HOBAS®

Statische Berechnung

Für das Bauvorhaben **Manschnow_Küstriner Vorland_Trasse 1_DA616**

für HOBAS - Rohre aus glasfaserverstärktem, ungesättigten Polyesterharz entsprechend DIN 16869, DIN EN 14364 und hergestellt im Schleuderverfahren,

gemäß ATV - Arbeitsblatt A 127: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen (3. Auflage 2000), Einbau nach DIN EN 1610.

Die statische Berechnung wurde nach Angaben der

Ingenieurbüro Friedrich GmbH
Frau Friedrich
Bertolt-Brecht-Str.7
215306 Seelow

aufgestellt und ist eine Serviceleistung im Rahmen unserer Ihnen bekannten Verkaufs-, Liefer- und Zahlungsbedingungen.

Die Einhaltung der Sicherheitsbeiwerte nach ATV-Arbeitsblatt A 127 wurde nachgewiesen. Das Rohr DA616, SN 10.000, PN 1 ist unter den angegebenen Bedingungen für dieses Bauvorhaben einsetzbar.

Annahmen für RD1:

- Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610

Annahmen für RD4:

- Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610
- anstehender Boden der Bodengruppe G4 mit Dpr=90%

Sollten ungünstigere Bedingungen vorliegen ist die Statik zu überarbeiten.

Die statische Berechnung umfasst 12 Seiten zuzüglich des Deckblattes und Formblätter. Sie wurde aufgestellt von:
HOBAS Rohre GmbH Neubrandenburg

Neubrandenburg, den 15.01.2015

H. Wittenburg

i.A. H.Wittenburg

Die Berechnung erfolgt unentgeltlich und als Gefälligkeit auf der Grundlage Ihrer Angaben nach ATV A 127. Es obliegt uns nicht, zu prüfen, ob die von Ihnen gelieferten Angaben mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmen oder den Regeln der Technik entsprechen. Die Richtlinie ATV A 127 gilt für fachgerechtes Verhalten im Regelfall. Sie berücksichtigt weder extreme Bedingungen, die Abweichungen von der Richtlinie begründen, noch Sonderfälle, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen gefordert sein können. Wir nehmen keine Prüfung für einen bestimmte Eigenschaften voraussetzenden Verwendungszweck unserer Produkte vor. Die statische Berechnung befreit Sie nicht davon, selbst zu prüfen, ob unsere Produkte für ihren beabsichtigten Verwendungszweck geeignet sind.

Berechnungen nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127, 3. Auflage, August 2000

Projekt:	Manschnow_Küstriner Vorland_RD 1
Statik-Nr:	1
Datum:	15.01.2015
Bearbeiter:	HEW
Telefon:	0395-4528-189
Telefax:	0395-4528-100
E-Mail:	hew@hobas.net

Annahmen:
-Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610

Eingabewerte:

Sicherheiten

Sicherheitsklasse:	A (Regelfall)		
zulässige Verformung:	6% (Regelfall)		
Vorverformung Typ A:	$\delta_{v,TypA}$	1,00	%
lokale Vorverformung:	$\delta_{v,lokal}$	0,00	%

Rohr

HOBAS Standardrohr

Druckstufe:	PN	1	
Nennsteifigkeit:	SN	10.000	
Nenndurchmesser:	DN	600	
Außendurchmesser:	da	616	mm
Wanddicke:	s	12,7	mm
Spezifisches Gewicht des Rohrwerkstoffes:	γ_R	17,50	kN/m³
Querkontraktionszahl:	ν	0,25	[1]

Boden

E1: Verfüllung:	Bodengruppe: G2		
Wert aus Tabelle 8 des ATV A127:	D_{PR1}	97,0	%
E20: Leitungszone:	Bodengruppe: G2		
Wert aus Tabelle 8 des ATV A127:	D_{PR2}	97,0	%
E3: anstehender Boden:	Bodengruppe: G2		
Proctordichte:	D_{PR3}	97,0	%
E4: unter Graben:	E4 = 10 * E1		

Einbau

Grabenbreite:	b	1.000	mm
Böschungswinkel:	β	60,00	°
Überschüttungsbedingung:	A4		
Einbettungsbedingung:	B4		
Auflagerwinkel: ATV - A 127	2α	180	°

