

Abdichtungen im Brunnenbau

Thomas Trätzl

Die auf dem Markt erhältlichen Abdichtungsmaterialien sollen trotz der oft schwierigen Baustellengegebenheiten, die im Bohr- und Brunnenbau vorherrschen, eine taufengerechte und 100% dichte Barriere für Wässer aller Art bieten. Als Abdichtungsmaterialien kommen vor allem Suspensionen sowie Schütttone und Tonfertigelemente zum Einsatz.

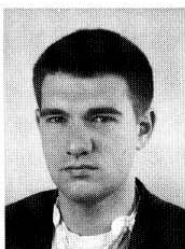
Die einzelnen Produkte, deren Verwendungsgebiet und deren Verarbeitung werden vorgestellt. Es werden Einbauhinweise und Verfahrensbeschreibungen der gängigsten Zementations- und Schüttverfahren ebenso aufgezeichnet wie die Qualitätssicherung vor Ort.

1. Allgemeines

In den Pionierjahren des Brunnenbaus wurde auf Abdichtungen aller Art eher weniger Wert gelegt. Heute sind unterschiedlichste Abdichtungsmaterialien und -verfahren Stand der Technik, und man erkennt, welche Schäden und Probleme die Versäumnisse der Vergangenheit bereiten.

Der gestiegene Eintrag von Schad- und Fremdstoffen, bedingt durch intensive Nutzung und Belastung der Grundwasservorkommen, macht es zudem notwendig, noch größere Aufmerksamkeit auf die Untersuchung der physikalischen, chemischen und biologischen Beschaffenheit des Grundwassers zu legen. Zu dieser Kontrolle des Grundwassers hinsichtlich Güte und Menge bedarf es geeigneter Meßbrunnen, die eine einwandfreie Grundwasserspiegelmessung und Entnahme von Wasserproben gewährleisten. Erreichbar ist dies wiederum nur, wenn die einzelnen Grundwasserstockwerke durch den Einbau von Abdichtungen sorgfältig voneinander getrennt werden können.

Abdichtungen sind aber nicht nur bei Grundwassermeßstellen notwendig, sondern bei allen Bohrungen. Nicht zuletzt dienen sie dem Schutz unserer noch reinen Trinkwasservorkommen, da sie gegen unerwünschte Zuflüsse aus durchteuften Grundwasserleitern ebenso abdichten, wie gegen unerwünschte Zuflüsse von der Geländeoberfläche her.



Brunnenbaumeister Thomas Trätzl, geb. 1969; Ausbildung zum Brunnenbauer; 1991 erster Bundessieger beim Leistungswettbewerb im Brunnenbauer-Handwerk; seit 1991 bei der E + M Bohr GmbH, Hof/Saal

Hinsichtlich der Ausführung der einzelnen Abdichtungen kann im Brunnenbau eine grundsätzliche Unterscheidung getroffen werden in:

A. Mechanisch wirkende Abdichtungsmaßnahmen und

B. Statisch wirksame Maßnahmen

Zu den mechanisch wirksamen Einrichtungen gehören z. B. die Brunnenköpfe, Abdichtungsmanschetten, Packer, Stopfbuchsen usw.

Die statisch wirksamen Maßnahmen, die das Thema dieser Abhandlung sein sollen, umfassen vor allem diejenigen Abdichtungen, die nach ihrem Einbau nicht mehr beeinflusst werden können. Es handelt sich hierbei also um Tonabdichtungen, Zementationen und im Boden verbleibende Sperrohre.

2. Anforderungen und Verwendungszweck

Die wohl wichtigste Anforderung an Abdichtungen aller Art ist, daß sie eine absolut sichere und dauerhafte Dichtungswirkung sowie die zuverlässige Vermeidung von Umläufigkeiten an den Anschlußstellen zum Brunnenrohr bzw. der Bohrlochwand gewährleisten.

Dies gilt insbesondere dann, wenn es darum geht, diese Undurchlässigkeit und Beständigkeit gegenüber kontaminierten Wässern zu bewahren. Ein weiteres Kriterium für die Auswahl der richtigen Abdichtungen ist deren trinkwasserhygienische, chemische und mikrobiologische Unbedenklichkeit. Die einzusetzenden Materialien müssen frei von jeglichen Verunreinigungen, organischen Beimengungen und hygienischen Belastungen sein. Beim Anmischen von Suspensionen dürfen sich keine schädlichen Folgeprodukte bei Reaktion der Preßmasse-Komponenten bilden. Einfache und sichere Verarbeitung, zugeschnitten auf die in der Bohrtechnik und im Brunnenbau vorherrschenden Baustellengege-

benheiten, muß ebenso sichergestellt sein wie die gleichbleibende Qualität der eingebauten Produkte. So sollten Schütttone eine hohe Sinkgeschwindigkeit in Wasser/Spülung aufweisen, gleichzeitig aber eine hohe Volumenzunahme im eingebauten Zustand bieten.

An Suspensionen allgemein läßt sich die Forderung der problemlosen Pumpbarkeit, der geringen Hydratationswärmeentwicklung des Bindemittels, sowie die schnelle Möglichkeit der Aufbereitung und Durchmischbarkeit dem auf der Baustelle vorhandenen Zwangsmischer stellen.

Um nun Vorhandensein und Lage sowie Homogenität und gleichmäßige Verteilung der eingebauten Abdichtung sicher nachvollziehen zu können, muß das Abdichtungsmaterial durch Messung nachweisbar sein. Das heißt z. B., eine geeignete und ausreichende Strahlungsintensität der eingebauten Produkte muß sichergestellt werden.

Verwendung finden Abdichtungen im Brunnenbau und bei Meßstellen. Im Brunnenbau ist der Einsatz von Sperrrohren der Abdichtung an die Aufsatz- und Vollwandrohre vorzuziehen, da diese sicherer und genauer definierbar sind. Eine immer größere Bedeutung aber finden Abdichtungen auch beim Bau von Grundwasser-Beschaffenheitsmeßstellen. Hierbei sei auch auf das DVGW-Merkblatt W121 »Bau und Betrieb von Grundwasser-Meßstellen« hingewiesen, welches unter Kapitel 2.3 die Ringraumverfüllung abhandelt. Weitere Anwendungsgebiete von Abdichtungsmaterialien aller Art sind z. B. Inklinometermeßstellen, Brunnenverfüllungen und nicht genutzte Versuchsbohrungen, die, nach Wasserhorizonten getrennt, sorgfältig verfüllt werden müssen.

