

# SYMPOSIUM GRABENLOS

DIE DIALOGPLATTFORM DER GRABENLOSEN BRANCHE



## Schlauchlining im Grenzbereich – große Deformationen

DI Markus Maletz

# Inhalt

- Schlauchlining – eine Erfolgsstory
- Statische Berechnung nach DWA-A 143-2
  - Altrohrzustände I bis III
  - Sonderfall: Altrohrzustand IIIa
  - Grenzwerte
- Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse
  - Allgemeines
  - Vorhandene Verformungen
  - Bodenkennwerte
  - Berechnungen
  - Bauausführung
- Zusammenfassung

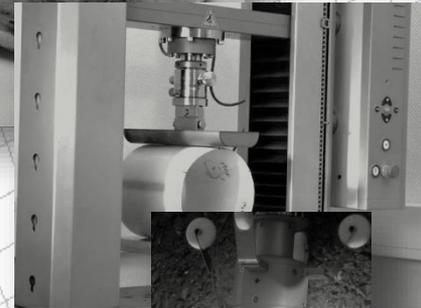
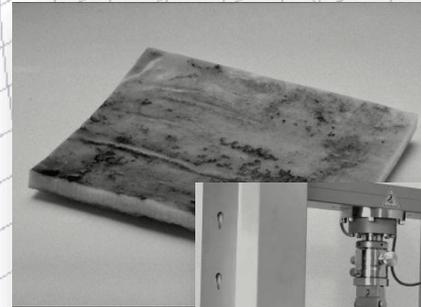
# Schlauchlining – eine Erfolgsstory

## ■ Cured In Place Pipe – ein Erfolgsmodell seit 1971

- Warmhärtung
- UV-Härtung
- Kalt-/Schnellhärtung

## ■ Voraussetzungen

- Vorhandensein des Gewölbes
- Hydraulisch ausreichender Querschnitt
- Verformung < 6-8 %
- thermische u. chemische Resistenz des Harzsystems



Quelle: Insituform Rohrverlegetechnik GmbH

## Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

### ■ Historie: ATV-DVWK-A 127

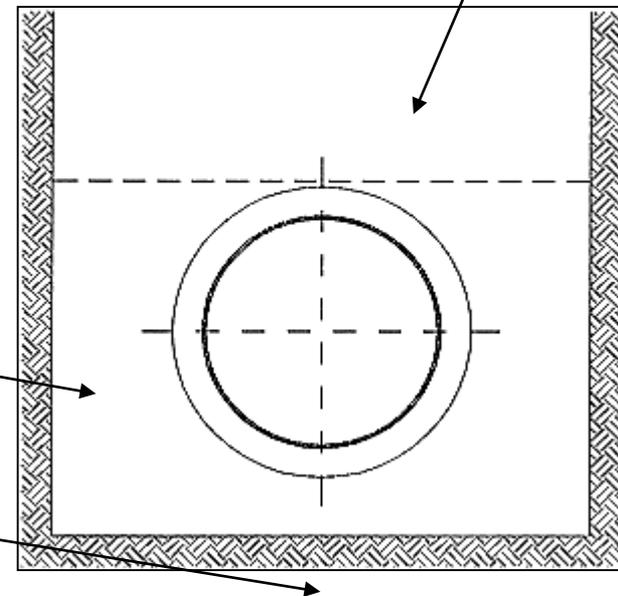
- Lastfälle standsicher und nicht standsicher
- Annahme konsolidierter Boden  $E_1 = E_2 = E_3 = E_4$
- Entfall der Reibung an den Grabenwänden

anstehender Boden neben dem Graben  
bzw. eingebauter Boden neben der  
Leitungszone  $E_3$

**Leitungszone seitlich des Rohres  $E_2$**

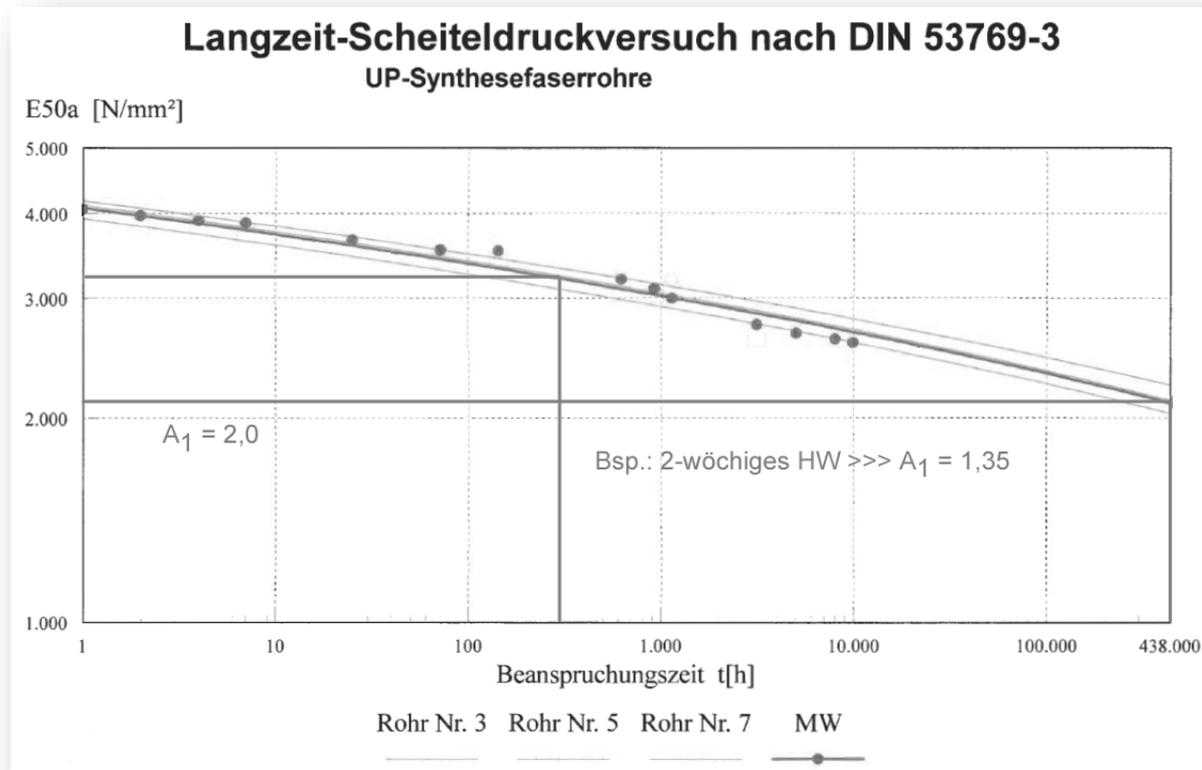
Boden unter dem Rohr  
(Baugrund)  $E_4$

