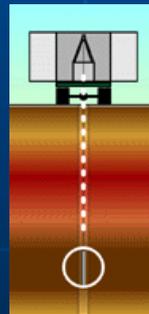


# Bohrlochgeophysikalische und optische Funktionsprüfung von Brunnen und Grundwassermessstellen

Michael Maurer, Wolfgang Voigt  
BBi – Brunnen- und Bohrlochinspektion GmbH  
Salzstr. 21  
D-39245 Gommern  
<http://www.bbi.de>



# Bohrlochgeophysikalische und optische Funktionsprüfung von Brunnen und Grundwassermessstellen

## Gliederung

- Grundlagen der Durchführung von Funktionsprüfungen
- Auswahl der bohrlochgeophysikalischen und optischen Messverfahren
- Tonsperrenachweis
- Nachweis der Dichtheit der Aufsatzrohre
- sonstige Schäden an GWM
- Auswertung der Ergebnisse, Schlußfolgerungen

## Grundlagen der Durchführung von Funktionsprüfungen

- DVGW Arbeitsblatt W 110: Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser (2015)
- Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung: Merkblatt Bau von Grundwassermessstellen (2022)
- DVGW-Arbeitsblatt W 129/2011: Eignungsprüfung von Grundwassermessstellen
- DVGW Arbeitsblatt W 135: Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen
- DVGW Arbeitsblatt W 121: Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen
- Arbeitsblatt W 112: Grundsätze der Grundwasserprobenahme aus Grundwassermessstellen

# Grundlagen der Durchführung von Funktionsprüfungen

Die bohrlochgeophysikalischen und optischen Eignungsprüfungen sind als **Element der Qualitätssicherung** zu betrachten und haben Einfluss auf die Repräsentativität der Mess- und Analysenwerte.

Nach DIN 38 402 A13 dürfen nur Grundwassermessstellen beprobt werden, deren Ausbau bekannt ist und deren Eignung nachgewiesen wurde (Filterlage, Lage, und Wirksamkeit der Dichtungen, ...).

In repräsentativen Grundwasserproben sollen sich die in-situ-Verhältnisse eines räumlichen Ausschnittes des Grundwasserleiters zum Zeitpunkt der Probennahme im Hinblick auf Konzentration, Stoffmuster der Inhaltsstoffe, Gehalt an Partikeln und Mikroorganismen sowie der physikalischen und biologischen Eigenschaften widerspiegeln (DVGW W 112).

Informationen aus dem Messstellenpass und Soll / Ist Abgleich:

- Ausbau der Grundwassermessstelle (Messstellenart) / Ausbaumaterial
- Filterart / Einfluss von Ablagerungen
- Anordnung des Filters der Messstelle im Grundwasserbereich



MESSSTELLENPASS für Grundwassermessstellen		EIGENSCHAFTEN DER MESSSTELLE (DIN 38402 A13)	
1. MESSSTELLENBEZEICHNUNG		PROJEKT / ANLAGE	
2. LAGERUNG / BEFESTIGUNG		LAGE / ANLAGE	
3. MESSSTELLENABMAß		MESSSTELLENABMAß	
4. KRITERIEN ZUR MESSUNG UND BEPROBUNG		KRITERIEN ZUR MESSUNG UND BEPROBUNG	

## Bestandteile einer Messstelle – typische Funktionalitätsfehler die mit bohrlochgeophysikalischen Methoden nachgewiesen werden können

