

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

Projekt: Deponie Rothmühle  
 Sickerwasserrohre DA 400 SDR 7,4  
 Perforiert mit Lochdurchmesser 12 mm im Abstand von 60 mm

Bauherr: Landratsamt Schweinfurt  
 Schrammstraße 1  
 97421 Schweinfurt

Statik-Nr: 94651937  
 Datum: 21.11.2019

Bearbeiter: Stegner  
 Telefon: 0911 655 4843  
 Telefax: 0911 655 4841  
 E-Mail: armin.stegner@de.tuv.com

E40 aus Ev Ton = 10 N/mm<sup>2</sup> und 150 mm Auflager M9 mit Ev = 50 N/mm<sup>2</sup>

**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

Bezeichnung:	Vollwand		
Außendurchmesser:	$d_a$	400,0	mm
Wanddicke:	s	54,70	mm
Perforationsart:	teilperforiert (über 2/3 des Umfangs)		
Perforationsgeometrie:	gelocht		
Anzahl Löcher pro 1 m:	$n_W$	200,00	[1]
Lochabstand:	$l_1$	60,00	mm
Lochdurchmesser:	$b_W$	12,00	mm

Rohr-Material

Materialklasse:	Thermoplast		
Wichte Werkstoff:	$\gamma_R$	9,50	kN/m <sup>3</sup>
Querkontraktionszahl:	$\nu$	0,38	[1]
Kurzzeit-E-Modul:	$E_K$	800,00	N/mm <sup>2</sup>
Langzeit-E-Modul:	$E_{L0}$	160,00	N/mm <sup>2</sup>
Rohrwandtemperatur:	T	30	°C
Abminderungsfaktor Temperatureinfluß:	$A_{temp}$	0,85	[1]
Füllmedium:			
Abminderungsfaktor Medieneinfluß:	$A_{Medium}$	0,90	[1]
Grenzspannung Biegezug, Kurzzeit:	$\sigma_{BZ,K}$	21,00	N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung Biegedruck, Kurzzeit:	$\sigma_{BD,K}$	21,00	N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung Biegezug, Langzeit:	$\sigma_{BZ,L}$	14,00	N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung Biegedruck, Langzeit:	$\sigma_{BD,L}$	14,00	N/mm <sup>2</sup>

Boden

E1: Verfüllung:	Bodengruppe: G1		
E-Modul:	$E_1$	50,00	N/mm <sup>2</sup>

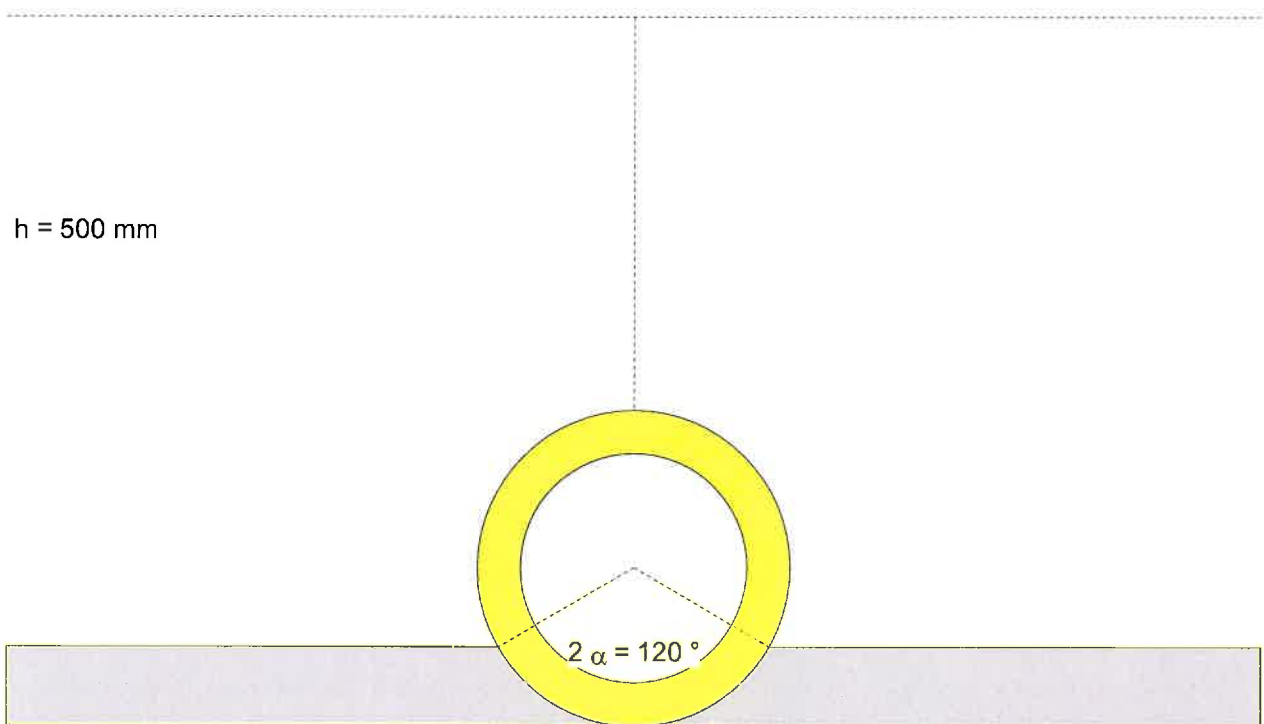
E20: Leitungszone: E-Modul:	Bodengruppe: G1 E <sub>20</sub> 50,00	N/mm <sup>2</sup>
E3: anstehender Boden: E-Modul:	Bodengruppe: G1 E <sub>3</sub> 50,00	N/mm <sup>2</sup>
E4: unter Graben:: E-Modul:	Bodengruppe: G1 E <sub>4</sub> 12,00	N/mm <sup>2</sup>