3. Abdichtungsprodukte

Da in jüngster Zeit eine Vielzahl von Abdichtungsmaterialien auf dem Markt erschienen ist, hier nun eine kurze Übersicht der gängigsten Produkte:

3.1 Stoffe zur Herstellung viskoser Suspensionen

► **Zemente (Hütten- und Portlandzemente)**, die in den verschiedensten Ausführungen (HS-Hochsulfatbeständig, NW niedrige Hydratationswärme usw.) auf dem Markt erhältlich sind.

Es gibt keinen Grund, der nicht für
**GEOTOOL-Bodenuntersuchungs-
geräte** spricht!

- ▶ **»Dämmer S« (Standard) bzw. »Dämm-
mix«** sind fertige Mischungen aus einem
tonhaltigen Rohstoff, kombiniert mit einem
hydraulischen Bindemittel. Im speziellen
Einzelfall kann diesen Fertigmischungen Zement
und/oder Bentonit zugegeben werden.
- ▶ **»Tropogel B«,** ein neu entwickeltes Ab-
dichtungsmaterial, das ohne Beigabe von
Zusätzen über ein aus der Tiefbohrtechnik
stammendes, für die Anforderungen des
Brunnenbaus neu konzipiertes Verpresssys-
tem eingebracht werden kann.
- ▶ **»Brutoplast«,** ebenfalls ein Fertigprodukt,
das auf den beiden Komponenten Ton und
Zement beruht.
- ▶ **Zuschlagstoffe:**

Bentonite. Sie werden den verschiede-
nen Suspensionen aus Zement, Dämmer usw.
zugemischt (1 – 8 %), um die Festigkeit des Ze-
mentsteins herabzusetzen, d.h. um die Ab-
stärkung nach dem Abbinden plastisch zu hal-
ten und so Spröde und Schwindrißbildung ver-
hindern.

Schwerspat. Es kann der Suspension,
ähnlich wie in der Spülungstechnik, als Be-
schwerungsmittel zugegeben werden.

**Glimmerschuppen, Kieselgur oder
Cellophanschnitzel** werden der Suspension
(Zusatzmenge etwa 10 % – 30 %) als Stop-
fungsmittel beigemischt, um auch klüftige
bzw. stark durchlässige Bohrlochabschnitte si-
cher abdichten zu können.

Als *Verzögerer* kann neben vielen auf
dem Markt erhältlichen Produkten auch
Zucker verwendet werden. Wichtig dabei ist
nur, zu beachten, daß bereits bei einer Zucker-
zugabe von 0,6 % das Abbinden und Erhärten
völlig verhindert wird.

Ein ebenfalls billiges und leicht erhältli-
ches *Beschleunigungsmittel* ist **Kochsalz**
(**Cl**), das in einer Konzentration von 2 bis
5 % zugemischt werden kann. Zucker und Koch-
salz sollten aber vermieden werden, da uner-
wünschte Nebenwirkungen möglich sind.

3.2 Schüttbare Abdichtungstone und quellfähige Tonfertigelemente

- ▶ **»Quellon«.** Unter diesem Produktnamen
erhältlich ist unter anderem das sogenann-
te *Quellon HD*, das sich aufgrund seines
höheren spezifischen Eigengewichtes und
der starken Quellfähigkeit für anspruchs-
volle Dichtungsmaßnahmen in großen
Teufen eignet.
- ▶ **»Compactonit«.** Auch unter diesem Na-
men sind Abdichtungstone erhältlich, die
für spezielle Bereiche des Brunnenbaus
konzipiert sind. *Compactonit 12/50* ist
z. B. für Dichtungsmaßnahmen in mecha-
nisch gestützten Bohrungen entwickelt, da
es aufgrund seiner kleineren Quelldruck-
spannung beim Rückbau der Hilfsverroh-
rung an dieser kaum anhaftet.

- ▶ **»Duranit«-Tonkugeln.** Dieses aus den
Hauptbestandteilen Quarz und Tonerde be-
stehende Produkt ist in Kugelkalibern von
27 – 28 mm bis 5 – 6 mm erhältlich. Durch
seine hohe Dichte eignet es sich ebenfalls
zum Abdichten in großen Bohrteufen. Es
sollte erwähnt werden, daß sich gerade die
Tonkugeln der Größe 5 – 6 mm sehr gut für
die Abdichtungsarbeiten an engen Ringräu-
men bewährt haben.

- ▶ **»Claikopack«.** Ein Tongranulat, das als
cubic 8/15 bzw. *15/60* sowie als *Claiko-
pack mono 8/15* vertrieben wird.

- ▶ **Quellfähige Tonelemente.** Sie bieten
eine völlig neue Art der Bohrloch-Abdich-
tung, da die Liegende –, wenn erforderlich,
und die Hangende – Abdichtung mit dem
Einbaustrang in die festgelegte Teufe ge-
bracht wird. Erhältlich sind diese Fertigele-
mente zur Zeit für den Ausbau von 2" –
Grundwassermeßstellen mit einem Bohr-
durchmesser von ca. 180 mm.

Beim Einsatz von Tonfertigelementen kann
der Filterbereich aber nicht von über Tage ver-
kiezt werden. Es müssen daher Maßnahmen
zur Entwicklung eines natürlichen Filters ge-
troffen werden.

Schüttbare Abdichtungstone sollten aber
nur bei unbepumpten Meßstellen, nicht bei
Betriebsbrunnen verwendet werden. Sie kön-
nen bei Wasserspiegelschwankungen im Be-
trieb ausgespült werden, was bei abbindenden
Materialien nicht der Fall ist.

