

Statische Berechnung

Bauvorhaben: Deponie Brennberg

Beschreibung: Teil 1:
Schacht DN 2600
Teil 2:
Stauraum DN 2000

Auftraggeber: Roßhauptener Kiesgesellschaft

Bearbeiter: Horst Semmler

Statik-Nr.: 2023/08

Datum: 14.08.2023

1 Schacht: PE100 RC Sickerwasserschacht DN2600

Titel der Teilstatik: PE100 RC Sickerwasserschacht DN2600
 Annahmen: Gegenstand der Berechnung ist ein PE100 Schacht DN2600 mit einer maximalen Bauhöhe von 6.350 mm. Die Gründung erfolgt auf einem bauseitig hegestelltem Stahlbetonfundament mit einem Ø 3.400 mm und Höhe von 300 mm

Nur relevante Lastfälle drucken:	Ja
Deckelbauform:	Flachdach
Ausführung Schachtmantel:	Vollwand-/Profilrohr
Bodenbauform:	Standard
Skizzen (Einbau/Rohr) in Ausdruck:	Ja
Wichten des Materials:	Nein
Verwende DesignValues:	Ja

1.1 Eingaben

1.1.1 Deckel: Flachdach

Überstand des Schachtrohrs ab GOK:	hM,GOK	30,00	mm
Stärke der Deckelplatte:	SD	40,00	mm
Zulässige Verformung des Deckels:	zul. w	0,50	%
Anzahl der Steifen:	ns	0	[-]
Abminderungsfaktor spezifische Zähigkeit:	A1	1,00	[-]
Abminderungsfaktor Medium Festigkeitsnachweise:	A2	1,00	[-]
Abminderungsfaktor Medium Stabilitäts- und Verformungsnachweise:	A2I	1,00	[-]
Langzeit-Schweißfaktor Dach:	f _{sD}	1,00	[-]
Kurzzeit-Schweißfaktor Dach:	f _{zD}	1,00	[-]
Veränderliche Last auf Deckel, axial in den Mantel:	q _{D,M}	5,000	kN/m ²
Last aus Einbauten:	G _E	0,00	kN

1.1.2 Boden: Standard

Schachtboden hat Füllung:	Nein		
Schachtboden hat Aufkantung:	Ja		
Breite der Aufkantung:	Außenkante Bodenplatte		
Höhe der Aufkantung:	h _a	300,00	mm
Biegezugfestigkeit der Bodenplatte, Kurzzeit:	σ _{bZ,P,K}	29,90	N/mm ²
Biegezugfestigkeit der Bodenplatte, Langzeit:	σ _{bZ,P,L}	19,30	N/mm ²
Druckfestigkeit der Bodenplatte, Kurzzeit:	σ _{D,P,K}	49,90	N/mm ²
Druckfestigkeit der Bodenplatte, Langzeit:	σ _{D,P,L}	32,20	N/mm ²
Teilsicherheitsbeiwert:	TSB	1,85	[-]
Geometrie Bodenplatte:	Rund		
Durchmesser Bodenplatte:	D _B	2.900,00	mm
Dicke des Schachtbodens:	h _B	20,00	mm
Last aus Einbauten:	G _E	0,00	kN
Art des Fundamentes:	Lose Verbindung zu Bodenplatte		
Geometrie Fundamentplatte:	Rund		
Durchmesser Fundamentplatte:	D _F	3.400,00	mm
Dicke des Fundaments:	h _F	300,00	mm
Betongüte des Fundaments:	C20/25		
Bewehrter Beton:	Ja		
Expositionsklasse außen:	XC2: Nass, selten trocken		
Stahlgüte der Bewehrung:	BSt 500		
Art der Schweißnaht:	Keine Naht bzw. Bemessung		

1.1.3 Annahmen

Zulässige Verformung:	6% (Regelfall)		
Ungleichheitsfaktor radial:	Ω	0,65	[-]
Stützfaktor für axiales Beulen:	β	2,50	[-]
Horizontaler Erddruck:	Ebener aktiver Ansatz		
Berücksichtigung der Mantelreibung:	1/3 Bodenreibungswinkel		
Rechnerische Stützung des Schachtmantels:	Durch Deckel und Schachtboden		

1.1.4 Einbau

Norm der Belastung:	ATV-DVWK-A 127:2000		
Art des Verkehrs:	Straße SLW 30		
Unterkante Schachtröhre ab GOK:	hm	6,35	m
Grundwasser:	Nicht vorhanden		
Werte manuell definieren:	Nein		
Breite des Arbeitsraums:	b	1.000,00	mm
Bodengruppe Einbettung:	G1		
Berechnung E20:	Tabelle 1 (3.01)		
Verdichtungsgrad E20:	DPr,E20	95,0	%
Bodengruppe anstehender Boden:	G1		
Berechnung E3:	Verdichtungsgrad		
Verdichtungsgrad E3:	DPr,E3	95,0	%
Ständige Last neben dem Schacht:	gD,E	0,00	kN/m ²

1.1.5 Details

1.1.5.1 Stützen: Zulaufstutzen D355 SDR 7.4

Bezeichnung des Stutzens:	Zulaufstutzen D355 SDR 7.4		
Wanddicke des Stutzens:	ts	48,50	mm
Innendurchmesser des Stutzens:	ds	258,00	mm
Position horizontal:	α_s	180,00	°
Position vertikal:	hs	3,97	m

