

Statische Berechnung

Projektnummer: 18-3002_SZW

Bauvorhaben: Neubau und denkmalgerechten Instandsetzung
Siel Zwethau I

Planungsphase: Genehmigungsplanung

Baugrundstück: Gemarkung Zwethau

Auftraggeber: Landestalsperrenverwaltung Freistaat Sachsen
Betrieb Elbau / Mulde / Untere Weiße Elster
Gartenstraße 34
04571 Rötha

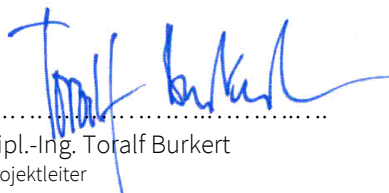
Auftragnehmer: Jäger Ingenieure GmbH
Wichernstraße 12
01445 Radebeul

Bearbeiter:in: Dr.-Ing. Toralf Burkert, Tel.: (03643) 494-238
Dipl.-Ing. Robert Peil
Dipl.-Ing. Lara Thijssen, Tel.: (0351) 83296-52

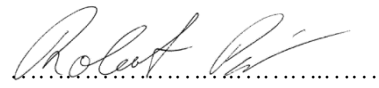
Datum: 12.03.2021
Mit kompletter Überarbeitung vom 03.03.2023



Dipl.-Ing. (FH) Marko Philipp
Geschäftsführender Gesellschafter
Jäger Ingenieure GmbH



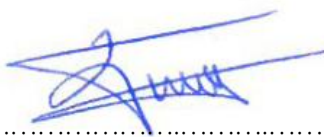
Dipl.-Ing. Toralf Burkert
Projektleiter



Dipl.-Ing. (FH) Robert Peil
Bearbeiter Tragwerksplanung



Dipl.-Ing. Clemens de Almendra
Qualifizierter Tragwerksplaner
IK Sachsen Nr. 62158



Dipl.-Ing. Lara Thijssen
Bearbeiterin Tragwerksplanung

Statische Berechnung – Nachtrag 01

Projektnummer: 18-3002_SZW

Bauvorhaben: Neubau und denkmalgerechten Instandsetzung
Siel Zwethau I

Planungsphase: Genehmigungsplanung

Baugrundstück: Gemarkung Zwethau

Auftraggeber: Landestalsperrenverwaltung Freistaat Sachsen
Betrieb Elbau / Mulde / Untere Weiße Elster
Gartenstraße 34
04571 Rötha

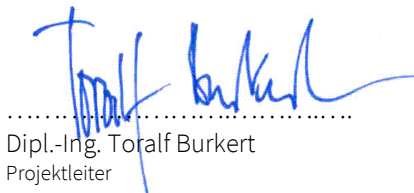
Auftragnehmer: Jäger Ingenieure GmbH
Wichernstraße 12
01445 Radebeul

Bearbeiter:in: Dr.-Ing. Toralf Burkert, Tel.: (03643) 494-238
Dipl.-Ing. Robert Peil
Dipl.-Ing. Lara Thijssen, Tel.: (0351) 83296-52

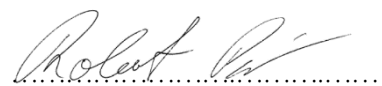
Datum: 13.07.2023



Dipl.-Ing. (FH) Marko Philipp
Geschäftsführender Gesellschafter
Jäger Ingenieure GmbH




Dipl.-Ing. Toralf Burkert
Projektleiter



Dipl.-Ing. (FH) Robert Peil
Bearbeiter Tragwerksplanung



Dipl.-Ing. Clemens de Almendra
Qualifizierter Tragwerksplaner
IK Sachsen Nr. 62158



Dipl.-Ing. Lara Thijssen
Bearbeiterin Tragwerksplanung

Allgemeines

Bestandteil des 1. Nachtrages zu der bereits ausgelieferten Genehmigungsstatik vom 03.03.2023 sind Anpassungen und Ergänzungen. Die folgenden Punkte sind in diesem Nachtrag enthalten:

Inhalt des 1. Nachtrages:

Titelblatt	Der Name und die Unterschrift des qualifizierten Planers wurden ergänzt.
Vorbemerkungen	Die ungültigen Betonangaben wurden gelöscht.
Position 1	Die Angaben zu dem r-Wert, der Betondeckung und den Expositionsclassen, sowie der Nachweis der Rissweitenbegrenzung wurden angepasst. Bei der Betonbemessung im FEM-Modell wurden die Achsmaße der Bewehrung angepasst.
Position 2	Die Angaben zu der Betondeckung und den Expositionsclassen, sowie der Nachweis der Rissweitenbegrenzung wurden angepasst. Bei der Betonbemessung im FEM-Modell wurden die Achsmaße der Bewehrung angepasst.
Position 3	Die Angaben zu der Betondeckung und den Expositionsclassen, sowie der Nachweis der Rissweitenbegrenzung wurden angepasst. Bei der Betonbemessung im FEM-Modell wurden die Achsmaße der Bewehrung angepasst.
Position 4	Die Angaben zu dem r-Wert, der Betondeckung und den Expositionsclassen, sowie der Nachweis der Rissweitenbegrenzung wurden angepasst. Bei der Betonbemessung im FEM-Modell wurden die Achsmaße der Bewehrung angepasst.
Betonverzeichnis	Das Kapitel „Betonverzeichnis“ wurde ergänzt.

Übersicht der Austausch- und Ergänzungsseiten:

Kapitel / Inhalt		Änderungs- / Ergänzungsseiten	ungültig
0	Titelblatt	-	-
1	Vorbemerkungen	1.0-001a	-
3.1	Position 1	3.1-001a bis 3.1-005a, 3.1-026a bis 3.1-035a	-
3.2	Position 2	3.2-001a bis 3.2-004a, 3.2-018a bis 3.2-026a	-
3.3	Position 3	3.3-001a bis 3.3-004a, 3.3-017a bis 3.3-024a	-
3.4	Position 4	3.4-001a bis 3.4-005a, 3.4-024a bis 3.4-033a	-
4.1	Bodenplatte S3	4.1-001	-

Die Statische Berechnung zur Genehmigungsstatik erhält erst ihre Gültigkeit nach Prüfung durch den
Prüfingenieur!

Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkungen

Vorbemerkungen.....	1.0 1-003a
---------------------	------------

2 Positionsplan

2.1 Positionsplan.....	2.1 1-001
------------------------	-----------

3 Statische Berechnungen

3.1 Pos. 1 - Einlaufbauwerk.....	3.1 1-005a
3.2 Pos. 2 - Durchlass.....	3.2 1-004a
3.3 Pos. 3 - Schachtbauwerk.....	3.3 1-004a
3.4 Pos. 4 - Auslaufbauwerk.....	3.4 1-005a

4 Betonsortenverzeichnis

4.1 Betonsortenverzeichnis.....	4.1 1-001
---------------------------------	-----------

1. Vorbemerkungen

1.1 Beschreibung Bauvorhaben

Die Jäger Ingenieure GmbH wurde von der Landestalsperrenverwaltung Freistaat Sachsen um die Bemessung des Ersatzneubaus des Siels Zwethau I im Zuge der grundhaften Instandsetzung des rechtseitigen Elbedeiches zwischen Zwethau und Schützberg beauftragt.

Der Siel befindet sich etwa 600m nordwestlich von Zwethau und etwa 400m südöstlich der Elbe.

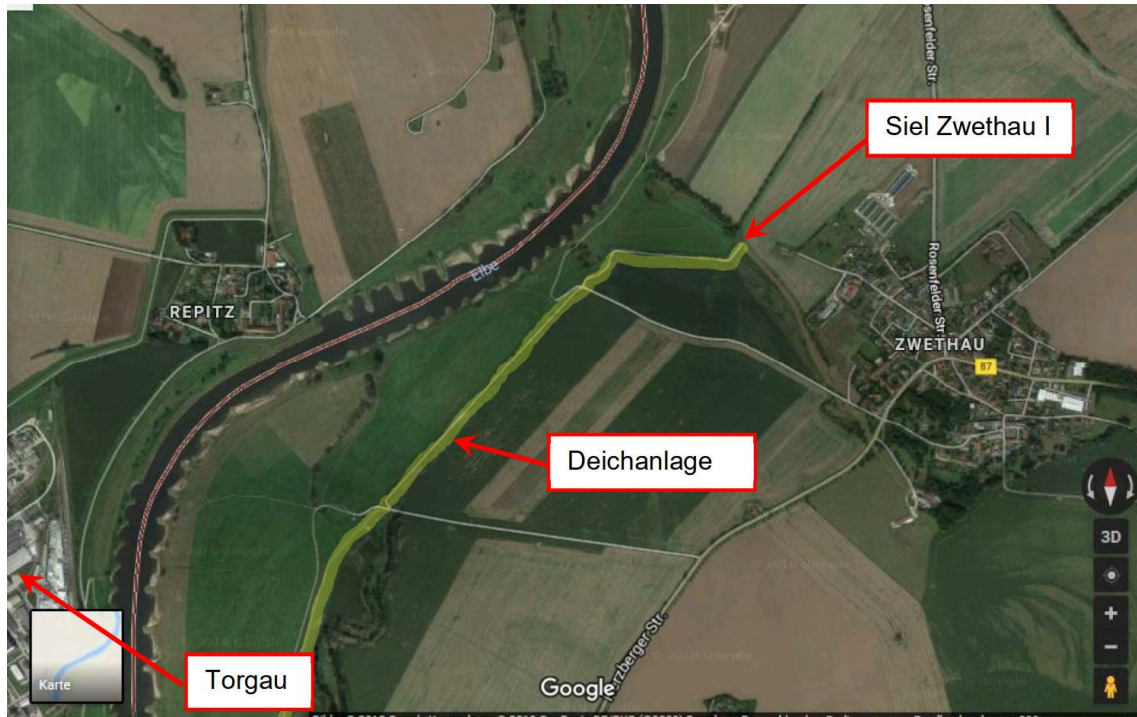
Es handelt sich um ein ca. 20m langes Durchlassbauwerk, was vermutlich im Jahre 1851 errichtet wurde. Aufgrund seines hohen Alters und der materialtechnischen Defizite der verwendeten Baustoffe und Materialien wurde für einen Rückbau des Bestandsbauwerkes und eines Ersatzneubaus entschieden. Aus Denkmalschutzgründen wird die erhaltenswerte Sandstein-Fassade nach der Neuerrichtung wieder angebracht, jedoch ohne Tragfunktion.

Der neue Siel wird ausschließlich in Stahlbeton errichtet. Er besteht aus einem ca. 20m langen Durchlass mit gewölbtem Querschnitt und gerader Sohle. Dieser Durchlass ist über ein mittig angeordnetes Schachtbauwerk zugänglich. An den beiden Enden befinden sich Stirn- und Flügelwände, die als Stützwände wirken. Auf der Einlaufseite ist ein Verteidigungsweg auf dem Deich geplant.

1.2 Standort

Der Siel befindet sich etwa 600m nordwestlich von Zwethau und etwa 400m südöstlich der Elbe.

Lage des Siels bei Zwethau (Quelle: Internet – Google Earth, Zugriff am 12.06.2018)



1.3 Arbeitsgrundlagen/Technische Vorschriften/Berechnungssoftware

Arbeitsgrundlagen

- Bauwerkszeichnung 1, Sieldurchlass „Zwethau I“, Station 3+736, CDM Smith Consult GmbH
Stand: 10/2022
- Bauwerkszeichnung 2, Sieldurchlass „Zwethau I“, Station 3+736, CDM Smith Consult GmbH
Stand: 08/2020
- Geotechnischer Bericht, Elbe-Z 10.4, Deich Torgau Elbbrücke bis Siel Zwethau I, Deich rechts, km 2+600 bis 3+760 - Ergänzung zum Baugrundgutachten im Hinblick auf die Anforderungen der DIN 18304
Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
Stand: 05/2017

Technische Vorschriften, Richtlinien:

- DIN EN 1990 (2010-12) + NA Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991 (2010-12) + NA Einwirkungen auf Tragwerke
- Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke
- Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten
- Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen, Windlasten
- DIN EN 1992-1-1 (2011-01) + NA Stahlbetontragwerke
- DIN EN 1993-1-1 (2010-12) + NA Stahlbauten
- DIN EN 1996-1-1 (2010-12) + NA Mauerwerksbauten

Berechnungssoftware:

- Frilo
- Dlubal RFEM

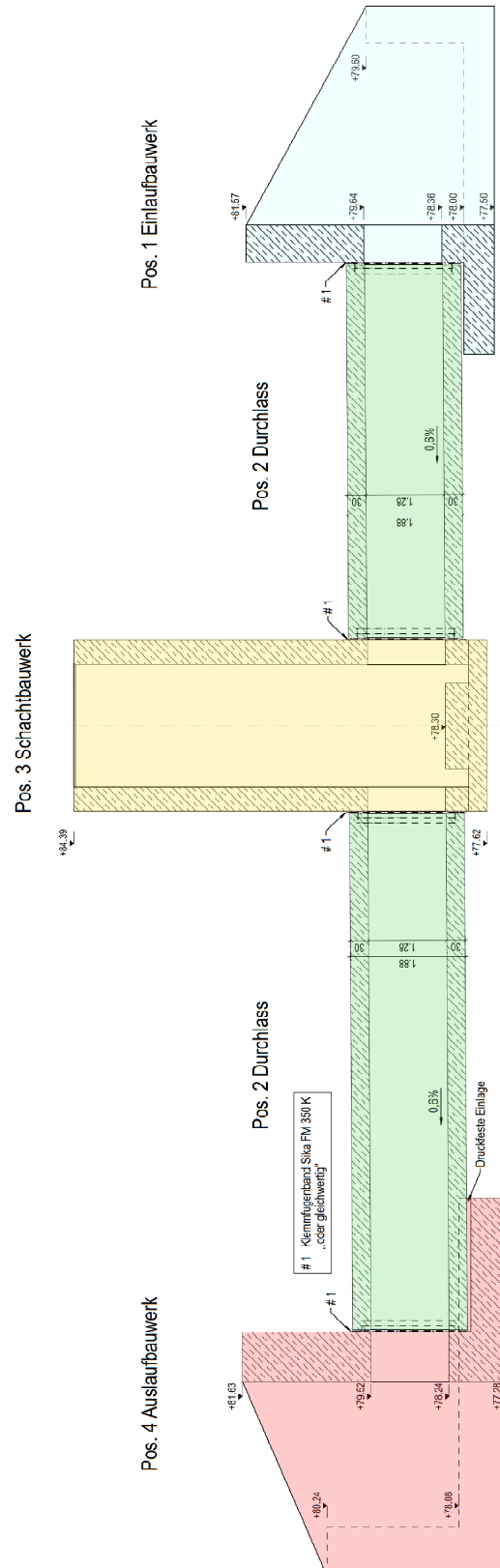
2. Positionsplan

Pos. 1: Einlaufbauwerk (blau)

Pos. 2: Durchlass (grün)

Pos. 3: Schachtbauwerk (gelb)

Pos. 4: Auslaufbauwerk (rot)

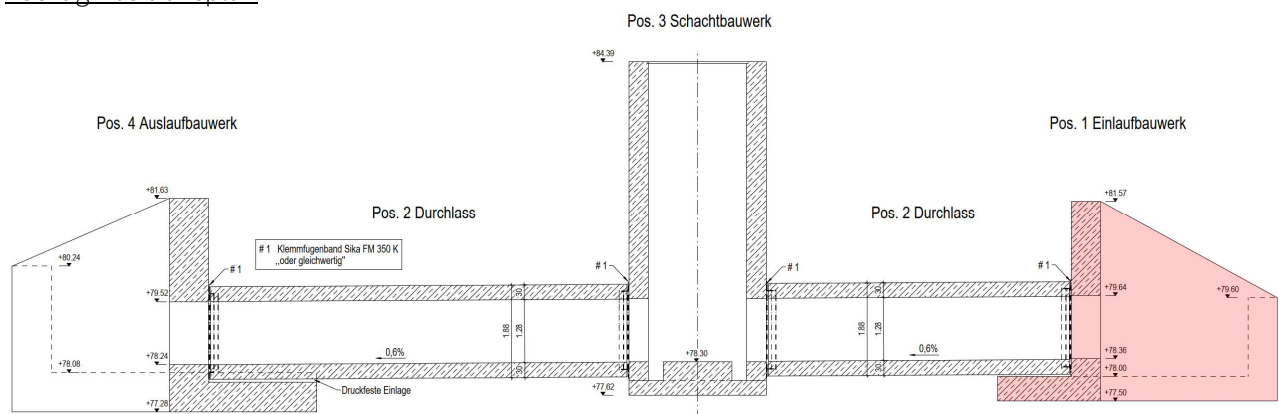


3. Statische Berechnungen

3.1 Position 1 Einlaufbauwerk

Es folgt die Bemessung des Einlaufbauwerks. Dieses besteht aus 60cm dicken Flügeln, die biegesteif an einer 50cm dicken Sohlplatte befestigt sind.
Der Nachweis erfolgt mit dem Programm RFEM.

Auszug Positionsplan



Material/ Geometrie

- Stahlbeton: C25/30 , XC3, XF1, WA
 $r < 0,3$
- Betonstahl: B500 A/B
- Dicke: Sohle: 50cm
Wände: 60cm
- Betondeckung: $c_{nom} = 6,0$ cm
- Bewehrung: Sohle: oben und unten: #Ø16/10cm
Wände: horizontal außen: Ø16/10cm, vertikal innen: Ø12/10cm

Lastannahmen

Die Lasten werden mithilfe des Frilo-Tools EDB+ Erddruckberechnung ermittelt
-> s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

1) Niedriger Wandabschnitt

Ständige Einwirkungen

Eigengewicht Bauwerk	wird programmintern berücksichtigt		
Eigengewicht Boden	im Normalfall	19,0	kN/m ³
	Im Hochwasserfall	9,0	kN/m ³
Erddruck aus Bodengewicht	Dreieckslast	4,13	kN/m ²
Wasserdruck	Dreieckslast	21,00	kN/m ²

Veränderliche Einwirkungen

Verkehrslast	SLW 30 (16,70 kN/m ² als Geländelast)	5,77	kN/m ²
--------------	--	------	-------------------

2) Hoher Wandabschnitt

Ständige Einwirkungen

Eigengewicht	wird programmintern berücksichtigt		
Eigengewicht Boden	im Normalfall	19,0	kN/m ³
	Im Hochwasserfall	9,0	kN/m ³
Erddruck aus Bodengewicht	Dreieckslast	6,54	kN/m ²
Wasserdruck	Dreieckslast	40,70	kN/m ²

Veränderliche Einwirkungen

Verkehrslast	SLW 30 (16,70 kN/m ² als Geländelast)	5,77	kN/m ²
--------------	--	------	-------------------

Bodenkennwerte

Folgende Bodenkennwerte werden angesetzt:

- Ton, mittelplastisch
- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\phi = 25^\circ$
- $c = 5 \text{ kN/m}^2$
- $k = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
- $\delta = 2/3 \phi$

Auf der sicheren Seite liegend, wird mit einem Bettungsmodul $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt.

Bemessung

Der Nachweis des Bauwerks erfolgt mit RFEM5

➔ s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

Es werden folgende beide Fälle betrachtet, die für das Bauwerk maßgebend sind:

- GZT: $1,35 \cdot \text{Eigengewicht} + 1,35 \cdot \text{Erddruck} + 1,35 \cdot \text{Wasserdruck} + 1,50 \cdot \text{Verkehrslast}$
- EQU: im Hochwasserfall: $0,90 \cdot \text{Eigengewicht} + 1,10 \cdot \text{Erddruck} + 1,10 \cdot \text{Wasserdruck}$

Es ist keine Zusatzbewehrung notwendig, maßgebend ist die Mindestbewehrung aus dem Rissbreitennachweis.

Nachweis der Rissweitenbegrenzung für $w_{k,max} = 0,2\text{mm}$

Ansatz: $r < 0,3$

Tabelle 3. Empfohlene Anhaltswerte für die Betonzugfestigkeit bei Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (Tabelle 7 aus DBV [1])

S	1	2	3	4	5
Z	Festigkeitsentwicklung des Betons	Bauteildicke h			
		$\leq 0,30\text{ m}$	$\leq 0,80\text{ m}$	$\leq 2,0\text{ m}$	$> 2,0\text{ m}$
1	langsam ($r < 0,30$) ^{1) 2)}	— ³⁾	$0,60f_{ctm}$	$0,70f_{ctm}$ ⁴⁾	$0,80f_{ctm}$ ⁴⁾
2	mittel ($r < 0,50$) ¹⁾	$0,65f_{ctm}$	$0,75f_{ctm}$	$0,85f_{ctm}$	$0,95f_{ctm}$
3	schnell ($r \geq 0,50$) ¹⁾	$0,80f_{ctm}$	$0,90f_{ctm}$	$1,0f_{ctm}$	$1,00f_{ctm}$

¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis $r = f_{cm}(2\text{ d}) / f_{cm}(28\text{ d})$ beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.

Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt $t > 28$ Tage bestimmt, ist das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen $f_{cm}(2\text{ d})$ zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit $f_{cm}(t)$ zu ermitteln oder es ist vom Betonhersteller eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

²⁾ Bei Festigkeitsklassen $\geq \text{C30/37}$ ist es i. d. R. nicht möglich, das Festigkeitsverhältnis $r \leq 0,30$ bezogen auf 28 Tage zu begrenzen. In diesen Fällen ist es erforderlich, den Zeitpunkt des Nachweises der Festigkeitsklasse auf einen späteren Zeitpunkt (z. B. 56 Tage) zu vereinbaren.

³⁾ Die Auslegung der Bewehrung bei dünnen Bauteilen auf eine langsame Festigkeitsentwicklung ist nicht sinnvoll. Es sollte grundsätzlich mindestens eine mittlere Festigkeitsentwicklung angenommen werden.

⁴⁾ Der empfohlene Anhaltswert für massige Bauteile ist erst bei der Verwendung von langsam erhärtenden Betonen mit einem Prüfalter von 91 Tagen zu erwarten.

➔ Rissweitennachweis Wände, $w_k = 0,2\text{mm}$

<u>Begrenzung der Rissbreite unter zentrischen Zwang $k_c = 1.0$</u>				
(Direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 + NA)				
Bewehrungsrichtung			x-Richtung	y-Richtung
Beton	Betongüte		C25/30	
	Betonzugfestigkeit	f_{ctm} [N/mm ²]	2,60	
	Festigkeitsentwicklung des Betons	r	< 0,3	
	Beiwert für Zeitpunkt Rissbildung	k_{zt} [%]	60	
	wirksame Zugfestigkeit	$f_{ct,eff}$ [N/mm ²]	1,56	
Bewehrung	Stahlsorte	B	B 500	
	Elastizitätsmodul	E_s [N/mm ²]	200.000	
		E_{cm} [N/mm ²]	31.000	
	Durchmesser	d_s/d_{sv} [mm]	16	12
	Stababstand	s [cm]	10,0	10,0
	Mattenbewehrung	(j / n)	n	n
	Querschnitt je Bauteilseite	$A_{s1}=A_{s2}$ [cm ² /m]	20,11	11,31
	Gesamtquerschnitt	vorh A_s [cm ² /m]	40,21	22,62
Abmessung	Betonüberdeckung	c_{nom} [cm]	6,0	7,6
	Bauteilhöhe	h [cm]	60,0	
	Betonquerschnitt	A_{ct} [cm ² /m]	6.000,0	
	Achsabstand Bewehrung	d_1 [cm]	6,8	8,2
	Wirkungstiefe Bewehrung	h_{eff} [cm]	19,6	22,4
	wirksame Betonzugfläche	$A_{c,eff}$ [cm ² /m]	3.920,0	4.480,0
Beiwerte	Spannungsverteilung innerhalb Zugzone	k_c	1,00	
	Verteilung Betonzug-spannungen	k	0,63	
	effektiver Bewehrungsgrad	$eff \rho$	1,0%	0,5%
	geometrischer Bewehrungsgrad	ρ_{tot}	1,0%	0,5%
	Betonstahlspannung im Riss			
	$\sigma_s = k_c * k * f_{ct,eff} * A_c / A_s$		147,11	261,52
	mittlere Differenzdehnung Stahl - Beton	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0,044%	0,078%
	Maximaler Rissabstand	$s_{r,max}$ [mm]	419	559
Achtung bei Mattenbewehrung (DIN EN 1992-1-1-NA, 7.3.4(3)):				
	Rissabstand < doppelte Maschenweite	$s_{r,max}$ [mm] <	200	200
Vorhandene rechnerische Rissweite			w_k [mm]	
			0,185	0,438

Horizontale Risse werden durch das Eigengewicht überdrückt.

➔ Rissweitennachweis Sohle, $w_k = 0,2\text{mm}$

<u>Begrenzung der Rissbreite unter zentrischen Zwang $k_c = 1,0$</u>				
(Direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 + NA)				
Bewehrungsrichtung			x-Richtung	y-Richtung
Beton	Betongüte		C25/30	
	Betonzugfestigkeit	$f_{ctm} [\text{N/mm}^2]$	2,60	
	Festigkeitsentwicklung des Betons	r	< 0,3	
	Beiwert für Zeitpunkt Rissbildung	$k_{zt} [\%]$	60	
	wirksame Zugfestigkeit	$f_{ct,eff} [\text{N/mm}^2]$	1,56	
Bewehrung	Stahlsorte	B	B 500	
	Elastizitätsmodul	$E_s [\text{N/mm}^2]$	200.000	
		$E_{cm} [\text{N/mm}^2]$	31.000	
	Durchmesser	$d_s/d_{sv} [\text{mm}]$	16	16
	Stababstand	$s [\text{cm}]$	10,0	10,0
	Mattenbewehrung	(j / n)	n	n
	Querschnitt je Bauteilseite	$A_{s1}=A_{s2} [\text{cm}^2/\text{m}]$	20,11	20,11
	Gesamtquerschnitt	vorh $A_s [\text{cm}^2/\text{m}]$	40,21	40,21
Abmessung	Betonüberdeckung	$c_{nom} [\text{cm}]$	6,0	7,6
	Bauteilhöhe	$h [\text{cm}]$	50,0	
	Betonquerschnitt	$A_{ct} [\text{cm}^2/\text{m}]$	5.000,0	
	Achsabstand Bewehrung	$d_1 [\text{cm}]$	6,8	8,4
	Wirkungstiefe Bewehrung	$h_{eff} [\text{cm}]$	18,6	21,8
	wirksame Betonzugfläche	$A_{c,eff} [\text{cm}^2/\text{m}]$	3.720,0	4.360,0
Beiwerte	Spannungsverteilung innerhalb Zugzone	k_c	1,00	
	Verteilung Betonzug-spannungen	k	0,69	
	effektiver Bewehrungsgrad	$_{eff} \rho$	1,1%	0,9%
	geometrischer Bewehrungsgrad	ρ_{tot}	1,1%	0,9%
	Betonstahlspannung im Riss			
	$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_c / A_s$		133,45	133,45
	mittlere Differenzdehnung Stahl - Beton	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0,040%	0,040%
	Maximaler Rissabstand	$s_{r,max} [\text{mm}]$	380	380
Achtung bei Mattenbewehrung (DIN EN 1992-1-1-NA, 7.3.4(3)):				
	Rissabstand < doppelte Maschenweite	$s_{r,max} [\text{mm}] <$	200	200
Vorhandene rechnerische Rissweite			0,152	0,152

Pos. 1 - AP - Erdlasten - hoher Wandabschnitt

Erddruckberechnung (x64) EDB+ 01/23E (FRILO R-2023-1/P06)

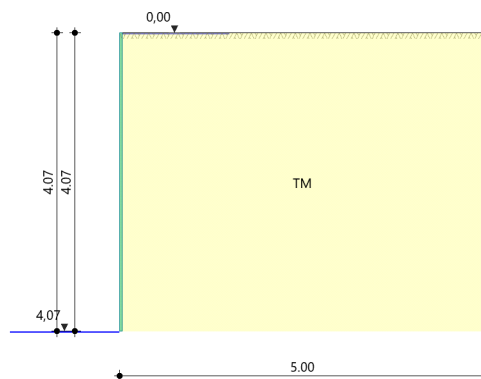
Einstellungen und Berechnungsparameter

Berechnung : Aktiver Erddruck
 Norm: : DIN 4085: 2017-08
 Erddruckparameter : Kohäsion wird in Rechnung gestellt
 : Zug aus Kohäsion wird nicht angenommen
 : Der Mindesterddruck wird angesetzt
 : Verdichtung wird nicht angesetzt

System

Systemgrafik

Maßstab 1 : 100



Wandsystem

Wandhöhe $h = 4,07 \text{ m}$ Wandtiefe $t = 4,07 \text{ m}$
 Wandausschnitt $z_o = 0,00 \text{ m}$ $z_u = 4,07 \text{ m}$
 Wandneigung $\alpha = 0,0^\circ$ Wandreibungswinkel $\delta = 2/3 \phi' ^\circ$

Bodenprofil

Es liegt Grundwasser an. Links der Wand: 4,07 m und rechts der Wand: 0,00 m unter OK Gelände.

Nr.	Benennung	d [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
1	TM	4,07	19,00	9,00	25,0	5,00

d : Mächtigkeit der Bodenschicht

γ : Rechenwert der Wichte

γ' : Rechenwert der Wichte unter Auftrieb

ϕ' : Innerer Reibungswinkel des drainierten Bodens

c' : Kohäsion des drainierten Bodens

Belastung

Übersicht über verwendete Einwirkungen

ID	Bezeichnung	Grenzzustand	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	P/T	
						$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
7	Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F <= 160 kN	EQU	0,70	0,50	0,30		1,50
		STR					1,50
		GEO					1,30
		SERV					1,00

ID	: Index der Einwirkungen. (FRILLO-Definition).
Bezeichnung	: Bezeichnung der Einwirkung
Grenzzustand	: Grenzzustand, für den die Teilsicherheitsbeiwerte angegeben werden.
Ψ_0	: Kombinationsbeiwert der Einwirkung
Ψ_1	: Der häufige Wert der Einwirkung
Ψ_2	: Der quasi-ständige Wert der Einwirkung
$\gamma_{F,inf}$: Unterer Teilsicherheitsbeiwert im angegebenen Grenzzustand
$\gamma_{F,sup}$: Oberer Teilsicherheitsbeiwert im angegebenen Grenzzustand

Geländelasten

Nr.	Art	Name	pl [kN/m ²]	p [kN/m]	a [m]	b [m]	l [m]	z [m]	Verteil.	EGrp	Zus	Alt
1	F	SLW 30	16,70	-	0,00	-	-	-	-	7		

Art	: Art der Geländelast. F=Flächenlast, S=Streifenlast, L=Linienlast, B=Blocklast, T = Trapezlast, E = Einzellast, BL = Bettungslast
pl	: Lastwert einer Flächen-, Streifen- oder Blocklasten bzw. linke Lastordinate einer Trapezlast in kN/m ² .
p	: Lastwert für Linienlasten in kN/m
a	: Abstand vom Wandkopf
b	: Lastausdehnung in x-Richtung.
l	: Lastausdehnung in y-Richtung.
z	: Tiefe der Last (z-Richtung) ab Geländeoberkante.
Verteil.	: Bei Streifen- und Blocklasten kann nach EAB zwischen rechteckiger und trapezförmiger Lastverteilung gewählt werden.
EGrp	: Einwirkung nach EN 1990
Zus	: Zusammengehörigkeitsgruppe. Lasten in dieser Gruppe werden als gemeinsam wirkend angesetzt.
Alt	: Alternativgruppe. Lasten in dieser Gruppe werden nicht gemeinsam angesetzt.

Erddruckebenen

Nr.	zo [m]	zu [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c_k [kN/m ²]	α [°]	β [°]
1	0,00	1,68	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	0,0
2	1,68	4,07	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	0,0

γ	: Wichte des Bodens
γ'	: Wichte des Bodens unter Auftrieb
ϕ'	: Reibungswinkel des Bodens
c_k	: Kohäsion
α	: Wandneigungswinkel
β	: Geländeneigungswinkel

Erddruckbeiwerte

für aktiven Erddruck

Nr.	z0 [m]	zu [m]	δ [°]	K _{agh} [-]	K _{ach} [-]	K _{aph} [-]	θ [°]
1	0,00	1,68	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0
2	1,68	4,07	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0

δ : Erddruckneigungswinkel - Winkel zwischen der Erddruckrichtung und der Wandnormalen

K_{agh} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Bodeneigengewicht

K_{ach} : Aktiver Erddruckbeiwerte für den Anteil aus Kohäsion

K_{aph} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Geländelasten

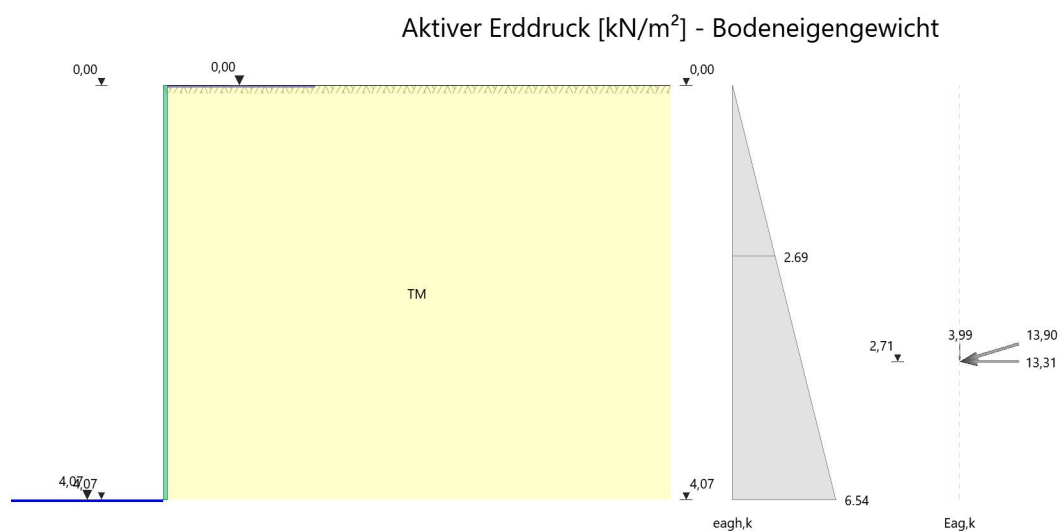
θ : Gleitflächenwinkel für den aktiven Erddruck

Lastfälle

Lastfall Eigengewicht

Erddruckgrafik Bodeneigengewicht

Maßstab 1 : 75



Erddruckwerte Bodeneigengewicht

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,68	2,69	0,00	2,69	0,00	2,69	2,26	0,68
2	1,68	2,69	0,00	2,69	0,00	2,69		
	4,07	6,54	0,00	6,54	0,00	6,54	11,05	3,31

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

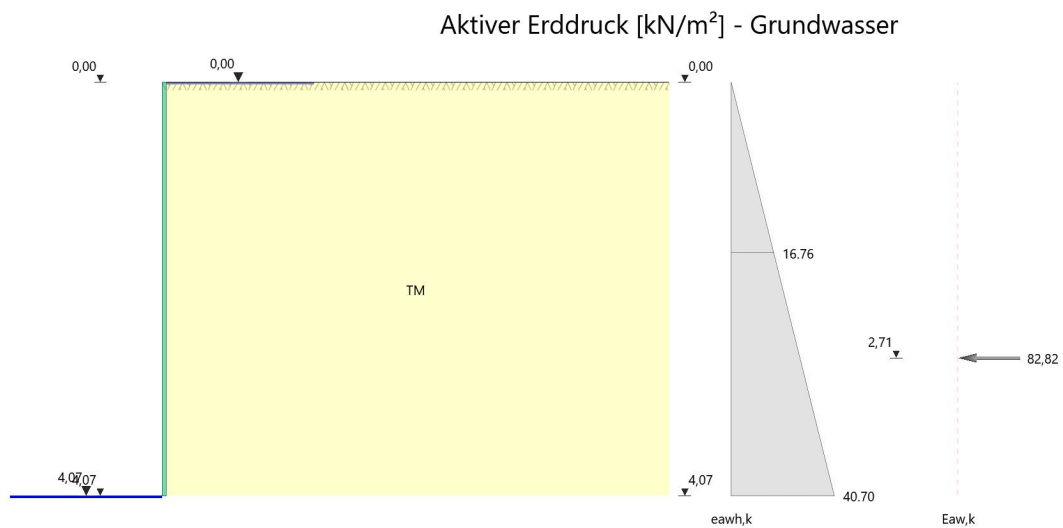
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 13,31 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 3,99 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 2,71 \text{ m}$

Lastfall Grundwasser

Hydrostatischer Wasserdruck

Maßstab 1 : 75



Hydrostatischer Druck infolge Grundwasser

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,68	16,76	0,00	16,76	0,00	16,76	14,05	0,00
2	1,68	16,76	0,00	16,76	0,00	16,76		
	4,07	40,70	0,00	40,70	0,00	40,70	68,77	0,00

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

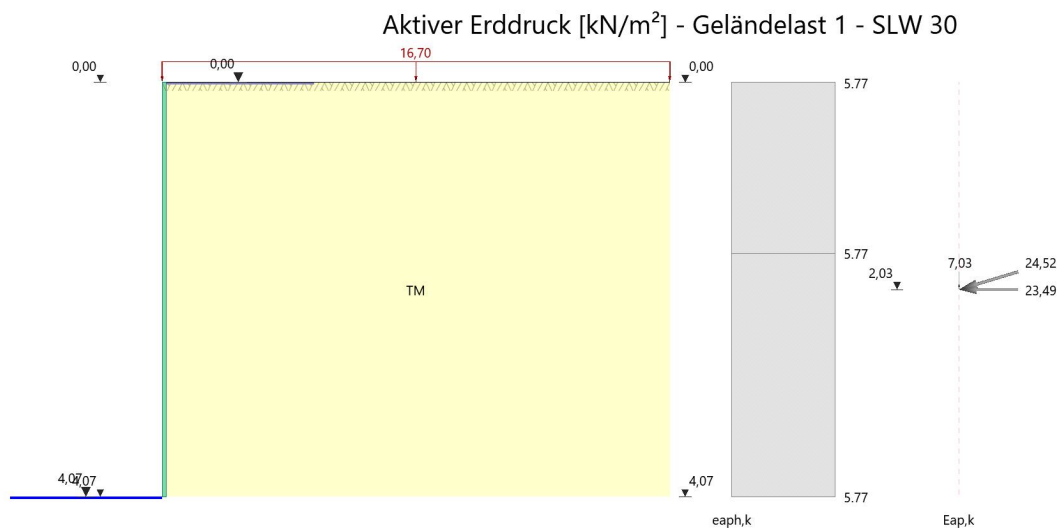
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 82,82 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 0,00 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 2,71 \text{ m}$

Lastfall Flächenlast SLW 30

Erddruckgrafik Flächenlast SLW 30

Maßstab 1 : 75



Erddruckwerte für Flächenlast SLW 30

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77		
	1,68	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77	9,68	2,90
2	1,68	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77		
	4,07	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77	13,82	4,14

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 23,49 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 7,03 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 2,04 \text{ m}$

Pos. 1 - AP - Erdlasten - niedriger Wandabschnitt

Erddruckberechnung (x64) EDB+ 01/23E (FRILO R-2023-1/P06)

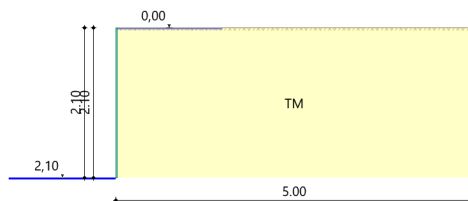
Einstellungen und Berechnungsparameter

Berechnung : Aktiver Erddruck
 Norm: : DIN 4085: 2017-08
 Erddruckparameter : Kohäsion wird in Rechnung gestellt
 : Zug aus Kohäsion wird nicht angenommen
 : Der Mindesterdruddruck wird angesetzt
 : Verdichtung wird nicht angesetzt

System

Systemgrafik

Maßstab 1 : 100



Wandsystem

Wandhöhe $h = 2,10 \text{ m}$ Wandtiefe $t = 4,07 \text{ m}$
 Wandausschnitt $z_o = 0,00 \text{ m}$ $z_u = 2,10 \text{ m}$
 Wandneigung $\alpha = 0,0^\circ$ Wandreibungswinkel $\delta = 2/3 \phi' ^\circ$

Bodenprofil

Es liegt Grundwasser an. Links der Wand: 2,10 m und rechts der Wand: 0,00 m unter OK Gelände.

Nr.	Benennung	d [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
1	TM	2,10	19,00	11,00	25,0	5,00

d : Mächtigkeit der Bodenschicht

γ : Rechenwert der Wichte

γ' : Rechenwert der Wichte unter Auftrieb

ϕ' : Innerer Reibungswinkel des drainierten Bodens

c' : Kohäsion des drainierten Bodens

Belastung

Übersicht über verwendete Einwirkungen

ID	Bezeichnung	Grenzzustand	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	P/T	
						$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
7	Kat. G: Fahrzeuge $30 \text{ kN} < F \leq 160 \text{ kN}$	EQU	0,70	0,50	0,30		1,50
		STR					1,50
		GEO					1,30
		SERV					1,00

ID	: Index der Einwirkungen. (FRILO-Definition).
Bezeichnung	: Bezeichnung der Einwirkung
Grenzzustand	: Grenzzustand, für den die Teilsicherheitsbeiwerte angegeben werden.
Ψ_0	: Kombinationsbeiwert der Einwirkung
Ψ_1	: Der häufige Wert der Einwirkung
Ψ_2	: Der quasi-ständige Wert der Einwirkung
$\gamma_{F,inf}$: Unterer Teilsicherheitsbeiwert im angegebenen Grenzzustand
$\gamma_{F,sup}$: Oberer Teilsicherheitsbeiwert im angegebenen Grenzzustand

Geländelasten

Nr.	Art	Name	pl [kN/m ²]	p [kN/m]	a [m]	b [m]	l [m]	z [m]	Verteil.	EGrp	Zus	Alt
1	F	SLW 30	16,70	-	0,00	-	-	-	-	7		

Art	: Art der Geländelast. F=Flächenlast, S=Streifenlast, L=Linienlast, B=Blocklast, T = Trapezlast, E = Einzellast, BL = Bettungslast
pl	: Lastwert einer Flächen-, Streifen- oder Blocklasten bzw. linke Lastordinate einer Trapezlast in kN/m ² .
p	: Lastwert für Linienlasten in kN/m
a	: Abstand vom Wandkopf
b	: Lastausdehnung in x-Richtung.
l	: Lastausdehnung in y-Richtung.
z	: Tiefe der Last (z-Richtung) ab Geländeoberkante.
Verteil.	: Bei Streifen- und Blocklasten kann nach EAB zwischen rechteckiger und trapezförmiger Lastverteilung gewählt werden.
EGrp	: Einwirkung nach EN 1990
Zus	: Zusammengehörigkeitsgruppe. Lasten in dieser Gruppe werden als gemeinsam wirkend angesetzt.
Alt	: Alternativgruppe. Lasten in dieser Gruppe werden nicht gemeinsam angesetzt.