Überschüttung über  
dem Rohrscheitel  $E_1$



## Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

- Langzeit-Materialkennwerte durch Untersuchungen
  - Erster Zeitstandversuch 1987 (B.A.M. Berlin)

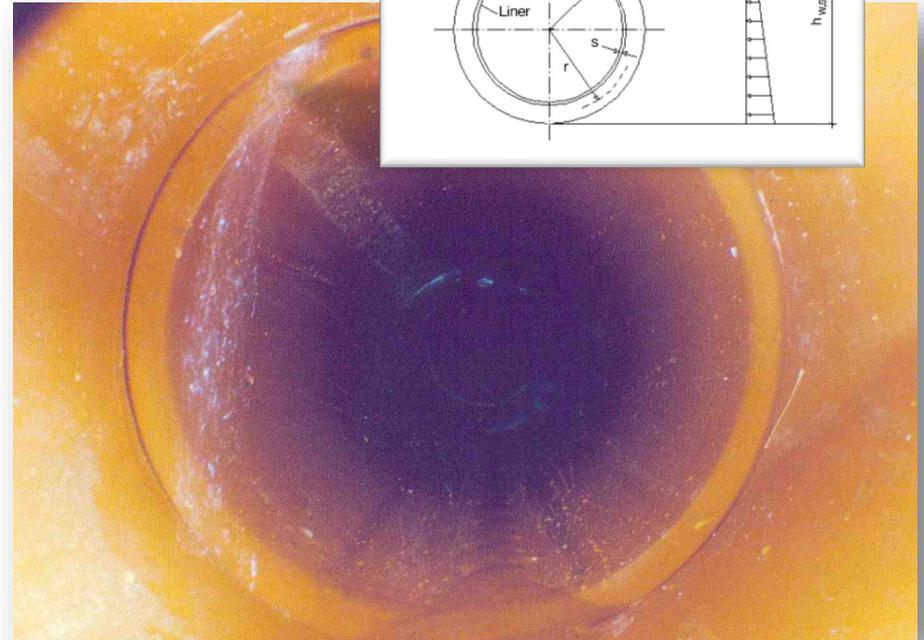


Quelle: SKZ - Das Kunststoff-Zentrum

# Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

## ■ Zustand I

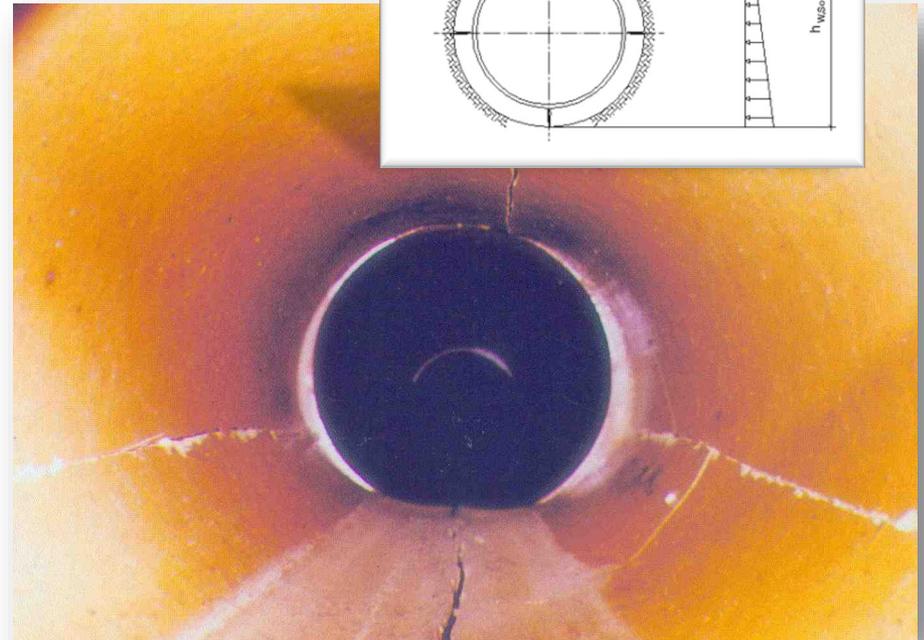
- Altrohr ist allein tragfähig
- keine Risse in Längsrichtung
- Haarrisse in Querrichtung möglich
- Bemessung einer Auskleidung nur auf Grundwasserdruck



# Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

## ■ Zustand II

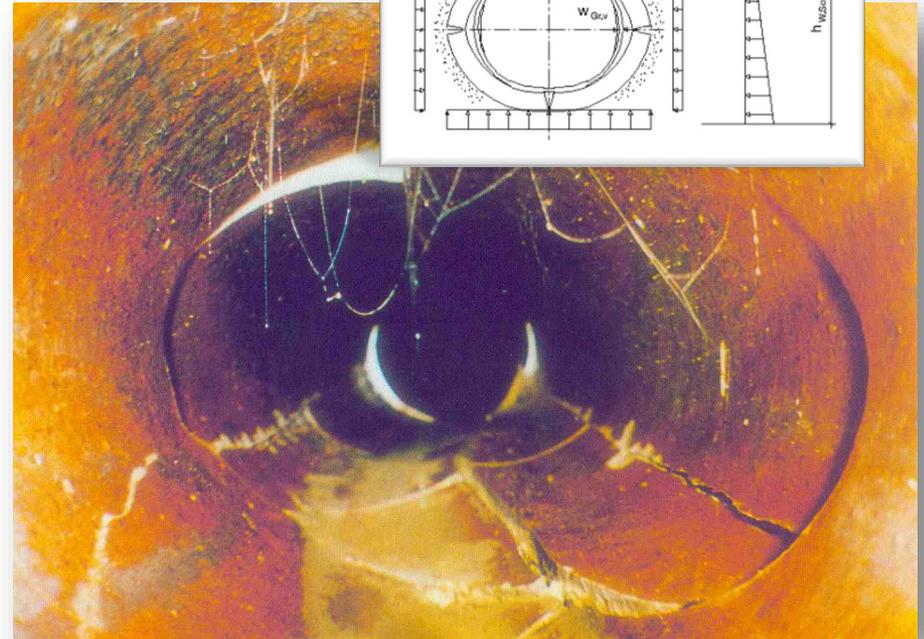
- Altrohr-Boden-System ist tragfähig
- (4)durchgehende Risse in Längsrichtung
- Überprüfung der Bettung erforderlich
- Bemessung einer Auskleidung nur auf Grundwasserdruck



# Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

## ■ Zustand III

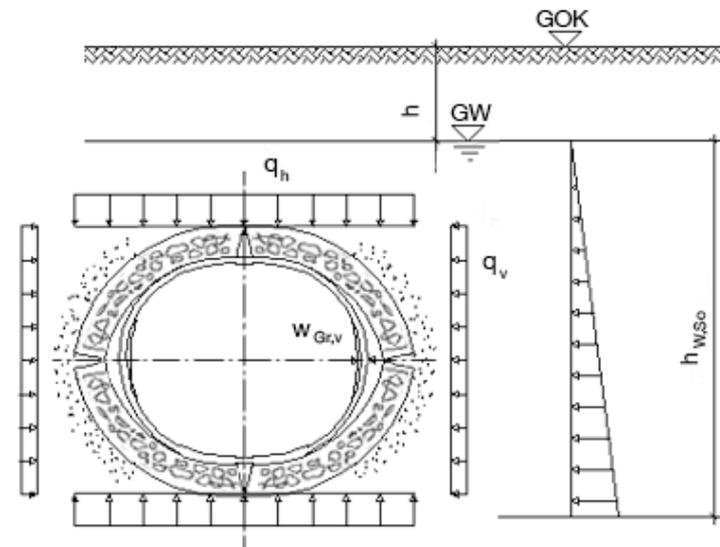
- Altrohr-Boden-System ist nicht mehr tragfähig (langfristig)
- Risse in Längs- und Querrichtung; Scherbenbildung
- größere Deformationen vorhanden ( $> 3-5\%$ )
- Bemessung einer Auskleidung auf Grundwasserdruck sowie Erd- u. Verkehrslasten



# Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

## ■ Zustand IIIa

- wie Zustand III, jedoch können in den Gelenken keine Druckkräfte mehr übertragen werden
- Betongüte < C 8/10
- Mauerwerksfestigkeit < II
- Altrohr als „Kies“

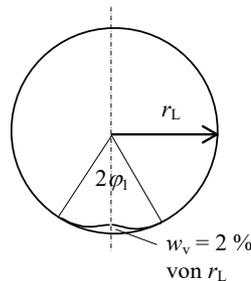


Altrohrzustand IIIa nur **informativ** (Anhang K)

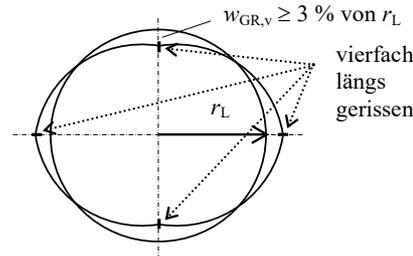
## Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

### ■ Imperfektionen allgemein

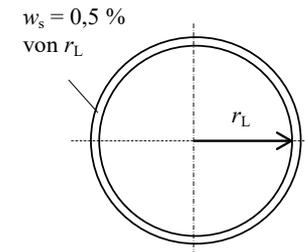
- Bsp.: Kreisprofile



örtliche Vorverformung  $w_v$



Gelenkringvorverformung  $w_{GR,v}$   
(Ovalisierung)

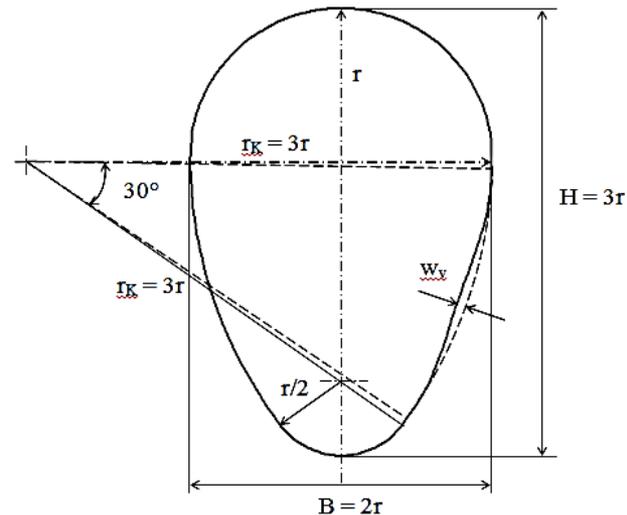


Spaltbildung  $w_s$

# Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

## ■ Imperfektionen allgemein

- Bsp.: Eiprofile (2:3)
- 3 Radien
- Spaltweite bezieht sich auf Scheitelradius
- örtl. begrenzte Vorverformung bezieht sich auf Kämpferradius



# Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

## ■ Verformungen

- Gebrauchstauglichkeitsnachweis ( $\gamma_F = \gamma_M = 1,0$ )
- Ermittlung der elastischen Verformungen
- $w_v$  (örtlich begrenzte Vorverformung);  
Addition im Zustand I und II zu 50%
- $w_{Gr,v}$  (Gelenkringvorverformung);  
Addition im Zustand II und III zu 100%