1.1.5.2 Stützen: Ablaufstutzen D160 SDR 11

Bezeichnung des Stutzens:	Ablaufstutzen D160 SDR 11		
Wanddicke des Stutzens:	ts	14,20	mm
Innendurchmesser des Stutzens:	ds	221,00	mm
Position horizontal:	α_s	0,00	°
Position vertikal:	hs	6,15	m

1.1.5.3 Stützen: Staukanalstutzen DN2000

Bezeichnung des Stutzens:	Staukanalstutzen DN2000		
Wanddicke des Stutzens:	ts	14,20	mm
Innendurchmesser des Stutzens:	ds	2.000,00	mm
Position horizontal:	α_s	90,00	°
Position vertikal:	hs	5,10	m

1.1.6 Sicherheiten

TSB für ständige Einwirkungen, ungünstig:	YF,G,sup	1,35	[-]
TSB für ständige Einwirkungen, günstig:	YF,G,inf	1,00	[-]
TSB für veränderliche Einwirkungen, ungünstig:	YF,Q,sup	1,50	[-]
TSB für Straßenverkehrslasten, ungünstig:	YF,T,sup	1,35	[-]
TSB für Innendruck:	YF,p,sup	1,50	[-]
TSB für Auftrieb, ungünstig:	YA,sup	1,05	[-]
TSB für Auftrieb, günstig:	YA,inf	0,95	[-]
TSB für Eigengewicht DVS 2205:	YF1	1,35	[-]
TSB für Drücke DVS 2205:	YF2	1,50	[-]

1.1.7 Vollwand/Profil-Rohr

Rohrauswahl:	Datenbank
--------------	-----------

Material-Klasse:	Thermoplast		
Lokale Vorverformung:	δ _{v,l}	0,0	%
Hersteller:	FRANK		
Serie:	PKSplus 90		
Rohr:	PKS+ 90-92.2		

1.1.7.1 Thermoplast

Teilsicherheiten nach Norm:	Nein		
Teilsicherheiten nach DVS 2205-2:	Nein		
Sicherheitsbeiwert Stabilität, inkl. Vorverformungen:	YM,Stab,red	1,45	[-]
Sicherheitsbeiwert Stabilität:	YM,Stab	1,85	[-]
Sicherheitsbeiwert Stabilität, axial, inkl. Vorverformungen:	YM,Stab,red,ax	1,45	[-]
Sicherheitsbeiwert Stabilität, axial:	YM,Stab,ax	1,85	[-]
Sicherheitsbeiwert quer zur Rohrachse:	YM,rad	1,85	[-]
Sicherheitsbeiwert längs der Rohrachse:	YM,ax	1,92	[-]
Teilsicherheitsbeiwert für Material:	YM	1,30	[-]
Auswahl Material:	Manuell		
Bezeichnung:	PE100/PE100-RC		
Elastizitätsmodul, Kurzzeit:	E _{rad,K}	1.203	N/mm ²
Elastizitätsmodul, Langzeit:	E _{rad,L}	208	N/mm ²
Wichte:	γ	9,6	kN/m ³
Querkontraktionszahl:	ν	0,38	[-]
Ringbiegezugfestigkeit, Kurzzeit:	σ _{RBZ,K}	29,9	N/mm ²
Ringbiegezugfestigkeit, Langzeit:	σ _{RBZ,L}	19,3	N/mm ²
Biegedruckfestigkeit, Kurzzeit:	σ _{BD,K}	49,9	N/mm ²
Biegedruckfestigkeit, Langzeit:	σ _{BD,L}	32,2	N/mm ²
Angabe der Grenzspannungen Ringzug:	Ja		
Ringzugfestigkeit, Kurzzeit:	σ _{RZ,K}	20,00	N/mm ²
Ringzugfestigkeit, Langzeit:	σ _{RZ,L}	12,00	N/mm ²
Schwingbreite bei 2·10 ⁶ Lastspielen ist bekannt:	Ja		
Schwingbreite:	2σ _{a,2E6}	38,00	N/mm ²
Schwingbreite bei 1·10 ⁸ Lastspielen ist bekannt:	Ja		
Schwingbreite:	2σ _{a,1E8}	10,00	N/mm ²
Grund der Abminderung:	Füllmedium		
Abminderungsfaktor Medium:	A _{Medium}	0,90	[-]
Angabe der Schubfestigkeit:	Ja		
Schubfestigkeit, Kurzzeit:	τ _K	11	N/mm ²
Schubfestigkeit, Langzeit:	τ _L	7	N/mm ²
Elastizitätsmodul axial, Kurzzeit:	E _{ax,K}	1.203	N/mm ²
Elastizitätsmodul axial, Langzeit:	E _{ax,L}	208	N/mm ²
Längszugfestigkeit, Kurzzeit:	σ _{LZ,K}	14,6	N/mm ²
Längszugfestigkeit, Langzeit:	σ _{LZ,L}	10,0	N/mm ²
Längsdruckfestigkeit, Kurzzeit:	σ _{LD,K}	24,4	N/mm ²
Längsdruckfestigkeit, Langzeit:	σ _{LD,L}	16,7	N/mm ²