4. Ausführung der Abdichtungs- arbeiten

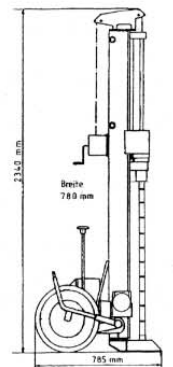
A) Falls von der entsprechenden Boh-
rung kein genaues und teufengerechtes
Schichtenprofil vorhanden ist, was gerade bei
Bohrungen, die im direkten Spülbohrverfah-
ren abgeteuft wurden, vorkommen kann,
muß vorab eine geophysikalische Meßreihe
ausgeführt werden. Sie dient der teufenmäßig
sicheren Festlegung von Abdicht- und Filter-
strecken.

B) Vor Beginn der Abdichtungsarbeiten
muß der Gesamtbedarf an Material genau be-
rechnet werden, wobei man einen Sicher-
heitszuschlag von 15 – 20 % für die Material-
vorhaltung an der Baustelle einkalkulieren
sollte.

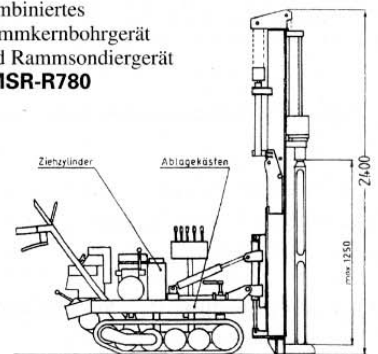
Bei manchen Bohrungen ein **»Soll«,** bei
Zementationsverfahren, wie z. B. die »Vor-
und Nachstopfzementation«, ein **»Muß«**
ist die Durchführung einer Kalibermessung
zur Vorausberechnung der erforderlichen Ab-
dichtungsmenge.

C) Ebenfalls vor Beginn des eigentlichen
Arbeitsganges muß das Material sauber und
trocken auf der Baustelle gelagert werden.
Auch sollten keine »alten Lagerbestände« Ver-
wendung finden, da die Probleme bei der Ver-
arbeitung des oftmals durch Nässe geschädig-

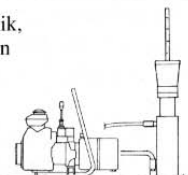
LMSR, die starken
Geräte für die schwere,
mittelschwere und leichte
Rammsondierung nach
DIN 4094, mit
Benzin-, Elektro- oder
Hydraulikmotor



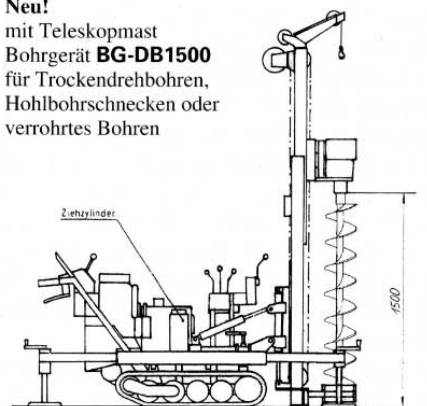
kombiniertes
Rammkernbohrgerät
und Rammsondiergerät
LMSR-R780



Hydraulische Ziehtechnik,
in allen Leistungsklassen
leicht, tragbar, kräftig



Neu!
mit Teleskopmast
Bohrgerät **BG-DB1500**
für Trockendrehbohren,
Hohlbohrschnecken oder
verrohrtes Bohren



oder umrüstbar auf
Bohrgerät **BG-HR2000**
für Rammkernbohrungen mit Hydraulikhammer

GEOTOOL

für die Bodenuntersuchung

GEOTOOL Ingenieurs- und Handelsgesellschaft mbH
Knipp 13, D-52076 Aachen
Tel. 0 24 08/58 492, Fax 0 24 08/52 31

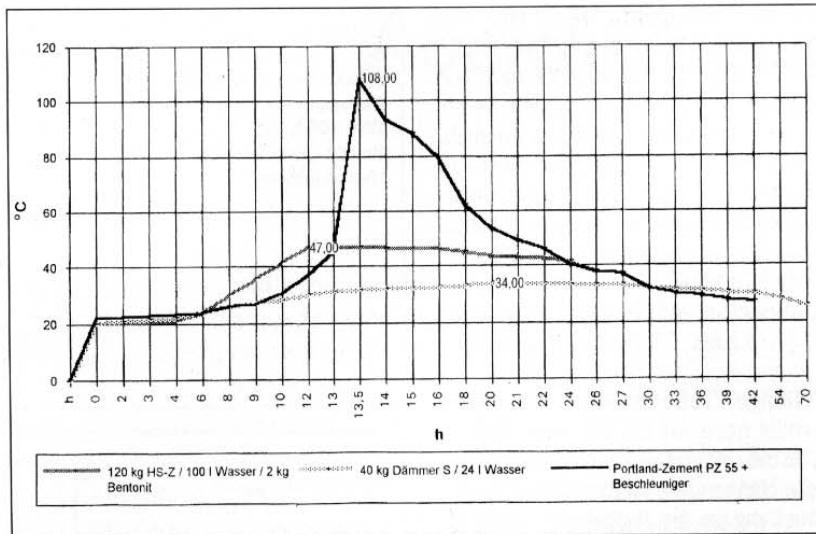


Bild 1: Hydratationswärme-Diagramm (Werksgraphik: E + M Bohr GmbH)

ten Materials erheblich sein können und eventuell das gesamte Abdichtungsziel in Frage stellen.

4.1 Verarbeitung von Suspensionen

Da Suspensionen im Ringraum zwischen Bohrloch und Brunnenausbau eingebaut werden, ist unbedingt zu überprüfen, wie *Suspension/Gebirge* und *Suspension/Brunnenausbau* sich gegeneinander beeinflussen können.

Bei der Wechselbeziehung verpreßbarer Abdichtungen zum Gebirge bzw. Gebirgswasser kann allgemein nur darauf hingewiesen werden, daß bei hoher Sulfatkonzentration (nach DIN 4030 gilt: 200 – 300 mg/l SO₄ schwach angreifend, 300 – 1500 mg/l SO₄ stark angreifend, über 1500 mg/l SO₄ sehr stark angreifend) unbedingt ein HS-Zement/Dämmers Verwendung finden sollte, da ansonsten ein Zerfall des Bindemittels (Zementstein) einsetzt.