## ■ Gesamtverformung:

$$\delta_v = \delta_{v,e} + \frac{\omega_v}{2} + \omega_{Gr,v}$$

# Statische Berechnung nach DWA-A 143-2

## ■ Verformungsnachweis:

- $\delta_{v,ges} \leq 10\%$  (Anhaltswert!)

mit  $\delta_{v,el} \leq 3\%$  (Wasserdruck)

und

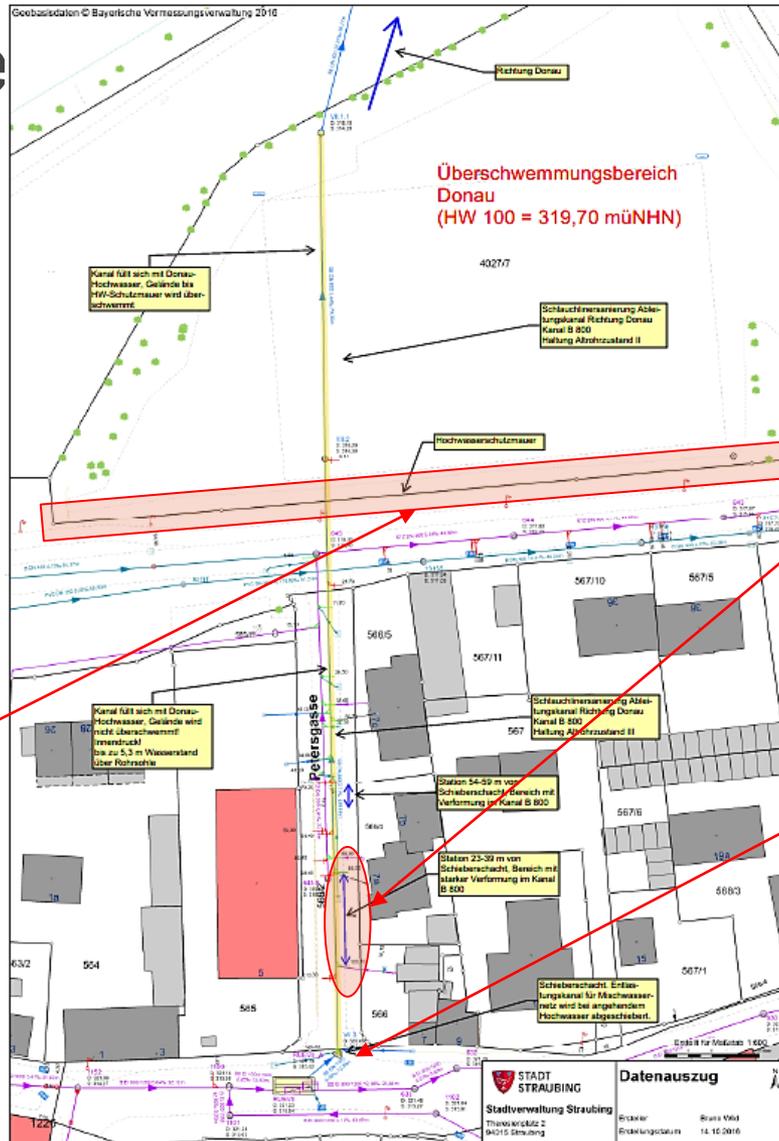
$\delta_{v,el} \leq 6\%$  (Erd- u. Verkehrslasten)

(Grenzwerte!)