1.2 Lastfallunabhängige Werte

1.2.1 Rohr

Nennweite:	DN	2.842	mm
Innendurchmesser:	d_i	2.600,0	mm
Mittlerer Durchmesser:	D_m	2.724,00	mm
Außendurchmesser:	d_a	2.842,0	mm
Innerer Radius:	r_i	1.300,00	mm
Mittlerer Radius:	r_m	1.362,00	mm
Äußerer Radius:	r_a	1.421,00	mm
Profilhöhe:	h	121,00	mm
Radiale Profilfläche:	A_{rad}	45,40	mm ² /mm
Axiale wirksame Profilfläche:	A_{ax}	30,00	mm ² /mm
Trägheitsabstand:	e	62,00	mm
Trägheitsmoment:	I	92.249,90	mm ⁴ /mm
Widerstandsmoment, innen:	W_i	1.487,90	mm ³ /mm
Widerstandsmoment, außen:	W_e	1.563,56	mm ³ /mm
Krümmungseinfluß, innen:	α_{ki}	1,03	[-]
Krümmungseinfluß, außen:	α_{ka}	0,97	[-]

1.2.2 Material

Eigengewicht:	γ	9,60	kN/m ³	
Querkontraktionszahl:	ν	0,38	[-]	
		kurz	lang	
E-Modul:	E	1.082,70	187,20	N/mm ²
E-Modul axial:	E_{ax}	1.082,70	187,20	N/mm ²
Zul. Druckfestigkeit:	σ_{bD}	44,94	29,01	N/mm ²
Zul. Biegezugfestigkeit:	σ_{bZ}	26,91	17,37	N/mm ²
Zul. Zugfestigkeit:	σ_Z	18,00	10,80	N/mm ²
Zul. Zugfestigkeit, axial:	$\sigma_{ax,Z}$	18,00	10,80	N/mm ²
Zul. Druckfestigkeit, axial:	$\sigma_{ax,D}$	21,97	15,03	N/mm ²
Zul. Schubspannung:	τ	9,45	6,30	N/mm ²
Schwingbreite:		$2\sigma_{a,2E6}$	38,00	N/mm ²
Schwingbreite:		$2\sigma_{a,1E8}$	10,00	N/mm ²

1.2.3 Rohrsteifigkeit

Rohrsteifigkeit:	S_R	39,53	6,84	kN/m ²
Rohrsteifigkeit, Design:	$S_{R,d}$	21,37	3,69	kN/m ²

1.2.4 Schachtdeckel

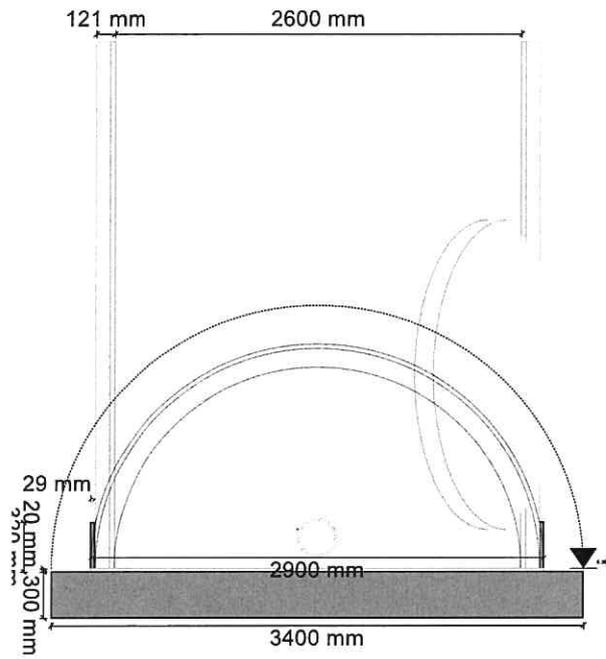
1.2.5 Unversteiftes Flachdach

Einwirkung auf das Dach (ohne Drücke):	p_D	Kurzzeit 5,384	Langzeit 0,384	kN/m ²
Einwirkung auf das Dach (ohne Drücke), Design:	$p_{D,d}$	8,018	0,518	kN/m ²
Spannungsausnutzung, Kurzzeit, Dach:	$U \sigma_{D,K}$		88,2	%

Dach: Die errechnete Kurzzeit-Spannung ist kleiner als die zulässige Spannung.

Spannungsausnutzung, Langzeit, Dach:	$U \sigma_{D,L}$	8,8	%
--------------------------------------	------------------	-----	---

Dach: Die errechnete Langzeit-Spannung ist kleiner als die zulässige Spannung.



Oberkante des Bauteils:	h _{FD,OK}	-0,030	m
Unterkante des Bauteils:	h _{FD,UK}	0,000	m
Trockene Höhe des Bauteils:	h _{FD}	0,000	m
Feuchte Höhe des Bauteils:	h _{FD,W}	0,000	m
Volumen:	V _{FD}	0,01	m ³
Last axial Bauteil (Auftrieb):	G _{FD,min}	2,29	kN
Max. Last axial (Einbauten, Deckel):	G _{MaxFD,max}	2,29	kN
Verkehrslast axial im Bauteil:	T _{FD}	28,43	kN
Bodenpressung durch Erdrich über Bauteilhöhe:	P _{E,FD}	0,00	kN/m ²
Verdrängtes Volumen für Auftriebsnachweis:	V _{FD,W}	0,00	m ³
Gewicht des Erdrings für Auftriebsnachweis:	G _{E,FD,E}	0,00	kN

Der statische Nachweis des Deckels entfällt oder ist unnötig.