Bezüglich anderer Einflüsse (wie z. B. Sohle, abnorme pH-Werte usw.) müssen für den speziellen Einzelfall Lösungswege mit den Herstellerfirmen von Zementen konzipiert werden.

Beim Verhalten zwischen Brunnenausbau und Abdichtung ist vorab zu klären, um welches Ausbaumaterial es sich handelt. Grundsätzlich muß, egal ob Stahl-, PVC- oder PE-Rohre zum Einbau kommen, eine Berechnung über die maximale Belastbarkeit auf Außendruck angestellt werden. Diese Berechnungen müssen unter Berücksichtigung von materialspezifischen Parametern (Wandstärke, Durchmesser, Werkstoff bzw. dessen Verarbeitung) sowie unter Miteinbeziehung der Spülungs-, Abdichtungs- und Bohrlochkenntnisse durchgeführt werden (z. B. Absinken des Ruhewasserspiegels beim Abdichtvorgang).

Eine nicht zu unterschätzende Größe ist hierbei die beim Abbindeprozeß freiwerdende Hydratationswärme. Zementsuspensionen, denen ein Beschleuniger beigemischt wird, können bis zu 108 °C Hydratationswärme freisetzen (Bild 1). Bei Stahlrohren kann dies weitgehend außer acht gelassen werden, bei PVC- oder PE-Rohren führt diese Temperatur zum Versagen. Um nun bei PVC/PE-Rohren das Risiko der Materialkollabierung herabzusetzen, sollte:

- 1) ein Abdichtungsmittel Verwendung finden, das zu weniger Wärmeentwicklung neigt (Dämmers, NW-Zement + Bentonit oder Troptogel, das *keinerlei* Wärme abgibt).
- 2) der Wasser-/Spülungsspiegel in der Verrohrung aufgebaut werden,
- 3) ein ständiger Austausch des in der Verrohrung befindlichen Wassers/Spülung stattfinden, um einen Kühleffekt zu erreichen,
- 4) bei Verwendung von Zementsuspensionen nur kurze, vorberechnete Strecken durchzementiert werden.

tionen nur kurze, vorberechnete Strecken durchzementiert werden.

Was nun die einzelnen Mischungsverhältnisse angeht, so hat wohl jedes Bohrunternehmen seine eigenen Erfahrungen mit dem von ihm verarbeiteten Produkt gemacht. Als Faustregel gilt allerdings, daß ein Wasser/Produkt-Faktor von 0,5 – 0,7 erreicht werden sollte. Dies gewährleistet eine viskose Schlämme, die noch jederzeit gut pumpbar und somit verarbeitbar ist. Reine Zementschlämme haben mit dem Universal W/P = 0,5 Dichten um 1,85 bis 1,90 kg/l. Andere Mischungen, denen Bentonit oder Dämmers zugesetzt wird, bewegen sich zwischen 1,7 und 1,8 kg/l. Daß als Anmachwasser für sämtliche Suspensionen im Brunnenbau nur Trinkwasser verwendet werden darf, versteht sich von selbst.

Der eigentliche *Mischvorgang* auf der Baustelle erfolgt in Zwangsmischern, die eine gute Vermischung der Stoffe absolut gewährleisten. Eine kolloidale Vermahlung der Mischung vor dem Verpressen ist in manchen Fällen ratsam. In der langjährigen Baustellenpraxis der E + M Bohr GmbH haben sich Rührwerke mit einem Inhalt von 800 l sehr bewährt (Bild 2). Daran gekoppelt ist das eigentliche *Verpreßaggregat*.

Da beim Zementationsprozeß grundsätzlich Flüssigkeiten, von Wasser bis zur hochviskosen Suspension, verpumpt werden, sollten die Arbeitsdruck und die Pumpmenge als Kriterium für den Einsatz der Pumpenart bestimmt werden. So gilt die Monopumpe wohl als Universalgerät, da sie Drücke bis 20 bar aufbringen kann und in der Menge von 30 bis 150 l/min stufenlos regelbar ist. Bei Zementationsverfahren im Tiefbohrbereich kommen nur Plungerpumpen in Frage. Als *Verbindungs- und Verteilungsausrüstungen* bei Zementationsarbeiten kommen Hochdruck-

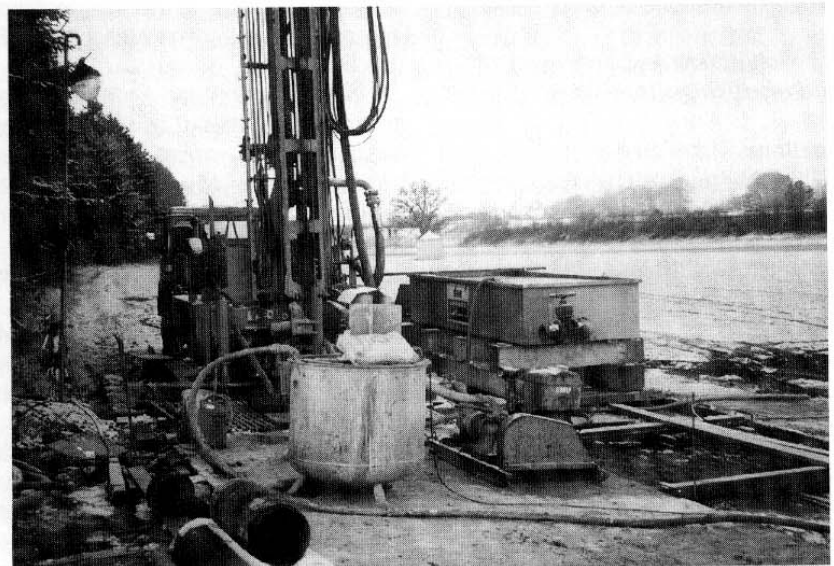


Bild 2: Abdichtungsarbeiten an einer GW-Meßstelle



und Niederdruckausrüstungen zum Einsatz. Zum Verpumpen der Zementschlämme vom Zementieraggregat bis in die Bohrung werden Ausrüstungen des Hochdruckmanifolde (bis ca. 400 bar) eingesetzt. Die Saugleitungen der Pumpen und alle Leitungen, Verteiler, Schieber und Ausrüstungsteile für Mischvorgänge sowie notwendige Zupumpaufgaben werden dem Niederdruckmanifold (bis ca. 15 bar) zugeordnet.