Erddruckebenen

Nr.	zo [m]	zu [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c_k [kN/m ²]	α [°]	β [°]
1	0,00	1,37	19,00	11,00	25,0	5,00	0,0	0,0
2	1,37	2,10	19,00	11,00	25,0	5,00	0,0	0,0

γ	: Wichte des Bodens
γ'	: Wichte des Bodens unter Auftrieb
ϕ'	: Reibungswinkel des Bodens
c_k	: Kohäsion
α	: Wandneigungswinkel
β	: Geländeneigungswinkel

Erddruckbeiwerte

für aktiven Erddruck

Nr.	z0 [m]	zu [m]	δ [°]	K _{agh} [-]	K _{ach} [-]	K _{aph} [-]	θ [°]
1	0,00	1,37	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0
2	1,37	2,10	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0

δ : Erddruckneigungswinkel - Winkel zwischen der Erddruckrichtung und der Wandnormalen

K_{agh} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Bodeneigengewicht

K_{ach} : Aktiver Erddruckbeiwerte für den Anteil aus Kohäsion

K_{aph} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Geländelasten

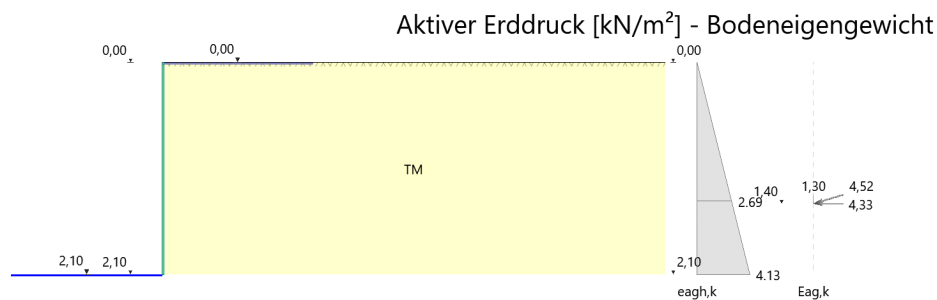
θ : Gleitflächenwinkel für den aktiven Erddruck

Lastfälle

Lastfall Eigengewicht

Erddruckgrafik Bodeneigengewicht

Maßstab 1 : 75



Erddruckwerte Bodeneigengewicht

Nr.	z [m]	e _{agh} [kN/m ²]	e _{aph} [kN/m ²]	e _{agh} + e _{aph} [kN/m ²]	e _v [kN/m ²]	e _{ah} [kN/m ²]	E _{ah} [kN/m]	E _{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,37	2,69	0,00	2,69	0,00	2,69	1,85	0,55
2	1,37	2,69	0,00	2,69	0,00	2,69		

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
	2,10	4,13	0,00	4,13	0,00	4,13	2,48	0,74

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

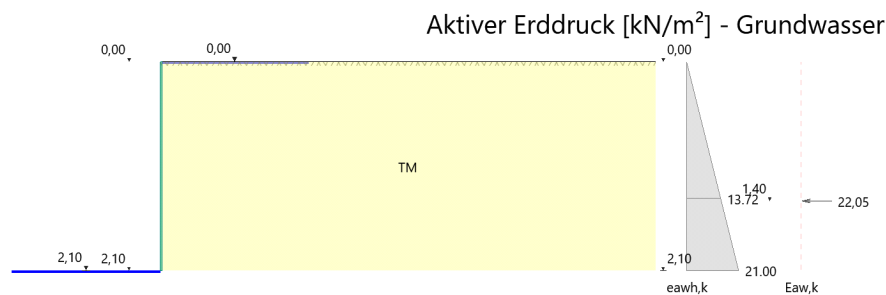
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 4,33 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 1,30 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 1,40 \text{ m}$

Lastfall Grundwasser

Hydrostatischer Wasserdruck

Maßstab 1 : 75



Hydrostatischer Druck infolge Grundwasser

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,37	13,72	0,00	13,72	0,00	13,72	9,41	0,00
2	1,37	13,72	0,00	13,72	0,00	13,72		
	2,10	21,00	0,00	21,00	0,00	21,00	12,64	0,00

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

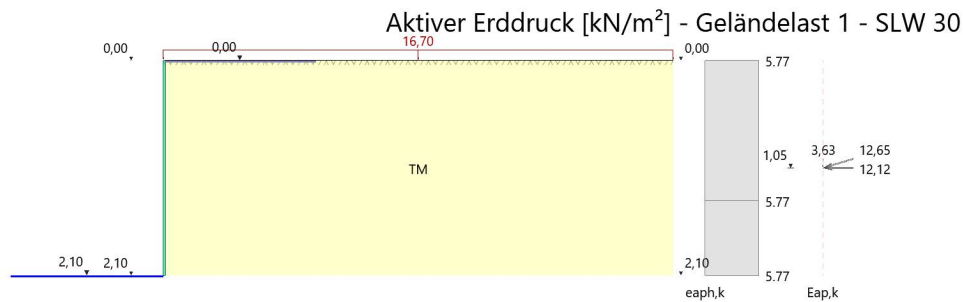
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 22,05 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 0,00 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 1,40 \text{ m}$

Lastfall Flächenlast SLW 30

Erddruckgrafik Flächenlast SLW 30

Maßstab 1 : 75



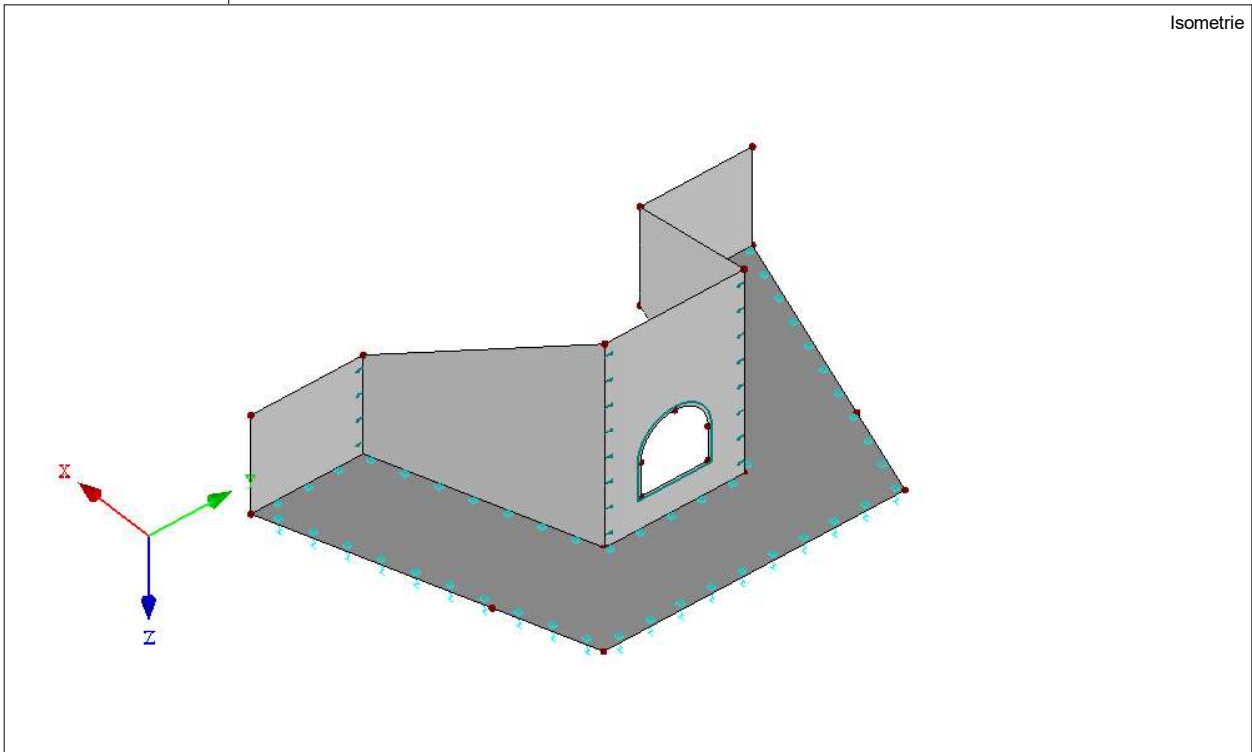
Erddruckwerte für Flächenlast SLW 30

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77		
	1,37	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77	7,92	2,37
2	1,37	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77		
	2,10	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77	4,20	1,26

 e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser. e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten. $e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten e_v : Erddruck infolge Verdichtung e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate. E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene. E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 12,12 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 3,63 \text{ kN/m}$ Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 1,05 \text{ m}$

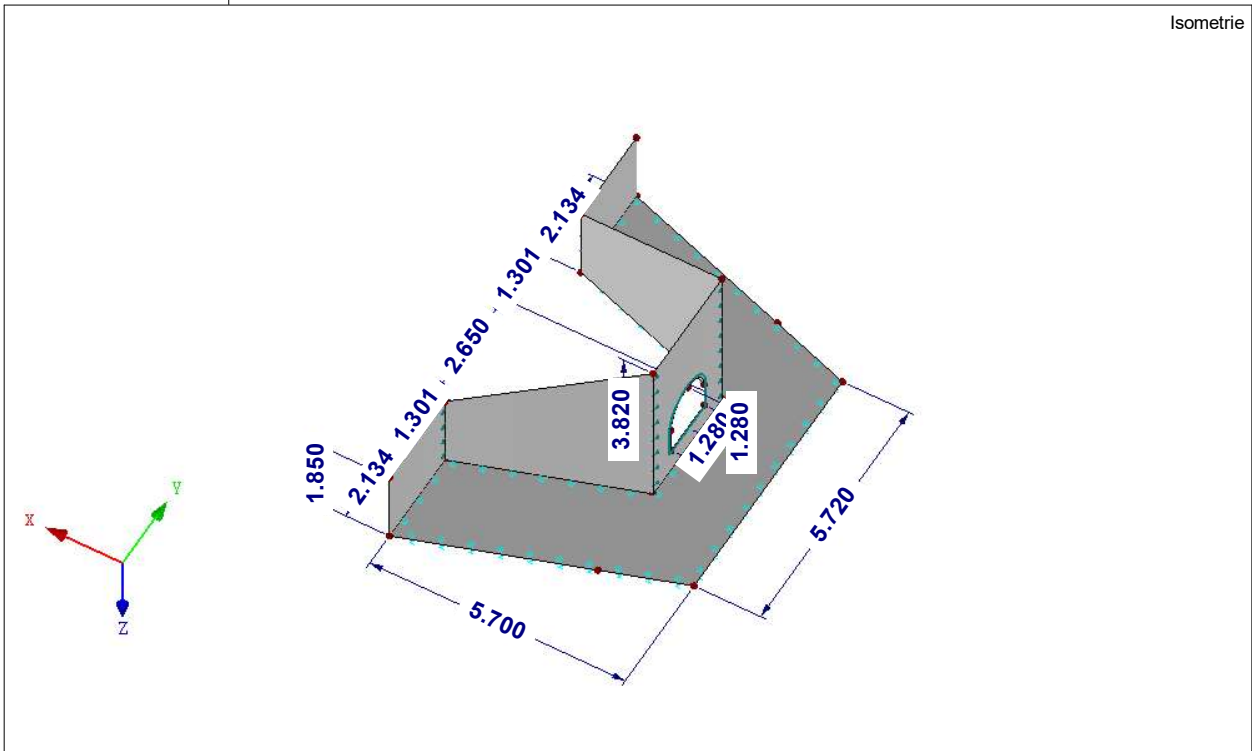
■ MODELL

Isometrie



■ MODELL

Isometrie



■ MODELL-BASISANGABEN

	Allgemein	Modellname	:	Einlaufbauwerk
		Modelltyp	:	3D
		Positive Richtung der globalen Z-Achse	:	Nach unten
		Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	:	Nach Norm: EN 1990
			:	Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	Optionen	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen		
		<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT		
		<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse		
		<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden		
		<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen		
		Erdbeschleunigung g	:	10.00 m/s²

■ FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

	Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	:	0.150 m
		Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	ϵ	:	0.001 m
		Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		:	500
	Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		:	10
		<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III, Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen			
		<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt			
	Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	Δ_D	:	1.800
		Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	α	:	0.50 °
		Form der Finiten Elemente:		:	Drei- und Vierecke
				:	<input checked="" type="checkbox"/> Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

■ 1.3 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm²]	Modul G [kN/cm²]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewic γ [kN/m³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 3100.00	1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch
2	Baustahl S 235 EN 1993-1-1:2005-05 21000.00	8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

■ 1.4 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m²]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Eben	Standard	25,36,39,40	1	Konstant	600.0	11.656	17483.50
2	Eben	Standard	32,36-38	1	Konstant	600.0	8.666	12998.70
3	Eben	Standard	34,38,41,42	1	Konstant	600.0	11.656	17483.50
4	Eben	Standard	35,42,51,50	1	Konstant	600.0	3.947	5921.22
5	Eben	Standard	9,40,49,48	1	Konstant	600.0	3.947	5921.22
6	Eben	Standard	4,1,7,8,2,35,34,32,25,9	1	Konstant	500.0	28.024	35030.30

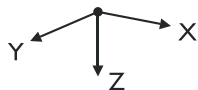
■ 1.4.2 FLÄCHEN - INTEGRIERTE OBJEKTE

Fläche Nr.	Integrierte Objekte Nr.			Öffnungen	Kommentar
	Knoten	Linien			
2				1	

1.6 ÖFFNUNGEN

Öffnung Nr.	Begrenzungslinien Nr.	In Fläche Nr.	Fläche A [m²]	Kommentar
1	43,44,46,47	2	1.458	

1.9 FLÄCHENLAGER

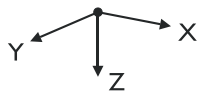


Bettung Nr.	Flächen Nr.	Federkonstanten RF-SOILIN	Stützung bzw. Feder [kN/m³]			Schubfeder [kN/m]	
			u_x	u_y	u_z	v_{xz}	v_{yz}
1	6	-	1500.000	1500.000	15000.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.9.1 FLÄCHENLAGER - AUSFALL

Bettung Nr.	Flächen Nr.	Ausfall des Lagers bei σ_z	Fließen ab Kontaktspannung σ_z [kN/m²]	Reibungszahl μ_z [-]
1	6	Negativ		

1.10 LINIENGELLENKE



Gelenk Nr.	Linie Nr.	Fläche Nr.	Seite	Axial/Quer-Gelenk [kN/m²]			Momentengelenk [kNm/rad/m]		
				u_x	u_y	u_z	φ_x	φ_y	φ_z
1	40	5	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	42	4	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	36	2	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	38	2	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.1 LASTFÄLLE

Last- fall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Eigengewicht	Ständig	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF3	Wasserdruck	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF4	SLW 30	Nutzlasten - Kategorie G: Verkehrslasten - Fahrzeuglast \leq 160 kN	<input type="checkbox"/>			
LF5	vertikales Gewicht STR	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF6	vertikales Gewicht EQU	Ständig	<input type="checkbox"/>			

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Last- fall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	
LF1	Eigengewicht	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson	
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson	
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)
LF3	Wasserdruck	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson	
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)
LF4	SLW 30	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson	
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)
LF5	vertikales Gewicht STR	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson	

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Last-fall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LF6	vertikales Gewicht EQU	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)

2.5 LASTKOMBINATIONEN

Last-kombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall
LK1		EQU	1	0.90	LF1 Eigengewicht
			2	1.10	LF2 Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.10	LF3 Wasserdruk
			4	0.90	LF6 vertikales Gewicht EQU
LK2		STR/GEO-2	1	1.35	LF1 Eigengewicht
			2	1.35	LF2 Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.35	LF3 Wasserdruk
			4	1.50	LF4 SLW 30
			5	1.35	LF5 vertikales Gewicht STR

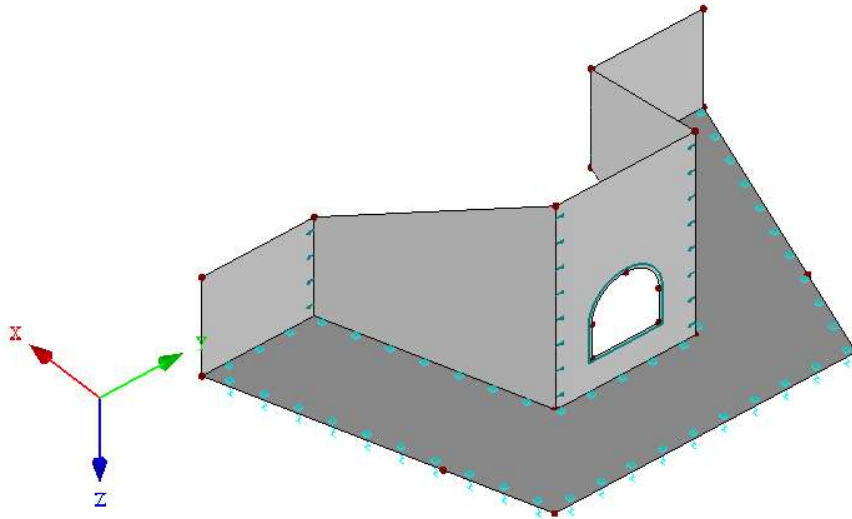
2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Last-kombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter
LK1	EQU	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen: <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte V _y und V _z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M _y , M _z und M _T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ _M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LK2	STR/GEO-2	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen: <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte V _y und V _z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M _y , M _z und M _T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ _M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)

■ LF1: EIGENGEWICHT

LF1 : Eigengewicht

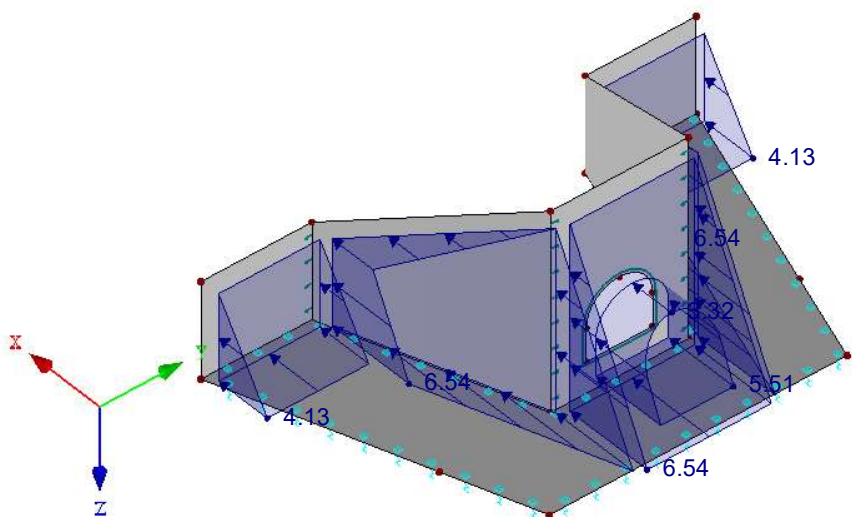
Isometrie



■ LF2: ERDDRUCK AUS BODENGEWICHT

LF2 : Erddruck aus Bodengewicht
Belastung [kN/m²]

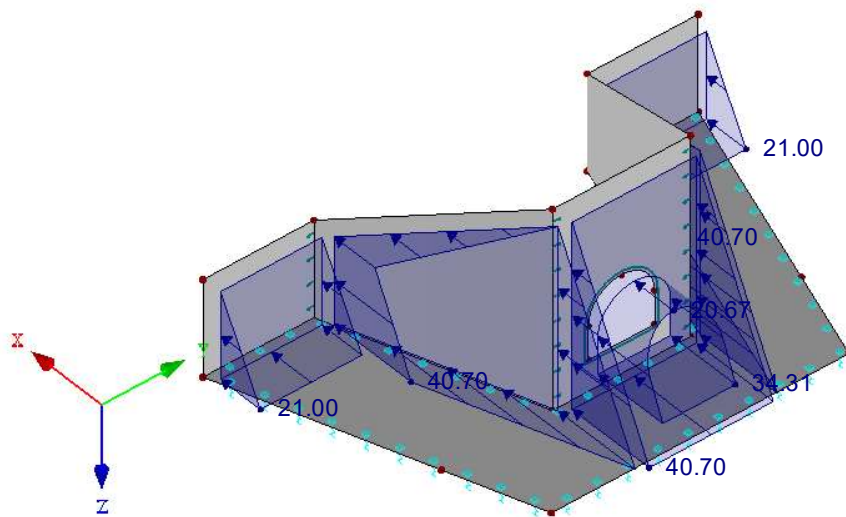
Isometrie



■ LF3: WASSERDRUCK

LF3 : Wasserdruck
 Belastung [kN/m²]

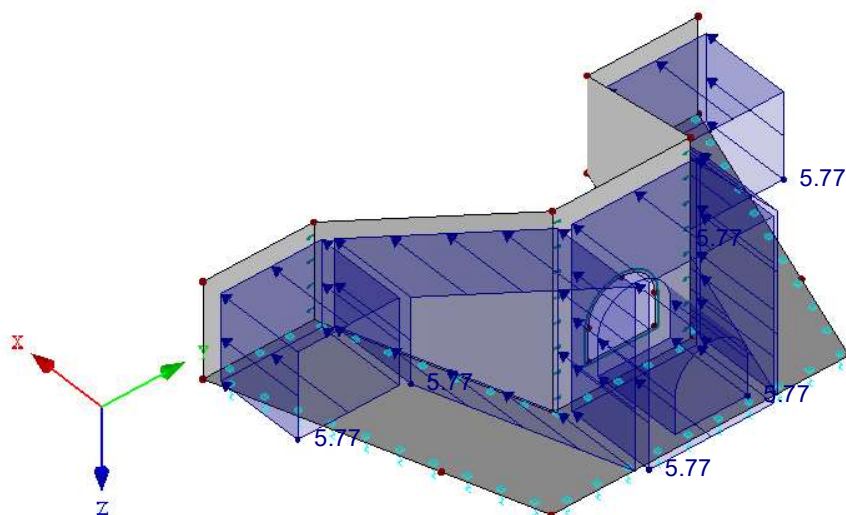
Isometrie



■ LF4: SLW 30

LF4 : SLW 30
 Belastung [kN/m²]

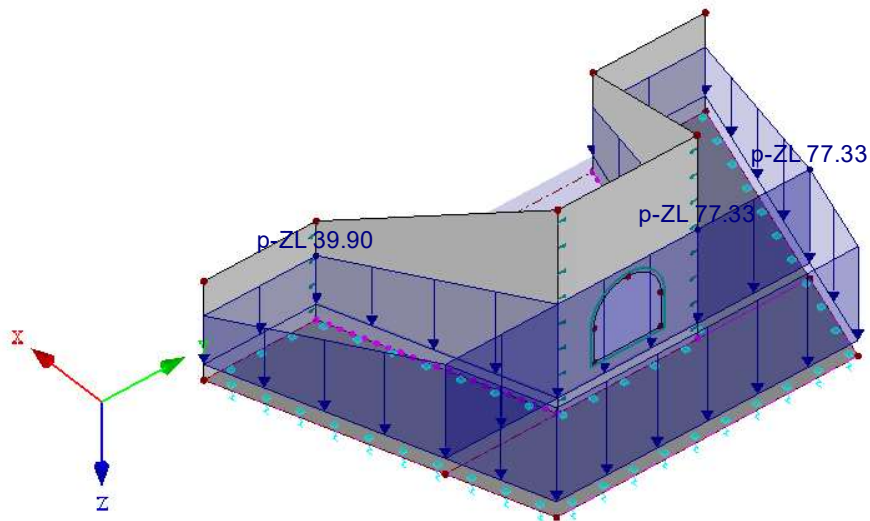
Isometrie



■ LF5: VERTIKALES GEWICHT STR

LF5 : vertikales Gewicht STR
Belastung [kN/m²]

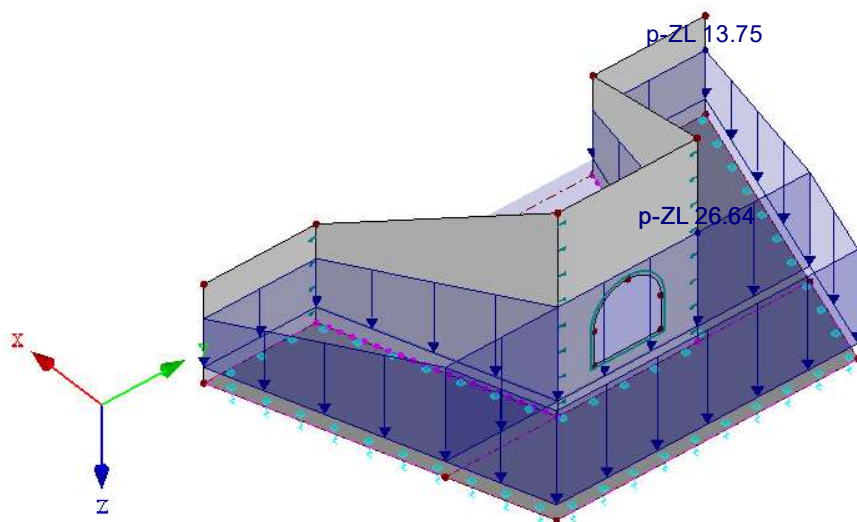
Isometrie



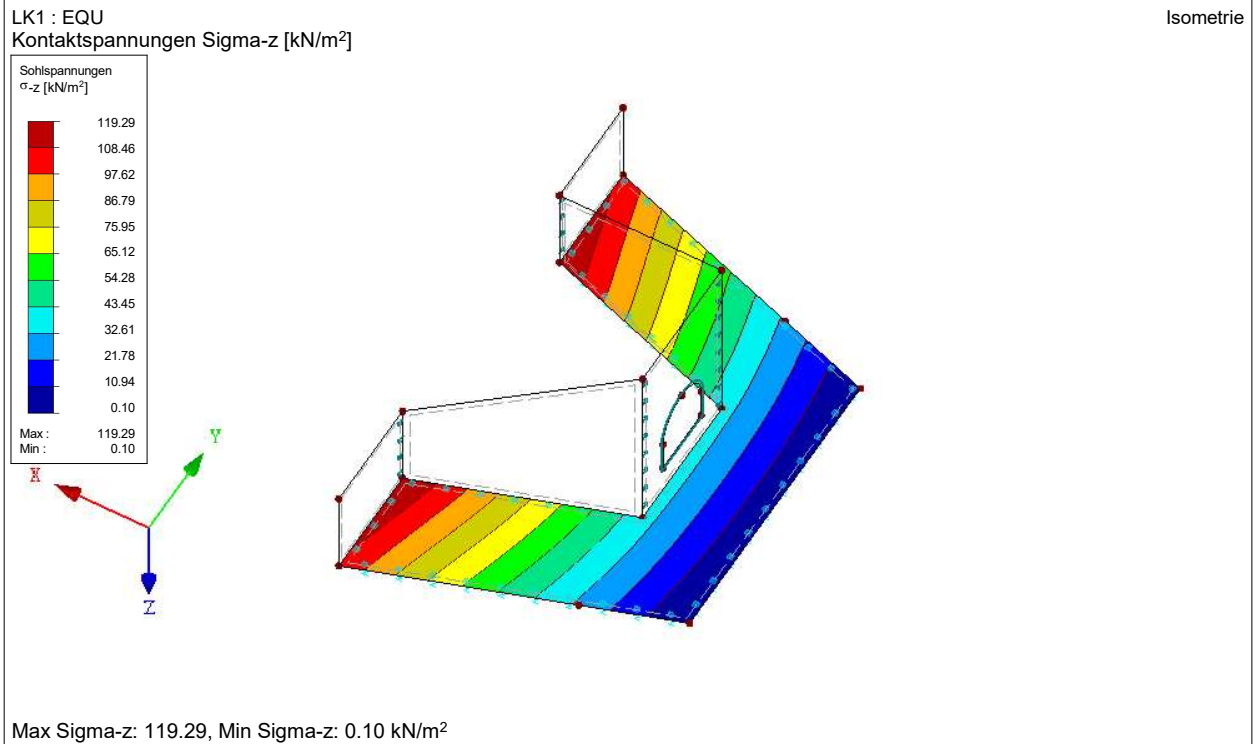
■ LF6: VERTIKALES GEWICHT EQU

LF6 : vertikales Gewicht EQU
Belastung [kN/m²]

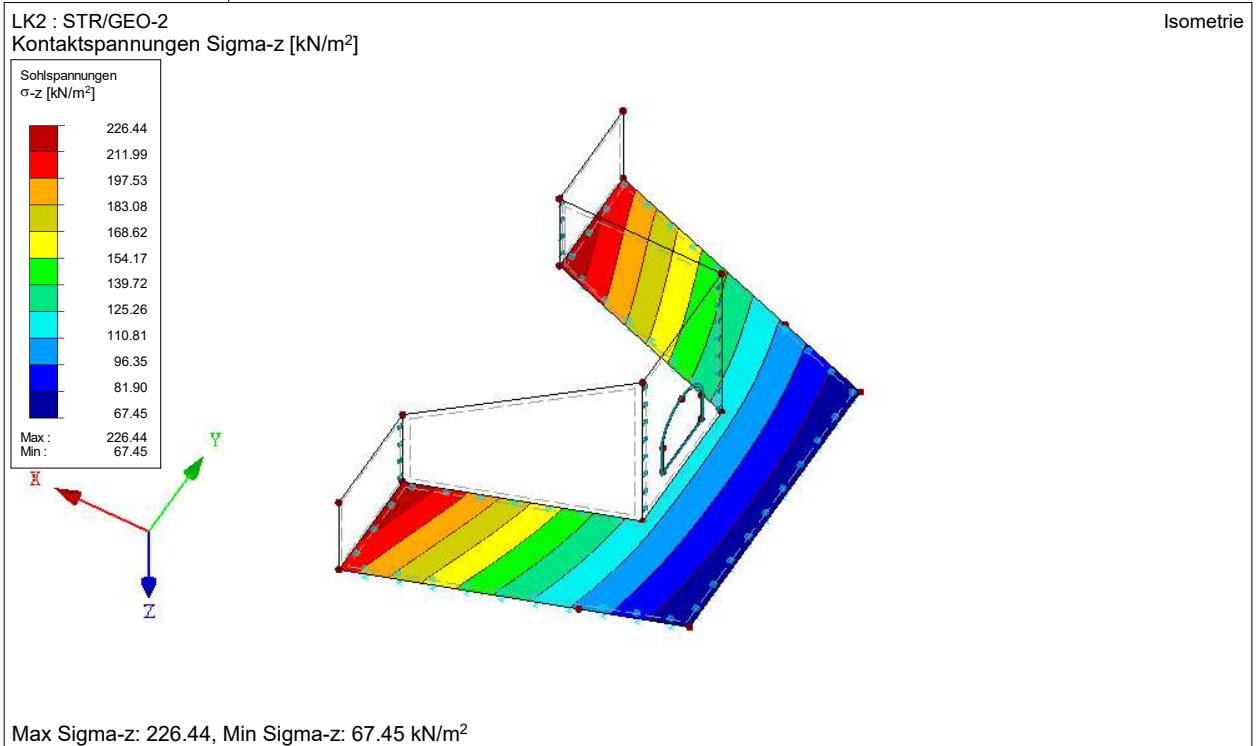
Isometrie



■ SOHLSPANNUNGEN σ_z



■ SOHLSPANNUNGEN σ_z

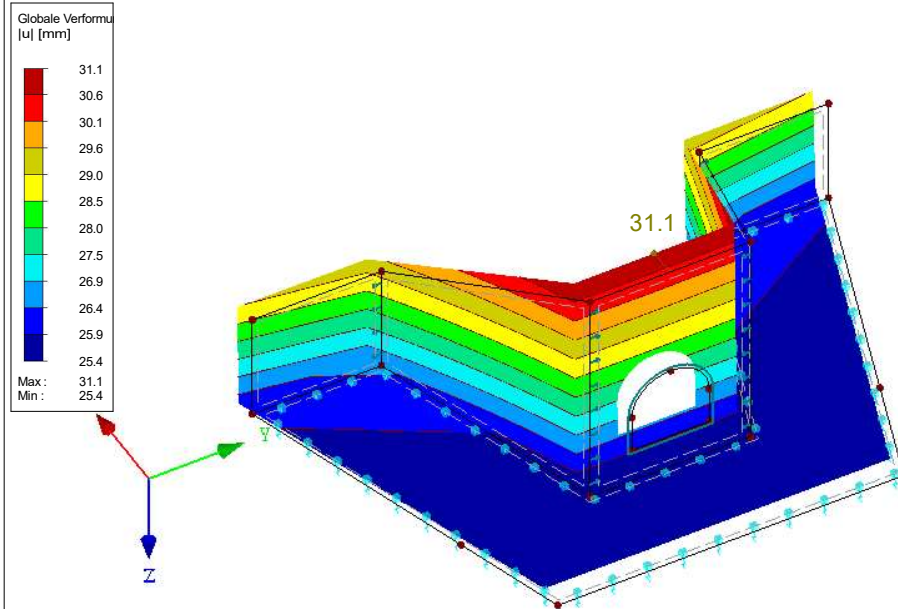


■ GLOBALE VERFORMUNGEN u

LK1 : EQU

Globale Verformungen u [mm]

Isometrie

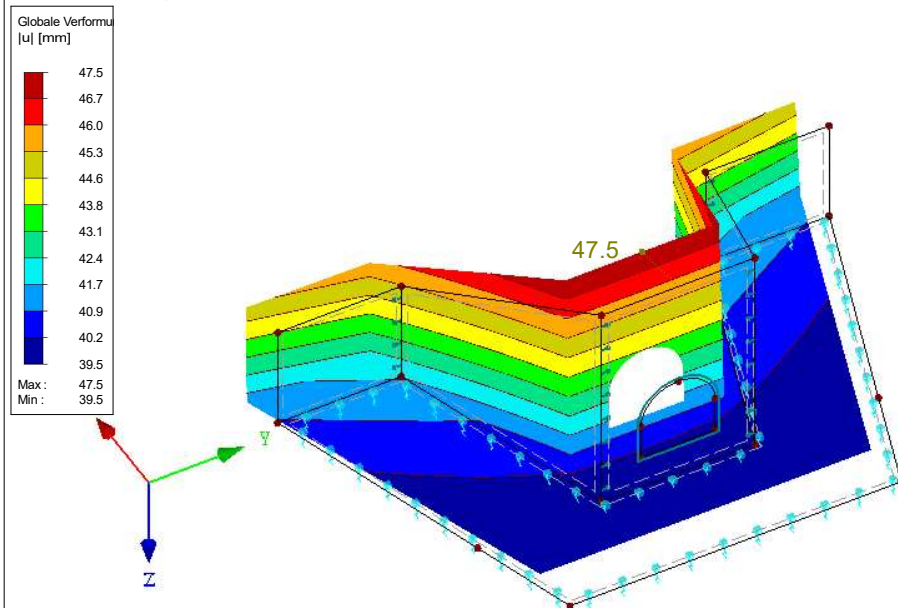
Faktor für Verformungen: 16.00
Max u: 31.1, Min u: 25.4 mm

■ GLOBALE VERFORMUNGEN u

LK2 : STR/GEO-2

Globale Verformungen u [mm]

Isometrie

Faktor für Verformungen: 24.00
Max u: 47.5, Min u: 39.5 mm

RF-BETON Flächen
FA1
Stahlbeton-Bemessung

1.1 BASISANGABEN

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK1 EQU Ständig und vorübergehend
	LK2 STR/GEO-2 Ständig und vorübergehend
Definition der vorhandenen Zusatzbewehrung	Automatische Anordnung nach Vorgaben in Maske 1.4
DETAILEINSTELLUNGEN	
Nachweisverfahren für Bewehrungsumhüllende	Gemischte
Ansatz von Schnittgrößen ohne Rippenanteil	<input type="checkbox"/>
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$
Häufig	Nachweise: w_k
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l

1.2 MATERIALIEN

Material Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Stahl-Bezeichnung	
1	Beton C25/30	B 500 S (A)	

1.2.1 MATERIALKENNWERTE

Material Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.00	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.80	N/mm ²
	Charakteristische für nichtlineare Berechnungen			
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.00	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.60	N/mm ²
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{ct1u}	-3.500	‰
	Schubmodul	G	12916.70	N/mm ²
	Querdehnzahl	ν	0.200	-
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2.000	-
	Spezifisches Gewicht	γ	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (A)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Streckgrenze	f_{ym}	550.00	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zugfestigkeit	f_{tm}	551.25	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	525.00	N/mm ²
	Stahldehnung unter Höchstlast	ϵ_{uk}	25.000	‰

1.3 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Mat. Nr.	Dicke Typ	Dicke [mm]	Anmerkungen	Kommentar
1	1	Konstant	600.00		
2	1	Konstant	600.00		
3	1	Konstant	600.00		
4	1	Konstant	600.00		
5	1	Konstant	600.00		
6	1	Konstant	500.00		

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - 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 %

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - SOHLE

Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 76.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 16.00, ds-2: 16.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 20.11, As-2,-z (oben): 20.11 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 76.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 16.00, ds-2: 16.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 20.11, As-2,+z (unten): 20.11 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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 - PLATTE

Angewendet auf Flächen:	1-5
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 %
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 76.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 16.00, ds-2: 16.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 20.11, As-2,-z (oben): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 76.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 16.00, ds-2: 16.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 20.11, As-2,+z (unten): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 2 - PLATTE

Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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

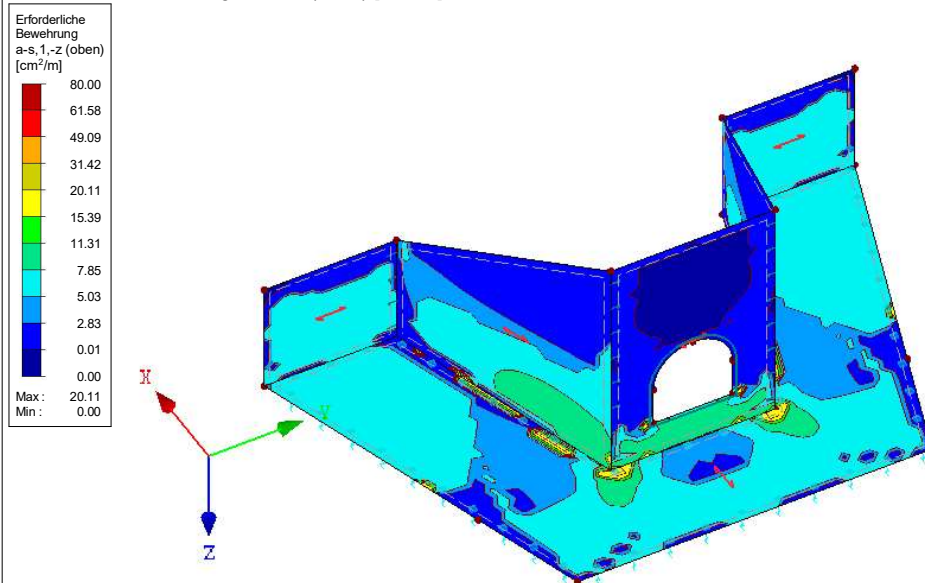
ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

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

Isometrie

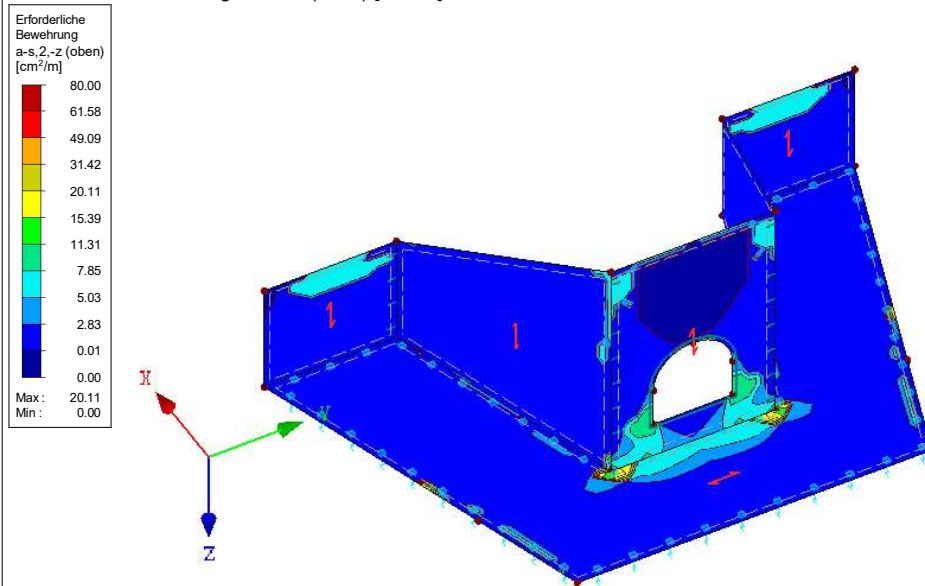
Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 20.11, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m

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

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

Stahlbeton-Bemessung

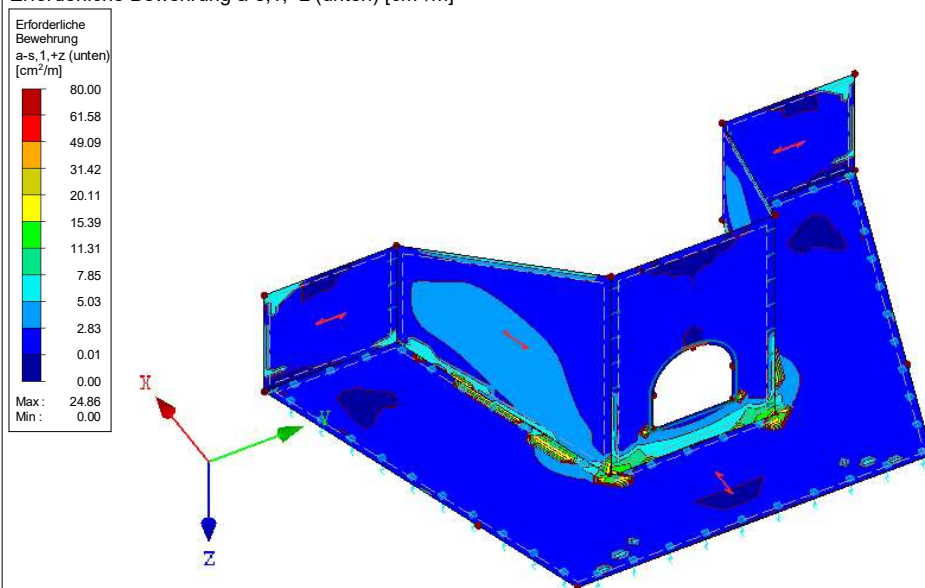
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm^2/m]Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 20.11, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00 cm^2/m

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

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

Stahlbeton-Bemessung

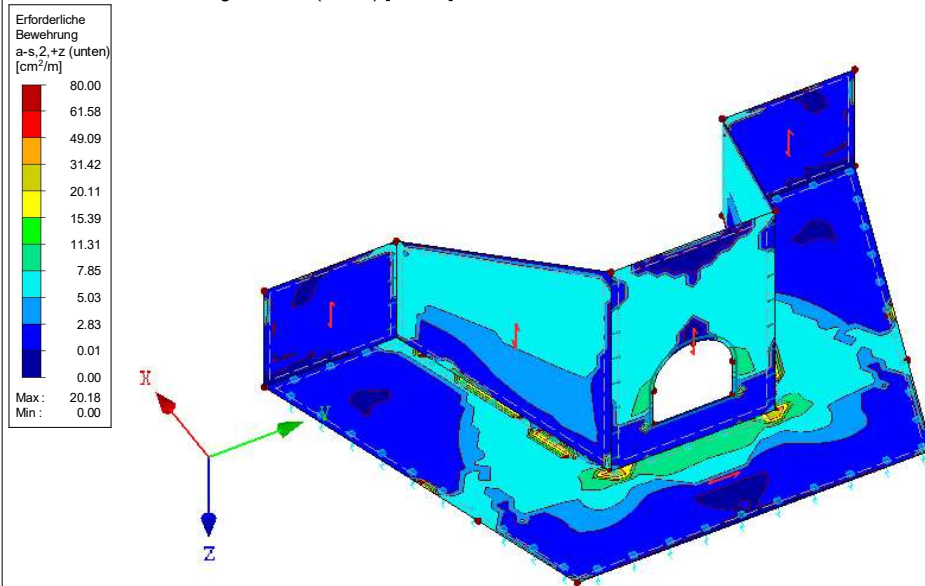
Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm^2/m]Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 24.86, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

