

# **bbr**

*Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau*

Sonderdruck aus bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau,  
Ausgabe 11/1996

## Sanierung eines Tiefbrunnens und Maßnahmen zum Brunnenrückbau

Dipl.-Geol. Klaus Middeldorf  
Dipl.-Ing. Lutz-Peter Nolte



**NBB** Nord Bohr und Brunnenbau GmbH

**Zentrale Hamburg**

Randersweide 1  
21035 Hamburg  
Tel. 0 40 / 73 59 56 - 30  
Fax 0 40 / 73 59 56 - 40 / - 66

**Büro Grimmen**

Zum Rauhen Berg 3  
18507 Grimmen  
Tel. 03 83 26 / 41 09  
Fax 03 83 26 / 4 66 22

**Büro Rauda**

Am Fuchsgraben 2  
07613 Rauda  
Tel. 03 66 91 – 83 95 07  
Fax 03 66 91 – 83 95 06

# Sanierung eines Tiefbrunnens und Maßnahmen zum Brunnenrückbau

Lutz-Peter Nolte, Klaus Middeldorf

## 1. Einleitung

In den oberflächennahen und immer häufiger auch in den tieferen Grundwasserstockwerken werden in zunehmendem Maße Grundwasserbelastungen festgestellt. Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, diffuse Einträge von Schadstoffen aus Gewerbe und Industrie, die intensive landwirtschaftliche Nutzung großer Flächen u. ä. belasten besonders das oberflächennahe Grundwasser.

Durch schadhafte Brunnenanlagen und Grundwassermeßstellen sowie unwirksame, nicht vorhandene oder nicht auf die jeweiligen hydrogeologischen Verhältnisse angepaßte Ringraumabdichtungen, können oberflächennahe Kontaminationen über den Ringraum oder über den Brunnen selbst in tiefergelegene Grundwasserstockwerke gelangen.

Durch die intensive industrielle Nutzung großer Flächen der Freien und Hansestadt Hamburg besteht ein großer Bedarf an Trink- und Brauchwasser. Für die Bereitstellung der erforderlichen Wassermengen und -qualitäten mußte in den vergangenen 100 Jahren eine Vielzahl von Tiefbrunnen erstellt werden. Da die industrielle Nutzung und die Kriegseinwirkungen zu teilweise gravierenden Schadstoffbelastungen des oberflächennahen Grundwassers geführt haben, wurden alle Betreiber von Tiefbrunnen im Stadtgebiet Hamburg von der

Umweltbehörde aufgefordert, den Bauzustand der Brunnen zu untersuchen.

### Technische Mängel wie:

- Undichtigkeiten und sonstige Leckagen an Mantel- und Aufsatzrohren
  - nicht funktionsfähige bzw. nicht existierende Ringraumabdichtungen
  - Sandführung bzw. Verstopfungen von Porenräumen
  - Leistungsrückgang durch Brunnenalterung
- sollen durch geeignete Untersuchungen festgestellt und dokumentiert werden.

## 2. Aufgabenstellung

Entsprechend einer Anordnung der Umweltbehörde wurde auch der Tiefbrunnen 4 der Procter & Gamble GmbH, Werk Hamburg, Rolf H. Dittmeyer in Hamburg-Wilhelmsburg, durch geophysikalische Messungen und eine Kamerabefahrung untersucht. Da unabhängig von den Forderungen der Umweltbehörde die Leistung des Brunnens 4 seit Jahren kontinuierlich zurückgegangen war und eine starke Sandförderung vorlag, waren Sanierungsmaßnahmen unerlässlich.

Nach der Sanierung des Brunnens 4 sollten entsprechend den Auflagen der Umweltbehörde die Tiefbrunnen 1 und 3 untersucht und unter gutachterlicher Begleitung fachgerecht zurückgebaut werden.

Der Tiefbrunnen 2 war durch Kriegseinwirkungen abgänglich und nicht mehr auffindbar.