Im folgenden sollen nun die im Brunnenbau gängigsten Zementationsverfahren beschrieben werden.

4.1.1 Contractorverfahren (Bild 3.1)

Bei dieser Art der Zementation wird die Suspension von unten nach oben durch Zementierrohre in den genügend groß bemessenen Ringraum verpumpt. Während des Abdichtungsvorgangs sind die Verpreßrohre etappenweise auszubauen, wobei der Rohrmund nie über OK Zementkopf (oberes Ende des zu zementierenden Ringraums) gezogen werden darf. Der Nachweis für den ordnungsgemäßen Einbau des Füllmaterials wird dadurch erbracht, daß der Verpreßvorgang solange zu erfolgen hat, bis die gesamte Spülungssäule verdrängt und reine Dichtmasse bei Gelände austritt.

Mit dem Contractorverfahren können sowohl Sperrrohre als auch Ausbau-Vollwandrohre bis ca. 100 m zementiert werden.

Bei Sperrrohren ist zu beachten, daß diese dicht verschweißt bzw. verschraubt werden und daß deren Oberfläche frei von Plattenrost (locker sitzender Rost) und Fett ist, da die Haftzugfestigkeit bei fettbedecktem Stahl gleich Null ist, dagegen bei leicht angerostetem 1 – 2 MPa beträgt. Ein vorausgehender Zementmilchanstrich auf Stahlrohre ist empfehlenswert (Bild 4).

4.1.2 Zementation mit Dichtungsflansch nach Dr. Traub (Bild 3.2)

Diese Art der Abdichtung kommt vor allem dann zum Tragen, wenn es sich um Trockenbohrungen mit Teleskopverrohrung und sehr großen Anfangsdurchmessern han-

delt. Sie eignet sich aber auch für das nachträgliche Abdichten bestehender Brunnen. Die Besonderheit dabei ist, daß am unteren Ende des Rohres eine Art »Regenschirmpacker« sitzt. Er besteht aus einem fest angeschweißten Flansch mit losem Gegenflansch, der das Einspannen einer Gummiplatte oder eines Gummitrichters ermöglicht. Die runde Platte ist im Außendurchmesser größer als die Bohrung und mit radialen Einschnitten versehen. Beim Einbau legt sich die Gummimanschette

fest auf den darunterliegenden geschütteten Kies und sichert einen sauberen Abschluß der Abdichtung und verhindert ein Eindringen von Zementsuspension in den Filterkies. Die eigentliche Zementation erfolgt über das Contractorverfahren.

4.1.3 Zementation mit Floatschuh und Ventil (Bild 3.3)

Das auch als »Stab-In-Cementing« oder »Innert String Cementing Method« bezeichnete Verfahren eignet sich hervorragend zum Zementieren von Futterrohren in großen Tiefen, z. B. bei Mineral-, Thermal- und Tiefbohrungen. Das Kernstück dieses Verfahrens ist der Rohrschuh mit Rückschlagventil und »Stab-In-Adapter«. Das Kugelventil erfüllt folgende Aufgaben:

1) Man kann damit einen »schwimmenden Einbau« vornehmen, der den Vorteil bietet, hohe Einbaugewichte sicher fahren zu können, da sich ein Teil des Rohrgewichts durch den Auftrieb aufhebt. Wichtig dabei zu beachten ist, Auftriebs- und Außendruckkräfte, bezogen auf die Spülungs-Dichte, vorher genau zu berechnen, da beim schwimmenden Rohreinbau die Notwendigkeit des intervallartigen Auffüllens der Futterrohre von über Tage besteht.

2) Das Rückschlagventilsystem hat ebenfalls die Aufgabe der Rückflußverhinderung der Zementschlämme nach dem Abdichtungsvorgang beim Gestängeausbau.

Der »Stab-In-Adapter« nimmt nach vollzogenem Rohreinbau das dichtende Fußstück des Zementationsgestänges auf. Rohre und Zementationsgestänge werden also zeitlich getrennt voneinander eingebaut. Nun werden die Schlämme über das Gestänge, den »Stab-In-Adapter« und das Ventil in den Ringraum verpreßt, bis der Zementkopf die projektierte Höhe (z. B. Austritt Übertage) erreicht hat. Der Gestängeinhalt ist durch Nachpumpen von Spülung von Zementsuspension zu befreien. Durch Öffnen eines Schiebers am oberen Ende des Gestänges läßt sich die Dichtheit des Ventils prüfen. Nach dem Ausbau des Zementationsgestänges und nach der notwendigen Abbindezeit wird der Rohrschuh mit Ventil und Stab-In (Material: Beton, Aluminium oder Gußeisen) aufgebohrt.

4.1.4 Vor- und Nachstopfenzementation (Bild 3.4)

Bei dieser wird durch Einsatz eines Vor- und Nachstopfens ein optimaler homogener Zementstein maximaler Dichtigkeit am Rohrschuh und im anschließenden Ringraum gewährleistet. Erwähnt werden soll aber, daß bei der Zweistopfenzementation nur eine vorab bestimmte Abdichtungsmenge eingepumpt werden kann. Ist diese Menge zu gering be-