Einbau

Grabenbreite:	<Damm>		
Auflagerart:	lose		
Relative Ausladung:	a	1,00	[1]
Auflagerwinkel:	120°		

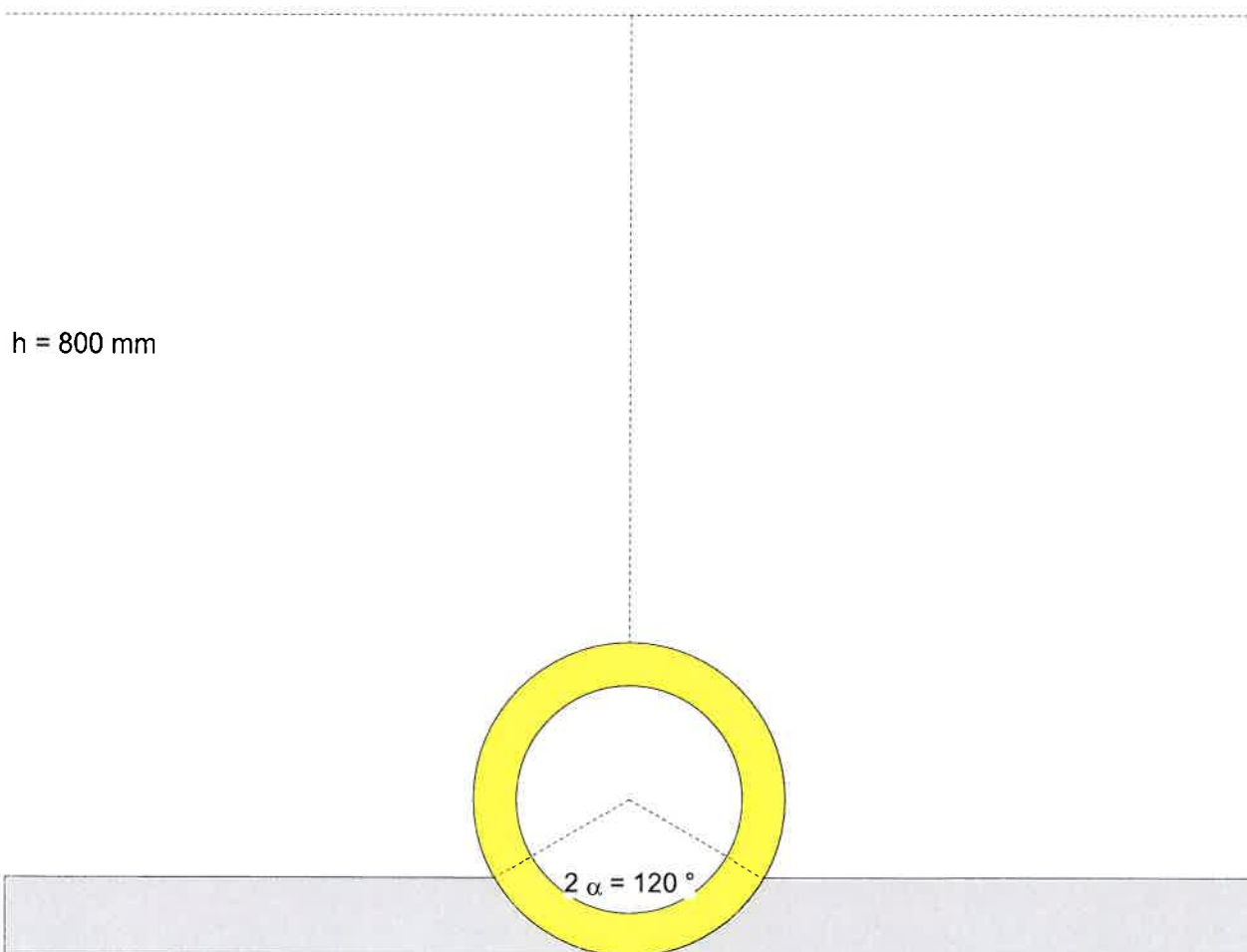
Lastfall-Kombination 1

Bezeichnung:	Stelle mit maximaler Überdeckung		
Überdeckungshöhe:	h	500	mm
Wichte des Bodens:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
zusätzliche Flächenlast:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
maximaler Grundwasserstand über Sohle:	h <sub>w,max</sub>	0	mm
minimaler Grundwasserstand über Sohle:	h <sub>w,min</sub>	0	mm
Innendruck:	P <sub>i</sub>	0,00	bar
Wasserfüllung (z.B. Staukanal)	Ja		
Dichte Füllmedium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Verkehrslast:	SLW 60 (Straße)		



Lastfall-Kombination 2

Bezeichnung:	Stelle mit minimaler Überdeckung		
Überdeckungshöhe:	h	800	mm
Wichte des Bodens:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
zusätzliche Flächenlast:	P <sub>0</sub>	0,90	N/mm <sup>2</sup>
maximaler Grundwasserstand über Sohle:	h <sub>W,max</sub>	0	mm
minimaler Grundwasserstand über Sohle:	h <sub>W,min</sub>	0	mm
Innendruck:	P <sub>I</sub>	0,00	bar
Wasserfüllung (z.B. Staukanal)	Nein		
Verkehrslast:	kein Verkehr		