1.3 Lastunabhängige Werte

1.3.1 Schachtmantel

Äußerer Durchmesser für Gewichtsermittlung:	D _{a,G}	2.690,80	mm
Innendurchmesser:	d _i	2.600,0	mm
Querschnittsfläche der Rohrwand:	A _M	2.478,72	cm ²
Eigengewicht:	γ	9,60	kN/m ³
Verdrängte Fläche für Auftriebsnachweis:	A _{VM,W}	5,69	m ²
E-Modul Einbettung unter Last:	E _{20,σ}	15,63	N/mm ²
E-Modul anstehender Boden:	E _{3,σ}	15,63	N/mm ²
Beiwert:	Δf	0,60	[-]
Korrekturfaktor für die horizontale Bettungssteifigkeit:	ζ	1,00	[-]
Horizontale Bettungssteifigkeit:	S _{Bh}	9,38	N/mm ²
Systemsteifigkeit:	V _{RB}	Kurzzeit 0,0042	Langzeit 0,0007 [-]
Beiwert für den Bettungsreaktionsdruck:	K*	1,190	1,252 [-]

1.4 Mantel

	Horizontaler Schnitt 0,50	Horizontaler Schnitt 3,97	Horizontaler Schnitt 5,10	Horizontaler Schnitt 6,15	Horizontaler Schnitt 6,35
	m	m	m	m	m
Höhe ab GOK	0,50 m	3,97 m	5,10 m	6,15 m	6,35 m
Ausnutzungsgrad Spannung, gesamt	11,00 %	11,60 %	14,63 %	17,48 %	18,03 %
Ausnutzungsgrad Spannung axial	1,72 %	7,48 %	13,80 %	15,06 %	-15,87 %
Ausnutzungsgrad Verformung	30,64 %	61,11 %	78,19 %	93,30 %	96,12 %
Ausnutzungsgrad Stabilität (vertikale Gesamtlast), gesamt	3,80 %	12,39 %	15,63 %	18,68 %	19,27 %
Ausnutzungsgrad Stabilität axial, gesamt	3,69 %	33,76 %	65,41 %	73,30 %	77,01 %
Ausnutzungsgrad Stabilität, Interaktion	3,29 %	33,09 %	68,65 %	80,10 %	84,91 %
Ausnutzungsgrad Schubspannung, gesamt	-	-	-	-	2,35 %
Ausnutzungsgrad Vergleichsspannung, gesamt	-	-	-	-	13,90 %

1.5 Horizontaler Schnitt 6,35 m

1.5.1 Schachtmantel

Lage Oberkante Schachtrohr ab GOK:	OK _M	0,00	mm
Höhe ab GOK:	h _L	6,350	m
Volumen:	V _M	2,40	m ³
Last axial Bauteil (Auftrieb):	G _{M,min}	23,00	kN

Max. Last axial (Einbauten, Deckel):	$G_{MaxM,max}$	23,00	kN
Bodenpressung durch Erdreich über Bauteilhöhe:	$P_{E,M}$	127,00	kN/m ²
Verdrängtes Volumen für Auftriebsnachweis:	$V_{M,W}$	0,00	m ³
Gewicht des Erdrings für Auftriebsnachweis:	$G_{E,M,E}$	102,08	kN

1.5.1.1 Lasten Axial im Mantel

Reibende Höhe trocken:	$h_{Tm,t}$	6,35	m
Horizontale Bodenspannung, UK trockener Boden:	$q_{E,S}$	31,20	kN/m ²
Faktor aus Reibungswinkel:	x	0,21	[-]
Mantelreibung trocken:	$T_{M,t}$	182,62	kN

		Charakteristische h	Teilsicherheit	Design	
Max. Last axial (Einbauten, Deckel):			$G_{MaxFD,max}$	2,29	kN
Max. Last axial (Einbauten, Deckel):			$G_{MaxM,max}$	23,00	kN
Mantelreibung gesamt	T_M	182,62	1,35	246,54	kN
Maximales Gewicht im Mantel (Einbauten, Deckel)	$G_{M,max}$	207,91	1,35	280,68	kN
Verkehrslast im Mantel	Q_{TM}	28,43	1,35	38,38	kN
Axiale Gesamtlast, Summe, Design:			Kurzzeit $\Sigma Q_{ax,d}$	Langzeit 319,069	kN
Axial wirksame Schachtmantelfläche, netto:			$A_{M,net}$	2.478,72	cm ²
Druckspannungen axial, Design:		$\sigma_{ax,d}$	Kurzzeit 0,15	Langzeit 1,13	N/mm ²

1.5.2 Erdlast

		Charakteristische h	Teilsicherheit	Design	
Vertikale Erdlast	p_E	127,00	1,35	171,45	kN/m ²
Horizontale Erdlast	$p_{E,h}$	31,20	1,35	42,12	kN/m ²

1.5.3 Verkehrslasten nach ATV A 127:2000

Verkehrslast vert. (ohne dyn. Beiwert):			q	3,02	kN/m ²
Dynamischer Beiwert Verkehrslast:			ϕ	1,40	[-]
		Charakteristische h	Teilsicherheit	Design	
Verkehrslast vert. (inkl. dyn. Beiwert)	q_T	4,23	1,35	5,71	kN/m ²
Abminderungsfaktor dynamische Last, Ermüden:			α_T	0,80	[-]
Verkehrslast vert. (inkl. dyn. Beiwert), Ermüden	$q_{T,Dyn}$	3,13	1,35	4,22	kN/m ²
Verkehrslast hor. (inkl. dyn. Beiwert)	q_{Th}	1,04	1,35	1,40	kN/m ²
Erdlast Spannung Achse 2	q_{E2}	20,96	0,00	28,29	kN/m ²
Erdlast Spannung Achse 2, Bettungsreaktion	q^*E2	8,34	1,35	11,26	kN/m ²
Verkehrslast Spannung Achse 2	q_{T2}	0,00	0,00	0,00	kN/m ²
Erdlast Spannung Achse 2, Bettungsreaktion	q^*E2	8,34	1,35	11,26	kN/m ²

