

## BERICHT

**Nr. 94651937/01**

**Datum: 25.11.2019**

**Auftraggeber:** Landratsamt Schweinfurt  
Schrammstraße 1  
97421 Schweinfurt

**Auftrag vom:** 19.11.2019

**Inhalt des Auftrages:** Statische Berechnungen

**Bauort:** Deponie Rothmühle

**Bauvorhaben:** PE 100 RC Sickerwasserrohre DA 400

**Bauherr:** Landratsamt Schweinfurt  
Schrammstraße 1  
97421 Schweinfurt

**Planung:** AU Consult GmbH  
Provinstraße 52 (Gebäude 15A)  
86153 Augsburg

**Bearbeiter:** **Dipl.-Ing. Armin Stegner**

**Telefon Nr.:** +49 911 655-4843

**Telefax Nr.:** +49 911 655-4851

**E-Mail:** [armin.stegner@de.tuv.com](mailto:armin.stegner@de.tuv.com)

Dieser Prüfungsbericht umfasst 5 Textseiten und 1 Anlage.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das/die im Prüfungsbericht genannte(n) Probenmaterial/ Prüfstück.

Dieser Prüfungsbericht darf nur im vollen Wortlaut veröffentlicht werden.  
Jede Veröffentlichung in Kürzung oder Auszug bedarf der vorherigen Genehmigung durch die TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH.

Für die Auftragsabwicklung haben wir wesentliche Daten und Ihre Anschrift gespeichert.  
Der Datenschutz ist gewährleistet.

TÜV Rheinland  
LGA Bautechnik GmbH  
Statik  
Tillystraße 2  
90431 Nürnberg

Tel +49 911 655 4843  
Fax +49 911 655 4851  
Mail [bautechnik@de.tuv.com](mailto:bautechnik@de.tuv.com)

Geschäftsführung  
Dirk Fenske

Nürnberg HRB 20586  
Steuer-Nr. 241/115/90733  
Ust-IdNr. DE813835574

Web [www.tuv.com](http://www.tuv.com)

## **1 Unterlagen**

1.1 Angaben zur Baumaßnahme durch AUC telefonisch oder per Email vom 15.11.2019

### **1.2 Planunterlagen**

Plan SW08/4-09 Regelschnitt Basisabdichtung Feldtiefpunkt

Plan SW08/4-22 Schnitt A-A

Plan SW08/4-22 Schnitt B-B

Plan SW08/4-22 Schnitt C-C

### **1.3 Sonstige Unterlagen**

1.3.1 Vorläufige Bemessungsgrundsätze für Bauteile in Deponien, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, November 1995

1.3.2 SKZ / TÜV - LGA Güterichtlinie Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile in Deponien vom Juni 2017

1.3.3 ATV-Regelwerk-Abwasser-Abfall, Arbeitsblatt A 127, Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, 3. Auflage August 2000

1.3.4 ATV-Merkblatt M 127 Teil 1, Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungsleitungen für Sickerwasser aus Deponien, März 1996

1.3.5 Ausgefüllter Fragebogen zur statischen Berechnung, AU Consult vom 15.11.2019

## **2 Baubeschreibung / Inhalt**

### **2.1 Baubeschreibung**

Auf der Deponie Rothmühle werden für die Entwässerung der Deponiebasis PE-Rohre zur Sickerwasserfassung und -ableitung verlegt.

Eingebaut werden perforierte Polyethylen(PE)-Rohre mit Außendurchmesser DA 400 mm und Wanddicke 54,7 mm entsprechend SDR 7,4. Die Rohre werden über 2/3 des Umfanges mit Lochdurchmesser 12 mm im Abstand von 60 mm gelocht.

### **2.2 Inhalt**

Es werden Standsicherheitsnachweise für die Rohre geführt. Die Berechnungen erfolgen analytisch gemäß den Unterlagen 1.3.3 und 1.3.4.

