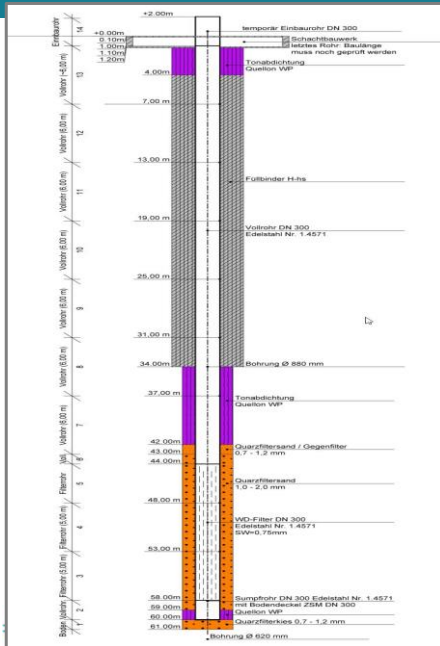


## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis



- Neubau eines Brunnens nach vorherigem Rückbau des Bestandsbrunnens
- Ursprünglicher neuer Standort musste nach Auffinden von Kontaminationen nochmals verschoben werden.
- Besonderheit: Bohrung im Stadtgebiet
- Herstellen einer aussagekräftigen Rammkernbohrung vor Errichtung.
- Ausbaubestimmung nach erfolgter Auswertung der Kornverteilung.

36

36

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis



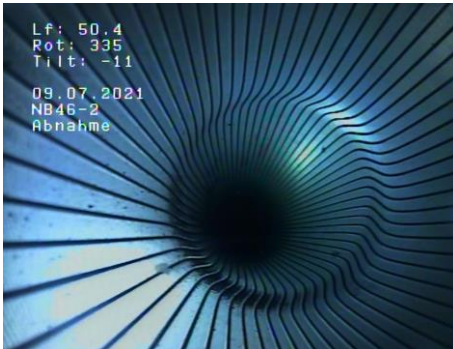
37

37

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

Ist die Funktionsfähigkeit des Brunnens gewährleistet?

Ist eine Sanierung / Ersatzneubau des Brunnens erforderlich?



Lokale Deformation in 51,0 bis 51,2 m



Verdrehung um 1 – 2 Stäbe bzw.  
1,5 bis 3 cm

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

**Zur möglichst genauen Zustandsermittlung des Bauteils erfolgte im Rahmen der Begutachtung zunächst eine Ursacheneingrenzung.**

Ein Schaden vor Einbau bzw. Herstellungsfehler kann ausgeschlossen werden:

- Abnahme im Werk unter Beisein des Schweißfachmann des Auftraggeber und der Bauleitung Auftragnehmer
- Kennzeichnung der einzelnen Rohrtouren auf Innenseite der Muffe bei Abnahme im Werk
- Abnahme auf Baustelle bei Anlieferung durch Projektleitung/Schweißfachmann Auftragnehmer und Bauleitung Auftraggeber
- Fachgerechte Lagerung vor Einbau der Rohrtour unter Bauaufsicht Auftragnehmer/Auftraggeber
- optische Einbaukontrolle der Rohrtour unter Bauaufsicht Auftragnehmer/Auftraggeber

**Die Verformungen ist durch eine Torsionsbelastung des Materials in Wickelrichtung des Wickeldrahts beim Ausbau der Hilfsverrohrung entstanden.**