1.5.4 Momente

		0°	90°	180°	
Moment, Lasten für Ermüdung	$M_{\Sigma Dyn}$	0,212	-0,172	0,212	kNm/m
Moment, kurzzeitige Lasten	$M_{\Sigma K}$	0,212	-0,172	0,212	kNm/m
Moment, permanente Lasten	$M_{\Sigma L}$	1,952	-1,534	1,952	kNm/m
Moment, Gesamtbelastung	M_{Σ}	2,164	-1,706	2,164	kNm/m

1.5.5 Normalkräfte

		0°	90°	180°	
Normalkraft, kurzzeitige Lasten	$N_{\Sigma K}$	-0,632	-1,415	-0,632	kN/m

Normalkraft, permanente Lasten	$N_{\Sigma L}$	-35,093	-42,494	-35,093	kN/m
Normalkraft, Gesamtbelastung	N_{Σ}	-35,725	-43,909	-35,725	kN/m

1.5.6 Spannungen

Innen:		0°	90°	180°	
Spannung innen, kurzzeitige Lasten	$\sigma_{i,\Sigma K}$	0,13	-0,15	0,13	N/mm ²
Spannung innen, permanente Lasten	$\sigma_{i,\Sigma L}$	0,58	-2,00	0,58	N/mm ²
Spannung innen, Gesamtbelastung	$\sigma_{i,\Sigma}$	0,71	-2,15	0,71	N/mm ²
Außen:		0°	90°	180°	
Spannung außen, kurzzeitige Lasten	$\sigma_{a,\Sigma K}$	-0,15	0,08	-0,15	N/mm ²
Spannung außen, permanente Lasten	$\sigma_{a,\Sigma L}$	-1,98	0,02	-1,98	N/mm ²
Spannung außen, Gesamtbelastung	$\sigma_{a,\Sigma}$	-2,13	0,09	-2,13	N/mm ²

1.5.7 Nachweis Spannungen radial

			Kurzzeit	Langzeit	
Zul. Druckfestigkeit, Langzeit	$\sigma_{bD,L}$	29,01	1,85	15,68	N/mm ²
Zul. Biegezugfestigkeit, Langzeit	$\sigma_{bZ,L}$	17,37	1,85	9,39	N/mm ²
Zul. Zugfestigkeit, Langzeit	$\sigma_{Z,L}$	10,80	1,85	5,84	N/mm ²
		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
innen					
Spannung innen, kurzzeitige Lasten, Design	$\sigma_{i,\Sigma K,d}$	0,18	-0,20	0,18	N/mm ²
Zul. Festigkeit, Kurzzeit, Design	$\sigma_{,zul,i,K,d}$	14,55	24,29	14,55	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Spannung, Kurzzeit	$U_{\sigma i,K}$	1,2	-0,8	1,2	%
Spannung innen, permanente Lasten, Design	$\sigma_{i,\Sigma L,d}$	0,78	-2,70	0,78	N/mm ²
Zul. Festigkeit, Langzeit, Design	$\sigma_{,zul,i,L,d}$	9,39	15,68	9,39	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Spannung, Langzeit	$U_{\sigma i,L}$	8,3	-17,2	8,3	%
Ausnutzungsgrad Spannung, gesamt	$U_{\sigma i}$	9,5	18,0	9,5	%
außen					
Spannung außen, kurzzeitige Lasten, Design	$\sigma_{a,\Sigma K,d}$	-0,20	0,10	-0,20	N/mm ²
Zul. Festigkeit, Kurzzeit, Design	$\sigma_{,zul,e,K,d}$	24,29	14,55	24,29	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Spannung, Kurzzeit	$U_{\sigma e,K}$	-0,8	0,7	-0,8	%
Spannung außen, permanente Lasten, Design	$\sigma_{a,\Sigma L,d}$	-2,68	0,02	-2,68	N/mm ²
Zul. Festigkeit, Langzeit, Design	$\sigma_{,zul,e,L,d}$	15,68	9,39	15,68	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Spannung, Langzeit	$U_{\sigma e,L}$	-17,1	0,2	-17,1	%
Ausnutzungsgrad Spannung, gesamt	$U_{\sigma e}$	17,9	0,9	17,9	%

Der Spannungsnachweis ist erbracht.

1.5.8 Nachweis Spannungen axial

		Veränderliche Last	Permanente Last	
Druckspannungen axial, Design:	$\sigma_{ax,d}$	0,15	1,13	N/mm ²
Hier erfolgt der reine Nachweis; Ermittlung der Schnittkräfte aus Schalentheorie siehe oben.				
Eckmoment Bodenplatte/Schachtmantel, Design:	$M_{E,d}$	-0,2001	-6,0089	Nmm/mm
innen				
Spannungen, aus Schachtboden, innen, Design:	$\sigma_{ax,i,B,d}$	0,00	0,00	N/mm ²
Resultierende Spannungen, axial, innen, Design:	$\sigma_{ax,i,r,d}$	-0,15	-1,13	N/mm ²

Zul. Biegefestigkeit, innen, Design:	$\sigma_{R,i,d}$	11,44	7,83	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Spannung axial, innen:	$U_{ax,i}$	-1,4	-14,4	%
Ausnutzungsgrad Spannung axial, innen, gesamt:	$U_{ax,i}$		15,8	%
außen				
Spannungen, aus Schachtboden, außen, Design:	$\sigma_{ax,e,B,d}$	0,00	0,00	N/mm ²
Resultierende Spannungen, axial, außen, Design:	$\sigma_{ax,e,r,d}$	-0,15	-1,14	N/mm ²
Zul. Biegefestigkeit, außen, Design:	$\sigma_{R,a,d}$	11,44	7,83	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Spannung axial, außen:	$U_{ax,e}$	-1,4	-14,5	%
Ausnutzungsgrad Spannung axial, außen, gesamt:	$U_{ax,e}$		15,9	%

Der Spannungsnachweis ist erbracht.