## 3. Geologisch/hydrogeologische Situation

Die Brunnen 1, 3 und 4 liegen im zentralen Teil der sog. »Wilhelmsburger Rinne«, die etwa 300 m tief und ca. 1000 m breit ist und sich von NE nach SW erstreckt. Die »Wilhelmsburger Rinne« ist eine elsterkaltzeitliche Bildung, in der jüngere quartäre Ablagerungen wie Kiese, Sande, Schluffe und Tone unmittelbar neben tertiären Schichten wie Glimmer-ton, Obere Braunkohlensande, Hamburger Ton, Untere Braunkohlensande und Vierlandenstufe auftreten (Bild 1).

Danach stellt sich die Schichtenfolge für den Bereich des Firmengeländes wie folgt dar:

- Unter einer Auffüllung stark schwankender Mächtigkeit liegen zunächst holozäne Weichschichten wie Torf, Mudde, Klei und Feinsande. Diese werden unterlagert von wechsellagernden Sanden und Kiesen. Insgesamt hat diese Folge eine Mächtigkeit von etwa 27 m. Ihre untere Begrenzung stellt ein ca. 35 m mächtiger Geschiebemergel der Saale-Kaltzeit dar.

- Darunter folgen zunächst feinkörnige Sande mit bis zu 10 m mächtigen Ton- und Schluff-Einschaltungen. Es folgen Mittelsande mit Grobsand- und Kieslagen sowie Einschaltungen von Ton- und Schluffbänken.

- Die Basis dieser Ablagerungen und zugleich das Rinnentiefste stellen die tertiären Unteren Braunkohlensande (UBKS) dar. Hierbei handelt es sich um eine fein- bis mittelkörnige Abfolge mit geringmächtigen Grobsandlagen und einzelnen, 1 – 2 m mächtigen Braunkohlensandflözen. Die UBKS gehen unmerklich – unter Zunahme des Ton- und Schluffanteils – in die Vierlandenstufe über, die das Liegende des tiefsten Hamburger Grundwasserstockwerks darstellt.

Als oberstes Stockwerk sind die holozänen und weichselkaltzeitlichen Elbtalsande und -schotter zu nennen, die von dem tieferen Grundwasserstockwerk der elsterzeitlichen Rinne durch einen mächtigen Geschiebemergel getrennt werden. Das tiefere Stockwerk, als etwa 250 m mächtige sandige Folge, ist durch zahlreiche Ton und Schluffbänke gegliedert und in mehrere Abschnitte aufgeteilt, wobei nicht vollständig geklärt ist, inwieweit einzelne dieser Bänke eine Trennschicht bilden.

Die Unteren Braunkohlensande sind in den von den Brunnen 1, 3 und 4 genutzten Abschnitten als gemischtkörnige Sande mit gelegentlichen, kiesigen Einschaltungen ausgebildet. Der Grundwasserzustrom erfolgt von SW aus der westlichen Hamburger Geest.

## 4. Zustand des Brunnens

Der Brunnen 4 wurde 1973 von der Firma Hermann Loeck, Hamburg, erstellt. Die erbohrte Endteufe betrug 354 m.



Dipl.-Ing. Lutz-Peter Nolte, geb. 1940; Bergbaustudium an der TU Clausthal. Seit 1972 bei der Preussag WASSER & ROHRTECHNIK GmbH, Abt. Brunnenbau in Hamburg



Dipl.-Geol. Klaus Middeldorf, geb. 1957; Studium der Geologie an der Univ. Münster. Seit 1987 in verschiedenen Ingenieurbüros tätig