Lastfall-Kombination 2

Bezeichnung:	Stelle mit minimaler Überdeckung		
Überdeckungshöhe:	h	1.060	mm
Wichte des Bodens:	γ	20,00	kN/m³
zusätzliche Flächenlast:	P_0	0,00	N/mm²
maximaler Grundwasserstand über Sohle:	$h_{W,max}$	750	mm
minimaler Grundwasserstand über Sohle:	$h_{W,min}$	360	mm
Innendruck (Kurzzeit):	$P_{I,K}$	0,00	bar
Innendruck (Langzeit):	$P_{I,L}$	0,00	bar
Wasserfüllung	Ja		
Dichte Füllmedium:	γ_F	10,00	kN/m³
Verkehrslast:	SLW 60		

Nachweise für Lastfallkombination 2, Kurzzeit

Dehnungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,080	-0,055	0,080	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,003	-0,005	0,008	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	16,12	---	15,23	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	22,59	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,094	0,029	-0,094	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,005	0,004	-0,008	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	41,54	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	13,67	---	13,16	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Dehnungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,081	-0,055	0,081	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,003	-0,006	0,008	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	16,22	---	15,32	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	22,37	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,094	0,029	-0,094	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,005	0,003	-0,009	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	42,21	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	13,59	---	13,08	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Verformungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	6,6	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	5,7	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	1,09	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Verformungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	6,6	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	5,7	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	1,09	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Stabilitätsnachweis (linear) (bei maximalem Grundwasser):

vertikale Gesamtbelastung	q_v	66,1	kN/m²
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	κ_{v2}	0,87	[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit q_v	1.283,2	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (Erd-/Verkehrslast):	$\gamma_{beul,qv}$	19,42	[1]
äußerer Wasserdruck	p_a	7,5	kN/m²
zzgl. Unterdruck im Rohr	p_{I^-}	0,0	kN/m²
Systemsteifigkeit ohne Verkehrslastkorrektur:	V_{RB}	0,0117	[1]
Eingangswert δ_{v2} zur κ_{a2}-Ermittlung:	δ_{v2}	2,09	%
Abminderungsfaktor Vorverformung für Wasserdruck:	κ_{a2}	0,79	[1]
Abminderungsfakt. lokale Vorverformung für Wasserdr.:	κ_{a1}	1,00	[1]
Parameter k* (als Ersatz für r_m/s) für α_D-Ermittlung:	k^*	23,752	[1]
Durchschlagsbeiwert:	α_D	11,340	[1]
kritische Beullast (äußerer Wasserdruck):	krit p_a	717,6	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (äußerer Wasserdruck):	$\gamma_{beul,pa}$	95,68	[1]
Sicherheit gegen Beulen:	γ_{Beul}	16,15	[1]
erforderliche Beul-Sicherheit:	erf γ_{Beul}	2,00	[1]

Die errechneten Beul-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Nachweise für Lastfallkombination 2, Langzeit

Dehnungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,210	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	0,811	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,085	-0,055	0,085	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,005	-0,008	0,015	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	13,10	---	11,32	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	18,16	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,102	0,025	-0,102	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,007	0,005	-0,015	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	36,59	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	10,77	---	9,77	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Dehnungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,216	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	0,811	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,085	-0,054	0,085	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,003	-0,010	0,013	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	13,49	---	11,60	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	17,68	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,101	0,025	-0,101	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,009	0,004	-0,016	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	38,77	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	10,66	---	9,68	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Verformungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	6,8	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	5,8	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	1,13	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Verformungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	6,8	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	5,8	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	1,13	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Stabilitätsnachweis (linear) (bei maximalem Grundwasser):

vertikale Gesamtbelastung	q_v	66,0	kN/m²
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	κ_{v2}	0,87	[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit q_v	1.202,0	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (Erd-/Verkehrslast):	$\gamma_{beul,qv}$	18,20	[1]
äußerer Wasserdruck	p_a	7,5	kN/m²
zzgl. Unterdruck im Rohr	p_{I^-}	0,0	kN/m²
Systemsteifigkeit ohne Verkehrslastkorrektur:	V_{RB}	0,0059	[1]
Eingangswert δ_{v2} zur κ_{a2}-Ermittlung:	δ_{v2}	2,13	%
Abminderungsfaktor Vorverformung für Wasserdruck:	κ_{a2}	0,81	[1]
Abminderungsfakt. lokale Vorverformung für Wasserdr.:	κ_{a1}	1,00	[1]
Parameter k* (als Ersatz für r_m/s) für α_D-Ermittlung:	k^*	23,752	[1]
Durchschlagsbeiwert:	α_D	14,147	[1]
kritische Beullast (äußerer Wasserdruck):	krit p_a	456,0	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (äußerer Wasserdruck):	$\gamma_{beul,pa}$	60,80	[1]
Sicherheit gegen Beulen:	γ_{Beul}	14,01	[1]
erforderliche Beul-Sicherheit:	erf γ_{Beul}	2,00	[1]