**Zwischenergebnisse für Lastfall 1**

Bezeichnung: Stelle mit maximaler Überdeckung

*Rohrgeometrie:*

Radius der Schwerachse der Rohrwand:	$r_m$	172,7	mm		
Korrekturfaktor für die Krümmung, innen:	$\alpha_{ki}$	1,106	[1]		
Korrekturfaktor für die Krümmung, außen:	$\alpha_{ka}$	0,894	[1]		
Perforationseinfluß:					
		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Verschwächungsfaktor Ringsteifigkeit:	$\kappa_{SR}$	0,98	0,98	0,98	[1]
Verschwächungsfaktor Fläche:	$\kappa_W$	0,80	0,80	1,00	[1]

*Belastung:*

Grundwasserstand über Scheitel:	$h_W$	0	mm
Spannung aufgrund Erdlast:	$P_{Erd}$	10,00	kN/m <sup>2</sup>
Spannung aufgrund Erd- und Flächenlast:	$P_E$	10,00	kN/m <sup>2</sup>
Spannung aufgrund Verkehrslast:	$P_V$	72,01	kN/m <sup>2</sup>

*Verformungsmoduln  $E_B$ :*

E-Modul Verfüllung unter Last:	$E_{1,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>
E-Modul Einbettung unter Last:	$E_{20,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>
Reduktionsfaktor für das Kriechen:	$f_1$	1,000	[1]
Abminderungsfaktor $E_{20}$ (Grundwasser):	$f_2$	1,000	[1]
E-Modul Einbettung (abgemindert) unter Last:	$E_{2,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>
E-Modul anstehender Boden unter Last:	$E_{3,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>
E-Modul Boden unter dem Rohr unter Last:	$E_{4,\sigma}$	12,00	N/mm <sup>2</sup>

*Bodensteifigkeiten:*

Korrekturfaktor für die horizontale Bettungssteifigkeit:	$\zeta$	1,000	[1]
horizontale Bettungssteifigkeit:	$S_{Bh}$	30,000	N/mm <sup>2</sup>
vertikale Bettungssteifigkeit:	$S_{Bv}$	50,000	N/mm <sup>2</sup>

*Auflagerwinkel, wirksame Ausladung und Reibungswinkel:*

Auflagerwinkel:	$2\alpha$	120	°
wirksame Ausladung:	$a'$	1,000	[1]
innerer Reibungswinkel:	$\phi'$	35,000	[1]
		Kurzzeit: alle Lasten	Langzeit: Erdlasten, Verkehrslasten
			Langzeit: sonstige Lasten

*Rohrwerkstoffkennwerte und Ringsteifigkeit:*

E-Modul Rohrwerkstoff:	$E_R$	612,0	552,3	122,4	N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung Biegezug:	$\sigma_{BZ}$	16,1	15,4	10,7	N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung Biegedruck:	$\sigma_{BD}$	16,1	15,4	10,7	N/mm <sup>2</sup>
Ringsteifigkeit des Rohres:	$S_0$	198,514	179,149	39,703	kN/m <sup>2</sup>

*Steifigkeitsverhältnisse:*

Systemsteifigkeit:	$V_{RB}$	0,0529	0,0478	0,0106	[1]
Steifigkeitsverhältnis:	$V_S$	0,5853	0,5495	---	[1]

*Beiwerte:*

Erddruckbeiwert (Einbettung):	$K_2$	0,400	0,400	---	[1]
Beiwert für den Bettungsreaktionsdruck:	$K^*$	0,738	0,769	---	[1]
Beiwert für vertikale Verformung:	$c_v^*$	-0,0543	-0,0522	---	[1]

*Konzentrationsfaktoren  $\lambda_R$  und  $\lambda_B$ :*

Maximaler Konzentrationsfaktor:	max $\lambda$	1,045	1,045	---	[1]
Beiwert K':	K'	0,644	0,629	---	[1]
Startwert:	$\lambda_R$	0,972	0,967	---	[1]
unter Grabeneinfluß:	$\lambda_{RG}$	0,972	0,967	---	[1]
oberer Grenzwert:	$\lambda_{fo}$	3,925	3,925	---	[1]
unterer Grenzwert:	$\lambda_{fu}$	0,666	0,666	---	[1]
endgültiger Wert:	$\lambda_{RG}$	0,972	0,967	---	[1]
Konzentrationsfaktor Boden:	$\lambda_B$	1,009	1,011	---	[1]

*Druckverteilung am Rohrumfang:*

vertikale Gesamtlast:	$q_v$	81,73	81,68	---	kN/m <sup>2</sup>
Seitendruck:	$q_h$	5,64	5,64	---	kN/m <sup>2</sup>
Bettungsreaktionsdruck (Erdlasten):	$q^*_h$	56,07	58,35	---	kN/m <sup>2</sup>
Bettungsreaktionsdruck (Wasserfüllung):	$q^*_{hw}$	0,70	1,04	---	kN/m <sup>2</sup>