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

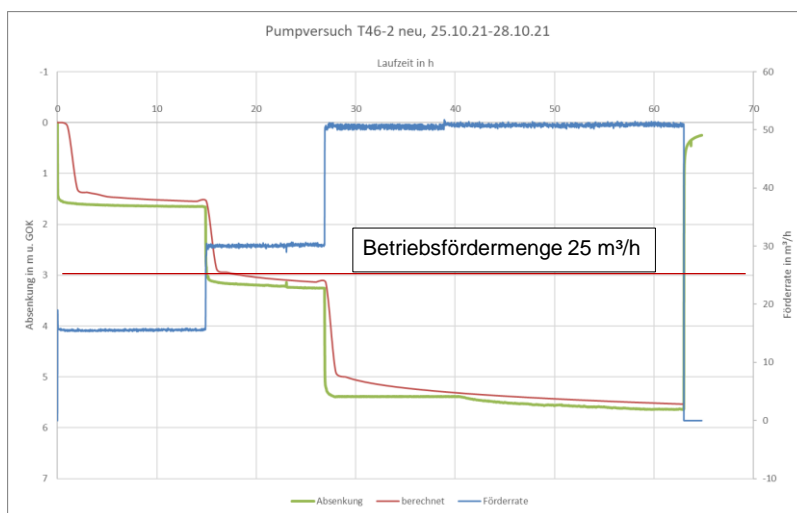
### Definition des Soll-Zustandes

Aus dem Projektziel und den anerkannten Regeln der Technik ergeben sich folgende wesentliche Anforderungen an das Bauwerk:

- **Hydraulische Funktionsfähigkeit**
  - Erreichung der geplanten Fördermenge bei Inbetriebnahme (Fassungsvermögen des Brunnens)
  - Erreichen der geforderten Sandfreiheit gem. DVGW W119
- **Mechanische Funktionsfähigkeit**
  - Standfestigkeit der Bohrung über die geplante Nutzungsdauer
  - Korrosionsbeständigkeit der Ausbauperforung des Brunnens
  - Formhaltigkeit des Brunnens (Kaliber, Ovalität)

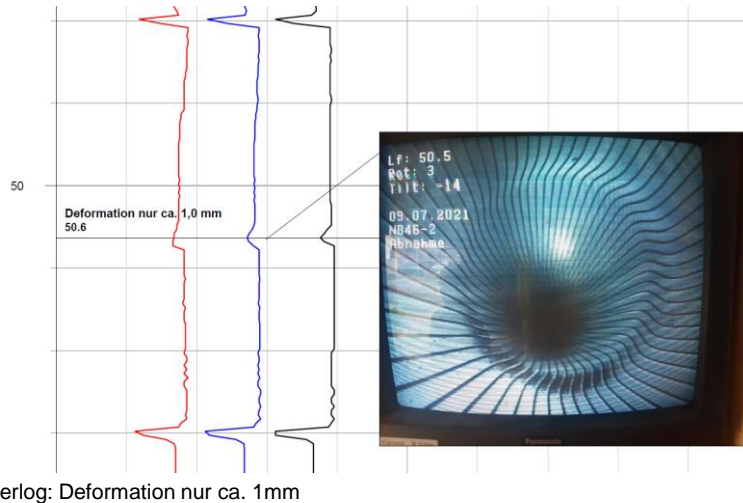
## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

### Hydraulische Funktionsfähigkeit ist nachgewiesen



## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

### Formstabilität (Ovalität, Kaliber)



Kaliberlog: Deformation nur ca. 1mm

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

### Korrosionsbeständigkeit der Ausbauperforung

- Beschädigung der Passivierungsschicht an der Außenseite des Filters
- Begutachtung ist nicht möglich

### Korrosion auf Grund der Verformung ist unwahrscheinlich, aber nicht gänzlich auszuschließen:

- 1.4571/1.4404 (V4A) ... austenitische, rostfreie Stähle mit sehr hoher Rost- und Säurebeständigkeit
- Korrosionsbeständigkeit wird durch natürliche Passivierungsschicht erreicht
- durch die sich gebildete Chromoxid-Schicht wird weitere Oxidation verhindert
- bei einer oberflächlichen Beschädigung bildet sich wieder eine neue Oxidschicht (Selbstheilung)

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

Zur Begutachtung der Funktionsfähigkeit ist nur noch der Brunnenbetrieb relevant.