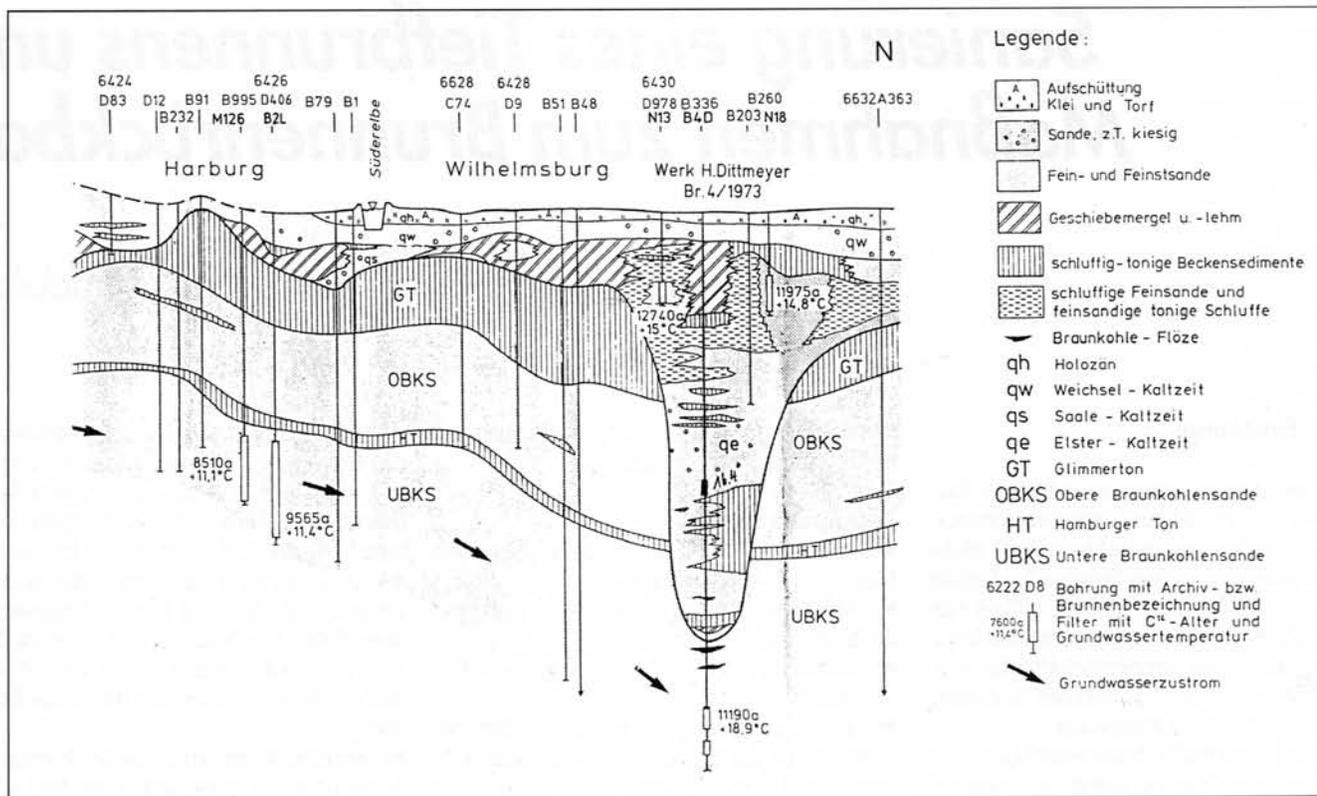


Bild 1: Geologischer Schnitt durch die »Wilhelmsburger Rinne«

(Zeichnung des GLA-Hamburg)

Der Bohrdurchmesser lag bis in eine Tiefe von 32,5 m u. Geländeoberkante (GOK) bei > 521 mm, bis 322,5 m u. GOK bei 480 mm und bis zu Endteufe bei 600 mm.

Der Ausbau erfolgte bis in eine Teufe von 352 m u. GOK. Bis 322,5 m u. GOK sind laut Ausbauezeichnung Mantelrohre mit Ø 318 mm eingebaut, in die ab 312 m u. GOK Obo-Rohre DN 200 verloren eingesetzt wurden. Zwischen 322 – 335 m und 342 – 352 m u. GOK befinden sich die Filterstrecken.

Die geophysikalische Untersuchung des Tiefbrunnens wurde im Oktober 1994 durch das Ingenieurbüro R. W. Ashauer und Partner GmbH, Kerpen, durchgeführt. Das geophysikalische Untersuchungsprogramm setzte sich aus den folgenden Einzelmessungen zusammen:

- ▶ Kalibermessung (CAL)
- ▶ Gamma-Messung (GR)
- ▶ Messung der Gesteinsdichte (GG/NN)
- ▶ Widerstandsmessung (FEL)
- ▶ Temperaturmessung (TEMP)
- ▶ Kamerabefahrung

Die Untersuchungen des Brunnens erfolgten sowohl im Ruhezustand, wie auch bei Förderung. Die Auswertung der Ergebnisse ergab Hinweise auf Korrosionslochfraß im Bereich der Mantelrohre. Weiterhin wurde durch Messungen bei Förderung ein Zutritt von Feinsand und Schluff durch die Filterschlitzte in den Brunnen festgestellt.