### 1. Tonsperre:

falsche Positionierung, Material,  
falsche Dimensionierung,  
Brückenbildung

### 2. Ringraumhinterfüllung:

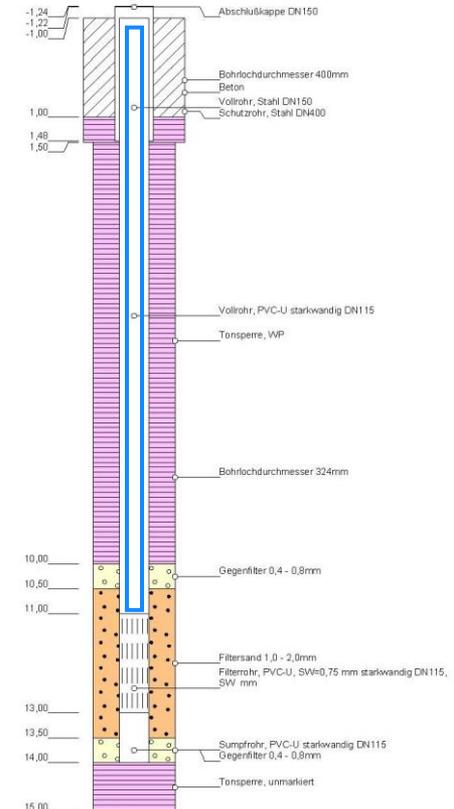
Materialdefizite, Brückenbildung

### 3. Aufsatzrohrverbinder:

Hinweise auf Undichtheiten,

### 4. Filter:

falsche Position, falsche  
Dimensionierung, Kolmation,  
Versandung, Kiesbrücken



# Auswahl des bohrlochgeophysikalischen Messprogramms und Untersuchungsergebnisse

## Bohrlochgeophysikalische Messverfahren zur Ausbaukontrolle von GWM (nach DVGW W 110)

Messverfahren / Abkürzung	Messprinzip	Messgröße [Einheit]	Einsatzzweck und –möglichkeiten bei Grundwassermessstellen
<b>Gamma-Gamma-Dichtemessung, GG-Dichte-Log (GG)</b>	radiometrisches Verfahren mit radioaktiver Quelle	Gesteinsdichte [ $\text{g/cm}^3$ ]	Filterkieskontrolle, Wanddickenunterschiede der Rohrtour, Nachweis von Inhomogenitäten in der Dichtheit von Ringraum/Gebirge
<b>Gammamessung, Gamma-Ray-Log (GR)</b>	radiometrisches Verfahren	natürliche Gammastrahlungsintensität [API oder cps]	Nachweis des Ton- bzw. Feinkornanteils im Ringraum und Gebirge → aber oft keine Trennung zwischen Gebirgseinfluss und dem Tonsperrenmaterial möglich Ermittlung der Lage von Tonsperren bei ausreichendem $\gamma$ -Strahlungscontrast
<b>fokussiertes Elektro-Log (FEL)</b>	elektrisches Verfahren	spezifischer Gesteinswiderstand [ $\Omega\text{m}$ ]	Nachweis von Leckagen bei nichtmetallischem Ausbau, in einigen Fällen auch im Stahlausbau erfolgreich, Nachweis des Filterbereiches
<b>Salinitäts-/Temperatur-Log (SAL/TEMP)</b>	elektrisch-thermisches Verfahren	Temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ] und elektrische Leitfähigkeit [ $\text{mS/cm}$ ] des Wassers	qualitative Bestimmung von Wasserzutritten und –abgängen aus definierten Rohrverbindungen
<b>Induktions-Log (IL)</b>	elektrisches Verfahren	spezifische Gesteinsleitfähigkeit [ $\mu\text{S/cm}$ ]	Nachweis von metallischen Bauteilen im Ringraum, Messung des Gesteinswiderstandes → Porositätsverfahren
<b>Magnetik-Log/ Suszeptibilität (MAL, SUSZ)</b>	magnetisches Verfahren	magnetische Suszeptibilität [API]	Tonsperrennachweis bei Verwendung von ferro-magnetischen Materialien (nur bei Kunststoffausbau)
<b>Neutron-Neutron-Log (NNL)</b>	radiometrisch Verfahren	Messung der sekundären Neutronenstrahlung [cps]	Bestimmung des Wasseranteils im Ausbau (GW-Spiegel) und im Ringraum/ Gebirge
<b>Kamerabefahrung (OPT)</b>	optisches Verfahren	-	optische Bohrloch- und Ausbaukontrolle, (Nachweis der exakten Teufenlage der Filterstrecke Erkennen von Belägen und Ablagerungen)
<b>Packerflowmeter (FLOW-P)</b>	Wasserverdrängung in den Filterbereich während der	Flügelumdrehung [cps]	Nachweis der hydraulischen Wirksamkeit des Filters und des Filterkieses