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

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

Stahlbeton-Bemessung

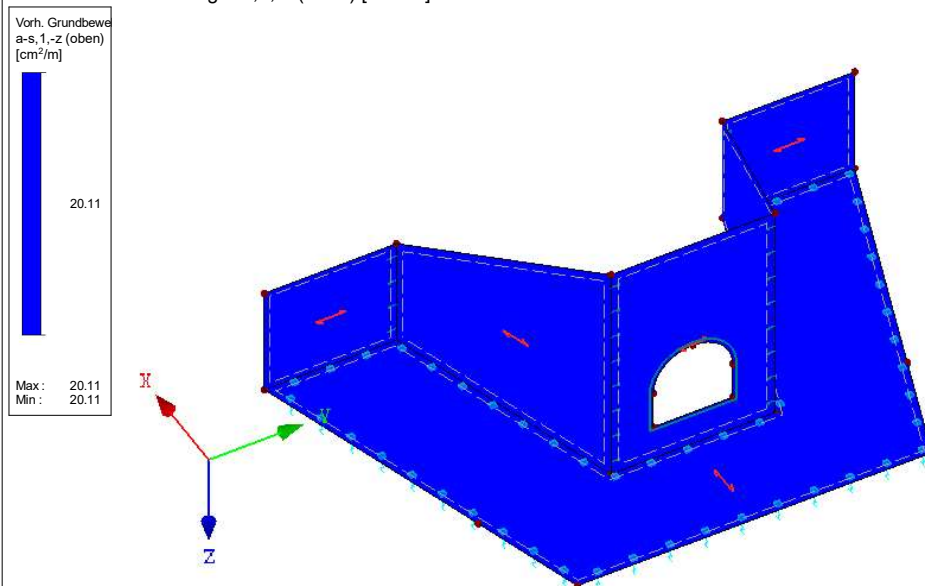
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm^2/m]Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 20.18, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

■ VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

Stahlbeton-Bemessung

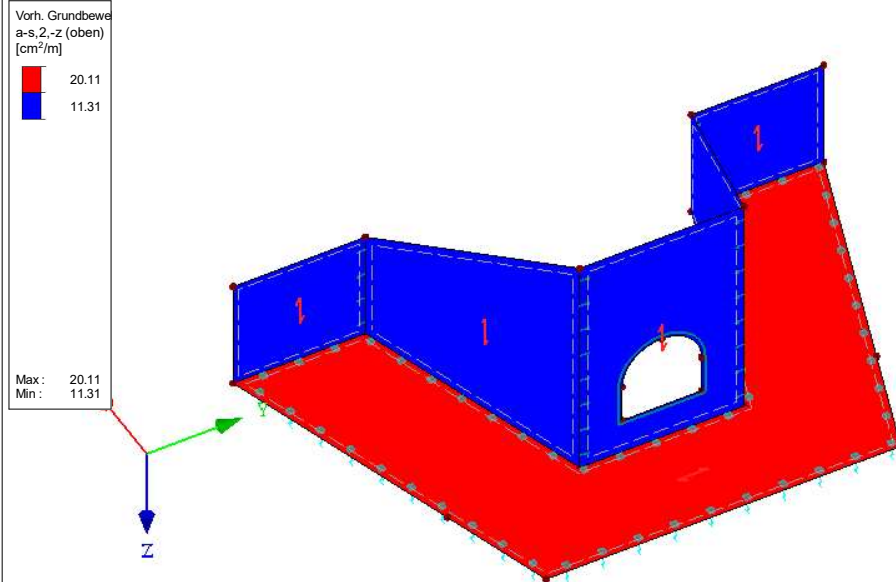
Vorh. Grundbewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben) [cm^2/m]Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 20.11, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 20.11 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Vorh. Grundbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm^2/m]

Isometrie



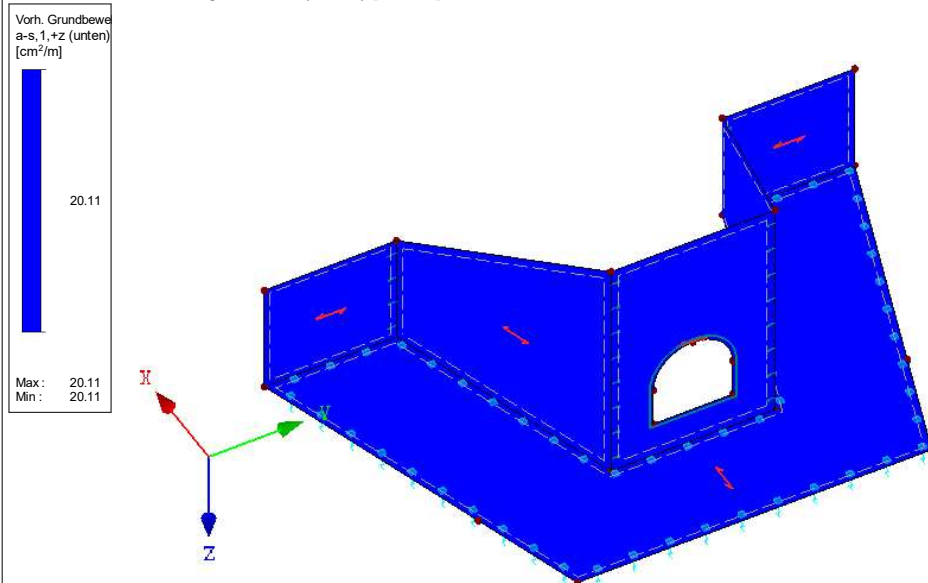
Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 20.11, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 11.31 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

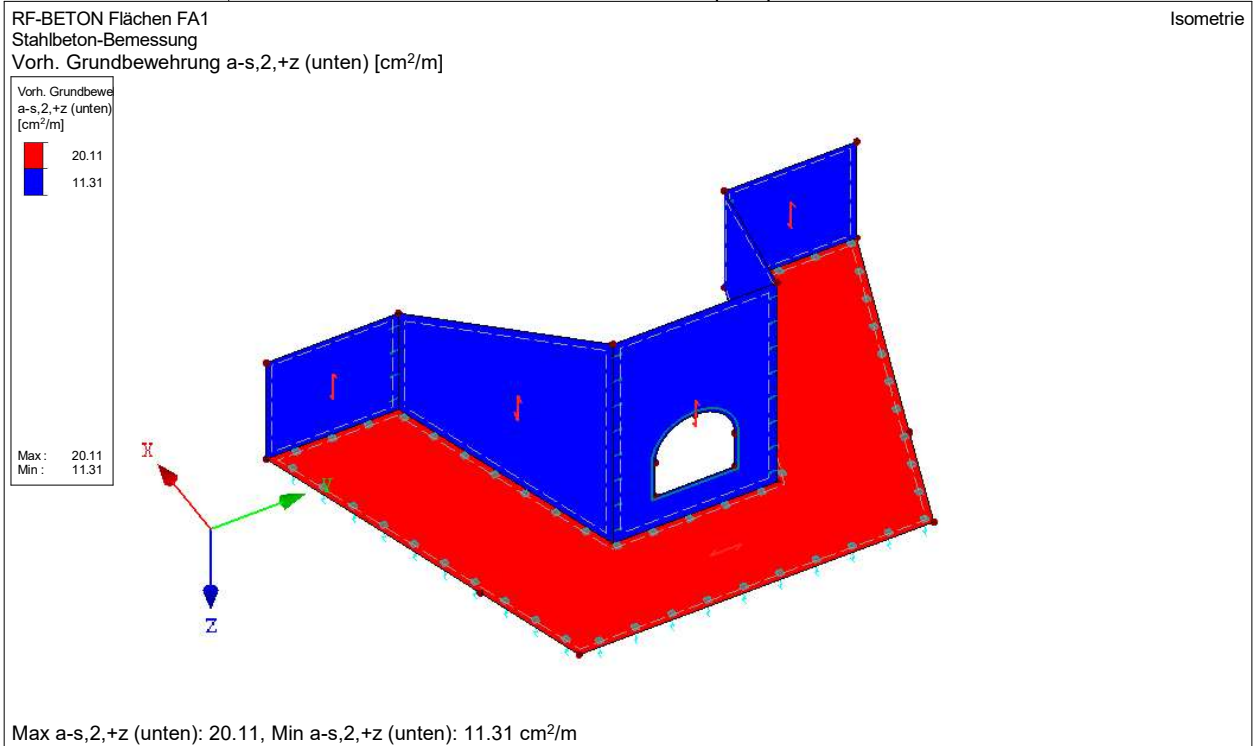
Vorh. Grundbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm^2/m]

Isometrie

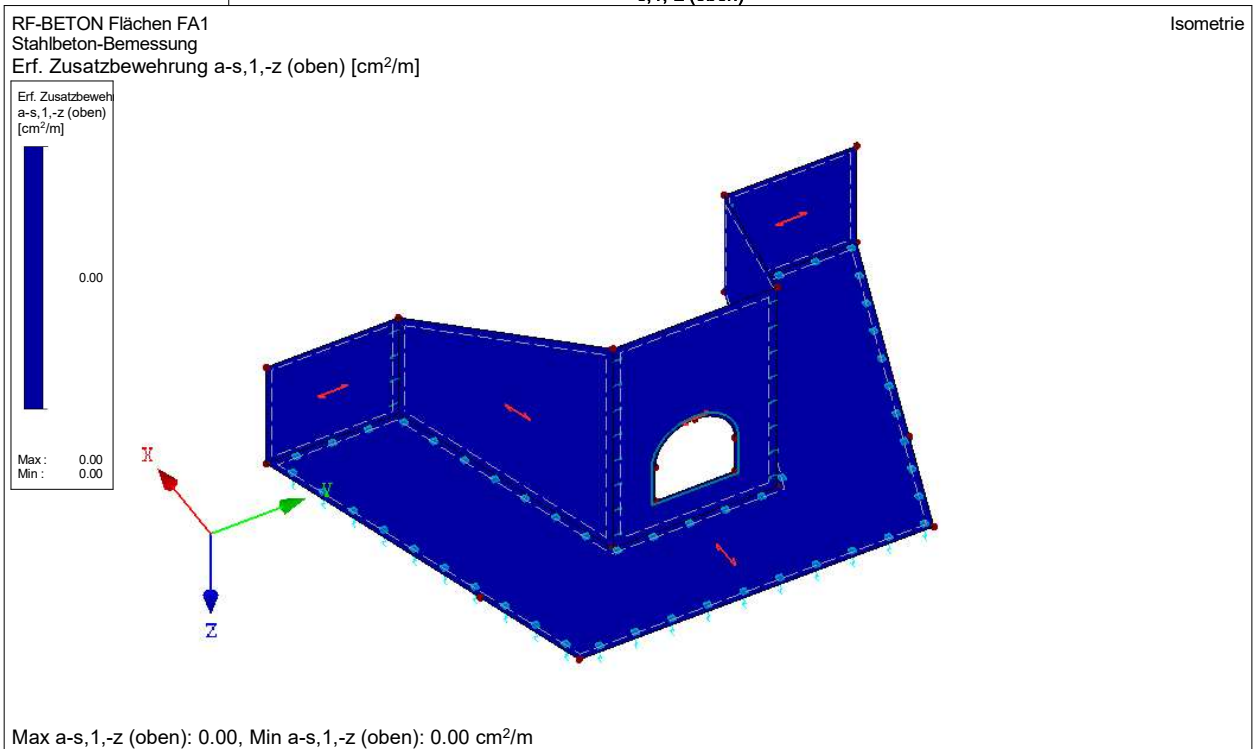


Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 20.11, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 20.11 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**



■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)**



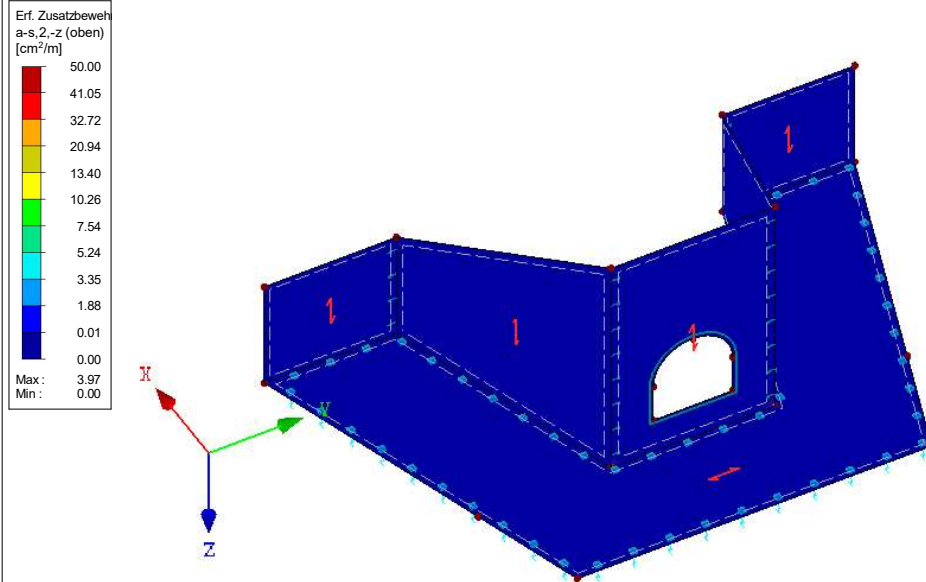
■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm²/m]

Isometrie

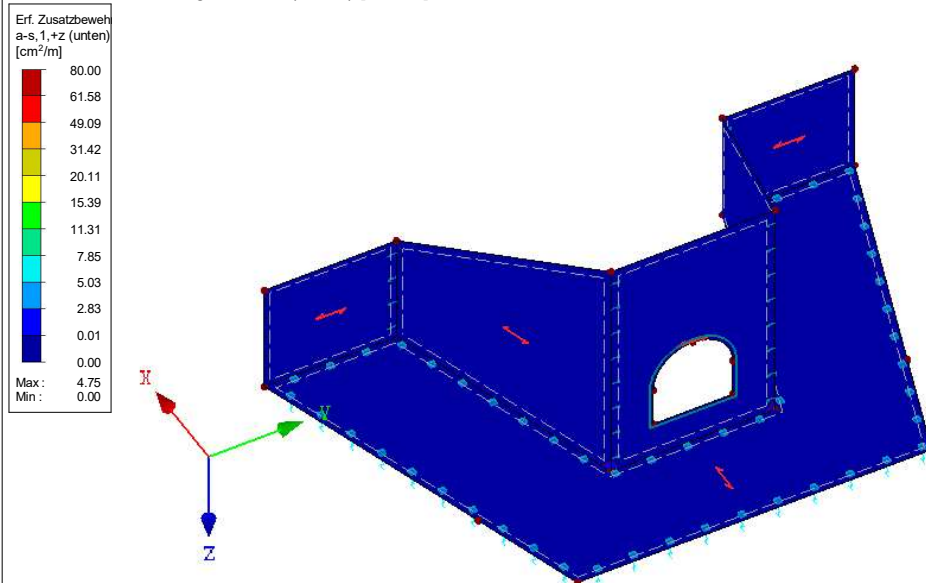
Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 3.97, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]

Isometrie

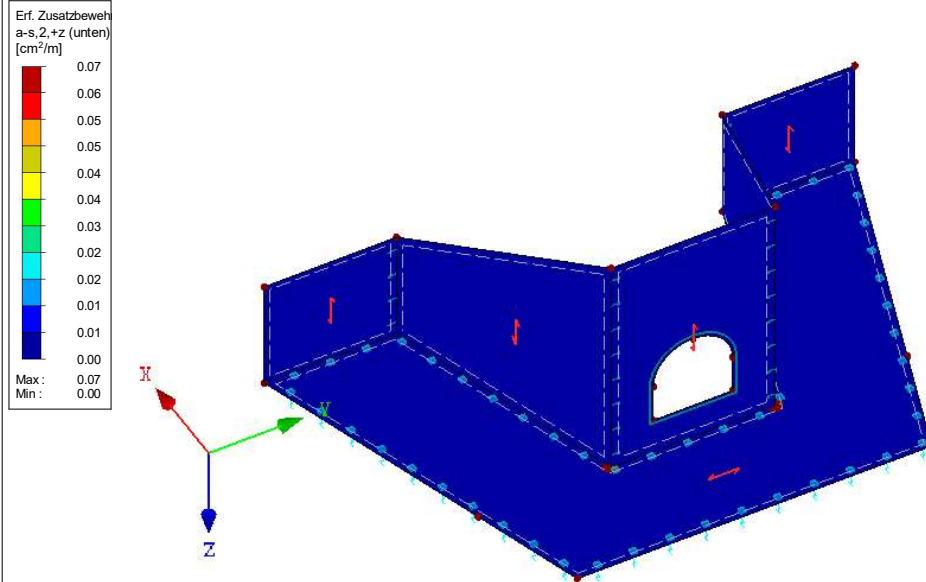
Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 4.75, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm²/m

■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Isometrie

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm^2/m]



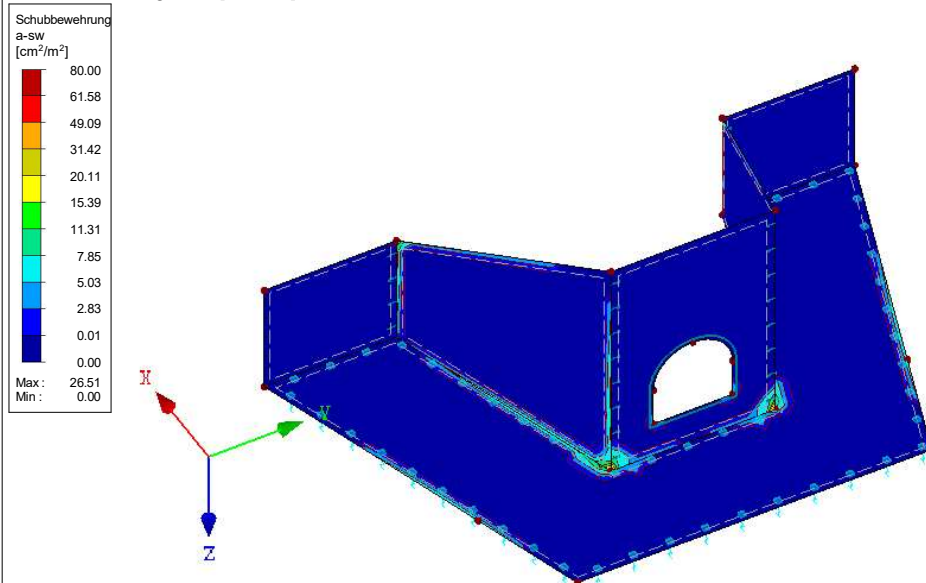
Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.07, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

■ **SCHUBBEWEHRUNG a_{sw}**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Isometrie

Schubbewehrung a_{sw} [cm^2/m^2]



Max a_{sw} : 26.51, Min a_{sw} : 0.00 cm^2/m^2

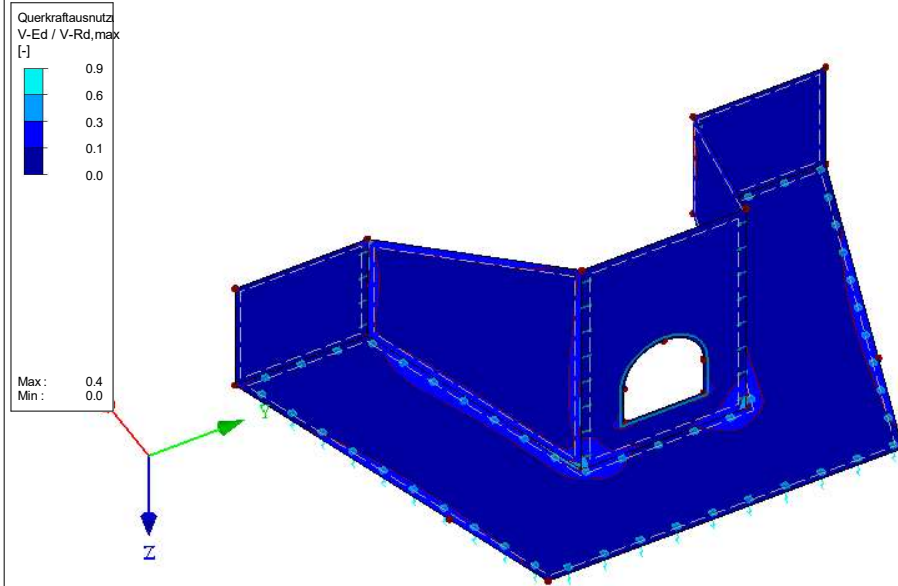
■ QUERKRAFTAUSNUTZUNG $V_{Ed} / V_{Rd,max}$

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Querkraftausnutzung $V_{Ed} / V_{Rd,max}$ [-]

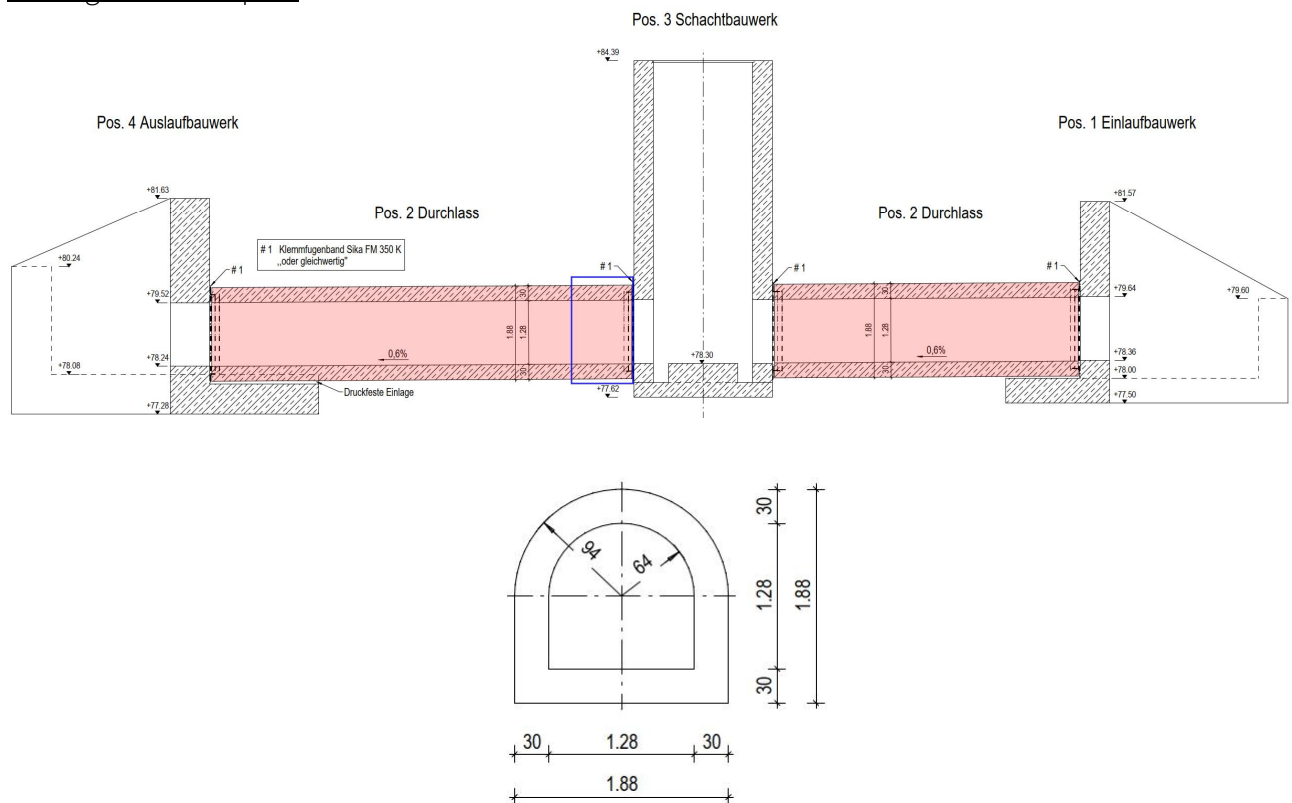
Isometrie

Max $V_{Ed} / V_{Rd,max}$: 0.4, Min $V_{Ed} / V_{Rd,max}$: 0.0 -

3.2 Position 2 Durchlass

Es folgt die Bemessung des Durchlasses, welcher aus einem Gewölbe und einer Sohlplatte. Es wird die maßgebende Stelle untersucht, wo die Überschüttung am höchsten ist.

Auszüge Positionsplan



Material/ Geometrie

- Stahlbeton: C25/30 , XC3, XF1, WA
 $r < 0,5$
- Betonstahl: B500 A/B
- Dicke: 30cm
- Betondeckung: $c_{nom} = 6,0$ cm
- Bewehrung: oben und unten: #Ø12/10cm

Lastannahmen

Die Lasten werden mithilfe des Frilo-Tools EDB+ Erddruckberechnung ermittelt
-> s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

Ständige Einwirkungen

Eigengewicht Bauwerk	wird programmintern berücksichtigt		
Eigengewicht Boden	im Normalfall	19,0	kN/m ³
	Im Hochwasserfall	9,0	kN/m ³
Erddruck aus Bodengewicht	Dreieckslast seitlich	3,02	kN/m ²
Wasserdruck	Dreieckslast seitlich	18,80	kN/m ²

Bodenkennwerte

Folgende Bodenkennwerte werden angesetzt:

- Ton, mittelplastisch
- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\phi = 25^\circ$
- $c = 5 \text{ kN/m}^2$
- $k = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
- $\delta = 2/3 \phi$

Auf der sicheren Seite liegend, wird mit einem Bettungsmodul $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt.

Bemessung

Der Nachweis des Bauwerks erfolgt mit RFEM5

➔ s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

Es ist keine Zusatzbewehrung notwendig, maßgebend ist die Mindestbewehrung aus dem Rissbreitennachweis.

Nachweis der Rissweitenbegrenzung für $w_{k,max} = 0,2\text{mm}$

Ansatz: $r < 0,5$

Tabelle 3. Empfohlene Anhaltswerte für die Betonzugfestigkeit bei Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (Tabelle 7 aus DBV [1])

S	1	2	3	4	5
Z	Festigkeitsentwicklung des Betons	Bauteildicke h			
		$\leq 0,30\text{ m}$	$\leq 0,80\text{ m}$	$\leq 2,0\text{ m}$	$> 2,0\text{ m}$
1	langsam ($r < 0,30$) ^{1) 2)}	— ³⁾	$0,60f_{ctm}$	$0,70f_{ctm}$ ⁴⁾	$0,80f_{ctm}$ ⁴⁾
2	mittel ($r < 0,50$) ¹⁾	$0,65f_{ctm}$	$0,75f_{ctm}$	$0,85f_{ctm}$	$0,95f_{ctm}$
3	schnell ($r \geq 0,50$) ¹⁾	$0,80f_{ctm}$	$0,90f_{ctm}$	$1,0f_{ctm}$	$1,00f_{ctm}$

¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis $r = f_{cm}(2\text{ d}) / f_{cm}(28\text{ d})$ beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.

Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt $t > 28$ Tage bestimmt, ist das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen $f_{cm}(2\text{ d})$ zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit $f_{cm}(t)$ zu ermitteln oder es ist vom Betonhersteller eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

²⁾ Bei Festigkeitsklassen $\geq \text{C}30/37$ ist es i. d. R. nicht möglich, das Festigkeitsverhältnis $r \leq 0,30$ bezogen auf 28 Tage zu begrenzen. In diesen Fällen ist es erforderlich, den Zeitpunkt des Nachweises der Festigkeitsklasse auf einen späteren Zeitpunkt (z. B. 56 Tage) zu vereinbaren.

³⁾ Die Auslegung der Bewehrung bei dünnen Bauteilen auf eine langsame Festigkeitsentwicklung ist nicht sinnvoll. Es sollte grundsätzlich mindestens eine mittlere Festigkeitsentwicklung angenommen werden.

⁴⁾ Der empfohlene Anhaltswert für massige Bauteile ist erst bei der Verwendung von langsam erhärtenden Betonen mit einem Prüfalter von 91 Tagen zu erwarten.

<u>Begrenzung der Rissbreite unter zentrischen Zwang $k_c = 1,0$</u>				
(Direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 + NA)				
Bewehrungsrichtung			x-Richtung	y-Richtung
Beton	Betongüte		C25/30	
	Betonzugfestigkeit	f_{ctm} [N/mm ²]	2,60	
	Festigkeitsentwicklung des Betons	r	< 0,5	
	Beiwert für Zeitpunkt Rissbildung	$k_{z,t}$ [%]	65	
	wirksame Zugfestigkeit	$f_{ct,eff}$ [N/mm ²]	1,69	
Bewehrung	Stahlsorte	B	B 500	
	Elastizitätsmodul	E_s [N/mm ²]	200.000	
		E_{cm} [N/mm ²]	31.000	
	Durchmesser	d_s/d_{sv} [mm]	12	12
	Stababstand	s [cm]	10,0	10,0
	Mattenbewehrung	(j / n)	n	n
	Querschnitt je Bauteilseite	$A_{s1}=A_{s2}$ [cm ² /m]	11,31	11,31
	Gesamtquerschnitt	vorh A_s [cm ² /m]	22,62	22,62
Abmessung	Betonüberdeckung	c_{nom} [cm]	6,0	7,2
	Bauteilhöhe	h [cm]	30,0	
	Betonquerschnitt	A_{ct} [cm ² /m]	3.000,0	
	Achsabstand Bewehrung	d_1 [cm]	6,6	7,8
	Wirkungstiefe Bewehrung	h_{eff} [cm]	15,0	15,0
	wirksame Betonzugfläche	$A_{c,eff}$ [cm ² /m]	3.000,0	3.000,0
Beiwerte	Spannungsverteilung innerhalb Zugzone	k_c	1,00	
	Verteilung Betonzug-spannungen	k	0,80	
	effektiver Bewehrungsgrad	$_{eff} \rho$	0,8%	0,8%
	geometrischer Bewehrungsgrad	ρ_{tot}	0,8%	0,8%
	Betonstahlspannung im Riss			
	$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_c / A_s$		179,31	179,31
	mittlere Differenzdehnung Stahl - Beton	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0,054%	0,054%
	Maximaler Rissabstand	$s_{r,max}$ [mm]	354	354
Achtung bei Mattenbewehrung (DIN EN 1992-1-1-NA, 7.3.4(3)):				
	Rissabstand < doppelte Maschenweite	$s_{r,max}$ [mm] <	200	200
Vorhandene rechnerische Rissweite		w_k [mm]	0,190	0,190

Pos. 2 - AP - Erdlasten

Erddruckberechnung (x64) EDB+ 01/23E (FRILO R-2023-1/P06)

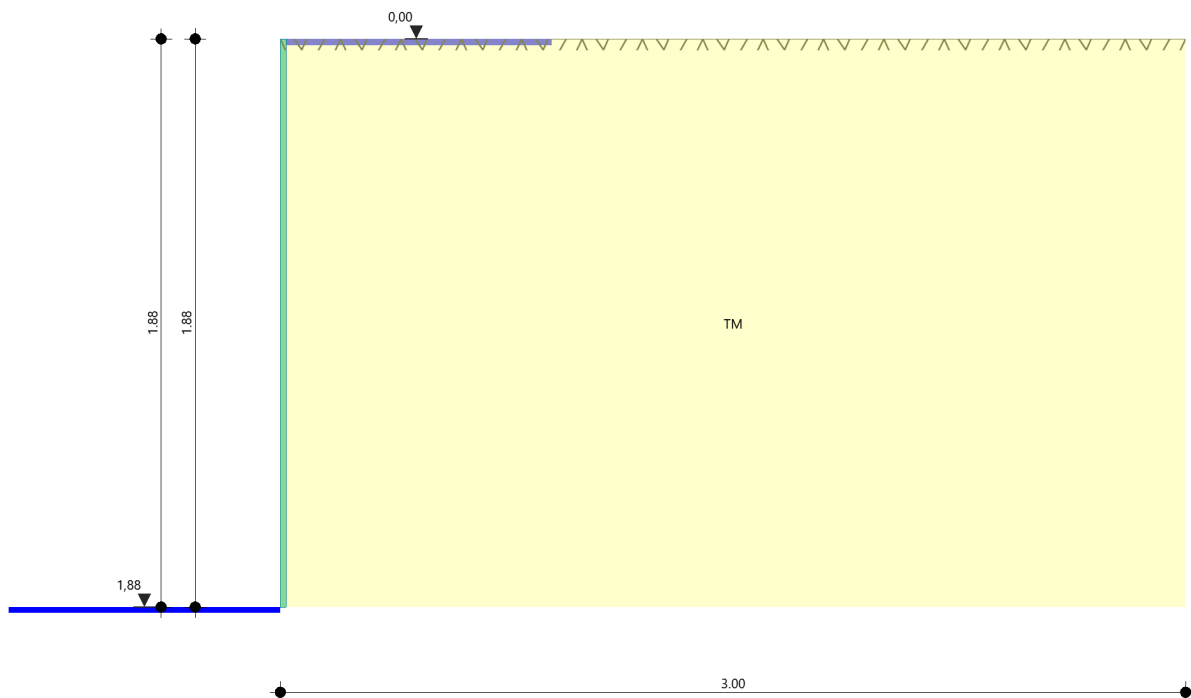
Einstellungen und Berechnungsparameter

Berechnung : Aktiver Erddruck
Norm: : DIN 4085: 2017-08
Erddruckparameter : Kohäsion wird in Rechnung gestellt
: Zug aus Kohäsion wird nicht angenommen
: Der Mindesterdruk wird angesetzt
: Verdichtung wird nicht angesetzt

System

Systemgrafik

Maßstab 1:25



Wandsystem

Wandhöhe	$h = 1,88 \text{ m}$	Wandtiefe	$t = 4,13 \text{ m}$
Wandausschnitt	$z_o = 0,00 \text{ m}$		$z_u = 1,88 \text{ m}$
Wandneigung	$\alpha = 0,0^\circ$	Wandreibungswinkel	$\delta = 2/3 \phi' ^\circ$

Bodenprofil

Es liegt Grundwasser an. Links der Wand: 1,88 m und rechts der Wand: 0,00 m unter OK Gelände.

Nr.	Benennung	d [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
1	TM	1,88	19,00	9,00	25,0	5,00

d : Mächtigkeit der Bodenschicht

γ : Rechenwert der Wichte

γ' : Rechenwert der Wichte unter Auftrieb

ϕ' : Innerer Reibungswinkel des drainierten Bodens

c' : Kohäsion des drainierten Bodens

Belastung

Übersicht über verwendete Einwirkungen

ID	Bezeichnung	Grenzzustand	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	P/T	
						$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
7	Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN	EQU	0,70	0,50	0,30		1,50
		STR					1,50
		GEO					1,30
		SERV					1,00

ID : Index der Einwirkungen. (FRILO-Definition).

Bezeichnung : Bezeichnung der Einwirkung

Grenzzustand : Grenzzustand, für den die Teilsicherheitsbeiwerte angegeben werden.

Ψ_0 : Kombinationsbeiwert der Einwirkung

Ψ_1 : Der häufige Wert der Einwirkung

Ψ_2 : Der quasi-ständige Wert der Einwirkung

$\gamma_{F,inf}$: Unterer Teilsicherheitsbeiwert im angegebenen Grenzzustand

$\gamma_{F,sup}$: Oberer Teilsicherheitsbeiwert im angegebenen Grenzzustand

Geländelasten

Nr.	Art	Name	pl [kN/m ²]	p [kN/m]	a [m]	b [m]	l [m]	z [m]	Verteil.	EGrp	Zus	Alt
1	F	Flächenlast	16,70	-	0,00	-	-	-	-	7		

Art : Art der Geländelast. F=Flächenlast, S=Streifenlast, L=Linienlast, B=Blocklast, T = Trapezlast, E = Einzellast, BL = Bettungslast

pl : Lastwert einer Flächen-, Streifen- oder Blocklasten bzw. linke Lastordinate einer Trapezlast in kN/m².

p : Lastwert für Linienlasten in kN/m

a : Abstand vom Wandkopf

b : Lastausdehnung in x-Richtung.

l : Lastausdehnung in y-Richtung.

z : Tiefe der Last (z-Richtung) ab Geländeoberkante.

Verteil. : Bei Streifen- und Blocklasten kann nach EAB zwischen rechteckiger und trapezförmiger Lastverteilung gewählt werden.

EGrp : Einwirkung nach EN 1990

Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe. Lasten in dieser Gruppe werden als gemeinsam wirkend angesetzt.

Alt : Alternativgruppe. Lasten in dieser Gruppe werden nicht gemeinsam angesetzt.