Zwischen 258 – 266 m und 309 – 321 m u. GOK befinden sich nach der Ausbauezeichnung Tonsperren. Die Messungen zeigten in

diesen Bereichen ein Strahlungsmaximum; ein eindeutiger Nachweis der Tonsperren war jedoch nicht möglich.

Im Bereich der Mergel und Tone zwischen 27 m und 70 m u. GOK ist nach der Ausbauezeichnung keine Tonsperre vorhanden. Daher wurde von der Umweltbehörde für den Bereich dieser stauenden Schichten der Einbau einer nachträglichen Ringraumdichtung gefordert.

Aufgrund ständiger Sandführung während des Förderbetriebes mußte für den weiteren Betrieb der Filterbereich saniert werden. Hierfür wurde von der Preussag GmbH, Abt. Brunnenbau Hamburg, ein Konzept entwickelt und dem Auftraggeber vorgestellt.

In diesem Konzept wurden drei Varianten gegenübergestellt:

- ▶ Rückbau des Brunnens 4/1973 und dann Anschluß an die öffentliche Wasserversorgung
- ▶ Erstellung eines Ersatzbrunnens und Rückbau des Brunnens 4/1973
- ▶ Sanierung des Brunnens 4/1973

Gemäß einer Auflage der Umweltbehörde war die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen fachtechnisch zu beaufsichtigen und zu dokumentieren. Hiermit wurde das Ing.-Büro R.W. Ashauer und Partner GmbH, Niederlassung Hamburg, beauftragt.

## 5. Sanierungskonzept

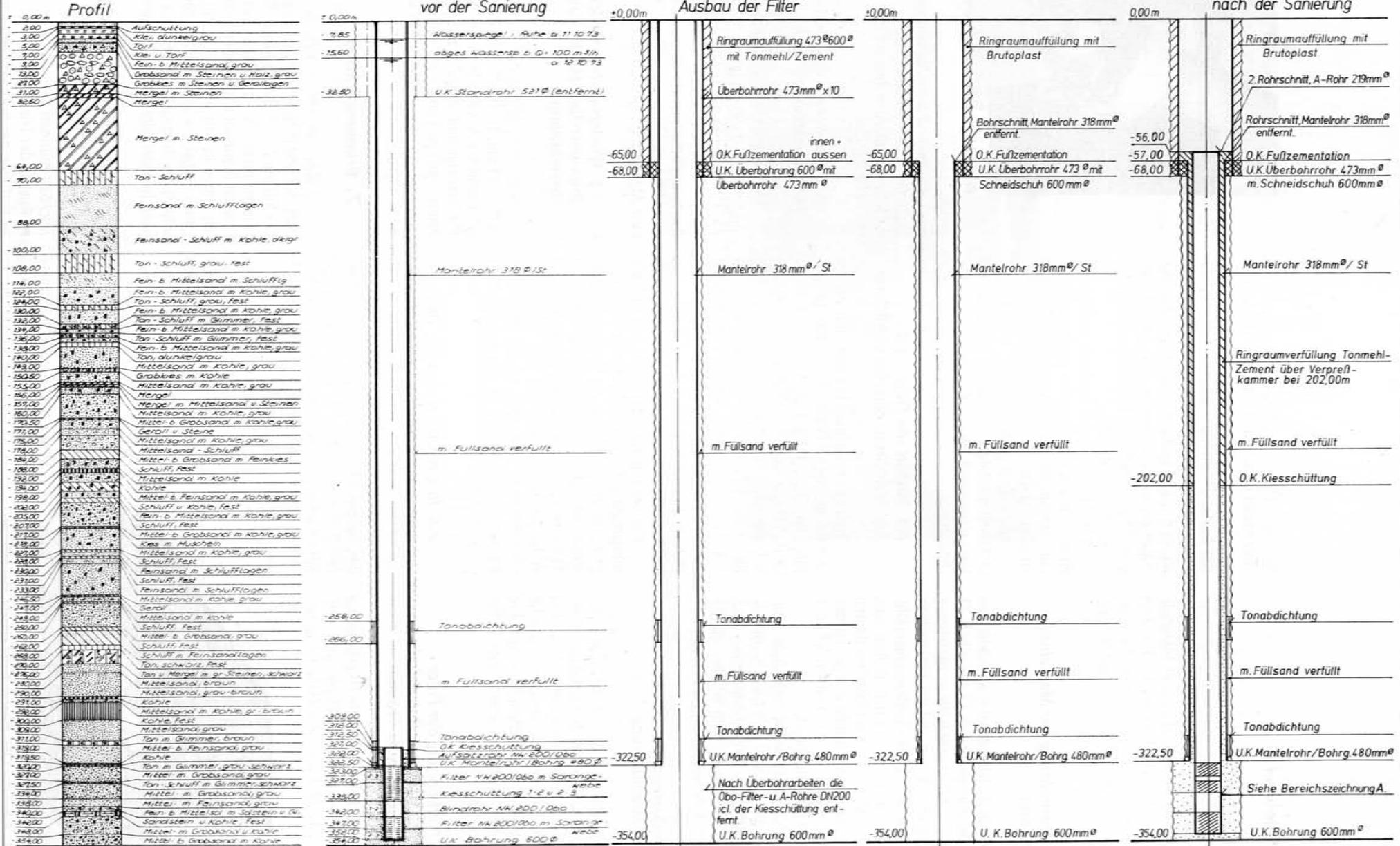
Aus wirtschaftlichen Gründen wurde die Sanierung beauftragt. Gemäß dem mit der Umweltbehörde abgestimmten Konzept der