**Zwischenergebnisse für Lastfall 2**

Bezeichnung:	Stelle mit minimaler Überdeckung				
<i>Rohrgeometrie:</i>					
Radius der Schwerachse der Rohrwand:	$r_m$	172,7	mm		
Korrekturfaktor für die Krümmung, innen:	$\alpha_{ki}$	1,106	[1]		
Korrekturfaktor für die Krümmung, außen:	$\alpha_{ka}$	0,894	[1]		
Perforationseinfluß:		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Verschwächungsfaktor Ringsteifigkeit:	$k_{SR}$	0,98	0,98	0,98	[1]
Verschwächungsfaktor Fläche:	$k_W$	0,80	0,80	1,00	[1]
<i>Belastung:</i>					
Grundwasserstand über Scheitel:	$h_W$	0	mm		
Spannung aufgrund Erdlast:	$P_{Erd}$	16,00	kN/m <sup>2</sup>		
Spannung aufgrund Erd- und Flächenlast:	$P_E$	916,00	kN/m <sup>2</sup>		
Spannung aufgrund Verkehrslast:	$P_V$	0,00	kN/m <sup>2</sup>		
<i>Verformungsmoduln <math>E_B</math>:</i>					
E-Modul Verfüllung unter Last:	$E_{1,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>		
E-Modul Einbettung unter Last:	$E_{20,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>		
Reduktionsfaktor für das Kriechen:	$f_1$	1,000	[1]		
Abminderungsfaktor $E_{20}$ (Grundwasser):	$f_2$	1,000	[1]		
E-Modul Einbettung (abgemindert) unter Last:	$E_{2,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>		
E-Modul anstehender Boden unter Last:	$E_{3,\sigma}$	50,00	N/mm <sup>2</sup>		
E-Modul Boden unter dem Rohr unter Last:	$E_{4,\sigma}$	12,00	N/mm <sup>2</sup>		
<i>Bodensteifigkeiten:</i>					
Korrekturfaktor für die horizontale Bettungssteifigkeit:	$\zeta$	1,000	[1]		
horizontale Bettungssteifigkeit:	$S_{Bh}$	30,000	N/mm <sup>2</sup>		
vertikale Bettungssteifigkeit:	$S_{Bv}$	50,000	N/mm <sup>2</sup>		
<i>Auflagerwinkel, wirksame Ausladung und Reibungswinkel:</i>					
Auflagerwinkel:	$2\alpha$	120	°		
wirksame Ausladung:	$a'$	1,000	[1]		
innerer Reibungswinkel:	$\phi'$	35,000	[1]		
		Kurzzeit: alle Lasten	Langzeit: Erdlasten, Verkehrslasten	Langzeit: sonstige Lasten	
<i>Rohrwerkstoffkennwerte und Ringsteifigkeit:</i>					
E-Modul Rohrwerkstoff:	$E_R$	612,0	122,4	122,4	N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung Biegezug:	$\sigma_{BZ}$	16,1	10,7	10,7	N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung Biegedruck:	$\sigma_{BD}$	16,1	10,7	10,7	N/mm <sup>2</sup>
Ringsteifigkeit des Rohres:	$S_0$	198,514	39,703	39,703	kN/m <sup>2</sup>
<i>Steifigkeitsverhältnisse:</i>					
Systemsteifigkeit:	$V_{RB}$	0,0529	0,0106	0,0106	[1]
Steifigkeitsverhältnis:	$V_S$	0,5853	0,2134	---	[1]
<i>Beiwerte:</i>					
Erddruckbeiwert (Einbettung):	$K_2$	0,400	0,400	---	[1]
Beiwert für den Bettungsreaktionsdruck:	$K^*$	0,738	1,095	---	[1]
Beiwert für vertikale Verformung:	$c_v^*$	-0,0543	-0,0298	---	[1]

*Konzentrationsfaktoren  $\lambda_R$  und  $\lambda_B$ :*

Maximaler Konzentrationsfaktor:	$\max \lambda$	1,058	1,058	---	[1]
Beiwert K':	K'	0,644	0,331	---	[1]
Startwert:	$\lambda_R$	0,965	0,815	---	[1]
unter Grabeneinfluß:	$\lambda_{RG}$	0,965	0,815	---	[1]
oberer Grenzwert:	$\lambda_{fo}$	3,880	3,880	---	[1]
unterer Grenzwert:	$\lambda_{fu}$	0,538	0,538	---	[1]
endgültiger Wert:	$\lambda_{RG}$	0,965	0,815	---	[1]
Konzentrationsfaktor Boden:	$\lambda_B$	1,012	1,062	---	[1]

*Druckverteilung am Rohrumfang:*

vertikale Gesamtlast:	$q_v$	884,10	746,55	---	kN/m <sup>2</sup>
Seitendruck:	$q_h$	372,25	390,59	---	kN/m <sup>2</sup>
Bettungsreaktionsdruck (Erdlasten):	$q_{*h}$	371,18	379,36	---	kN/m <sup>2</sup>
Bettungsreaktionsdruck (Wasserfüllung):	$q_{*hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>