1.5.9 Nachweis Verformung radial

Angesetzte maximale Verformung:	δ	5,77	%
Grenzwert zulässige Verformung, Langzeit:		6,0	%
Ausnutzungsgrad Verformung:	$U_{\delta,rad}$	96,1	%

Der Verformungsnachweis ist erbracht.

1.5.10 Nachweis Stabilität radial

Ersatzwert für r_m/s :	k^*	8,722	[-]	
Erd- und Verkehrslasten				
Sicherheitsbeiwert Stabilität:	$\gamma_{M,Stab}$	1,85	[-]	
	Kurzzeit	Langzeit		
Kritische vertikale Gesamtlast:	krit q_v	0,575	0,221	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Stabilität (vertikale Gesamtlast):	$U_{Stab,qv}$	0,2	19,0	%
Ausnutzungsgrad Stabilität (vertikale Gesamtlast), gesamt:	U_{Stab}		19,3	%

Der Stabilitätsnachweis ist erbracht.

1.5.11 Nachweis Stabilität axial

Sicherheitsbeiwert Stabilität, axial:	$\gamma_{M,Stab,ax}$	1,85	[-]	
Stützfaktor für axiales Beulen:	β	2,50	[-]	
Faktor Alpha Beulspannung:	a	0,43	[-]	
		Veränderliche Last	Permanente Last	
Kritische Beulspannung, Design:	krit $\sigma_{k,i,d}$	8,67	1,50	N/mm ²
Resultierende Spannungen, axial, innen, Design:	$\sigma_{ax,i,r,d}$	-0,15	-1,13	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Stabilität axial:	$U_{Stab,ax}$	1,8	75,2	%
Ausnutzungsgrad Stabilität axial, gesamt:	$U_{Stab,ax}$		77,0	%

Der axiale Stabilitätsnachweis ist erbracht.

1.5.12 Nachweis Interaktion radial-axial

Ausnutzungsgrad Stabilität (vertikale Gesamtlast), gesamt:	U_{Stab}	19,3	%
Ausnutzungsgrad Stabilität axial, gesamt:	$U_{Stab,ax}$	77,0	%
Ausnutzungsgrad Stabilität, Interaktion:	U_{Inter}	84,9	%

Der Interaktionsnachweis ist erbracht.

1.5.13 Nachweis Schubspannung

Aus dem Schachtboden wird neben einem Moment auch eine Querkraft eingeleitet, die von der Schachtwand aufzunehmen ist.

		Veränderliche Last	Permanente Last	
Schubspannung:	τ	0,00	0,11	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Schubspannung:	U_{τ}	0,1	2,3	%

Ausnutzungsgrad Schubspannung, gesamt: U_T 2,4 %

Der Schubspannungsnachweis ist erbracht.

1.5.13.1 Nachweis Vergleichsspannung Mantel (6.35 m) - Bodenplatte

Die Spannungen des Schachtbodens sind mit den Spannungen des Schachtmantels zu überlagern.

		Veränderliche Last	Permanente Last	
Maßgebende Vergleichsspannung, Design:	$\sigma_{v,d}$	0,16	1,16	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Vergleichsspannung:	U_v	1,1	12,8	%
Ausnutzungsgrad Vergleichsspannung, gesamt:		U_v	13,9	%

Der Vergleichsspannungsnachweis ist erbracht.

1.6 Schachtboden

Bodenpressung UK Gesamtkonstruktion, Summe:	Σq_{UK}	128,49	kN/m ²
Bodenpressung UK Gesamtkonstruktion, Summe, Design:	$\Sigma q_{UK,d}$	173,46	kN/m ²

1.6.1 Bodenplatte

Dicke des Schachtbodens:	h_B	20,00	mm
Beiwerte Lagerung:	f_L	1,24	[-]
Relaxationsfaktor:	f_R	1,40	[-]

Bei Thermoplasten (speziell PE-HD) können die Biegemomente in der Bodenplatte aufgrund von Relaxation abgemindert werden.

		Veränderliche Last	Permanente Last	
Resultierender Druck, Summe, Design:	$\Sigma p_{res,d}$	0,00	0,00	kN/m ²

1.6.1.1 Spannungen/Dehnungen

		Veränderliche Last	Permanente Last	
Biegezugfestigkeit der Bodenplatte, Kurzzeit, Design:	$\sigma_{bZ,k,d}$	16,16	10,43	N/mm ²
Druckfestigkeit der Bodenplatte, Kurzzeit, Design:	$\sigma_{D,k,d}$	26,97	17,41	N/mm ²
Spannungen Mitte, unten, Kurzzeit, Design	$\sigma_{B,u,K,d}$	0,01	0,19	N/mm ²
Ausnutzungsgrad:	U_σ	0,0	1,8	%
Ausnutzungsgrad oben, gesamt:		U_σ	1,9	%

Der Nachweis der Bodenplatte in Feldmitte ist erbracht.