## Baustelle

■ Lageplan

## ung Petersgasse



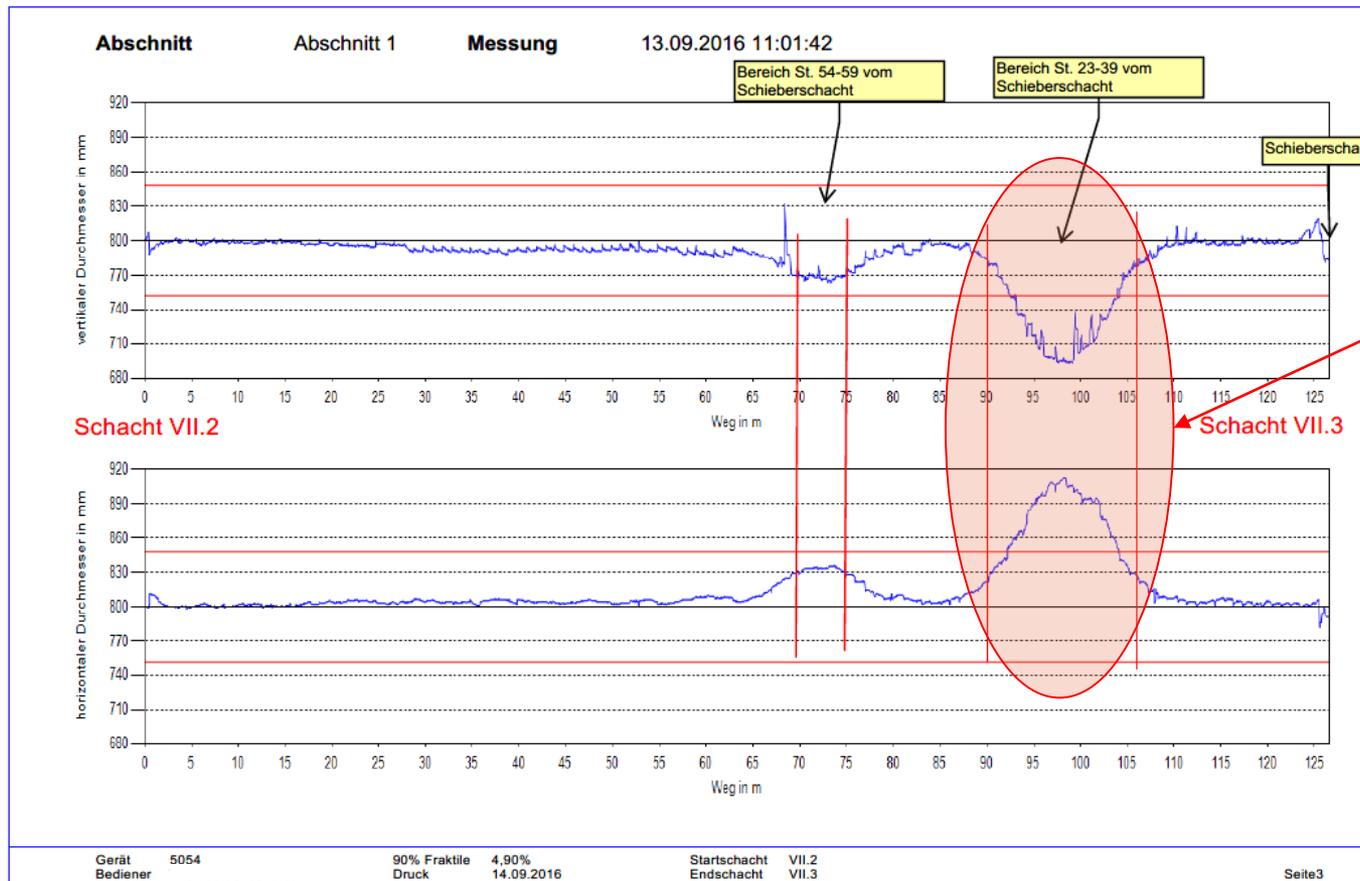
Bereich mit höheren Deformationen

Hochwasser-schutzmauer

Schieber-Schacht

## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

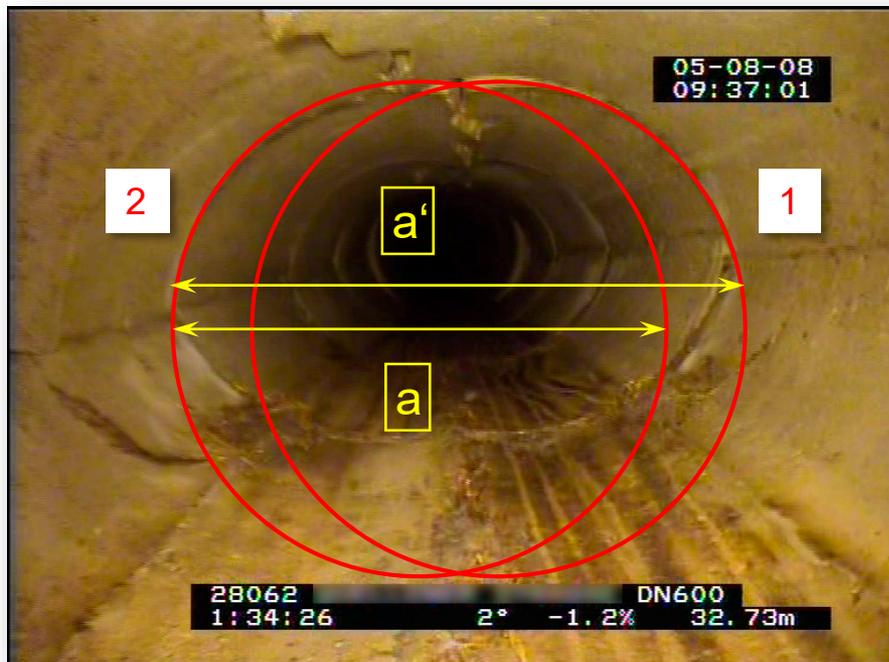
### ■ Vorhandene Verformungen



Bereich mit höheren Deformationen

## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

- Ermittlung der Gelenkringvorverformung nach Methode B aus DWA-A 143-2



Aus Skizze ermittelt:

$a = 6,5 \text{ cm}$

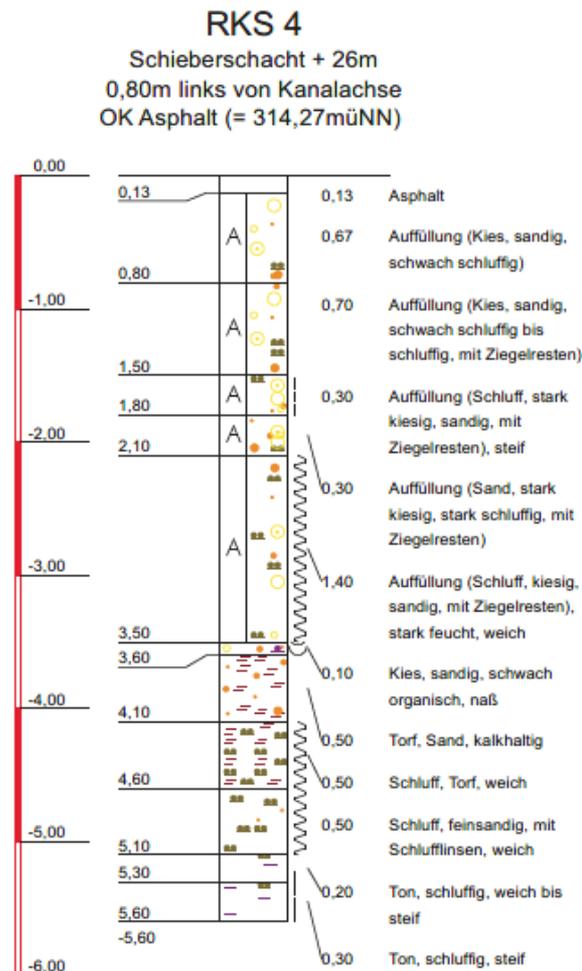
$a' = 7,6 \text{ cm}$

$$\omega_{Gr,v} = \frac{a' - a}{a} \cdot 100 \%$$

**$\omega_{Gr,v} \approx 17 \%$  !!!**

## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

### ■ Bodenkennwerte



## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

- Homogenbereiche  
A und B

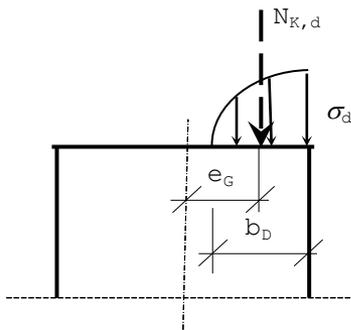
Straße	Oppelnerstraße		Petersgasse		
	1	2	1	2A	2B
Bodengruppe (ATV A 127)	<b>G 2</b>	<b>G 4</b>	<b>G 2</b>	<b>G 3</b>	<b>G 4</b>
Böden	GW, GU	UL-UM	GW, GU	GU-GU*, UL-TM, HN	UL-TM, GU*, HN
Höhenbezug: [m u. OKStr]	0,06 - 3,50	1,60 - 1,90	0,13 - 1,50	1,50 - 4,10	4,10 - 5,60
Höhenbezug: [m.ü.NN]	318,4 – 315,0	316,9 – 316,6	314,1 – 312,7	312,7 – 310,1	310,1 – 308,7
Wichte, erdfeucht cal $\gamma$ in kN/m <sup>3</sup>	19,0 – 21,0	18,0 - 20,0	19,0 – 21,0	15,0 - 20,0	
Wichte u. Auftrieb cal $\gamma'$ in kN/m <sup>3</sup>	10,0 – 11,0	8,0 - 10,0	10,0 – 11,0	5,0 - 10,0	
Reibungswinkel cal $\phi$ in Grad	30,0 - 32,5	20,0 - 22,5	30,0 – 32,5	20,0 – 25,0	
Kohäsion cal $c'$ in kN/m <sup>2</sup>	0	2	0	0 - 2	
Verformungsmodul $E_B$ in MN/ m <sup>2</sup>	bis 317,5müNN: 20 ab 317,5müNN: 4	2,0	14	2,0 – 3,0	0,8 – 1,0

Tabelle 2: Berechnungswerte

# Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

## ■ Altrohr-Spannungen

- im Zustand III ein **MUSS**, im Zustand II eine **KANN**-Regelung
- parabelförmiger Spannungsverlauf über  $b_D$



$$\sigma_d = 1,5 \cdot N_{K,d} / b_D$$

- mit  $N_{K,d} \approx -q_{v,d} \cdot (1 + \delta_h) \cdot d_a / 2$  (= Druckkraft im Kämpfer)  
und  $\delta_h \approx \delta_{Gr,v}$
- Druckzonenbreite  $b_D = 8t/3 \cdot (0,5 - e_G/t)$

## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

### ■ Altrohr-Spannungen

- $e_G/t$  ist abhängig von Zustand des Altrohres (siehe Tabelle 14 DWA-A 143-2)

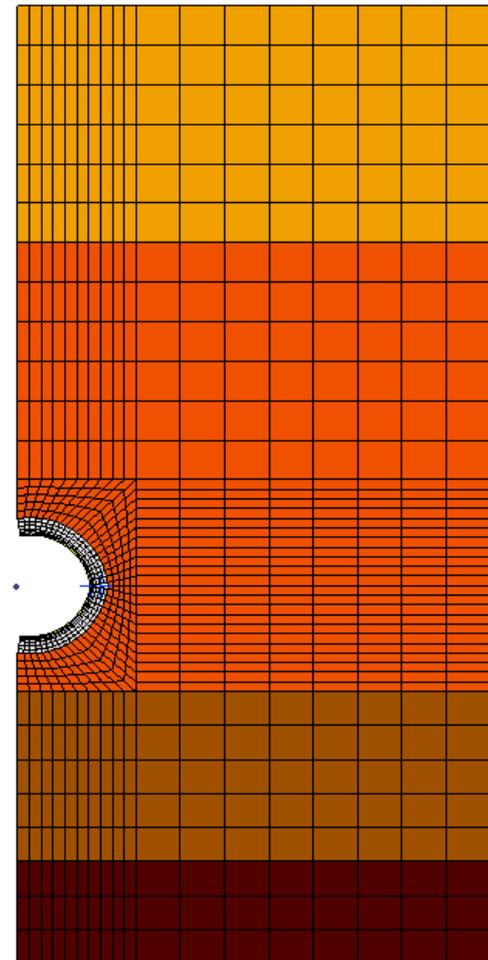
Zustand der Altrohrdruckzone im Kämpfer	Bezogene Gelenkexzentrizität $e_G/t$	Zugehörige bezogene Druckzonenbreite $b_D/t$ siehe Gl. (6.26b)	Beispiel
Starke Schädigung (sichtbare Abplatzungen, geringe Druckfestigkeit, erhebliche Korrosion)	$\leq 0,25$	0,67	
Normaler Zustand (keine oder nur geringe Abplatzungen, höhere Druckfestigkeit, geringe Korrosion)	0,35	0,40	
Guter Zustand (keine Abplatzungen, hohe Druckfestigkeit, keine Korrosion, neuwertiges Rohr)	$\leq 0,45$	$\geq 0,13$	