### Schnittkräfte für Lastfall 1, Scheitel

		Kurzzeit	Langzeit	
Moment aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$M_{qv}$	0,614	0,614	kNm/m
Moment aufgrund Seitendruck:	$M_{qh}$	-0,040	-0,040	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$M_{qh}^*$	-0,289	-0,301	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüllung):	$M_{qw}^*$	-0,004	-0,005	kNm/m
Moment aufgrund Eigengewicht:	$M_g$	0,006	0,006	kNm/m
Moment aufgrund Wasserfüllung:	$M_w$	0,010	0,010	kNm/m
Moment aufgrund Wasserdruck:	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
Summe der Momente:	$\Sigma M$	0,297	0,283	kNm/m
Summe der Momente aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\Sigma M_{qv, qh, qh^*}$	0,285	0,272	kNm/m
Summe der Momente anderer Lasten:	$\Sigma M_{sonst}$	0,012	0,010	kNm/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma M'$	0,290	0,278	kNm/m
Normalkraft aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$N_{qv}$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Seitendruck:	$N_{qh}$	-0,943	-0,944	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$N_{qh}^*$	-5,421	-5,642	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüll.):	$N_{qw}^*$	-0,068	-0,101	kN/m
Normalkraft aufgrund Eigengewicht:	$N_g$	0,022	0,022	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserfüllung:	$N_w$	0,186	0,186	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserdruck:	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Summe der Normalkräfte:	$\Sigma N$	-6,224	-6,478	kN/m
Summe der Normalkräfte aufgrund Erd- und Verkehrsl.::	$\Sigma N_{qv, qh, qh^*}$	-6,364	-6,586	kN/m
Summe der Normalkräfte anderer Lasten:	$\Sigma N_{sonst}$	0,141	0,108	kN/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma N'$	-6,342	-6,563	kN/m

### Schnittkräfte für Lastfall 1, Kämpfer

		Kurzzeit	Langzeit	
Moment aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$M_{qv}$	-0,619	-0,618	kNm/m
Moment aufgrund Seitendruck:	$M_{qh}$	0,040	0,040	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$M_{qh}^*$	0,334	0,348	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüllung):	$M_{qw}^*$	0,004	0,006	kNm/m
Moment aufgrund Eigengewicht:	$M_g$	-0,007	-0,007	kNm/m
Moment aufgrund Wasserfüllung:	$M_w$	-0,011	-0,011	kNm/m
Moment aufgrund Wasserdruck:	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
Summe der Momente:	$\Sigma M$	-0,258	-0,242	kNm/m
Summe der Momente aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\Sigma M_{qv, qh, qh^*}$	-0,244	-0,230	kNm/m
Summe der Momente anderer Lasten:	$\Sigma M_{sonst}$	-0,014	-0,012	kNm/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma M'$	-0,251	-0,237	kNm/m
Normalkraft aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$N_{qv}$	-14,110	-14,102	kN/m
Normalkraft aufgrund Seitendruck:	$N_{qh}$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$N_{qh}^*$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüll.):	$N_{qw}^*$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Eigengewicht:	$N_g$	-0,141	-0,141	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserfüllung:	$N_w$	0,064	0,064	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserdruck:	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Summe der Normalkräfte:	$\Sigma N$	-14,187	-14,179	kN/m
Summe der Normalkräfte aufgrund Erd- und Verkehrsl.::	$\Sigma N_{qv, qh, qh^*}$	-14,110	-14,102	kN/m
Summe der Normalkräfte anderer Lasten:	$\Sigma N_{sonst}$	-0,077	-0,077	kN/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma N'$	-14,251	-14,243	kN/m

**Schnittkräfte für Lastfall 1, Sohle**

		Kurzzeit	Langzeit	
Moment aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$M_{qv}$	0,760	0,760	kNm/m
Moment aufgrund Seitendruck:	$M_{qh}$	-0,047	-0,047	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$M^*_{qh}$	-0,346	-0,360	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüllung):	$M^*_{qw}$	-0,004	-0,006	kNm/m
Moment aufgrund Eigengewicht:	$M_g$	0,008	0,008	kNm/m
Moment aufgrund Wasserfüllung:	$M_w$	0,013	0,013	kNm/m
Moment aufgrund Wasserdruck:	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
Summe der Momente:	$\Sigma M$	0,384	0,367	kNm/m
Summe der Momente aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,367	0,352	kNm/m
Summe der Momente anderer Lasten:	$\Sigma M_{sonst}$	0,017	0,015	kNm/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma M'$	0,375	0,360	kNm/m
Normalkraft aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$N_{qv}$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Seitendruck:	$N_{qh}$	-0,986	-0,987	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$N^*_{qh}$	-5,760	-5,994	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüll.):	$N^*_{qw}$	-0,072	-0,107	kN/m
Normalkraft aufgrund Eigengewicht:	$N_g$	-0,022	-0,022	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserfüllung:	$N_w$	0,410	0,410	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserdruck:	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Summe der Normalkräfte:	$\Sigma N$	-6,431	-6,701	kN/m
Summe der Normalkräfte aufgrund Erd- und Verkehrsll.:	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-6,746	-6,981	kN/m
Summe der Normalkräfte anderer Lasten:	$\Sigma N_{sonst}$	0,315	0,280	kN/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma N'$	-6,769	-7,004	kN/m

