

# Sanierungskonzept für einen Kühlwasserbrunnen durch Teilplombierung

Quelle: E+M Brunnenservice GmbH

Kamerabefahrung vor Regenerierung

Kamerabefahrung nach Regenerierung mit Blick auf die eingebrachte Tonplombe

**Geophysikalische Kontrollmessungen** ■ Hohe Eisen- und Mangengehalte im Brunnenwasser führten zu starken Beeinträchtigungen eines Förderbrunnens zur Versorgung des Kühlwassersystems eines großen Behördenkomplexes. Mit Hilfe konventioneller, bohrlochgeophysikalischer Messverfahren konnte ein Sanierungskonzept geplant und umgesetzt werden, das nach einer Teilplombierung den Weiterbetrieb des Brunnens ermöglichte.

**D**er im Jahr 1971 errichtete Kühlwasserbrunnen zur Eigenwasserversorgung der Klimaanlage für das Verwaltungszentrum in Nürnberg war Gegenstand der Beauftragung einer Bestandsaufnahme und Statuskontrolle bei weitgehend unbekannter Datenbasis (**Abb. 1**). Das verstärkte Auftreten von Eisen(Fe)- und Manganverbindungen (Mn) im geförderten Grundwasser führte dazu, dass die Wasserfilter in sehr kurzen Abständen gereinigt werden mussten. Nach einer ersten Kamerabefahrung, die im gesamten Filterbereich starke Ablagerungen von Mangan und Eisen und teilweise geschlossene Filterschlitze zum Vorschein gebracht hatte, wurde eine bohrlochgeophysikalische Brunnenkontrolle angeregt und nach Klärung der Sachverhalte mit den nachstehend genannten Verfahrenskombinationen zur Ausführung gebracht. Ziel war es, eine schnell-

le Übersicht über geeignete Möglichkeiten zu gewinnen, den Brunnen zu erhalten und mittels eines effizienten Kosten-/Nutzen-Konzeptes mit brunnenbautechnischen Maßnahmen zu sanieren. Demzufolge kam ein standardisiertes Messprogramm gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 110 (2005) „Geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen“ zur Durchführung, auf welches im Folgenden näher eingegangen wird, da die Ergebnisse dieser Untersuchungen eine wesentliche Grundlage für die weiteren fachlichen Entscheidungen darstellten. Gleichzeitig kann hiermit gezeigt werden, dass Problemlösungen unter Einsatz ergebnisorientierter und kostensparender bohrlochgeophysikalischer Verfahren bei entsprechend fachlich kompetenter Vor-Ort-Beurteilung und Interpretation der Messergebnisse (zusammen mit weiteren Untersu-

chungen, wie tiefendifferenzierten Entnahmen von Grundwasserproben) effizient erarbeitet und zielführend umgesetzt werden können.

**Geologische und hydrogeologische Verhältnisse**

Der Kühlwasserbrunnen war im Antrag zur wasserrechtlichen Erlaubnis mit einer Solltiefe von rund 20 m so geplant, dass damit das Grundwasserreservoir einer von Süden nach Norden verlaufenden, mit pleistozänen Kiessanden gefüllten Tiefenrinne als Brauchwasser erschlossen werden kann. Eine Anbindung an das Tiefenstockwerk des Sandsteinkeupers – Coburger Sand-/Blasensandstein, hier maßgeblich für die Trinkwasserversorgung vorbehalten –, war durch fehlende Deckschichten von vorneherein gegeben, was sich im Zuge der Untersuchungen als maßgebende Schadensquelle erwies. Der tägliche Verbrauch war gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis auf eine Entnahme von 100 m<sup>3</sup>/Tag (9 Stunden) festgelegt; dies bedeutet eine Jahresentnahmemenge von 25.000 m<sup>3</sup>.

