



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.  
Mehr Wert.**

TÜV SÜD Industrie Service GmbH · 70774 Filderstadt · Deutschland

**terraneTS BW GmbH**

Herrn Ritter  
Am Wallgraben 135

70565 S-Vaihingen

Ihre Zeichen/Nachricht vom	Unsere Zeichen/Name	Tel.-Durchwahl/E-Mail	Fax-Durchwahl	Datum/Dokument	Seite
	IS-AN3-STG/ hö Stefan Höttermann	0711 7005-533 stefan.hoettermann@tuev-sued.de	0711 7005-582	06. Juni. 2017 tnBW-Steina-SWW-Ltg. Neue-Straße	1 von 2

**Gasleitung SWW im Bereich Prinzbacher Straße in 77790 Steinach:  
Bericht zur Verträglichkeit der Belastung durch 60-Tonnen-SLW's für die Gashochdruckleitung DN 300, PN 50**

Unsere Auftragsnummer: 600 126 686

Sehr geehrter Herr Ritter,

hier meine Stellungnahme zur Berechnung der Sicherheit gegen Setzungen und Sicherheit gegen Verkehrsbelastungen durch 60-Tonnen-Schwerlastwagen auf der „SWW-Gashochdruckleitung, DN300, PN50“.

Auf Grundlage der vorgelegten erdstatischen Berechnungen des Baugrundinstituts KLC - Klipfel & Lenhardt Consult GmbH-, 79346 Endingen vom 23.05.2017 und den Unterlagen und Angaben der terraneTS BW GmbH, wurde die GHD-Leitung aus Stahl der Güte X42 mit einer durch Belastungssetzungen verursachten Biegelinie von max. 0,06 mm pro 4 m Halblänge für die „Querung 2“ und von max. 2,9 mm pro 5 m Halblänge für die „Querung 4“ nachgerechnet.

Zusätzlich wurde die höherüberschüttete Leitung „Querung 4“ mit Radlasten aus SLW60 und Überschüttungshöhen von 1,71 m nach VdTÜV-Mb. 1063 nachgewiesen. Auf die Problematik der Erschütterungen während des Baus der Straße wird hier nicht eingegangen.

Das Ergebnis ist eine ausreichende Sicherheit gegen die geforderten Grenzspannungen in den Lastfällen „Setzung mit Innendruck“ und „Radlast SLW60 mit und ohne Innendruck der Gasleitung“.

Damit kann die Leitung unter den genannten Umständen weiterhin betrieben werden.

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
USt-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuev-sued.de/impressum](http://www.tuev-sued.de/impressum)

Aufsichtsrat:  
Prof. Dr.-Ing. Axel Stepken (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Dr. Ulrich Klotz, Thomas Kainz

Telefon: +49 711 7005-260  
Telefax: +49 711 7005-582  
[www.tuev-sued.de/is](http://www.tuev-sued.de/is)  
**TÜV®**

TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Region Baden-Württemberg  
Bereich Anlagensicherheit  
Fernleitungen  
Gottlieb-Daimler-Str. 7  
70794 Filderstadt  
Deutschland



Für Rückfragen stehen wir selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen  
Abteilung Fernleitungen

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hötter', with a long, sweeping underline that extends to the right.

Stefan Höttermann

Anlagen:        Spannungsberechnungen aus Setzung (Q2 und Q4)  
                  Spannungsberechnung aus Verkehrslast (Querung 4)



Spannungsnachweis bei Setzung von: **0,006 cm** auf **4,0 m** Länge

### Berechnungsansatz eines elastisch eingespannten Trägers

#### Leistungsdaten:

$D_a = 323,9$  mm       $t = 7,1$  mm      Güte: X 42  
 PN 50

#### Berechnung:

E-Modul: 210.000 N/mm<sup>2</sup>

Innendurchmesser:  $D_i = D_a - 2t = 310$  mm

Steifigkeit:  $I = \pi/64 * (D^4 - D_i^4) = 88.693.509$  mm<sup>4</sup>

$M_{FM} = 1/2(12+24)*f*EI / L^3 = 314.308$  Nmm      50%/100%-ig eingespannt  
 -> 0 kNm

$M_{FM} \approx 80%*12*f*EI / L^3 = 167.631$  Nmm      beids. 50%-ig eingespannt  
 -> 0 kNm

Widerstandsmoment:  $W = \pi/32 * (D^4 - D_i^4) / D = 547.660$  mm<sup>3</sup>

Spannung aus Setzung:  $\sigma_{Eü} = M / W = 0,6$  N/mm<sup>2</sup>      50/100 ohne  $\gamma$

Spannung aus Innendruck:  $\sigma_{p, längs} = \gamma * q * D / 4 t$   
 $q = 5,00$  N/mm<sup>2</sup>       $1 / \gamma = 0,72$  nach DIN EN 1594, § 7.2.1

$\sigma_{p, längs} = 79$  N/mm<sup>2</sup> (DIN EN 1594)