### Schnittkräfte für Lastfall 2, Scheitel

		Kurzzeit	Langzeit	
Moment aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$M_{qv}$	6,641	5,608	kNm/m
Moment aufgrund Seitendruck:	$M_{qh}$	-2,652	-2,783	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$M_{qh}^*$	-1,914	-1,956	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüllung):	$M_{qw}^*$	0,000	0,000	kNm/m
Moment aufgrund Eigengewicht:	$M_g$	0,006	0,006	kNm/m
Moment aufgrund Wasserfüllung:	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Moment aufgrund Wasserdruck:	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
Summe der Momente:	$\Sigma M$	2,081	0,875	kNm/m
Summe der Momente aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\Sigma M_{qv, qh, qh^*}$	2,075	0,869	kNm/m
Summe der Momente anderer Lasten:	$\Sigma M_{sonst}$	0,006	0,006	kNm/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma M'$	2,081	0,875	kNm/m
Normalkraft aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$N_{qv}$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Seitendruck:	$N_{qh}$	-62,277	-65,345	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$N_{qh}^*$	-35,887	-36,678	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüll.):	$N_{qw}^*$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Eigengewicht:	$N_g$	0,022	0,022	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserfüllung:	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserdruck:	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Summe der Normalkräfte:	$\Sigma N$	-98,142	-102,001	kN/m
Summe der Normalkräfte aufgrund Erd- und Verkehrsl.::	$\Sigma N_{qv, qh, qh^*}$	-98,164	-102,023	kN/m
Summe der Normalkräfte anderer Lasten:	$\Sigma N_{sonst}$	0,022	0,022	kN/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma N'$	-98,142	-102,001	kN/m

### Schnittkräfte für Lastfall 2, Kämpfer

		Kurzzeit	Langzeit	
Moment aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$M_{qv}$	-6,694	-5,652	kNm/m
Moment aufgrund Seitendruck:	$M_{qh}$	2,652	2,783	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$M_{qh}^*$	2,213	2,262	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüllung):	$M_{qw}^*$	0,000	0,000	kNm/m
Moment aufgrund Eigengewicht:	$M_g$	-0,007	-0,007	kNm/m
Moment aufgrund Wasserfüllung:	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Moment aufgrund Wasserdruck:	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
Summe der Momente:	$\Sigma M$	-1,836	-0,615	kNm/m
Summe der Momente aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\Sigma M_{qv, qh, qh^*}$	-1,829	-0,608	kNm/m
Summe der Momente anderer Lasten:	$\Sigma M_{sonst}$	-0,007	-0,007	kNm/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma M'$	-1,836	-0,615	kNm/m
Normalkraft aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$N_{qv}$	-152,640	-128,892	kN/m
Normalkraft aufgrund Seitendruck:	$N_{qh}$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$N_{qh}^*$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüll.):	$N_{qw}^*$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Eigengewicht:	$N_g$	-0,141	-0,141	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserfüllung:	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserdruck:	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Summe der Normalkräfte:	$\Sigma N$	-152,781	-129,033	kN/m
Summe der Normalkräfte aufgrund Erd- und Verkehrsl.::	$\Sigma N_{qv, qh, qh^*}$	-152,640	-128,892	kN/m
Summe der Normalkräfte anderer Lasten:	$\Sigma N_{sonst}$	-0,141	-0,141	kN/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma N'$	-152,781	-129,033	kN/m

**Schnittkräfte für Lastfall 2, Sohle**

		Kurzzeit	Langzeit	
Moment aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$M_{qv}$	8,222	6,943	kNm/m
Moment aufgrund Seitendruck:	$M_{qh}$	-3,129	-3,283	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$M^*_{qh}$	-2,290	-2,341	kNm/m
Moment aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüllung):	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Moment aufgrund Eigengewicht:	$M_g$	0,008	0,008	kNm/m
Moment aufgrund Wasserfüllung:	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Moment aufgrund Wasserdruck:	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
Summe der Momente:	$\Sigma M$	2,811	1,327	kNm/m
Summe der Momente aufgrund Erd- und Verkehrslasten:	$\Sigma M_{qv, qh, qh^*}$	2,803	1,319	kNm/m
Summe der Momente anderer Lasten:	$\Sigma M_{sonst}$	0,008	0,008	kNm/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma M'$	2,811	1,327	kNm/m
Normalkraft aufgrund vertikaler Gesamtbelastung:	$N_{qv}$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Seitendruck:	$N_{qh}$	-65,105	-68,313	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreaktionsdruck:	$N^*_{qh}$	-38,130	-38,970	kN/m
Normalkraft aufgrund horiz. Bettungsreakt. (Wasserfüll.):	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Eigengewicht:	$N_g$	-0,022	-0,022	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserfüllung:	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Normalkraft aufgrund Wasserdruck:	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Summe der Normalkräfte:	$\Sigma N$	-103,258	-107,305	kN/m
Summe der Normalkräfte aufgrund Erd- und Verkehrs-l.:	$\Sigma N_{qv, qh, qh^*}$	-103,235	-107,283	kN/m
Summe der Normalkräfte anderer Lasten:	$\Sigma N_{sonst}$	-0,022	-0,022	kN/m
Summe ohne Wasserfüllung und Druck:	$\Sigma N'$	-103,258	-107,305	kN/m

**Nachweise für Lastfallkombination 1, Kurzzeit**

Spannungsnachweis:

Rechn. Grenzspannung, Erd- und Verkehrsl., Biegezug:	$\sigma_{rech,BZ}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
Rechn. Grenzspannung, Erd- u. Verkehrsl., Biegedruck:	$\sigma_{rech,BD}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegezug:	$\sigma_{zul,BZ}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegedruck:	$\sigma_{zul,BD}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
<b>innen:</b>				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,i}$	0,643	-1,000	0,690 N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,i}$	0,037	-0,040	0,044 N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZi}$	23,63	---	21,91 [1]
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDi}$	---	15,45	---
<b>außen:</b>				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,a}$	-0,78	0,23	-0,78 N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,a}$	-0,02	0,03	-0,02 N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZa}$	---	63,05	---
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDa}$	19,90	---	19,93 [1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegezug:	erf $\gamma_{BZ}$	2,50		[1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegedruck:	erf $\gamma_{BD}$	1,50		[1]

