---	--------------------------------------

Mindestbewehrung wird maßgebend:

$$a_{sw} = 0,6 \cdot 0,93 \cdot 10^{-1} \cdot 100,0 = 5,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A28.N1

Bemessung der Querkraftbewehrung

Betongüte	=	C30/37
charakt. Betondruckfestigkeit	f_{ck} =	30,00 N/mm ²
design Betondruckfestigkeit	f_{cd} =	17,00 N/mm ²
Bauteilhöhe	h =	60,00 cm
Querschnittsbreite in der Zugzone	b_w =	100,00 cm
Schwerlage Bewehrung	d_1 =	7,10 cm
Statische Nutzhöhe	d =	52,90 cm
Betondeckung der Druckbewehrung	$c_{v,l}$ =	5,50 cm
Einwirkende Querkraft	V_{ed} =	410,00 kN/m
Einwirkende Normalkraft	N_{ed} =	0,00 kN/m

Ermittlung des Hebelarms der inneren Kräfte

z	mit $0,9 \times d$	z_1 =	47,6 cm
z	mit $d - 2 \times c_{v,l}$	z_2 =	41,9 cm
z	mit $d - c_{v,l} - 3,0\text{cm}$	z_3 =	44,4 cm
		z =	41,9 cm

Ermittlung des Druckstrebenneigungswinkels

σ_{cd}	=	0,00	→	0,00 MN/m ²
Betontraganteil		$V_{Rd,cc}$	=	312,46 kN/m
$\cot \theta$	=	5,0443	→	3,00

Nachweis der Druckstrebe

v_{min}	=	0,780	→	0,75
Bemessungswiderstand		$V_{Rd,max}$	=	1602,68 kN/m
		$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	=	0,26 < 1,00

Nachweis der Druckstrebe erfüllt!

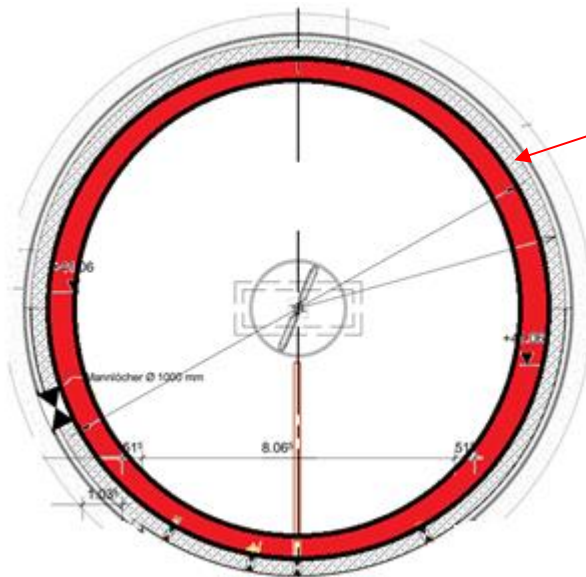
Ermittlung der erforderlichen Querkraftbewehrung

erforderliche Querkraftbewehrung	asw	=	7,50 cm²/m²
---	------------	---	--

Bei Platten mit $V_{Ed} \leq 0,30 \cdot V_{Rd,max}$ kann die Bewehrungsführung über Schubzulagen erfolgen, welche die Längsbewehrung nicht umfassen müssen.

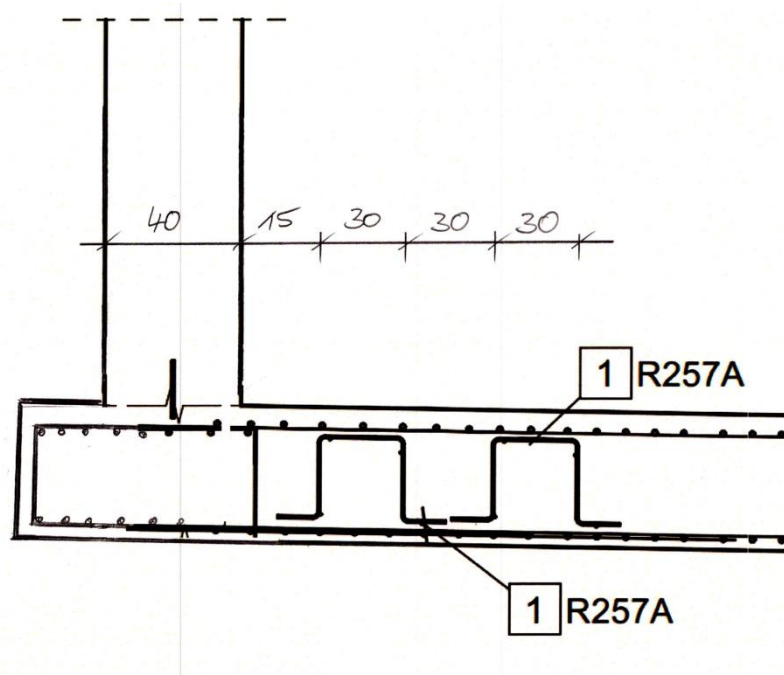
Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A29.N1

Übersicht zur Bewehrungsanordnung



2 Schubmatten-Reihen über
gesamten Behälterumfang
verteilen

Prinzip-Schnitt durch Behälterwand:





Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A30.N1

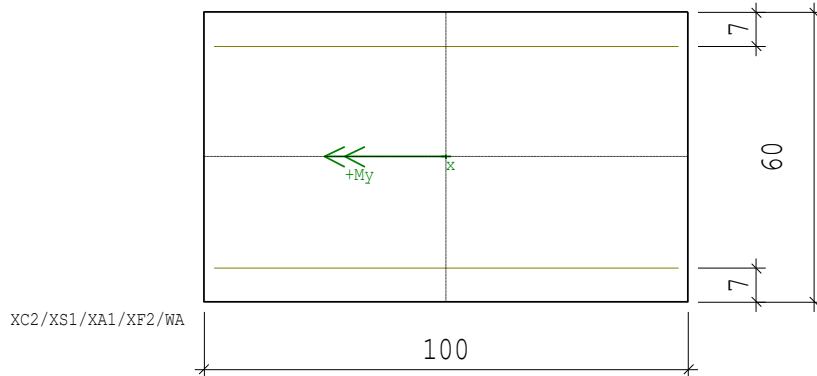
Ergänzende Rissbreitenbeschränkung

Rissbreitenbegrenzung unter frühem Zwang

Die Bodenplatte wird unter früher Zwangsbeanspruchung (Abfließen der Hydratationswärme) durch die Gründungspfähle in ihrer Verformung behindert. Es erfolgt daher die Ermittlung der Mindestbewehrung für zentrischen Zwang im frühen Betonalter (5 Tage):

Rissbreitennachweis (x64) B11 01/24 (FRILO R-2024-1/P07)

XC2/XS1/XA1/XF2/WA



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Betonstahl	B500B		
Beton	C 30/37		
	t= 5d (langsame Erh.)		
Betonzugfestigkeit	kFct(t)= 0.59 (Gl. 3.4)	fcteff= 1.72 N/mm ²	
E-Modul Beton	αE =1.00(Zuschlagstoffe)		
	kEc(t) = 0.86 (nach MC90)	Ecm= 28240 N/mm ²	

KRIECHZAHL

Betonalter	t = 5 Tage
junger Beton	ϕt=0.60(nach Lohmeyer)

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	XA1/XF2/WA		
Bewehrungskorrosion	XC2/XS1		
Mindestbetonklasse	C 35/45		
Bügel	d _{s,b} =	8	mm
Längsbewehrung	d _{s,l} =	16	mm
Vorhaltemaß	ΔC _{dev} =	15	mm
Bügel	C _{min,b} =	40	mm
Betondeckung	C _{nom,b} =	55	mm
Längsbewehrung	C _{min,l} =	40	mm
Betondeckung	C _{nom,l} =	63	mm *1
Verlegemaß Bügel	C _{v,b} =	55	mm
zul. Rissbreite	w _{max} =	0.20	mm *3
*1: mit c _{min,b}			
*3: nutzerdef.			



Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A31.N1

QUERSCHNITT

Rechteck	bw =	100.0 cm	h =	60.0 cm
Bewehrung	dob =	7.0 cm	dun =	7.0 cm

NACHWEIS RISSBREITE

$w_{\max}=0.20\text{mm}$ (nutzerdef.) $d_s=16.0\text{mm}$

Mindestbewehrung, zentrischer Zwang:

innerer Zwang, Dauerlast $k_t=0.4$

Risschnittkräfte: vorgegebene Längskraft $N_{cr} = 0.00 \text{ kN}$

$f_{cteff} = 1.72 \text{ N/mm}^2$

Teilquer- schnitt-	d_s	w_{\max}	σ_{sheff}	$A_{s71akck}$	A_{s751b}	A_{s71}			
	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]

Steg ob+un	16	0.20	160.8	20.0	42.87	1.00	0.63	13.07	40.04
------------	----	------	-------	------	-------	------	------	-------	-------

maßgebend: $A_s = 40.04 \text{ cm}^2$, je Seite $A_s = 20.02 \text{ cm}^2$

Rissbreitenbegrenzung unter spätem Zwang

Mit einer späten Zwangbeanspruchung ist nicht zu rechnen, da sich die Sohle bei Füllung des Behälters und Aufheizung auf Betriebstemperatur ausdehnt. Der horizontale Widerstand der Pfähle wirkt in diesem Fall günstig, da er druckerzeugend ist. Gesonderte Betrachtungen sind somit entbehrlich.

Rissbreitenbegrenzung unter Last

Gem. EDV

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A32.N1

Pos. A6.N1: Fundament Fassadenbegrünung

SYSTEM, LASTZUSAMMENSTELLUNG, SCHNITTGRÖßEN & BEMESSUNG

siehe [10]

gewählt:	Stb.-Blockfundament L x B x H = 0,60 x 0,50 x 0,80 m C30/37 (langsam erhärtend); XC2, XS1, XF2, WF Bewehrung: Bü. Ø8/20
-----------------	--

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)		Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme	Seite A33.N1

Aufgestellt: Achim, 18.03.2024



(Dennis Martens, M.Sc.)

P 3333006

Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)
Friesische Straße 53
25980 Sylt

Erweiterung der Kläranlage Sylt
Erneuerung Schlammbehandlung

EDV-Anhang – 1. Nachtrag

Kap. A: Faultürme

Verfasser:

Dr. Born - Dr. Ermel GmbH
- Ingenieure -
Finienweg 7
28832 Achim
Telefon: 04202 / 7 58-0
Telefax: 04202 / 7 58-500
E-Mail: info@born-ermel.de
Internet: www.born-ermel.de

Achim, im März 2024

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)	Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme
		Seite E.A2.N1

Inhaltsverzeichnis

Pos. A1.N1 – A4.N1: FALTWERKMODELL FAULTURM.....	3
--	---

Bauherr:	Energieversorgung Sylt GmbH (EVS Sylt)	Projekt-Nr. 3333006
Projekt:	Erneuerung Schlammbehandlung	Position: Faultürme
		Seite E.A3.N1

Pos. A1.N1 – A4.N1: Faltwerkmodell Faulturm

Projekt: 1641 KA Wunstorf

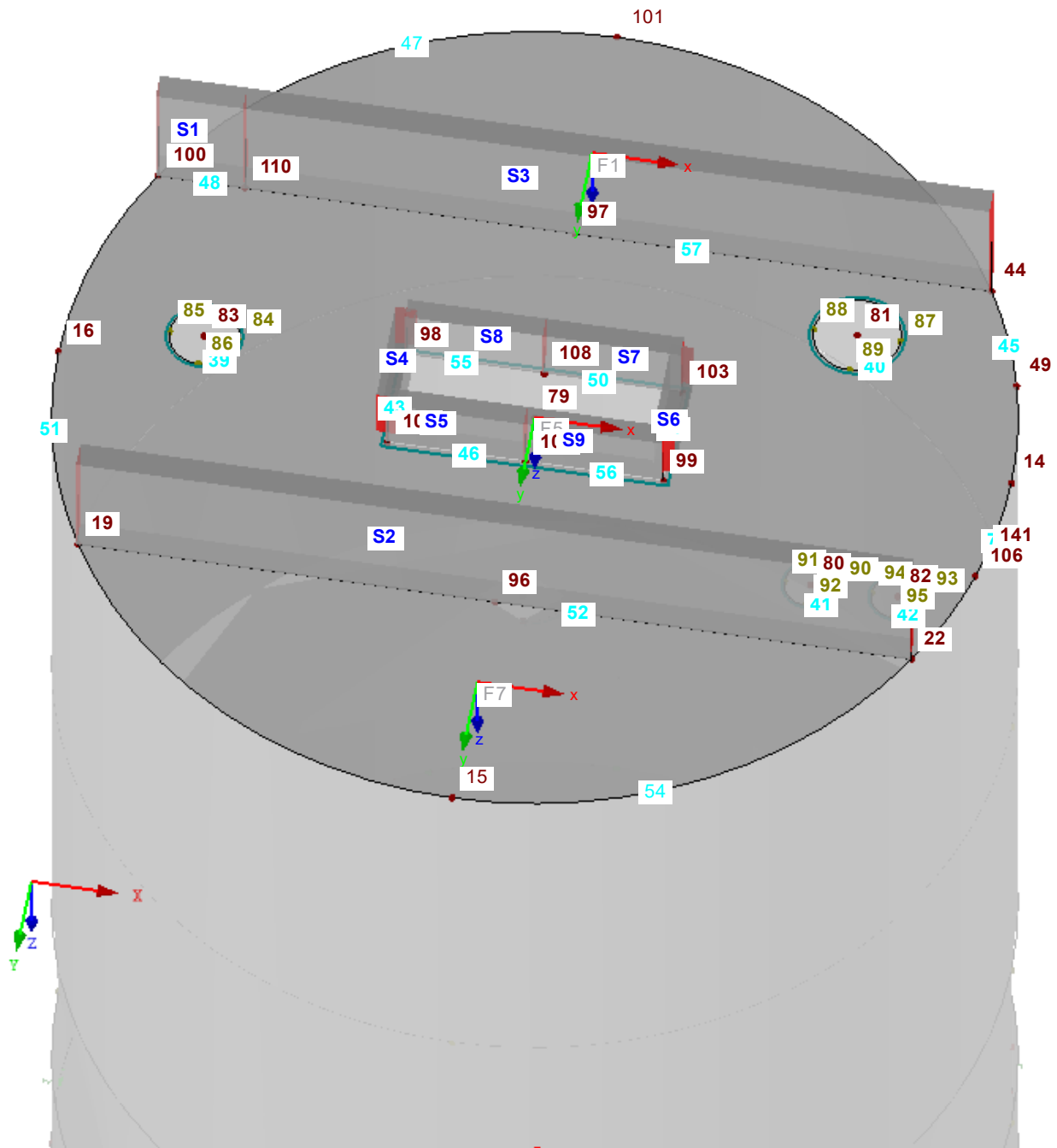
Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ MODELL

Flächen-Nummerierung
Linien-Nummerierung
Knotennummerierung
Stabnummerierung

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

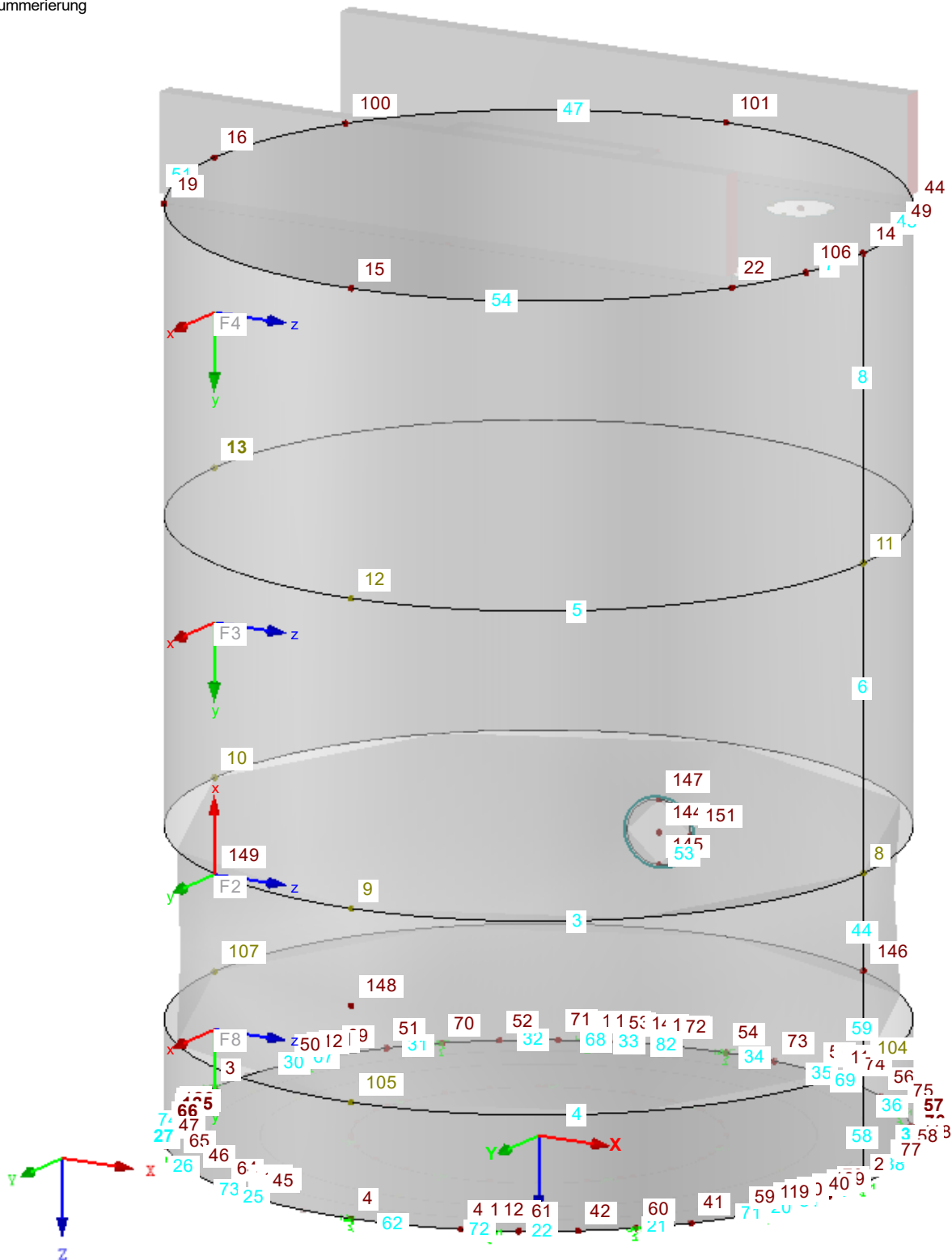
Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ **MODELL**