1.6.1.2 Durchbiegung Plattenmitte

		Veränderliche Last	Permanente Last	
E-Modul:	E	1.082,70	187,20	N/mm ²
Wasserdruck, von unten wirkend, Gesamtkonstruktion:	$p_{w,UK,B}$	0,00	0,00	kN/m ²
Durchbiegung:	f	0	0	mm
Durchbiegung, Summe:	Σf	0	0	mm

1.6.2 Fundament

Oberkante des Bauteils:	$h_{F,OK}$	6,350	m
Höhe des Bauteils:	h_F	0,300	m
Unterkante des Bauteils:	$h_{F,UK}$	6,650	m
Volumen:	V_F	19,42	m ³
Last axial Bauteil (Auftrieb):	$G_{F,min}$	485,56	kN
Max. Last axial (Einbauten, Deckel):	$G_{MaxF,max}$	485,56	kN
Verkehrslast axial im Bauteil:	T_F	11,57	kN
Bodenpressung durch Erdreich über Bauteilhöhe:	$P_{E,F}$	6,00	kN/m ²

Verdrängtes Volumen für Auftriebsnachweis:	$V_{F,W}$	0,00	m ³
Gewicht des Erdrings für Auftriebsnachweis:	$G_{E,F,E}$	0,00	kN
	Kurzzeit	Langzeit	
Bodenpressung UK Gesamtkonstruktion, Design:	$q_{UK,d}$	5,95	167,52
Erforderliche Bewehrung (radial) Biegebemessung :	A_{sl}	5,44	cm ² /m

Nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 NDP zu 9.2.1.1 (1) darf bei Gründungsbauteilen auf die Mindestbewehrung verzichtet werden, wenn das duktile Bauteilverhalten durch Umlagerung der Sohldrucks sichergestellt werden kann. Dies ist in der Regel bei Gründungsbauteilen zu erwarten.

1.6.2.1 Querkraftbewehrung

Notwendigkeit einer Querkraftbewehrung (Bemessungswiderstand)

Kleinste Querschnittsbreite:	b_w	1.000,00	mm
Reduzierte Querkraft im Fundament, Summe, Design:	$\Sigma V_{E,red,d}$	139,71	kN/m
Erforderliche Bewehrung (radial) Biegebemessung :	A_{sl}	5,44	cm ² /m
Beiwert:	C_{Rdc}	0,10	[-]
Beiwert Einfluss Nutzhöhe:	k	2,00	[-]
Längsbewehrungsgrad:	ρ_l	0,2046	%
Querkraftwiderstand des bewehrten Bauteils:	$V_{Rd,c}$	85,10	kN/m
Beiwert Einfluss Nutzhöhe:	k_1	0,0525	[-]
Mindestwert aus Höhe und Druckfestigkeit:	v_{min}	442.719	[-]
Mindest-Querkraftwiderstand des unbewehrten Bauteils:	$V_{Rd,c,min}$	117,76	kN/m

Eine Querkraftbewehrung wäre notwendig. Es wird berechnet, um welchen Wert die bestehende Längsbewehrung erhöht werden müsste, um auf die Querkraftbewehrung verzichten zu können.

Erhöhung der vorhandenen Bewehrung

Längsbewehrungsgrad für Erhöhung Bewehrung:	ρ_{l+}	0,0091	%
Erforderliche Bewehrung (radial) Querkraft :	A_{sl}	0,24	cm ² /m

Die erforderliche Längsbewehrung wurde für radiale Anordnung ermittelt. Bei rechtwinkliger Anordnung erfolgt eine Erhöhung.

Erforderliche Bewehrung (Matte) Querkraft :	A_{sl}	0,34	cm ² /m
---	----------	------	--------------------

Alle notwendigen Nachweise sind erbracht.

2 Statik nach ATV-DVWK-A 127, 3.Auflage: PE100 RC Stauraum DN2000

Titel der Teilstatik: PE100 RC Stauraum DN2000

Annahmen: liegende Röhre mit einer Erdüberdeckung von 4.100 mm,
mit beidseitiger Einbindung in Schachtbauwerke

Berechnungsart: Vollwand-/Profilrohr
Skizzen (Einbau/Rohr) in Ausdruck: Ja

2.1 Eingaben

2.1.1 Sicherheiten

Sicherheitsklasse:	A (Regelfall)
Sicherheit Stabilität nach Tabelle 13:	Ohne Vorverformungen (2,5 / 2,0)
Zulässige Verformung:	6% (Regelfall)
Behandlung von Innendruck:	Gemäß Fußnote des ATV-DVWK-A 127
Kleinere Biegedruck-Sicherheiten:	Nein (ATV-DVWK-A 127)
Nachweis bei nicht vorwiegend ruhender Belastung:	Nach Regelwerk
Berücksichtigung von dyn pvh*:	Nach Norm
Berücksichtigung der Vorverformungen Typ A in Verformungsnachweis:	Ja
Behandlung Systemsteifigkeit VRB nach:	DWA-A 161:2014 (nach Materialart)
Rohrsteifigkeit nach Regelwerk:	Ja

2.1.2 Boden

Bodengruppe Verfüllung:	G1
Berechnung E1:	Tabelle 8 (A127)
Bodengruppe Einbettung:	G1
Berechnung E20:	Tabelle 8 (A127)
Bodengruppe anstehender Boden:	G1
Berechnung E3:	Verdichtungsgrad
Verdichtungsgrad E3:	D _{Pr,E3} 95,0 %
E4 = 10 · E1:	Nein
Bodengruppe unter Rohr:	G1
Berechnung E4:	Verdichtungsgrad
Verdichtungsgrad E4:	D _{Pr,E4} 95,0 %
Anwendung von Silotheorie:	Automatisch
K2 nach Norm:	Ja