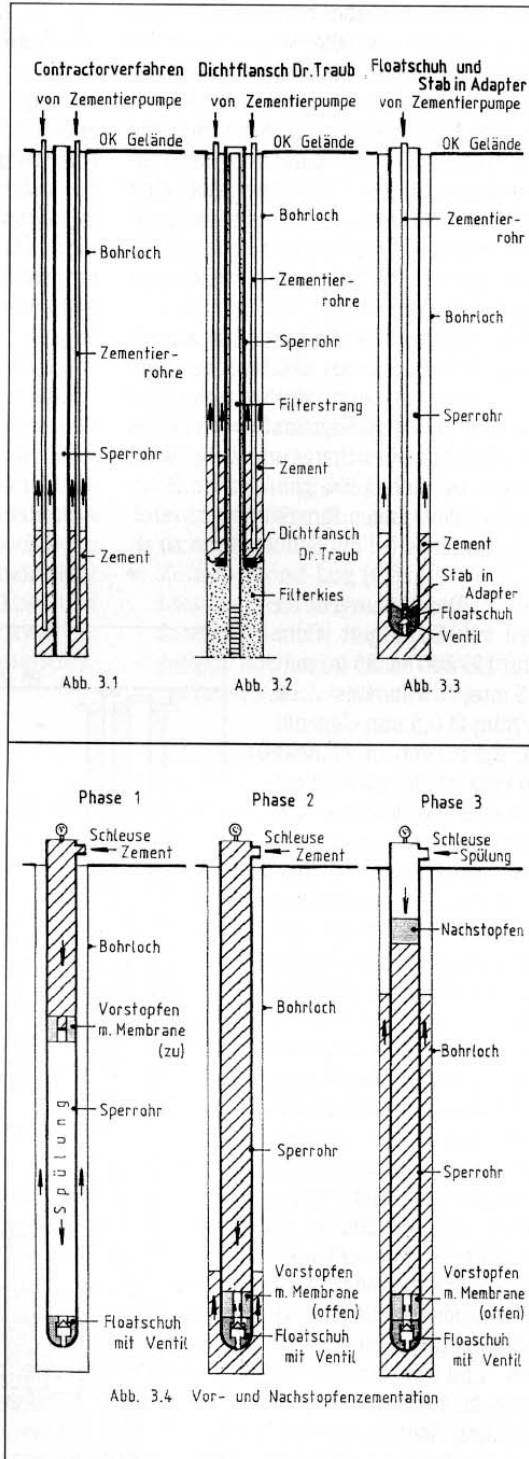


Bild 3: Schemazeichnung Zementationsverfahren
(Werksgraphik: E + M Bohr GmbH)

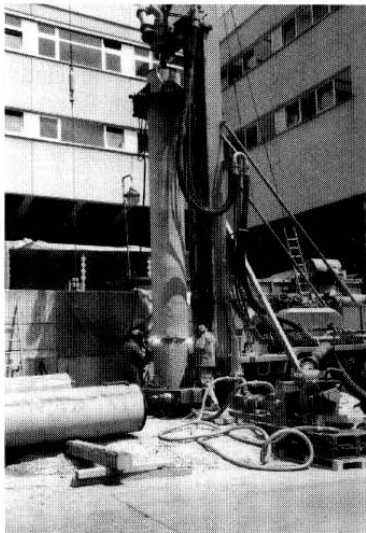


Bild 4: Sperrrohreinbau

rechnet, so kann das »Zementationsziel« nicht mehr erreicht werden.

Die Zementation beginnt mit dem Einbau eines mit einer Berstscheibe ausgestatteten hohlen Vorstopfens sowie nachfolgendem Verpumpen der volumenmäßig vorbestimmten Zementschlämme.

Nachdem nun der Vorstopfen den Floatschuh erreicht hat, wird die Berstplatte durch Erhöhung des Pumpendruckes zerstört, so daß die Schlämme über den Rohrschuh mit Rückschlagventil in den Ringraum eindringen und aufsteigen kann. Ist die zuvor genau berechnete Zementationsmenge verarbeitet, wird der Nachstopfen über die Schleuse eingebaut und mit dem Einpumpen der Nachpumpflüssigkeit begonnen.

Beim Aufsetzen des Nachstopfens auf den Vorstopfen steigt der Pumpendruck rasch sehr stark an und zeigt damit das Ende der Zementation an. Wie bei der Zementation mit Floatschuh und »Stab-In-Adapter« wird auch hier Stopfen und Rohrschuh zerbohrt. Da das Zubehör (Schleuse, Stopfen, Ventil usw.) für diese Zweistopfenzementation eine hochwertige und sehr teure Spezialeinrichtung darstellt, werden derartige Abdichtungen nur von spezialisierten Serviceunternehmen ausgeführt.

4.2 Verarbeitung von Schüttonen

Das Einbringen und die Herstellung von Tonabdichtungen in Bohrungen setzen ein hohes Maß an brunnenbautechnischer Erfahrung voraus. Im folgenden wird eine Auflistung der dabei zu beachtenden Faktoren gegeben:

► Da im Regelfall die komplette Bohrlochverfüllung in einem Arbeitsgang durchgeführt wird, ist bei der Schüttung von Filterkies zu beachten, daß unterhalb und oberhalb von Filterkiesgrenzen die Abdichtung (Tonsperrern und Zementation) durch einen mindestens 0,5 m mächtigen *Gegenfilter* zu schützen ist. Dieser, auch Kies-Sand-Polster genannte Ge-

genfilter hat die Aufgabe, ein Durchdrücken der Abdichtung in den Filterbereich sowie das Eindringen von Folgeschüttungen in die Sperrschicht zu verhindern.

► Vor dem Einbringen der Dichtungstone ist sicherzustellen, daß die unterhalb der Tonschüttung befindlichen Verfüllstoffe in eine hohe Lagerungsdichte gebracht werden (z. B. Kolben) und den Ringraum insgesamt ausfüllen, um so ein nachträgliches Setzen der Tonsperrern zu verhindern.

► Beim Schütten des Abdichtungsmaterials kann durch fortlaufendes, gleichmäßiges Einfüllen in den Ringraum Verklumpung und Brückenbildung weitestgehend vermieden werden. Um nun ein sicheres und zielgenaues Einbringen bei Bohrspülungen, großen Bohrtiefen und/oder engen Ringräumen zu erreichen, ist im Einzelfall mit Schüttrohren zu arbeiten.

► Um in Dickspülungen die Sinkzeit von Schüttgut (Compactonit 12/200 ca. 25 m/min; Ø 5 mm, Filterkies ca. 11 m/min; Ø 0,5 mm Gegenfilter ca. 2,5 m/min in Klarwasser) so kurz wie möglich zu halten, ist eine fachgerechte Ausdünnung der schweren und oftmals hochviskosen und beladenen Bohrspülung notwendig. Bei solchen Maßnahmen darf allerdings niemals die Standsicherheit der Bohrung gefährdet werden.