Erddruckebenen

Nr.	z ₀ [m]	z _u [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c _k [kN/m ²]	α [°]	β [°]
1	0,00	1,68	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	0,0
2	1,68	1,88	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	0,0

γ : Wichte des Bodens
 γ' : Wichte des Bodens unter Auftrieb
 φ' : Reibungswinkel des Bodens
 c_k : Kohäsion
 α : Wandneigungswinkel
 β : Geländeneigungswinkel

Erddruckbeiwerte

für aktiven Erddruck

Nr.	z ₀ [m]	z _u [m]	δ [°]	K _{agh} [-]	K _{ach} [-]	K _{aph} [-]	θ [°]
1	0,00	1,68	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0
2	1,68	1,88	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0

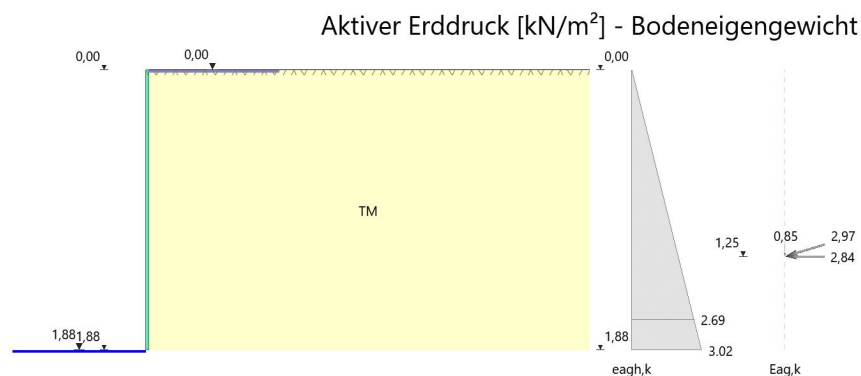
δ : Erddruckneigungswinkel - Winkel zwischen der Erddruckrichtung und der Wandnormalen
 K_{agh} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Bodeneigengewicht
 K_{ach} : Aktiver Erddruckbeiwerte für den Anteil aus Kohäsion
 K_{aph} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Geländelasten
 θ : Gleitflächenwinkel für den aktiven Erddruck

Lastfälle

Lastfall Eigengewicht

Erddruckgrafik Bodeneigengewicht

Maßstab 1 : 50



Erddruckwerte Bodeneigengewicht

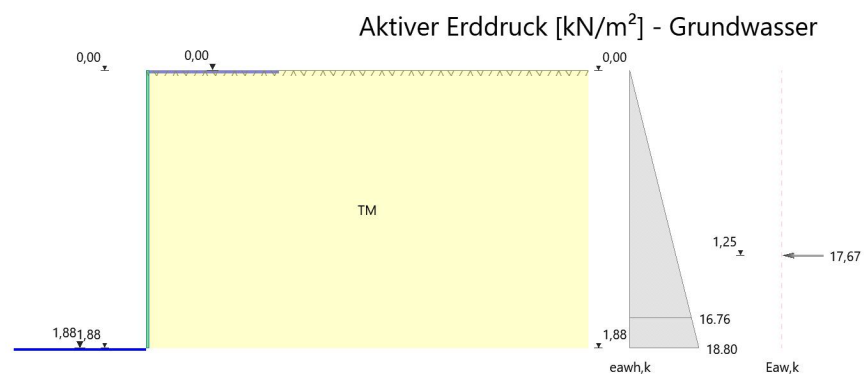
Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,68	2,69	0,00	2,69	0,00	2,69	2,26	0,68
2	1,68	2,69	0,00	2,69	0,00	2,69		
	1,88	3,02	0,00	3,02	0,00	3,02	0,58	0,17

 e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser. e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten. $e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten e_v : Erddruck infolge Verdichtung e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate. E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene. E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 2,84 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 0,85 \text{ kN/m}$ Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 1,25 \text{ m}$

Lastfall Grundwasser

Hydrostatischer Wasserdruck

Maßstab 1 : 50



Hydrostatischer Druck infolge Grundwasser

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,68	16,76	0,00	16,76	0,00	16,76	14,05	0,00
2	1,68	16,76	0,00	16,76	0,00	16,76		
	1,88	18,80	0,00	18,80	0,00	18,80	3,62	0,00

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.
 e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.
 $e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten
 e_v : Erddruck infolge Verdichtung
 e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.
 E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.
 E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

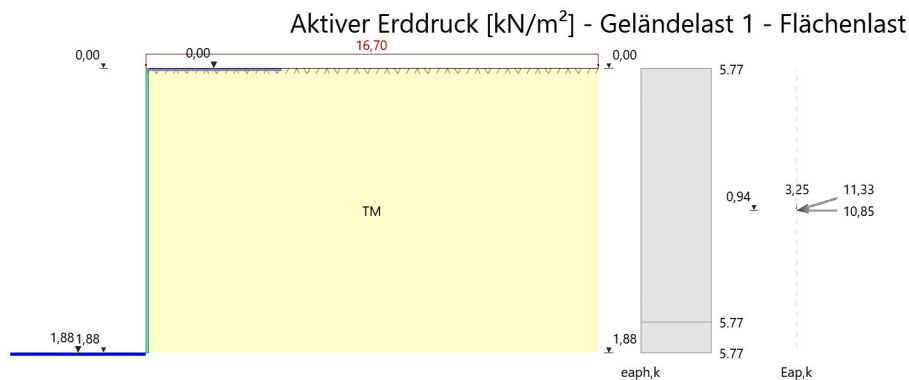
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 17,67 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 0,00 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 1,25 \text{ m}$

Lastfall Flächenlast Flächenlast

Erddruckgrafik Flächenlast Flächenlast

Maßstab 1 : 50



Erddruckwerte für Flächenlast Flächenlast

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77		
	1,68	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77	9,68	2,90
2	1,68	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77		
	1,88	0,00	5,77	5,77	0,00	5,77	1,17	0,35

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

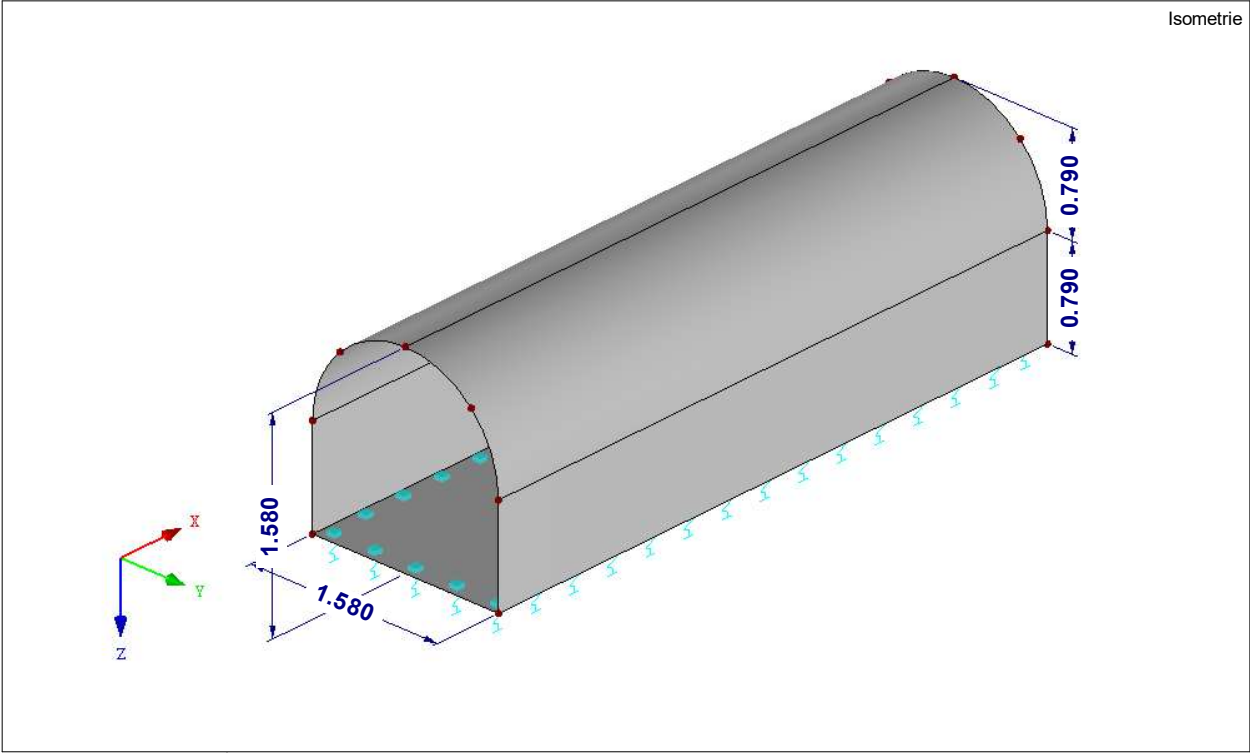
E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 10,85 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 3,25 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 0,94 \text{ m}$

■ MODELL



■ MODELL-BASISANGABEN

	Allgemein	Modellname	:	Durchlass
		Modelltyp	:	3D
		Positive Richtung der globalen Z-Achse	:	Nach unten
		Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	:	Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	Optionen	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen		
		<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT		
		<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse		
		<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden		
		<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen		
		Erdbeschleunigung g	:	10.00 m/s²

■ FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

	Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	:	0.150 m
		Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	ϵ	:	0.001 m
		Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		:	500
	Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		:	10
		<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen			
		<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt			
	Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	Δ_D	:	1.800
		Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	α	:	0.50 °

FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

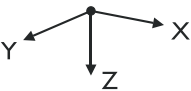
Form der Finiten Elemente: ☐ Drei- und Vierecke
☒ Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

1.3 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewic γ [kN/m ³]	Wärmedehn. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 3100.00	1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch
2	Baustahl S 235 EN 1993-1-1:2005-05 21000.00	8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

1.4 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp Geometrie	Steifigkeit	Begrenzungslinien Nr	Mat. Nr.	Dicke Typ	d [mm]	Fläche A [m ²]	Gewicht G [kg]
1	Eben	Standard	1,43,5,45	1	Konstant	300.0	7.900	5925.00
3	Eben	Standard	4,50,5,47	1	Konstant	300.0	3.950	2962.50
4	Eben	Standard	1,44,2,48	1	Konstant	300.0	3.950	2962.50
5	Quadrangel	Standard	2,49,3,46	1	Konstant	300.0	6.195	4646.01
6	Quadrangel	Standard	3,52,4,51	1	Konstant	300.0	6.195	4646.01



1.9 FLÄCHENLAGER

Bettung Nr.	Flächen Nr.	Federkonstanten RF-SOILIN	Stützung bzw. Feder [kN/m ³] u_x u_y u_z	Schubfeder [kN/m] v_{xz} v_{yz}
1	1	-	1500.000 1500.000 15000.000	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

1.9.1 FLÄCHENLAGER - AUSFALL

Bettung Nr.	Flächen Nr.	Ausfall des Lagers bei σ_z	Fließen ab Kontaktspannung σ_z [kN/m ²]	Reibungszahl μ_z [-]
1	1	Negativ		

2.1 LASTFÄLLE

Last-fall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung Aktiv X Y Z			
LF1	Eigengewicht	Ständig	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF3	Wasserdruck	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF4	SLW 30	Nutzlasten - Kategorie G: Verkehrslasten - Fahrzeuglast \leq 160 kN	<input type="checkbox"/>			
LF5	vertikales Gewicht STR	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF6	vertikales Gewicht EQU	Ständig	<input type="checkbox"/>			

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Last-fall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter
LF1	Eigengewicht	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LF3	Wasserdruck	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF4	SLW 30	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF5	vertikales Gewicht STR	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF6	vertikales Gewicht EQU	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)

2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall
LK1		EQU	1	0.90	LF1 Eigengewicht
			2	1.10	LF2 Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.10	LF3 Wasserdruck
			4	0.90	LF6 vertikales Gewicht EQU
LK2		STR/GEO-2	1	1.35	LF1 Eigengewicht
			2	1.35	LF2 Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.35	LF3 Wasserdruck
			4	1.50	LF4 SLW 30
			5	1.35	LF5 vertikales Gewicht STR

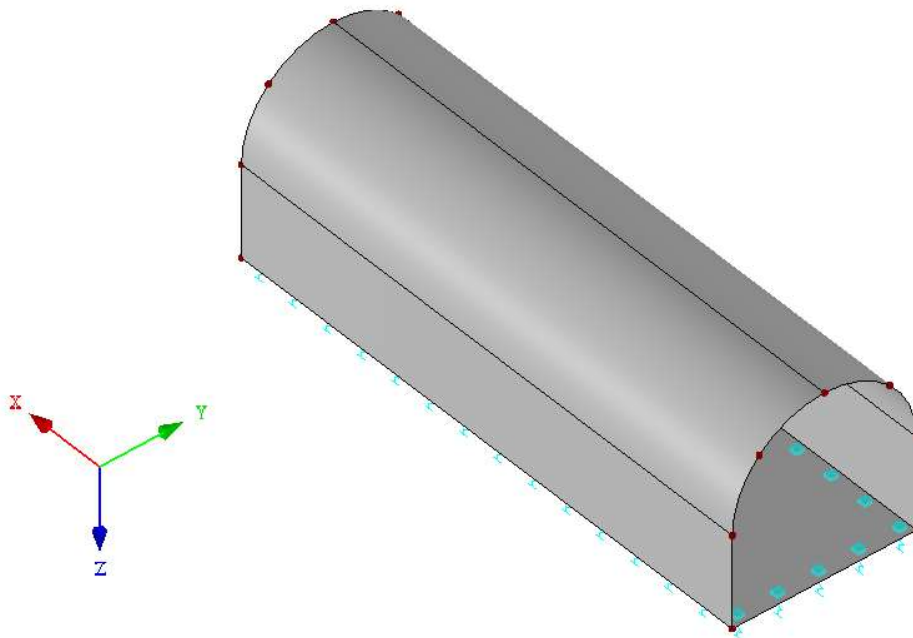
2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastkombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter
LK1	EQU	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkraften V_y und V_z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y, M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LK2	STR/GEO-2	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkraften V_y und V_z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y, M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)

■ LF1: EIGENGEWICHT

LF1 : Eigengewicht

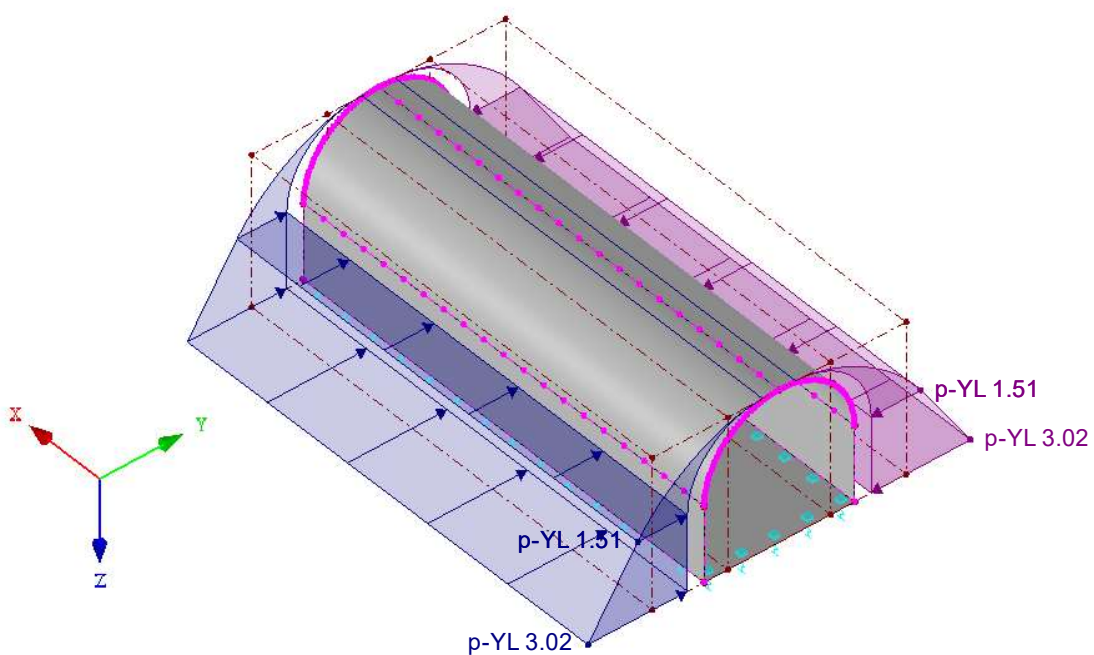
Isometrie



■ LF2: ERDDRUCK AUS BODENGEWICHT

LF2 : Erddruck aus Bodengewicht
Belastung [kN/m²]

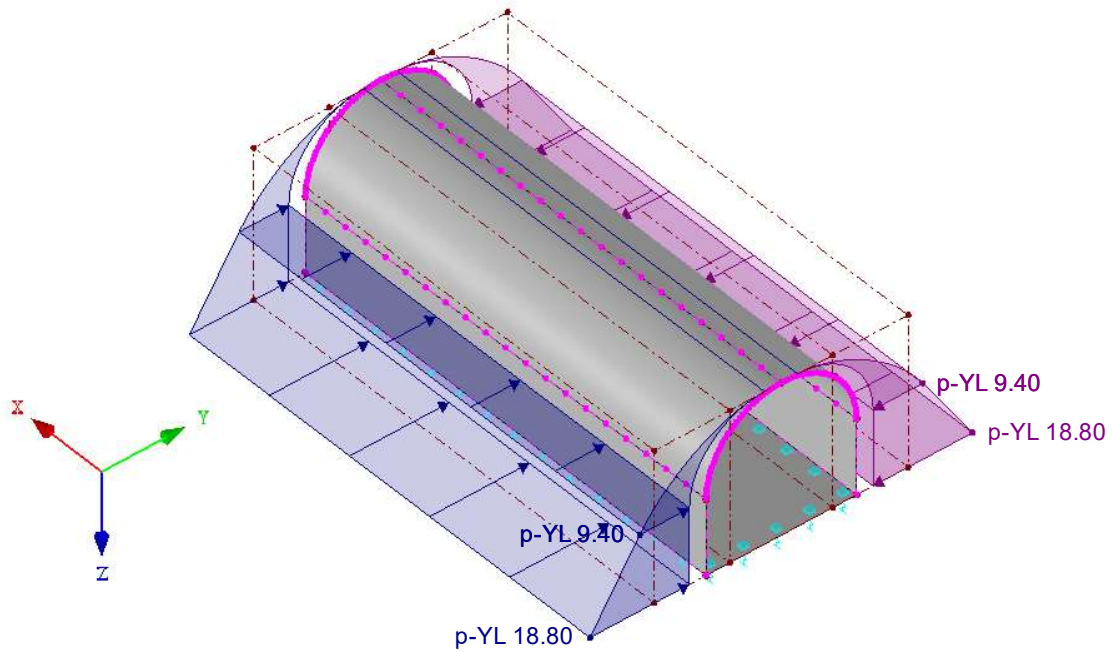
Isometrie



■ LF3: WASSERDRUCK

LF3 : Wasserdruck
Belastung [kN/m²]

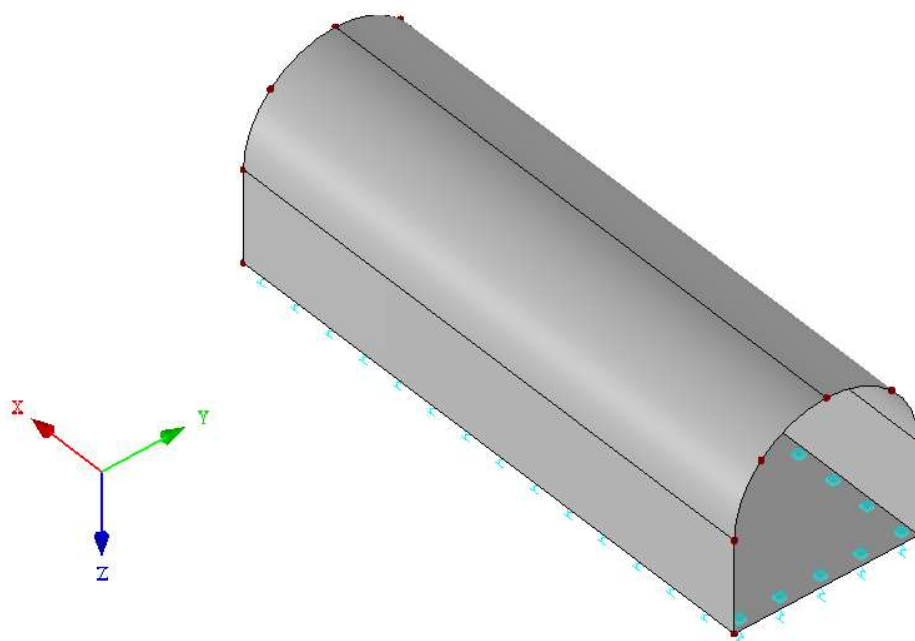
Isometrie



■ LF4: SLW 30

LF4 : SLW 30

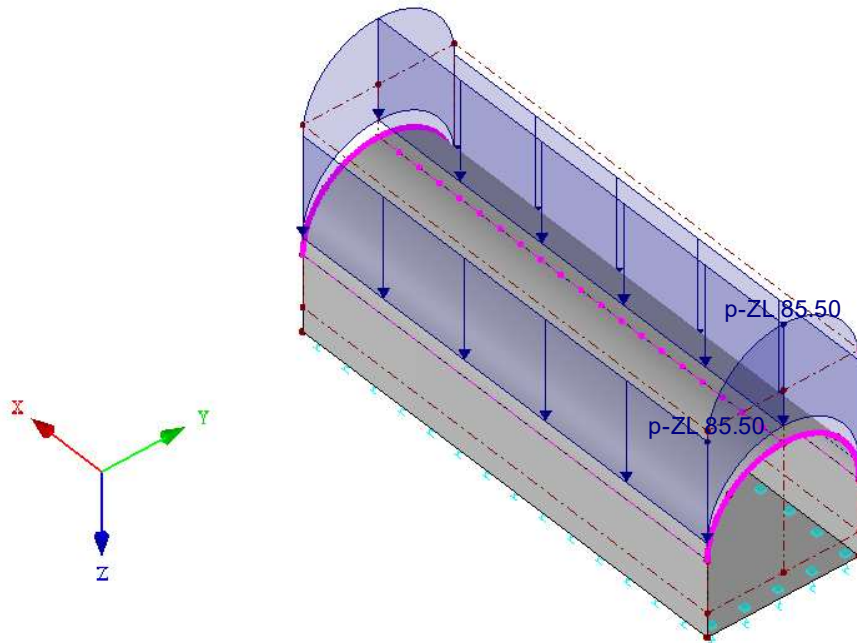
Isometrie



■ LF5: VERTIKALES GEWICHT STR

LF5 : vertikales Gewicht STR
Belastung [kN/m²]

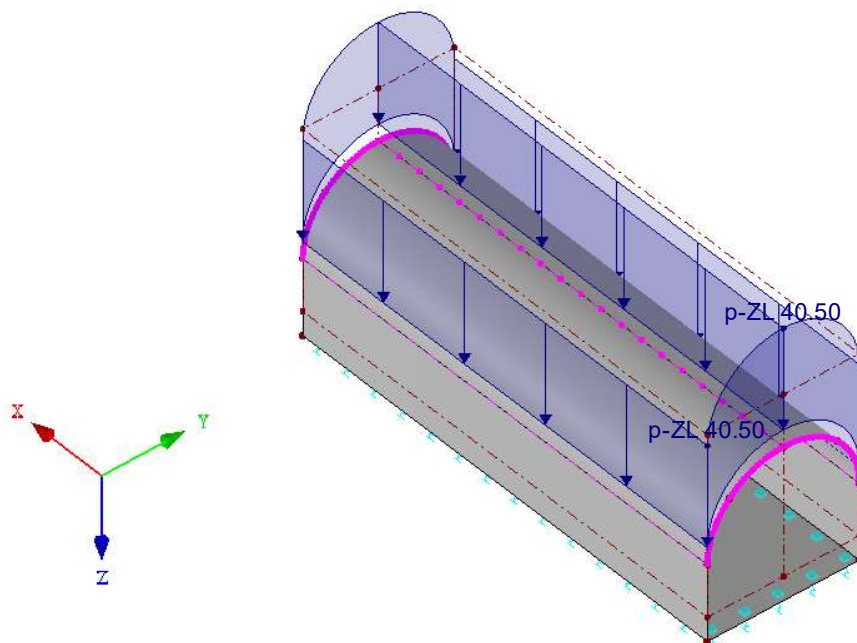
Isometrie



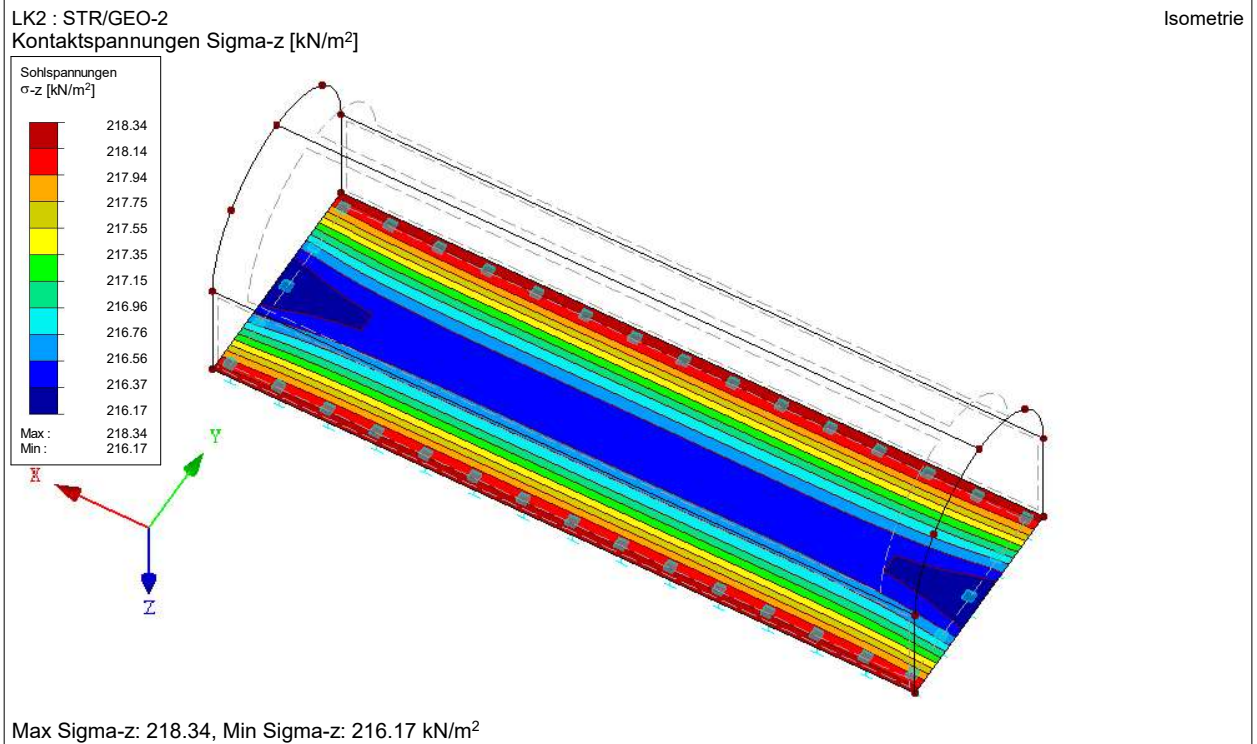
■ LF6: VERTIKALES GEWICHT EQU

LF6 : vertikales Gewicht EQU
Belastung [kN/m²]

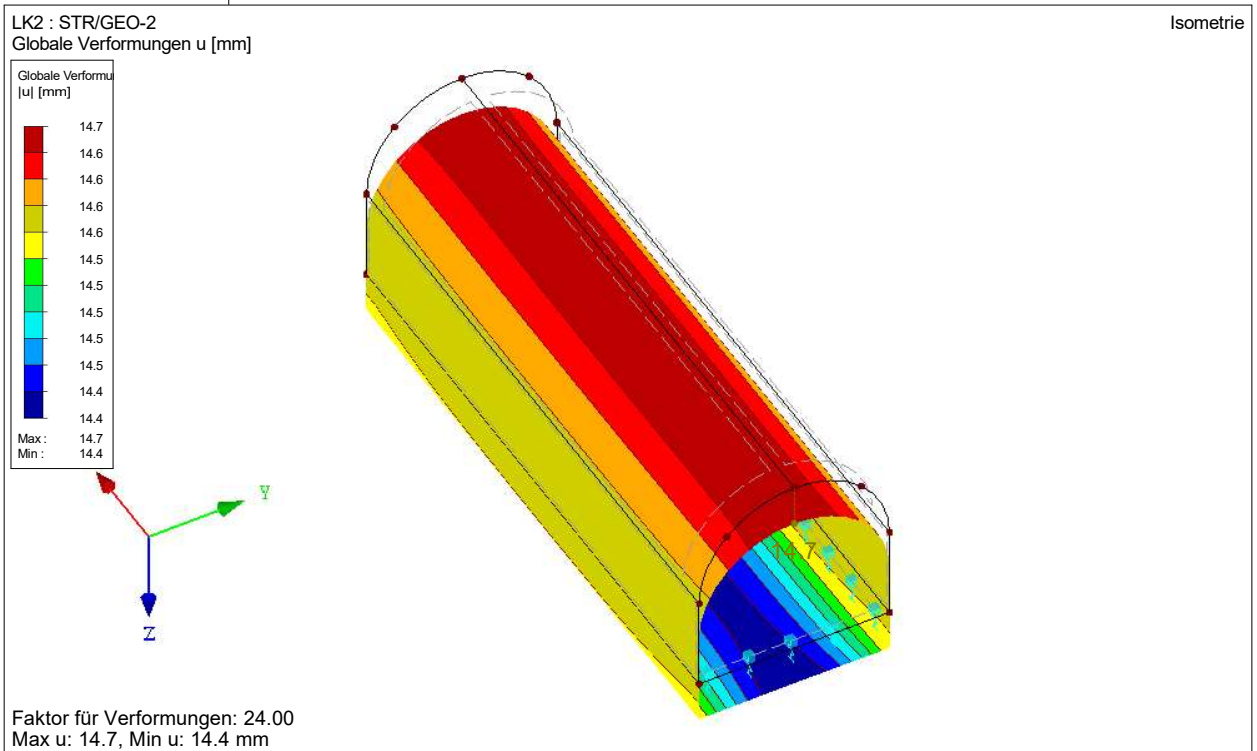
Isometrie



■ SOHLSPANNUNGEN σ_z



■ GLOBALE VERFORMUNGEN u



RF-BETON Flächen
 FA1
 Stahlbeton-Bemessung

1.1 BASISANGABEN

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK1 EQU Ständig und vorübergehend
	LK2 STR/GEO-2 Ständig und vorübergehend
Definition der vorhandenen Zusatzbewehrung	Automatische Anordnung nach Vorgaben in Maske 1.4
DETAILEINSTELLUNGEN	
Nachweisverfahren für Bewehrungsumhüllende	Gemischte
Ansatz von Schnittgrößen ohne Rippenanteil	<input type="checkbox"/>
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$
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 C25/30	B 500 S (A)	

1.2.1 MATERIALKENNWERTE

Material Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.00	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.80	N/mm ²
	Charakteristische für nichtlineare Berechnungen			
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.00	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.60	N/mm ²
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{ct1u}	-3.500	‰
	Schubmodul	G	12916.70	N/mm ²
	Querdehnzahl	ν	0.200	-
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2.000	-
	Spezifisches Gewicht	γ	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (A)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Streckgrenze	f_{ym}	550.00	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zugfestigkeit	f_{tm}	551.25	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	525.00	N/mm ²
	Stahldehnung unter Höchstlast	ϵ_{uk}	25.000	‰

1.3 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Mat. Nr.	Dicke Typ	Dicke [mm]	Anmerkungen	Kommentar
1	1	Konstant	300.00		
3	1	Konstant	300.00		
4	1	Konstant	300.00		
5	1	Konstant	300.00		
6	1	Konstant	300.00		

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - DURCHLASS

Angewendet auf Flächen:	Alle
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 %

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - DURCHLASS

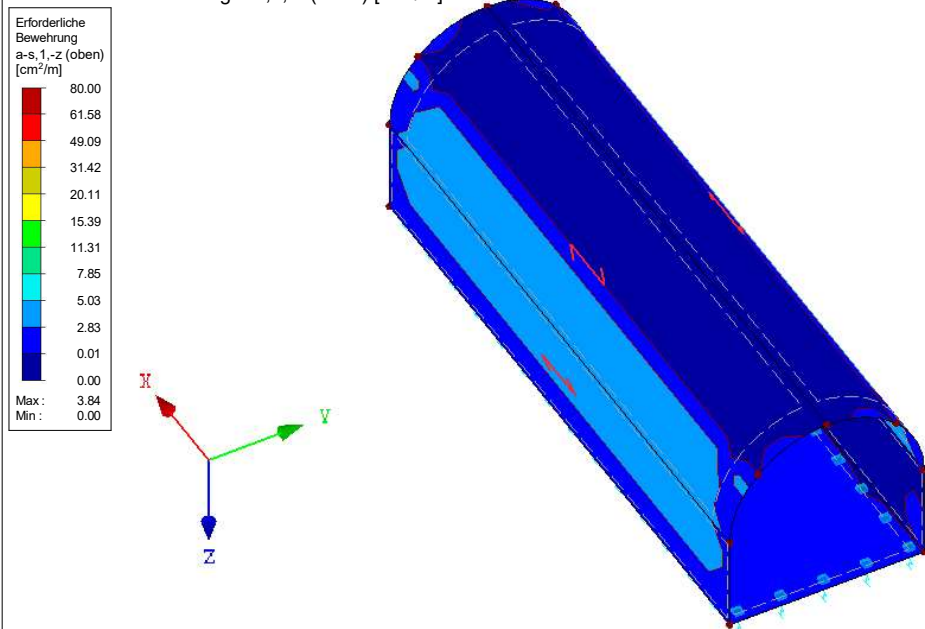
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 72.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 11.31, As-2,-z (oben): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 72.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 11.31, As-2,+z (unten): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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

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

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben) [cm^2/m]

Isometrie



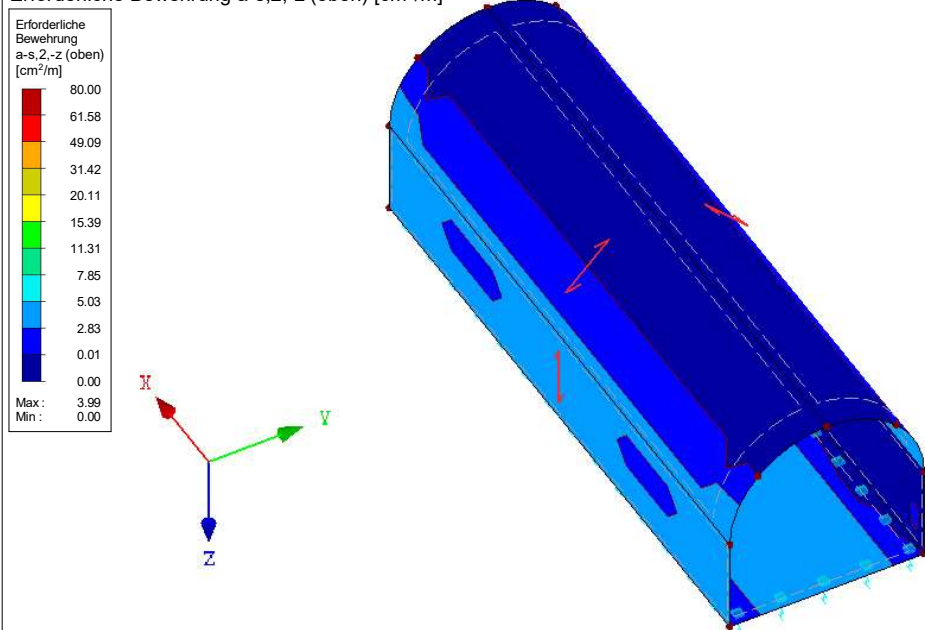
Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 3.84, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 0.00 cm^2/m

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

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm^2/m]

Isometrie



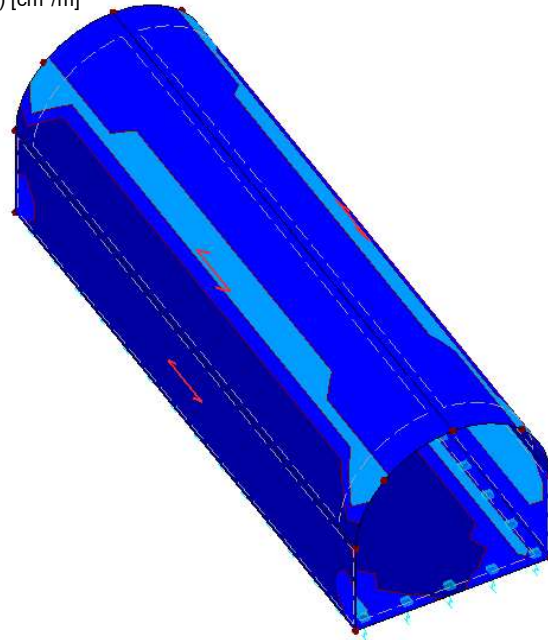
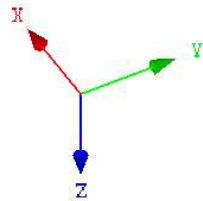
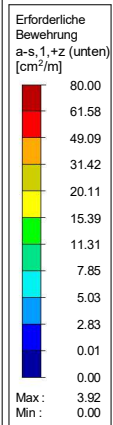
Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 3.99, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00 cm^2/m

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

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

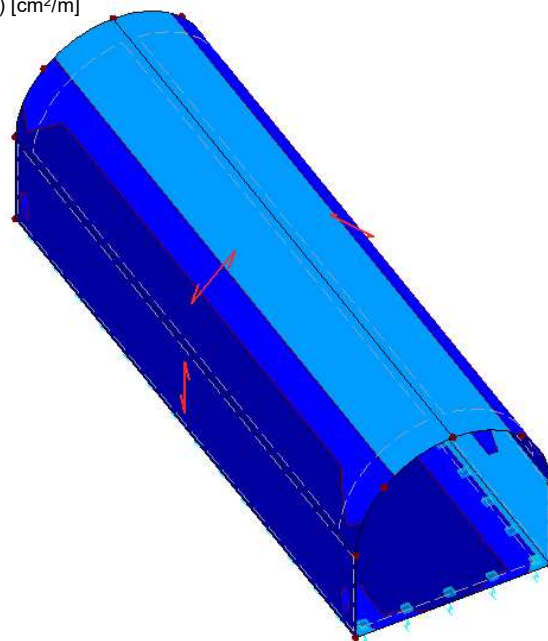
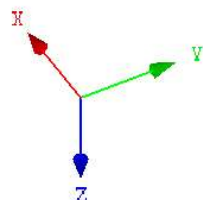
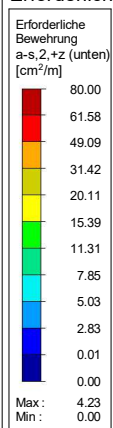
Stahlbeton-Bemessung

Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm^2/m]Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 3.92, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m ■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**

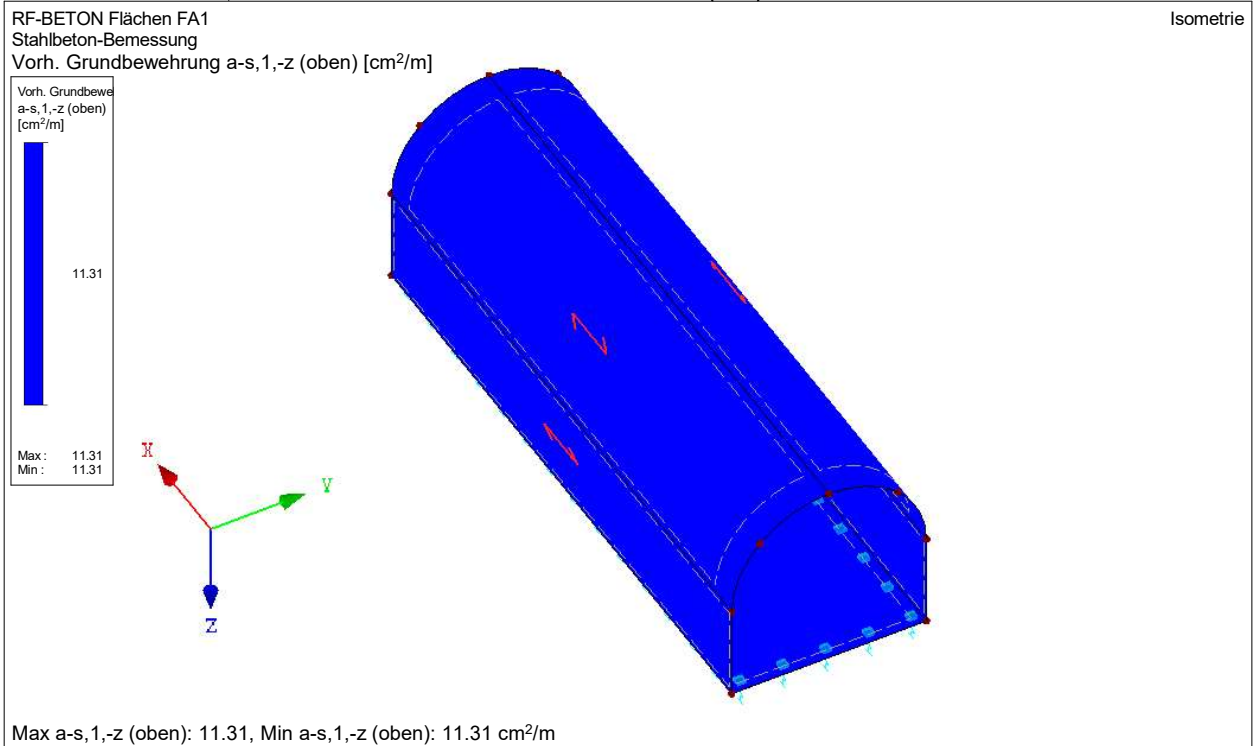
RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

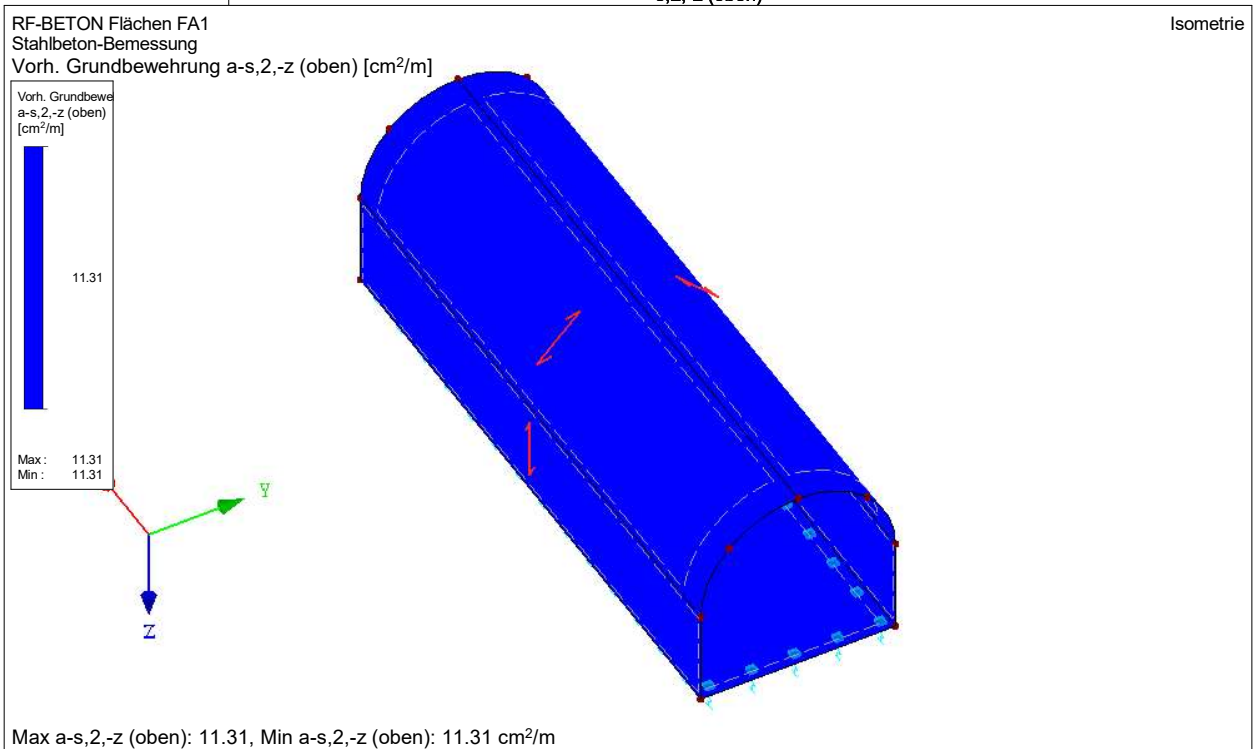
Stahlbeton-Bemessung

Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm^2/m]Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 4.23, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

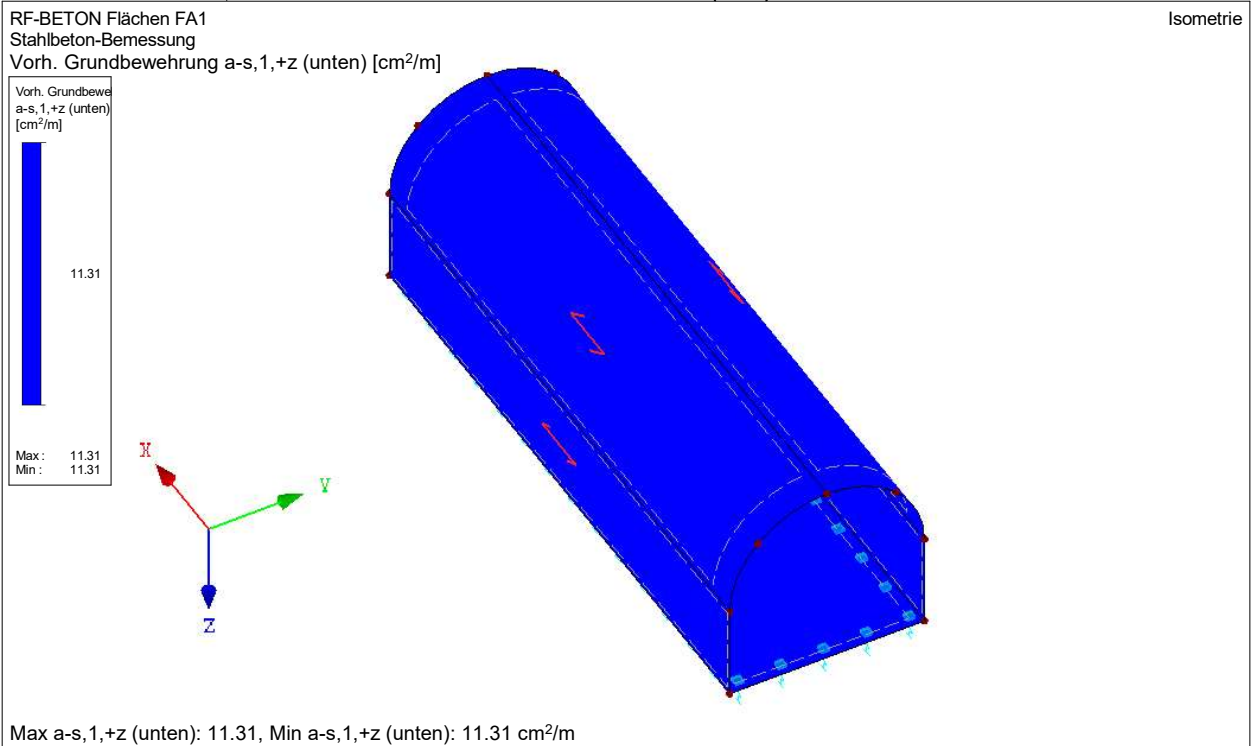
■ VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)