Flächen-Nummerierung
Linien-Nummerierung
Knotennummerierung
Stabnummerierung

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

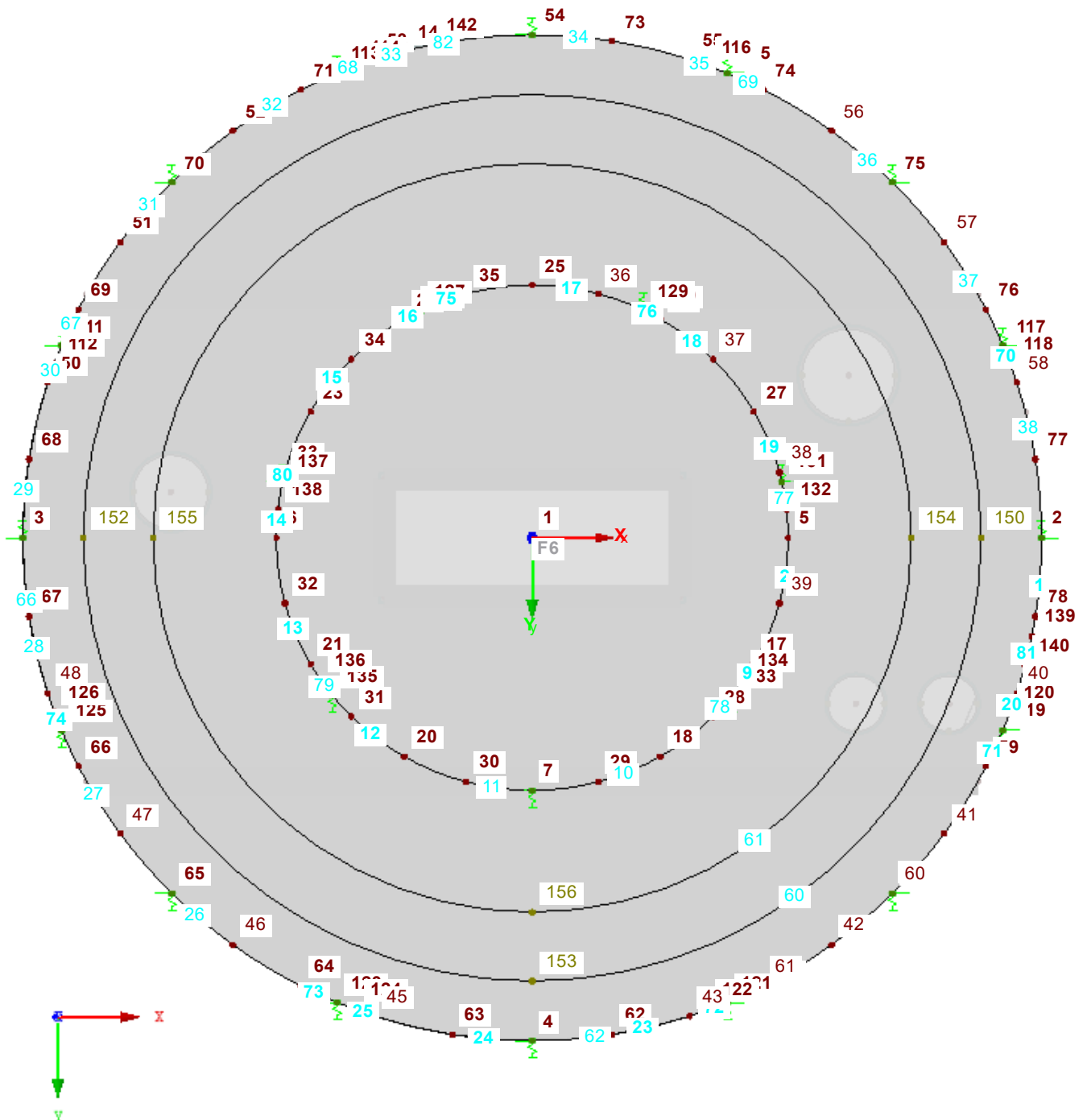
Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ MODELL

Flächen-Nummerierung
Linien-Nummerierung
Knotennummerierung
Stabnummerierung

In Z-Richtung



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ 2.5 LASTKOMBINATIONEN

Last-kombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall
LK208	G Ch	GZG - Selten	2	0.90	LF2
			3	1.00	LF3
			4	1.00	LF4
			5	1.00	LF5
			6	0.50	LF7
			1	1.00	LF1
LK209	G Ch	GZG - Selten	2	1.00	LF2
			3	1.00	LF5
			4	1.00	LF9
			1	1.00	LF1
LK210	G Ch	GZG - Selten	2	0.90	LF2
			3	1.00	LF5
			4	1.00	LF9
			1	1.00	LF1
			2	1.00	LF2
LK211	G Ch	GZG - Selten	3	0.80	LF3
			4	1.00	LF4
			5	1.00	LF5
			6	1.00	LF7
			7	1.00	LF9
			1	1.00	LF1
			2	0.90	LF2
LK401	G Qs	GZG - Quasi-ständig	3	0.80	LF3
			4	1.00	LF4
			5	1.00	LF5
LK402	G Qs	GZG - Quasi-ständig	6	1.00	LF7
			7	1.00	LF9
			1	1.00	LF1
			2	1.00	LF2
			3	0.50	LF3
LK403	G Qs	GZG - Quasi-ständig	4	1.00	LF4
			5	1.00	LF5
			1	1.00	LF1
			2	0.90	LF2
			3	0.50	LF3
LK1000	LAG	Auftrieb	4	1.00	LF4
			5	1.00	LF5
			1	0.95	LF1
			2	1.05	LF11
					Auftrieb

■ 2.7 ERGEBNISKOMBINATIONEN

Ergebn.-kombin.	Bezeichnung	Belastung
EK1	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10	LK101 oder bis LK110
EK2	GZG - Selten	LK201 oder LK203 oder bis LK210
EK3	GZG - Quasi-ständig	LK401 oder bis LK403

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE - KOORDINATENSYSTEM

LF1: Eigenlasten

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_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	108,109	0 Globales XYZ	0.000	0.000	11.000	0.000	0.000	0.000

3.4 FLÄCHENLASTEN

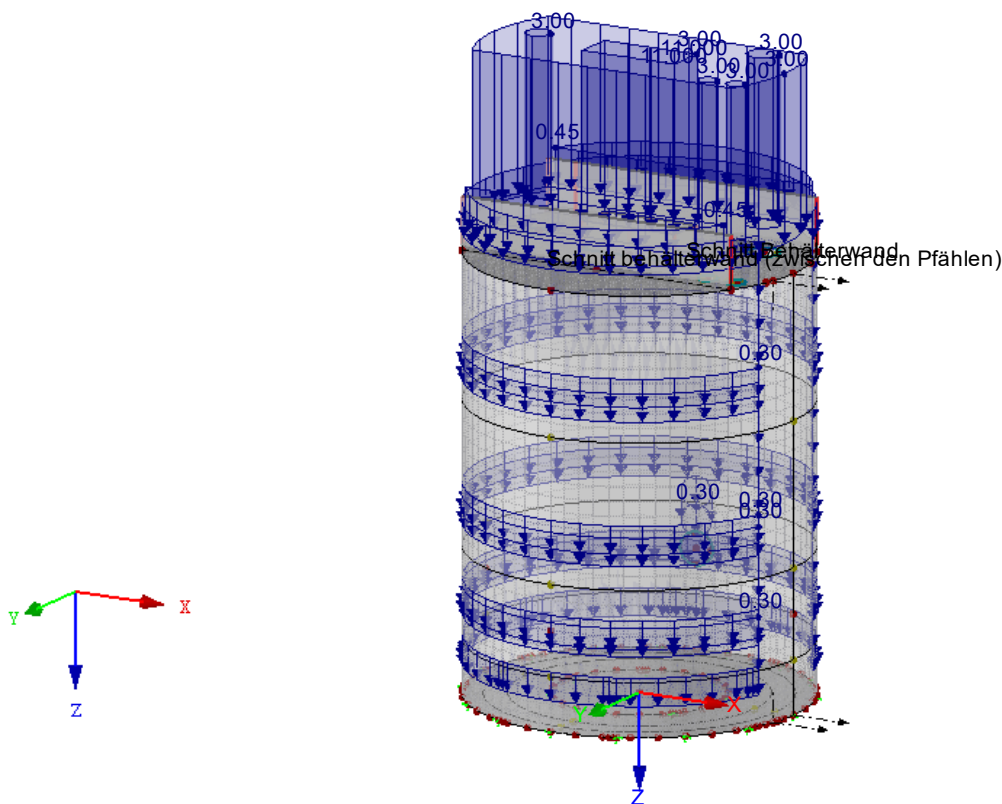
LF1: Eigenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	5	Kraft	Konstant	ZL	p	3.00	kN/m ²
2	1,7	Kraft	Konstant	ZL	p	0.45	kN/m ²
3	2-4,8	Kraft	Konstant	ZL	p	0.30	kN/m ²

LF1: EIGENLASTEN

LF1 : Eigenlasten
Belastung [kN/m²], [kN]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

LF2

Vorspannung

■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

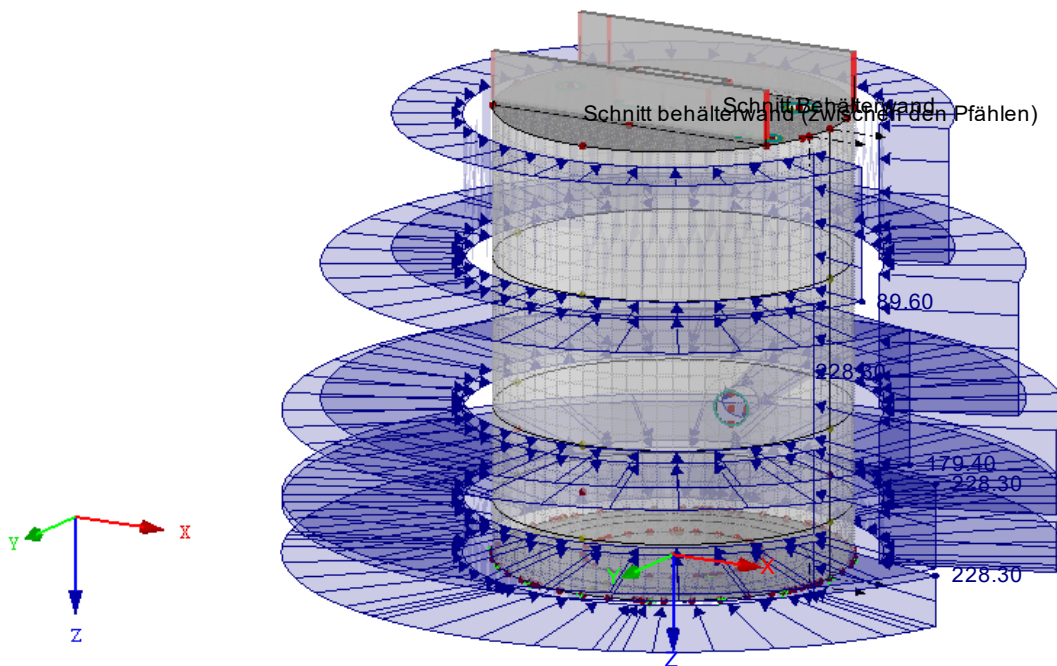
LF2: Vorspannung

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	4	Kraft	Konstant	z	p	89.60	kN/m ²
2	3	Kraft	Konstant	z	p	179.40	kN/m ²
3	2,8	Kraft	Konstant	z	p	228.30	kN/m ²

■ LF2: VORSPANNUNG

LF2 : Vorspannung
Belastung [kN/m²]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE - KOORDINATENSYSTEM

LF3: Nutzlasten auf Deckel

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_U	M_Y / M_V	M_Z / M_W
1	110	0 Globales XYZ	0.000	0.000	10.000	14.150	-14.150	0.000

3.4 FLÄCHENLASTEN

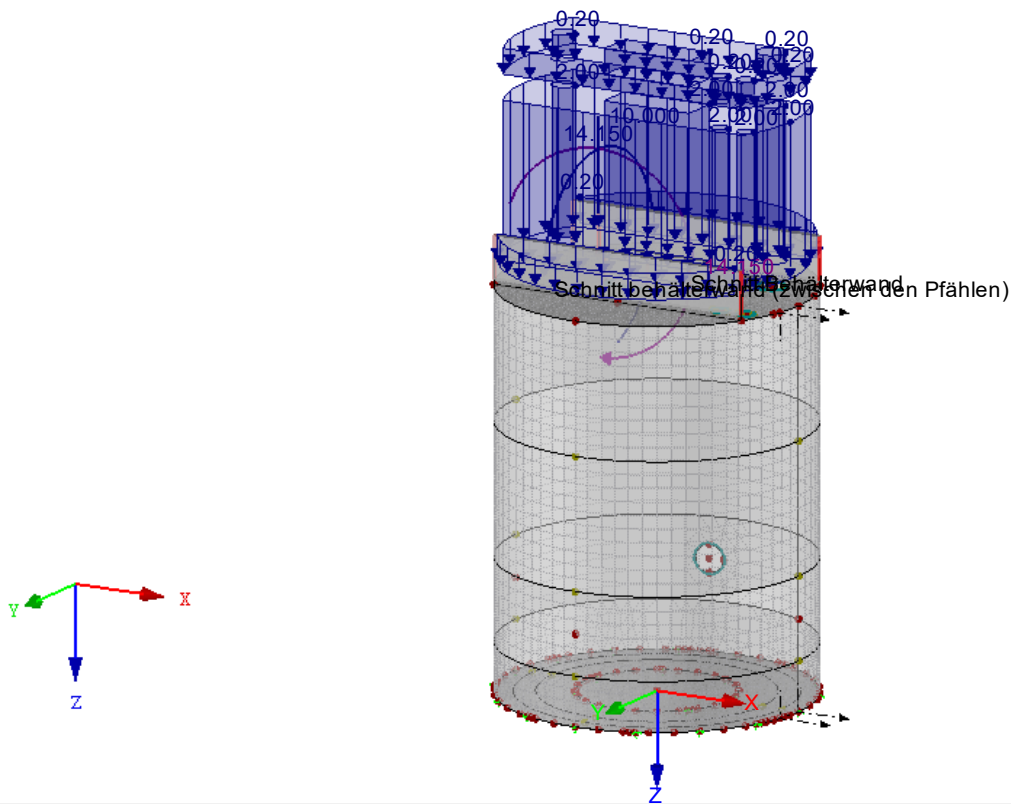
LF3: Nutzlasten auf Deckel

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	5	Kraft	Konstant	z	p	2.00	kN/m ²
2	1,5,7	Kraft	Konstant	z	p	0.20	kN/m ²

LF3: NUTZLASTEN AUF DECKEL

LF3 : Nutzlasten auf Deckel
Belastung [kN/m²], [kN], [kNm]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE - KOORDINATENSYSTEM

LF4: Rührwerkslasten

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_U	M_Y / M_V	M_Z / M_W
1	108	0 Globales XYZ	-7.800	0.000	-13.900	0.000	0.000	0.000
2	109	0 Globales XYZ	7.800	0.000	13.900	0.000	0.000	0.000

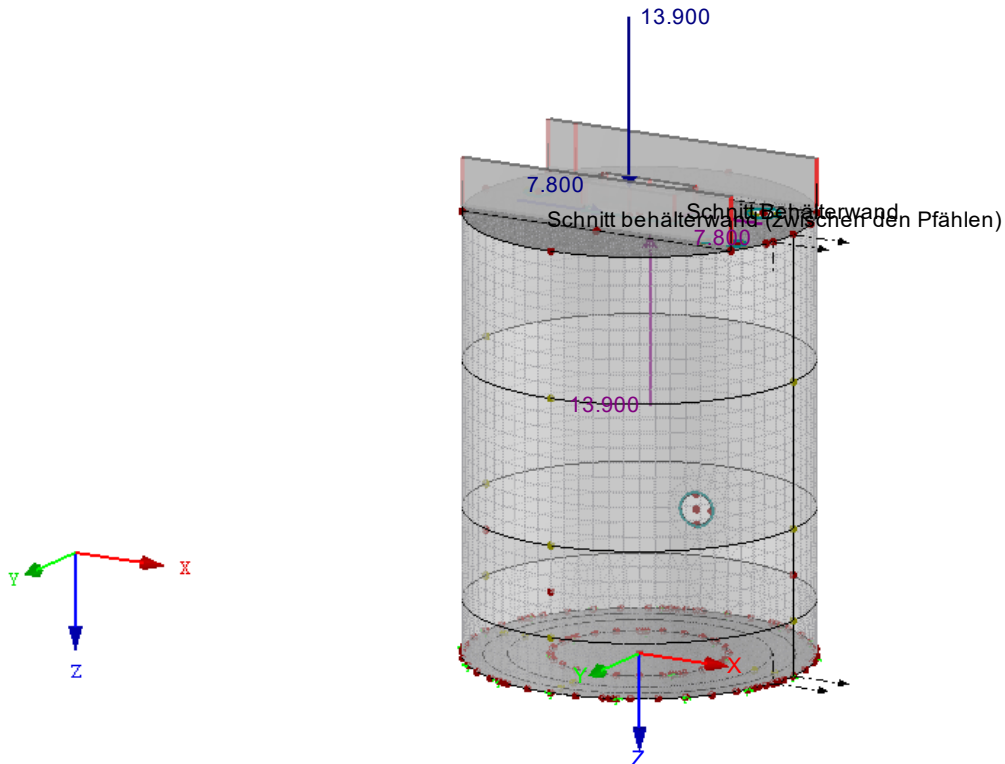
LF4

Rührwerkslasten

LF4: RÜHRWERKSLASTEN

LF4 : Rührwerkslasten
Belastung [kN]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

LF5

Flüssigkeitsdruck

■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

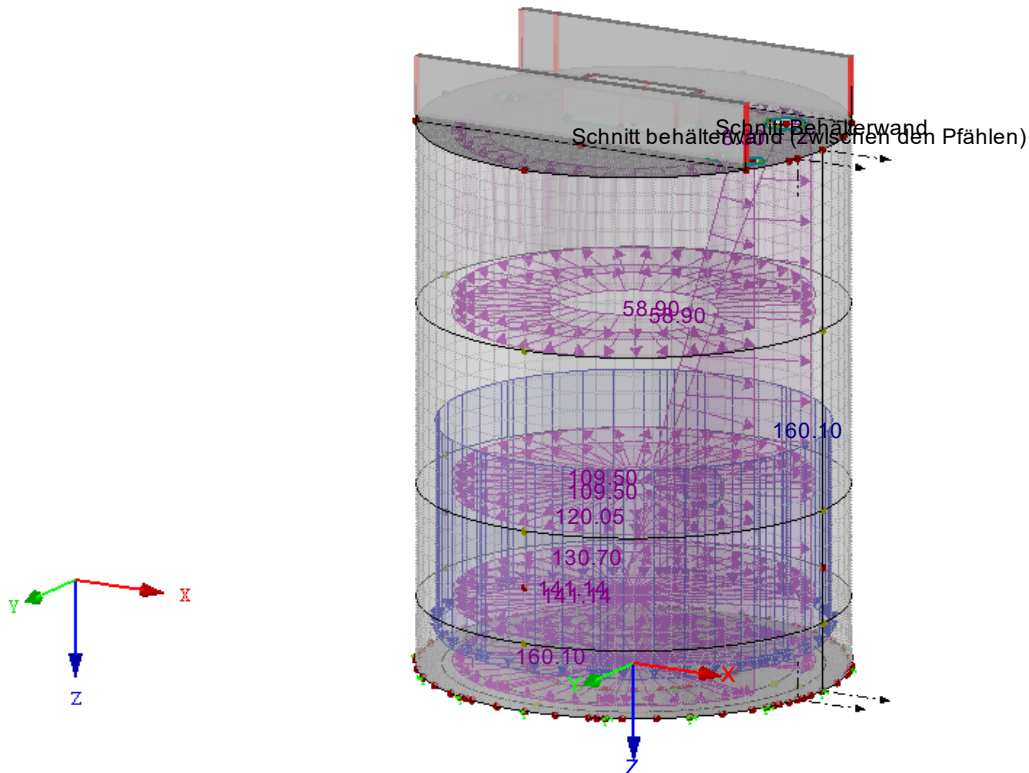
LF5: Flüssigkeitsdruck

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit	An Knoten Nr.
2	2,4,8	Kraft	Linear in Z	z	p ₁	-8.30	kN/m ²	15
3	3	Kraft	Linear in Z	z	p ₂	-160.10	kN/m ²	4
4	6	Kraft	Konstant	z	p ₁	-8.30	kN/m ²	15
					p ₂	-160.10	kN/m ²	4
					p	160.10	kN/m ²	

■ LF5: FLÜSSIGKEITSDRUCK

LF5 : Flüssigkeitsdruck
Belastung [kN/m²]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