Quelle: Merkblatt Bau von Grundwassermessstellen, Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung

## Auswahl des bohrlochgeophysikalischen Messprogramms und Untersuchungsergebnisse

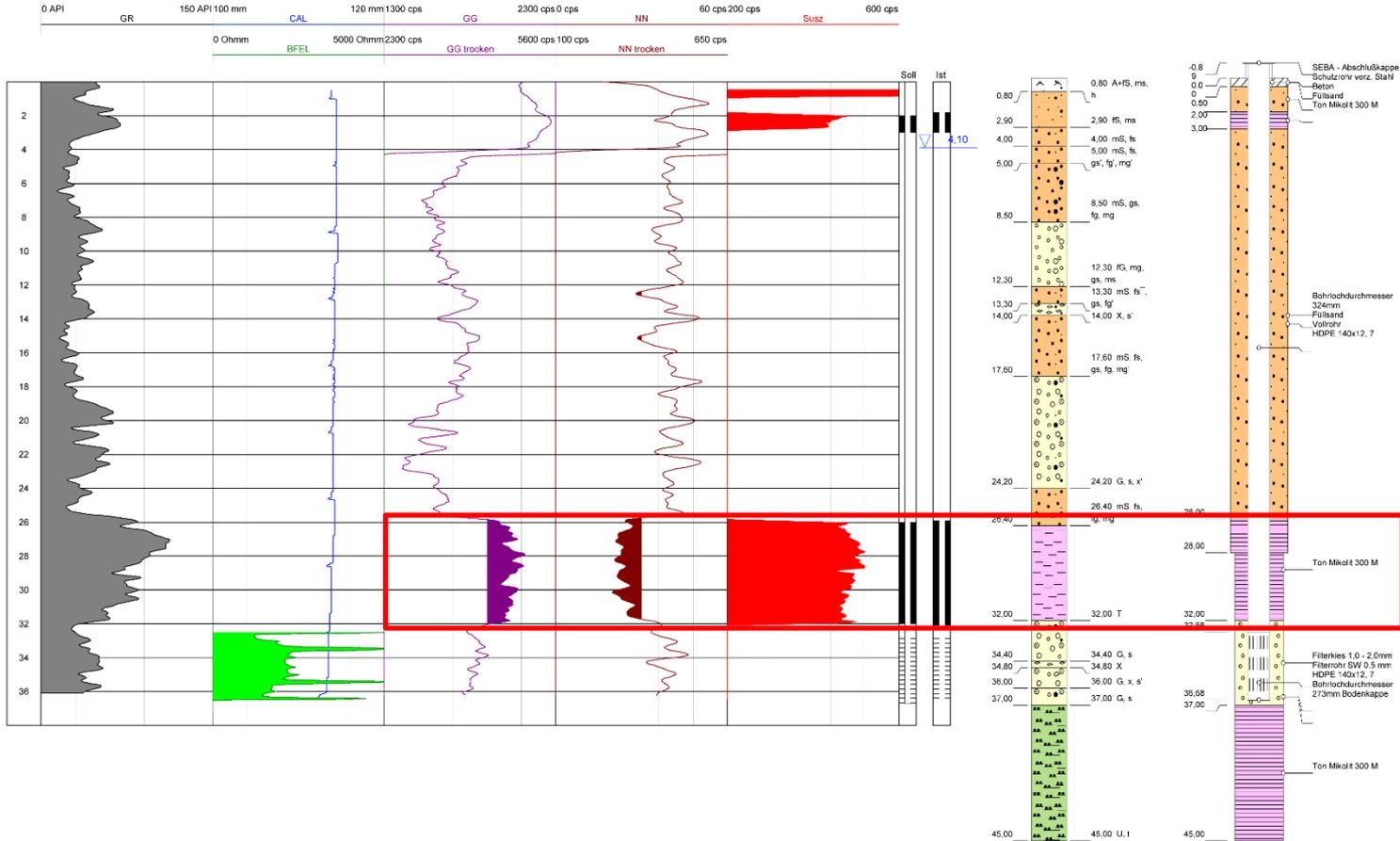
Messprogramm (in Abhängigkeit vom Ausbaumaterial)	Untersuchungsergebnis
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kamerabefahrung (VID),</li> <li>- Brunnen FEL (BFEL),</li> <li>- Packerflowmeter (PFLOW),</li> <li>- Kaliber (CAL),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lage der Filterstrecken,</li> <li>- Durchlässigkeit der Filterbereiche,</li> <li>- Indikationen von Undichtheiten an Muffen und Übergängen,</li> <li>- Lage von Defekten in den Vollrohrstrecken (Risse, Ovalitäten),</li> <li>- Lage von Hindernissen im Vollrohrbereich, Auflandungen,</li> <li>- Zustand hinsichtlich der Notwendigkeit von Reinigungsarbeiten,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gammaray (GR),</li> <li>- Gamma-Gamma-Ringraumkontrollmessung (GG-RRK),</li> <li>- Neutron-Neutron (NN),</li> <li>- Magnetiklog (MAL),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lage und Mächtigkeit der Tonsperren (markiert / unmarkiert),</li> <li>- Nachweis von Inhomogenitäten in der Dichtheit der Ringraumhinterfüllung (Hinterfüllungslücken), dadurch Eröffnung potentieller Fließwege im Ringraum</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salinität / Temperatur (SAL/TMP),</li> <li>- Multiparametermessungen (pH, Redox, Sauerstoff)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lage des Wasserspiegels,</li> <li>- Ionengehalt; homogen/inhomogene Wassersäule (Hydrodynamik), Bestimmung von Zufluss- und Verlustbereichen, insbesondere bei Multilevelmessstellen,</li> <li>- Indikationen von Undichtheiten an Muffen und Übergängen,</li> <li>- Bestimmung von Milieuparametern,</li> </ul>