⇐ Regelfall

# Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

## ■ Rechenmodell

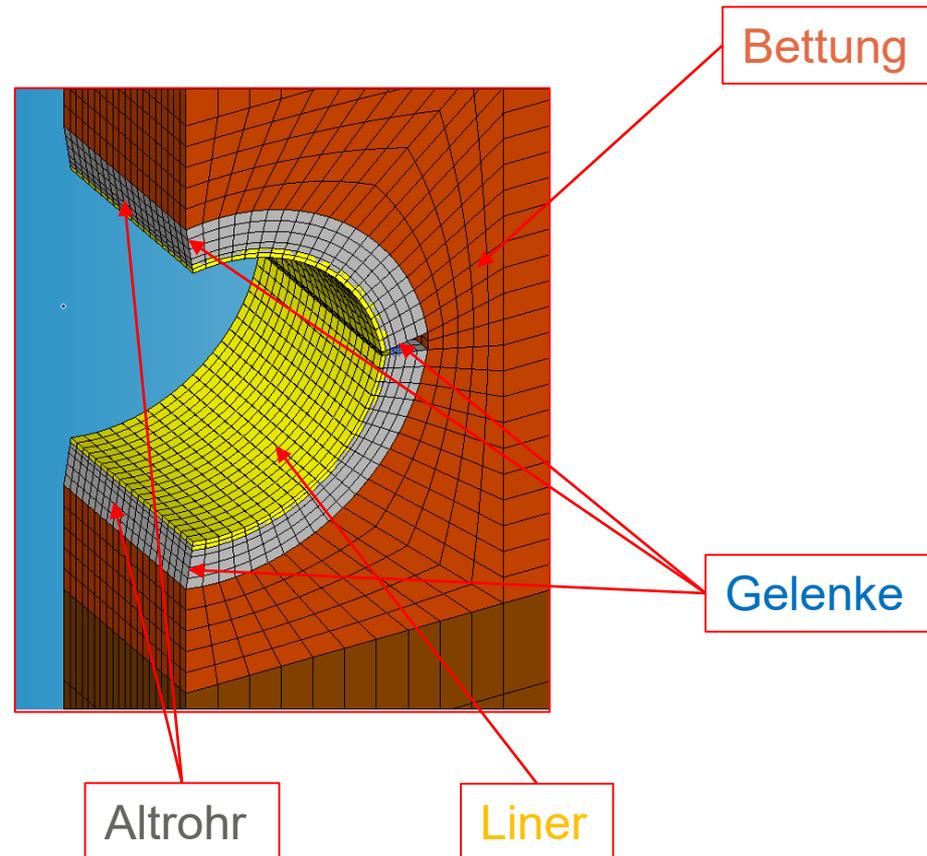
- Bodenschichten mit mech. Eigenschaften
- Altrohr mit Rissen (Gelenke) und starker Deformation
- Liner ohne Spalt  $\omega_s$  und örtl. begrenzte Vorverformung  $\omega_v$
- Ausnutzung der Symmetrie



## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

### ■ Rechenmodell - Detail

Eingangsdaten	
DN	800 mm
Altrohrzustand	III
Überdeckung	$h_{\ddot{U}} = 3,30$ m
GW ü. Sohle kurz.	$h_{W,So} = 3,00$ m
GW ü. Sohle langz.	$h_{W,So} = 1,50$ m
Innendruck	$p_i = 0,4$ bar
Verkehrslast	LM1
Ovalisierung	$\omega_{Gr,v} = 13$ % von $r_L$
Druckzonenbreite	$b_D = 66,7$ mm



## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

### ■ Rechenmodell - Detail

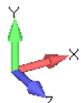
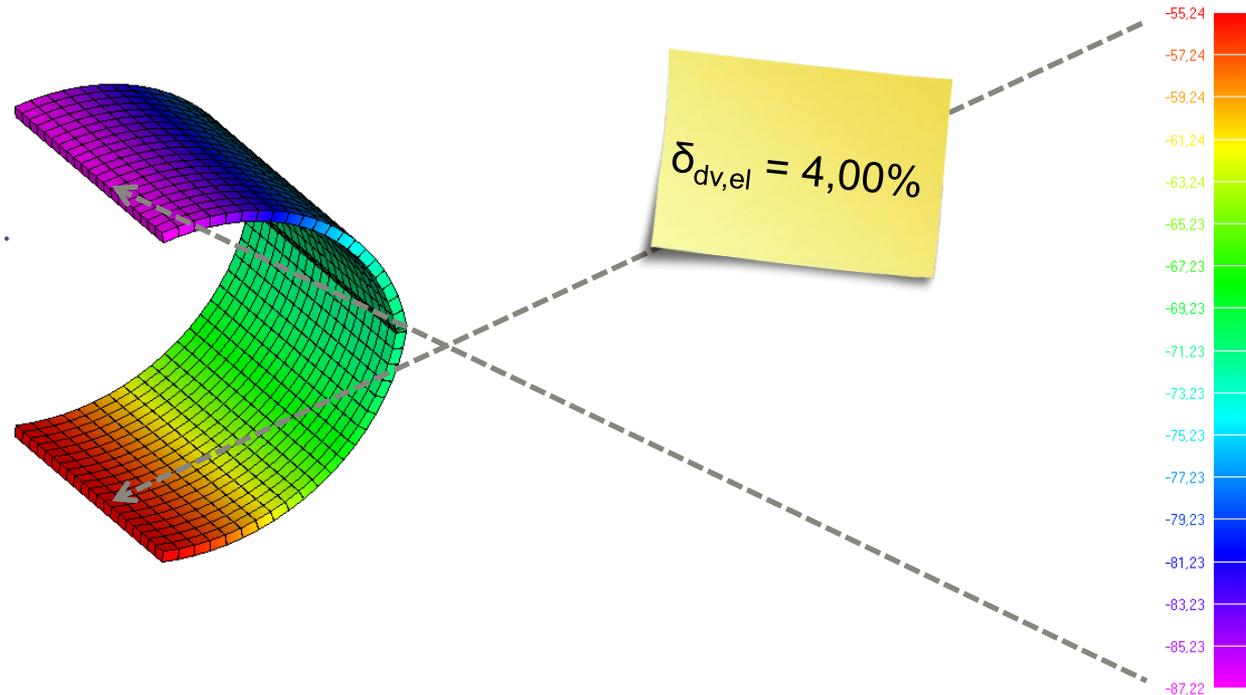
Materialkennwerte (char.) Schlauchliner	
E-Modul langz.	$E_L = 11.180 \text{ MPa}$
Wanddicke	$t_L = 20,8 \text{ mm}$
Biegefestigkeit (Zug), langz.	$\sigma_{bz} = 157,0 \text{ MPa}$
Biegefestigkeit (Druck), langz.	$\sigma_d = 157,0 \text{ MPa}$
Wichte	$\gamma_L = 15,4 \text{ kN/m}^3$
Poisson Zahl	$\mu = 0,30$



Materialkennwerte (char.) Altrohr	
E-Modul	$E_C = 30.000 \text{ MPa}$
Wanddicke	$s_R = 100 \text{ mm}$
Biegefestigkeit (Druck)	$f_c = 17,5 \text{ MPa (50 \%)}$
Wichte	$\gamma_L = 24,0 \text{ kN/m}^3$
Poisson Zahl	$\mu = 0,20$

## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

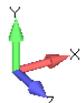
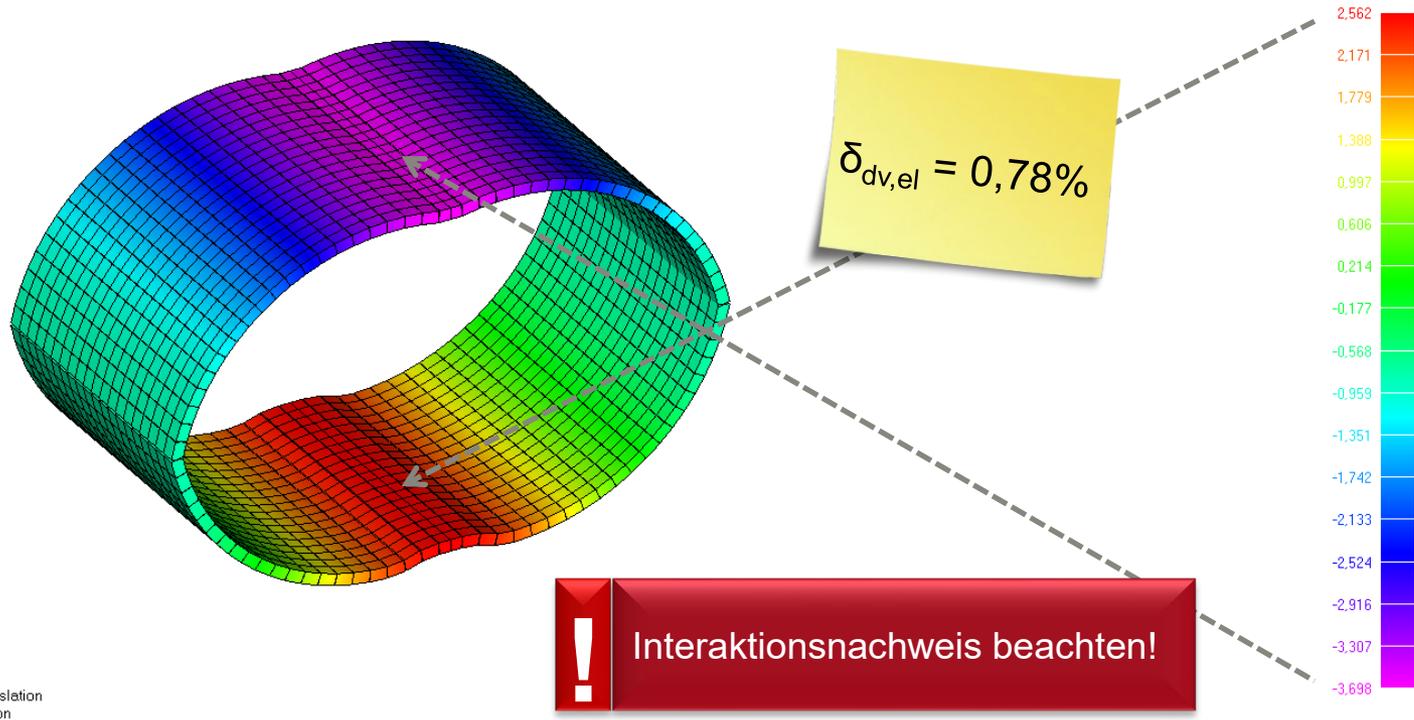
- Ergebnisse – el. Verformung y-Richtung (Erddruck/Verkehr)



Output Set: Case 10 Time 0.454545  
 Deformed(113.8): Total Translation  
 Nodal Contour: T2 Translation

## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

■ Ergebnisse – el. Verformung y-Richtung (Wasserdruck)



Output Set: Case 5 Time 0.5  
Deformed(3.698): Total Translation  
Nodal Contour: T2 Translation

**! Interaktionsnachweis beachten!**

## Baustelle Straubing – Sanierung Petersgasse

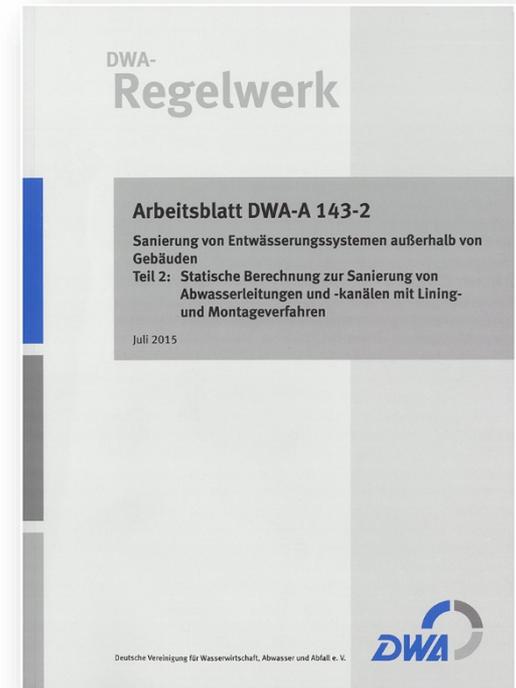
### ■ Bauausführung



Quelle: Stadt Straubing – Bruno Wild

# Zusammenfassung

- Größere Deformationen im Zustand III sind mit Schlauchliner sanierbar
- Weitere Untersuchungen erforderlich
- Erfahrenen Fachplaner einschalten
- **Grenze:** ca. 17-18 % Deformation (Erfahrungswert) bei Böden der Gruppe **G2** nach ATV-DVWK-A 127
- **Keine Garantie** auf Erfolg!
- Andere grabenlose Techniken ggf. möglich (z. B. Tight-In-Pipe)



## Ende



**Dipl.-Ing. Markus Maletz**

TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH  
Statik  
Tillystraße 2  
D-90431 Nürnberg  
Tel.: +49 911 655-4839  
Fax: +49 911 655-4851  
Mail: [markus.maletz@de.tuv.com](mailto:markus.maletz@de.tuv.com)  
Web: [www.tuv.com](http://www.tuv.com)



# SYMPOSIUM GRABENLOS

DIE DIALOGPLATTFORM DER GRABENLOSEN BRANCHE