LF7
Schnee

■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

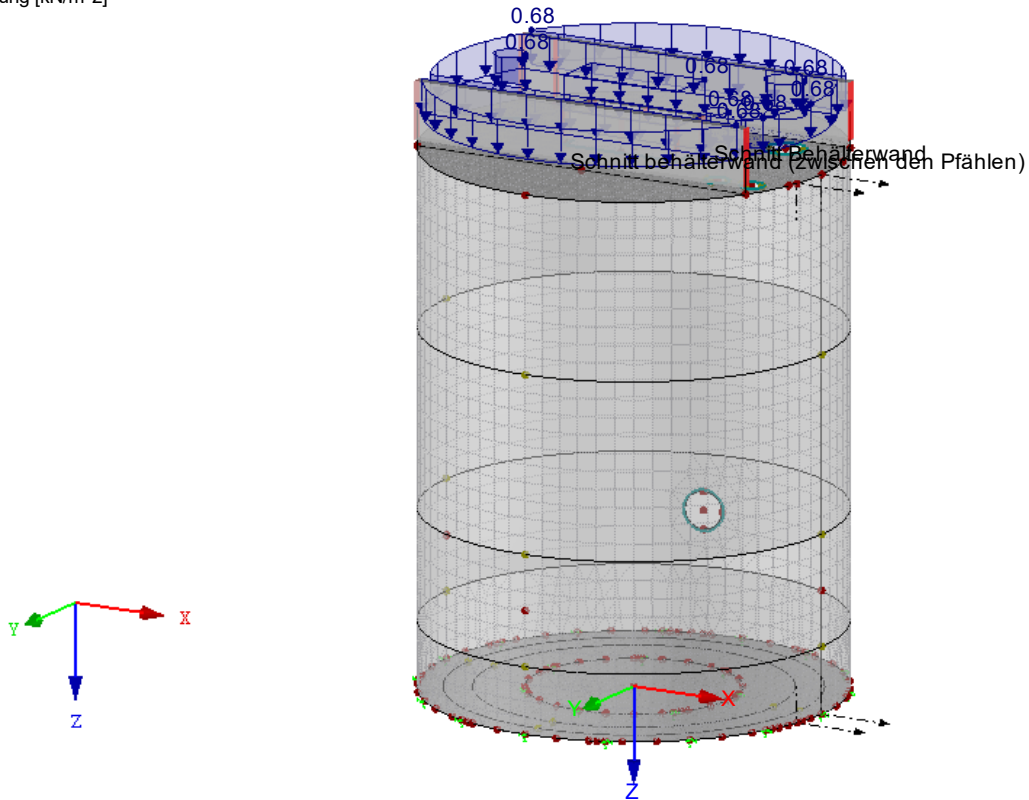
LF7: Schnee

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	1,5,7	Kraft	Konstant	z	p	0.68	kN/m ²

■ LF7: SCHNEE

LF7 : Schnee
Belastung [kN/m²]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

LF8
Wind

■ 3.11 FREIE VERÄNDERLICHE LASTEN

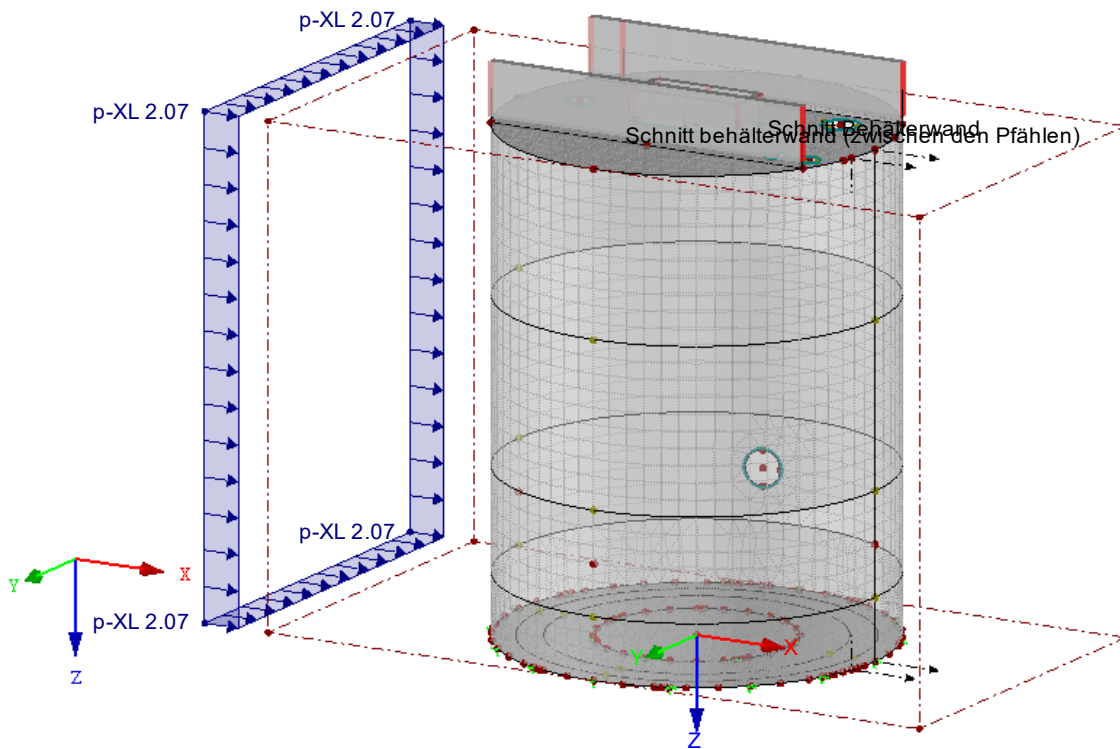
LF8: Wind

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Verlauf in Z-Richtung	Verlauf entlang	Last- Richtung	X(Y) ₁	Lastposition [m] Z ₁	X(Y) ₂	Z ₂	Lastgröße [kN/m ²]
1	2-4	YZ	Konstant	Konstant	XL	5.475	-14.250	-5.475	0.000	2.07

■ LF8: WIND

LF8 : Wind
Belastung [kN/m²]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf Modell: Faulbehälter
1. Nachtrag

LF9
Temperatur

3.4 FLÄCHENLASTEN

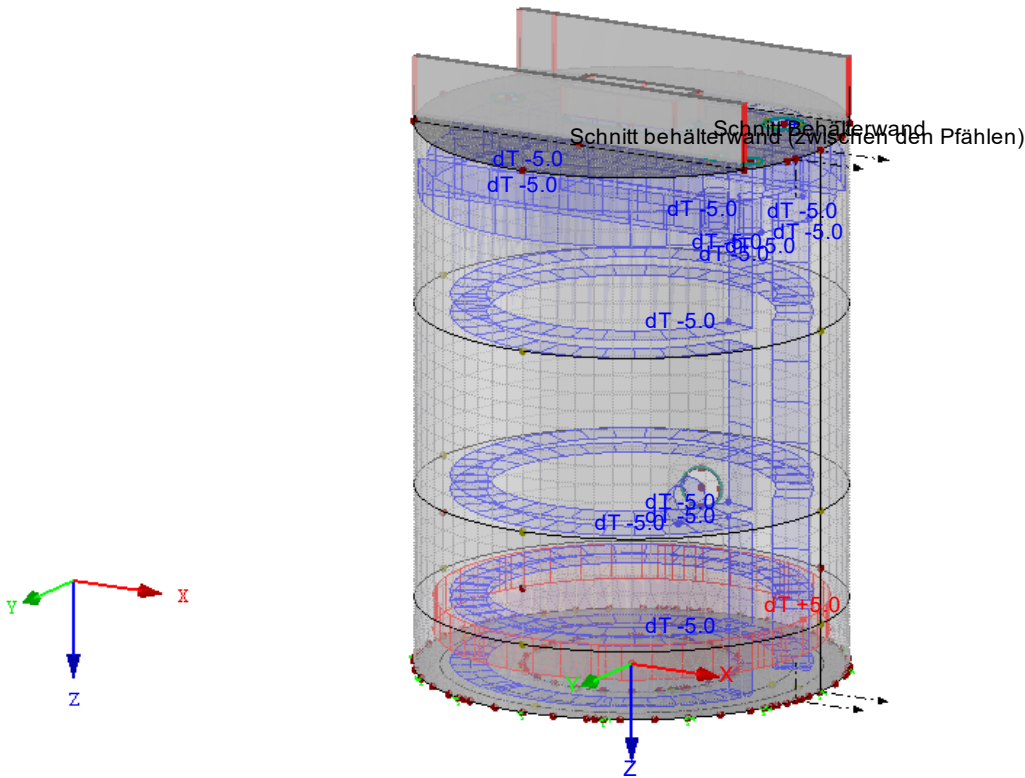
LF9: Temperatur

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	1-5,7,8	Temperatur	Konstant		T_c	0.0	°C
2	6	Temperatur	Konstant		ΔT	-5.0	°C
					ΔT	5.0	°C

LF9: TEMPERATUR

LF9 : Temperatur
Belastung [°C]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf Modell: Faulbehälter
1. Nachtrag

LF10
Erddruck

3.4 FLÄCHENLASTEN

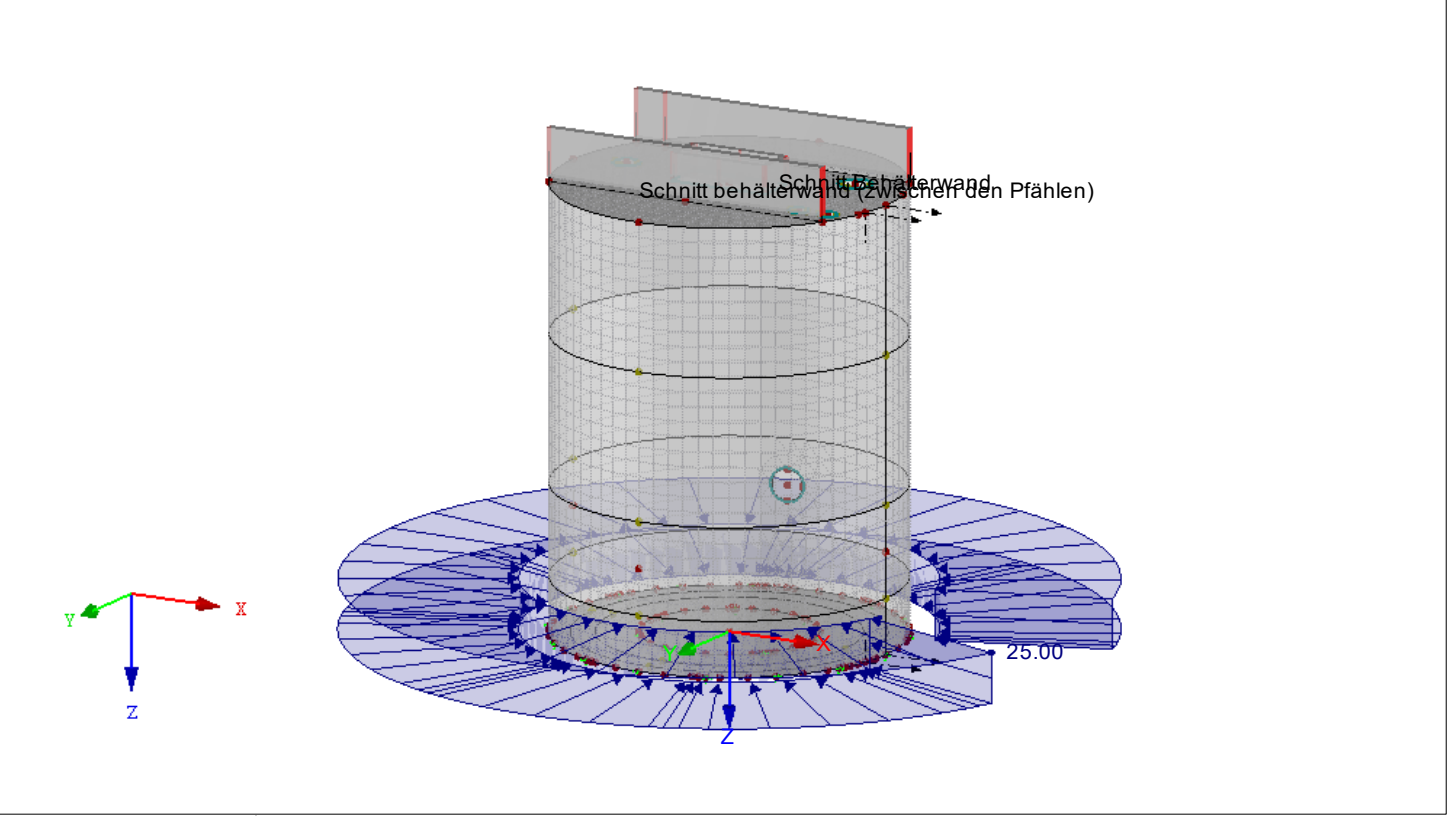
LF10: Erddruck

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	8	Kraft	Konstant	z	p	25.00	kN/m ²

LF10: ERDDRUCK

LF10 : Erddruck
Belastung [kN/m^2]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

LF11
Auftrieb

■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

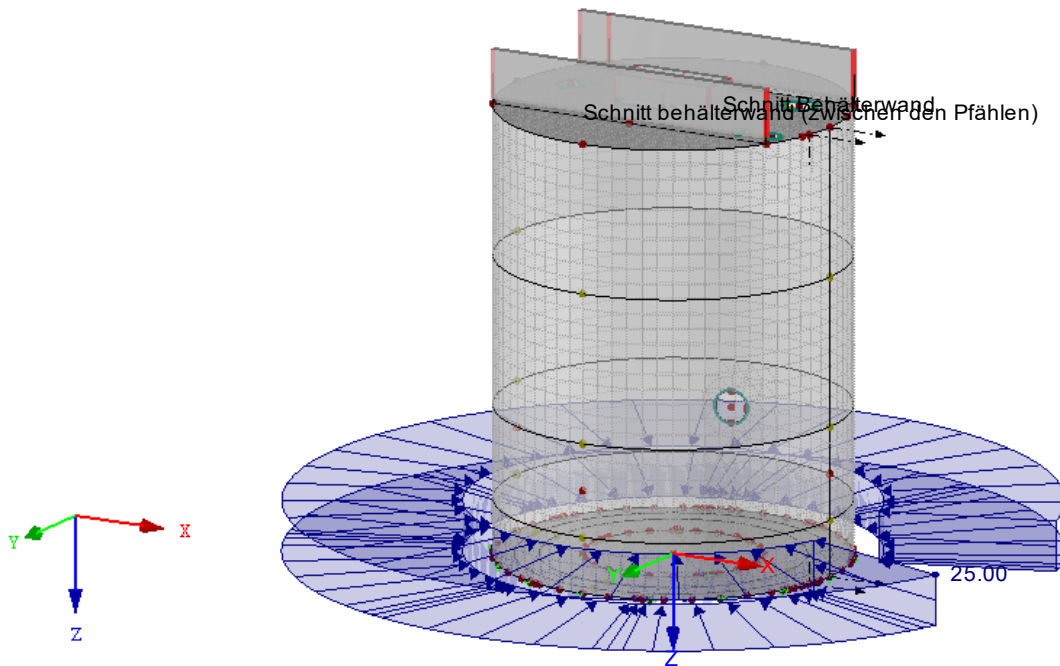
LF11: Auftrieb

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	6	Kraft	Konstant	ZL	p	-21.20	kN/m ²

■ LF10: ERDDRUCK

LF10 : Erddruck
Belastung [kN/m²]

Isometrie



Projekt: 1641 KA Wunstorf

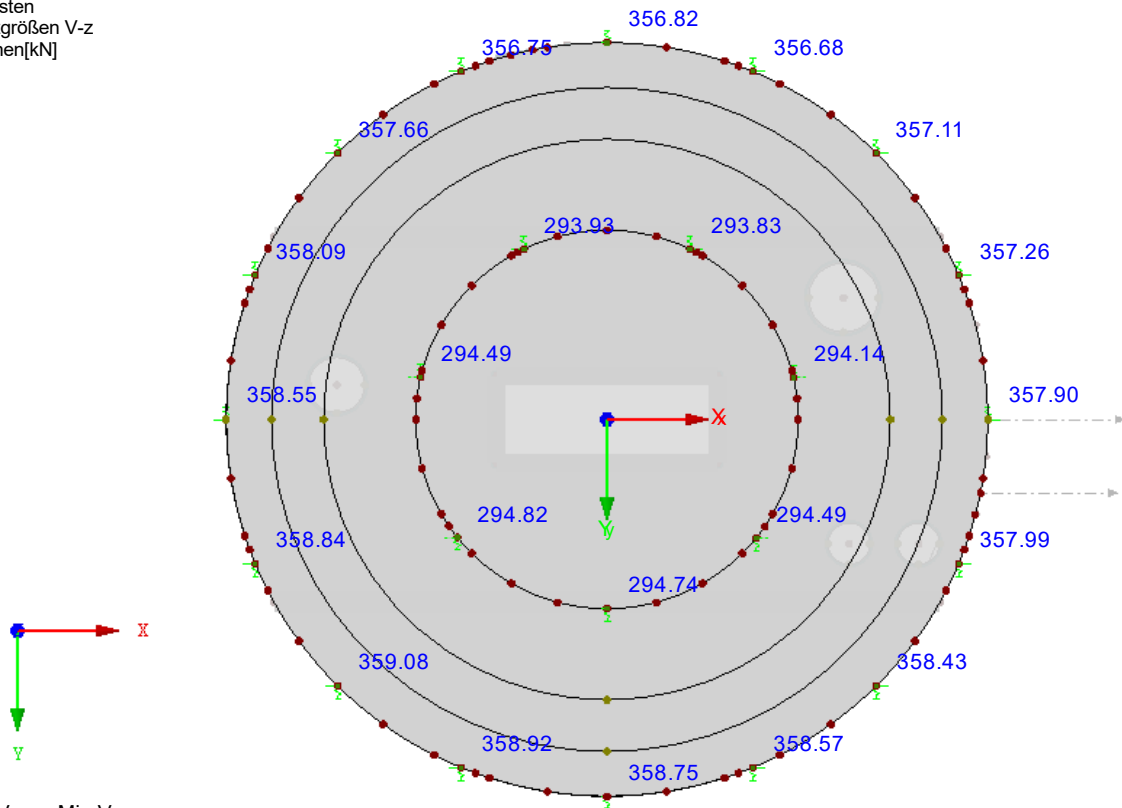
Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

LF1 : Eigenlasten
Stäbe Schnittgrößen V-z
Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung



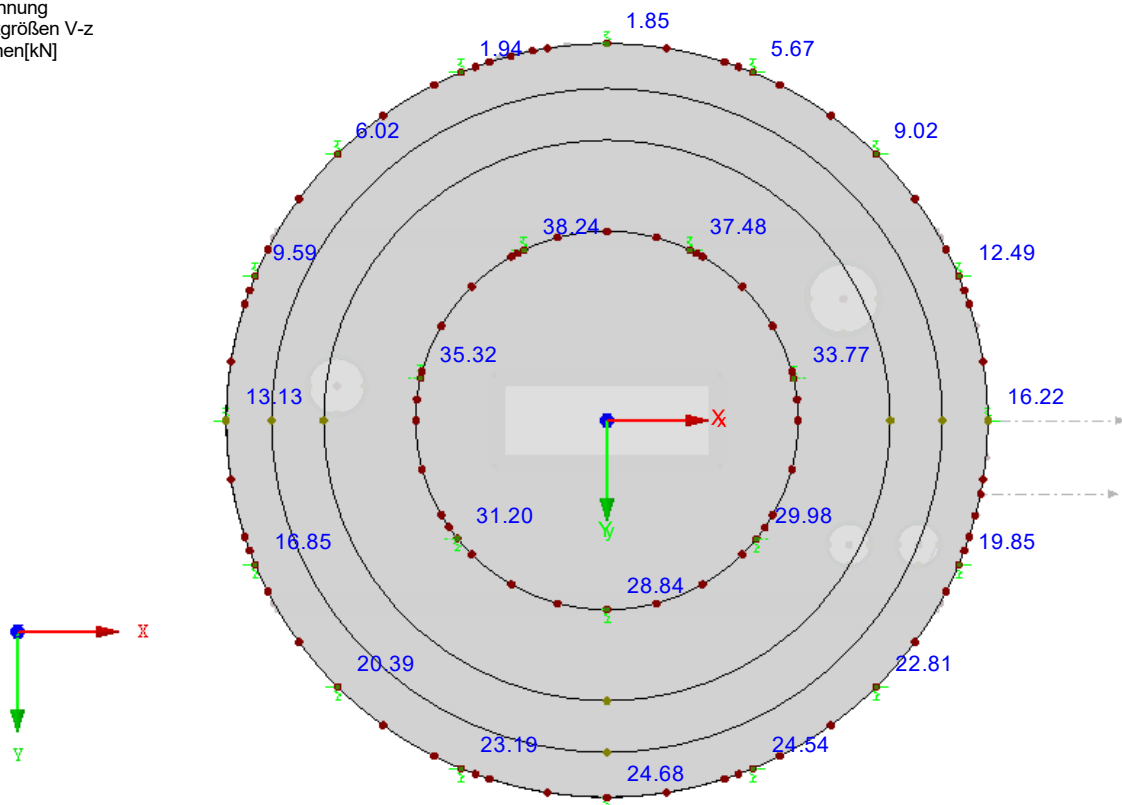
Stäbe Max V-z: -, Min V-z: -
Max P-Z': 359.08, Min P-Z': 293.83 kN