- Der Brunnenbetrieb berücksichtigt auch:
  - Schaltrhythmus im Pumpbetrieb
  - Regenerierung und Sanierung
- die Beanspruchungen liegen grundsätzlich weit in der Zukunft
- die dann zum Einsatz kommenden Regenerier- / Sanierungsverfahren sind heute völlig unbekannt
- Die Belastungsrisiken werden in der Bemessung durch Sicherheitszuschläge (Faktor 1,2 ... 1,6) pauschal berücksichtigt.

Können die entsprechenden Sicherheiten auch noch für das verformte Material nachgewiesen werden?

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

### Nachweis Außendruckfestigkeit nach DVGW W118

**GWE**  
GERMAN WATER  
and ENERGY GROUP

Nachweis der Außendruckfestigkeit gem. 5.2.3 des DVGW Arbeitsblattes W 118 mit:

$$p_{\text{Außen}} = (p_{\text{Schütz}} + p_{\text{Spülung}} * n) + h_{\text{Rohr}} * \rho$$

$$= \left( 1520 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0,35 \right) + 42\text{m} * 9,81 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{mm}^3}$$

$$= 0,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 7,7 \text{bar}$$

und:

$$p_{\text{Innen}} = h_{\text{Rohr}} * p_{\text{Spülung}} * \rho$$

$$= 42\text{m} * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 9,81 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{mm}^3}$$

$$= 0,412 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 4,12 \text{bar}$$

errechnet sich der auftretende Außendruck zu:

$$p_{\text{Ist}} = p_{\text{Außen}} - p_{\text{Innen}}$$

$$= 0,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - 0,412 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$= 0,358 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 3,58 \text{bar}$$

Nachweis der Außendruckfestigkeit: (mit Herstellerangabe  $p_{\text{au}}=7,07 \text{ bar}$ )

$$\frac{p_{\text{Ist}}}{p_{\text{Ist}}} \geq 1$$

ergibt:

$$\frac{7,07 \text{bar}}{3,58 \text{bar}} = 2 \quad (\text{erfüllt})$$

Nachweis der Außendruckfestigkeit WDF: (mit Herstellerangabe  $p_{\text{au}}=7,4 \text{ bar}$ )

$$p_{\text{Ist}} = \frac{0,07 \text{bar}}{\text{m}} * h_{\text{WDF}} = 0,07 \text{bar} * 58\text{m} = 4,06 \text{bar}$$

$$\frac{p_{\text{Ist}}}{p_{\text{Ist}}} \geq 1$$

ergibt:

$$\frac{7,4 \text{bar}}{4,06 \text{bar}} = 1,9 \quad (\text{erfüllt})$$

Der Nachweis für den verwendeten Wickeldrahtfilter wurde mit einer Auslastung von 52% erfüllt.

# Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

## Beuldrucknachweis nach Wagner



### Auslegungsberechnungen Außendruckfestigkeit

Elastizitätsmodul	E	=	200000 N/mm <sup>2</sup>	
Kopfbreite Profildraht	B	=	2,6 mm	
Spaltweite	SW	=	0,75 mm	
Wirkdurchmesser Vollrohr	d <sub>s</sub>	=	315,9 mm	
Wirkdurchmesser Wickeldrahtfilter	d <sub>w</sub>	=	32,4 mm	
Red. Rohrwandstärke	t <sub>s</sub>	=	3,70 mm	Über Faktoren reduziert Rohrwandstärke
Ersatzwandstärke Profil	t <sub>e</sub>	=	4,06 mm	Zieht sich aus Profilgeometrie
Querkontraktionszahl	ν	=	0,3	Stahl

### Außendruckfestigkeit nach Wagner

$$P_{\text{Wagner}} = \frac{2}{(1-\nu^2)} \cdot E \cdot \left(\frac{t_e}{d_s}\right)^3$$