**Geophysikalische Brunnenkontrollmessungen**

Die Bohrlochmessungen erfolgten mit der vorrangigen Aufgabe einer Zuflussprofilierung zur Kennzeichnung bevorzugter Zuflussbereiche und deren chemisch-analytischer Überprüfung mit Zuordnung zur erschlossenen Lithologie. Dies geschah im Hinblick auf die hohen Eisen- und Mangan-Gehalte im Brunnenwasser, deren Herkunft und Konzentrationsverteilung es zu klären galt. Die zur Klärung dieses Sachverhalts durchgeführten Messungen beinhalteten damit im Einzelnen folgende Zielsetzung:

- Überprüfung des Schichtprofils und gegebenenfalls lithologische Gliederung der Schichtenfolge durch Messung der natürlichen Gamma-Strahlungsintensität (GR) bei gleichzeitiger Identifizierung potenzieller grundwasserführender Schichten und grundwasserhemmender Stauhorizonte auf Grund des Tongehaltes.
- Durchführung von produktionstechnischen Messverfahren im Ruhezustand und bei Wasserförderung zur Ermittlung bevorzugter Zuflusszonen im Brunnen, bestehend aus der Messung der relativen Strömungsgeschwindigkeit des Wassers zur vertikalen Lokalisierung und quantitativen Be-

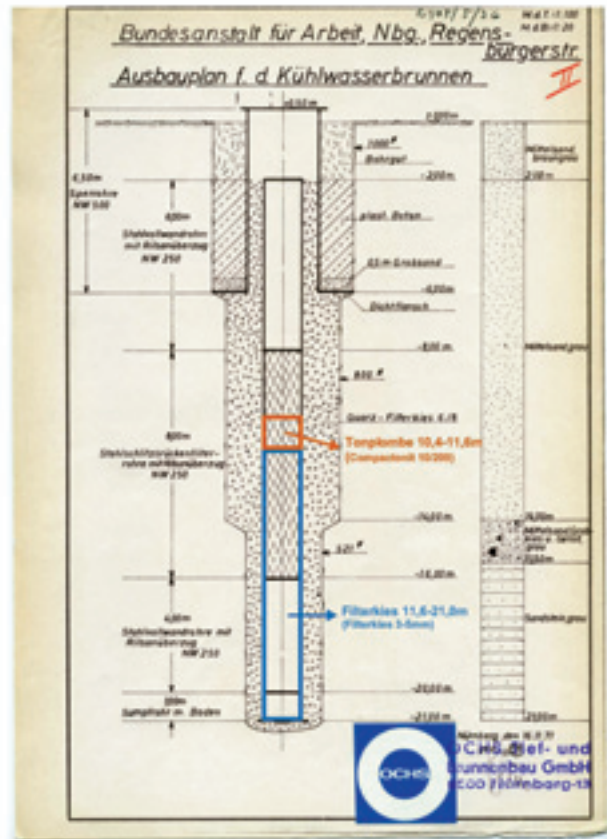


Abb. 1 Bestandsplan Kühlwasserbrunnen; dieser stand erst im Nachhinein zur Verfügung

Quelle: Archiv Wasserwirtschaftsamt Nürnberg

- stimmung von Wasserzuflüssen mittels Flowmeter (FLOW-01, FLOW-11/12) sowie der Messung der vertikalen Differenziertheit von Temperatur und Leitfähigkeit zum qualitativen Nachweis von Zuflusshorizonten und deren physikalisch-chemischer Beschaffenheit (TEMP-01/SAL-01, TEMP-11/SAL-11).
- Entnahme tiefenhorizontierter Grundwasserproben (SAMP-11/12/ 13) aus definierten Teufenbereichen zur chemisch-analytischen Laboruntersuchung auf die Problemstoffe Eisen (Fe) und Mangan (Mn) nach Auswertung der Messergebnisse vor Ort und Festlegung der Beprobungstiefen. ▶

**Abdichtungstechnik von Rohrdurchführungen**

**System 308**

**Expandierende Verpressharze**



Der Hausanschluß ist gas- und druckwasserdicht sicher verschlossen und erfüllt höchste Anforderungen an die Auszugssicherheit