2.269 m

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

LF2 : Vorspannung
Stäbe Schnittgrößen V-z
Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung



Stäbe Max V-z: -, Min V-z: -
Max P-Z': 38.24, Min P-Z': -24.68 kN

2.269 m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

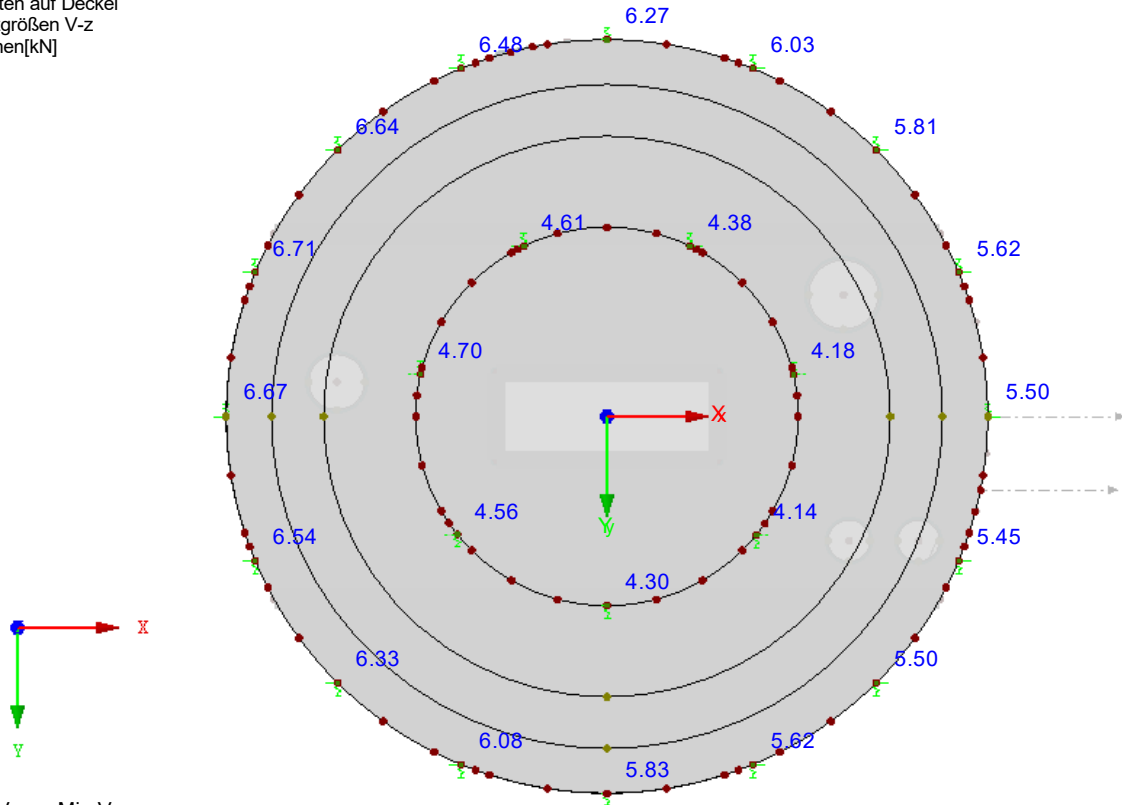
Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

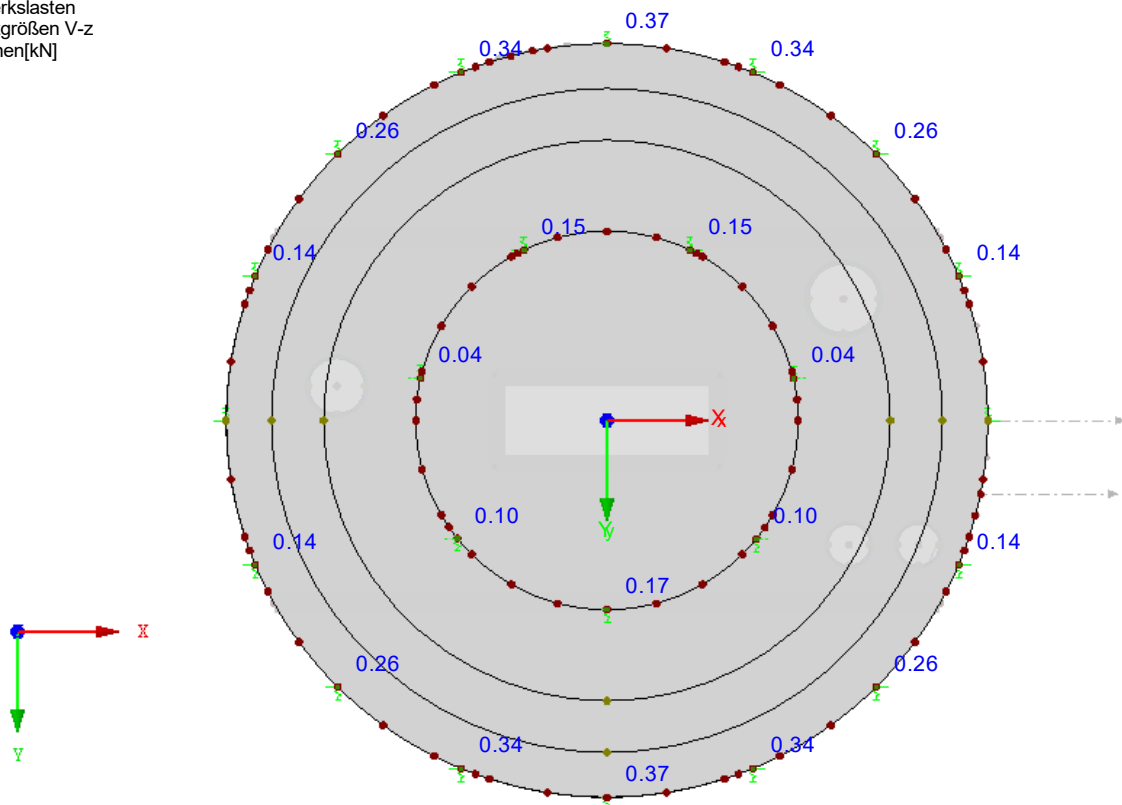
LF3 : Nutzlasten auf Deckel
 Stäbe Schnittgrößen V-z
 Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

LF4 : Rührwerklasten
 Stäbe Schnittgrößen V-z
 Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung



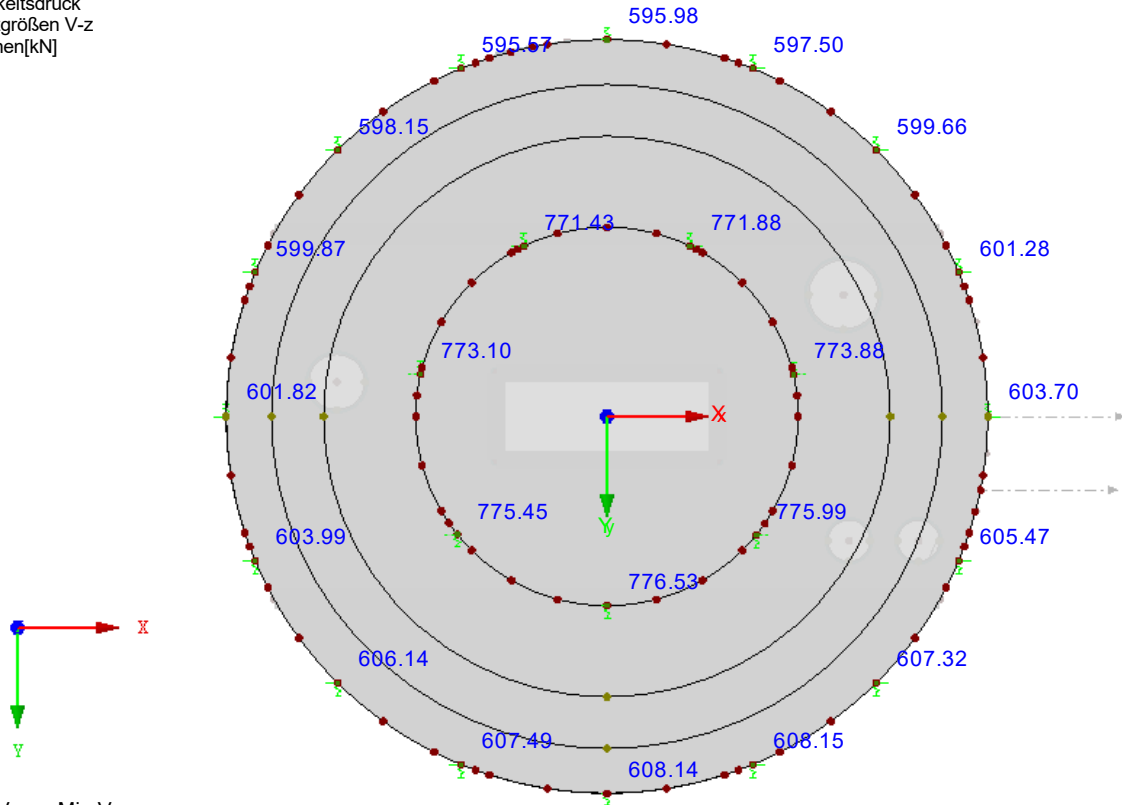
Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONENLF5 : Flüssigkeitsdruck
Stäbe Schnittgrößen V-z
Lagerreaktionen[kN]

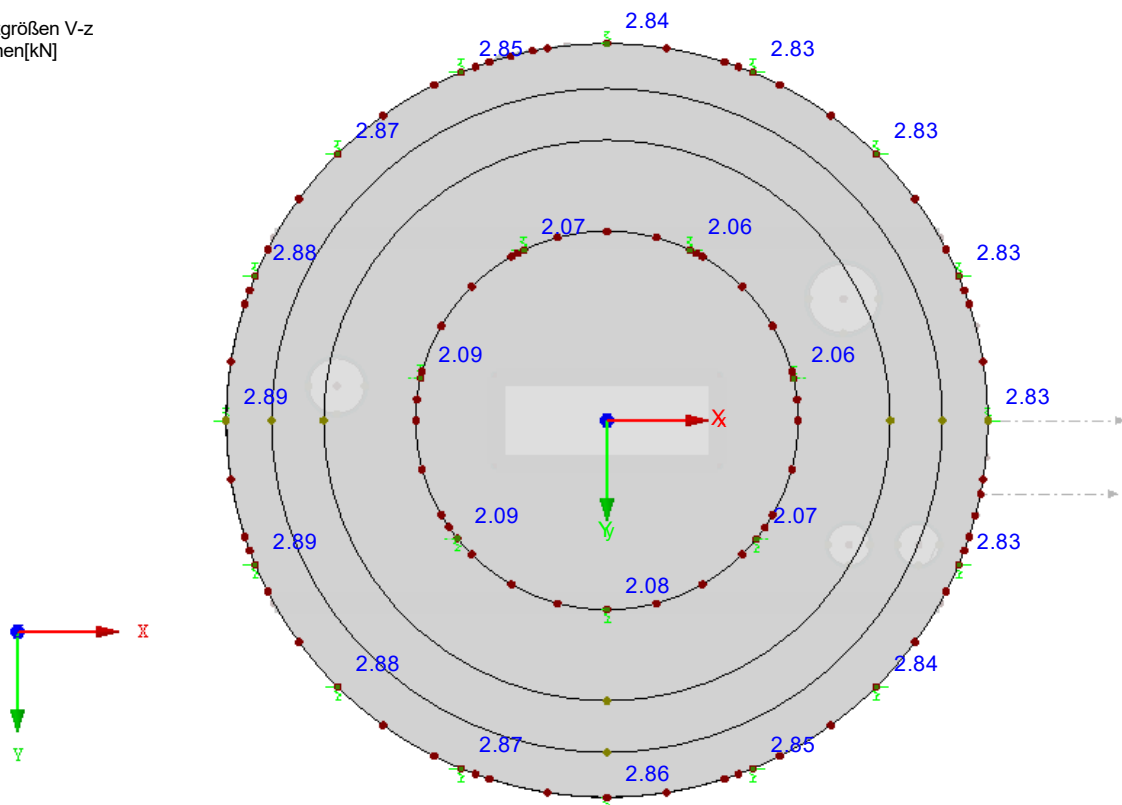
In Z-Richtung

Stäbe Max V-z: -, Min V-z: -
Max P-Z': 776.53, Min P-Z': 595.57 kN

2.269 m

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONENLF7 : Schnee
Stäbe Schnittgrößen V-z
Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung

Stäbe Max V-z: -, Min V-z: -
Max P-Z': 2.89, Min P-Z': 2.06 kN

2.269 m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

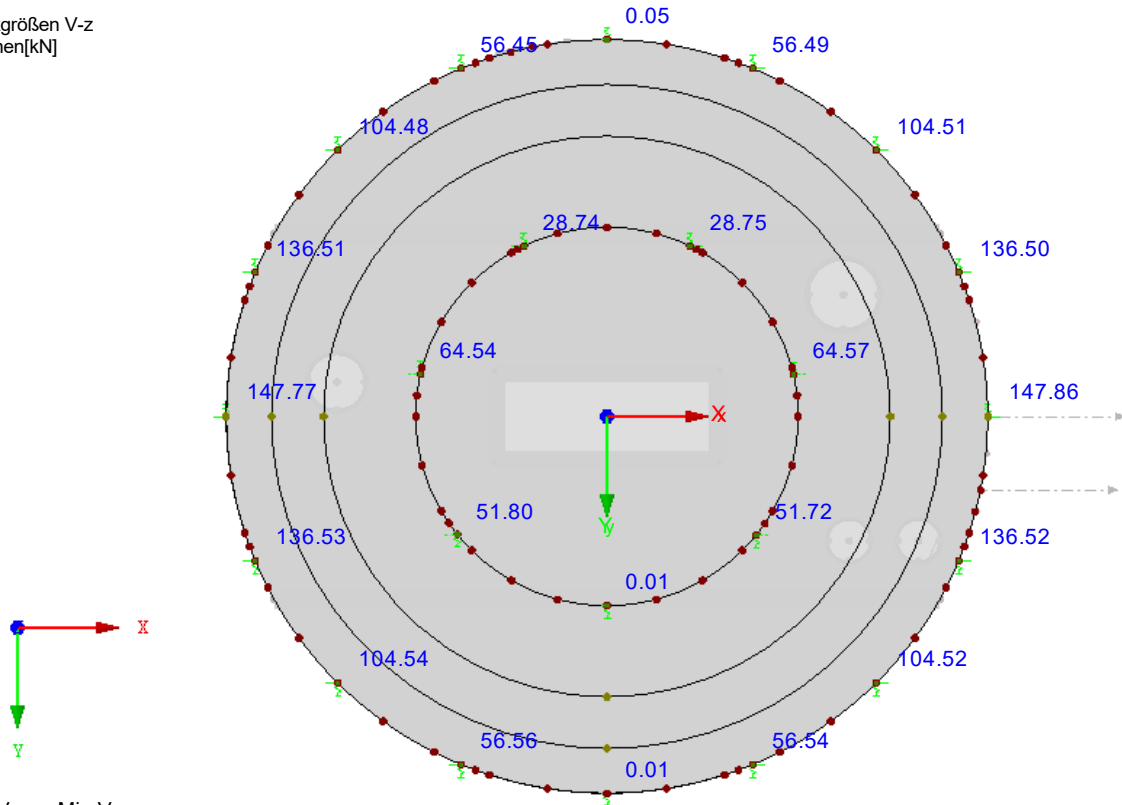
Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

LF8 : Wind
 Stäbe Schnittgrößen V-z
 Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung



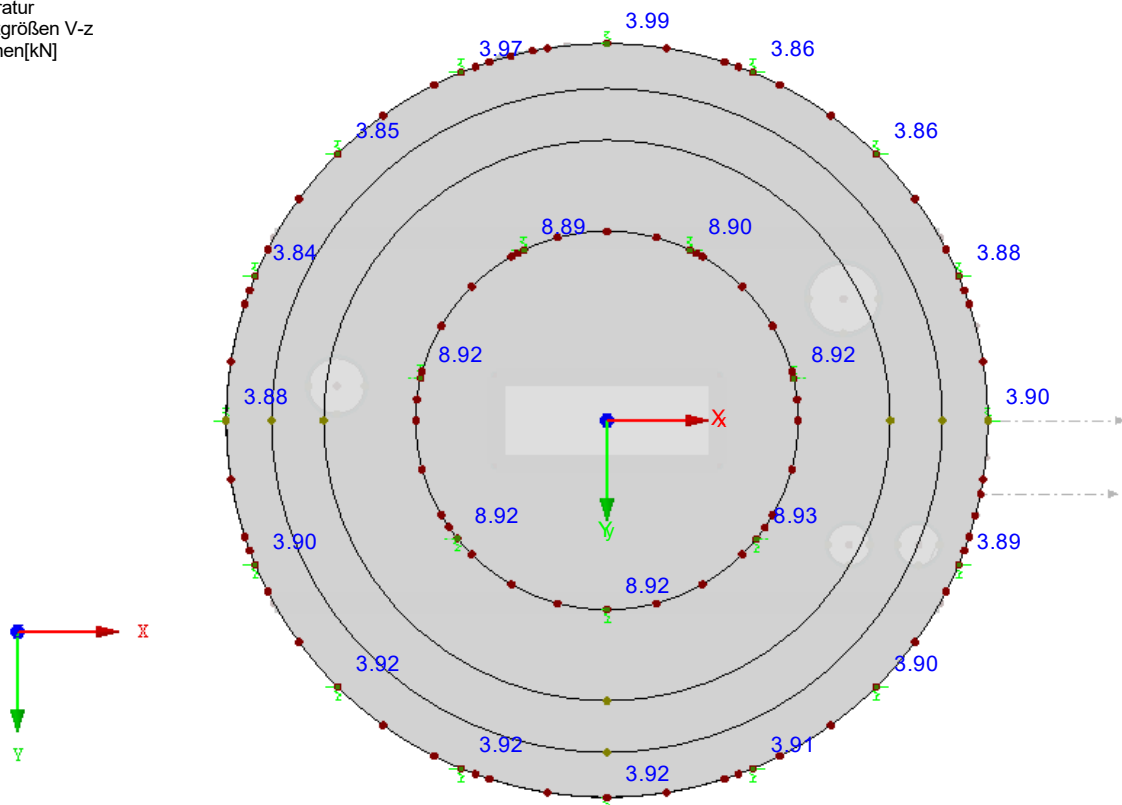
Stäbe Max V-z: -, Min V-z: -
 Max P-Z': 147.86, Min P-Z': -147.77 kN

2.269 m

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

LF9 : Temperatur
 Stäbe Schnittgrößen V-z
 Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung



Stäbe Max V-z: -, Min V-z: -
 Max P-Z': 3.99, Min P-Z': -8.93 kN

2.269 m

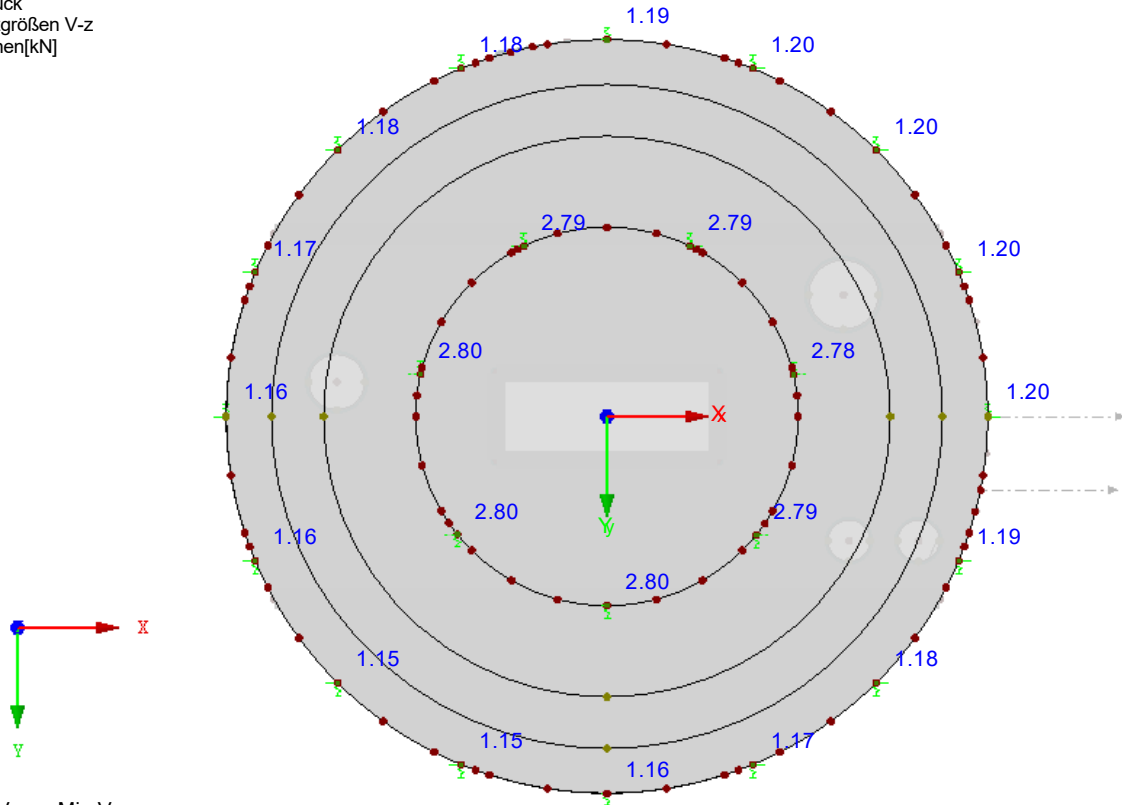
Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONENLF10 : Erddruck
Stäbe Schnittgrößen V-z
Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung

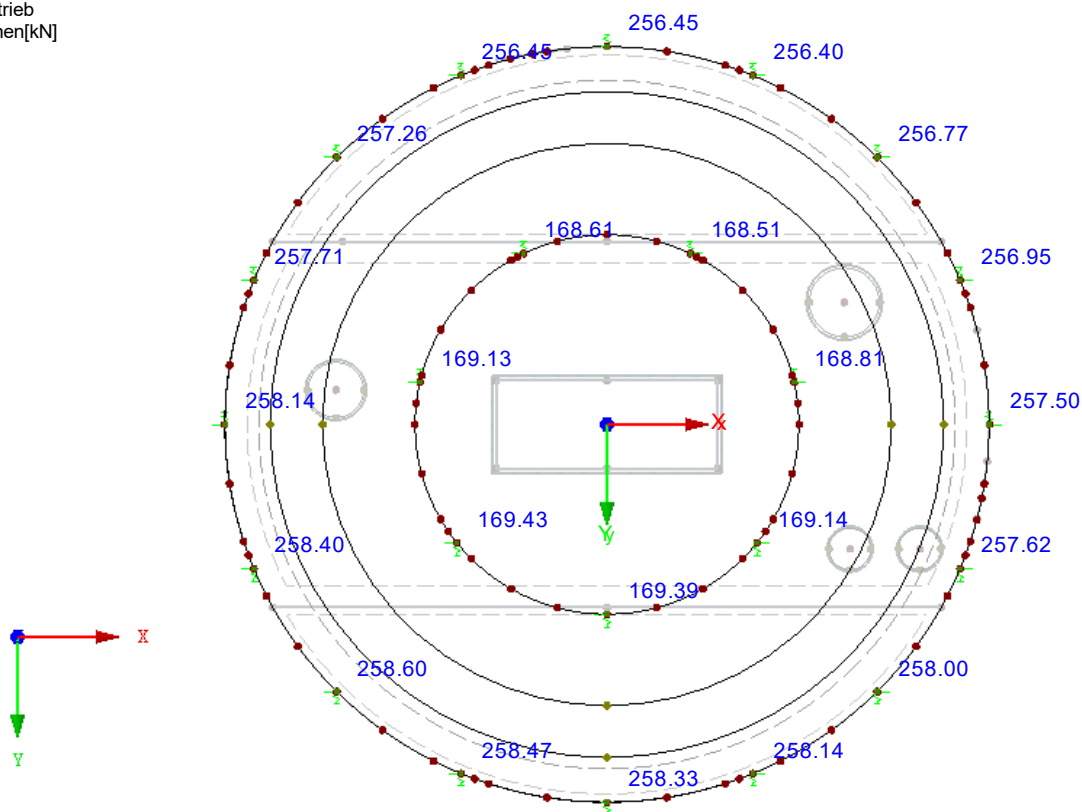
Stäbe Max V-z: -, Min V-z: -
Max P-Z': 2.80, Min P-Z': -1.20 kN

2.269 m

■ LAGERREAKTIONEN

LK1000 : Auftrieb
Lagerreaktionen[kN]

In Z-Richtung



Max P-Z': 258.60, Min P-Z': 168.51 kN

2.261 m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

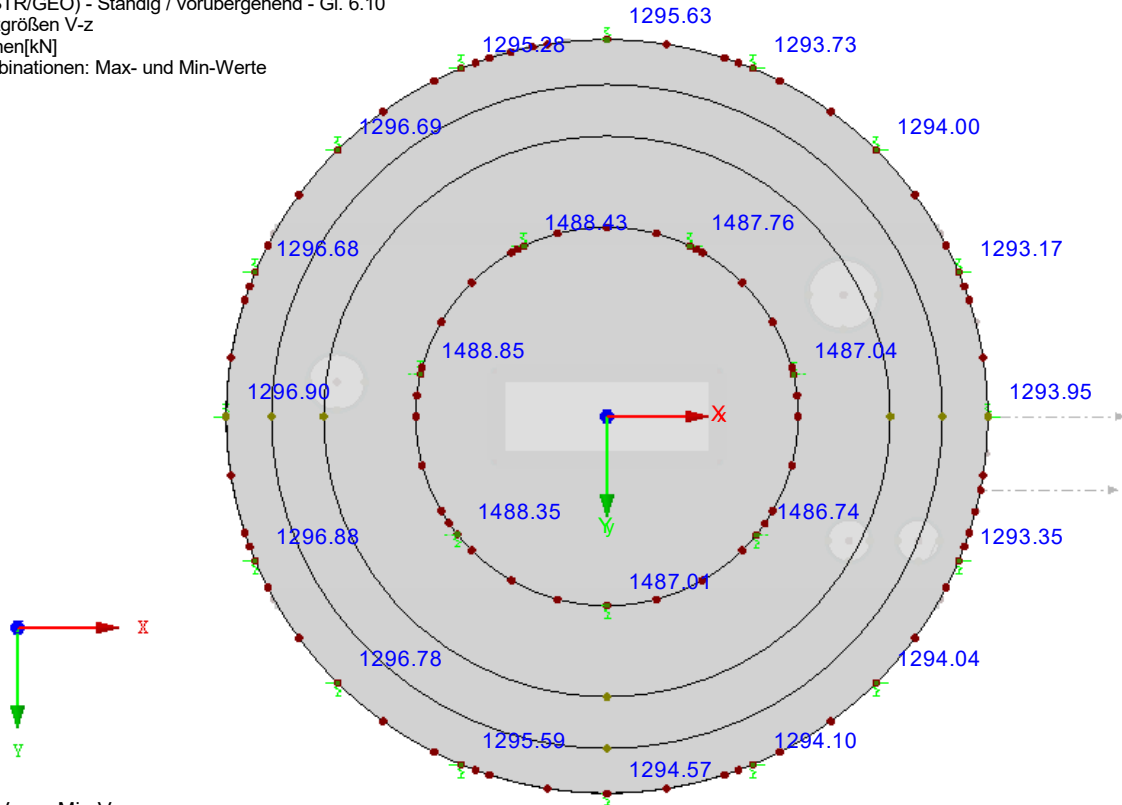
EK1 : GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

Stäbe Schnittgrößen V_z

Lagerreaktionen[kN]

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

In Z-Richtung



Stäbe Max V_z : -, Min V_z : -
 Max P_z : 1488.85, Min P_z : 0.00 kN

2.269 m

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

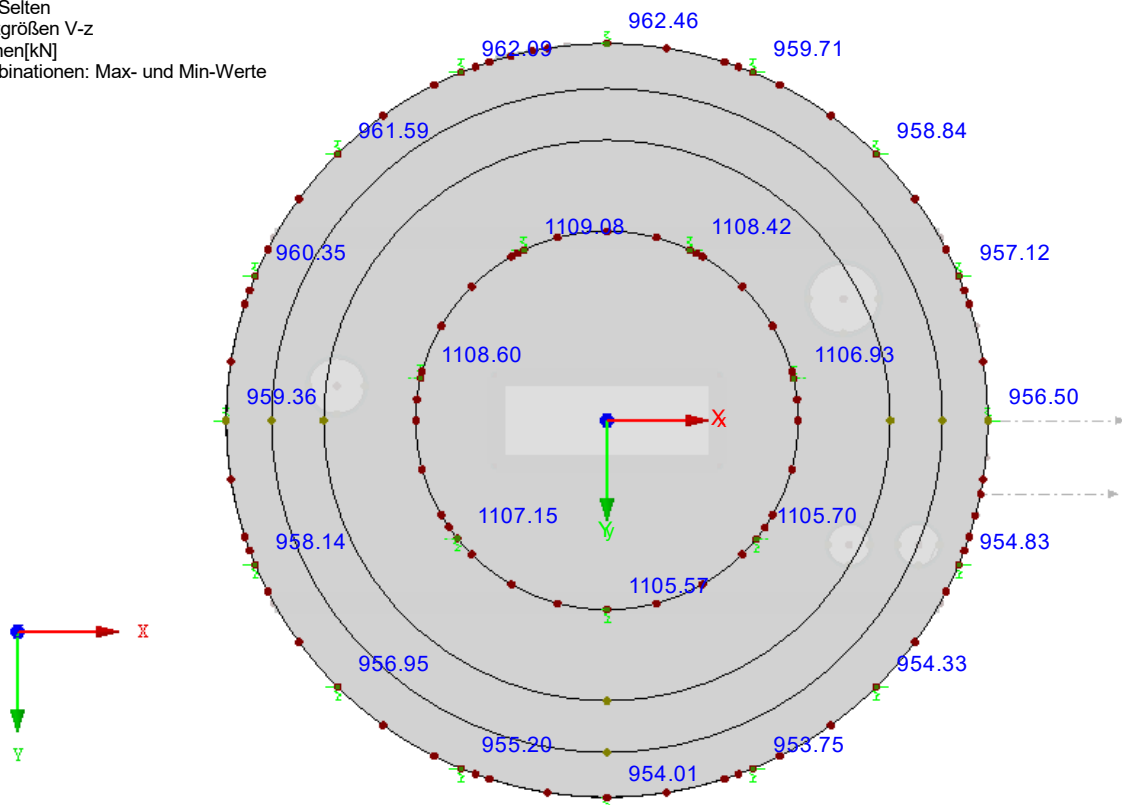
EK2 : GZG - Selten

Stäbe Schnittgrößen V_z

Lagerreaktionen[kN]

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

In Z-Richtung



Stäbe Max V_z : -, Min V_z : -
 Max P_z : 1109.08, Min P_z : 0.00 kN

2.269 m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN

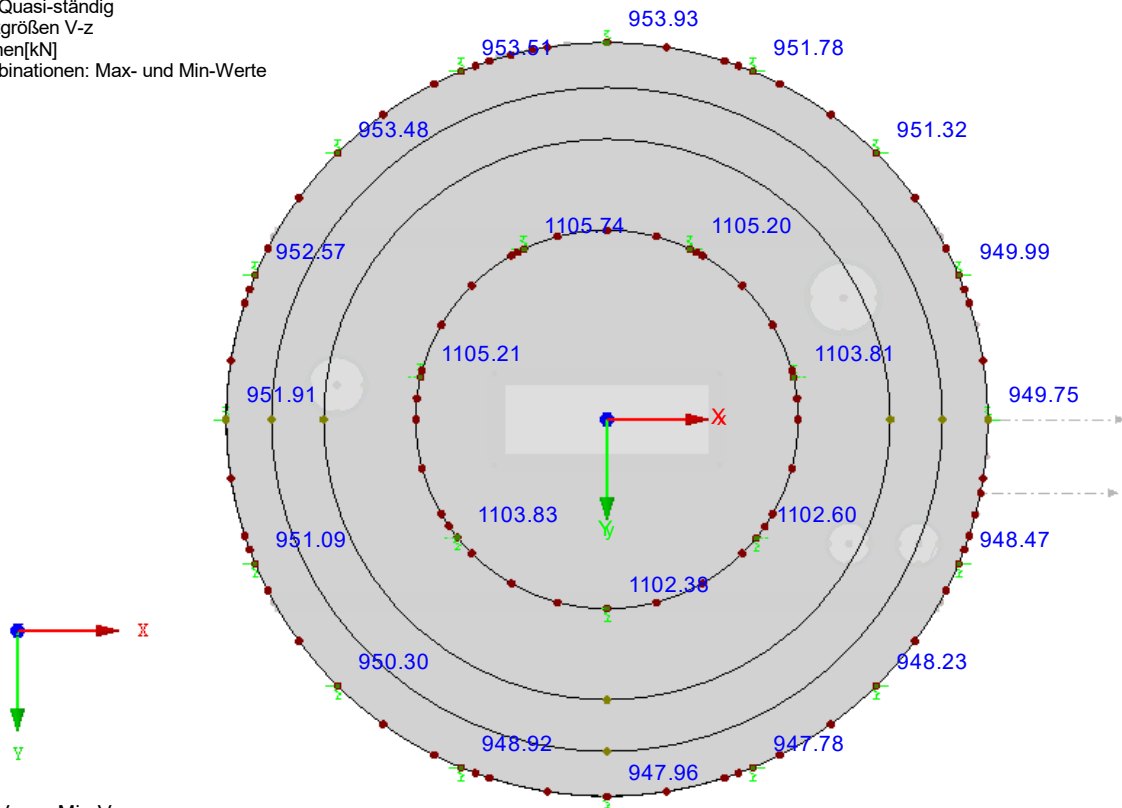
EK3 : GZG - Quasi-ständig

Stäbe Schnittgrößen V_z

Lagerreaktionen[kN]

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

In Z-Richtung



Stäbe Max V_z : -, Min V_z : -
Max P_z : 1105.74, Min P_z : 0.00 kN

RF-BETON Flächen
FA1
Stahlbeton-Bemessung

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

1.1 BASISANGABEN

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Ergebniskombination:	EK1 GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10 Ständig und vorübergehend
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK202 GZG - Selten Charakteristisch mit Direktlast, k_t 0.400
	LK205 GZG - Selten Charakteristisch mit Direktlast, k_t 0.400
	LK209 GZG - Selten Charakteristisch mit Direktlast, k_t 0.400
Definition der vorhandenen Zusatzbewehrung	Automatische Anordnung nach Vorgaben in Maske 1.4
Nachweismethode:	Nichtlineare Methode Entsprechend EN 1992-1-1, 5.7(4): 'Nichtlineare Analyse'
Kriechen berücksichtigen	<input checked="" type="checkbox"/>
Schwinden berücksichtigen	<input type="checkbox"/>
Durchzuführende Nachweise	
Verformungsnachweis	<input type="checkbox"/>
Rissbreitennachweis	<input checked="" type="checkbox"/>
Spannungsnachweis für Beton	<input type="checkbox"/>
Spannungsnachweis für Stahl	<input type="checkbox"/>
Spannungs-Dehnungsdiagramm für Beton im Druck:	Parabolisch
Spannungs-Dehnungsdiagramm für Beton im Zug:	Tension stiffening mit Betonzugfestigkeit (Quast Verfahren)
Anpassungsfaktor der Zugfestigkeit $f_{ct,R}$:	0.50
Material Beton - Berechnungsparameter:	
Beton C30/37	Faktor 26.21 $v = f_{ct} / f_{ct,R}$ R:
	Expone 2.01 n_t n-PR:
	Expone 1.00 n_t n-VMB:
Stahlfestigkeit bis zur Bruchzugfestigkeit ansetzen	<input checked="" type="checkbox"/>
Einstellungen für Iterationsprozess	
Maximale Anzahl der Iterationen:	200
Anzahl Laststeigerungen:	1
Anzahl der Bahnen im Netz-Element:	10
DETAILEINSTELLUNGEN	
Nachweisverfahren für Bewehrungsumhüllende	Gemischte
Ansatz von Schnittgrößen ohne Rippenanteil	<input type="checkbox"/>
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$, w_k
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$, w_k
Häufig	Nachweise: w_k
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l

1.2 MATERIALIEN

Material Nr.	Beton-Festigkeitsklasse	Materialbezeichnung Stahl-Bezeichnung	Kommentar
1	Beton C30/37	B 500 S (A)	

1.3 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Mat. Nr.	Kriechzahl φ [-]	$w_{k,z}$ (oben) [mm]	$w_{k,-z}$ (unten) [mm]	Anmerkungen
1	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 40.00 cm 1 2.12756		0.300	0.300	
2	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 40.00 cm 1 2.12756		0.100	0.100	
3	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 40.00 cm 1 2.12756		0.100	0.100	
4	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 40.00 cm 1 2.12756		0.100	0.100	
5	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 40.00 cm 1 2.12756		0.100	0.100	
6	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 60.00 cm 1 2.01566		0.100	0.100	
7	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 40.00 cm 1 2.12756		0.100	0.100	
8	Dicke Typ: Konstant, Dicke: 40.00 cm 1 2.12756		0.100	0.100	

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - WÄNDE

Angewendet auf Flächen:	2-4
BEWEHRUNGSGRAD	
Mindest-Querbewehrung	20.0 %

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - WÄNDE

Mindest-Bewehrung generell	0.0 %
Mindest-Druckbewehrung	0.0 %
Mindest-Zugbewehrung	0.0 %
Maximaler Bewehrungsgrad	4.0 %
Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
BEWEHRUNGSFLÄCHE FÜR GZG NACHWEIS	
Ansatz der vorhandenen Grundbewehrung und der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3	
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.70 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.20, ds-2: 1.20 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 7.54, As-2,-z (oben): 7.54 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.70 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.20, ds-2: 1.20 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 7.54, As-2,+z (unten): 7.54 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
LÄNGSBEWehrUNG FÜR QUERKRAFTNACHWEIS	
Ansatz des jeweils größeren Wertes aus erforderlicher oder vorhandener Längsbewehrung (Grund- und Zusatzbewehrung) pro Bewehrungsrichtung.	
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Mindestlängsbewehrung für Platten nach 9.3.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Richtung der Mindestbewehrung	
Bewehrungsrichtung mit der Hauptzugkraft im betrachteten Element(As,min auf Ober- (-z) oder Unterseite (+z)):	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestlängsbewehrung für Wände nach 9.6	<input type="checkbox"/>
Mindestschubbewehrung	<input checked="" type="checkbox"/>
Verhältnis b/h	> 5
Begrenzung der Druckzone	<input checked="" type="checkbox"/>
Veränderliche Druckstrebenneigung - Min	18.434 °
Veränderliche Druckstrebenneigung - Max	45.000 °
Teilsicherheitsbeiwert γ_s	ST+V 1.15, AU 1.00, GZG 1.00
Teilsicherheitsbeiwert γ_c	ST+V 1.50, AU 1.30, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-cc	ST+V 0.85, AU 0.85, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-ct	GZG 1.00

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 2 - SOHLE

Angewendet auf Flächen:	6
BEWEHRUNGSGRAD	
Mindest-Querbewehrung	20.0 %
Mindest-Bewehrung generell	0.0 %
Mindest-Druckbewehrung	0.0 %
Mindest-Zugbewehrung	0.0 %
Maximaler Bewehrungsgrad	4.0 %
Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
BEWEHRUNGSFLÄCHE FÜR GZG NACHWEIS	
Ansatz der vorhandenen Grundbewehrung und der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3	
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.90 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.40, ds-2: 1.40 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 17.10, As-2,-z (oben): 17.10 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.90 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.40, ds-2: 1.40 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 17.10, As-2,+z (unten): 17.10 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 2 - SOHLE

Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
LÄNGSBEWEHRUNG FÜR QUERKRAFTNACHWEIS	
Ansatz des jeweils größeren Wertes aus erforderlicher oder vorhandener Längsbewehrung (Grund- und Zusatzbewehrung) pro Bewehrungsrichtung.	
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Mindestlängsbewehrung für Platten nach 9.3.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Richtung der Mindestbewehrung	
Bewehrungsrichtung mit der Hauptzugkraft im betrachteten Element(As,min auf Ober- (z) oder Unterseite (+z)):	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestlängsbewehrung für Wände nach 9.6	<input type="checkbox"/>
Mindestschubbewehrung	<input checked="" type="checkbox"/>
Verhältnis b/h	> 5
Begrenzung der Druckzone	<input checked="" type="checkbox"/>
Veränderliche Druckstrebenneigung - Min	18.434 °
Veränderliche Druckstrebenneigung - Max	45.000 °
Teilsicherheitsbeiwert γ_s	ST+V 1.15, AU 1.00, GZG 1.00
Teilsicherheitsbeiwert γ_c	ST+V 1.50, AU 1.30, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-cc	ST+V 0.85, AU 0.85, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-ct	GZG 1.00

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 3 - DECKEL

Angewendet auf Flächen:	1,5,7
BEWEHRUNGSGRAD	
Mindest-Querbewehrung	20.0 %
Mindest-Bewehrung generell	0.0 %
Mindest-Druckbewehrung	0.0 %
Mindest-Zugbewehrung	0.0 %
Maximaler Bewehrungsgrad	4.0 %
Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
BEWEHRUNGSFLÄCHE FÜR GZG NACHWEIS	
Ansatz der vorhandenen Grundbewehrung und der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3	
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.70 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.20, ds-2: 1.20 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 7.54, As-2,-z (oben): 7.54 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.70 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.20, ds-2: 1.20 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 7.54, As-2,+z (unten): 7.54 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
LÄNGSBEWEHRUNG FÜR QUERKRAFTNACHWEIS	
Ansatz des jeweils größeren Wertes aus erforderlicher oder vorhandener Längsbewehrung (Grund- und Zusatzbewehrung) pro Bewehrungsrichtung.	
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Mindestlängsbewehrung für Platten nach 9.3.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Richtung der Mindestbewehrung	
Bewehrungsrichtung mit der Hauptzugkraft im betrachteten Element(As,min auf Ober- (z) oder Unterseite (+z)):	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestlängsbewehrung für Wände nach 9.6	<input type="checkbox"/>
Mindestschubbewehrung	<input checked="" type="checkbox"/>
Verhältnis b/h	> 5
Begrenzung der Druckzone	<input checked="" type="checkbox"/>
Veränderliche Druckstrebenneigung - Min	18.434 °
Veränderliche Druckstrebenneigung - Max	45.000 °

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 3 - DECKEL

Teilsicherheitsbeiwert γ_s	ST+V 1.15, AU 1.00, GZG 1.00
Teilsicherheitsbeiwert γ_c	ST+V 1.50, AU 1.30, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-cc	ST+V 0.85, AU 0.85, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-ct	GZG 1.00

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 4 - UNTERER WANDABSCHNITT

Angewendet auf Flächen:	8
BEWEHRUNGSGRAD	
Mindest-Querbewehrung	20.0 %
Mindest-Bewehrung generell	0.0 %
Mindest-Druckbewehrung	0.0 %
Mindest-Zugbewehrung	0.0 %
Maximaler Bewehrungsgrad	4.0 %
Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
BEWEHRUNGSFLÄCHE FÜR GZG NACHWEIS	
Ansatz der vorhandenen Grundbewehrung und der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3	
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achismaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.90 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.40, ds-2: 1.40 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 15.39, As-2,-z (oben): 15.39 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achismaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.90 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.40, ds-2: 1.40 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 15.39, As-2,+z (unten): 15.39 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achismaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achismaßdeckungen	d-1: 5.50, d-2: 6.50 cm
Stabdurchmesser	ds-1: 1.00, ds-2: 1.00 cm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
LÄNGSBEWehrUNG FÜR QUERKRAFTNACHWEIS	
Ansatz des jeweils größeren Wertes aus erforderlicher oder vorhandener Längsbewehrung (Grund- und Zusatzbewehrung) pro Bewehrungsrichtung.	
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Mindestlängsbewehrung für Platten nach 9.3.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Richtung der Mindestbewehrung	
Bewehrungsrichtung mit der Hauptzugkraft im betrachteten Element(As,min auf Ober- (z) oder Unterseite (+z)):	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestlängsbewehrung für Wände nach 9.6	<input type="checkbox"/>
Mindestschubbewehrung	<input checked="" type="checkbox"/>
Verhältnis b/h	> 5
Begrenzung der Druckzone	<input checked="" type="checkbox"/>
Veränderliche Druckstrebenneigung - Min	18.434 °
Veränderliche Druckstrebenneigung - Max	45.000 °
Teilsicherheitsbeiwert γ_s	ST+V 1.15, AU 1.00, GZG 1.00
Teilsicherheitsbeiwert γ_c	ST+V 1.50, AU 1.30, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-cc	ST+V 0.85, AU 0.85, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-ct	GZG 1.00

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

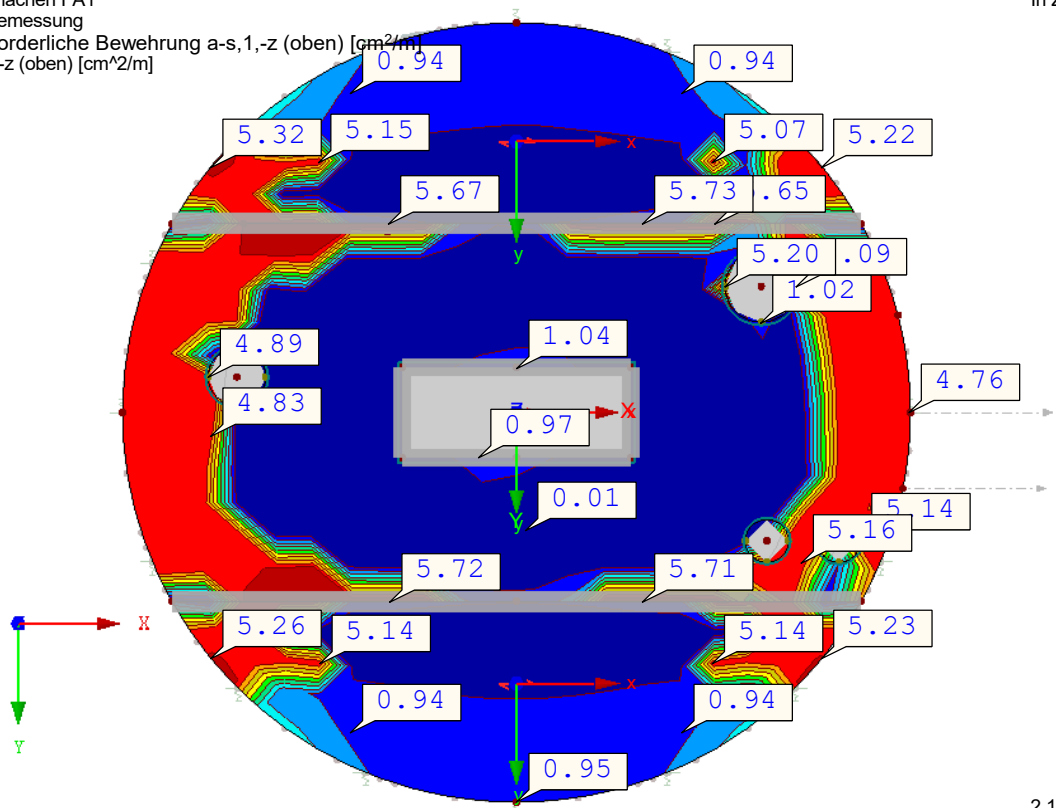
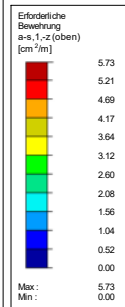
■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)**

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a-s,1,-z$ (oben) [cm²/m]Werte: $a-s,1,-z$ (oben) [cm²/m]

In Z-Richtung

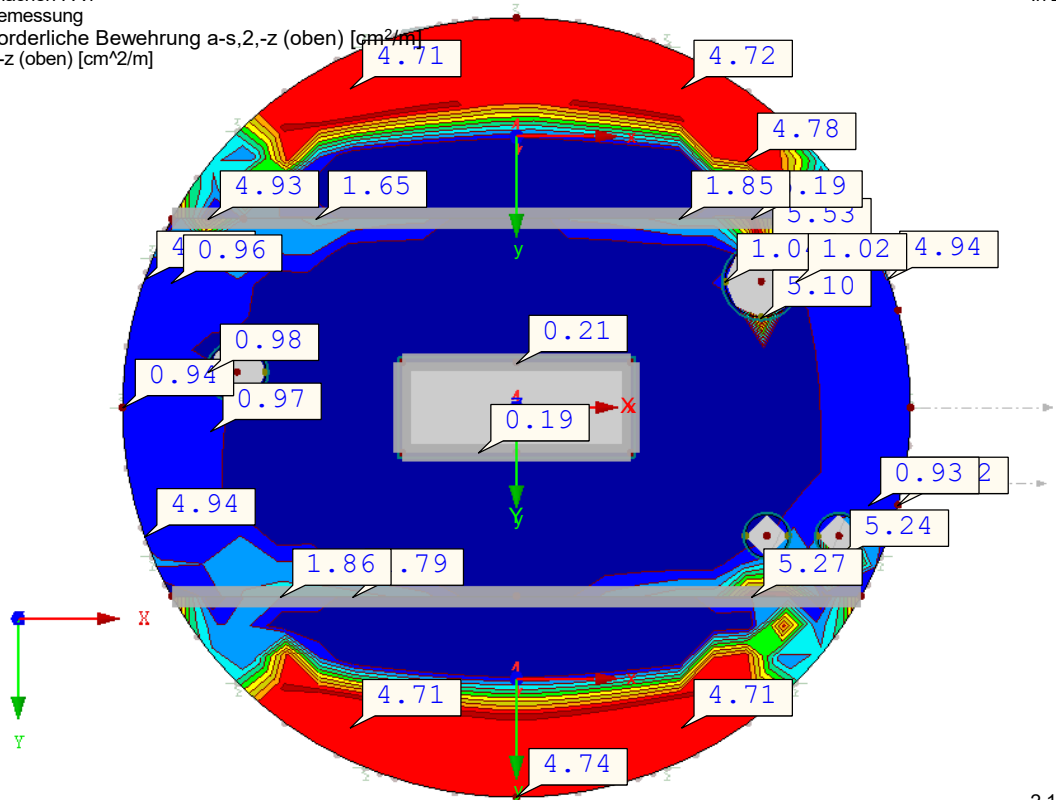
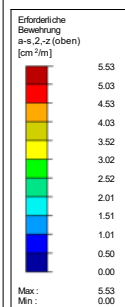
■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)**

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a-s,2,-z$ (oben) [cm²/m]Werte: $a-s,2,-z$ (oben) [cm²/m]

In Z-Richtung



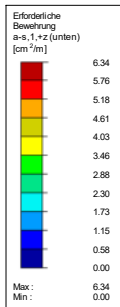
Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

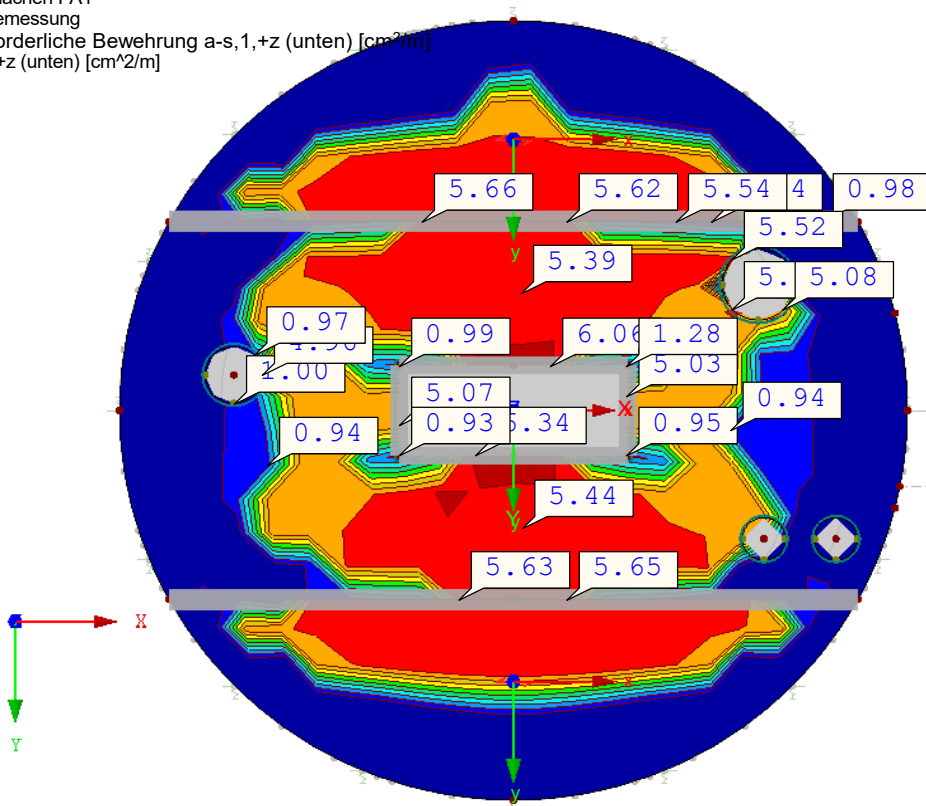
■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)**

In Z-Richtung



RF-BETON Flächen FA1

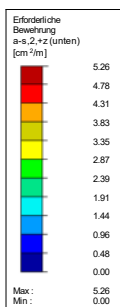
Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]Werte: $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 6.34, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm²/m

2.194 m

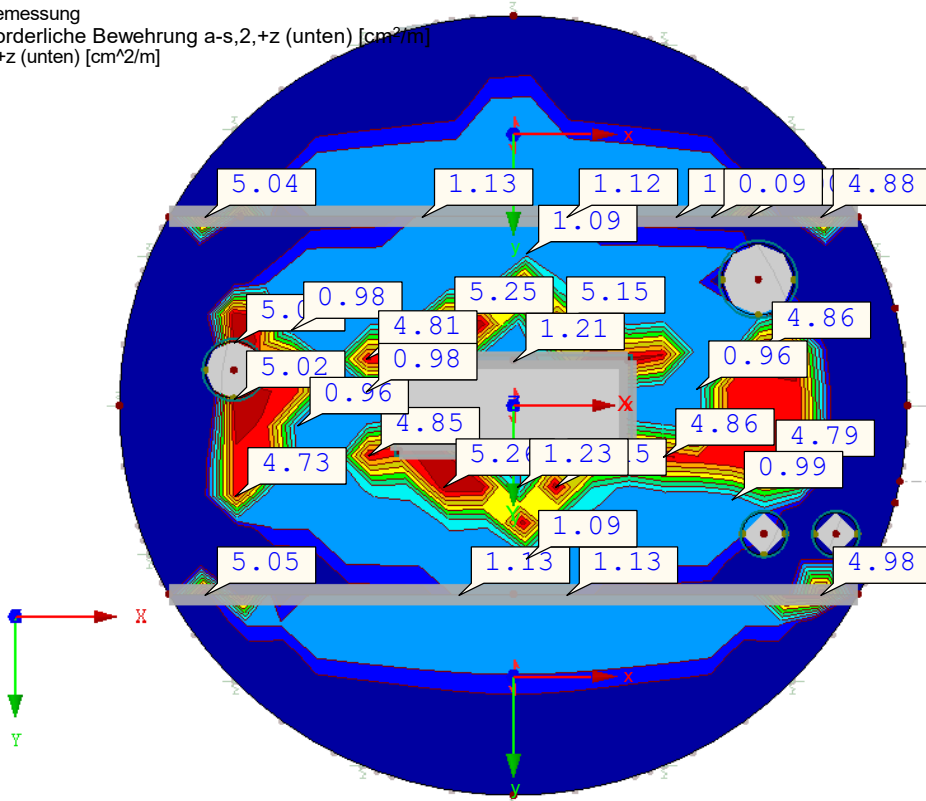
■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**

In Z-Richtung



RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm²/m]Werte: $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm²/m]Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 5.26, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm²/m

2.194 m

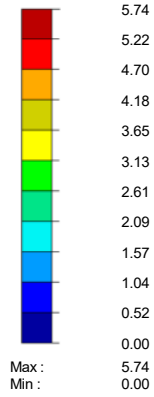
Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

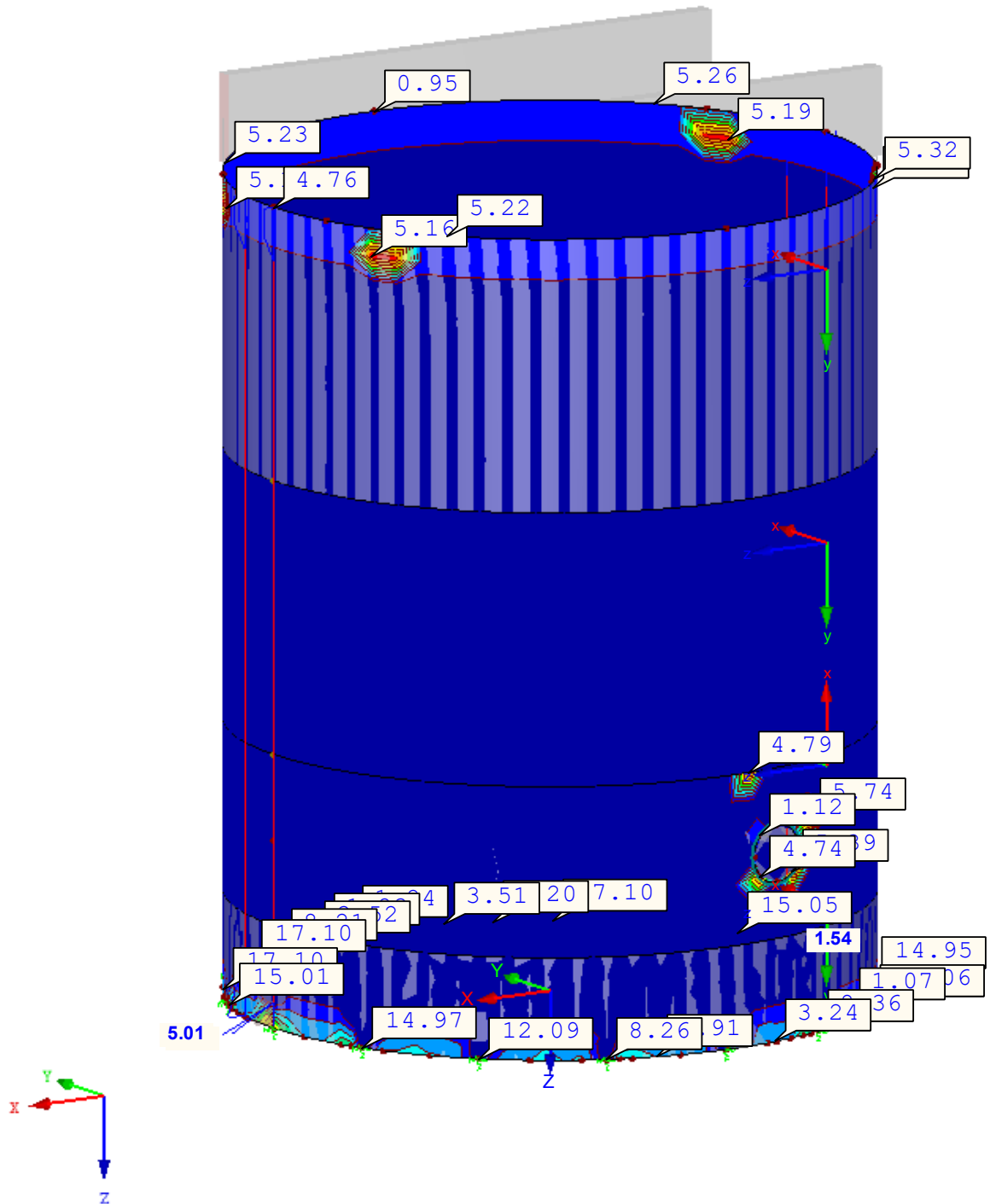
■ ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)