Die errechneten Spannungs-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

Verformungsnachweis:

Rechenmodus:	linear			
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00836		[1]
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,01004		[1]
	$q_v$	$q_h$	$q_h^*$	
Verformungsbeiwert für Biegemomente:	$c_v$	-0,0893	0,0833	0,0640 [1]
Verformungsbeiwert für Normalkräfte:	$c_{Nv}$	-0,683	-0,681	-0,247 [1]
Verformungsbeiwert für Querkräfte:	$c_{Qv}$	-0,359	0,335	0,243 [1]
resultierender Verformungsbeiwert:	$c'_v$	-0,1050	0,0869	0,0687 [1]
vertikale Durchmesseränderung:	$\Delta d_v$	0,9		mm
horizontale Durchmesseränderung:	$\Delta d_h$	0,6		mm
relative vertikale Verformung:	$\delta_v$	0,27		%
zulässige Verformung:	zul $d_v$	6,00		%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Stabilitätsnachweis (linear):

vertikale Gesamtbelastung	$q_v$	81,7		kN/m <sup>2</sup>
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	$\kappa_{v2}$	0,86		[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit $q_v$	11.807,0		kN/m <sup>2</sup>
Der Beullastnachweis für Wasserdruck entfällt, da weder Grundwasser ansteht noch Unterdruck vorliegt.				
Sicherheitsbeiwert Beulen:	$\gamma_{Beul}$	144,47		[1]
erforderlicher Beul-Sicherheitsbeiwert:	erf $\gamma_{Beul}$	2,00		[1]

Die errechneten Beul-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

Nichtlinearer Stabilitätsnachweis:

- entfällt -

**Nachweise für Lastfallkombination 2, Kurzzeit**

Spannungsnachweis:

Rechn. Grenzspannung, Erd- und Verkehrsl., Biegezug:	$\sigma_{rech,BZ}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
Rechn. Grenzspannung, Erd- u. Verkehrsl., Biegedruck:	$\sigma_{rech,BD}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegezug:	$\sigma_{zul,BZ}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegedruck:	$\sigma_{zul,BD}$	16,1		N/mm <sup>2</sup>
<b>innen:</b>				
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh*,i}$	Scheitel 3,507	Kämpfer -8,557	Sohle 4,327 N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,i}$	0,017	-0,022	0,017 N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZi}$	4,56	---	3,70 [1]
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDi}$	---	1,87	---
<b>außen:</b>				
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh*,a}$	Scheitel -6,90	Kämpfer 0,61	Sohle -6,91 N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,a}$	-0,01	0,01	-0,01 N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZa}$	---	25,74	---
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDa}$	2,33	---	2,32 [1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegezug:	erf $\gamma_{BZ}$		2,50	[1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegedruck:	erf $\gamma_{BD}$		1,50	[1]

Die errechneten Spannungs-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

Verformungsnachweis:

Rechenmodus:	linear			
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00836	[1]	
Verhältnis:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,01004	[1]	
		$q_v$	$q_h$	$q_h^*$
Verformungsbeiwert für Biegemomente:	$c_v$	-0,0893	0,0833	0,0640 [1]
Verformungsbeiwert für Normalkräfte:	$c_{Nv}$	-0,683	-0,681	-0,247 [1]
Verformungsbeiwert für Querkräfte:	$c_{Qv}$	-0,359	0,335	0,243 [1]
resultierender Verformungsbeiwert:	$c'_v$	-0,1050	0,0869	0,0687 [1]
vertikale Durchmesseränderung:	$\Delta d_v$	7,6		mm
horizontale Durchmesseränderung:	$\Delta d_h$	4,3		mm
relative vertikale Verformung:	$\delta_v$	2,20		%
zulässige Verformung:	zul $d_v$	6,00		%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Stabilitätsnachweis (linear):

vertikale Gesamtbelastung	$q_v$	884,1	kN/m <sup>2</sup>
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	$\kappa_{v2}$	0,86	[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit $q_v$	11.807,0	kN/m <sup>2</sup>
Der Beulnachweis für Wasserdruck entfällt, da weder Grundwasser ansteht noch Unterdruck vorliegt.			
Sicherheitsbeiwert Beulen:	$\gamma_{Beul}$	13,35	[1]
erforderlicher Beul-Sicherheitsbeiwert:	erf $\gamma_{Beul}$	2,00	[1]

Die errechneten Beul-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

Nichtlinearer Stabilitätsnachweis:

- entfällt -

### Nachweise für Lastfallkombination 1, Langzeit

#### Spannungsnachweis:

Rechn. Grenzspannung, Erd- und Verkehrsl., Biegezug:	$\sigma_{rech,BZ}$	15,4		N/mm <sup>2</sup>
Rechn. Grenzspannung, Erd- u. Verkehrsl., Biegedruck:	$\sigma_{rech,BD}$	15,4		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegezug:	$\sigma_{zul,BZ}$	10,7		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegedruck:	$\sigma_{zul,BD}$	10,7		N/mm <sup>2</sup>
innen:				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,i}$ 0,604	-0,961	0,653	N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,i}$ 0,031	-0,035	0,038	N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZi}$ 23,74	---	21,76	[1]
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDi}$ ---	15,25	---	[1]
außen:				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,a}$ -0,76	0,19	-0,76	N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,a}$ -0,02	0,02	-0,02	N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZa}$ ---	66,99	---	[1]
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDa}$ 19,49	---	19,50	[1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegezug:	erf $\gamma_{BZ}$	2,50		[1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegedruck:	erf $\gamma_{BD}$	1,50		[1]