Ausgewählte Messverfahren immer an die Aufgabenstellung der Funktionsprüfung anpassen.

# Beispiele aus Sachsen, Tonsperrenachweis

## Beispiel Ringraumkontrollmessung

Messdatum: 08.07.2016  
 Maßstab: 1:200, Blatt 1 von 1



## Materialkennwerte von Tonsperrenmaterialien (nach Herstellerangaben)

	<i>SBF Quellon HD</i>	<i>SBF Quellon WP</i>	<i>Compactonit 10/200</i>	<i>Compactonit 10/80</i>	<i>Mikolit 300M*/300</i>	<i>Mikolit 00</i>	<i>Compactonit TT 5/15</i>
<b>Durchlässigkeits- beiwert</b>	2x10 <sup>-11</sup> m/s	2x10 <sup>-11</sup> m/s	2x10 <sup>-11</sup> m/s	10 <sup>-9</sup> m/s	ca. 10 <sup>-9</sup> m/s	10 <sup>-8</sup> m/s	10 <sup>-8</sup> m/s
<b>Geophysikalischer Nachweis</b>	Magnetiklog	Gammalog	Gamma-Gamma	Gamma-Gamma	Magnetiklog* Gamma-Gamma	Gamma-Gamma	Gamma-Gamma
	+++	+++	-	-	+++ / -	-	-
<b>Gammastrahlung</b>	ca. 50 API	> 100 API	ca. 50 API	ca. 50 API	ca. 50 API	ca. 50 API	ca. 50 API
<b>Dichtwirkung im Ringraum</b>	+++	+++	+++	O	O	-	-
<b>Anwendungs- empfehlung</b>	Ringraumab- dichtung in größeren Teufen	Ringraumab- dichtungen	Ringraumabdich- tungen	Ringraumabdich- tungen	Ringraumabdich- tungen	Rückverfüllung	Rückverfüllung