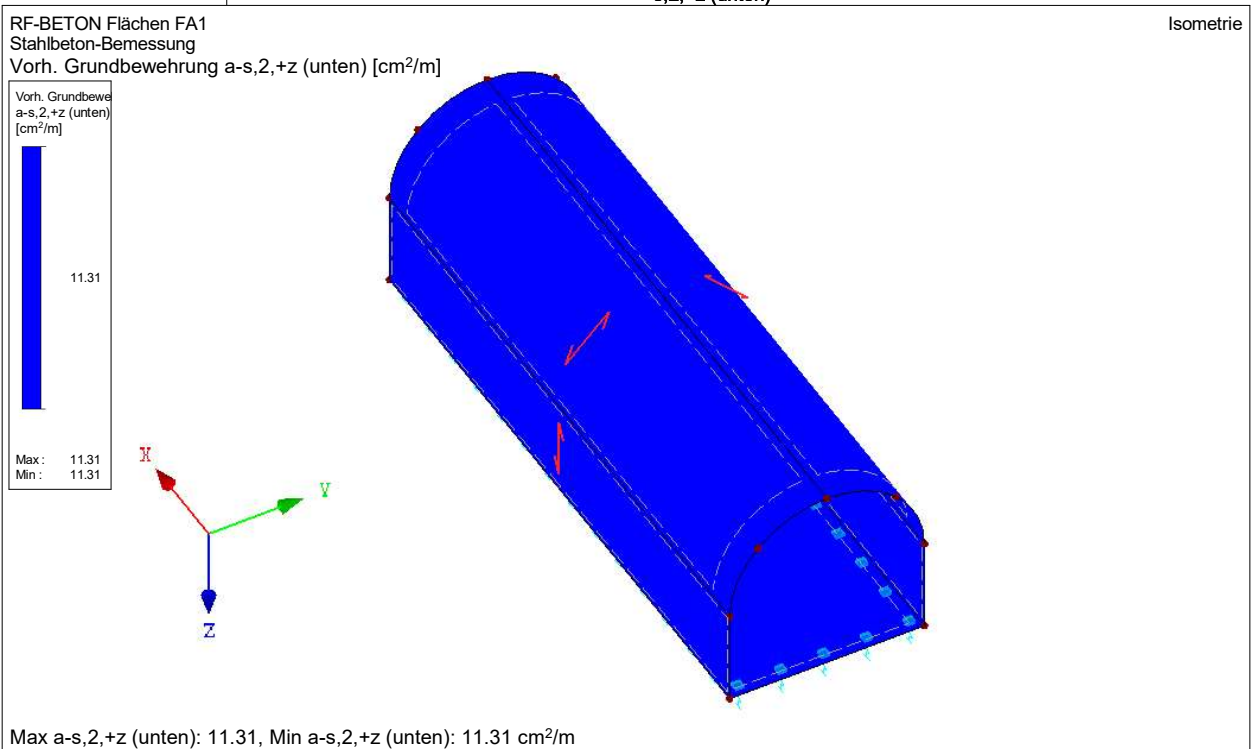
■ VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)



■ VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)



■ VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)



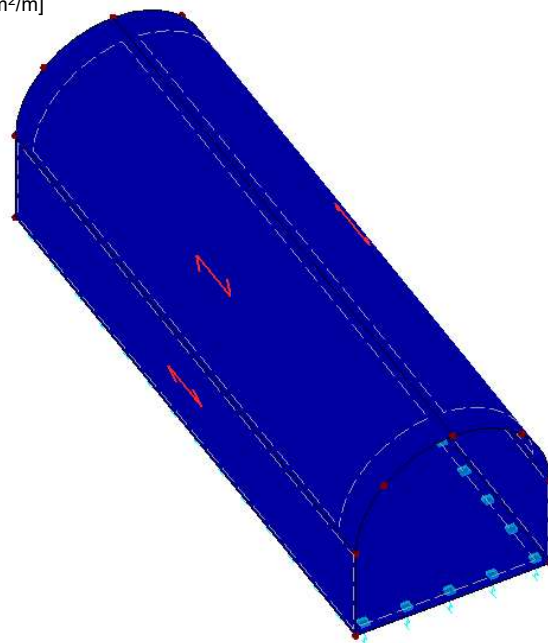
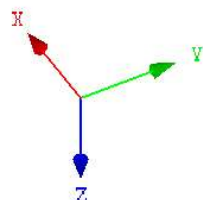
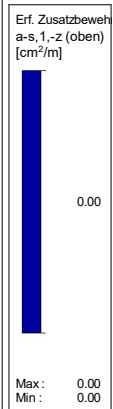
■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben) [cm²/m]

Isometrie

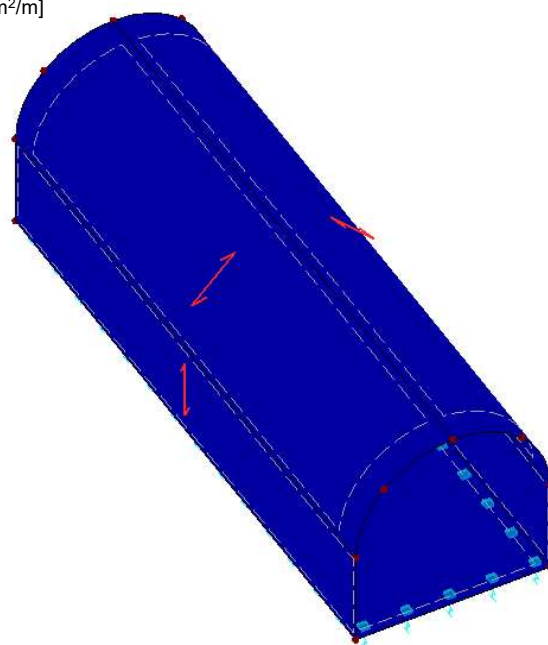
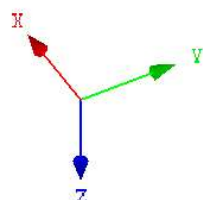
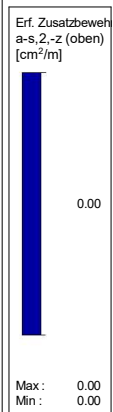
Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 0.00, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm²/m]

Isometrie

Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m

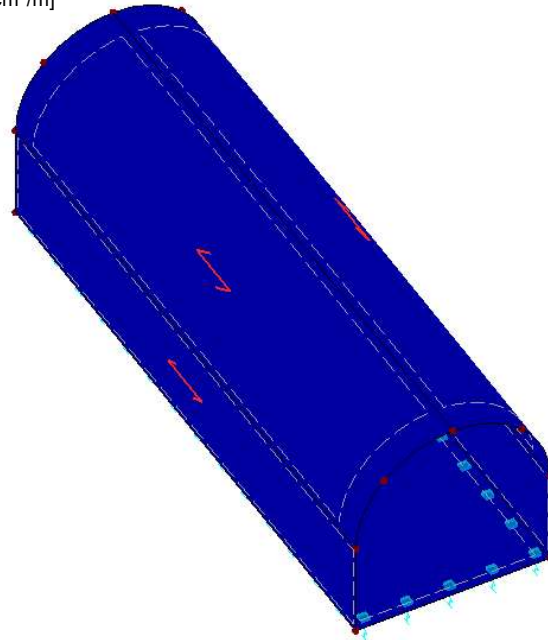
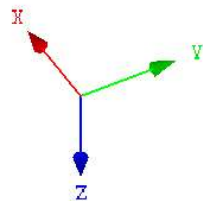
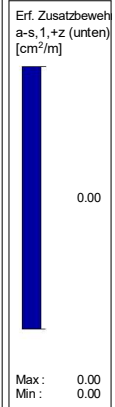
■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm^2/m]

Isometrie

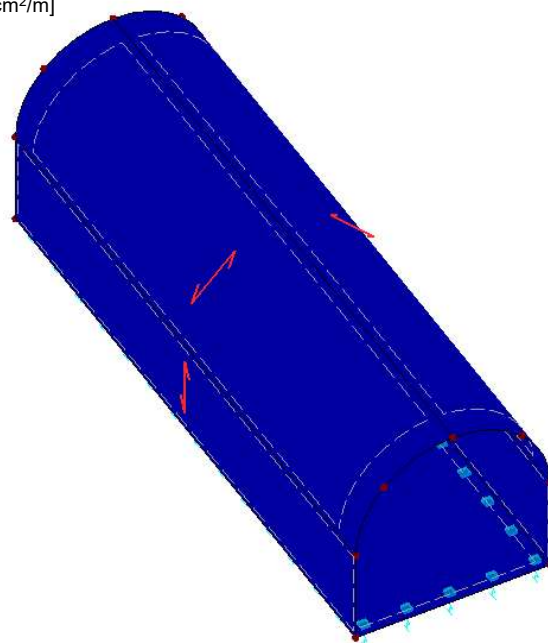
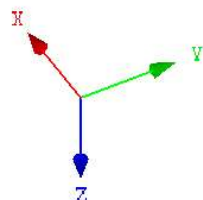
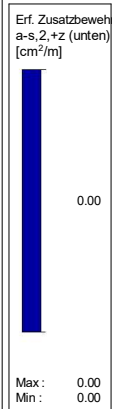
Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m ■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)

RF-BETON Flächen FA1

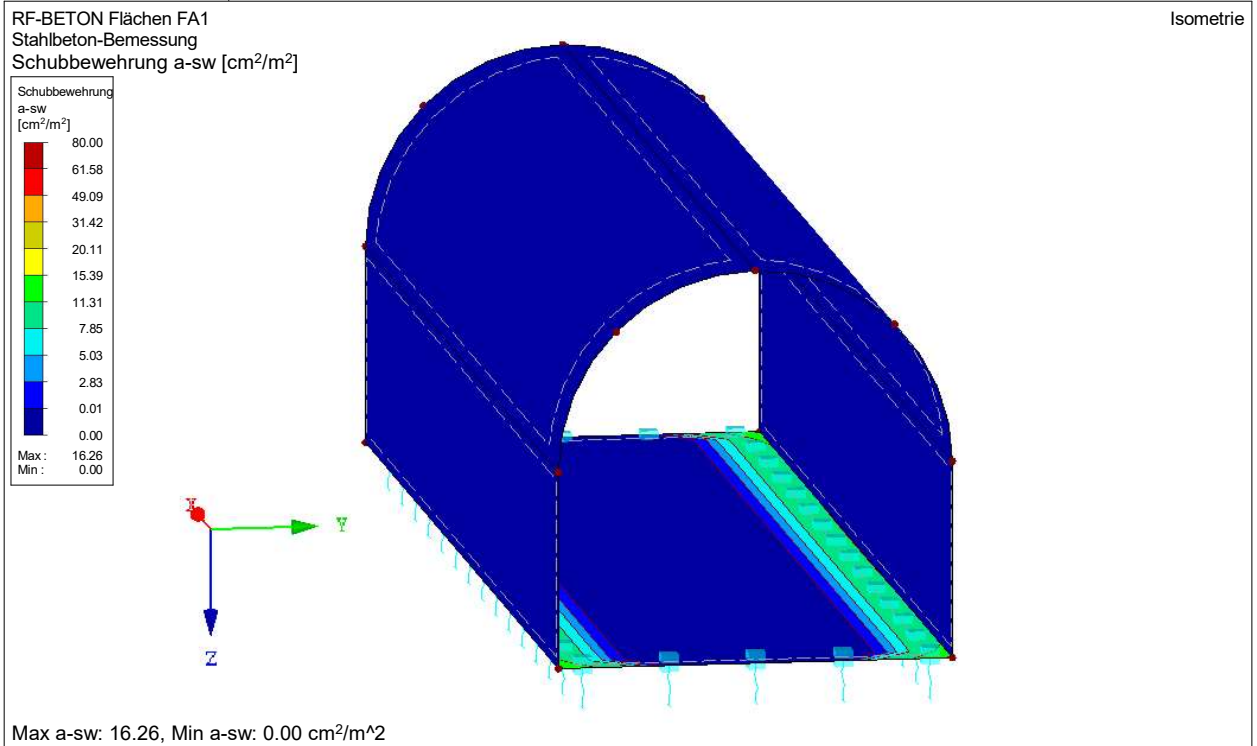
Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm^2/m]

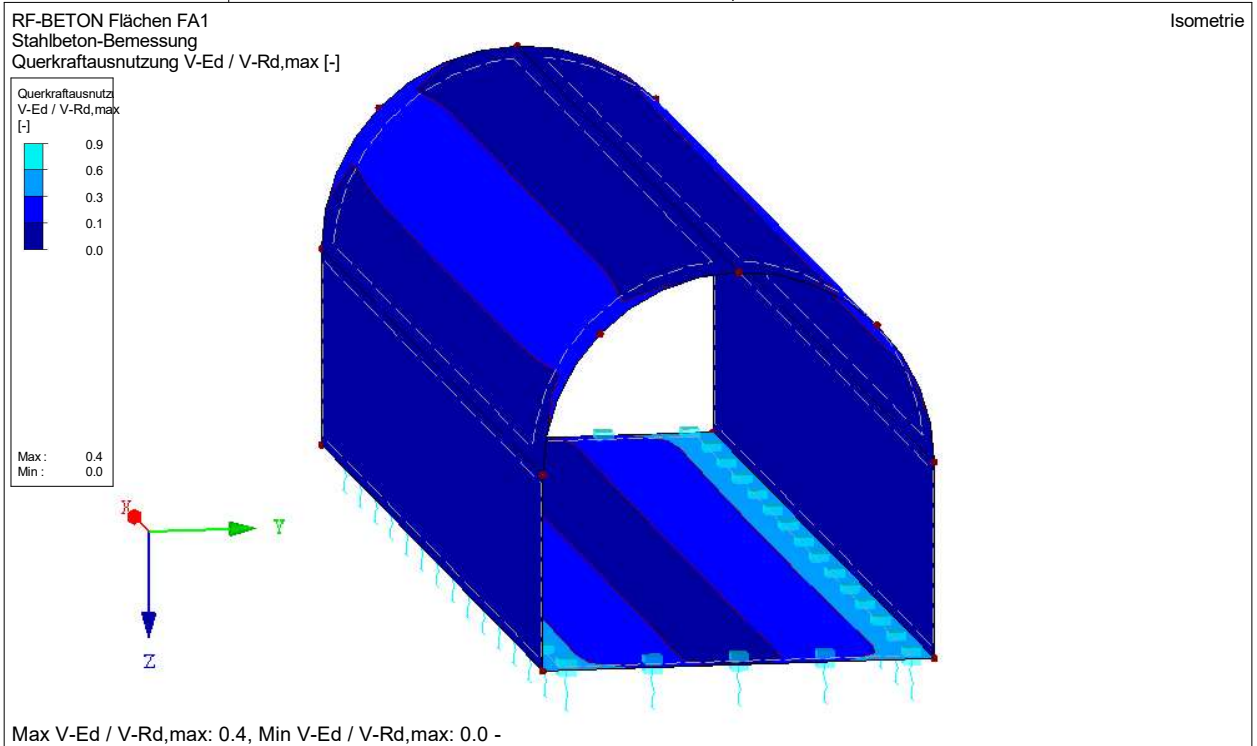
Isometrie

Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

■ SCHUBBEWEHRUNG a_{sw}



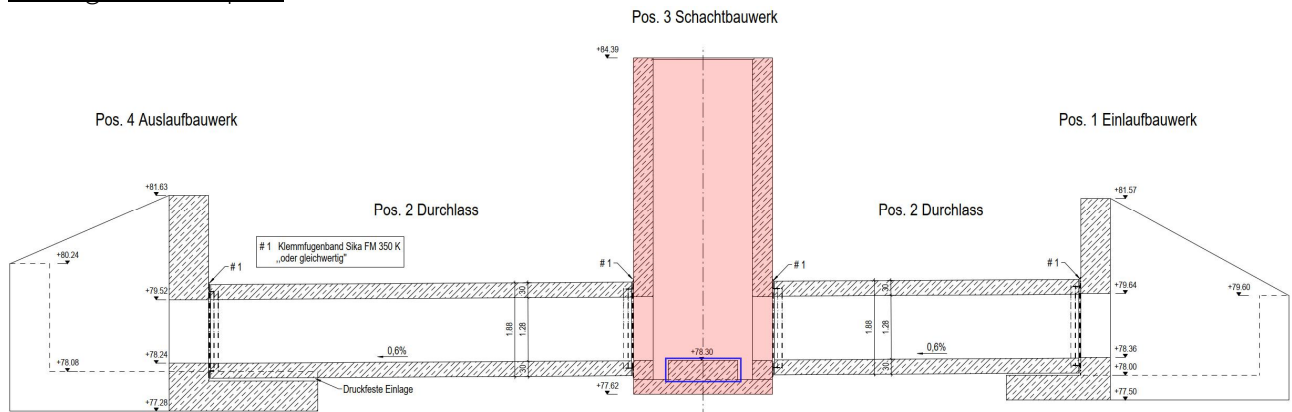
■ QUERKRAFTAUSNUTZUNG $V_{Ed} / V_{Rd,max}$



3.3 Position 3 Schachtbauwerk

Es erfolgt die Bemessung des Schachtbauwerks. Dieses wird als 3-dimensional wirkendes Bauteil betrachtet. Alle 4 Wände werden vom Erddruck belastet (die Böschung wird hier berücksichtigt) und sind biegesteif an der Fundamentplatte anzuschließen. Diese ist 30cm hoch auszubilden und die in blau markierte Überhöhung ist anschließend zu betonieren.

Auszug Positionsplan



Material/ Geometrie

- Stahlbeton: C25/30 , XC3, XF1, WA
 $r < 0,5$
- Betonstahl: B500 A/B
- Dicke: Sohle: 30cm
 Wände: 40cm
- Betondeckung: $c_{nom} = 6,0 \text{ cm}$
- Bewehrung: Sohle: oben und unten: #Ø12/10cm
 Wände: innen und außen #Ø14/10cm

Lastannahmen

Die Lasten werden mithilfe des Frilo-Tools EDB+ Erddruckberechnung ermittelt
 -> s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

Eigengewicht Bauwerk	wird programmintern berücksichtigt	
Erddruck aus Bodengewicht	Dreieckslast	15,44 kN/m ²
Wasserdruck	Dreieckslast	66,40 kN/m ²

Bodenkennwerte

Folgende Bodenkennwerte werden angesetzt:

- Ton, mittelplastisch
- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\phi = 25^\circ$
- $c = 5 \text{ kN/m}^2$
- $k = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
- $\delta = 2/3 \phi$

Auf der sicheren Seite liegend, wird mit einem Bettungsmodul $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt.

Bemessung

Der Nachweis des Bauwerks erfolgt mit RFEM5

➔ s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

Es werden folgende beide Fälle betrachtet, die für das Bauwerk maßgebend sind:

- GZT: $1,35 \cdot \text{Eigengewicht} + 1,35 \cdot \text{Erddruck} + 1,35 \cdot \text{Wasserdruck}$
- EQU: im Hochwasserfall: $0,90 \cdot \text{Eigengewicht} + 1,10 \cdot \text{Erddruck}$
- GZG: $1,00 \cdot \text{Eigengewicht} + 1,00 \cdot \text{Erddruck} + 1,00 \cdot \text{Wasserdruck}$

Es ist keine Zusatzbewehrung notwendig, maßgebend ist die Mindestbewehrung aus dem Rissbreitennachweis.

Nachweis der Rissweitenbegrenzung für $w_{k,max} = 0,2 \text{ mm}$

Ansatz: $r < 0,5$

Tabelle 3. Empfohlene Anhaltswerte für die Betonzugfestigkeit bei Zwang aus Abfließen der Hydrationswärme (Tabelle 7 aus DBV [1])

S	1	2	3	4	5
Z	Festigkeitsentwicklung des Betons	Bauteildicke h			
		$\leq 0,30 \text{ m}$	$\leq 0,80 \text{ m}$	$\leq 2,0 \text{ m}$	$> 2,0 \text{ m}$
1	langsam ($r < 0,30$) ^{1) 2)}	— ³⁾	$0,60f_{ctm}$	$0,70f_{ctm}$ ⁴⁾	$0,80f_{ctm}$ ⁴⁾
2	mittel ($r < 0,50$) ¹⁾	$0,65f_{ctm}$	$0,75f_{ctm}$	$0,85f_{ctm}$	$0,95f_{ctm}$
3	schnell ($r \geq 0,50$) ¹⁾	$0,80f_{ctm}$	$0,90f_{ctm}$	$1,0f_{ctm}$	$1,00f_{ctm}$

¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis $r = f_{cm}(2 \text{ d}) / f_{cm}(28 \text{ d})$ beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.
Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt $t > 28$ Tage bestimmt, ist das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen $f_{cm}(2 \text{ d})$ zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit $f_{cm}(t)$ zu ermitteln oder es ist vom Betonhersteller eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20° C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

²⁾ Bei Festigkeitsklassen $\geq \text{C}30/37$ ist es i. d. R. nicht möglich, das Festigkeitsverhältnis $r \leq 0,30$ bezogen auf 28 Tage zu begrenzen. In diesen Fällen ist es erforderlich, den Zeitpunkt des Nachweises der Festigkeitsklasse auf einen späteren Zeitpunkt (z. B. 56 Tage) zu vereinbaren.

³⁾ Die Auslegung der Bewehrung bei dünnen Bauteilen auf eine langsame Festigkeitsentwicklung ist nicht sinnvoll. Es sollte grundsätzlich mindestens eine mittlere Festigkeitsentwicklung angenommen werden.

⁴⁾ Der empfohlene Anhaltswert für massige Bauteile ist erst bei der Verwendung von langsam erhärtenden Betonen mit einem Prüfalter von 91 Tagen zu erwarten.

➔ Rissweitennachweis Wände, $w_k = 0,2\text{mm}$

<u>Begrenzung der Rissbreite unter zentrischen Zwang $k_c = 1,0$</u>				
(Direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 + NA)				
Bewehrungsrichtung			x-Richtung	y-Richtung
Beton	Betongüte		C25/30	
	Betonzugfestigkeit	$f_{ctm} [\text{N/mm}^2]$	2,60	
	Festigkeitsentwicklung des Betons	r	< 0,5	
	Beiwert für Zeitpunkt Rissbildung	$k_{z,t} [\%]$	67	
	wirksame Zugfestigkeit	$f_{ct,eff} [\text{N/mm}^2]$	1,74	
Bewehrung	Stahlsorte	B	B 500	
	Elastizitätsmodul	$E_s [\text{N/mm}^2]$	200.000	
		$E_{cm} [\text{N/mm}^2]$	31.000	
	Durchmesser	$d_s/d_{sv} [\text{mm}]$	14	14
	Stababstand	$s [\text{cm}]$	10,0	10,0
	Mattenbewehrung	(j / n)	n	n
	Querschnitt je Bauteilseite	$A_{s1}=A_{s2} [\text{cm}^2/\text{m}]$	15,39	15,39
	Gesamtquerschnitt	vorh $A_s [\text{cm}^2/\text{m}]$	30,79	30,79
Abmessung	Betonüberdeckung	$c_{nom} [\text{cm}]$	6,0	7,4
	Bauteilhöhe	$h [\text{cm}]$	40,0	
	Betonquerschnitt	$A_{ct} [\text{cm}^2/\text{m}]$	4.000,0	
	Achsabstand Bewehrung	$d_1 [\text{cm}]$	6,7	8,1
	Wirkungstiefe Bewehrung	$h_{eff} [\text{cm}]$	17,4	20,0
	wirksame Betonzugfläche	$A_{c,eff} [\text{cm}^2/\text{m}]$	3.480,0	4.000,0
Beiwerte	Spannungsverteilung innerhalb Zugzone	k_c	1,00	
	Verteilung Betonzug-spannungen	k	0,74	
	effektiver Bewehrungsgrad	$_{eff} \rho$	0,9%	0,8%
	geometrischer Bewehrungsgrad	ρ_{tot}	0,9%	0,8%
	Betonstahlspannung im Riss			
	$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_c / A_s$		168,39	168,39
	mittlere Differenzdehnung Stahl - Beton	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0,051%	0,051%
	Maximaler Rissabstand	$s_{r,max} [\text{mm}]$	376	376
Achtung bei Mattenbewehrung (DIN EN 1992-1-1-NA, 7.3.4(3)):				
	Rissabstand < doppelte Maschenweite	$s_{r,max} [\text{mm}] <$	200	200
Vorhandene rechnerische Rissweite			0,190	0,190

➔ Rissweitennachweis Fundament, $w_k = 0,2\text{mm}$

<u>Begrenzung der Rissbreite unter zentrischen Zwang $k_c = 1,0$</u>				
(Direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 + NA)				
Bewehrungsrichtung			x-Richtung	y-Richtung
Beton	Betongüte		C25/30	
	Betonzugfestigkeit	$f_{ctm} [\text{N/mm}^2]$	2,60	
	Festigkeitsentwicklung des Betons	r	< 0,5	
	Beiwert für Zeitpunkt Rissbildung	$k_{z,t} [\%]$	65	
	wirksame Zugfestigkeit	$f_{ct,eff} [\text{N/mm}^2]$	1,69	
Bewehrung	Stahlsorte	B	B 500	
	Elastizitätsmodul	$E_s [\text{N/mm}^2]$	200.000	
		$E_{cm} [\text{N/mm}^2]$	31.000	
	Durchmesser	$d_s/d_{sv} [\text{mm}]$	12	12
	Stababstand	$s [\text{cm}]$	10,0	10,0
	Mattenbewehrung	(j / n)	n	n
	Querschnitt je Bauteilseite	$A_{s1}=A_{s2} [\text{cm}^2/\text{m}]$	11,31	11,31
	Gesamtquerschnitt	vorh $A_s [\text{cm}^2/\text{m}]$	22,62	22,62
Abmessung	Betonüberdeckung	$c_{nom} [\text{cm}]$	6,0	7,2
	Bauteilhöhe	$h [\text{cm}]$	30,0	
	Betonquerschnitt	$A_{ct} [\text{cm}^2/\text{m}]$	3.000,0	
	Achsabstand Bewehrung	$d_1 [\text{cm}]$	6,6	7,8
	Wirkungstiefe Bewehrung	$h_{eff} [\text{cm}]$	15,0	15,0
	wirksame Betonzugfläche	$A_{c,eff} [\text{cm}^2/\text{m}]$	3.000,0	3.000,0
Beiwerte	Spannungsverteilung innerhalb Zugzone	k_c	1,00	
	Verteilung Betonzug-spannungen	k	0,80	
	effektiver Bewehrungsgrad	ρ_{eff}	0,8%	0,8%
	geometrischer Bewehrungsgrad	ρ_{tot}	0,8%	0,8%
	Betonstahlspannung im Riss			
	$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_c / A_s$		179,31	179,31
	mittlere Differenzdehnung Stahl - Beton	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0,054%	0,054%
	Maximaler Rissabstand	$s_{r,max} [\text{mm}]$	354	354
Achtung bei Mattenbewehrung (DIN EN 1992-1-1-NA, 7.3.4(3)):				
	Rissabstand < doppelte Maschenweite	$s_{r,max} [\text{mm}] <$	200	200
Vorhandene rechnerische Rissweite			0,190	0,190

Pos. 3 - AP - Erdlasten

Erddruckberechnung (x64) EDB+ 01/23E (FRILO R-2023-1/P06)

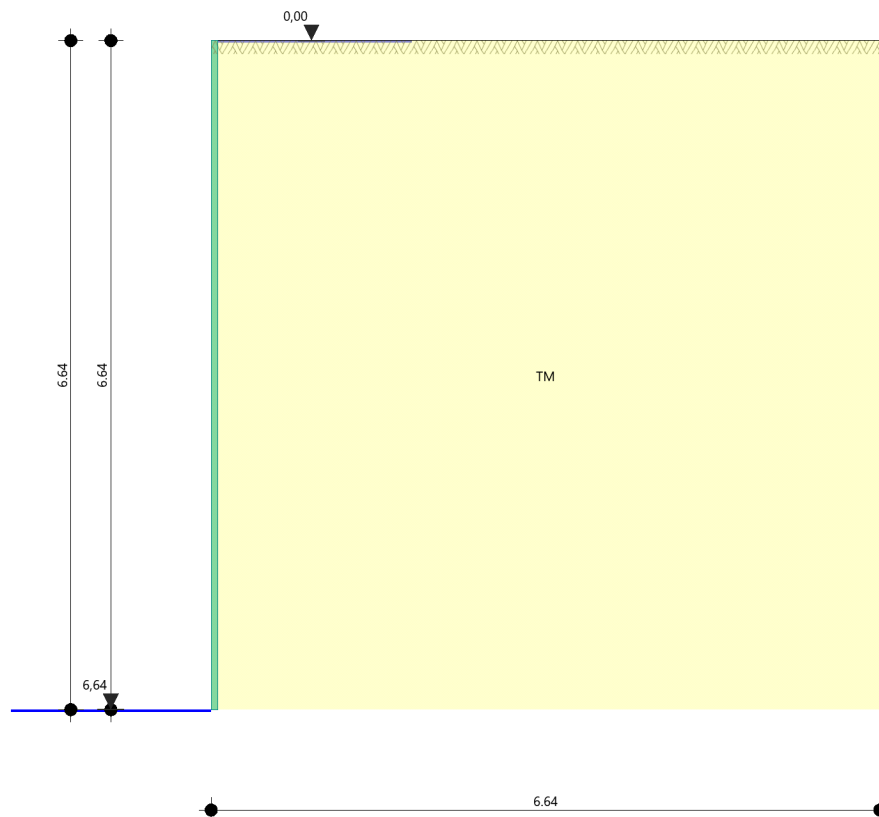
Einstellungen und Berechnungsparameter

Berechnung	:	Aktiver Erddruck
Norm:	:	DIN 4085: 2017-08
Erddruckparameter	:	Kohäsion wird in Rechnung gestellt
	:	Zug aus Kohäsion wird nicht angenommen
	:	Der Mindesterdruk wird angesetzt
	:	Verdichtung wird nicht angesetzt

System

Systemgrafik

Maßstab 1 : 75



Wandsystem

Wandhöhe $h = 6,64 \text{ m}$ Wandtiefe $t = 6,64 \text{ m}$
 Wandausschnitt $z_o = 0,00 \text{ m}$ $z_u = 6,64 \text{ m}$
 Wandneigung $\alpha = 0,0^\circ$ Wandreibungswinkel $\delta = 2/3 \phi'$

Bodenprofil

Es liegt Grundwasser an. Links der Wand: 6,64 m und rechts der Wand: 0,00 m unter OK Gelände.

Nr.	Benennung	d [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
1	TM	6,64	19,00	9,00	25,0	5,00

d : Mächtigkeit der Bodenschicht

γ : Rechenwert der Wichte

γ' : Rechenwert der Wichte unter Auftrieb

ϕ' : Innerer Reibungswinkel des drainierten Bodens

c' : Kohäsion des drainierten Bodens

Erddruckebenen

Nr.	z_o [m]	z_u [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c_k [kN/m ²]	α [°]	β [°]
1	0,00	1,68	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	0,0
2	1,68	6,64	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	0,0

γ : Wichte des Bodens

γ' : Wichte des Bodens unter Auftrieb

ϕ' : Reibungswinkel des Bodens

c_k : Kohäsion

α : Wandneigungswinkel

β : Geländeneigungswinkel

Erddruckbeiwerte

für aktiven Erddruck

Nr.	z_o [m]	z_u [m]	δ [°]	K_{agh} [-]	K_{ach} [-]	K_{aph} [-]	θ [°]
1	0,00	1,68	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0
2	1,68	6,64	16,7	0,346	1,043	0,346	53,0

δ : Erddruckneigungswinkel - Winkel zwischen der Erddruckrichtung und der Wandnormalen

K_{agh} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Bodeneigengewicht

K_{ach} : Aktiver Erddruckbeiwerte für den Anteil aus Kohäsion

K_{aph} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Geländelasten

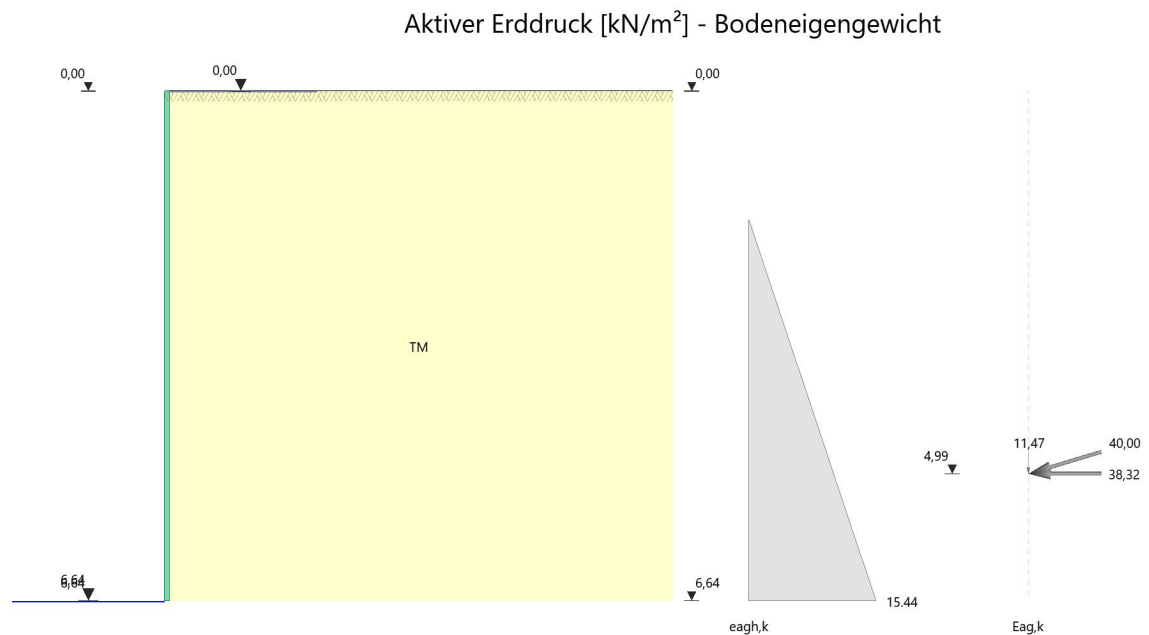
θ : Gleitflächenwinkel für den aktiven Erddruck

Lastfälle

Lastfall Eigengewicht

Erddruckgrafik Bodeneigengewicht

Maßstab 1 : 100



Erddruckwerte Bodeneigengewicht

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	6,64	15,44	0,00	15,44	0,00	15,44	38,32	11,47

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.
 e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.
 $e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten
 e_v : Erddruck infolge Verdichtung
 e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.
 E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.
 E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

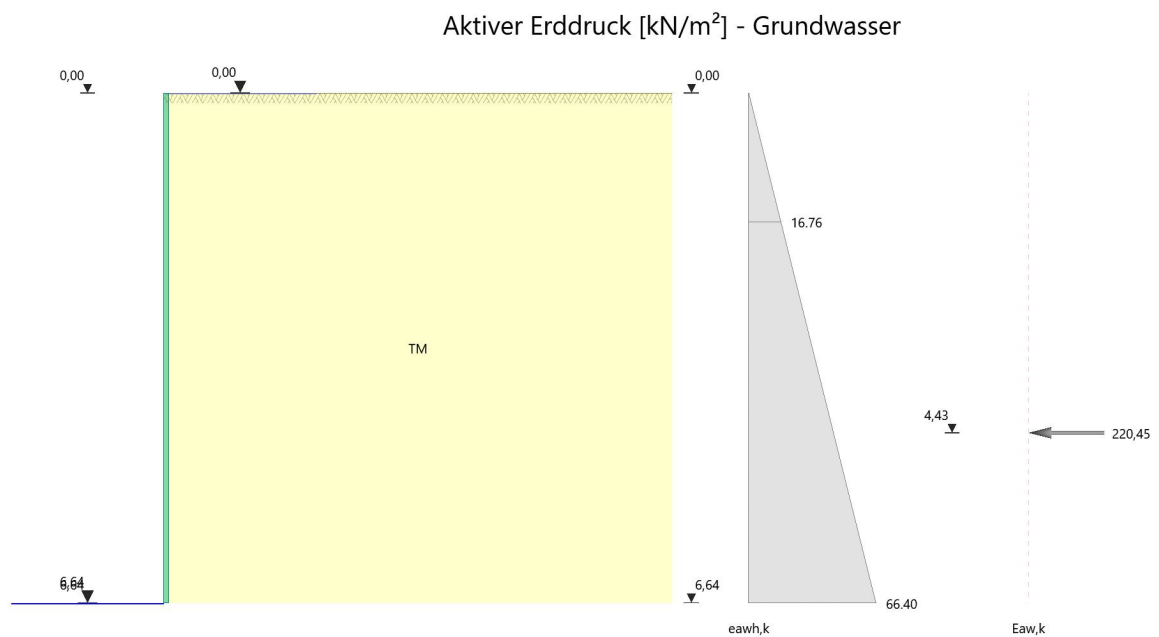
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 38,32 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 11,47 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 4,99 \text{ m}$

Lastfall Grundwasser

Hydrostatischer Wasserdruck

Maßstab 1 : 100



Hydrostatischer Druck infolge Grundwasser

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,68	16,76	0,00	16,76	0,00	16,76	14,05	0,00
2	1,68	16,76	0,00	16,76	0,00	16,76		
	6,64	66,40	0,00	66,40	0,00	66,40	206,40	0,00

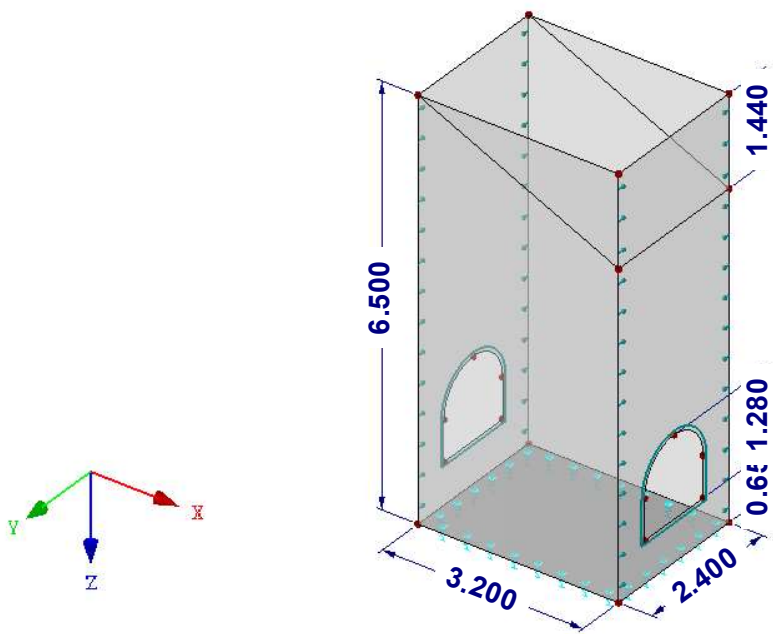
e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.
 e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.
 $e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten
 e_v : Erddruck infolge Verdichtung
 e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.
 E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.
 E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 220,45 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 0,00 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 4,43 \text{ m}$

■ MODELL

Isometrie



■ MODELL-BASISANGABEN

	Allgemein	Modellname	: Schachtbauwerk
		Modelltyp	: 3D
		Positive Richtung der globalen Z-Achse	: Nach unten
		Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	: Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
		<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen	
		<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT	
	Optionen	<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse	
		<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden	
		<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen	
		Erdbeschleunigung g	: 10.00 m/s²

■ FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

	Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	: 0.150 m
		Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	ϵ	: 0.001 m
		Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		: 500
		Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		: 10
	Stäbe	<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen		
		<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt		
	Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	Δ_D	: 1.800
		Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	α	: 0.50 °

FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

Form der Finiten Elemente:

: Drei- und Vierecke

☒ Gleiche Quadrate generieren,
wo möglich

1.3 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewic γ [kN/m ³]	Wärmedehn. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 3100.00	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

1.4 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m ²]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Eben	Standard	1,43,5,45	1	Konstant	300.0	7.680	5760.00
2	Eben	Standard	2,5,49,19	1	Konstant	400.0	18.496	18496.00
3	Eben	Standard	2,3,10,43	1	Konstant	400.0	14.143	14142.80
4	Eben	Standard	1,10,17,50	1	Konstant	400.0	18.496	18496.00
5	Eben	Standard	18,49,45,50	1	Konstant	400.0	10.687	10686.80
6	Eben	Standard	7,8,19	1	Konstant	400.0	2.304	2304.00
7	Eben	Standard	4,9,17	1	Konstant	400.0	2.304	2304.00
8	Eben	Standard	6,8,18,9	1	Konstant	400.0	3.456	3456.00

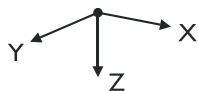
1.4.2 FLÄCHEN - INTEGRIERTE OBJEKTE

Fläche Nr.	Integrierte Objekte Nr.			Kommentar
	Knoten	Linien	Öffnungen	
3			2	
5			1	

1.6 ÖFFNUNGEN

Öffnung Nr.	Begrenzungslinien Nr.	In Fläche Nr.	Fläche A [m ²]	Kommentar
1	11,12,47,13	5	1.458	
2	14,15,48,16	3	1.458	

1.9 FLÄCHENLAGER

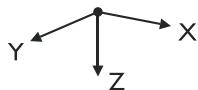


Bettung Nr.	Flächen Nr.	Federkonstanten RF-SOILIN	Stützung bzw. Feder [kN/m ³]			Schubfeder [kN/m]	
			u_x	u_y	u_z	v_{xz}	v_{yz}
1	1	-	1500.000	1500.000	15000.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.9.1 FLÄCHENLAGER - AUSFALL

Bettung Nr.	Flächen Nr.	Ausfall des Lagers bei σ_z	Fließen ab Kontaktspannung σ_z [kN/m ²]	Reibungszahl μ_z [-]
1	1	Negativ		

1.10 LINIENGELLENKE



Gelenk Nr.	Linie Nr.	Fläche Nr.	Seite	Axial/Quer-Gelenk [kN/m ²]			Momentengelenk [kNm/rad/m]		
				u_x	u_y	u_z	φ_x	φ_y	φ_z
1	2	3	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	10	3	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	8	8	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	9	8	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	49	5	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	50	5	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Eigengewicht	Ständig	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF3	Wasserdruck	Ständig	<input type="checkbox"/>			

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	
LF1	Eigengewicht	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LF3	Wasserdruck	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)

2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	Lastkombination		Nr.	Faktor	Lastfall	
	BS	Bezeichnung				
LK1		EQU	1	0.90	LF1	Eigengewicht
			2	1.10	LF2	Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.10	LF3	Wasserdruck
LK2		STR/GEO-2	1	1.35	LF1	Eigengewicht
			2	1.35	LF2	Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.35	LF3	Wasserdruck
LK3		GZG	1	1.00	LF1	Eigengewicht
			2	1.00	LF2	Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.00	LF3	Wasserdruck

2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastkombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	
LK1	EQU	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) <input checked="" type="radio"/> Picard
		Optionen	<input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkraft V _y und V _z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M _y , M _z und M _T
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ _M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LK2	STR/GEO-2	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) <input checked="" type="radio"/> Picard
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	
		Optionen	<input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkraft V _y und V _z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M _y , M _z und M _T
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ _M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)
LK3	GZG	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) <input checked="" type="radio"/> Picard
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	

2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Last-kombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Optionen	<input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen
			<input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für:
			<input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N
			<input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte V_y und V_z
			<input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y , M_z und M_T
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M)
			<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z)
			<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , El_y , El_z , EA , GA_y , GA_z)