**BÜTTIG GmbH**  
 D-56070 Koblenz  
 Telefon: (02 61) 9 84 29-0  
 Telefax: (02 61) 9 84 29-50  
 e-Mail: info@buettig.de  
 Internet: www.buettig.de

Werksfoto: Büttig Koblenz

Erfolgreich in die Tiefe

**Altlastenerkundungen**  
**Baugrundgutachten**  
**Erdwärmesysteme**  
**Brunnenbau**

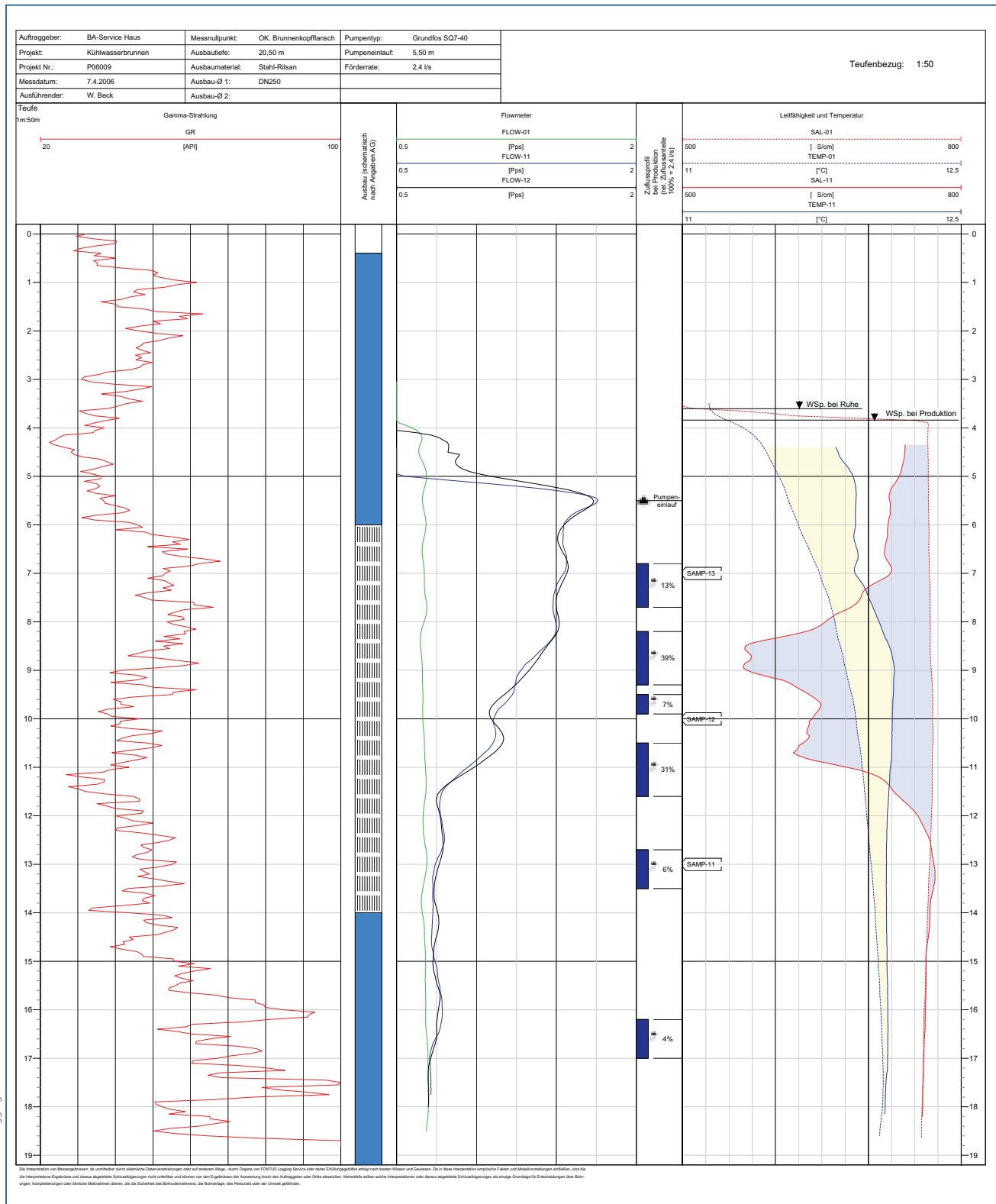
Sie sind  
 - teamfähig,  
 - flexibel  
 - leistungsbereit  
 und suchen eine  
 Stelle als

**Brunnenbauer  
 oder Geräteführer**

Bitte setzen Sie sich mit uns in Verbindung.