Gesamt-Spannung in Längsrichtung:  $\sigma_{längs} = 80$  N/mm<sup>2</sup> (DIN EN 1594)

zulässige Spannung: 290 N/mm<sup>2</sup> nach API-5L / ~DIN 17172

Ergebnis: **Die zulässige Spannung ist eingehalten.**

Spannungsnachweis bei Setzung von: **0,29 cm** auf **5,0 m** Länge

### Berechnungsansatz eines elastisch eingespannten Trägers

#### Leistungsdaten:

$D_a = 323,9$  mm       $t = 7,1$  mm      Güte: X 42  
 PN 50

#### Berechnung:

E-Modul: 210.000 N/mm<sup>2</sup>

Innendurchmesser:  $D_i = D_a - 2t = 310$  mm

Steifigkeit:  $I = \pi/64 * (D^4 - D_i^4) = 88.693.509$  mm<sup>4</sup>

$M_{FM} = 1/2(12+24)*f*EI / L^3 = 9.722.582$  Nmm      50%/100%-ig eingespannt  
 -> 10 kNm

$M_{FM} \approx 80%*12*f*EI / L^3 = 5.185.377$  Nmm      beids. 50%-ig eingespannt  
 -> 5 kNm

Widerstandsmoment:  $W = \pi/32 * (D^4 - D_i^4) / D = 547.660$  mm<sup>3</sup>

Spannung aus Setzung:  $\sigma_{Eü} = M / W = 17,8$  N/mm<sup>2</sup>      50/100 ohne  $\gamma$

Spannung aus Innendruck:  $\sigma_{p, längs} = \gamma * q * D / 4 t$   
 $q = 5,00$  N/mm<sup>2</sup>       $1 / \gamma = 0,72$       nach DIN EN 1594, § 7.2.1

$\sigma_{p, längs} = 79$  N/mm<sup>2</sup>      (DIN EN 1594)

Gesamt-Spannung in Längsrichtung:  $\sigma_{längs} = 104$  N/mm<sup>2</sup>      (DIN EN 1594)

zulässige Spannung: 290 N/mm<sup>2</sup>      nach API-5L / ~DIN 17172

Ergebnis: **Die zulässige Spannung ist eingehalten.**

## Erdüberschüttung

nach VdTÜV-Merkblatt 1063 (Mai '1978)

Rohrleitung: **77790 Steinach, Prinzbacher Straße:**

Straße vs. GHD

**Querung 4**

600 126 686

Rohr-Außendurchm.:	D=	323,9	mm		
Wandstärke:	t=	7,1	mm		
Auslegungs-Druck:	PN	50,0	bar	=	5 N/mm <sup>2</sup>
Stahlgüte:	X 42	->	f <sub>y</sub>	=	290 N/mm <sup>2</sup>
Sicherheit, Zug:	1,6	->	max <sub>sigma</sub>	=	181 N/mm <sup>2</sup>



### 2. Geltungsbereich

$s / D = 0,022 > 0,01$  üblicherweise KEINE Einschränkung bei  
Überschüttungshöhen zwischen 1 und 6m

### 3. Lastannahmen

$E_b = 70 \text{ N/mm}^2$  aus Tabelle für: Sand, dicht

$E_R = 210.000 \text{ N/mm}^2$

$r_m = 158 \text{ mm}$   $r_i = 155 \text{ mm}$

$n = E_b / E_R * (r_m / t)^3 = 3,7 > 1$  Der umgebende Boden ist steifer als das Rohr

#### 3.1.1 Erdauflast beim Rohr ohne Innendruck

Überschüttungshöhe:  $H = 1,71 \text{ m}$

Grabenbreite:  $B_g \leq 2,00 \text{ m}$  (ungünstigst)

Erd-Reibungswinkel:  $\phi' \geq 18^\circ$  aus Tabelle für: Löß (ungünstigst)

$\tan \phi' = 0,32$

Erd-Eigengewicht:  $\gamma \leq 21 \text{ kN/m}^3$  aus Tabelle für: Löß (ungünstigst)

$A = 0,87$  aus Bild 2 / Damm: 1,0

Erd-Auflast:  $q_1 = A * \gamma * H = \underline{31 \text{ kN/m}^2}$  (1)

#### 3.1.2 Erdauflast beim Rohr mit Innendruck

$A = 1,0$

Erd-Auflast:  $q_1 = A * \gamma * H = \underline{36 \text{ kN/m}^2}$

### 3.2 Verkehrslast

ruhende Pressung:  $p_v = 52 \text{ kN/m}^2$  aus Bild 4, SLW 60

Stoßfaktor:  $\psi = 1,18$  nach DIN 4033

$q_2 = \psi * p_v = \underline{61 \text{ kN/m}^2}$

### 3.3 Gesamtlast

$q = q_1 + q_2 = 92 \text{ kN/m}^2$   $0,09 \text{ N/mm}^2$  max. (Rohr ohne Innendruck)

$q = q_1 + q_2 = 97 \text{ kN/m}^2$   $0,10 \text{ N/mm}^2$  max. (Rohr mit Innendruck)