Besonderheit: Einsatz von Tonsperrenmaterialien in hochsalinaren Grundwasserleitern > 10 mS/cm, es wird der Einsatz von Suspensionen empfohlen

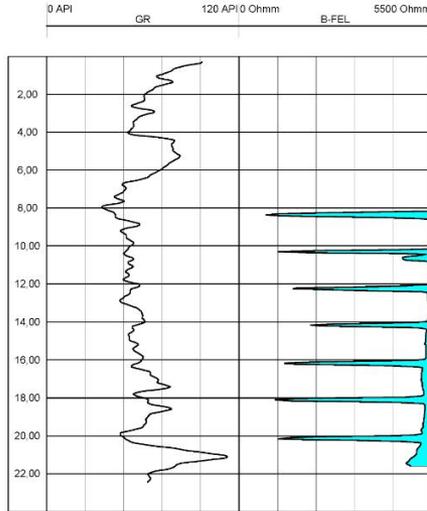
## Zum qualitätsgerechten Nachweis der Ringraumhinterfüllung ist die Einhaltung der vorgegebenen Mindestbohrdurchmesser erforderlich

Ausbaudurchmesser [mm]		50	65	80	100	115	125
Mindestbohrendurchmesser in mm bei Suspensionen	Spülbohren	187,3 (7 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> "	193,7 (7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "	222,3 (8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	244,5 (9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "	244,5 (9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "	279,4 (11"
	Trockenbohren	219	273	273	324	324	324
Mindestbohrendurchmesser in mm bei Tonformlingen	Spülbohren	222,3 (8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	244,5 (9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "	244,5 (9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "	304,8 (12"	304,8 (12"	304,8 (12"

Mindestbohrdurchmesser in Abhängigkeit vom Ausbaudurchmesser und Abdichtungsmaterial bei Trocken- und Spülbohrungen gemäß DVGW-Arbeitsblatt W121.

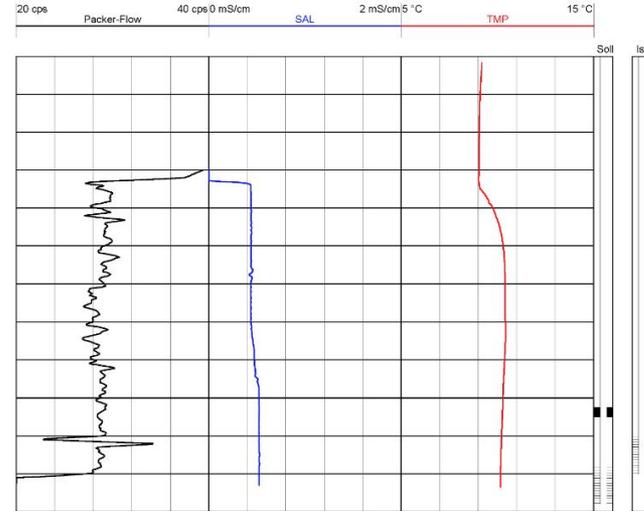
Quelle: Merkblatt Bau von Grundwassermessstellen, Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung

# Beispiele aus Sachsen, Dichtheit der Aufsatzrohre



Nachweis mittels BFEL  
 im wassererfüllten Bereich  
 der Messstelle

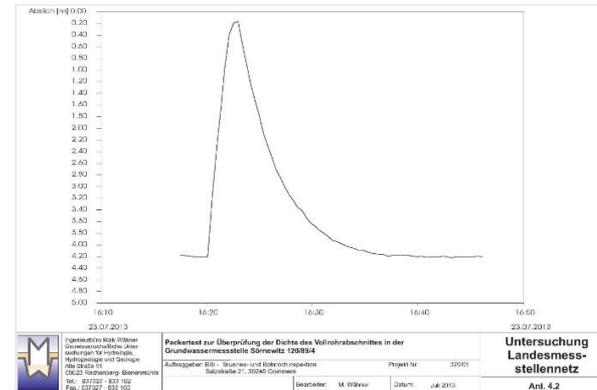
← elektrische Durchlässigkeiten der Rohrverbindungen  
 im Vollrohrbereich