Burkhardt GmbH & Co. KG Tulpenstr. 15 75389 Neuweltel Tel. 07055/9297-0  
 Fax 9297-77 e-mail info@burkhardt-bohrungen.de www.burkhardt-bohrungen.de



Quelle: FONTUS Logging Service

Abb. 2 Übersichtsdiagramm der Messverfahren und Probenahmen

Im Folgenden werden die Messergebnisse (Abb. 2) erläutert.

**Lithologische Beurteilung (GR)**

Die im Gamma-Diagramm aufgezeichnete natürliche Strahlungsintensität der durchbohrten Gesteinsserien wird hauptsächlich durch den radioaktiven Zerfall des 40K-Isotops verursacht, in bestimmten Fällen und bei regionalen Besonderheiten auch durch Isotope der Uran-/Thorium-Zer-

fallsreihe. Bei den im vorliegenden Fall unterschiedlich zusammengesetzten geologischen Formationen von Quartär und Trias stehen diese Strahlungsträger folglich in einem festen Mengenverhältnis zum vorhandenen Tonanteil und erlauben somit eine Unterscheidung von sandigen bzw. tonigen Schichtgliedern anhand der gemessenen Strahlungsintensitäten. Das wichtigste Gliederungsmerkmal ist dabei der Ton- und Schluffgehalt der erbohrten Locker- oder Fest-

gesteine, der zur Höhe der Gamma-Amplitude direkt proportional ist.

Dementsprechend werden die in der Bohrung durchteuften Quartärsande bis in den anstehenden Sandstein durch gut aufgelöste Gamma-Impulsraten im Strahlungs-Diagramm deutlich gegliedert wiedergegeben. Da zum Zeitpunkt der Messungen für die Auswertung kein Bohrprofil oder Schichtenverzeichnis vorlag, wurde für die lithologische Interpretation das radiometrische Erscheinungsbild zu Grunde gelegt. Die von nur geringen Tongehalten geprägten pleistozänen Sande und Sand-/Kiesgemische zeichnen sich dabei durch Gamma-Amplituden von 30 bis 60 API aus und sind damit auch hydraulisch gesehen als gut durchlässig einzustufen. Sie werden ab etwa 15 m durch einen zunehmenden Tonanteil gekennzeichnet, was zu höheren Strahlungsintensitäten von 60 bis 100 API führt. Dieser Bereich kann bereits dem Coburger- bzw. Blasensandstein zugerechnet werden. Der Brunnen ist hier von 14 m an zur Teufe mit Vollrohren ausgebaut, sodass eine direkte Anbindung an das Speichergestein nicht mehr, oder nur in stark vermindertem Maße, gegeben war. Die Gründe hierfür sind nicht bekannt und lagen wahrscheinlich darin, dass in der wasserrechtlichen Genehmigung eine Entnahme aus dem Sandstein-Aquifer grundsätzlich untersagt war. Ein verstärktes Aufkommen von eisen- und manganreichen Wässern dürfte zu diesem Zeitpunkt noch keine Rolle gespielt haben, da dann der Brunnen sicherlich von Anfang an flacher ausgebaut worden wäre.