Vollrohr

$$P_{\text{Wagner}} = 2,2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_e}{d_s}\right)^3$$

$$P_{\text{Wagner}} = 0,707 \text{ N/mm}^2 = 7,07 \text{ bar}$$

Wickeldrahtfilter unter Einbindung der Ersatzwandstärke sowie der freien Eintrittsfläche

$$P_{\text{Wagner}} = 2,2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_e}{d_s}\right)^3 \cdot (1-f/100)$$

Unter Berücksichtigung der freien Filterfläche f

$$f = \frac{SW \cdot 100}{SW + B}$$

$$f = 22,39 \%$$

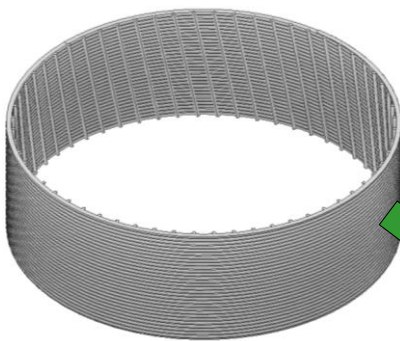
Ergibt sich eine Außendruckfestigkeit von

$$P_{\text{Wagner}} = 0,740 \text{ N/mm}^2 = 7,40 \text{ bar}$$

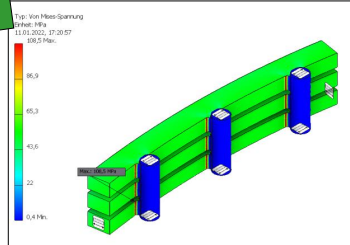
- kritischer Beuldruck ergibt sich aus: Durchmesser, Wandstärke, Elastizitätsmodul und Querkontraktionszahl
- plastische Verformung durch die Torsion hat keine Auswirkung auf die Beuldruckfestigkeit

# Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

## Einfluss der Verformung auf Außendruckfestigkeit



### FEM-Analyse eines Teilstückes



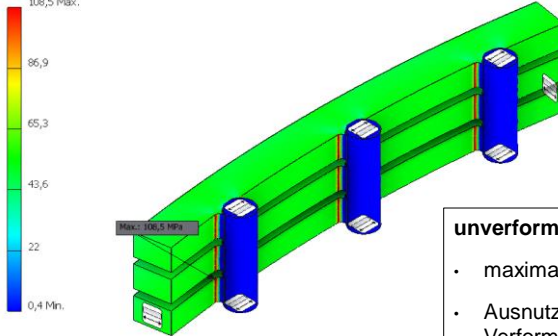
- Wickeldrahtfilter bestehend aus 1.4571 / 1.4404:
- Streckgrenze (Literaturwert): 200 N/mm<sup>2</sup>

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

### FEM-Analyse:

- kritischer Druck von  $7,4 \text{ N/mm}^2$  (Herstellerangabe) normiert auf die Außenfläche zzgl. Sicherheitszuschlag 1,6

Typ: Von Mises-Spannung  
Einheit: MPa  
11.01.2022, 17:20:57  
108,5 Max.



#### unverformt:

- maximale Spannung von  $108,5 \text{ N/mm}^2$
- Ausnutzung gegenüber plastischer Verformung **0,543**

## Beispiel – Gutachten zum Sanierungserfordernis

- Die Außendruckfestigkeit hat sich in Folge der plastischen Verformung nur unwesentlich verringert.
- Es bestehen noch erhebliche Reserven.
- Die tatsächlich auftretenden Belastungen im Betrieb sind nicht bekannt.

Typ: Von Mises-Spannung  
Einheit: MPa  
11.01.2022, 17:12:43  
116,7 Max.



**Die Funktionsfähigkeit des Brunnen ist gewährleistet.  
Sanierung oder Ersatzneubau ist nicht erforderlich.**

#### verformt:

- maximale Spannung von  $116,7 \text{ N/mm}^2$
- Ausnutzung gegenüber plastischer Verformung **0,584**