LF1
Eigengewicht

3.4 FLÄCHENLASTEN

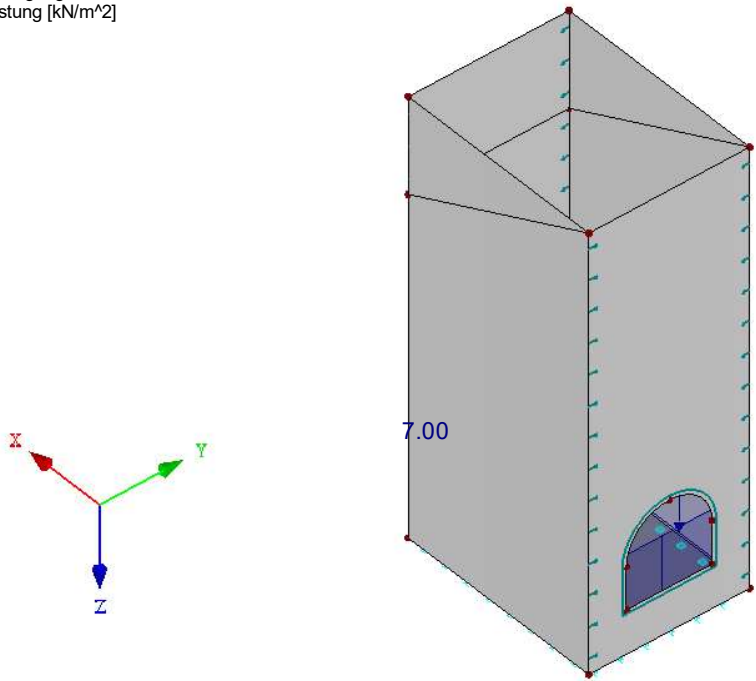
LF1: Eigengewicht

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	1	Kraft	Konstant	ZL	p	7.00	kN/m ²

LF1: EIGENGEWICHT

LF1 : Eigengewicht
Belastung [kN/m²]

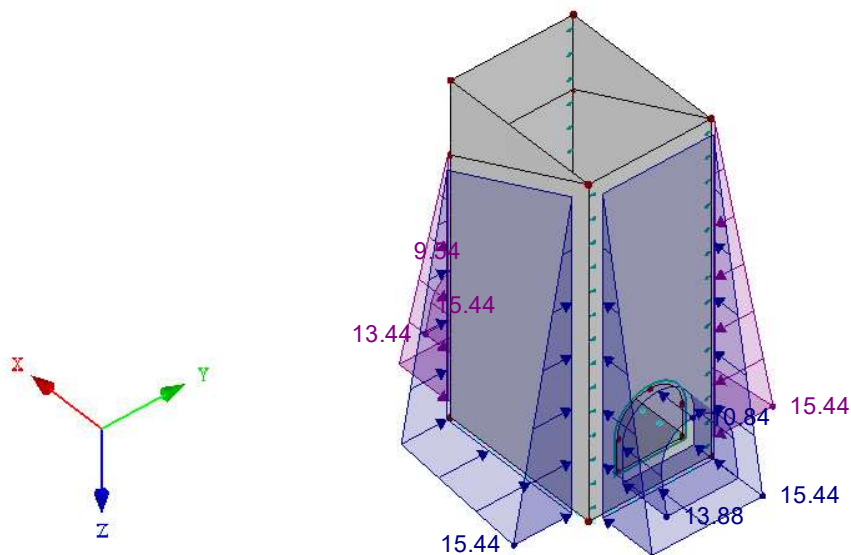
Isometrie



■ LF2: ERDDRUCK AUS BODENGEWICHT

LF2 : Erddruck aus Bodengewicht
Belastung [kN/m²]

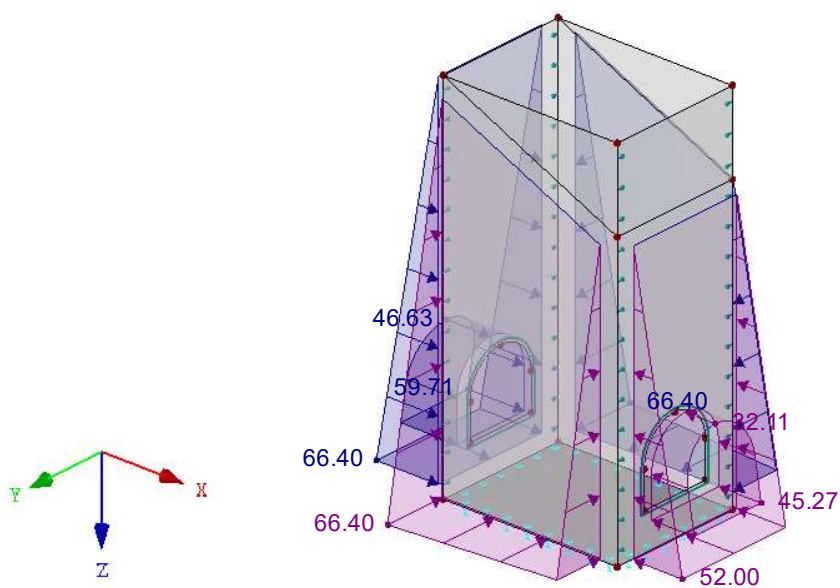
Isometrie



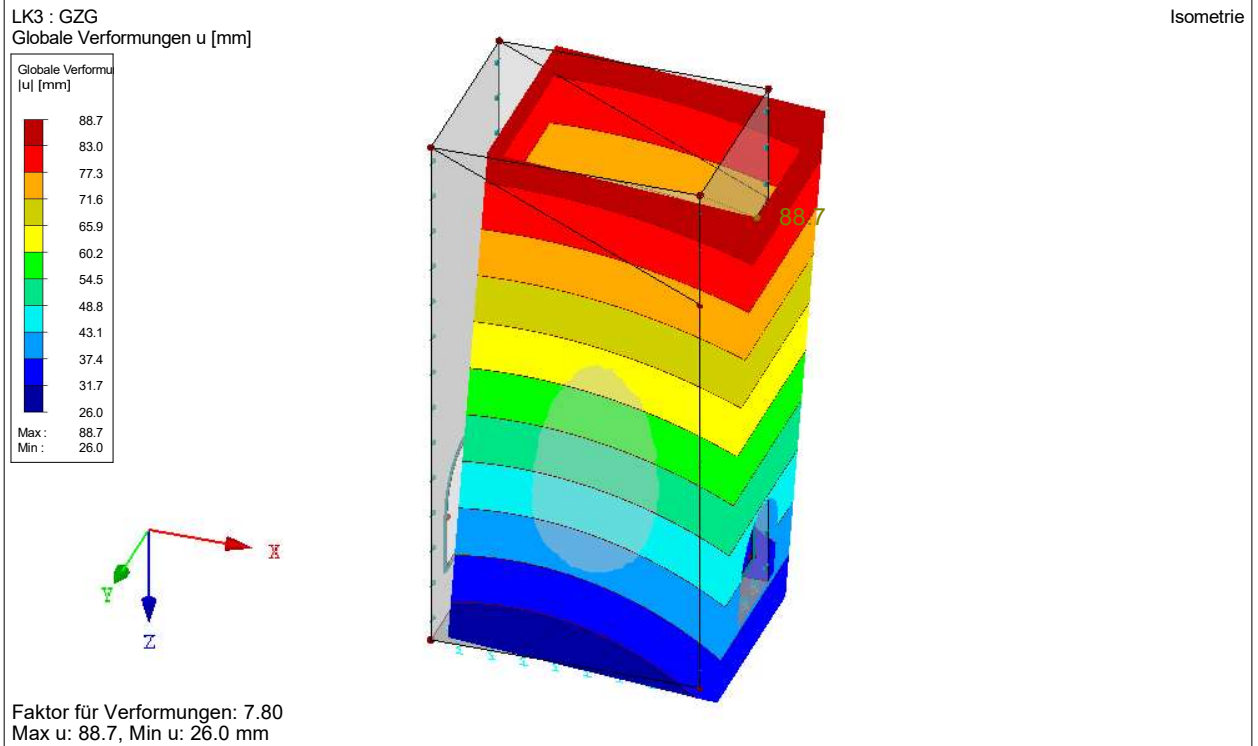
■ LF3: WASSERDRUCK

LF3 : Wasserdruck
Belastung [kN/m²]

Isometrie



■ GLOBALE VERFORMUNGEN u



RF-BETON Flächen
 FA1
 Stahlbeton-Bemessung

1.1 BASISANGABEN

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK1 EQU Ständig und vorübergehend
	LK2 STR/GEO-2 Ständig und vorübergehend
Definition der vorhandenen Zusatzbewehrung	Automatische Anordnung nach Vorgaben in Maske 1.4
DETAILEINSTELLUNGEN	
Nachweisverfahren für Bewehrungsumhüllende	Gemischte
Ansatz von Schnittgrößen ohne Rippenanteil	<input type="checkbox"/>
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$
Häufig	Nachweise: w_k
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l

1.2 MATERIALIEN

Material Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Stahl-Bezeichnung	
1	Beton C25/30	B 500 S (A)	

1.2.1 MATERIALKENNWERTE

Material Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.00	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.80	N/mm ²
	Charakteristische für nichtlineare Berechnungen			
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.00	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.60	N/mm ²
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{ct1u}	-3.500	‰
	Schubmodul	G	12916.70	N/mm ²
	Querdehnzahl	ν	0.200	-
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2.000	-
	Spezifisches Gewicht	γ	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (A)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Streckgrenze	f_{ym}	550.00	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zugfestigkeit	f_{tm}	551.25	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	525.00	N/mm ²
	Stahldehnung unter Höchstlast	ϵ_{uk}	25.000	‰

1.3 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Mat. Nr.	Dicke Typ	Dicke [mm]	Anmerkungen	Kommentar
1	1	Konstant	300.00		
2	1	Konstant	400.00		
3	1	Konstant	400.00		
4	1	Konstant	400.00		
5	1	Konstant	400.00		
6	1	Konstant	400.00		
7	1	Konstant	400.00		
8	1	Konstant	400.00		

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - WÄNDE

Angewendet auf Flächen:	2-8
BEWEHRUNGSGRAD	
Mindest-Querbewehrung	20.0 %
Mindest-Bewehrung generell	0.0 %
Mindest-Druckbewehrung	0.0 %

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - WÄNDE

Mindest-Zugbewehrung	0.0 %
Maximaler Bewehrungsgrad	4.0 %
Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 74.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 14.00, ds-2: 14.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 74.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 14.00, ds-2: 14.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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	<input checked="" type="checkbox"/>
Bewehrungsrichtung mit der Hauptzugkraft im betrachteten Element(As,min auf Ober- (z) oder Unterseite (+z)):	
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 - FUNDAMENT

Angewendet auf Flächen:	1
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 %
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 72.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 11.31, As-2,-z (oben): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 72.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 11.31, As-2,+z (unten): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 2 - FUNDAMENT

Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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	<input checked="" type="checkbox"/>
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

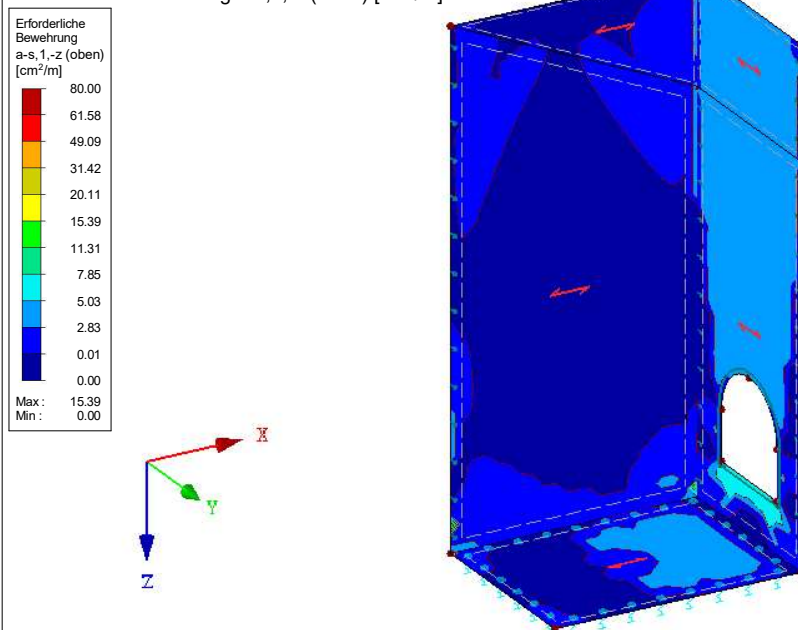
■ ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

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

Isometrie



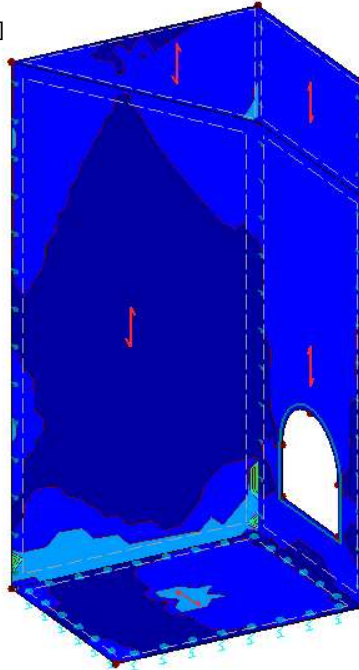
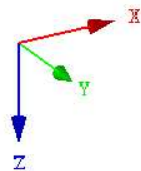
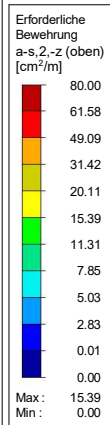
Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 15.39, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m

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

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

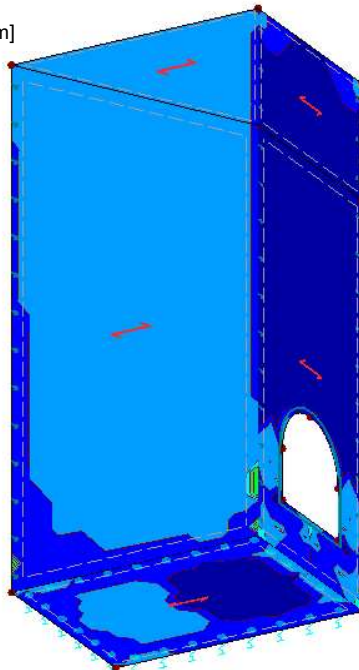
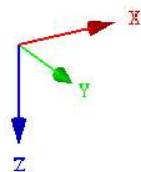
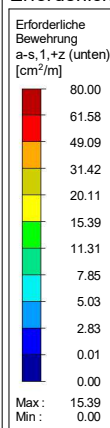
Stahlbeton-Bemessung

Erforderliche Bewehrung a-s,2,-z (oben) [cm²/m]Max a-s,2,-z (oben): 15.39, Min a-s,2,-z (oben): 0.00 cm²/m■ **ERFORDERLICHE BEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

Stahlbeton-Bemessung

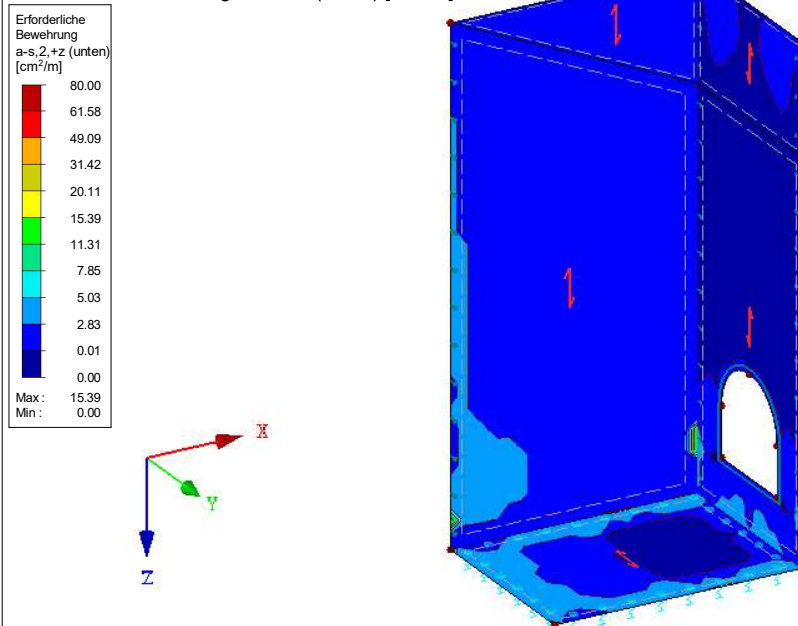
Erforderliche Bewehrung a-s,1,+z (unten) [cm²/m]Max a-s,1,+z (unten): 15.39, Min a-s,1,+z (unten): 0.00 cm²/m

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

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm^2/m]

Isometrie



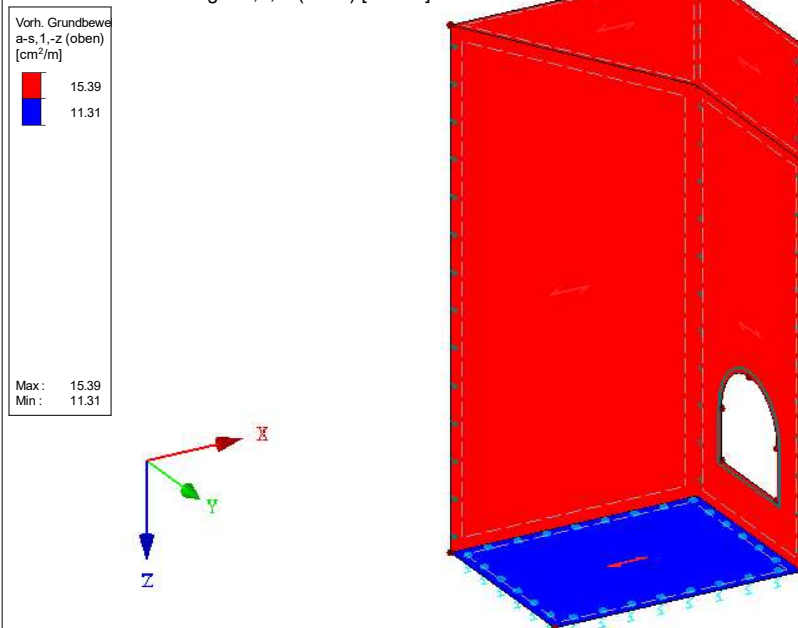
Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 15.39, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Vorh. Grundbewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben) [cm^2/m]

Isometrie



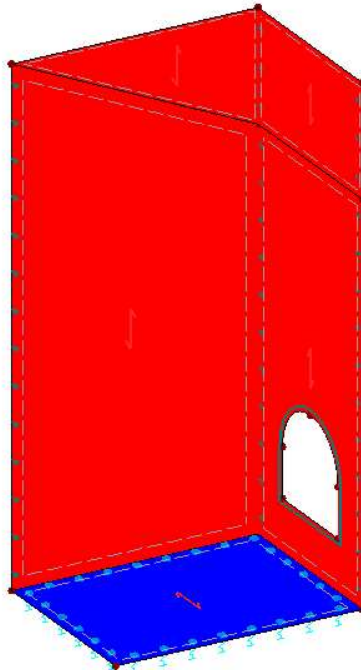
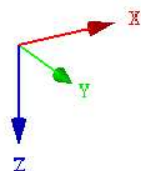
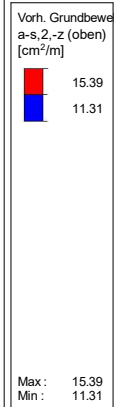
Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 15.39, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 11.31 cm^2/m

■ VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Vorh. Grundbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm²/m]

Isometrie



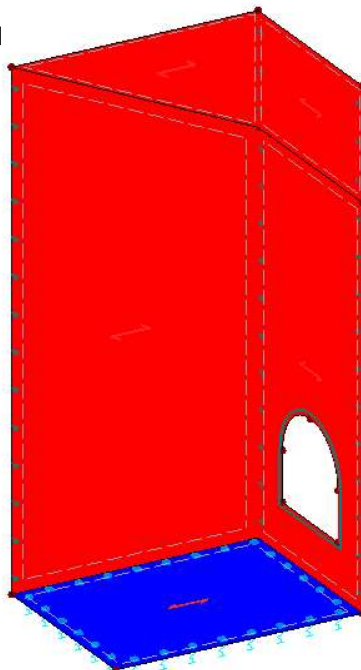
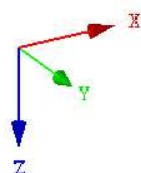
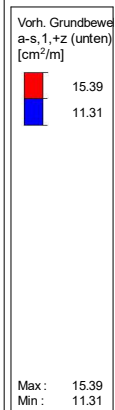
Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 15.39, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 11.31 cm²/m

■ VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

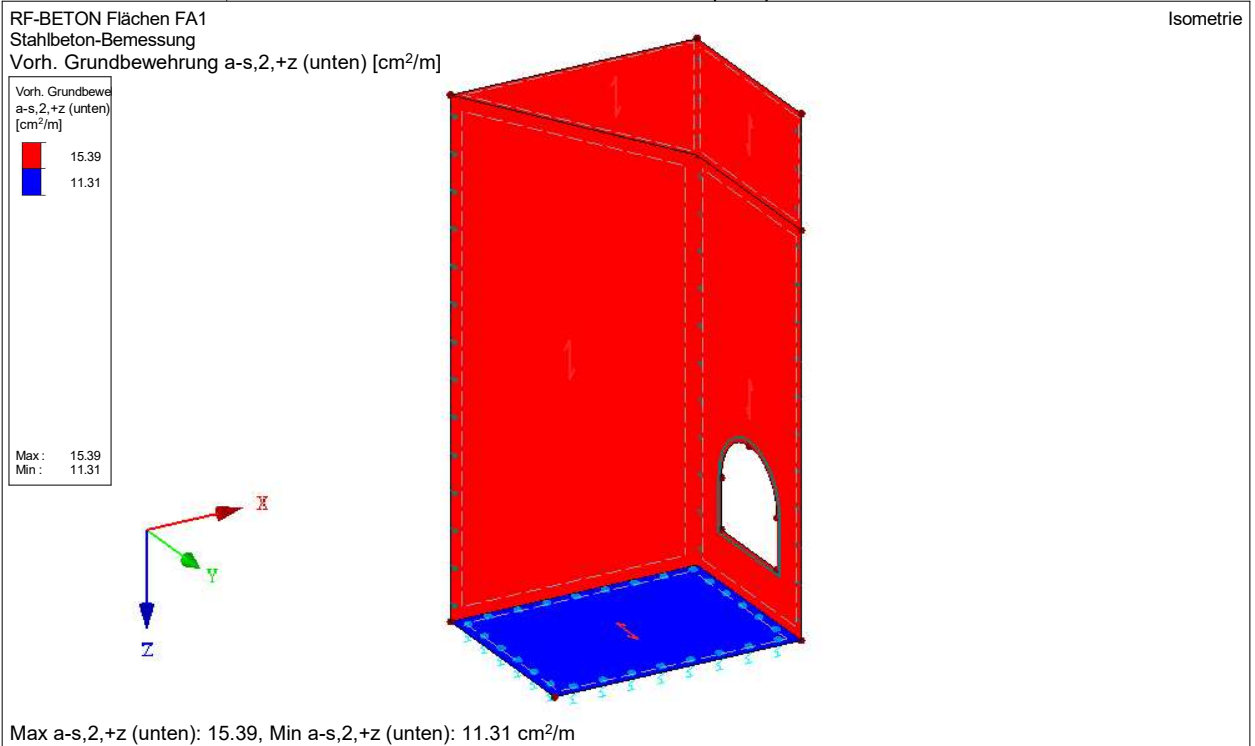
Vorh. Grundbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]

Isometrie

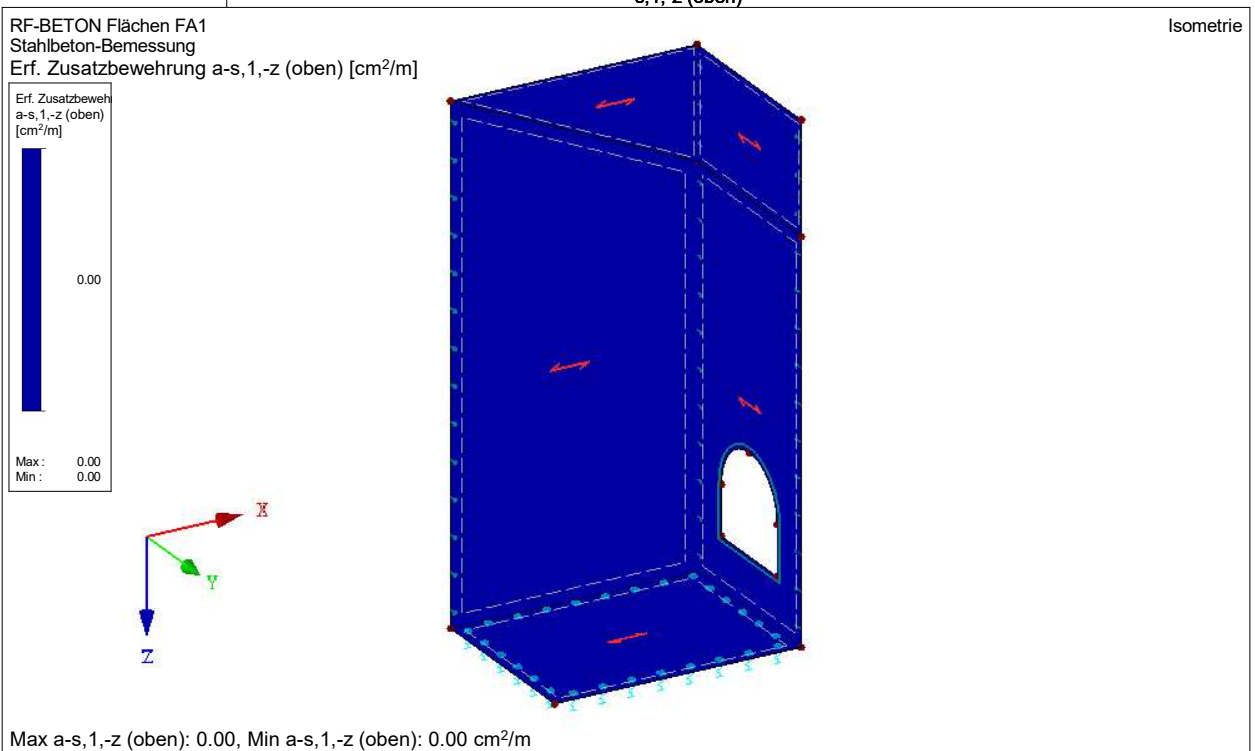


Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 15.39, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 11.31 cm²/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**



■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)**



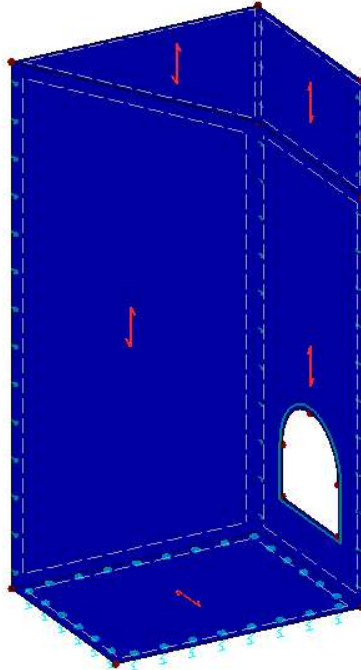
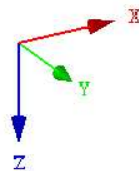
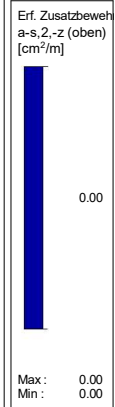
■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm²/m]

Isometrie

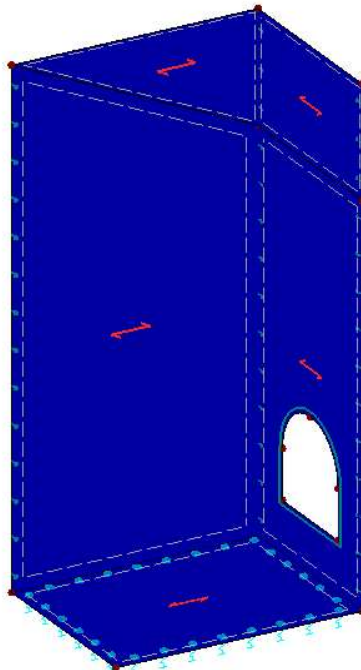
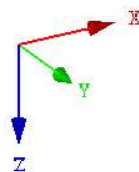
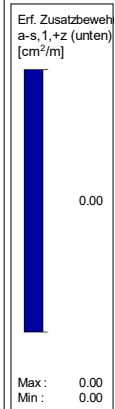
Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m■ ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)

RF-BETON Flächen FA1

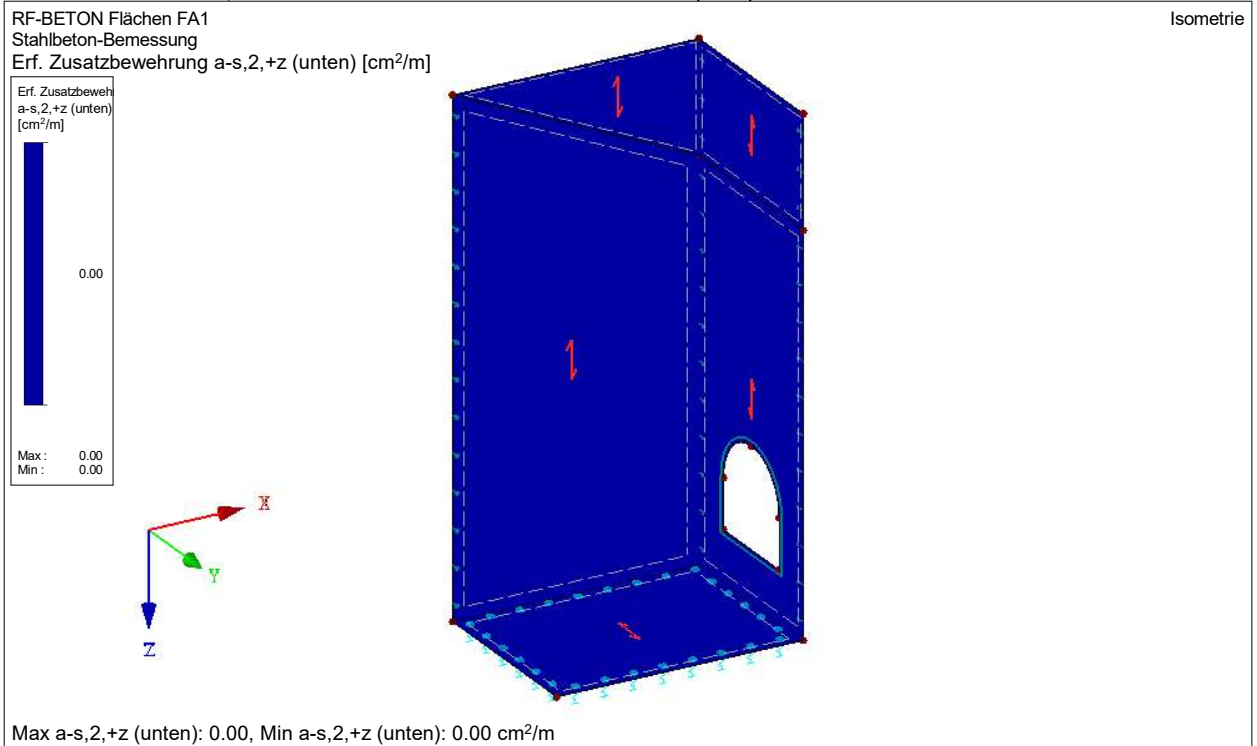
Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]

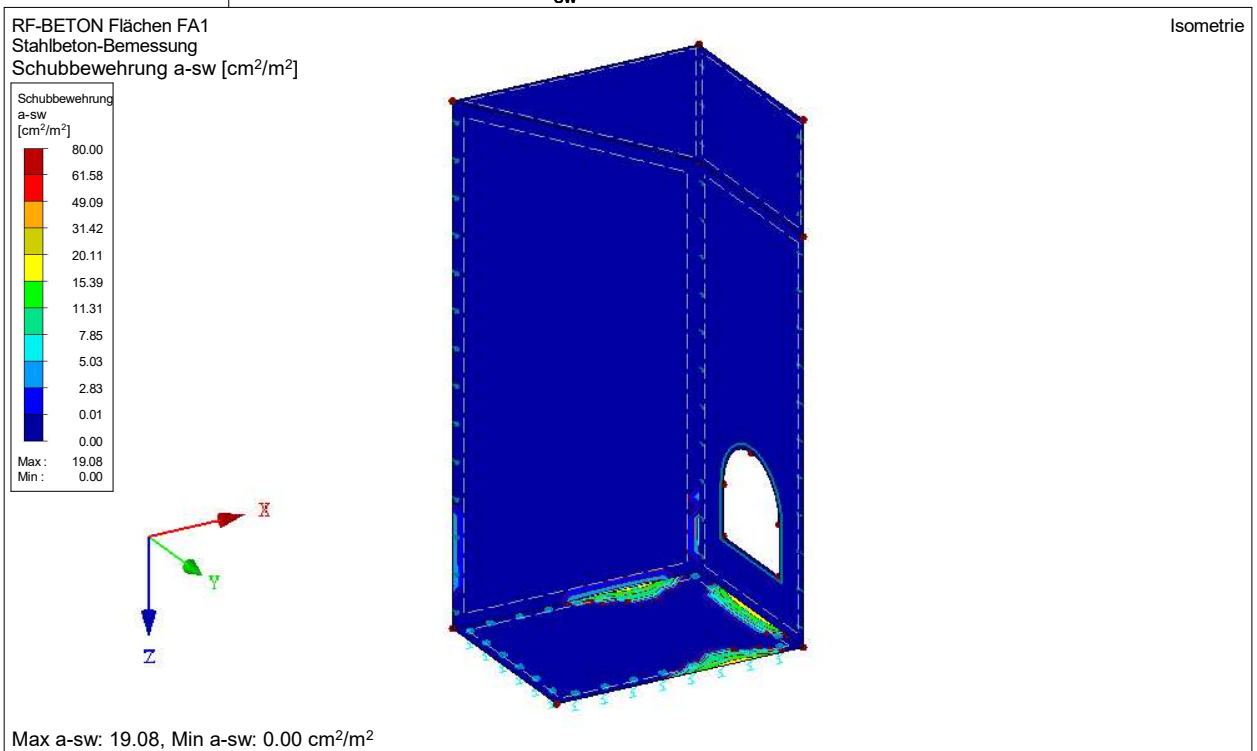
Isometrie

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

■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**



■ **SCHUBBEWEHRUNG a_{sw}**



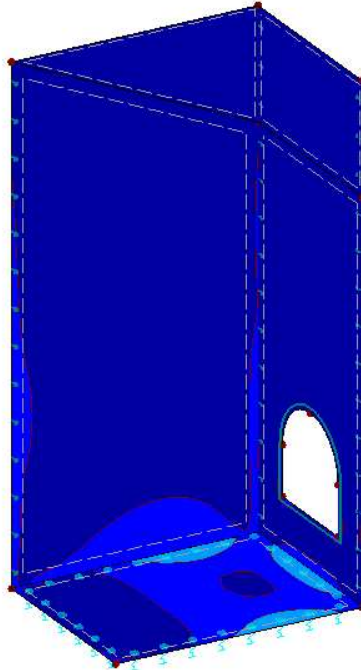
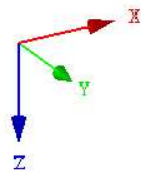
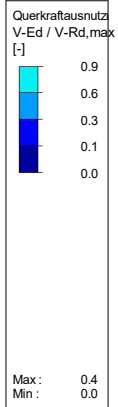
■ QUERKRAFTAUSNUTZUNG $V_{Ed} / V_{Rd,max}$

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Querkraftausnutzung $V_{Ed} / V_{Rd,max}$ [-]

Isometrie



Max $V_{Ed} / V_{Rd,max}$: 0.4, Min $V_{Ed} / V_{Rd,max}$: 0.0 -

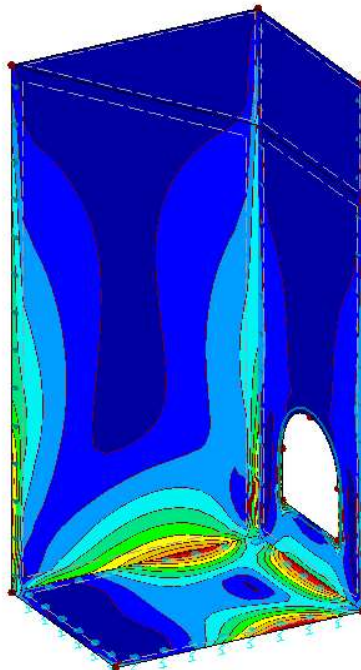
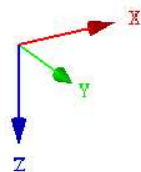
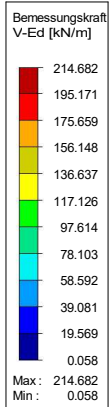
■ BEMESSUNGSKRAFT V_{Ed}

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Bemessungsschnittgrößen V_{Ed} [kN/m]

Isometrie

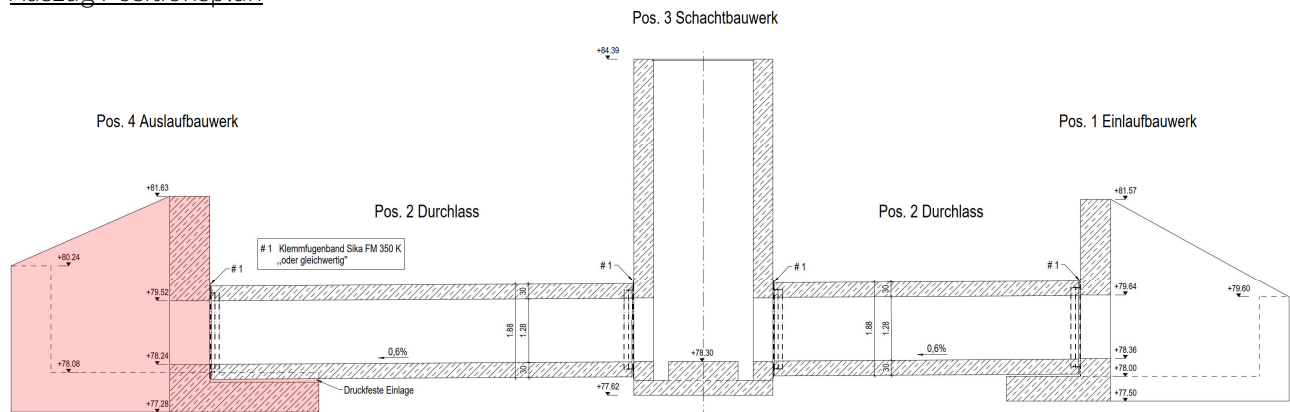


Max V_{Ed} : 214.682, Min V_{Ed} : 0.058 kN/m

3.4 Position 4 Auslaufbauwerk

Es folgt die Bemessung des Auslaufbauwerks. Der Nachweis erfolgt mit dem Programm RFEM.

Auszug Positionsplan



Material/ Geometrie

- Stahlbeton: C25/30, XC3, XF1, WA
 $r < 0,3$
- Betonstahl: B500 A/B
- Dicke: Sohle: 60cm bzw. 80cm
 Wände: 80cm
- Betondeckung: $c_{nom} = 6,0$ cm
- Bewehrung: Sohle: oben und unten: #Ø20/12,5cm
 Wände: horizontal außen: Ø20/12,5cm, vertikal innen: Ø12/10cm

Lastannahmen

Die Lasten werden mithilfe des Frilo-Tools EDB+ Erddruckberechnung ermittelt
-> s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

1) Niedriger Wandabschnitt

Ständige Einwirkungen

Eigengewicht Bauwerk	wird programmintern berücksichtigt		
Eigengewicht Boden	im Normalfall	19,0	kN/m ³
	Im Hochwasserfall	9,0	kN/m ³
Erddruck aus Bodengewicht	Dreieckslast	5,96	kN/m ²
Wasserdruck	Dreieckslast	30,0	kN/m ²

2) Hoher Wandabschnitt

Ständige Einwirkungen

Eigengewicht	wird programmintern berücksichtigt		
Eigengewicht Boden	im Normalfall	19,0	kN/m ³
	Im Hochwasserfall	9,0	kN/m ³
Erddruck aus Bodengewicht	Dreieckslast	12,50	kN/m ²
Wasserdruck	Dreieckslast	41,30	kN/m ²

Bodenkennwerte

Folgende Bodenkennwerte werden angesetzt:

- Ton, mittelplastisch
- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\phi = 25^\circ$
- $c = 5 \text{ kN/m}^2$
- $k = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
- $\delta = 2/3 \phi$

Auf der sicheren Seite liegend, wird mit einem Bettungsmodul $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt.

Bemessung

Der Nachweis des Bauwerks erfolgt mit RFEM5

➔ s. Ausdruckprotokoll auf den folgenden Seiten

Es werden folgende beide Fälle betrachtet, die für das Bauwerk maßgebend sind:

- GZT: $1,35 \cdot \text{Eigengewicht} + 1,35 \cdot \text{Erddruck} + 1,35 \cdot \text{Wasserdruck} + 1,50 \cdot \text{Verkehrslast}$
- EQU: im Hochwasserfall: $0,90 \cdot \text{Eigengewicht} + 1,10 \cdot \text{Erddruck} + 1,10 \cdot \text{Wasserdruck}$

Es ist keine Zusatzbewehrung notwendig, maßgebend ist die Mindestbewehrung aus dem Rissbreitennachweis.

Nachweis der Rissweitenbegrenzung für $w_{k,max} = 0,2\text{mm}$

Ansatz: $r < 0,5$

Tabelle 3. Empfohlene Anhaltswerte für die Betonzugfestigkeit bei Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme (Tabelle 7 aus DBV [1])

S	1	2	3	4	5
Z	Festigkeitsentwicklung des Betons	Bauteildicke h			
		$\leq 0,30\text{ m}$	$\leq 0,80\text{ m}$	$\leq 2,0\text{ m}$	$> 2,0\text{ m}$
1	langsam $(r < 0,30)^{1) 2)}$	— ³⁾	$0,60f_{ctm}$	$0,70f_{ctm}^{4)}$	$0,80f_{ctm}^{4)}$
2	mittel $(r < 0,50)^{1)}$	$0,65f_{ctm}$	$0,75f_{ctm}$	$0,85f_{ctm}$	$0,95f_{ctm}$
3	schnell $(r \geq 0,50)^{1)}$	$0,80f_{ctm}$	$0,90f_{ctm}$	$1,0f_{ctm}$	$1,00f_{ctm}$

¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis $r = f_{cm}(2\text{ d}) / f_{cm}(28\text{ d})$ beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.
 Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt $t > 28$ Tage bestimmt, ist das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen $f_{cm}(2\text{ d})$ zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit $f_{cm}(t)$ zu ermitteln oder es ist vom Betonhersteller eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

²⁾ Bei Festigkeitsklassen $\geq \text{C}30/37$ ist es i. d. R. nicht möglich, das Festigkeitsverhältnis $r \leq 0,30$ bezogen auf 28 Tage zu begrenzen. In diesen Fällen ist es erforderlich, den Zeitpunkt des Nachweises der Festigkeitsklasse auf einen späteren Zeitpunkt (z. B. 56 Tage) zu vereinbaren.

³⁾ Die Auslegung der Bewehrung bei dünnen Bauteilen auf eine langsame Festigkeitsentwicklung ist nicht sinnvoll. Es sollte grundsätzlich mindestens eine mittlere Festigkeitsentwicklung angenommen werden.

⁴⁾ Der empfohlene Anhaltswert für massige Bauteile ist erst bei der Verwendung von langsam erhärtenden Betonen mit einem Prüfalter von 91 Tagen zu erwarten.