**Hydrodynamische Verhältnisse und Zuflussprofil**

Die Messungen von Temperatur und Leitfähigkeit ohne Wasserförderung (TEMP-01/SAL-01) geben die chemisch-physikalische Beschaffenheit der Wassersäule bei stationären Verhältnissen im Brunnen wieder. Der Verlauf der Messindikationen von Temperatur und Leitfähigkeit deutet hier,



Quelle: FONTUS Logging Service

**Abb. 3** Bohrlochgeophysikalische Brunnenkontrollmessung

zusammen mit der anschließend durchgeführten Flowmeter-Nullfahrt (FLOW-01), auf eine schwache, aber dennoch sehr effektive, vertikale Strömungskomponente im Ruhezustand des Brunnens. Diese ist aus den tieferen (trotz der hier eingesetzten Vollrohrstrecke mit einem hohen hydraulischen Potenzial gekennzeichneten) Bereichen nach oben hin in die druckschwächeren Horizonte wirksam.

Die anschließenden Zuflussmessungen erfolgten bei einer Pumpeneinbauteufe von 5,50 m (PE) und einer Entnahme Q von 2,4 l/s. Der Betriebswasserspiegel stellte sich unter diesen Anregungsbedingungen bei maximal 3,80 m unter Messpunkt ein. Der Leistungsquotient des Brunnens liegt dabei für den Kurzpumpversuch bei sehr guten 12 l/s x m. ▶



Finden statt suchen:  
[www.bbr-online.de](http://www.bbr-online.de)

**BRUNNENFILTER**

**JETZT PREISLISTE ANFORDERN**



**GEBR. KLAAS GMBH**

Tel. 0 59 04 / 93 60-0  
Fax 0 59 04 / 93 60-29  
E-Mail: [klaas.gkf@t-online.de](mailto:klaas.gkf@t-online.de)

<p><b>Sondier- spitzen</b> - DPH ( SRS 15 )</p> 	<p><b>Boden- kappen</b> - von DN 50 – DN 200 - Material PP</p> 
<p><b>Verschluss- kappen</b> - Material PA 6 - versch. Größen - 2" – 6"</p> 	<p><b>Michael Colshorn</b> Neuffenstraße 78 D 73240 Wendlingen Telefon: 07024/929242 Telefax: 07024/929244 <a href="http://www.m-colshorn.de">www.m-colshorn.de</a></p> 

Mit Aufnahme der Grundwasserförderung reagieren alle effektiven Horizonte als Zuflüsse. Diese stellen sich im Flowmeter-Diagramm (FLOW-11, FLOW-12) in der Mess- und Belegfahrt in deutlich aufgelösten Messwertunterschieden im Vergleich zur Nullmessung (FLOW-01) dar, woraus sich das in **Tabelle 1** aufgeführte Zuflussprofil ableitet. Die hierbei ermittelten Hauptzuflüsse stehen in guter Übereinstimmung mit den Messindikationen von Temperatur und Leitfähigkeit (TEMP-11/SAL-11) und konnten somit für die gezielte tiefendifferenzierte Probenahme zur Untersuchung dieser Wässer auf die Parameter Eisen und Mangan zu Grunde gelegt werden.

Aus dieser Zuflusssituation geht hervor, dass bereits 59 Prozent des geförderten Grundwasserstromes aus ergiebigen Horizonten zwischen 6,80 und 9,90 m dem Brunnen zufließen. Weitere 31 Prozent kommen aus ebenfalls sehr produktiven Bereichen bei 10,50 bis 11,60 m hinzu. Der verbleibende Restanteil von 10 Prozent tritt aus einer Tiefe zwischen 12,70 bis 13,50 m und teilweise noch aus der hierunter eingebauten Vollrohrtour in den Brunnen ein.

Diese Zuflussverteilung macht sich auch in den großen, qualitativen Unterschieden der Salinität bei der Wasserförderung bemerkbar. Daraus ist zu ersehen, dass die ergiebigen oberen Horizonte erst durch den Pumpbetrieb aktiviert werden. Das kleinere, aus der Tiefe zufließende Grundwasser-Kontingent mit hoher Salinität und höherer Temperatur wird im Aufstieg durch den Zustrom anderer Wasserqualitäten bei gleichbleibenden Wassertemperaturen in der Leitfähigkeit stark herabgesetzt und folglich auch stark verdünnt. Erst der Zustrom von großen Mengen an kühlerem Grundwasser aus den oberen Wasserzutritten führt auch zu einer erneuten Zunahme der Leitfähigkeit im geförderten Mischwasser.