PREUSSAG GmbH, Abt. Brunnenbau, waren folgende Arbeiten am Tiefbrunnen 4 durchzuführen (Bild 2):

- ▶ Überbohrung der vorhandenen Mantelrohre Ø 318 mm bis in eine Tiefe von ca. 68 m u. GOK und Verbleib der Überbohrrohre Ø 473 mm in der Bohrung
- ▶ Einbringung einer Fußzementation und Einbindung der Überbohrrohre von etwa 57 bis 68 m u. GOK
- ▶ Ringraumverpressung zwischen Überbohrrohrstrang und Gebirge mit einer Tonmehl-Zement-Suspension zur Abdichtung der oberflächennahen Schichten
- ▶ Ausbohren der Filter- und Aufsatzrohre DN 200 aus Obo-Material mit einem Fräsmeißel
- ▶ Unterschneiden des alten Filterkiesraumes unterhalb von 322,50 m u. GOK bis zur Endtiefe
- ▶ Schnitt der Mantelrohre Ø 318 mm in einer Tiefe von ca. 57 m u. GOK und Ausbau der Rohre
- ▶ Einbau von Filterrohren DN 200 und Mantelrohren Ø 219 mm einschl. Verpreßkammer
- ▶ Einbringen einer Filterkiesschüttung von etwa 354 m bis 200,80 m u. GOK
- ▶ Verpressung einer Tonmehl-Zement-Suspension zwischen den Mantelrohren Ø 318 und 219 mm über die Verpreßkammer bis 56 m u. GOK
- ▶ Schnitt der Mantelrohre Ø 219 mm in einer Tiefe von 56 m u. GOK
- ▶ Entwickeln des Brunnens, Einbau der U-Pumpe, Setzen des Brunnenkopfes und Schachtbauwerkes

Bild 2: Brunnenusbau vor und nach der Sanierung sowie Zwischenschritte

# Procter & Gamble GmbH Brunnen 4, Baujahr 1973



Maßstab: T1 B1 : 3000

## 6. Bauablauf

### 6.1 Baustelleneinrichtung

In der 9. und 10. KW 1995 erfolgte der Antransport der Gerätschaften und Materialien, die vorbereitenden Arbeiten am Brunnen und Brunnenschacht, sowie der Aufbau der Bohranlage unter Rücksichtnahme auf den laufenden Produktionsbetrieb.