Ausbaumaterial:  
 PVC, DN 150

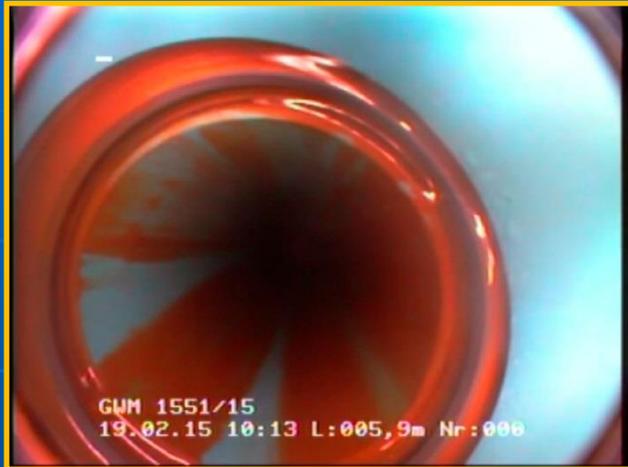


Aufundung im Filterbereich durch Fremdkörper

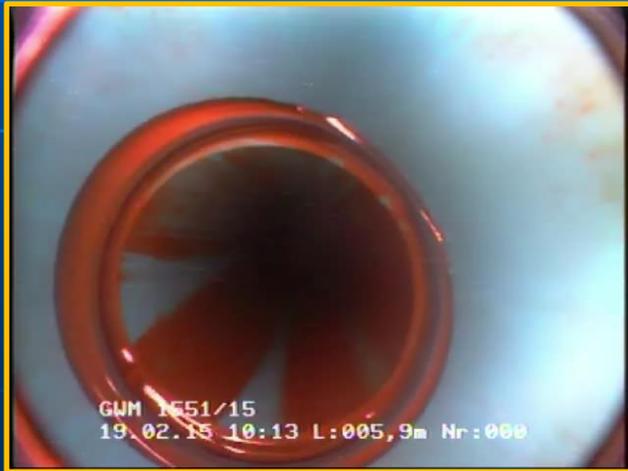


Auswertung des Packertests zum Nachweis der Dichtheit der Aufsatzrohre

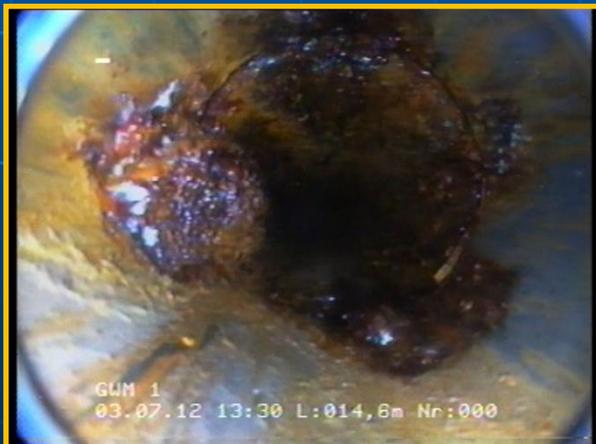
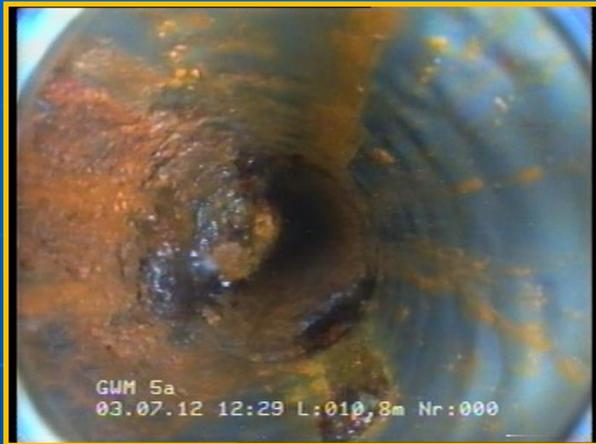
## Beispiele aus Sachsen, Dichtheit der Aufsatzrohre



undichte Aufsatzrohrverbindung oberhalb des  
Wasserspiegels,  
Material: SBF NORIP, druckwasserdichte Doppelmuffe