Isometrie

Erforderliche
Bewehrung
 $a_{s,1,-z}$ (oben)
[cm²/m]

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben) [cm²/m]Werte: $a_{s,1,-z}$ (oben) [cm²/m]Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 5.74, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

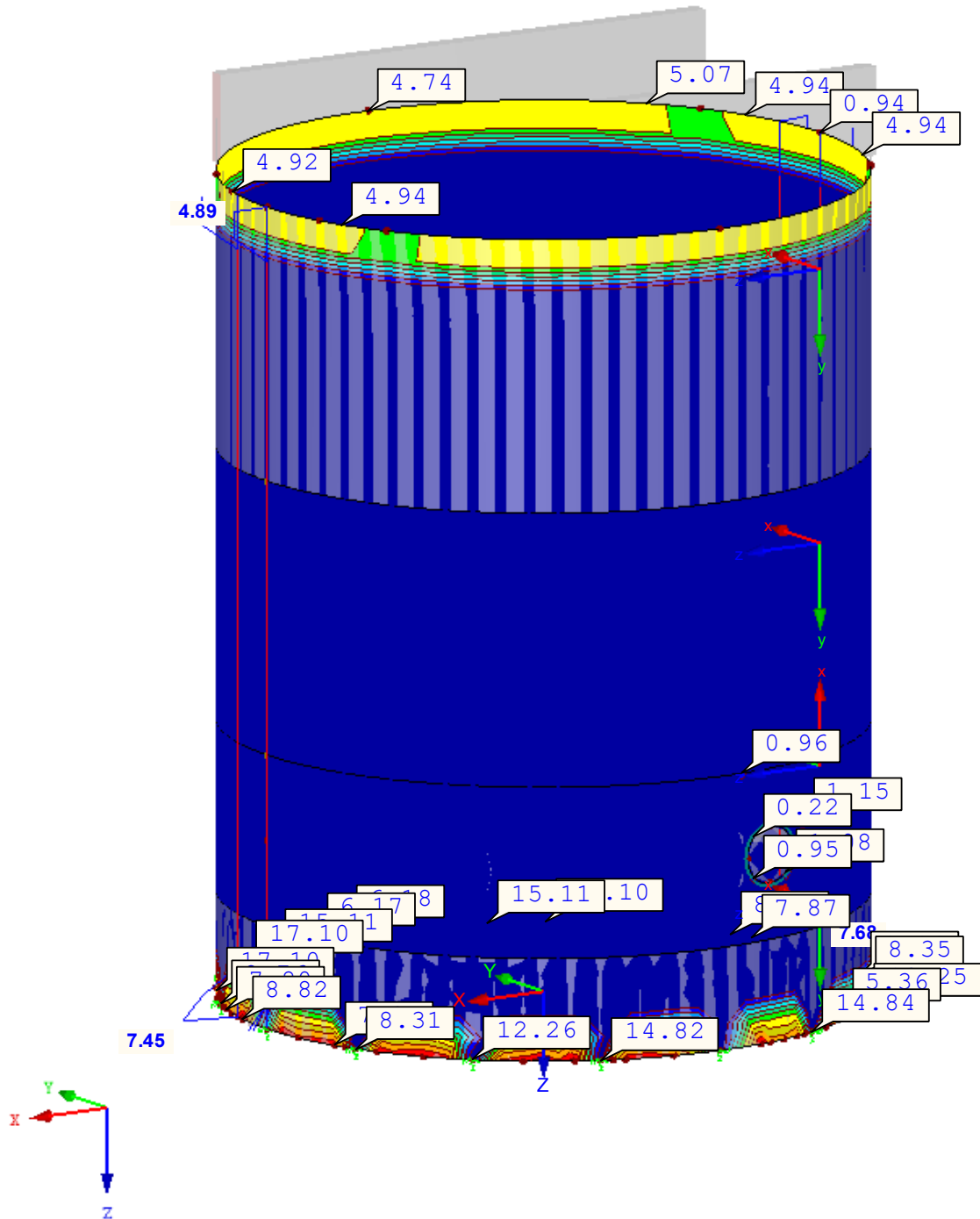
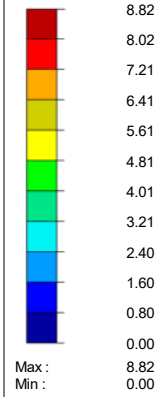
■ ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung a-s,2,-z (oben) [cm²/m]Werte: a-s,2,-z (oben) [cm²/m]

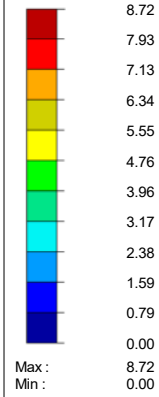
Isometrie

Erforderliche
Bewehrung
a-s,2,-z (oben)
[cm²/m]Max a-s,2,-z (oben): 8.82, Min a-s,2,-z (oben): 0.00 cm²/m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

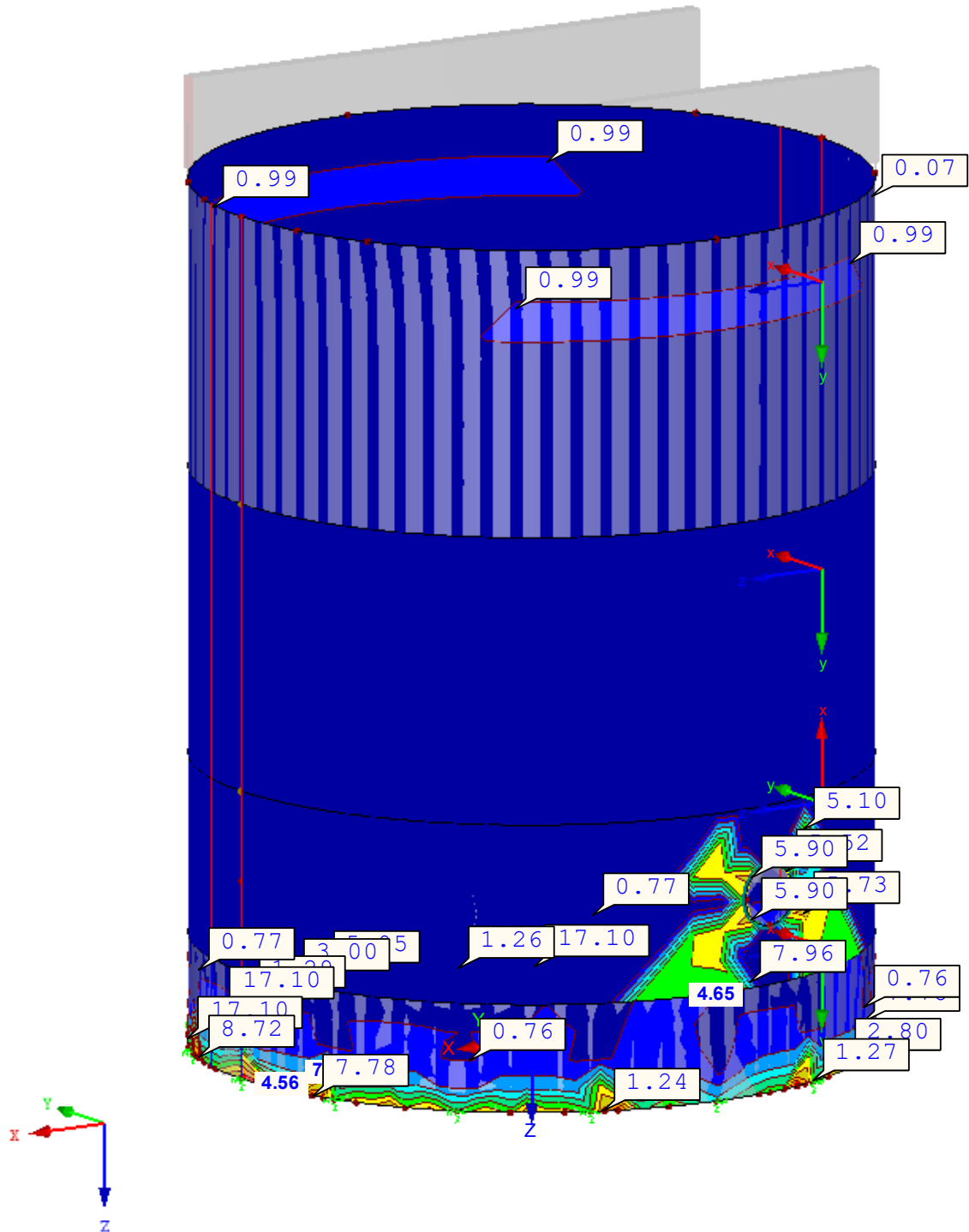
■ ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)Erforderliche
Bewehrung
 $a_{s,1,+z}$ (unten)
[cm²/m]

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]Werte: $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]

Isometrie

Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 8.72, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm²/m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

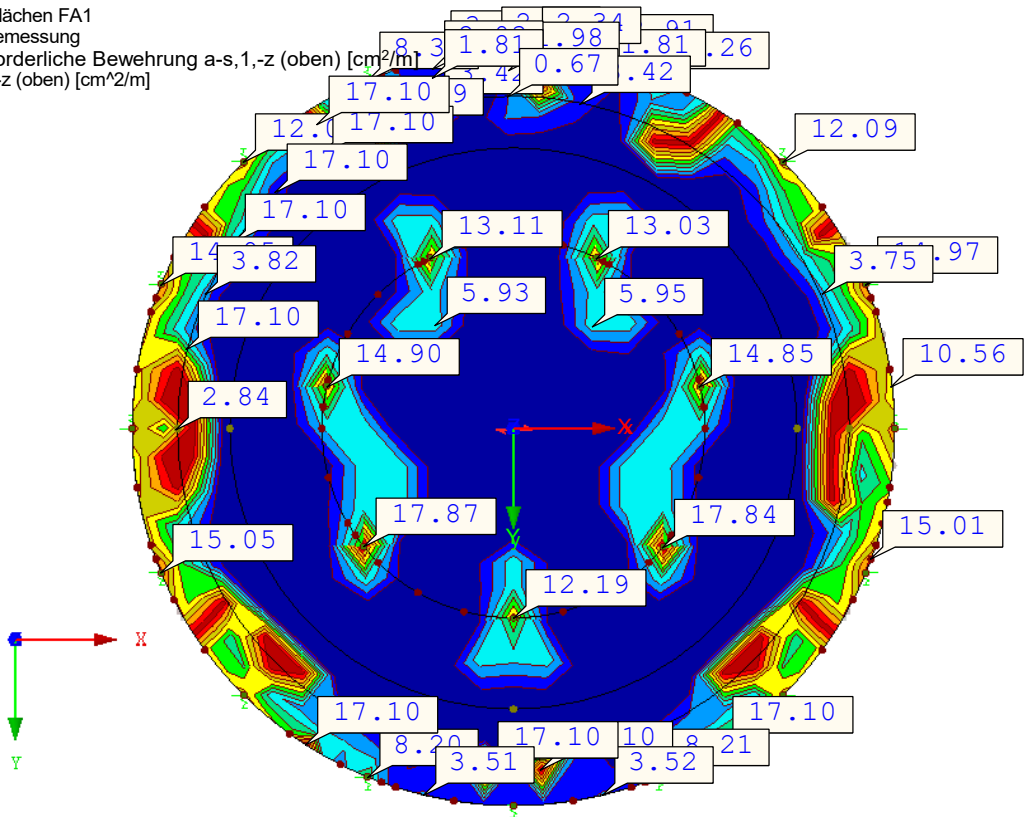
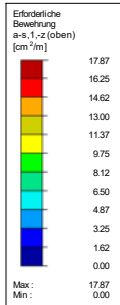
■ ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a_{s,1-z}$ (oben) [cm²/m]Werte: $a_{s,1-z}$ (oben) [cm²/m]

In Z-Richtung

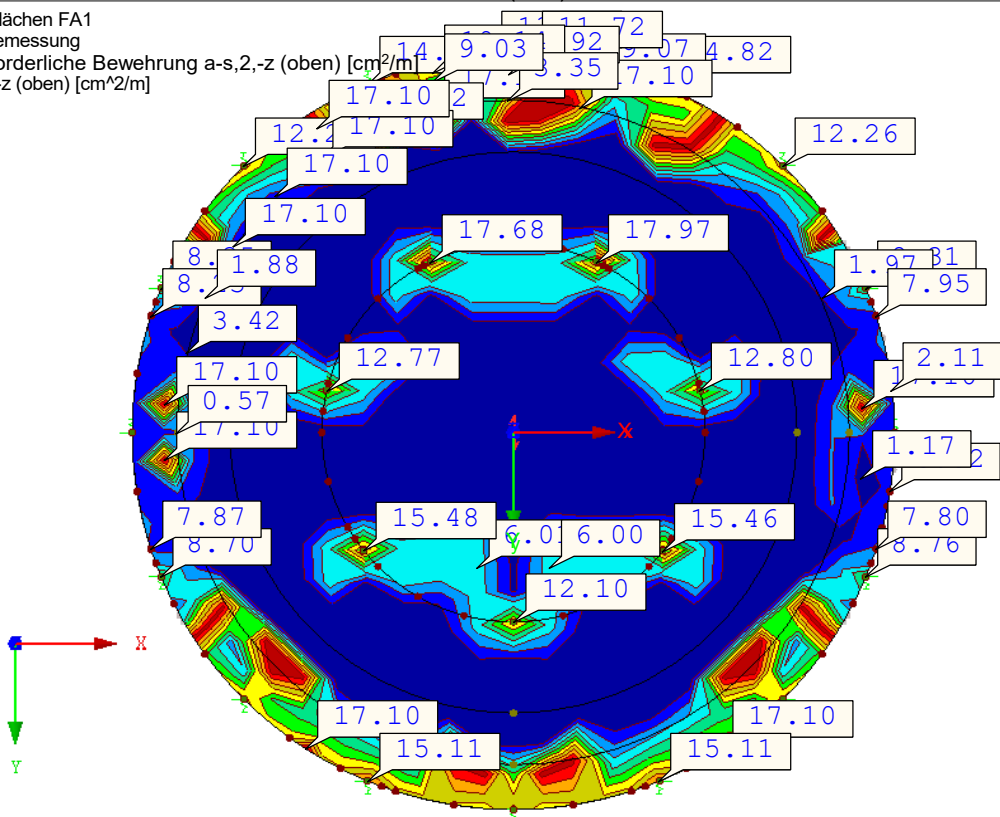
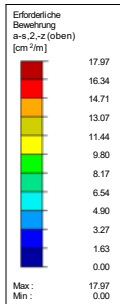
■ ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,2-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a_{s,2-z}$ (oben) [cm²/m]Werte: $a_{s,2-z}$ (oben) [cm²/m]

In Z-Richtung



Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

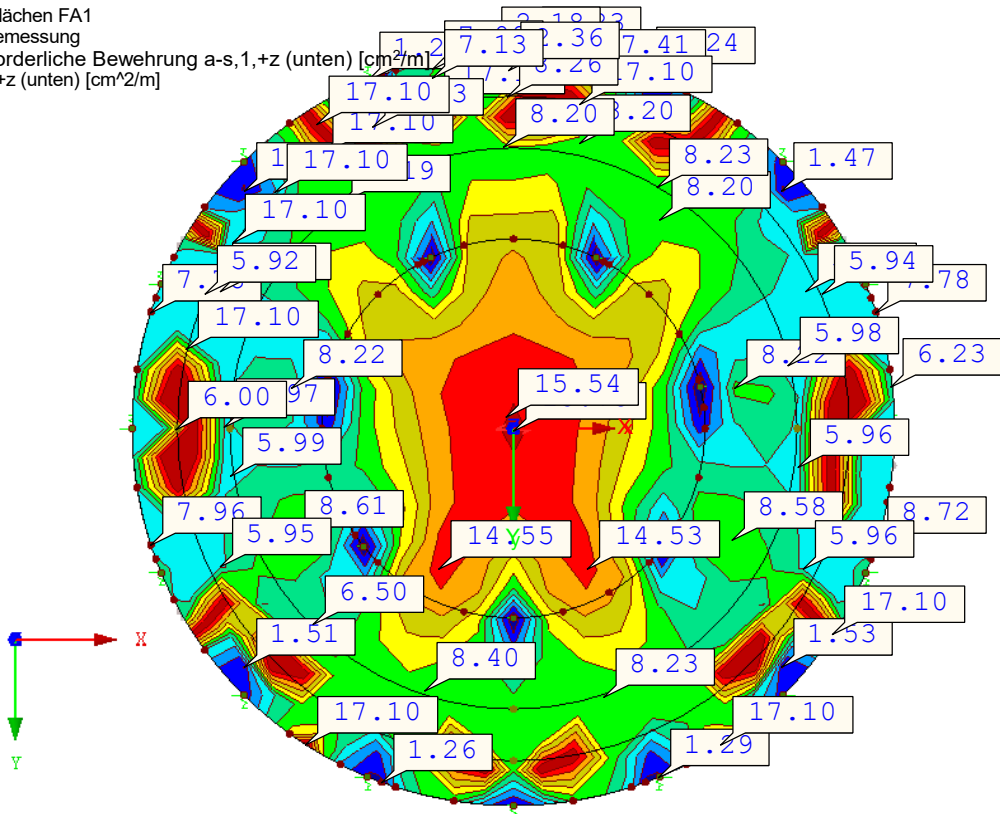
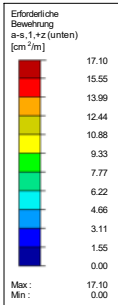
■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a-s,1,+z$ (unten) [cm²/m]Werte: $a-s,1,+z$ (unten) [cm²/m]

In Z-Richtung



2.267 m

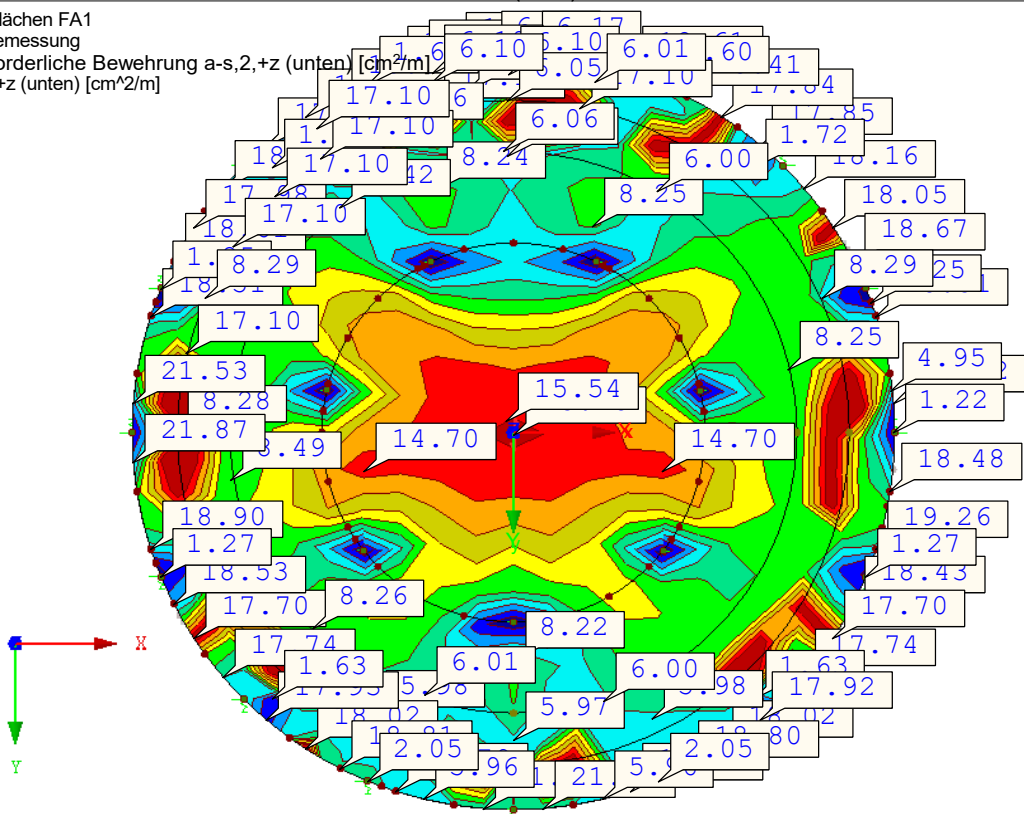
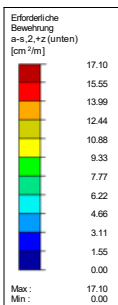
■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Erforderliche Bewehrung $a-s,2,+z$ (unten) [cm²/m]Werte: $a-s,2,+z$ (unten) [cm²/m]