► Der Einbau von Abdichtungen in verrohrten Bohrungen muß ebenfalls mit Bedacht und Vorsicht angegangen werden, da nur soviel Schüttgut in die Mantelrohre eingefüllt werden darf, wie zur Verfüllung des beim Ziehen freiwerdenden Bohrringraums benötigt wird. Das Ausbauen der Rohre hat mit dem Schüttvorgang gleichlaufend und in kurzen Abschnitten zu erfolgen. Wird die Tondichtung über den Wasserspiegel eingebaut, so muß fortlaufend Wasser zugegeben werden, da die Erdfeuchte allein oftmals nicht zum vollständigen Aufquellen des Tones ausreicht.

► Wie bei allen Schüttvorgängen ist auch hier das Tiefenlot das wichtigste Werkzeug. Es sollte während des Schüttvorgangs nur von einem Mann bedient werden, da von seiner Erfahrung und Sorgfalt das exakte Platzieren der Schüttgrenzen und somit das Gelingen der Abdichtung abhängt.

5. Kombinierte Anwendung von Schüttonen und Suspensionen

Im Rahmen des 3. Erkundungsprogramms für die DB-Neubaustrecke Stuttgart – Ulm wurden von der E + M Bohr GmbH mehrere, sehr aufwendige Aufschlußbohrungen mit anschließendem Meßstellenausbau ausgeführt. Da hierbei sehr geringmächtige Sandsteinschichten verfiltert und getrennt voneinander erschlossen werden mußten, waren tiefengerechte und absolut dichte Sperrschichten von größter Bedeutung.

In enger Zusammenarbeit mit der örtlichen Bauüberwachung (Ingenieurgeologisches Institut Niedermeyer, Westheim) sind Ausbaupläne konzipiert worden, die diesen Anforderungen gerecht wurden (Bild 5).

Um ein Durchdrücken der Zement-Bentonit-Abdichtung sicher auszuschließen, wur-

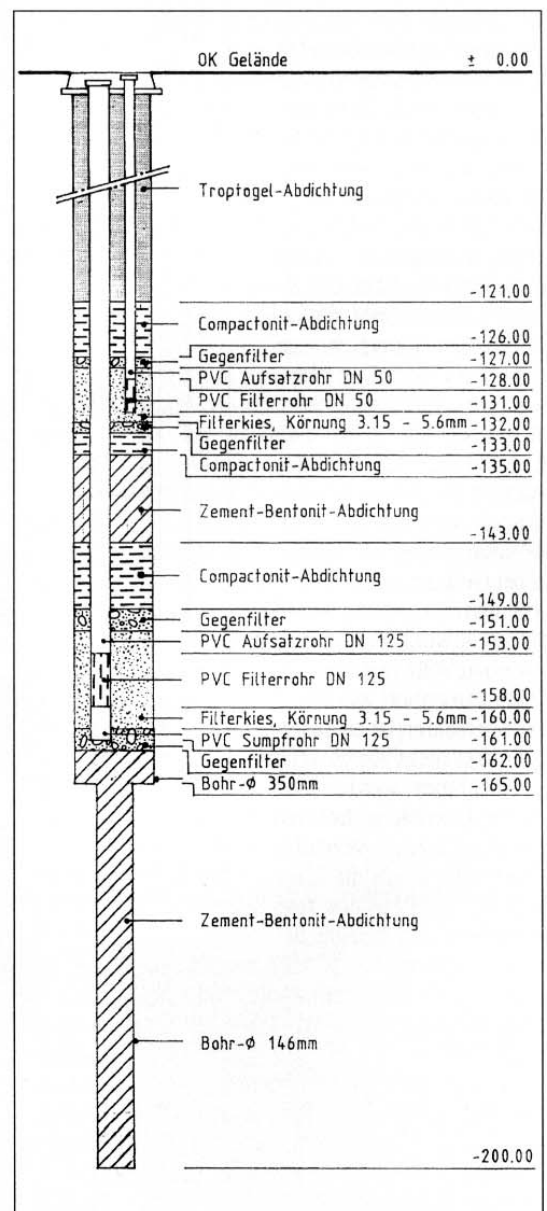


Bild 5: Ausbauplan Bohrung DB – NBS Stuttgart – Ulm
(Werksgraphik: E + M Bohr GmbH)

de eine zusätzliche Tonsperre gesetzt und daran anschließend die minimal berechnete Zement-Bentonit-Suspension über das Contractorverfahren eingebracht. Da bei einer Zementation die projektierte Zementierhöhe nicht auf den Meter genau bestimmt werden kann, ist im Falle dieser Bohrung nach ca. 12 Stunden der Zementkopf durch Lotung festgestellt worden und die fehlende Abdichtungsstrecke bis zum nächsten Gegenfilter mit Schütton unter ständigem Loten aufgefüllt worden.

Die abschließende Oberflächenabdichtung von 121 m bis GOK wurde in einem Arbeitsgang über Verpreßbläzen eingebracht. Als Abdichtungsmaterial wurde Troptogel gewählt, da es keinerlei Hydratationswärme freisetzt und mit einem spezifischen Gewicht von 1,34 kg/l die zulässige Außendruckbelastung des 5"-PVC-Ausbaus weit unterschritt.

Nach abschließendem Entwickeln und Klarpumpen der Meßstelle konnten zwei unterschiedlich erschlossene Grundwasserstockwerke nachgewiesen werden.

6. Qualitätssicherung

Wie aus dem oben genannten Beispiel ersichtlich, ist der gewissenhafte und exakte Einbau von Abdichtungen von größter Bedeutung. So entstehen dem Bohrunternehmen durch nachweislich falsch gesetzte Schüttungen hohe Kosten durch Verlust der bereits eingebrachten Füllstoffe (Filterkies, Schütton, Füllsand), sowie durch Zeitaufwand für den Aus- und Wiedereinbau des Rohrstranges und die Aufwältigungsarbeiten.