## Beispiele aus Sachsen, Dichtheit der Aufsatzrohre



Einlaufspuren an durchlässigen Rohrverbindungen

## Untersuchungsergebnisse – weitere mögliche Schäden an Grundwassermessstellen



zusammengedrücktes Filterrohr DN 100 PVC

## Untersuchungsergebnisse – weitere mögliche Schäden an Grundwassermessstellen



Wurzeleinwuchs im Filterbereich,  
dadurch Beeinträchtigung der Befahrbarkeit der  
Messstelle bis zur Beschädigung des Ausbaues



## Untersuchungsergebnisse – weitere mögliche Schäden an Grundwassermessstellen



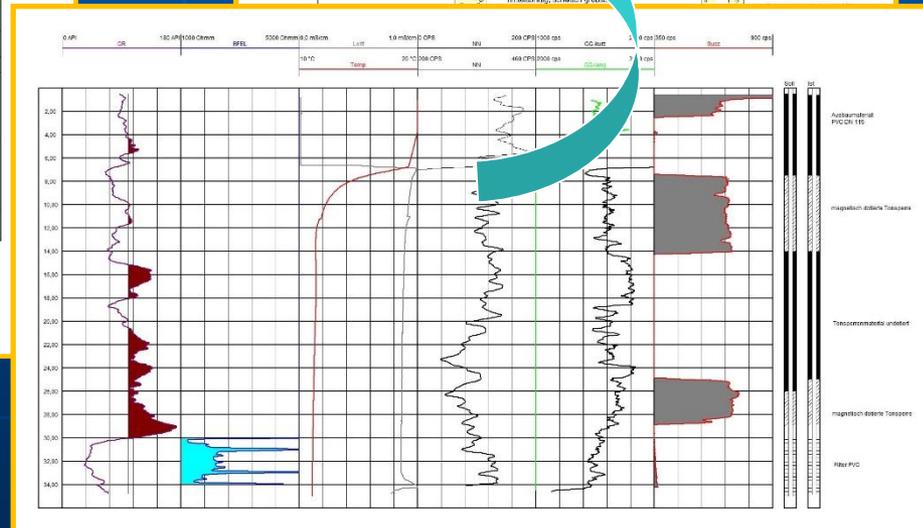
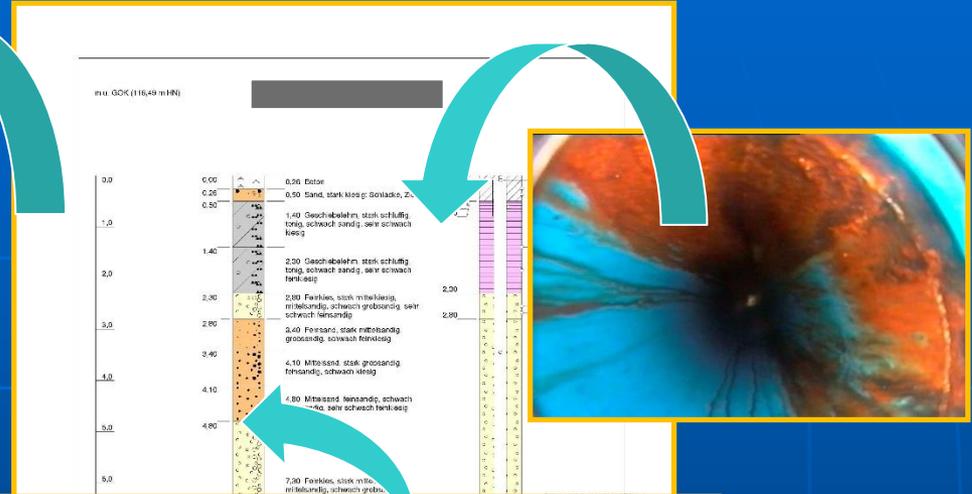
Auflandungen durch Fremdkörper,  
dadurch Beeinträchtigung der freien  
Befahrbarkeit der Messstelle