## **3 Einwirkungen**

### **3.1 Ständige Einwirkungen**

Überschüttung der Rohre mit maximal 45,00 m Boden- und Abfallmaterial mit einer mittleren Wichte von 20 kN/m<sup>3</sup>

**3.2 Veränderliche Einwirkungen:**

Überfahren mit SLW 60 ab der Mindestüberdeckung von 0,50 m

**3.3 Grundwasser steht nicht an.**

**3.4 Die maximale Dauertemperatur für die Rohre wird in der Altdeponie mit 30 °C angenommen. Der Langzeitstandsicherheitsnachweis wird für 100 Jahre geführt. Ein Medienfaktor für permanente Sickerwassereinflüsse wird bei den Berechnungen der Rohre gemäß DIN 4266 mit 0,9 berücksichtigt.**

**4 Baustoffe:**

Die Rohre werden aus einem PE 100 RC Werkstoff hergestellt. Da Hersteller und Werkstoff noch nicht bekannt sind, erfolgen die Berechnungen mit Mindestwerten für PE-HD Werkstoffe, die von allen im Rohrbereich eingesetzten PE 100 RC Werkstoffen erreicht bzw. übertroffen werden.

Kriechmodul N/mm <sup>2</sup>	kurzzeitig	langzeitig (ohne Abminderungen)
	≥ 800	≥ 160

Es ist ein für die Herstellung von Druckrohren zugelassener PE 100 RC Werkstoff einzusetzen. Dies ist durch die Herstellungszeugnisse zu belegen.

**5 Einbau / Baugrund**

Die Rohre werden mit Auflagerwinkeln  $2\alpha = 120^\circ$  in der Auflagermischung M9 eingebaut und mit Kies  $\geq 2$  DA überschüttet. Auf die passgenaue Herstellung des Auflagers ist größter Wert zulegen, sie ist zu kontrollieren. Für die Bodenschichten werden unter der maximalen Auflast die folgenden Mindestwerte der Verformungsmodule angesetzt:

Filterschicht	$E_v \geq 50 \text{ N/mm}^2$
Auflager	$E_v \geq 50 \text{ N/mm}^2$
Dichtung	$E_v \geq 10 \text{ N/mm}^2$

**6 Bemessung**

Die Bemessung erfolgt elektronisch. Ein Berechnungsausdruck ist diesem Bericht als Anlage beigefügt. Darin werden Eingabewerte, Zwischenergebnisse und alle Ergebnisse dokumentiert.

Berechnet werden die Lastfälle „Kurzzeit“ für eine Mindestüberdeckung von 0,50 m und Überfahren mit SLW 60 (auch Ersatzlast für Kompaktor) und Langzeit mit der maximalen Erdüberdeckung.

### 6.1 Spannungen in N/mm<sup>2</sup>

Rohr	kurzzeitig		langzeitig	
	Zug	Druck	Zug	Druck
DA 400	0,64	-1,00	0,10	-4,63

Zulässig sind maximale Zugspannungen von  
kurzzeitig  $\sigma_{BZ, \text{kurzz.}} < 0,9 * 0,85 * 21 / 2,5 = 6,4$  maximal vorhanden 0,64  
langzeitig  $\sigma_{BZ, \text{kurzz.}} < 0,9 * 0,85 * 14 / 2,5 = 4,3$  maximal vorhanden 1,00  
und maximale Druckspannungen von  
kurzzeitig  $\sigma_{BD, \text{kurzz.}} < 0,9 * 0,85 * 21 / 1,5 = 10,7$  maximal vorhanden -4,63  
langzeitig  $\sigma_{BD, \text{kurzz.}} < 0,9 * 0,85 * 14 / 1,5 = 7,1$  maximal vorhanden 0,10

Alle Anforderungen sind eingehalten.

### 6.2 Verformungen [%]

Rohr	kurzzeitig	langzeitig
DA 400	0,27	5,78

Zulässig ist eine maximale Verformung von > 6,00 % des Durchmessers. Alle Anforderungen sind eingehalten.