= 0,97 bar

### 3.4 Seitlicher Erddruck

Ruhedruckbeiwert  $\lambda = 0,5$  ohne nachgewiesene höhere Verdichtung

### 4. Lastverteilung

$q_0, \text{ oben} = 97 * [ 0,75 + ( 0,25 * 1 ) ] = 97 \text{ kN/m}^2$  max. (Rohr mit Innendruck)

$q_0, \text{ seitlich} = 97 * [ 0,75 + ( 0,25 * -1 ) ] = 48,5 \text{ kN/m}^2$  max. (Rohr mit Innendruck)

Scheitelordinate  $q_0 = ( 3 / 2,5 ) * 97 = 116 \text{ kN/m}^2$  (7)

=  $0,12 \text{ N/mm}^2$

#### 5.1 Ermittlung der Biegemomente

$M_{(ob)} = 0,08 * 0,12 * 25.091 = 243 \text{ Nmm/mm}$  (8a)

$M_{(seitl)} = 0,08 * 0,12 * -25.091 = -243 \text{ Nmm/mm}$  (8a)

$M_{(un)} = 0,08 * 0,12 * 25.091 = 243 \text{ Nmm/mm}$  (8a)

$M_{(ob)} = 0,10 * 0,10 * 25.091 = 243 \text{ Nmm/mm}$  (8b)

$M_{(seitl)} = 0,10 * 0,10 * -25.091 = -243 \text{ Nmm/mm}$  (8b)

$M_{(un)} = 0,10 * 0,10 * 25.091 = 243 \text{ Nmm/mm}$  (8b)

## 5.2 Ermittlung der Normalkräfte

$$\begin{aligned} N_{(ob)} &= -0,7 * 0,12 * 158 = - 12 \text{ N/mm} & (10a) \\ N_{(seitl)} &= -0,8 * 0,12 * -158 = 15 \text{ N/mm} & (10a) \\ N_{(un)} &= -0,7 * 0,12 * 158 = - 12 \text{ N/mm} & (10a) \end{aligned}$$

$$N_{max, ob/un} = -0,8 * 0,10 * 158 = - 12 \text{ N/mm} \quad (10b)$$

$$N_{max, seitl.} = 0,10 * 158 = 15 \text{ N/mm} \quad (10c)$$

## 6.1 Ermittlung der Spannungen

$$W = 8 \text{ mm}^3/\text{mm}$$

$$\text{sig}_{max, Druck} = -2,2 - 0,6 \cdot 498 \cdot 0,097 = 26,8 \text{ N/mm}^2 \quad (12)$$

$$\text{sig}_{max, Zug} = -1,7 + 0,6 \cdot 498 \cdot 0,097 = -30,7 \text{ N/mm}^2 \quad (13)$$

$$\text{sig}_{max} = \underline{31} \text{ N/mm}^2$$

$$< \text{max}_{sigma} = 181 \text{ Maximalspannung eingehalten}$$

## 6.2 Ermittlung der Rohrverformung (drucklos)

$$v = 0,3$$

$$\Delta d_{h,v} / d_a = 1,82 \cdot 0,2 \cdot 11104,3 \cdot \text{#####} = 0,06\% \quad \text{Querkontraktionszahl} < 3,0\% \quad \text{Verformung eingehalten}$$

## 7.1 Biegemoment unter Berücksichtigung des Innendruckes

$$p_1 = 5 - 0,9 \cdot 0,097 = 4,91 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{a} = 0,53$$

$$f_{\lambda} = 0,94427 \cdot 0,98898 = 0,93$$

$$p_K = 57692,3 \cdot 0,000 = 5,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 0,762 \cdot 0,95 = 0,72$$

$$M_p = 0,50 \cdot 0,58 \cdot 0,20 \cdot 25090,6 \cdot 0,097 = 141,47 \text{ Nmm/mm} \quad (15)$$

## 7.2 Normalkraft unter Berücksichtigung des Innendruckes

$$N_{(ob)} = 774 - 0,90 \cdot 0,10 \cdot 15,4 = 762 \text{ N/mm} \quad (18)$$

$$N_{(seitl)} = 774 - 0,90 \cdot -0,10 \cdot 15,4 = 759 \text{ N/mm} \quad (18)$$

$$N_{(un)} = 774 - 0,90 \cdot 0,10 \cdot 15,4 = 762 \text{ N/mm} \quad (18)$$

## 7.3 Spannung unter Berücksichtigung des Innendruckes

$$\text{sig}_{max, Zug} = 109 \cdot 1,7 \cdot 17 = \underline{124} \text{ N/mm}^2 \quad (19a)$$

$$< \text{max}_{sigma} = 181$$

Berücksichtigung der Einzelsicherheiten: Normalkraft 1,5 / Biegung 1,1

$$N / F = 109 \cdot 1,7 = 107 \text{ N/mm}^2$$

$$M / W = 1,74 \cdot 0,20 \cdot 48 = 17 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{sig}_y, \text{Zug/Biegung} = 161 + 18,5 = \underline{179} \text{ N/mm}^2 \quad (21)$$

$$< f_y = 290 \text{ Streckgrenze eingehalten}$$