Um dieses Risiko auf ein Minimum herabzusetzen, bieten sich folgende Qualitätssicherungsmaßnahmen auf der Bohrstelle an:

Verarbeitet man Suspensionen, so sind am Abgang des Mischers mehrere Probewürfel (1-l-Becher) zu ziehen. Diese Becher müssen im Wasserbad frostsicher gelagert werden. Es kann damit die Abbindezeit und Konsistenz der Schlämme nachgewiesen werden.

Dichte (mit Spülungswaage), Menge und der Druck, mit dem das Material eingebracht wird, können ebenfalls aufgezeichnet werden.

► Sollen Schüttgüter in Spülbohrungen eingebracht werden, ist vorab die Absinkzeit zu bestimmen. Zu diesem Zweck füllt man einen ausreichend großen Standzylinder mit Spülung. Die Absinkzeit des einzufüllenden Materials kann dann sehr genau mit der Stoppuhr ermittelt und auf die Bohrlochverhältnisse umgerechnet werden. Ferner kann bei diesem Versuch auch noch die Quellfähigkeit des Abdichtungsmaterials in der Spülung getestet werden.

► Ein weiterer Nachweis über den korrekt erfolgten Einbau bietet der Vergleich zwischen der rechnerisch ermittelten Materialmenge und der tatsächlich verbrauchten. Die tatsäch-

lich verbrauchte Menge muß immer höher sein als die rechnerisch ermittelte.

► Der abschließende Nachweis über die qualifizierte Ausführung der Arbeiten zur Errichtung einer Grundwassermeßstelle oder eines Trinkwasserversorgungsbrunnens erfolgt daher meist mit Hilfe der geophysikalischen Bohrlochvermessung. Es können dazu unter anderem folgende »logs« gefahren werden:

► Gamma-Ray-Log (GR)

Messung der natürlichen Gammastrahlung. Für Suspensionen, deren Strahlung durch Zusetzen von Tracer gesteigert wurde, sehr gut geeignet.

► Gamma-Gamma-Log (GG)

In Verbindung mit Neutron-Neutron-Log (NN). Messung der Dichte des Hinterfüllmaterials. Sehr gut geeignet für alle Abdichtungen.

► Zement-Bond-Log (CBL)

Messung der von ihm ausgesandten akustischen Welle. Für den Einsatz bei Tiefbohrungen mit zementierter Stahlverrohrung geeignet, jedoch sehr umstritten.

7. Resümee

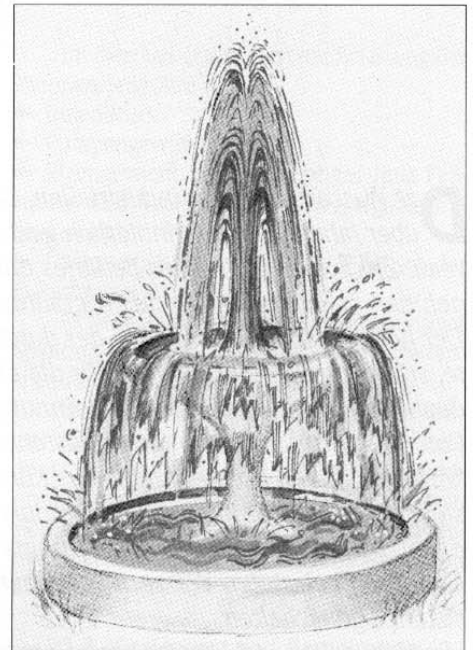
Welches Abdichtungsmaterial und -verfahren für welchen Zweck im Brunnen- und Meßstellenbau eingesetzt wird, sollte für jede Bohrlochsituation aufs neue bestimmt werden. Gerade hier ist Theorie und Praxis gefordert, »Hand in Hand« zu arbeiten, um das optimale Abdichtungsziel zu erreichen. Dabei berücksichtigt werden muß aber, daß gerade im Grundwasser bzw. im Schwankungsbereich von Brunnen Tondichtungen sehr stark der Gefahr einer Ausspülung und Setzung unterliegen.

Da dieser Prozeß über Jahre hinweg geht und sich so die Undichtigkeit der Sperrschicht erst nachträglich zeigt, ist eine Erkennung und Behebung des Schadens nur noch mit sehr großem finanziellen Aufwand möglich. Es sollte daher gerade bei Abdichtungen im Brunnenbau den Suspensionen Vorzug gegeben werden. Auch wenn diese im Einbau oft aufwendiger sind, bilden sie nach dem Abbindevorgang eine absolut festsitzende und auf Dauer beständige Barriere. ☒

Literaturhinweise

- [1] Arnold, W.: Flachbohrtechnik. – Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig · Stuttgart.
- [2] Preussag Anlagenbau: Technik für die Umwelt. – Band 2.
- [3] Bieske, E.: bbr-Fibel – Brunnenbau. – 82. und 83. Folge. bbr – Wasser und Rohrbau (1972) Heft 1/2.
- [4] Nold, J. F.: Nold – Brunnenfilter, 6. Auflage. – Nold GmbH, Stockstadt/Rhein.
- [5] Rowles, R.: Drilling for Water. – Cranfield Press 1990, Bedford UK.
- [6] Verein der Zementindustrie: Zement Handbuch 47. Ausgabe. – BEUTH-Verlag GmbH, Wiesbaden · Berlin.

So kommt das Wasser hoch.



Mit Unterwassermotorpumpen von LOWARA kein Problem.

Ob für Tiefbrunnen, bei der Beregnung, in der Grundwasserabsenkung oder im Springbrunnenbetrieb, überall dort wo Wasser zuverlässig und energiesparend transportiert wird finden Sie Lowara Pumpen in über 50 Ländern!

Ihre Lowara Vorteile:

- Jahrzehntelange Erfahrung
- Neueste Technologie
- Edelstahl
- Lückenlose Qualität
- Lange Lebensdauer
- Energiesparend
- Wartungsfreundlich
- Exzellenter Service
- Gutes Preis-/Leistungsverhältnis
- Pumpen von 4" bis 10"



GFW

Rufen Sie uns doch mal an!

ISO 9001

LOWARA
A GOULDS PUMPS COMPANY

Lowara Deutschland GmbH
Biebigheimer Straße 12 • 63762 Großostheim
Telefon 06026/943-0 • Telefax 06026/943-210