### 6.2 Überbohrung der Mantelrohre Ø 318 mm

Zur Wiederherstellung der abdichtenden Funktion der Mergel und Tone zwischen 27 und 70 m u. GOK wurden die vorhandenen Mantelrohre Ø 318 mm und der vorhandene Ringraum überbohrt. Die Überbohrung erfolgte mit einer vollhydraulischen Bohranlage, Fabr. Wirth B3A, im Druckspülbohrverfahren bis 68 m u. GOK. Als Bohrgestänge wurden Überbohrrohre Ø 473 mm mit einem Schneidschuh Ø 600 mm eingesetzt.

Der Durchmesser des Schneidkopfes wurde so dimensioniert, daß neben der vollständigen Entfernung des Ringraummaterials auch anstehendes Gebirge entfernt wurde, um später eine komplette Abdichtung sicherzustellen.

### 6.3 Fußzementation und Ringraumabdichtung

Nach Erreichen der geplanten Überbohrteufe wurde mittels eines Zementiergestänges eine Fußzementation zwischen 57 m und 65 m u. GOK eingebracht. Danach erfolgte die Ringraumabdichtung zwischen 57 m und 2 m u. GOK durch Einpressen einer Tonmehl-Zement-Suspension.

### 6.4 Überbohrung der Filter- und -Aufsatzrohre, Rohrschnitt der Mantelrohre Ø 318 mm

In der 12. KW begann die Überbohrung der verloren eingebauten Filter- und Aufsatzrohre DN 200 aus Obo-Material unter-



Bild 3: Erbohrtes Obo-Filtermaterial einschl. des Filtergewebes

halb von 312 m u. GOK. Hierzu wurde ein Fräsmeißel Ø 237 mm im Druckspülverfahren eingesetzt. Das zerbohrte Ausbaumaterial bestand zunächst aus dünnen Holzfasern. Mit zunehmendem Bohrfortschritt wurden auch größere Stücke des Ausbaumaterials sowie Filterkies und Saran-Filtergewebe gefördert. Der Bohrfortschritt lag bei ca. 20 m/Tag (Bild 3).

Nach Erreichen der Endteufe wurden mit einem Unterschneidemeißel Ø 600 mm im Lufthebebohrverfahren die noch im Brunnen vorhandenen Restmaterialien entfernt.

Der Rohrschnitt der Mantelrohre Ø 318 mm erfolgte mit einem hydraulischen Rohrschneider in einer Tiefe von 57 m u. GOK (Bild 4).

### 6.5 Einbau von Filter- und Aufsatzrohren, Filterkiesschüttung

Im Bereich der ausgebohrten Filterstrecke wurden die neuen Filter-, Blind- und Aufsatzrohre von 320,70 bis 353,0 m u. GOK eingebaut. Verbaut wurden Wickeldrahtfilter DN 200 mit einer Schlitzweite von 0,7 mm und Blindrohre DN 200 aus Edelstahl, Werkstoff 1.4571. Der Filterkies wurde entsprechend der anstehenden Körnung des Gebirges, abgestuft in den Körnungen 0,7 – 1,2 mm und 1 – 2 mm, geschüttet.

Die Verlängerung der Filter- und Aufsatzrohrstrecke erfolgte mit Stahlmantelrohren Ø 219 mm. Zur Auffüllung des Ringraumes zwischen den Mantelrohrsträngen Ø 318 und 219 mm wurde eine spezielle Verpreßkammer in den Rohrstrang eingebaut. Um Spannungsrißkorrosion zu vermeiden, wurde ein spezielles Neutralisationsstück in den Ausbaustrang eingearbeitet.

### 6.6 Ringraumverpressung, Rohrschnitt der Mantelrohre Ø 219 mm

Die Abdichtung des Ringraumes zwischen den beiden Mantelrohrtouren in einer Tiefe von 200 m u. GOK bis 57 m u. GOK erfolgte mittels eines Zementiergestänges und des Verpreßkolbens über die Verpreßkammer (Bild 5).