➔ Rissweitennachweis Wände, $w_k = 0,2\text{mm}$

<u>Begrenzung der Rissbreite unter zentrischen Zwang $k_c = 1,0$</u>				
(Direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 + NA)				
Bewehrungsrichtung			x-Richtung	y-Richtung
Beton	Betongüte		C25/30	
	Betonzugfestigkeit	$f_{ctm} [\text{N/mm}^2]$	2,60	
	Festigkeitsentwicklung des Betons	r	< 0,3	
	Beiwert für Zeitpunkt Rissbildung	$k_{z,t} [\%]$	60	
	wirksame Zugfestigkeit	$f_{ct,eff} [\text{N/mm}^2]$	1,56	
Bewehrung	Stahlsorte	B	B 500	
	Elastizitätsmodul	$E_s [\text{N/mm}^2]$	200.000	
		$E_{cm} [\text{N/mm}^2]$	31.000	
	Durchmesser	$d_s/d_{sv} [\text{mm}]$	20	12
	Stababstand	$s [\text{cm}]$	12,5	10,0
	Mattenbewehrung	(j / n)	n	n
	Querschnitt je Bauteilseite	$A_{s1}=A_{s2} [\text{cm}^2/\text{m}]$	25,13	11,31
	Gesamtquerschnitt	$\text{vorh } A_s [\text{cm}^2/\text{m}]$	50,27	22,62
Abmessung	Betonüberdeckung	$c_{nom} [\text{cm}]$	6,0	8,0
	Bauteilhöhe	$h [\text{cm}]$	80,0	
	Betonquerschnitt	$A_{ct} [\text{cm}^2/\text{m}]$	8.000,0	
	Achsabstand Bewehrung	$d_1 [\text{cm}]$	7,0	8,6
	Wirkungstiefe Bewehrung	$h_{eff} [\text{cm}]$	22,0	25,2
	wirksame Betonzugfläche	$A_{c,eff} [\text{cm}^2/\text{m}]$	4.400,0	5.040,0
Beiwerte	Spannungsverteilung innerhalb Zugzone	k_c	1,00	
	Verteilung Betonzug-spannungen	k	0,52	
	effektiver Bewehrungsgrad	$_{eff} \rho$	1,1%	0,4%
	geometrischer Bewehrungsgrad	ρ_{tot}	1,1%	0,4%
	Betonstahlspannung im Riss			
	$\sigma_s = k_c * k * f_{ct,eff} * A_c / A_s$		129,11	286,90
	mittlere Differenzdehnung Stahl - Beton	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0,039%	0,086%
	Maximaler Rissabstand	$s_{r,max} [\text{mm}]$	460	613
	Achtung bei Mattenbewehrung (DIN EN 1992-1-1-NA, 7.3.4(3)):			
	Rissabstand < doppelte Maschenweite	$s_{r,max} [\text{mm}] <$	250	200
Vorhandene rechnerische Rissweite			$w_k [\text{mm}]$	
			0,178	0,528

Horizontale Risse werden durch das Eigengewicht überdrückt.

➔ Rissweitennachweis Sohle, $w_k = 0,2\text{mm}$

<u>Begrenzung der Rissbreite unter zentrischen Zwang $k_c = 1,0$</u> (Direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 + NA)				
Bewehrungsrichtung			x-Richtung	y-Richtung
Beton	Betongüte		C25/30	
	Betonzugfestigkeit	$f_{ctm} [\text{N/mm}^2]$	2,60	
	Festigkeitsentwicklung des Betons	r	< 0,3	
	Beiwert für Zeitpunkt Rissbildung	$k_{z,t} [\%]$	60	
	wirksame Zugfestigkeit	$f_{ct,eff} [\text{N/mm}^2]$	1,56	
Bewehrung	Stahlsorte	B	B 500	
	Elastizitätsmodul	$E_s [\text{N/mm}^2]$	200.000	
		$E_{cm} [\text{N/mm}^2]$	31.000	
	Durchmesser	$d_s/d_{sv} [\text{mm}]$	20	12
	Stababstand	$s [\text{cm}]$	12,5	12,5
	Mattenbewehrung	(j / n)	n	n
	Querschnitt je Bauteilseite	$A_{s1}=A_{s2} [\text{cm}^2/\text{m}]$	25,13	9,05
	Gesamtquerschnitt	$\text{vorh } A_s [\text{cm}^2/\text{m}]$	50,27	18,10
Abmessung	Betonüberdeckung	$c_{nom} [\text{cm}]$	6,0	8,0
	Bauteilhöhe	$h [\text{cm}]$	80,0	
	Betonquerschnitt	$A_{ct} [\text{cm}^2/\text{m}]$	8.000,0	
	Achsabstand Bewehrung	$d_1 [\text{cm}]$	7,0	8,6
	Wirkungstiefe Bewehrung	$h_{eff} [\text{cm}]$	22,0	25,2
	wirksame Betonzugfläche	$A_{c,eff} [\text{cm}^2/\text{m}]$	4.400,0	5.040,0
Beiwerte	Spannungsverteilung innerhalb Zugzone	k_c	1,00	
	Verteilung Betonzug-spannungen	k	0,52	
	effektiver Bewehrungsgrad	$_{eff} \rho$	1,1%	0,4%
	geometrischer Bewehrungsgrad	ρ_{tot}	1,1%	0,4%
	Betonstahlspannung im Riss	$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_c / A_s$	129,11	358,63
	mittlere Differenzdehnung Stahl - Beton	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0,039%	0,108%
	Maximaler Rissabstand	$s_{r,max} [\text{mm}]$	460	766
Achtung bei Mattenbewehrung (DIN EN 1992-1-1-NA, 7.3.4(3)):				
	Rissabstand < doppelte Maschenweite	$s_{r,max} [\text{mm}] <$	250	250
Vorhandene rechnerische Rissweite			0,178	0,824

Pos. 4 - AP - Erdlasten - hoher Wandabschnitt

Erddruckberechnung (x64) EDB+ 01/23E (FRILO R-2023-1/P06)

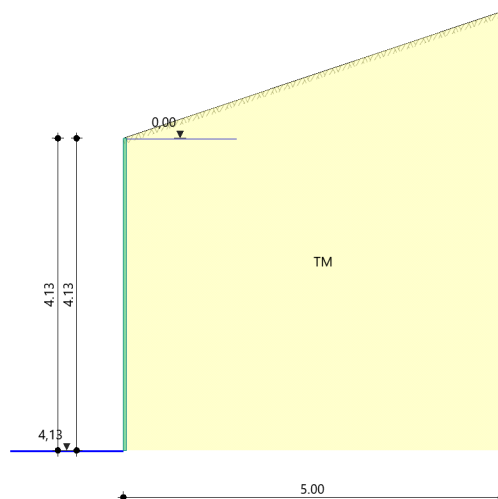
Einstellungen und Berechnungsparameter

Berechnung	:	Aktiver Erddruck
Norm:	:	DIN 4085: 2017-08
Erddruckparameter	:	Kohäsion wird in Rechnung gestellt
	:	Zug aus Kohäsion wird nicht angenommen
	:	Der Mindesterddruck wird angesetzt
	:	Verdichtung wird nicht angesetzt

System

Systemgrafik

Maßstab 1 : 100



Wandsystem

Wandhöhe	$h = 4,13 \text{ m}$	Wandtiefe	$t = 4,13 \text{ m}$
Wandausschnitt	$z_o = 0,00 \text{ m}$		$z_u = 4,13 \text{ m}$
Wandneigung	$\alpha = 0,0^\circ$	Wandreibungswinkel	$\delta = 2/3 \phi' ^\circ$

Bodenprofil

Es liegt Grundwasser an. Links der Wand: 4,13 m und rechts der Wand: 0,00 m unter OK Gelände.

Nr.	Benennung	d [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
1	TM	4,13	19,00	9,00	25,0	5,00

d : Mächtigkeit der Bodenschicht

 γ : Rechenwert der Wichte γ' : Rechenwert der Wichte unter Auftrieb ϕ' : Innerer Reibungswinkel des drainierten Bodens c' : Kohäsion des drainierten Bodens

Gelände und Böschung

Böschung mit kontinuierlicher Neigung von $\beta = 18,5^\circ$

Erddruckebenen

Nr.	zo [m]	zu [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c_k [kN/m ²]	α [°]	β [°]
1	0,00	1,33	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	18,5
2	1,33	4,13	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	18,5

 γ : Wichte des Bodens γ' : Wichte des Bodens unter Auftrieb ϕ' : Reibungswinkel des Bodens c_k : Kohäsion α : Wandneigungswinkel β : Geländeneigungswinkel

Erddruckbeiwerte

für aktiven Erddruck

Nr.	zo [m]	zu [m]	δ [°]	K_{agh} [-]	K_{ach} [-]	K_{aph} [-]	θ [°]
1	0,00	1,33	16,7	0,495	1,182	0,495	42,7
2	1,33	4,13	16,7	0,495	1,182	0,495	42,7

 δ : Erddruckneigungswinkel - Winkel zwischen der Erddruckrichtung und der Wandnormalen K_{agh} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Bodeneigengewicht K_{ach} : Aktiver Erddruckbeiwert für den Anteil aus Kohäsion K_{aph} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Geländelasten θ : Gleitflächenwinkel für den aktiven Erddruck

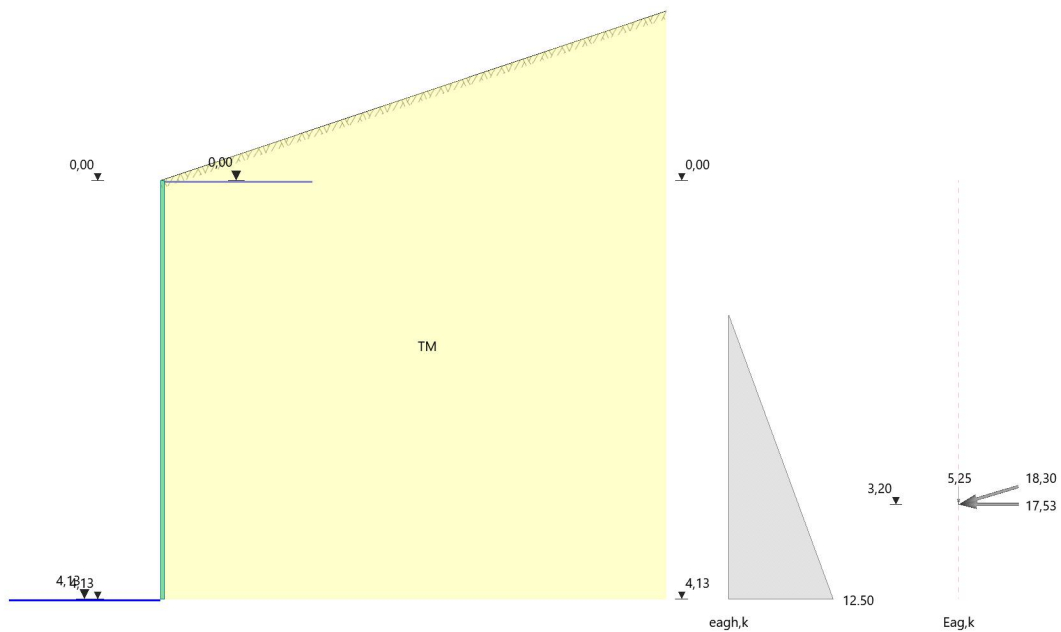
Lastfälle

Lastfall Eigengewicht

Erddruckgrafik Bodeneigengewicht

Maßstab 1 : 75

Aktiver Erddruck [kN/m²] - Bodeneigengewicht



Erddruckwerte Bodeneigengewicht

Nr.	Z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	4,13	12,50	0,00	12,50	0,00	12,50	17,53	5,25

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

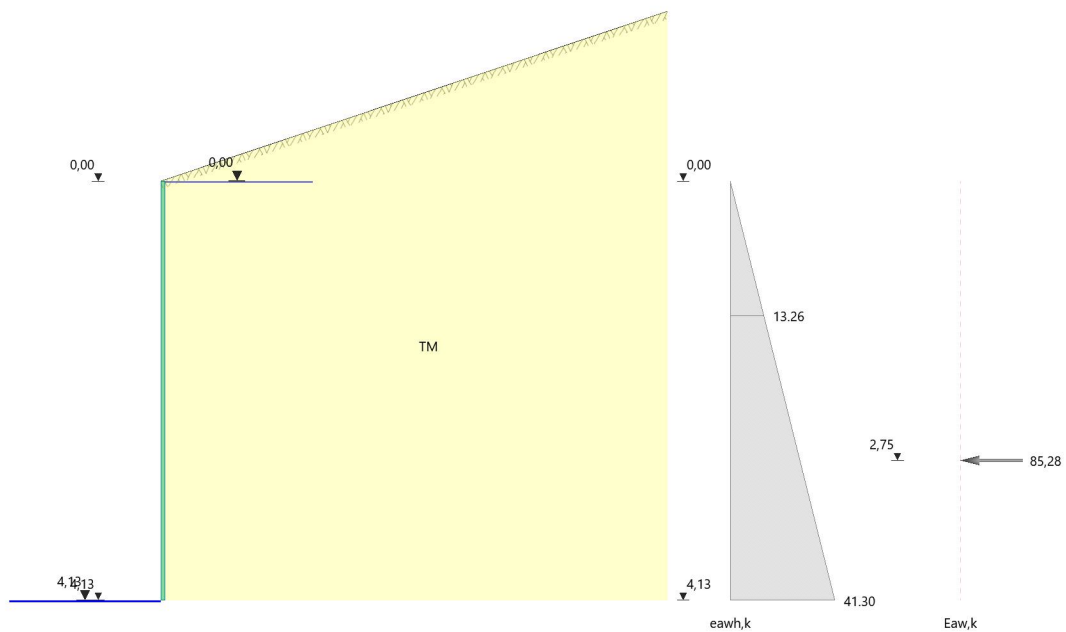
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 17,53 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 5,25 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 3,20 \text{ m}$

Lastfall Grundwasser

Hydrostatischer Wasserdruck

Maßstab 1 : 75

Aktiver Erddruck [kN/m²] - Grundwasser

Hydrostatischer Druck infolge Grundwasser

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,33	13,26	0,00	13,26	0,00	13,26	8,79	0,00
2	1,33	13,26	0,00	13,26	0,00	13,26		
	4,13	41,30	0,00	41,30	0,00	41,30	76,50	0,00

 e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser. e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten. $e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten e_v : Erddruck infolge Verdichtung e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate. E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene. E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 85,28 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 0,00 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 2,75 \text{ m}$

Pos. 4 - AP - Erdlasten - niedriger Wandabschnitt

Erddruckberechnung (x64) EDB+ 01/23E (FRILO R-2023-1/P06)

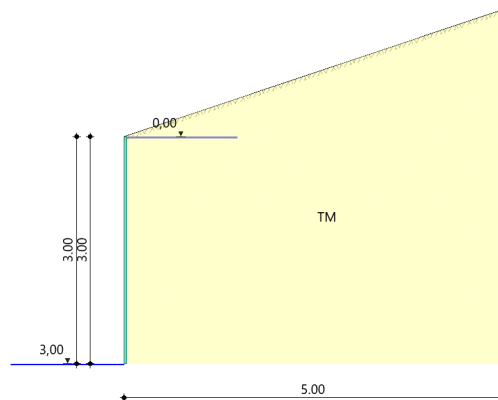
Einstellungen und Berechnungsparameter

Berechnung : Aktiver Erddruck
 Norm: : DIN 4085: 2017-08
 Erddruckparameter : Kohäsion wird in Rechnung gestellt
 : Zug aus Kohäsion wird nicht angenommen
 : Der Mindesterdruddruck wird angesetzt
 : Verdichtung wird nicht angesetzt

System

Systemgrafik

Maßstab 1:100



Wandsystem

Wandhöhe $h = 3,00 \text{ m}$ Wandtiefe $t = 3,00 \text{ m}$
 Wandausschnitt $z_o = 0,00 \text{ m}$ $z_u = 3,00 \text{ m}$
 Wandneigung $\alpha = 0,0^\circ$ Wandreibungswinkel $\delta = 2/3 \phi'$

Bodenprofil

Es liegt Grundwasser an. Links der Wand: 3,00 m und rechts der Wand: 0,00 m unter OK Gelände.

Nr.	Benennung	d [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
1	TM	3,00	19,00	9,00	25,0	5,00

d : Mächtigkeit der Bodenschicht

γ : Rechenwert der Wichte

γ' : Rechenwert der Wichte unter Auftrieb

ϕ' : Innerer Reibungswinkel des drainierten Bodens

c' : Kohäsion des drainierten Bodens

Gelände und Böschung

Böschung mit kontinuierlicher Neigung von $\beta = 18,5^\circ$

Erddruckebenen

Nr.	z ₀ [m]	z _u [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c _k [kN/m ²]	α [°]	β [°]
1	0,00	1,33	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	18,5
2	1,33	3,00	19,00	9,00	25,0	5,00	0,0	18,5

 γ : Wichte des Bodens γ' : Wichte des Bodens unter Auftrieb ϕ' : Reibungswinkel des Bodensc_k : Kohäsion α : Wandneigungswinkel β : Geländeneigungswinkel

Erddruckbeiwerte

für aktiven Erddruck

Nr.	z ₀ [m]	z _u [m]	δ [°]	K _{agh} [-]	K _{ach} [-]	K _{aph} [-]	θ [°]
1	0,00	1,33	16,7	0,495	1,182	0,495	42,7
2	1,33	3,00	16,7	0,495	1,182	0,495	42,7

 δ : Erddruckneigungswinkel - Winkel zwischen der Erddruckrichtung und der WandnormalenK_{agh} : Aktiver Erddruckbeiwerte für BodeneigengewichtK_{ach} : Aktiver Erddruckbeiwerte für den Anteil aus KohäsionK_{aph} : Aktiver Erddruckbeiwerte für Geländelasten θ : Gleitflächenwinkel für den aktiven Erddruck

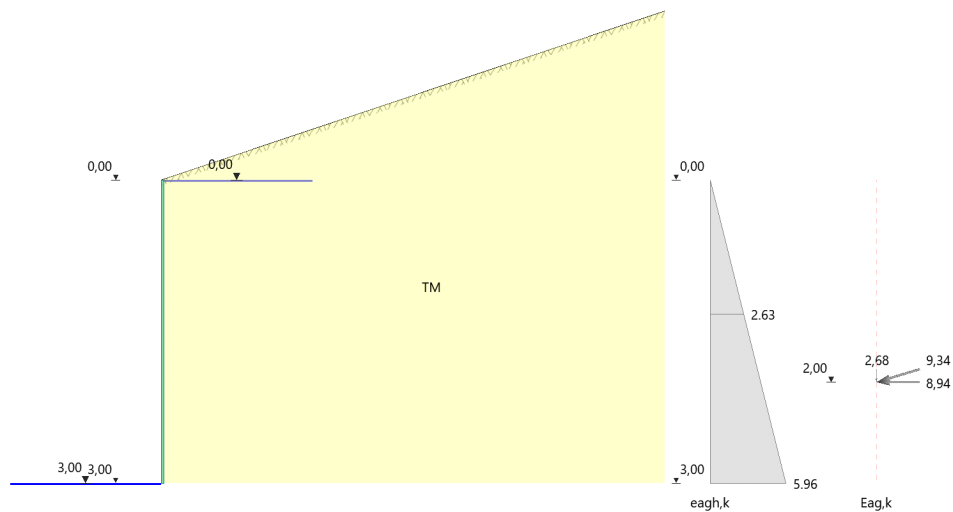
Lastfälle

Lastfall Eigengewicht

Erddruckgrafik Bodeneigengewicht

Maßstab 1 : 75

Aktiver Erddruck [kN/m²] - Bodeneigengewicht



Erddruckwerte Bodeneigengewicht

Nr.	z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,33	2,63	0,00	2,63	0,00	2,63	1,75	0,52
2	1,33	2,63	0,00	2,63	0,00	2,63		
	3,00	5,96	0,00	5,96	0,00	5,96	7,20	2,15

e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser.

e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten.

$e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten

e_v : Erddruck infolge Verdichtung

e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate.

E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.

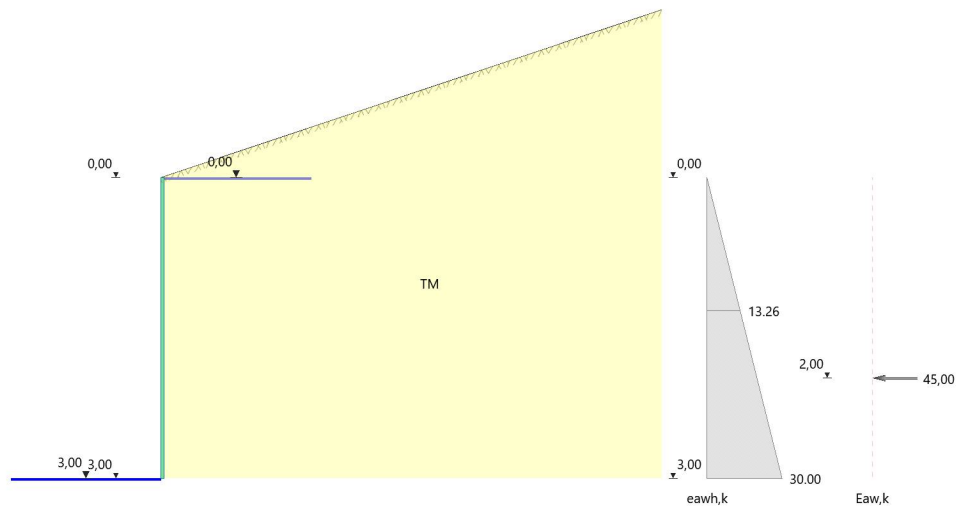
Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 8,94 \text{ kN/m}$ Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 2,68 \text{ kN/m}$

Angriffspunkt GOK $z_{ag} = 2,00 \text{ m}$

Lastfall Grundwasser

Hydrostatischer Wasserdruck

Maßstab 1 : 75

Aktiver Erddruck [kN/m²] - Grundwasser

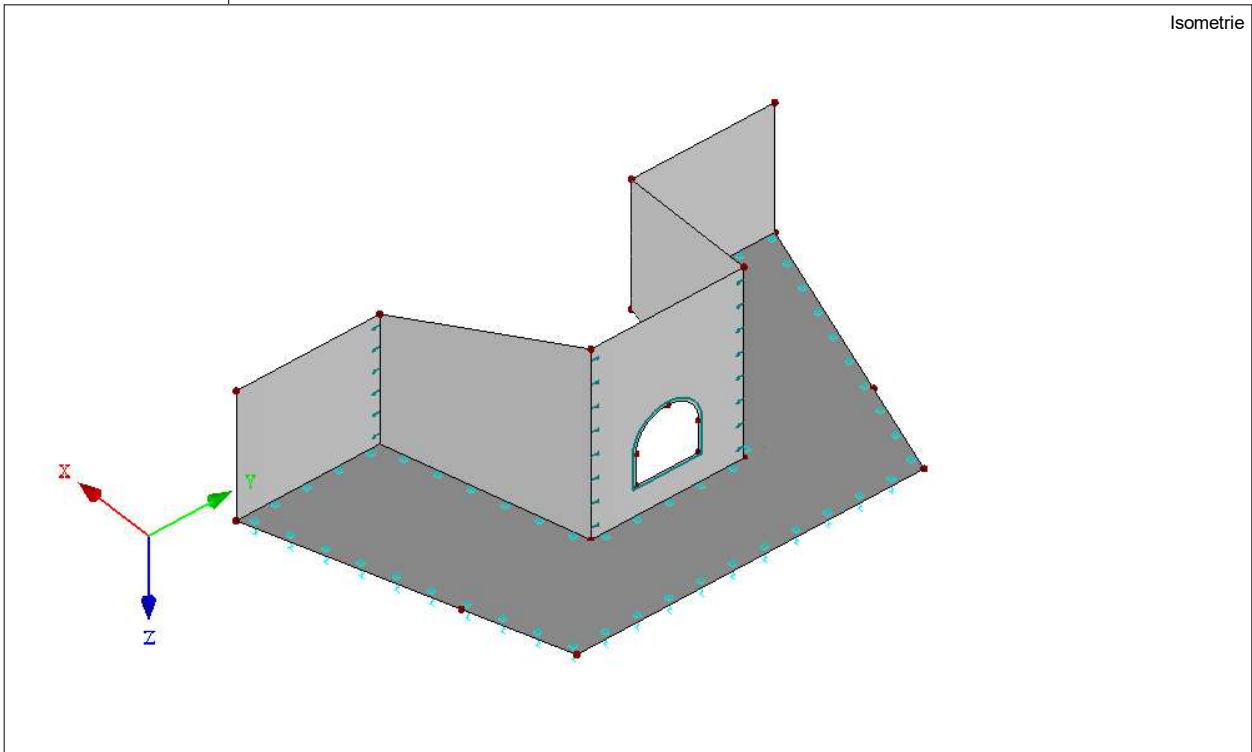
Hydrostatischer Druck infolge Grundwasser

Nr.	Z [m]	e_{agh} [kN/m ²]	e_{aph} [kN/m ²]	$e_{agh} + e_{aph}$ [kN/m ²]	e_v [kN/m ²]	e_{ah} [kN/m ²]	E_{ah} [kN/m]	E_{av} [kN/m]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	1,33	13,26	0,00	13,26	0,00	13,26	8,79	0,00
2	1,33	13,26	0,00	13,26	0,00	13,26		
	3,00	30,00	0,00	30,00	0,00	30,00	36,21	0,00

 e_{agh} : Erddruckordinate infolge Bodeneigengewicht. Berücksichtigt Kohäsion und Grundwasser. e_{aph} : Erddruckordinate infolge Geländelasten. $e_{agh} + e_{aph}$: Überlagerung aus Bodeneigengewicht und Geländelasten e_v : Erddruck infolge Verdichtung e_{ah} : Resultierende Erddruckordinate. E_{ah} : Horizontale Erddruckkraft in der Erddruckebene. E_{av} : Vertikale Erddruckkraft in der Erddruckebene.Horizontale Erddruckkraft $E_{ah} = 45,00$ kN/m Vertikale Erddruckkraft $E_{av} = 0,00$ kN/mAngriffspunkt GOK $z_{ag} = 2,00$ m

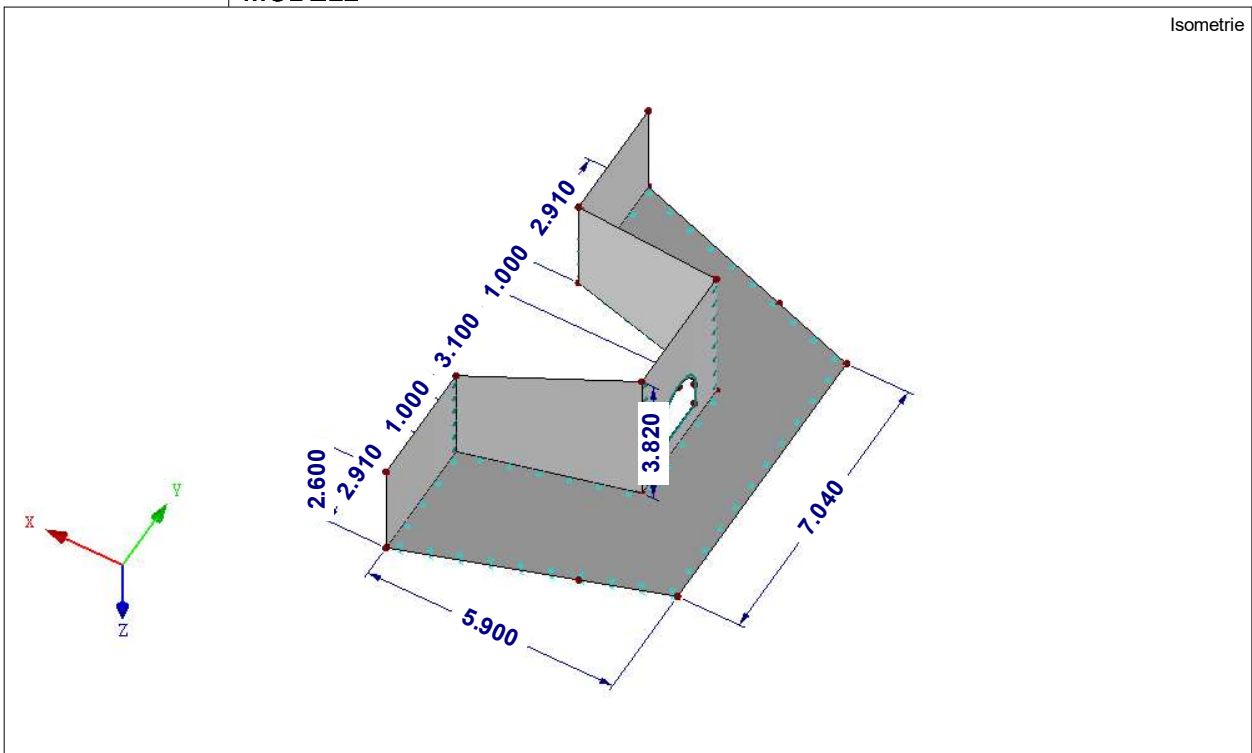
■ MODELL

Isometrie



■ MODELL

Isometrie



■ MODELL-BASISANGABEN

	Allgemein	Modellname	:	Auslaufbauwerk
		Modelltyp	:	3D
		Positive Richtung der globalen Z-Achse	:	Nach unten
		Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	:	Nach Norm: EN 1990
			:	Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	Optionen	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen		
		<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT		
		<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse		
		<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden		
		<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen		
		Erdbeschleunigung g	:	10.00 m/s²

■ FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

	Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	:	0.150 m
		Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	ϵ	:	0.001 m
		Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		:	500
	Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		:	10
		<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III, Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen			
		<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt			
	Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	Δ_D	:	1.800
		Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	α	:	0.50 °
		Form der Finiten Elemente:		:	Drei- und Vierecke
				:	<input checked="" type="checkbox"/> Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

■ 1.3 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm²]	Modul G [kN/cm²]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewic γ [kN/m³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 3100.00	1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch
2	Baustahl S 235 EN 1993-1-1:2005-05 21000.00	8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

■ 1.4 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m²]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Eben	Standard	25,36,39,40	1	Konstant	800.0	12.924	25848.30
2	Eben	Standard	32,36-38	1	Konstant	800.0	10.385	20769.60
3	Eben	Standard	34,38,41,42	1	Konstant	800.0	12.924	25848.30
4	Eben	Standard	35,42,51,50	1	Konstant	800.0	7.565	15130.80
5	Eben	Standard	9,40,49,48	1	Konstant	800.0	7.565	15130.80
6	Eben	Standard	6,5,7,14,2,35,34,32,25,9	1	Konstant	800.0	36.991	73982.20

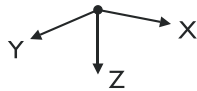
■ 1.4.2 FLÄCHEN - INTEGRIERTE OBJEKTE

Fläche Nr.	Integrierte Objekte Nr.			Öffnungen	Kommentar
	Knoten	Linien			
2				1	

1.6 ÖFFNUNGEN

Öffnung Nr.	Begrenzungslinien Nr.	In Fläche Nr.	Fläche A [m²]	Kommentar
1	43,44,46,47	2	1.458	

1.9 FLÄCHENLAGER

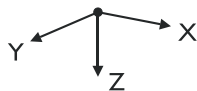


Bettung Nr.	Flächen Nr.	Federkonstanten RF-SOILIN	Stützung bzw. Feder [kN/m³]			Schubfeder [kN/m]	
			u_x	u_y	u_z	v_{xz}	v_{yz}
1	6	-	1500.000	1500.000	15000.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.9.1 FLÄCHENLAGER - AUSFALL

Bettung Nr.	Flächen Nr.	Ausfall des Lagers bei σ_z	Fließen ab Kontaktspannung σ_z [kN/m²]	Reibungszahl μ_z [-]
1	6	Negativ		

1.10 LINIENGELLENKE



Gelenk Nr.	Linie Nr.	Fläche Nr.	Seite	Axial/Quer-Gelenk [kN/m²]			Momentengelenk [kNm/rad/m]		
				u_x	u_y	u_z	φ_x	φ_y	φ_z
1	40	5	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	42	4	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	36	2	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	38	2	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.1 LASTFÄLLE

Last- fall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Eigengewicht	Ständig	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF3	Wasserdruck	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF4	SLW 30	Nutzlasten - Kategorie G: Verkehrslasten - Fahrzeuglast \leq 160 kN	<input type="checkbox"/>			
LF5	vertikales Gewicht STR	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF6	vertikales Gewicht EQU	Ständig	<input type="checkbox"/>			

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Last- fall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	
LF1	Eigengewicht	Berechnungstheorie	: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z)
			: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF2	Erddruck aus Bodengewicht	Berechnungstheorie	: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z)
			: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF3	Wasserdruck	Berechnungstheorie	: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z)
			: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF4	SLW 30	Berechnungstheorie	: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Steffigkeitsbeiwerte aktivieren für:	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z)
			: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF5	vertikales Gewicht STR	Berechnungstheorie	: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)
LF6	vertikales Gewicht EQU	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)

2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall
LK1		EQU	1	0.90	LF1 Eigengewicht
			2	1.10	LF2 Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.10	LF3 Wasserdruk
			4	0.90	LF6 vertikales Gewicht EQU
LK2		STR/GEO-2	1	1.35	LF1 Eigengewicht
			2	1.35	LF2 Erddruck aus Bodengewicht
			3	1.35	LF3 Wasserdruk
			4	1.50	LF4 SLW 30
			5	1.35	LF5 vertikales Gewicht STR

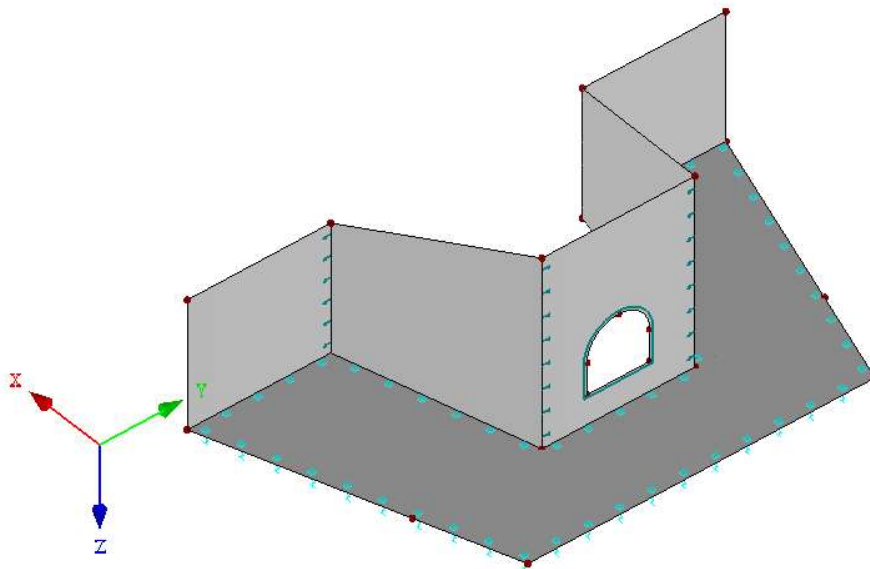
2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastkombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter
LK1	EQU	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen: <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte V_y und V_z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y , M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)
LK2	STR/GEO-2	Berechnungstheorie: <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen: <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte V_y und V_z <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y , M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J , I_y , I_z , A , A_y , A_z) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ , EI_y , EI_z , EA , GA_y , GA_z)

■ **LF1: EIGENGEWICHT**

LF1 : Eigengewicht

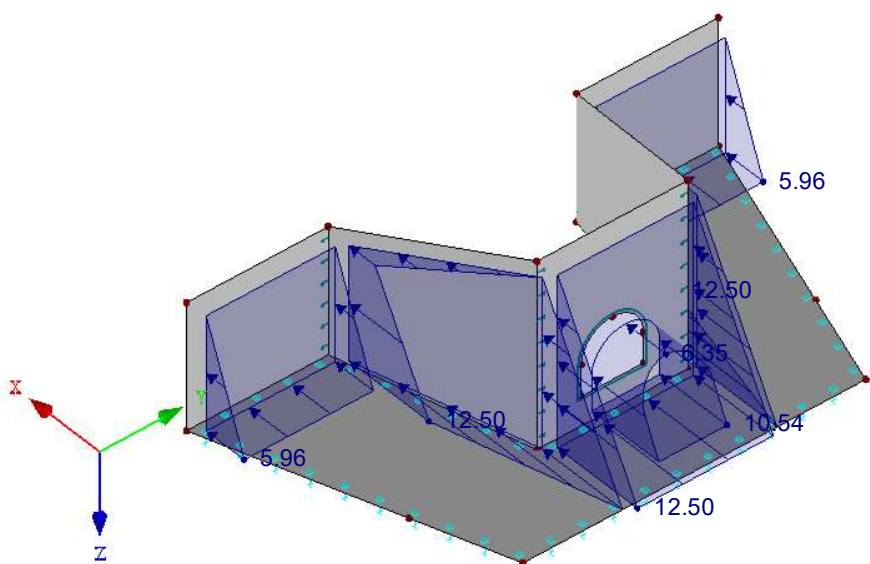
Isometrie



■ **LF2: ERDDRUCK AUS BODENGEWICHT**

LF2 : Erddruck aus Bodengewicht
 Belastung [kN/m²]

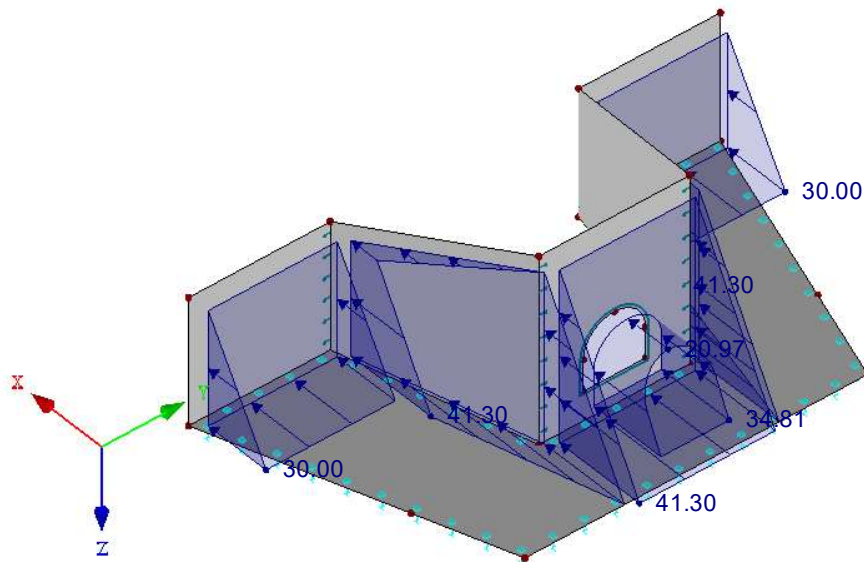
Isometrie



■ LF3: WASSERDRUCK

LF3 : Wasserdruck
Belastung [kN/m²]

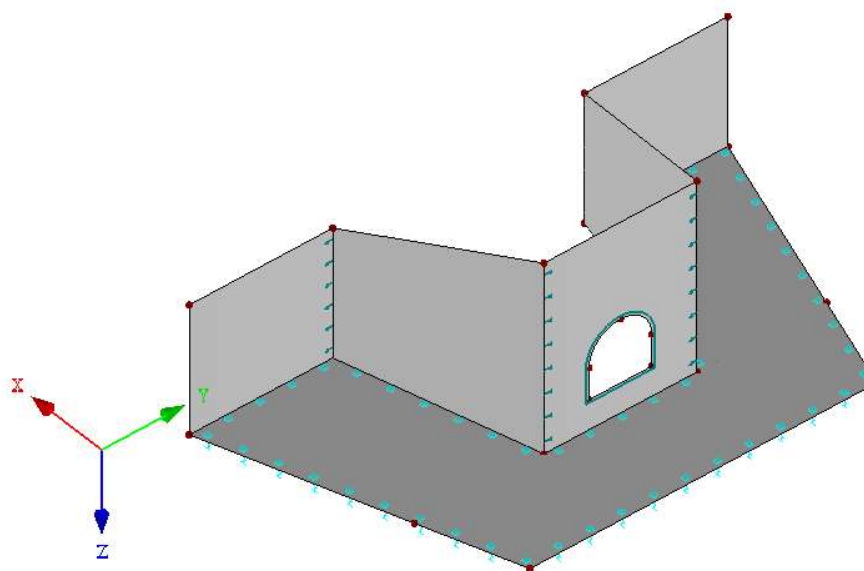
Isometrie



■ LF4: SLW 30

LF4 : SLW 30

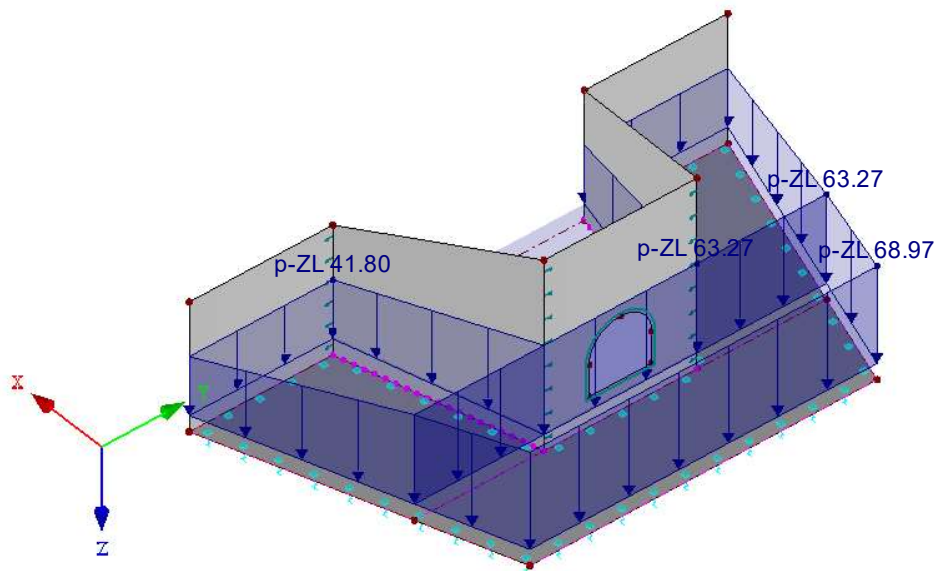
Isometrie



■ LF5: VERTIKALES GEWICHT STR

LF5 : vertikales Gewicht STR
 Belastung [kN/m²]