Hieraus lassen sich im Prinzip drei qualitativ wie quantitativ unterschiedliche Zuflussbereiche im vertikalen Brunnenprofil feststellen, auf deren charakteristische Merkmale in der anschließend durchgeführten Wasserprobenahme Rücksicht genommen wurde. Durch die tiefenhorizontierte Entnahme von Grundwasser aus dem Förderstrom bei 13,00, 10,00 und 7,00 m Tiefe sollte versucht werden, diese in ihrer Wassergüte sehr unterschiedlichen Zuflussbereiche auch hinsichtlich der im Brunnen nachgewiesenen hohen Werte an Eisen und Mangan in differenzierter Weise zu untersuchen.

## Ergebnisse der tiefenhorizontierten Grundwasserbeprobung

Die Wasserproben (SAMP-11 bis 13) wurden in geeigneten Probengefäßen konserviert und anschließend im Labor AIR untersucht. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 2** zusammengestellt. In dieser Einzelbetrachtung ist zu berücksichtigen, dass es sich in den verschiedenen Beprobungstiefen um Mischwasser mit entsprechenden Summenkonzentrationen der untersuchten Parameter handelt. Dies bedeutet, dass das bei 13,00 m entnommene und sehr hohe Eisen- und Mangangehalten aufweisende Grundwasser, welches auch durch

Teufe m	Relativer Zuflussanteil %	Bemerkungen
6,80 bis 7,70	13	oberer Nebenzufluss
8,20 bis 9,30	39	1. Hauptzufluss
9,50 bis 9,90	7	angekoppelter Nebenzufluss
10,50 bis 11,60	31	2. Hauptzufluss
12,70 bis 13,50	6	unterer Nebenzufluss
16,20 bis 17,00	4	Nebenzufluss aus Vollrohrstrecke

**Tabelle 1** Zuflussprofil

Probe	Tiefe m	Fe mg/l	Mn mg/l
SAMP-11	13,00	0,2	3,9
SAMP-12	10,00	0,06	1,6
SAMP-13	7,00	0,047	0,3

**Tabelle 2** Eisen- und Mangan-Analytik

die vorhandene Wasserdynamik im Ruhezustand an Bedeutung gewinnt, bei Grundwasserförderung durch den Zustrom von wesentlich geringer belasteten Wässern bis zur Beprobungstiefe bei 10,00 m stark verdünnt und auf mehr als die Hälfte der ursprünglichen Konzentrationen reduziert wird.

Aus den sehr ergiebigen Zuflusshorizonten oberhalb von 10,00 m tritt in dem nach oben zur Pumpe gerichteten Förderstrom verstärkt Grundwasser mit sehr geringen Eisen- und Mangan-Gehalten hinzu und führt zu einer weiteren deutlichen Verbesserung der Wasserqualität auf die relativ geringen Mengen in der aus 7,00 m Tiefe entnommenen Mischwasserprobe. Die in der Laboruntersuchung nachgewiesenen, von unten nach oben rückläufigen Stoffkonzentrationen decken sich mit dem vor Ort gewonnenen visuellen Befund, bei welchem in der tieferen Probe deutlich mehr Partikel festgestellt wurden, als in der oben entnommenen Wasserprobe.

## Regenerierungsmaßnahmen mit technischem Sanierungskonzept

Nach einer im Anschluss an die geophysikalische Brunnenkontrolle durchgeführten Hochdruckreinigung im JET Master-Verfahren, welche die Zuflussverhältnisse im Brunnen weiter verbesserte, wurde dem Ergebnis der bohrlochgeophysikalischen Messungen und analytischen Untersuchungen in einem mit der Brunnenbaufirma abgesprochenen Rückbaukonzept Rechnung getragen. Auf Grund der qualitativ wie auch quantitativ gut entwickelten Zuflusshorizonte im obersten Brunnenabschnitt wurde eine Plombierung der unteren Zuflusszonen geplant. Dieses sollte in der Form geschehen, dass die Maßnahme jederzeit auch wieder rückgängig gemacht werden konnte. Dazu wurde der untere