Die errechneten Beul-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

HOBAS®

Berechnungen nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127, 3. Auflage, August 2000

Projekt:	Manschnow_Küstriner Vorland_RD 4
Statik-Nr:	2
Datum:	15.01.2015
Bearbeiter:	HEW
Telefon:	0395-4528-189
Telefax:	0395-4528-100
E-Mail:	hew@hobas.net

Annahmen:
-Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610
-anstehender Boden der Bodengruppe G4 mit Dpr=90%

Eingabewerte:

Sicherheiten

Sicherheitsklasse:	A (Regelfall)		
zulässige Verformung:	6% (Regelfall)		
Vorverformung Typ A:	$\delta_{v,TypA}$	1,00	%
lokale Vorverformung:	$\delta_{v,lokal}$	0,00	%

Rohr

HOBAS Standardrohr

Druckstufe:	PN	1	
Nennsteifigkeit:	SN	10.000	
Nenndurchmesser:	DN	600	
Außendurchmesser:	da	616	mm
Wanddicke:	s	12,7	mm
Spezifisches Gewicht des Rohrwerkstoffes:	γ_R	17,50	kN/m³
Querkontraktionszahl:	ν	0,25	[1]

Boden

E1: Verfüllung:	Bodengruppe: G2		
Wert aus Tabelle 8 des ATV A127:	D_{PR1}	97,0	%
E20: Leitungszone:	Bodengruppe: G2		
Wert aus Tabelle 8 des ATV A127:	D_{PR2}	97,0	%
E3: anstehender Boden:	Bodengruppe: G4		
Proctordichte:	D_{PR3}	90,0	%
E4: unter Graben:	E4 = 10 * E1		

Einbau

Grabenbreite:	b	1.000	mm
Böschungswinkel:	β	60,00	°
Überschüttungsbedingung:	A4		
Einbettungsbedingung:	B4		
Auflagerwinkel: ATV - A 127	2α	180	°

Lastfall-Kombination 2

Bezeichnung:	Stelle mit minimaler Überdeckung		
Überdeckungshöhe:	h	1.180	mm
Wichte des Bodens:	γ	20,00	kN/m³
zusätzliche Flächenlast:	P_0	0,00	N/mm²
maximaler Grundwasserstand über Sohle:	$h_{W,max}$	1.600	mm
minimaler Grundwasserstand über Sohle:	$h_{W,min}$	950	mm
Innendruck (Kurzzeit):	$P_{I,K}$	0,00	bar
Innendruck (Langzeit):	$P_{I,L}$	0,00	bar
Wasserfüllung	Ja		
Dichte Füllmedium:	γ_F	10,00	kN/m³
Verkehrslast:	SLW 60		

Nachweise für Lastfallkombination 2, Kurzzeit

Dehnungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,218	-0,213	0,218	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,008	-0,013	0,013	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	5,96	---	5,84	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	5,99	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,222	0,184	-0,222	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,011	0,009	-0,015	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	7,01	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	5,80	---	5,71	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Dehnungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,351	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,206	-0,200	0,206	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,007	-0,014	0,012	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	6,36	---	6,22	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	6,32	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,208	0,173	-0,208	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,012	0,008	-0,016	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	7,47	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	6,13	---	6,02	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Verformungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	20,2	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	19,8	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	3,34	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Verformungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	19,0	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	18,6	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	3,14	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Stabilitätsnachweis (linear) (bei maximalem Grundwasser):