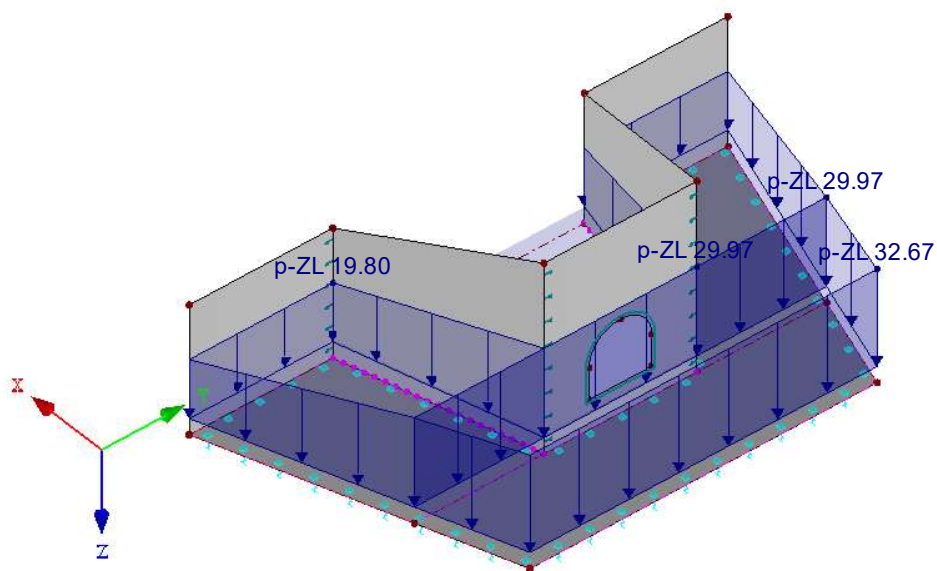
Isometrie



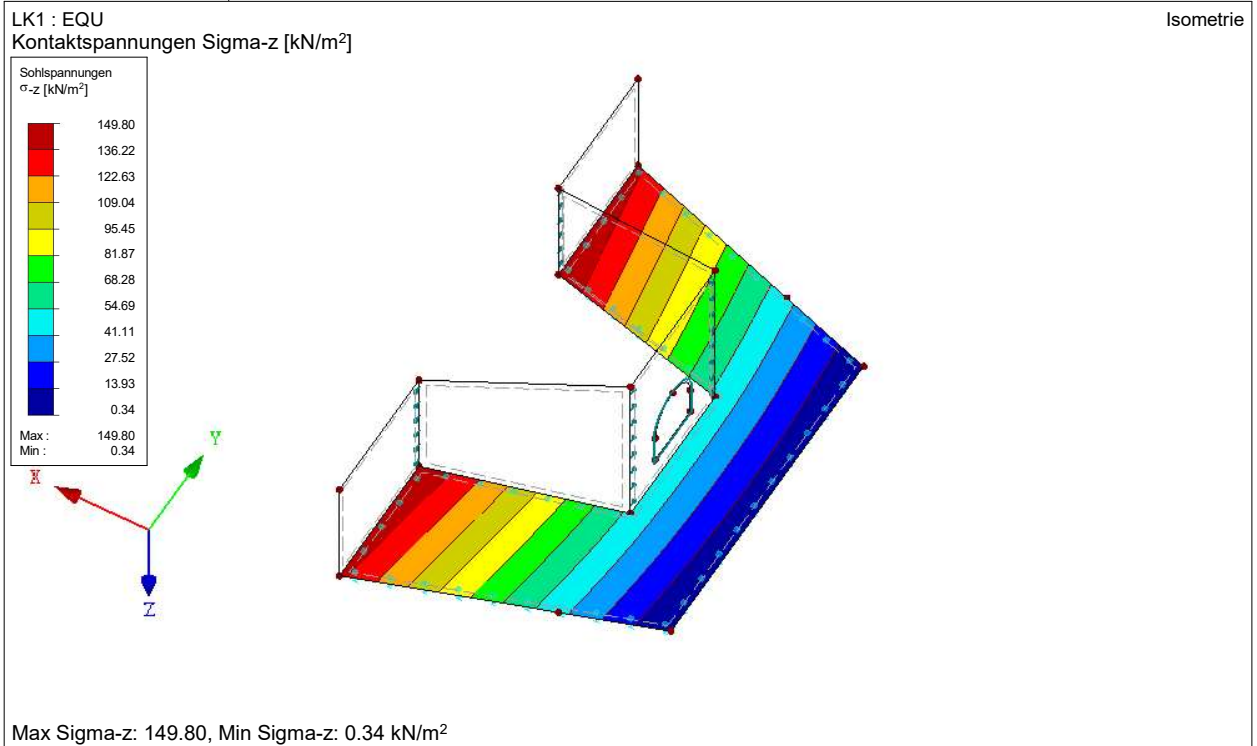
■ LF6: VERTIKALES GEWICHT EQU

LF6 : vertikales Gewicht EQU
 Belastung [kN/m²]

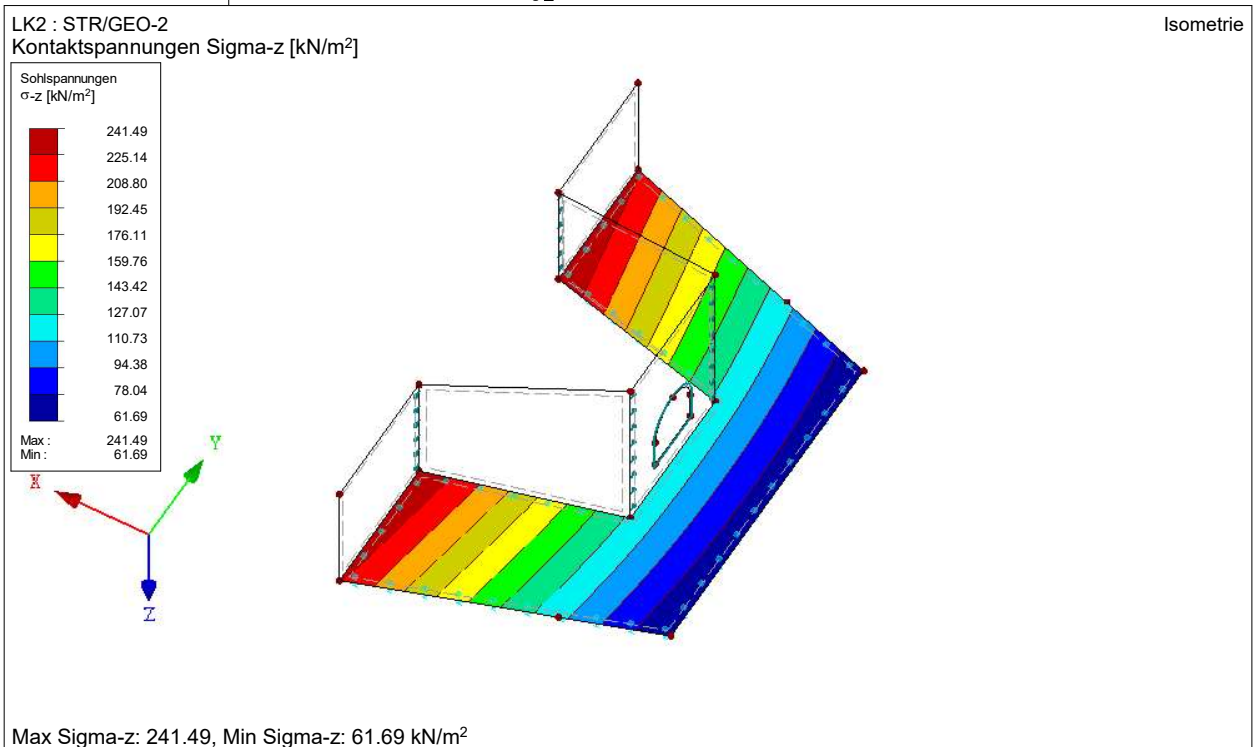
Isometrie



■ SOHLSPANNUNGEN σ_z



■ SOHLSPANNUNGEN σ_z

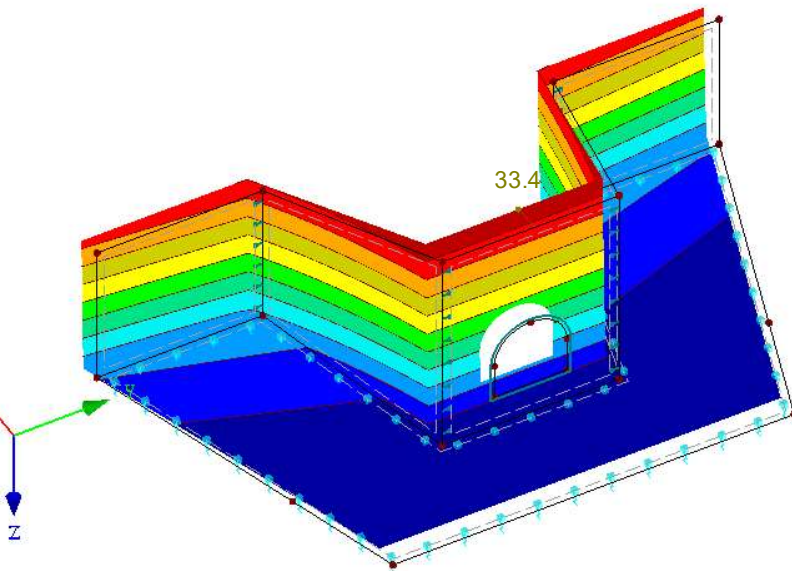
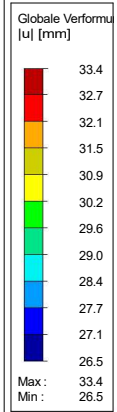


■ GLOBALE VERFORMUNGEN u

LK1 : EQU

Globale Verformungen u [mm]

Isometrie



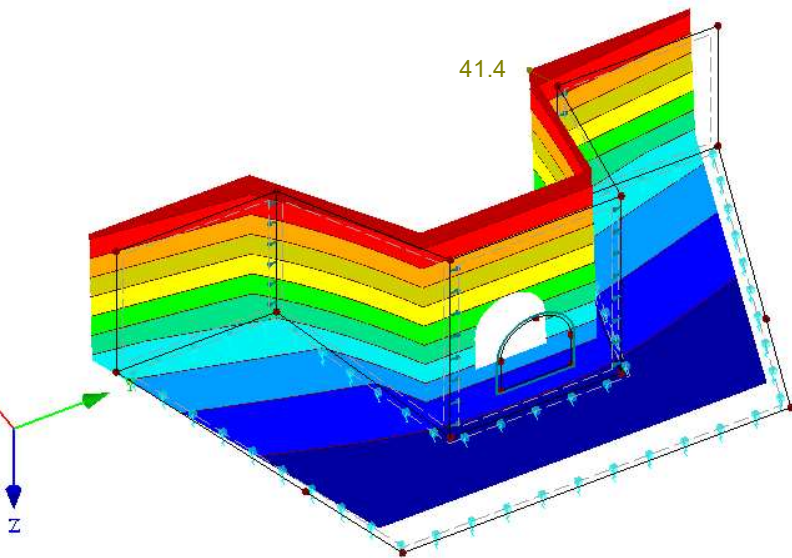
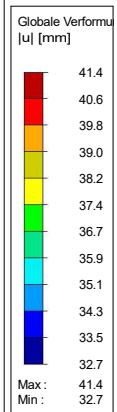
Faktor für Verformungen: 16.00
Max u: 33.4, Min u: 26.5 mm

■ GLOBALE VERFORMUNGEN u

LK2 : STR/GEO-2

Globale Verformungen u [mm]

Isometrie



Faktor für Verformungen: 24.00
Max u: 41.4, Min u: 32.7 mm

RF-BETON Flächen
 FA1
 Stahlbeton-Bemessung

1.1 BASISANGABEN

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK1 EQU Ständig und vorübergehend
	LK2 STR/GEO-2 Ständig und vorübergehend
Definition der vorhandenen Zusatzbewehrung	Automatische Anordnung nach Vorgaben in Maske 1.4
DETAILEINSTELLUNGEN	
Nachweisverfahren für Bewehrungsumhüllende	Gemischte
Ansatz von Schnittgrößen ohne Rippenanteil	<input type="checkbox"/>
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$
Häufig	Nachweise: w_k
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l

1.2 MATERIALIEN

Material Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Stahl-Bezeichnung	
1	Beton C25/30	B 500 S (A)	

1.2.1 MATERIALKENNWERTE

Material Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.00	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.80	N/mm ²
	Charakteristische für nichtlineare Berechnungen			
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.00	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.60	N/mm ²
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{ct1u}	-3.500	‰
	Schubmodul	G	12916.70	N/mm ²
	Querdehnzahl	ν	0.200	-
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2.000	-
	Spezifisches Gewicht	γ	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (A)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000.00	N/mm ²
	Mittelwert der Streckgrenze	f_{ym}	550.00	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500.00	N/mm ²
	Mittelwert der Zugfestigkeit	f_{tm}	551.25	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	525.00	N/mm ²
	Stahldehnung unter Höchstlast	ϵ_{uk}	25.000	‰

1.3 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Mat. Nr.	Dicke Typ	Dicke [mm]	Anmerkungen	Kommentar
1	1	Konstant	800.00		
2	1	Konstant	800.00		
3	1	Konstant	800.00		
4	1	Konstant	800.00		
5	1	Konstant	800.00		
6	1	Konstant	800.00		

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - 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 %

■ 1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - SOHLE

Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 80.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 20.00, ds-2: 20.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 25.13, As-2,-z (oben): 25.13 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 80.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 20.00, ds-2: 20.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 25.13, As-2,+z (unten): 25.13 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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 - WÄNDE

Angewendet auf Flächen:	1-5
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 %
Betondeckung nach Norm	<input type="checkbox"/>
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 80.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 20.00, ds-2: 20.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 25.13, As-2,-z (oben): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 80.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 20.00, ds-2: 20.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 25.13, As-2,+z (unten): 11.31 cm²/m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm

1.4 BEWEHRUNGSSATZ NR. 2 - WÄNDE

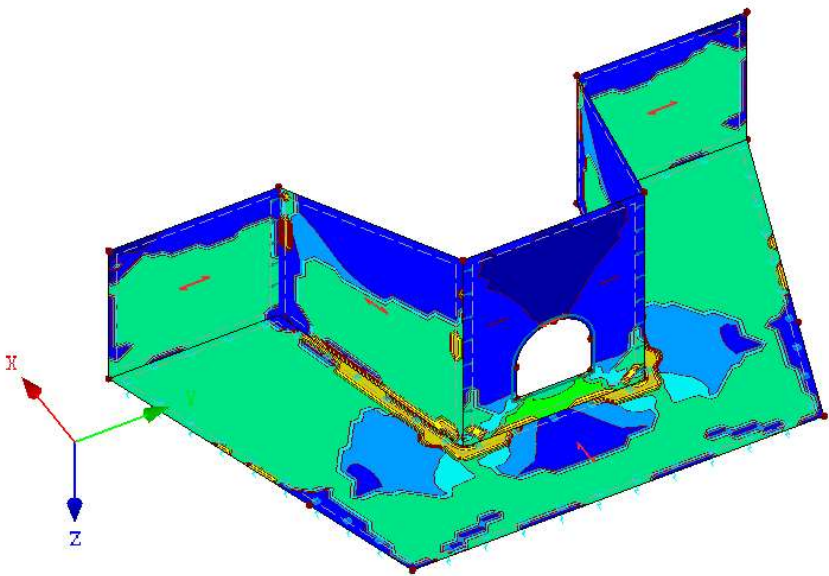
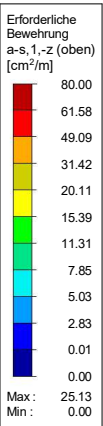
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	Ansatz der erforderlichen Zusatzbewehrung nach Tabelle 2.1, 2.2, 2.3
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Abdeckung bis zur Bewehrungskante	c-1: 60.00, c-2: 70.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 10.00, ds-2: 10.00 mm
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

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

RF-BETON Flächen FA1
Stahlbeton-Bemessung

Isometrie

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



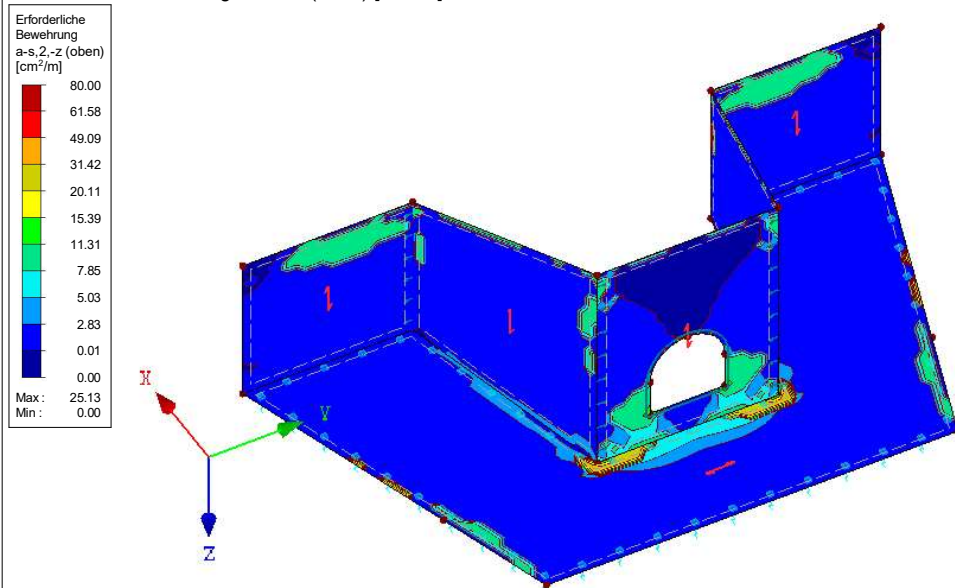
Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 25.13, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m

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

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

Stahlbeton-Bemessung

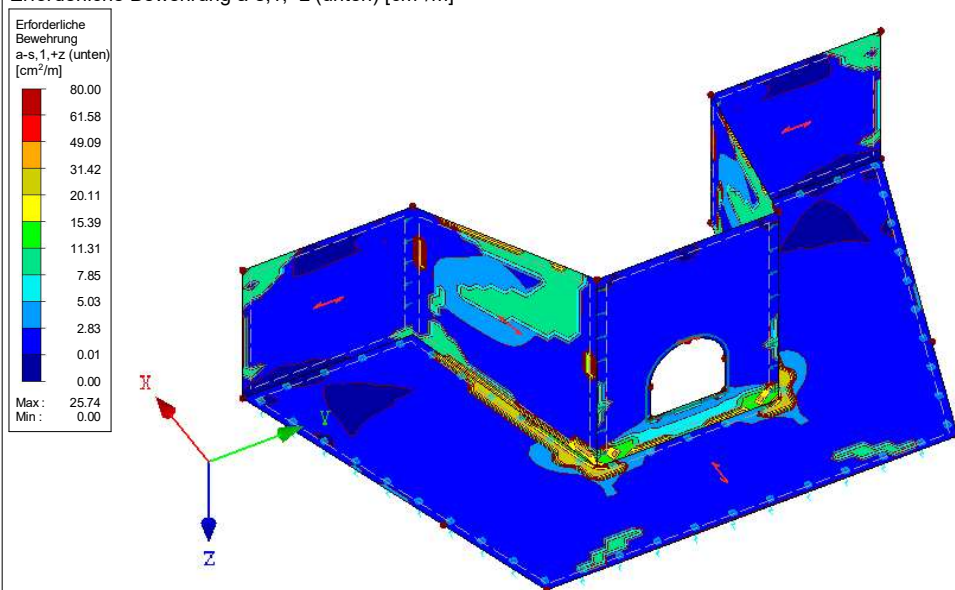
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm^2/m]Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 25.13, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00 cm^2/m

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

RF-BETON Flächen FA1

Isometrie

Stahlbeton-Bemessung

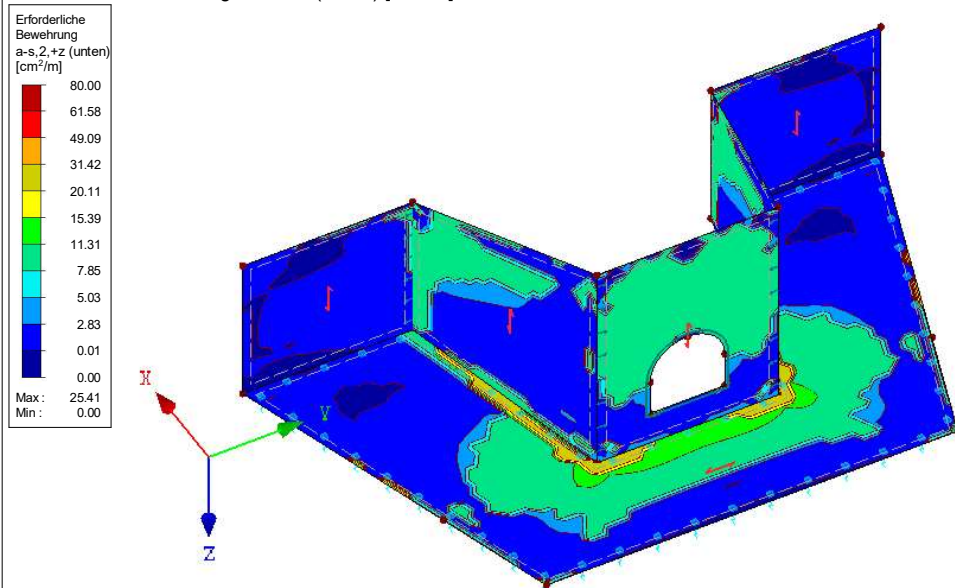
Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm^2/m]Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 25.74, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

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

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm^2/m]

Isometrie



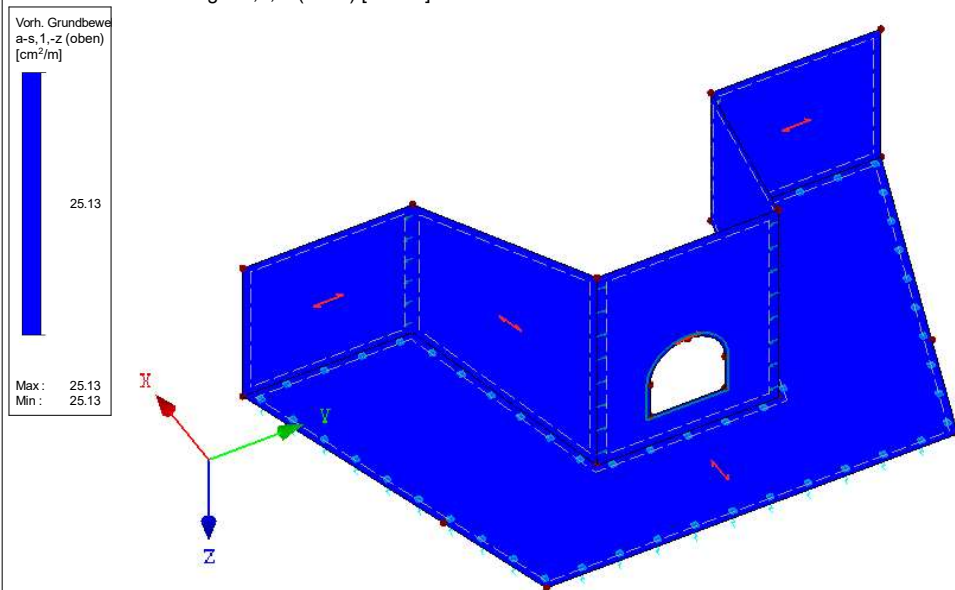
Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 25.41, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Vorh. Grundbewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben) [cm^2/m]

Isometrie



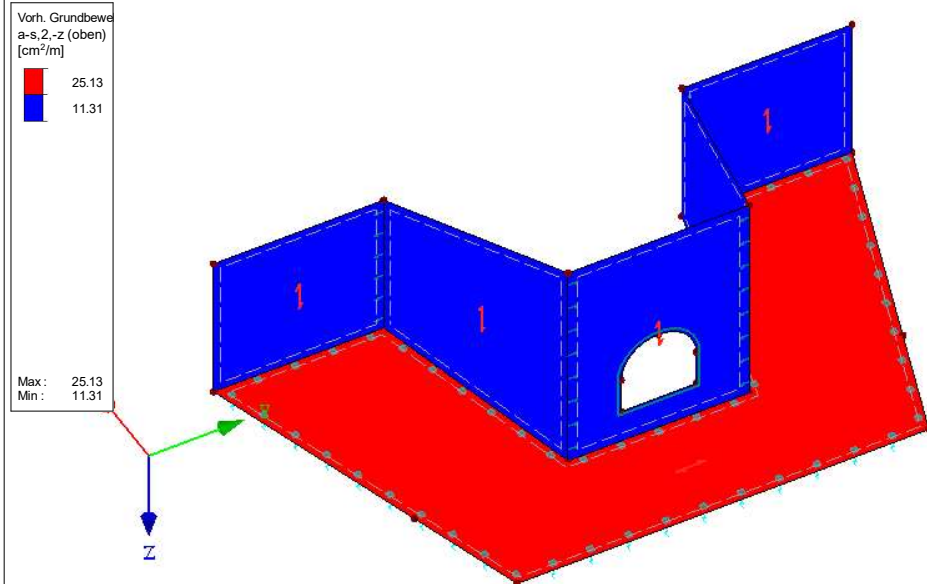
Max $a_{s,1,-z}$ (oben): 25.13, Min $a_{s,1,-z}$ (oben): 25.13 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Vorh. Grundbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm^2/m]

Isometrie



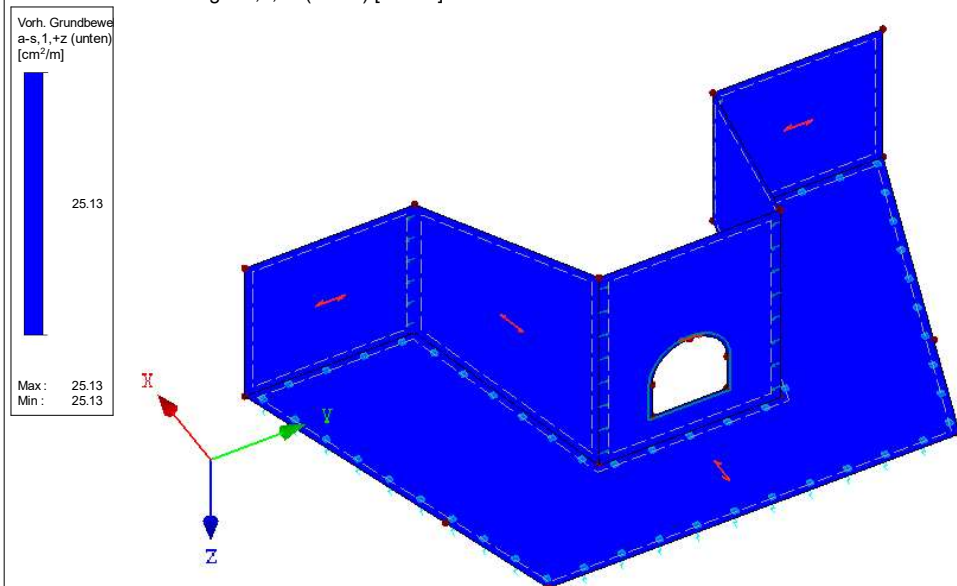
Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 25.13, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 11.31 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

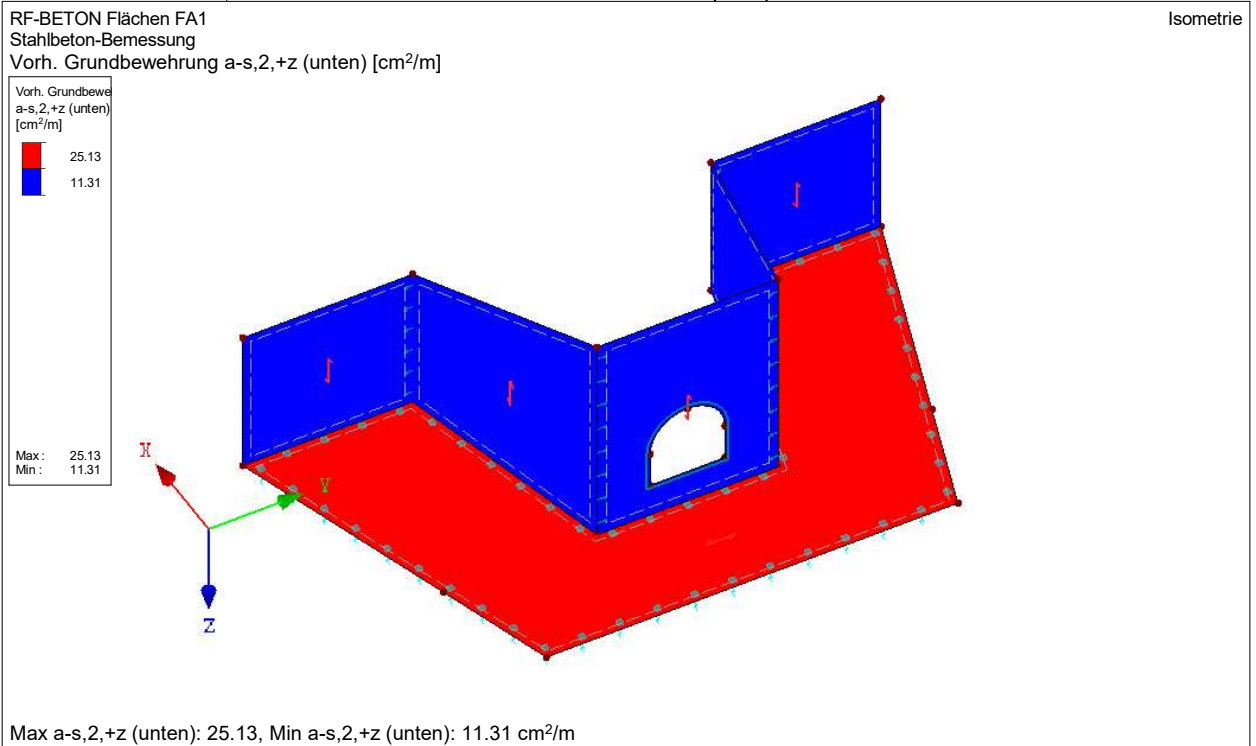
Vorh. Grundbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm^2/m]

Isometrie

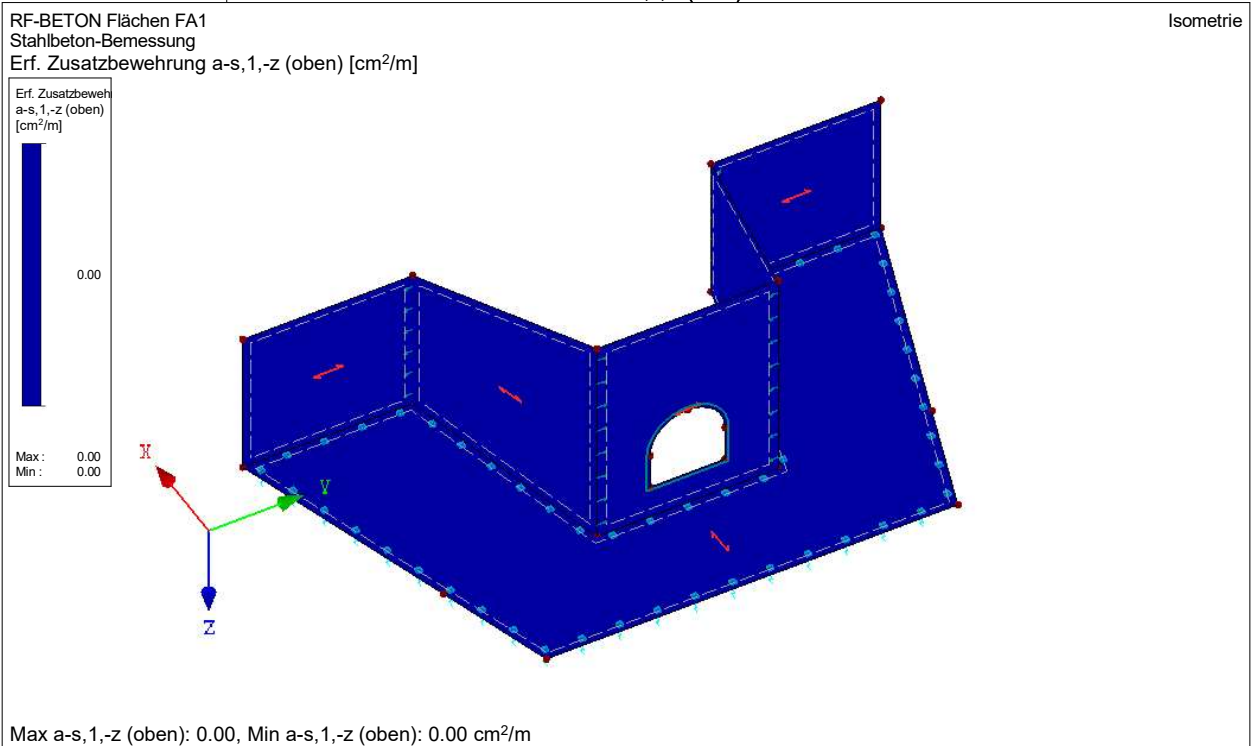


Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 25.13, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 25.13 cm^2/m

■ **VORH. GRUNDBEWehrUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**



■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,-z}$ (oben)**



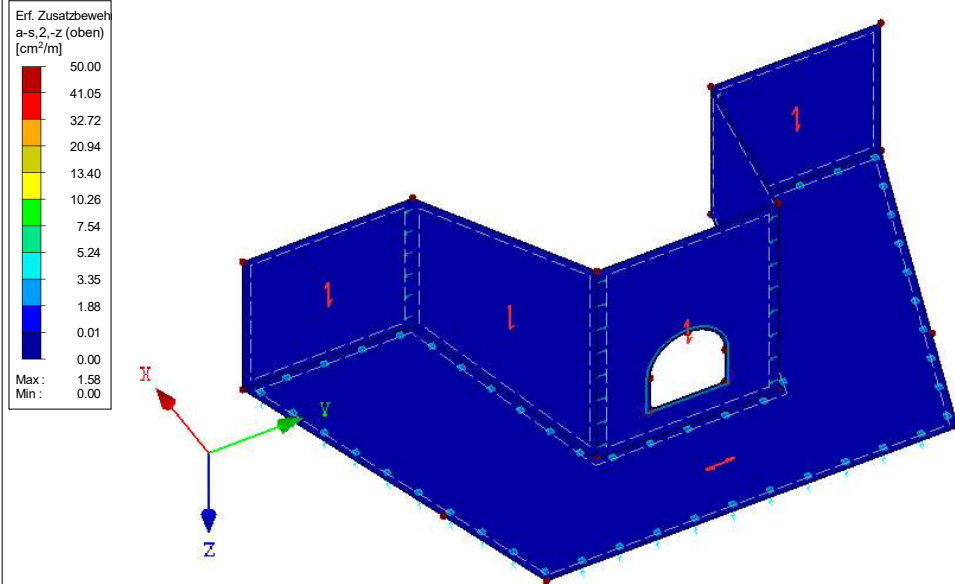
■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,-z}$ (oben)**

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben) [cm²/m]

Isometrie

Max $a_{s,2,-z}$ (oben): 1.58, Min $a_{s,2,-z}$ (oben): 0.00 cm²/m

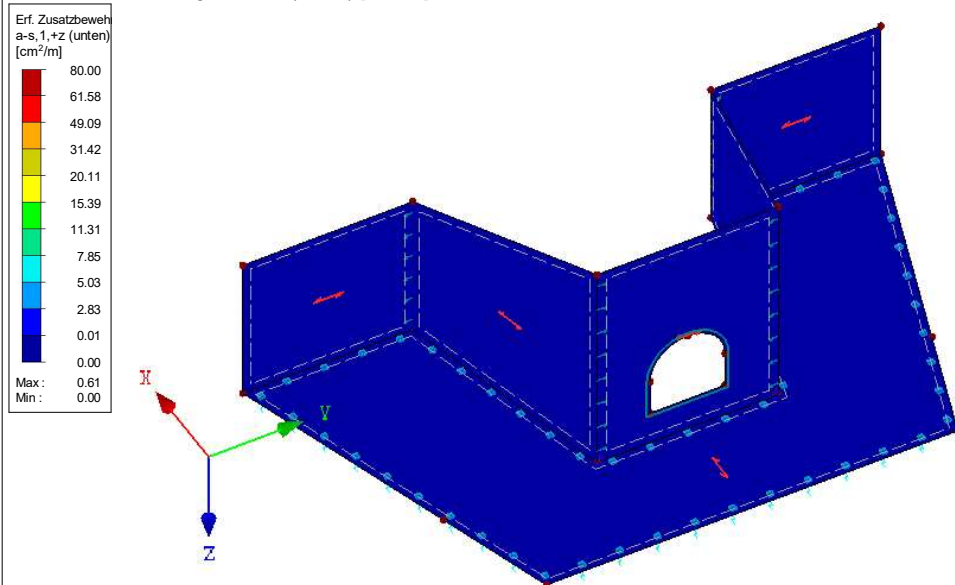
■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,1,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten) [cm²/m]

Isometrie

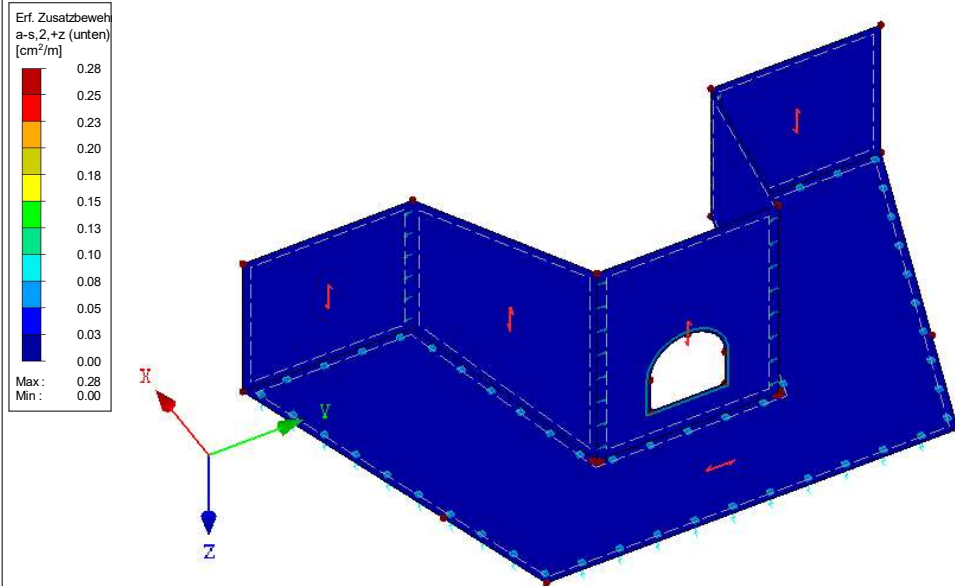
Max $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.61, Min $a_{s,1,+z}$ (unten): 0.00 cm²/m

■ **ERF. ZUSATZBEWEHRUNG $a_{s,2,+z}$ (unten)**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Erf. Zusatzbewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten) [cm^2/m]

Isometrie



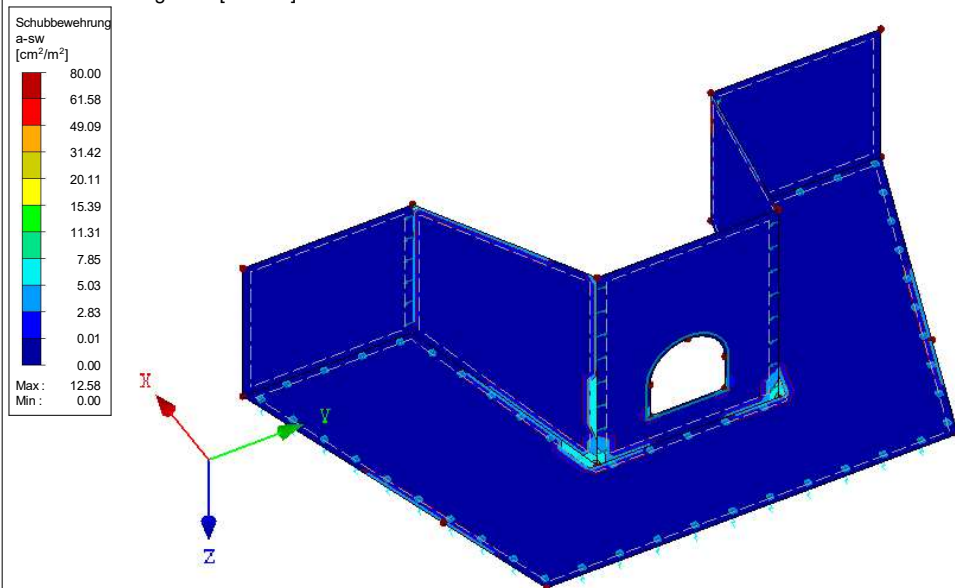
Max $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.28, Min $a_{s,2,+z}$ (unten): 0.00 cm^2/m

■ **SCHUBBEWEHRUNG a_{sw}**

RF-BETON Flächen FA1
 Stahlbeton-Bemessung

Schubbewehrung a_{sw} [cm^2/m^2]

Isometrie



Max a_{sw} : 12.58, Min a_{sw} : 0.00 cm^2/m^2



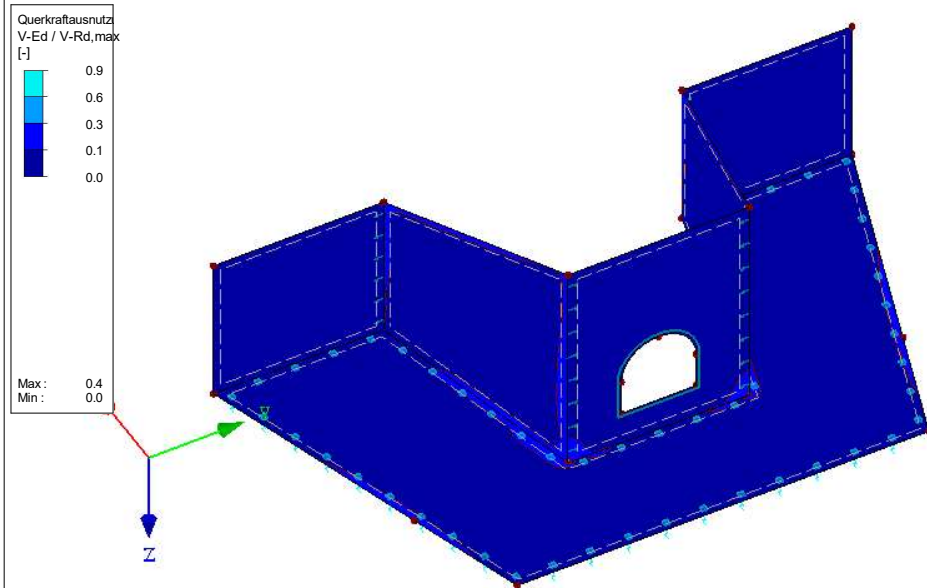
■ QUERKRAFTAUSNUTZUNG $V_{Ed} / V_{Rd,max}$

RF-BETON Flächen FA1

Stahlbeton-Bemessung

Querkraftausnutzung $V_{Ed} / V_{Rd,max}$ [-]

Isometrie



Max $V_{Ed} / V_{Rd,max}$: 0.4, Min $V_{Ed} / V_{Rd,max}$: 0.0 -

4. Betonartenverzeichnis

Tabelle A Betonartenübersicht - Zusammenfassung												
Beton			Expositionsklassen						Feuchtigkeitsklasse	Festigkeitentwicklung	LH	LP
Sorte Nr.	Klasse	Festigkeit nach ? Tagen	X0	XC	XD	XF	XA	XM				
1	C25/30	28		3		1			WA	langsam	ja	nein
2	C25/30	28		3		1			WA	mittel	nein	nein