Quelle: FONTUS Logging Service (beide Tabellen)

Brunnenrohrstrang von Endteufe bis 11,60 m unter Brunnenkopf mit einem Filterkiesgemisch (Quarzfilterkies 3-5 mm) rückverfüllt und mit einer Tonplombe (Compactionit 10/200) in einer Teufenlage von 11,60 bis 10,40 m zusätzlich abgedichtet (Abb. 1). Diese Maßnahme hat nachweislich den erwarteten Erfolg gebracht, wobei der Brunnen keinem Leistungsverlust unterliegt.

In anschließend durchgeführten Probenahmen nach Wiederinbetriebnahme des Brunnens entsprachen die analysierten Eisen- und Mangangehalte den Ergebnissen der tiefendifferenzierten Probenahme und waren mit dem Befund während der bohrlochgeophysikalischen Untersuchungen im oberen Zuflussbereich nahezu identisch.

### Fazit

Zusammen mit der beauftragten Brunnenservice-Firma konnte unter Mithilfe gezielt eingesetzter, konventioneller bohrlochgeophysikalischer Messverfahren ein effizientes und kostengünstiges Sanierungskonzept für den Altbrunnen geplant und umgesetzt werden. Dies führte letztlich dazu, dass der Kühlwasserbrunnen nach erfolgreicher Regenerierung und Teilplombierung weiterbetrieben werden konnte. Der übermäßig hohe Eintrag von eisen- und manganreichen Wässern konnte damit durch den Einsatz einfacher brunnenbautechnischer Maßnahmen nachweislich unterbunden werden.

Eine vor Beauftragung der bohrlochgeophysikalischen Untersuchungen in Erwägung gezogene Absperrung oberflächennahen Grundwassers, gekoppelt mit der Vertiefung des Kühlwasserbrunnens zur Erschließung tieferer Förderhorizonte, wurde durch das Ergebnis dieser Untersuchungen hinfällig. Neben der technisch unaufwändigen Problemlösung bestand der weitere Vorteil dieser Sanierungsvariante insbesondere darin, dass ein für die Nutzung tieferer Ressourcen zwingend erforderliches, neues wasserrechtliches Genehmigungsverfahren – welches in der Folge auch die Vertiefung des für die Wiedereinleitung notwendigen Schluckbrunnens mit sich gebracht hätte – umgangen werden konnte.

### Autor:

FONTUS Logging Service  
Dipl.-Geol. Walter Beck  
Nordring 2a  
91785 Pleinfeld  
Tel.: 09144 608-782  
Fax: 09144 608-816

E-Mail: [w.beck@fontus-geophysik.de](mailto:w.beck@fontus-geophysik.de)  
Internet: [www.fontus-geophysik.de](http://www.fontus-geophysik.de)



## Ihr Partner für den Brunnenbau

 <p><b>STÜWA</b> BRUNNENFILTER BOHRBEDARF</p>	 <p>Aus eigener Produktion seit über 120 JAHREN</p>	
		
		

**STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH**  
Hemmersweg 80 • D-33397 Rietberg (Varensell)  
Tel.: 05244 / 407-0 • Fax: 05244 / 1670  
Internet: [www.stuewa.de](http://www.stuewa.de)  
E-Mail: [info@stuewa.de](mailto:info@stuewa.de)



Wellness für Ihren Brunnen?  
Höchste Zeit für  
eine Brunnen-Regenerierung!



[www.em-bohr.de](http://www.em-bohr.de)

**E+M Bohr-GmbH** – August-Mohl-Straße 38 – D-95030 Hof  
Tel. +49 (0) 9281 1445-0 – Fax +49 (0) 9281 1445-580  
[info@em-bohr.de](mailto:info@em-bohr.de)

Ihr Bohr und Brunnen Partner