vertikale Gesamtbelastung	q_v	58,4	kN/m²
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	κ_{v2}	0,86	[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit q_v	471,2	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (Erd-/Verkehrslast):	$\gamma_{beul,qv}$	8,07	[1]
äußerer Wasserdruck	p_a	16,0	kN/m²
zzgl. Unterdruck im Rohr	p_{i^-}	0,0	kN/m²
Systemsteifigkeit ohne Verkehrslastkorrektur:	V_{RB}	0,0853	[1]
Eingangswert δ_{v2} zur κ_{a2}-Ermittlung:	δ_{v2}	4,14	%
Abminderungsfaktor Vorverformung für Wasserdruck:	κ_{a2}	0,74	[1]
Abminderungsfakt. lokale Vorverformung für Wasserdr.:	κ_{a1}	1,00	[1]
Parameter k* (als Ersatz für r_m/s) für α_D-Ermittlung:	k^*	23,752	[1]
Durchschlagsbeiwert:	α_D	5,107	[1]
kritische Beullast (äußerer Wasserdruck):	krit p_a	303,0	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (äußerer Wasserdruck):	$\gamma_{beul,pa}$	18,94	[1]
Sicherheit gegen Beulen:	γ_{Beul}	5,66	[1]
erforderliche Beul-Sicherheit:	erf γ_{Beul}	2,00	[1]

Die errechneten Beul-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Nachweise für Lastfallkombination 2, Langzeit

Dehnungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,182	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	0,811	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,241	-0,232	0,241	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,012	-0,020	0,021	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	4,58	---	4,34	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	4,51	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,246	0,199	-0,246	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,018	0,013	-0,025	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	5,44	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	4,34	---	4,17	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Dehnungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechnerische Grenzdehnung, Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	1,218	%
Randfasergrenzdehnung, sonstige Lasten:	$\varepsilon_{R,rech}$	0,811	%

innen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,i}$	0,222	-0,214	0,222	%
Dehnung aufgrund anderer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,i}$	0,009	-0,023	0,019	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZi}$	5,17	---	4,86	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDi}$	---	4,90	---	[1]

außen:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Dehnung aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\varepsilon_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,226	0,184	-0,226	%
Dehnung aufgrund andererer Lasten:	$\varepsilon_{sonst,a}$	-0,020	0,011	-0,028	%
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BZa}$	---	6,10	---	[1]
Sicherheit:	$\gamma\varepsilon_{BDa}$	4,75	---	4,55	[1]

erforderliche Sicherheit Biegezug:	erf γ_{BZ}	2,00	[1]
erforderliche Sicherheit Biegedruck:	erf γ_{BD}	2,00	[1]

Die errechneten Dehnungs-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.

Verformungsnachweis (bei minimalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	22,2	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	21,6	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	3,68	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Verformungsnachweis (bei maximalem Grundwasser):

Rechenmodus:	linear		
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00015	[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,00018	[1]

		q_v	q_h	q_h^*	
resultierender Verformungsbeiwert:	c'_v	-0,0833	0,0833	0,0640	[1]

vertikale Durchmesseränderung:	Δd_v	20,4	mm
horizontale Durchmesseränderung:	Δd_h	19,9	mm
relative vertikale Verformung:	δ_v	3,38	%
zulässige Verformung:	zul d_v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Stabilitätsnachweis (linear) (bei maximalem Grundwasser):

vertikale Gesamtbelastung	q_v	58,4	kN/m²
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	κ_{v2}	0,86	[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit q_v	441,1	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (Erd-/Verkehrslast):	$\gamma_{beul,qv}$	7,56	[1]
äußerer Wasserdruck	p_a	16,0	kN/m²
zzgl. Unterdruck im Rohr	p_{I^-}	0,0	kN/m²
Systemsteifigkeit ohne Verkehrslastkorrektur:	V_{RB}	0,0426	[1]
Eingangswert δ_{v2} zur κ_{a2}-Ermittlung:	δ_{v2}	4,38	%
Abminderungsfaktor Vorverformung für Wasserdruck:	κ_{a2}	0,63	[1]
Abminderungsfakt. lokale Vorverformung für Wasserdr.:	κ_{a1}	1,00	[1]
Parameter k* (als Ersatz für r_m/s) für α_D-Ermittlung:	k^*	23,752	[1]
Durchschlagsbeiwert:	α_D	7,009	[1]
kritische Beullast (äußerer Wasserdruck):	krit p_a	176,8	kN/m²
Teil-Beulsicherheit (äußerer Wasserdruck):	$\gamma_{beul,pa}$	11,05	[1]
Sicherheit gegen Beulen:	γ_{Beul}	4,49	[1]
erforderliche Beul-Sicherheit:	erf γ_{Beul}	2,00	[1]

Die errechneten Beul-Sicherheiten sind größer als die notwendigen Sicherheiten.