# Zusammenführung und Abgleich aller Daten im Messstellenpass regelmäßige Aktualisierung aller Daten

MESSSTELLENPASS für Grundwasser messstellen			Blatt: 1			
1. MESSSTELLENBEZEICHNUNG			PROJEKT / MESSNETZ			
ROHR-NR.	MESSSTELLEN-SUMMER	VOR-ORT-BESCHRIEBUNG	SchAVO Besch 2			
1	44440515_1		MESSSTELLENNAME			
2						
3						
4						
2. LAGEBESCHREIBUNG			LANDKREIS: Nordsachsen			
TK 25 4444			GEMEINDE: Torjau, Stadt / Lößwig			
KOORDINATEN nach Gauß-Krüger (Bessel)			BEZUGSSYSTEM: Höhen Null, Kronstädter Pegel			
			GELÄNDEHÖHE: 82,80			
ROHR-NR.	HOCHWERT (m)	RECHTSWERT (m)	MESSPUNKTHÖHE			
1	571052,00	4571714,00	83,76			
2						
3						
4						
VOR-ORT-ANSPRECHPARTNER:						
3. MESSSTELLEN-AUSBAU						
ENDBOHR-Ø [mm]	ENDTEUFE [m u. Gel.]	MESSSTELLEN-TYP	VERSCHLUSS- u. SCHLÜSSELART			
	45,00	MB	AUSBAUMATERIAL: HDPE (1lochdruckpolyethylen)			
			ROHR-1	ROHR-2	ROHR-3	ROHR-4
- Filter-ØK [m u. Gel.]	11,00					
- Filter-LK [m u. Gel.]	13,00					
- Innen-Ø [mm]	125,00					
- Ausbausohle [m u. Gel.]	14,00					
- Ringraum-Ø [mm]	370,00					
4. KRITERIEN ZUR MESSUNG UND BEPFLUGUNG						
RÜHEWASSERSPIEGEL [m u. MSL]	5,02					
Einhängtiefe der Pumpe (m u. MP)	11,50					
Förderate (l/min)	17,50					
Abspumpvolumen (l)	322,40					
max. Absenkung (m u. MP)	5,11					
- elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)	729,00					
- pH-Wert	5,10					
- Temperatur (°C)	10,20					
- O <sub>2</sub> -Gehalt (mg/l)	0,70					
- Redoxpotential (mV)	511,00					
Funktionsfähigkeitsprüfung am:	05.04.2005					
Ausbauspezifikation am:						

T teilverfilterte GWM V vollverfilterte GWM MB Messstellenbündel  
M Mehrfach verfilterte GWM MG Messstellengruppe

Bearbeitungsstand vom 03.05.2016



## Auswertung der bohrlochgeophysikalischen und optischen Funktionsprüfungen

Die Einstufung der Messstellen hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit aus den bohrlochgeophysikalischen und optischen Untersuchungen erfolgt mit dem Auftraggeber in Abhängigkeit der Zielstellung der Eignungsprüfungen und anderer durchgeführter Funktionsprüfungen:

### - Funktionsfähig, mit oder ohne Reinigung

- ohne festgestellte Abweichungen, Beschädigungen (eventuelle Reinigung, Beseitigung der Auflandung)

### - nicht Funktionsfähig

- bei Defekten oder bei Nichtbefahrbarkeit der Pegelrohre mittels Bohrlochmesssonden und Pumpen,
- Abweichung in den Ausbaudaten (Soll/Ist) ist größer als eine festgesetzte Toleranzgrenze,
- bei Messstellen mit nachgewiesenen durchlässigen Aufsatzrohrverbindungen,
- fehlende Tonsperre bei tiefliegenden GWL.