Die errechneten Spannungs-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

#### Verformungsnachweis:

Rechenmodus:	linear			
Verhältnis:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00836		[1]
Verhältnis:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,01004		[1]
		$q_v$	$q_h$	$q_h^*$
Verformungsbeiwert für Biegemomente:	$c_v$	-0,0893	0,0833	0,0640 [1]
Verformungsbeiwert für Normalkräfte:	$c_{N_v}$	-0,683	-0,681	-0,247 [1]
Verformungsbeiwert für Querkräfte:	$c_{Q_v}$	-0,359	0,335	0,243 [1]
resultierender Verformungsbeiwert:	$c'_v$	-0,1050	0,0869	0,0687 [1]
vertikale Durchmesseränderung:	$\Delta d_v$	1,0		mm
horizontale Durchmesseränderung:	$\Delta d_h$	0,7		mm
relative vertikale Verformung:	$\delta_v$	0,28		%
zulässige Verformung:	zul $d_v$	6,00		%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

#### Stabilitätsnachweis (linear):

vertikale Gesamtbelastung	$q_v$	81,7		kN/m <sup>2</sup>
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	$\kappa_{v2}$	0,86		[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit $q_v$	11.227,5		kN/m <sup>2</sup>
Der Beullastnachweis für Wasserdruck entfällt, da weder Grundwasser ansteht noch Unterdruck vorliegt.				
Sicherheitsbeiwert Beulen:	$\gamma_{Beul}$	137,46		[1]
erforderlicher Beul-Sicherheitsbeiwert:	erf $\gamma_{Beul}$	2,00		[1]

Die errechneten Beul-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

#### Nichtlinearer Stabilitätsnachweis:

- entfällt -

**Nachweise für Lastfallkombination 2, Langzeit**

Spannungsnachweis:

Rechn. Grenzspannung, Erd- und Verkehrsl., Biegezug:	$\sigma_{rech,BZ}$	10,7		N/mm <sup>2</sup>
Rechn. Grenzspannung, Erd- u. Verkehrsl., Biegedruck:	$\sigma_{rech,BD}$	10,7		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegezug:	$\sigma_{zul,BZ}$	10,7		N/mm <sup>2</sup>
Grenzspannung, sonstige Lasten, Biegedruck:	$\sigma_{zul,BD}$	10,7		N/mm <sup>2</sup>
<b>innen:</b>				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh*,i}$	0,077	-4,631	0,963 N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,i}$	0,017	-0,022	0,017 N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZi}$	114,66	---	10,92 [1]
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDi}$	---	2,30	---
<b>außen:</b>				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh*,a}$	-4,28	-1,58	-4,33 N/mm <sup>2</sup>
Spannung aufgrund anderer Lasten:	$\sigma_{sonst,a}$	-0,01	0,01	-0,01 N/mm <sup>2</sup>
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BZa}$	---	---	---
Sicherheitsbeiwert:	$\gamma_{BDa}$	2,50	6,82	2,47 [1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegezug:	erf $\gamma_{BZ}$	2,50		[1]
erforderlicher Sicherheitsbeiwert Biegedruck:	erf $\gamma_{BD}$	1,50		[1]

Die errechneten Spannungs-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

Verformungsnachweis:

Rechenmodus:	linear			
Verhältnis:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00836		[1]
Verhältnis:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_q$	0,01004		[1]
	$q_v$	$q_h$	$q_h^*$	
Verformungsbeiwert für Biegemomente:	$c_v$	-0,0893	0,0833	0,0640 [1]
Verformungsbeiwert für Normalkräfte:	$c_{N_v}$	-0,683	-0,681	-0,247 [1]
Verformungsbeiwert für Querkräfte:	$c_{Q_v}$	-0,359	0,335	0,243 [1]
resultierender Verformungsbeiwert:	$c'_v$	-0,1050	0,0869	0,0687 [1]
vertikale Durchmesseränderung:	$\Delta d_v$	20,0		mm
horizontale Durchmesseränderung:	$\Delta d_h$	4,4		mm
relative vertikale Verformung:	$\delta_v$	5,78		%
zulässige Verformung:	zul $d_v$	6,00		%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

Stabilitätsnachweis (linear):

vertikale Gesamtbelastung	$q_v$	746,5		kN/m <sup>2</sup>
Abminderungsfaktor für Erd-/Verkehrsl.:	$\kappa_{v2}$	0,87		[1]
kritische Beullast (Erd-/Verkehrslast):	krit $q_v$	5.367,9		kN/m <sup>2</sup>
Der Beullastnachweis für Wasserdruck entfällt, da weder Grundwasser ansteht noch Unterdruck vorliegt.				
Sicherheitsbeiwert Beulen:	$\gamma_{Beul}$	7,19		[1]
erforderlicher Beul-Sicherheitsbeiwert:	erf $\gamma_{Beul}$	2,00		[1]

Die errechneten Beul-Sicherheitsbeiwerte sind ausreichend.

Nichtlinearer Stabilitätsnachweis:

- entfällt -