Als Füllmaterial wurde eine pumpfähige Suspension aus Tonmehl-Zement-Wasser im Verhältnis 70 % Tonmehl und 30 % Zement mit einer Dichte von ca. 1,4 – 1,5 g/cm<sup>3</sup> verpreßt.

Für den Misch- und Verpreßvorgang kam ein Kolloidal-Mischer sowie eine nach Druck und Menge steuerbare Plungerpumpe zum Einsatz.

Nach einer ausreichenden Abbindezeit und dem Rückbau



Bild 4: Hydraulischer Rohrschneider

des Gestänges und des Zementierkolbens erfolgte der Rohrschnitt in einer Tiefe von 56 m u. GOK und das Abziehen der getrennten Rohre Ø 219 mm.

### 6.7 Entwickeln des Brunnens, Leistungspumpversuch

Die Entwicklung des Brunnens erfolgte mit einer Unterwasserpumpe in den Stufen 50, 75, 100 und 145 m<sup>3</sup>/h. Die spätere Dauerleistung wurde mit ca. 110 m<sup>3</sup>/h festgelegt. Der Leistungspumpversuch über 72 Stunden, mit einer Förderleistung von 135 m<sup>3</sup>/h, erbrachte eine Absenkung von 32,0 m.

### 6.8 Wiederherstellung des Brunnenschachtes, Einbau der Betriebspumpe

Nach dem Abbau der Bohranlage, Wiederherstellung des Brunnenschachtes mit allen erforderlichen Anschlußarmaturen, Einbau der Förderanlage und Desinfizierung der gesamten Brunnenanlage konnte der sanierte Tiefbrunnen 4 dem Betrieb in der 18. KW wieder übergeben werden.

## 7. Brunnenrückbau

Sowohl der 350 m tiefe Brunnen 1 als auch der 360 m tiefe Brunnen 3 haben die Rinnenfüllung der Wilhelmsburger Rinne durchstoßen und bei 297 m bzw. 311 m u. GOK die Oberen Braunkohlensande erreicht. Während der Filter des Brunnens 1 komplett in den UBKS verbaut wurde, reichte der obere Abschnitt des dreiteiligen Filters des Brunnens 3 noch in elsterkaltzeitlichen Rinnensedimente.

Der Rückbau wurde nach folgenden Arbeitstakten ausgeführt:

#### Rückbau Brunnen 1

- Ausbau der Förderanlage
- Verfüllen des Brunnens mit Filterkies, Tongranulat und Füllkies entsprechend dem geo-

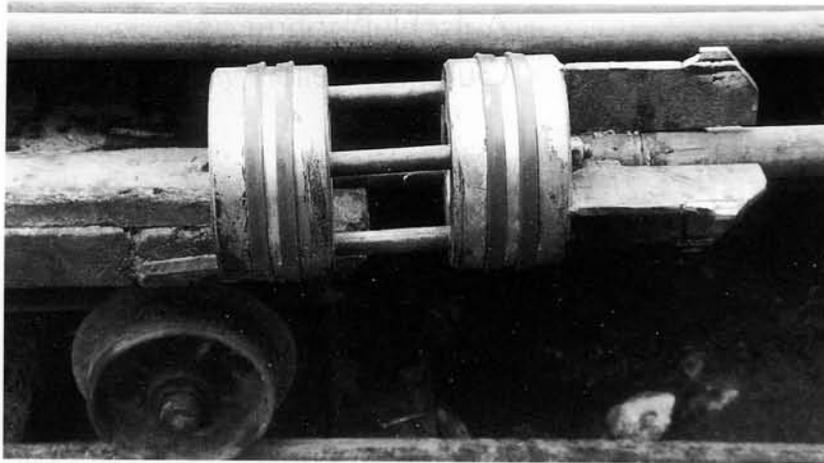
logischen Schichtenaufbau bis U.K. der 1. Perforationszone bis 213,00 m u. GOK