### 6.3 Stabilität

Angegeben wird der Sicherheitsbeiwert.

Rohr	kurzzeitig	langzeitig
DA 400	144,5	7,2

Erforderlich ist ein Sicherheitsbeiwert > 2,00. Alle Anforderungen sind eingehalten.

## 7. Bemerkungen

7.1 Die Einhaltung der angesetzten Einbauart ist sicherzustellen.

7.2 Rohranschlüsse sind so auszuführen, dass Relativbewegungen Schacht / Rohr schadlos aufgenommen werden können.

7.3 Für alle Rohre und Schächte unter denen Abfall ansteht gilt: Bei Abfall können erhebliche Setzungen - auch Differenzsetzungen auf kurze Entfernungen - auftreten. Solche Setzungen sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Für den Einbau in Böschungen wird vorausgesetzt, dass die Böschungen standsicher sind und durch Böschungsbewegungen keine Auflockerungen in den Leitungszonen auftreten können.

## 8 Ergebnis

Aufgrund unserer Berechnungen können die Rohre wie folgt ausgeführt werden:

DA 400 mm mit Wanddicke 54,7 mm SDR 7,4 – perforiert (Lochung) mit  $\varnothing$  12 mm im Abstand von 60 mm

Gegen die Ausführung wie beschrieben bestehen aus unserer Sicht keine Bedenken.

TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH  
Statik



Dipl.-Ing. (FH) Dieter Straußberger  
Geschäftsfeldleiter

Bearbeiter:



Armin Stegner  
Dipl.-Ing.

Verteiler:  
LRA Schweinfurt  
AUC

Bericht  
1-fach+PDF  
PDF

Unterlagen  
1-fach+PDF  
PDF

Anlage Berechnungsausdruck DA 400 Seiten 1 - 16 vom 21.11.2019

**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:	v	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>

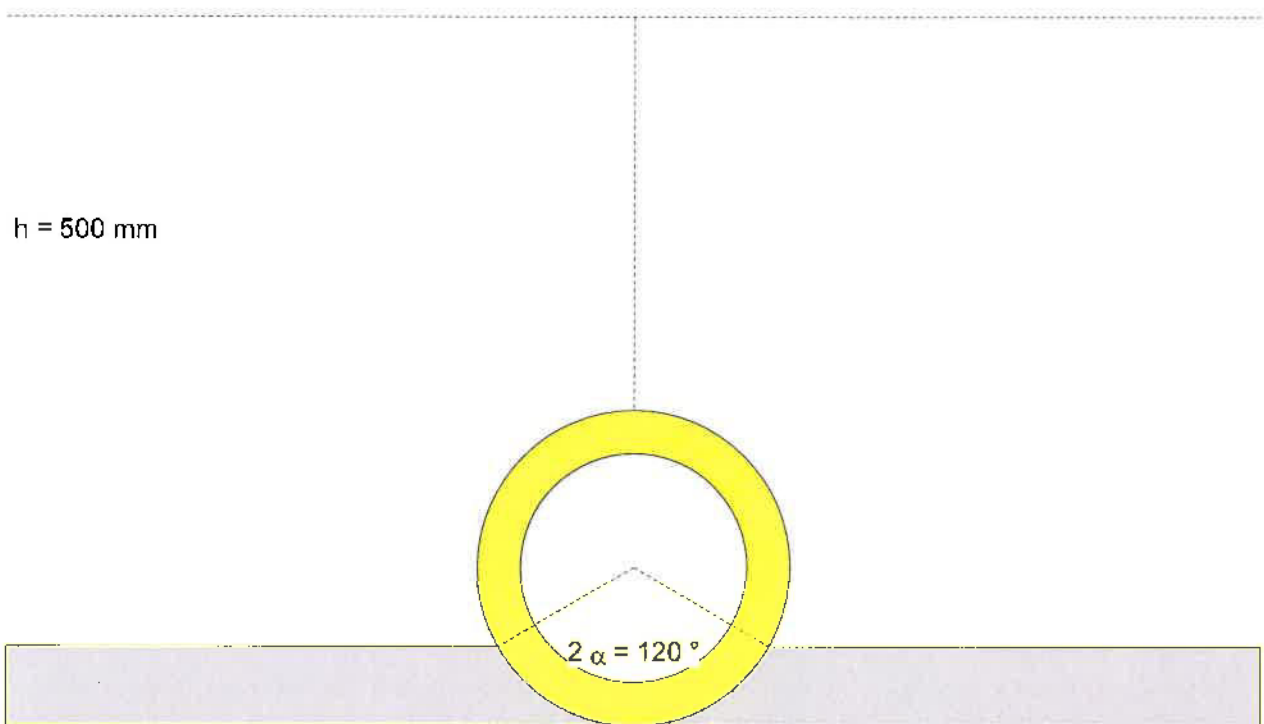
E20: Leitungszone: E-Modul:	Bodengruppe: G1 E <sub>20</sub> 50,00	N/mm <sup>2</sup>
E3: anstehender Boden: E-Modul:	Bodengruppe: G1 E <sub>3</sub> 50,00	N/mm <sup>2</sup>
E4: unter Graben:: E-Modul:	Bodengruppe: G1 E <sub>4</sub> 12,00	N/mm <sup>2</sup>