2.1.3 Belastung

Überdeckungshöhe:	h	4,10	m
Minimaler Grundwasserstand über Sohle:	h _{w,min}	0,00	m
Maximaler Grundwasserstand über Sohle:	h _{w,max}	0,00	m
Wichte des Bodens:	γ _B	20,0	kN/m ³
Zusätzliche Flächenlast:	p ₀	0,0	kN/m ²
Innendruck, kurzzeitig wirkend:	P _{I,K}	0,00	bar
Innendruck, langfristig:	P _{I,L}	0,00	bar
Wasserfüllung (z.B. Staukanal):	Ja		
Wichte Füllmedium:	γ _F	10,0	kN/m ³
Eingabe Spezialfahrzeug:	Nein		
Verkehrslast:	Straße SLW 30		
Ansatz horizontaler Belastungen aus Verkehr im Ermüdungsnachweis:	α _{qhT,dyn}	0,00	%

2.1.4 Einbau

Einbauweise:	Graben		
Grabenbreite in Scheitelhöhe:	b	7,00	m
Mindestgrabenbreite prüfen:	Ja		
Stärke der Bettungsschicht automatisch ermitteln:	Ja		
Böschungswinkel:	β	45	°
Überschüttungsbedingung:	A1		
Einbettungsbedingung:	B1		
Auflagerart:	Lose		
Auflagerwinkel:	120°		
Relative Ausladung automatisch ermitteln:	Ja		
Untere Sockelhöhe vorgeben:	Nein		
Gesamt-Sockelhöhe:	h _s	0,00	m

2.1.5 Vollwand/Profil-Rohr

Rohrauswahl:	Datenbank		
Material-Klasse:	Thermoplast		
Lokale Ververformung:	$\delta_{v,l}$	0,0	%
Hersteller:	FRANK		
Serie:	PKSplus 75		
Rohr:	PKSplus 75-29.9		

2.1.5.1 Thermoplast

Auswahl Material:	Manuell		
Bezeichnung:	PE100/PE100-RC		
Elastizitätsmodul, Kurzzeit:	E _{rad,K}	1.203	N/mm ²
Elastizitätsmodul, Langzeit:	E _{rad,L}	208	N/mm ²
Wichte:	γ	9,6	kN/m ³
Querkontraktionszahl:	ν	0,38	[-]
Ringbiegezugfestigkeit, Kurzzeit:	$\sigma_{RBZ,K}$	29,9	N/mm ²
Ringbiegezugfestigkeit, Langzeit:	$\sigma_{RBZ,L}$	19,3	N/mm ²
Biegedruckfestigkeit, Kurzzeit:	$\sigma_{BD,K}$	49,9	N/mm ²
Biegedruckfestigkeit, Langzeit:	$\sigma_{BD,L}$	32,2	N/mm ²
Angabe der Grenzspannungen Ringzug:	Ja		
Ringzugfestigkeit, Kurzzeit:	$\sigma_{RZ,K}$	20,00	N/mm ²
Ringzugfestigkeit, Langzeit:	$\sigma_{RZ,L}$	12,00	N/mm ²
Schwingbreite bei 2·10 ⁶ Lastspielen ist bekannt:	Ja		
Schwingbreite:	2 $\sigma_a,2E6$	38,00	N/mm ²
Schwingbreite bei 1·10 ⁸ Lastspielen ist bekannt:	Ja		
Schwingbreite:	2 $\sigma_a,1E8$	10,00	N/mm ²
Grund der Abminderung:	Füllmedium		
Abminderungsfaktor Medium:	A _{Medium}	0,90	[-]

2.2 Ergebnisse

2.2.1 Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610:2015-12

Die Mindestgrabenbreite in der Grabensohle nach DIN EN 1610 wird eingehalten.

2.2.2 Nachweise Kurzzeit

2.2.2.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-10,947	-19,375	-6,768	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	-80,548	-13,215	9,081	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ_{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ_{RBD}	2,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

2.2.2.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	$\bar{\delta}_{v,Ges}$	2,38	%
Zulässige Verformung:	zul $\bar{\delta}_v$	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

2.2.3 Nachweise Langzeit

2.2.3.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-11,084	-14,862	-6,102	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	-20,189	-12,162	10,454	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ_{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ_{RBD}	2,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

2.2.3.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	$\bar{\delta}_{v,Ges}$	3,95	%
Zulässige Verformung:	zul $\bar{\delta}_v$	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

2.2.3.3 Nachweis Stabilität radial, linear

Erd- und Verkehrslasten

Kritische vertikale Gesamtlast:	krit q_v	408,7	kN/m ²
Vertikale Gesamtlast:	q_v	59,15	kN/m ²
Sicherheit Stabilität, radial:	$\gamma_{Stab,rad}$	6,91	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Instabilität:	erf γ_{Stab}	2,50	[-]

Der Stabilitätsnachweis ist erbracht.

2.2.3.4 Stabilitätsnachweis, nichtlinear

Der nichtlineare Stabilitätsnachweis entfällt, da $VRB > 1.0$ (biegesteifes Rohr) oder relative vertikale Verformung $< 6\%$.

2.2.3.5 Nachweis der Sicherheit gegen Versagen bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

Nach Norm ist der dynamische Nachweis nicht notwendig (z.B. bei Straßenverkehrslasten $> 1,5$ m).

Alle notwendigen Nachweise sind erbracht.