► 1. Perforation der Mantelröhre Ø 213 mm im Bereich zwischen 208,00 und 213,00 m u. GOK. Wegen sehr starker Korrosion, geringer Restwandstärke und des Risikos des Kollabierens wurde mit nur 13 Schuß/m auf einer Länge von 3 m perforiert

► 1. Perforation der Mantelröhre Ø 203 mm im Bereich zwischen 208,00 m und 213,00 m u. GOK, sonst wie beim Brunnen 1

► Verpressung einer Tonmehl-Zement-Suspension über ein Doppelpackersystem

► 2. Perforation der Mantelröhre Ø 241 mm im Bereich zwischen 57,00 m und 62,00 m u. GOK, sonst wie beim Brunnen 1



**Bild 5: Zementiergestänge mit Verpreßkolben**

► Verpressung einer Tonmehl-Zement-Suspension über ein Doppelpackersystem

► 2. Perforation der Mantelröhre Ø 241 mm im Bereich zwischen 57,00 m und 62,00 m u. GOK. Schußzahl und -strecke wurden entsprechend der 1. Perforationszone gewählt

► Auffüllung und Verpressung einer Tonmehl-Zement-Suspension über den Brunnenkopf

► Setzen einer Betonplombe von ca. 0 – 5 m u. GOK

► Der Abriß des Schachtes und eine evtl. Kürzung der Mantelröhre sollte vereinbarungsgemäß bauseitig zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

#### *Rückbau Brunnen 3*

► Ausbau der Förderanlage

► Verfüllen des Brunnens mit Filterkies, Tongranulat und Füllsand bis U.K. 1. Perforation bis 213,00 m u. GOK

► Verpressung einer Tonmehl-Zement Suspension über den Brunnenkopf

► Setzen einer Betonplombe von ca. 0 – 5 m u. GOK

► Der Abriß des Schachtes und eine evtl. Kürzung der Mantelröhre sollte vereinbarungsgemäß bauseitig zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

### **8. Zusammenfassung**

Am Betriebsbrunnen 4 auf dem Gelände der Procter & Gamble GmbH, Werk Hamburg, Rolf H. Dittmeyer in Hamburg-Wilhelmsburg, wurden geophysikalische Messungen und eine Kamerabefahrung durchgeführt. Aufgrund fehlender Tonsperren im Bereich der oberflächennahen Geschiebemergel und Tone und aufgrund einer ständigen Sandführung und Korrosionslochfraß, sollte der Tiefbrunnen saniert werden.

Auf Grundlage eines mit der Umweltbehörde Hamburg abgestimmten Sanierungskonzeptes der PREUSSAG Wasser und Rohrtechnik GmbH, Abt. Brunnenbau Hamburg, wurden 1995 Sanierungsarbeiten am Tiefbrunnen 4 ausgeführt. Mit der fachtechnischen Bauüberwachung war das Ing.-Büro R. W. Ashauer und Partner GmbH, Niederlassung Hamburg, beauftragt.

Zur nachträglichen Abdichtung des Ringraumes im Bereich der oberflächennah anstehenden Geschiebemergel und Tone erfolgte eine Überbohrung des Brunnens bis in eine Tiefe von 68 m u. GOK und Verfüllung des Ringraums mit einer Tonmehl-Zement-Suspension. Dadurch wurde eine hydraulische Verbindung zwischen oberflächennahem Grund- bzw. Stauwasser mit tieferliegenden Grundwasserstockwerken dauerhaft unterbunden.

Die vorhandenen Obo-Filterrohre wurden zerbohrt und durch Edelstahl-Wickeldrahtfilter DN 200 mit angepaßter Filterkiesschüttung ersetzt. Der Ringraum zwischen den alten Mantelrohren Ø 318 mm und den neu eingebauten Stahlrohren Ø 219 mm wurde ebenfalls durch eine Verpressung einer Tonmehl-Zement-Suspension abdichtet. Danach wurden die Mantelröhre Ø 219 mm in einer Tiefe von 56 m u. GOK geschnitten, ausgebaut und entsorgt.

Nach Inbetriebnahme des Tiefbrunnens 4 wurden die beiden Brunnen 1 und 3 fachgerecht, entsprechend den Auflagen der Umweltbehörde, zurückgebaut. 