Einbau

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

Lastfall-Kombination 1

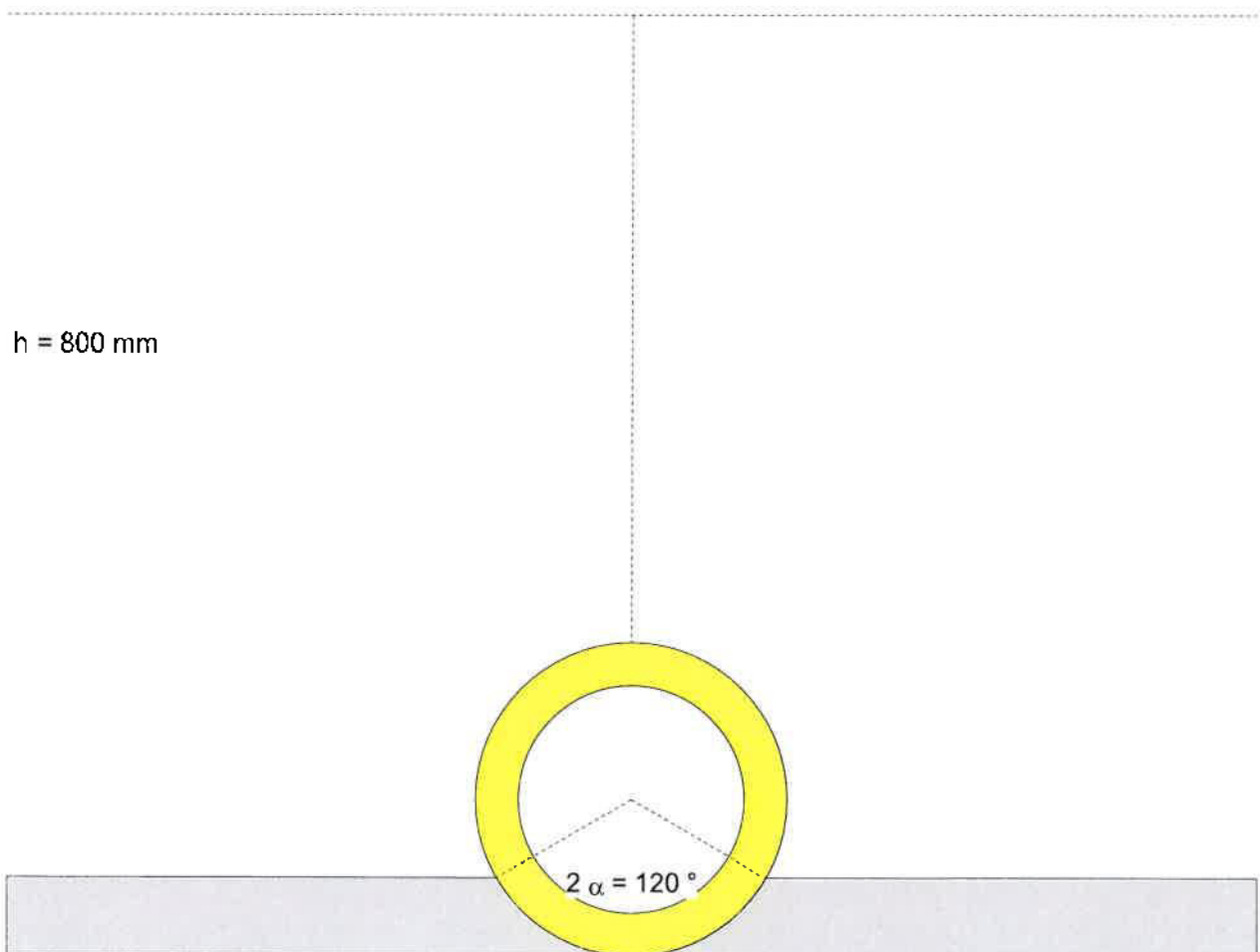
Bezeichnung:	Stelle mit maximaler Überdeckung
Überdeckungshöhe:	h            500            mm
Wichte des Bodens:	γ            20,00            kN/m <sup>3</sup>
zusätzliche Flächenlast:	P <sub>0</sub> 0,00            N/mm <sup>2</sup>
maximaler Grundwasserstand über Sohle:	h <sub>W,max</sub> 0                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:	γ <sub>F</sub> 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:	$P_0$	0,90	N/mm <sup>2</sup>
maximaler Grundwasserstand über Sohle:	$h_{W,max}$	0	mm
minimaler Grundwasserstand über Sohle:	$h_{W,min}$	0	mm
Innendruck:	$P_i$	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:				
Verschwächungsfaktor Ringsteifigkeit:	KSR	Scheitel 0,98	Kämpfer 0,98	Sohle 0,98 [1]
Verschwächungsfaktor Fläche:	KW	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 Gesamlast:	$q_v$	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 Verkehrsł.:	$\Sigma N_{qv+qh+qh^*}$	-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 Verkehrsll.:	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-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 Verkehrsll.:	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-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 Verkehrsl.::	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-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	---	[1]
<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	---	[1]
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:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	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:	$\Delta d_v$	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 Beulnachweis 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>				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,i}$	3,507	-8,557	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>				
	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,a}$	-6,90	0,61	-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:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	0,00836		[1]
Verhältnis:	$l/(A_{rad} \cdot r_m^2) \cdot \kappa_{qj}$	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>	
<b>innen:</b>					
	<b>Scheitel</b>	<b>Kämpfer</b>	<b>Sohle</b>		
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]
<b>außen:</b>					
	<b>Scheitel</b>	<b>Kämpfer</b>	<b>Sohle</b>		
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:	$I/(A_{rad} \cdot r_m^2)$	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:	$c_{N_v}$	-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 Beulnachweis 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>
innen:				
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,i}$	Scheitel 0,077	Kämpfer -4,631	Sohle 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	---
außen:				
Spannung aufgrund Erd- u. Verkehrslasten:	$\sigma_{qv,qh,qh^*,a}$	Scheitel -4,28	Kämpfer -1,58	Sohle -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]	
Verformungsbeiwert für Biegemomente:	$c_v$	$q_v$ -0,0893	$q_h$ 0,0833	$q_h^*$ 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 Beulnachweis 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 -