In Z-Richtung



2.267 m

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

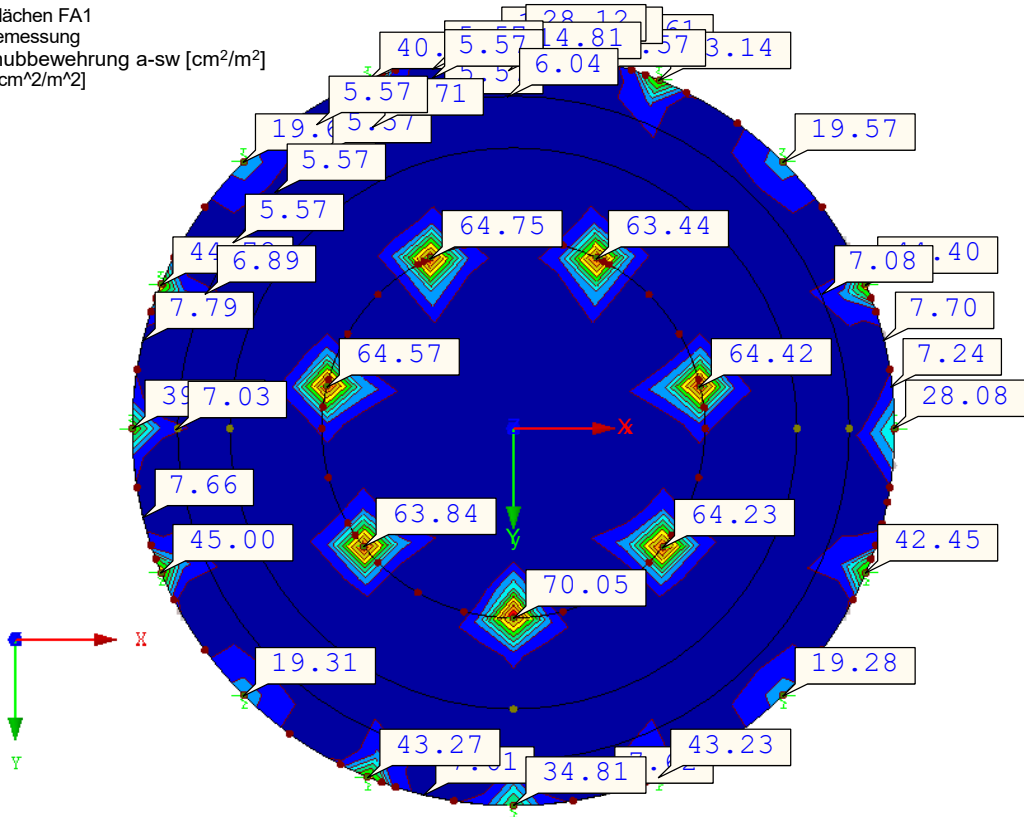
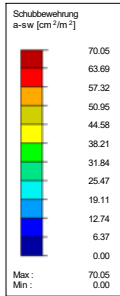
■ SCHUBBEWEHRUNG a_{sw}

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Schubbewehrung a_{sw} [cm²/m²]Werte: a_{sw} [cm²/m²]

In Z-Richtung

Max a_{sw} : 70.05, Min a_{sw} : 0.00 cm²/m²

2.267 m

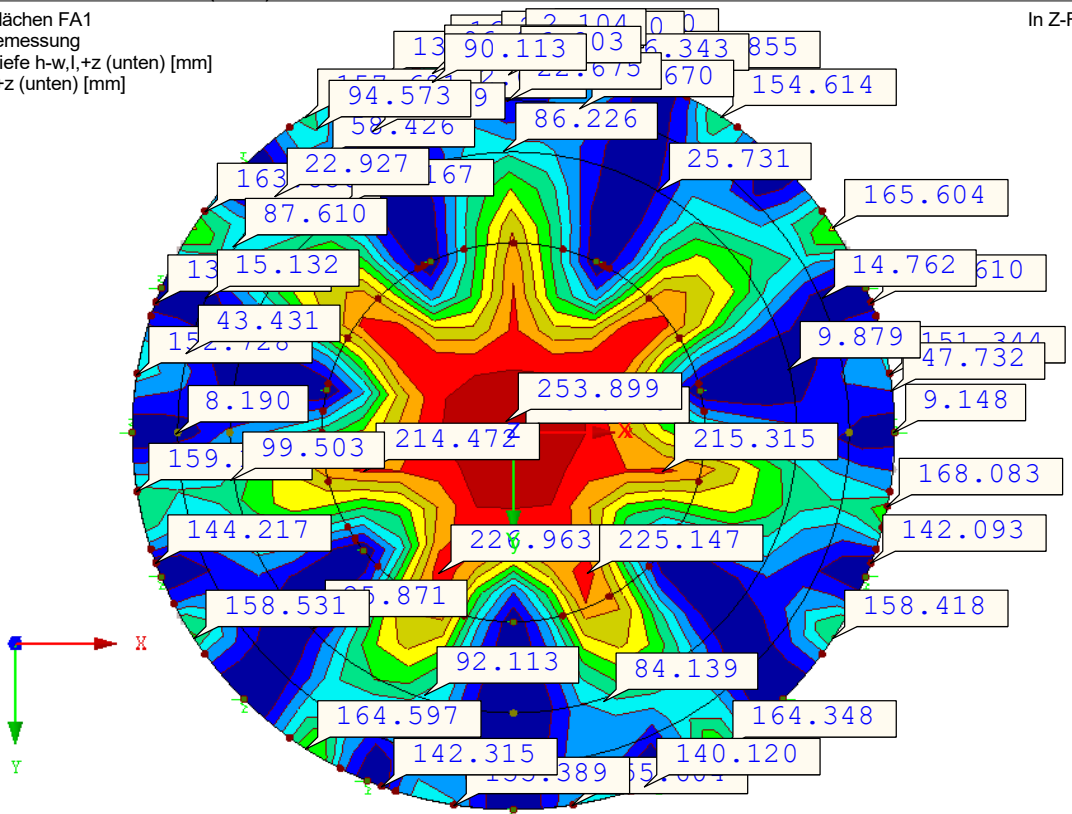
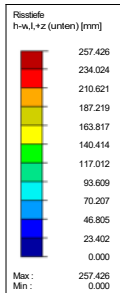
■ RISSTIEFE $h_{w,l,z}$ (unten)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Flächen Risstiefe $h_{w,l,z}$ (unten) [mm]Werte: $h_{w,l,z}$ (unten) [mm]

In Z-Richtung

Max $h_{w,l,z}$ (unten): 257.426, Min $h_{w,l,z}$ (unten): 0.000 mm

2.267 m

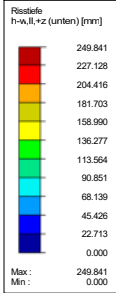
Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

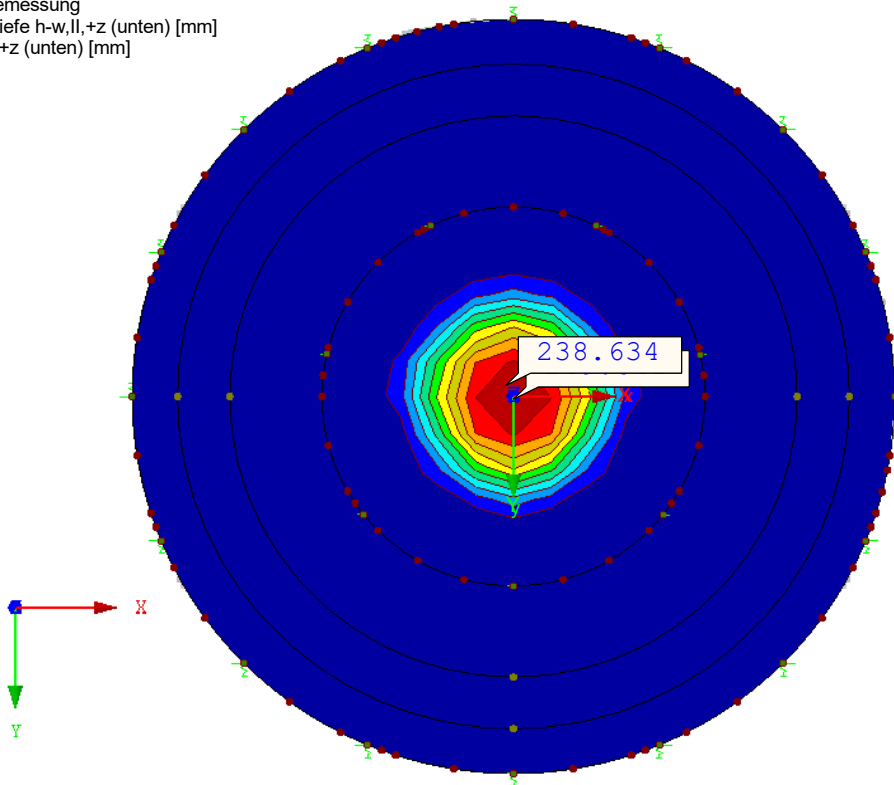
1. Nachtrag

■ RISSTIEFE $h_{w,II,+z}$ (unten)

In Z-Richtung



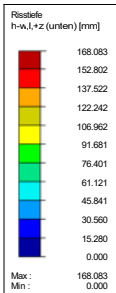
RF-BETON Flächen FA1
Stahlbeton-Bemessung
Flächen Risstiefe $h_{w,II,+z}$ (unten) [mm]
Werte: $h_{w,II,+z}$ (unten) [mm]

Max $h_{w,II,+z}$ (unten): 249.841, Min $h_{w,II,+z}$ (unten): 0.000 mm

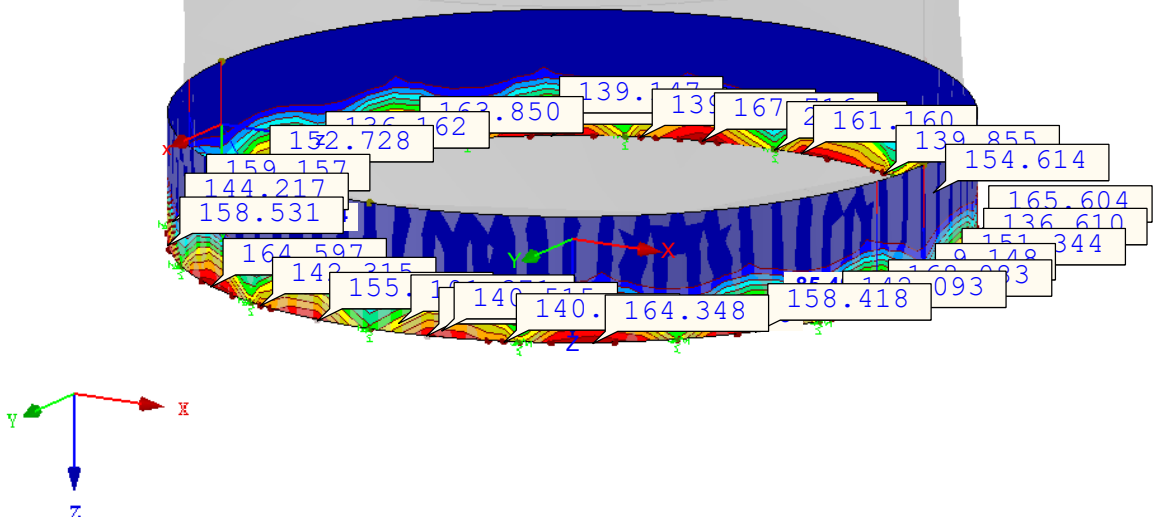
2.267 m

■ RISSTIEFE $h_{w,I,+z}$ (unten)

Isometrie



RF-BETON Flächen FA1
Stahlbeton-Bemessung
Flächen Risstiefe $h_{w,I,+z}$ (unten) [mm]
Werte: $h_{w,I,+z}$ (unten) [mm]

Max $h_{w,I,+z}$ (unten): 168.083, Min $h_{w,I,+z}$ (unten): 0.000 mm

Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

1. Nachtrag

■ 2.3 ERFORDERLICHE BEWEHRUNG STABWEISE

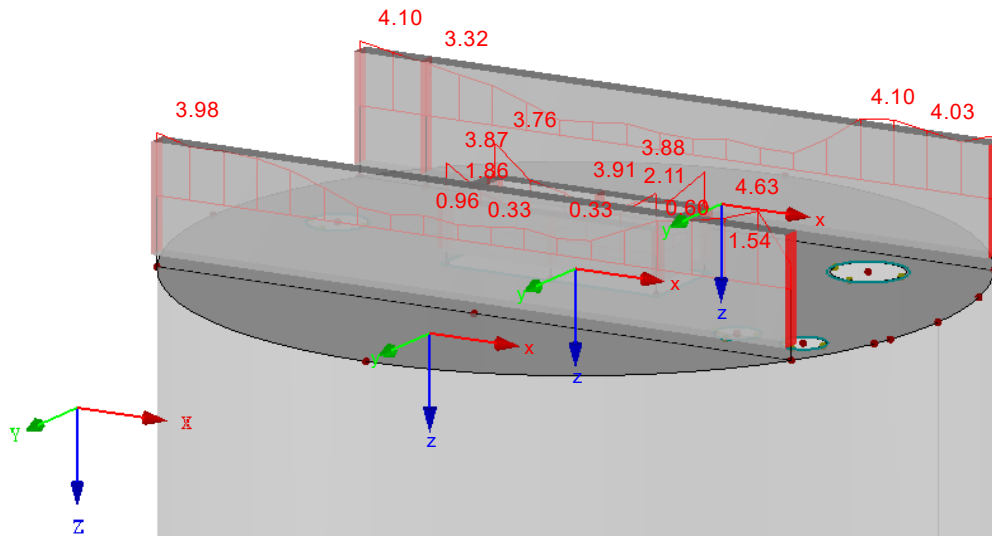
Bewehrung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Bewehrung fläche	Einheit	Fehlermeldung bzw. Hinweis
$A_{s,-z}$ (unten)	8	0.000	EK1	0.11	cm ²	25)
$A_{s,T}$	8	1.585	EK1	7.31	cm ²	
$a_{sw,V,Bügel}$	8	0.000	EK1	2.32	cm ² /m	58) 69)
$a_{sw,T,Bügel}$	8	1.585	EK1	0.37	cm ² /m	
Stab Nr. 9 - Rippe UZU 1100/0/0/400/400/250						
$A_{s,-z}$ (oben)	9	0.000	EK1	0.14	cm ²	25)
$A_{s,-z}$ (unten)	9	0.000	EK1	0.14	cm ²	25)
$A_{s,T}$	9	1.585	EK1	7.59	cm ²	
$a_{sw,V,Bügel}$	9	0.000	EK1	2.32	cm ² /m	58) 69)
$a_{sw,T,Bügel}$	9	1.585	EK1	0.49	cm ² /m	

■ ANMERKUNGEN

Nr.	Beschreibung
13)	Symmetrische Bewehrung bei schiefer Biegung
25)	Mindestbewehrung für Druckglieder nach 9.5.2(2)
58)	Unter Verwendung des Näherungswertes für den Hebelarm z
69)	Mindestschubbewehrung nach 9.2.2 (5)
113)	Mindestquerbewehrung für Druckglieder nach 9.5.3
115)	Mindestquerbewehrung für Balken nach 9.2.2
158)	Auf den Umfang verteilte Torsionsbewehrung

■ ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $A_{s,-z}$ (oben) + $A_{s,T}/2$ RF-BETON Stäbe FA1
Stahlbetonbemessung von Stäben

Isometrie

Max $A_{s,-z}$ (oben) + $A_{s,T}/2$: 4.63 cm²

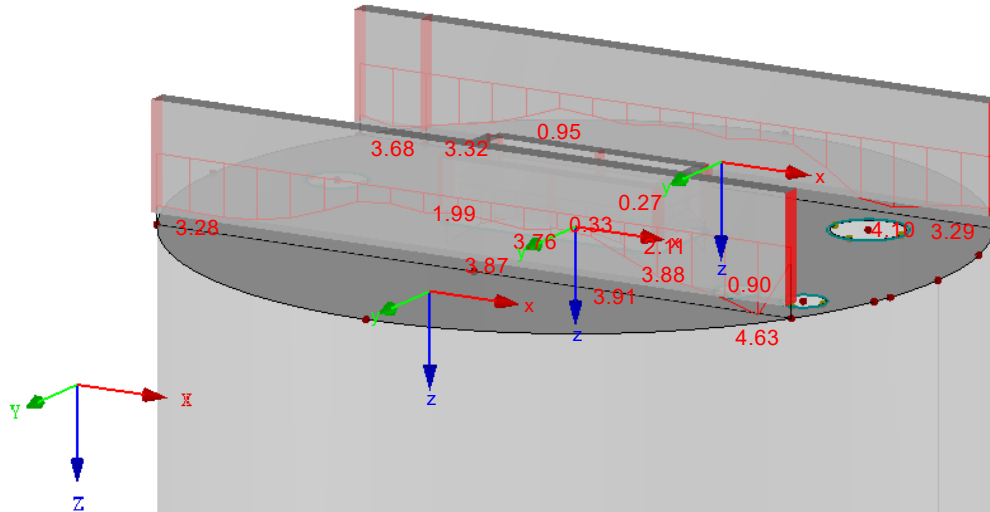
Projekt: 1641 KA Wunstorf

Modell: Faulbehälter

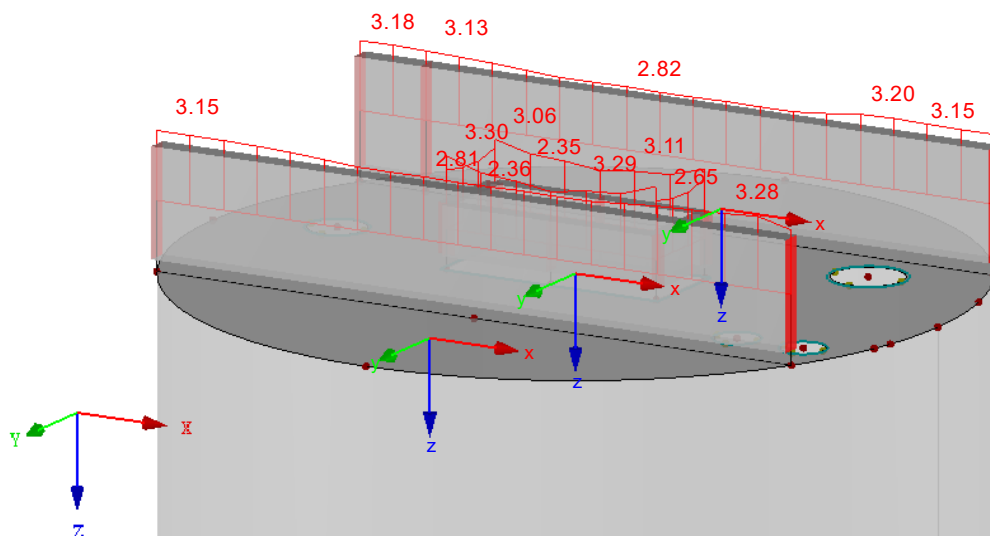
1. Nachtrag

■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $A_{s,+z}$ (unten) + $A_{s,T/2}$** RF-BETON Stäbe FA1
Stahlbetonbemessung von Stäben

Isometrie

■ $A_{s,+z}$ (unten) +
 $A_{s,T/2}$ Max $A_{s,+z}$ (unten) + $A_{s,T/2}$: 4.63 cm²■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $2 \cdot a_{sw,T,Bügel} + a_{sw,V,Bügel}$** RF-BETON Stäbe FA1
Stahlbetonbemessung von Stäben

Isometrie

■ $2 \cdot a_{sw,T,Bügel} +$
 $a_{sw,V,Bügel}$ Max $2 \cdot a_{sw,T,Bügel} + a_{sw,V,Bügel}$: 3.30 cm²/m