

Suspensionen Einbringverfahren und Qualitätskontrollen

Erhöhte Anforderungen ■ Aufgrund moderner Mess- und Untersuchungsmethoden konnten in den letzten Jahren an zahlreichen bestehenden Grundwassermessstellen und Wassergewinnungsbrunnen unwirksame Ringraumabdichtungen nachgewiesen werden. Als Konsequenz aus dieser Tatsache haben sich die Anforderungen an Abdichtungen im Brunnenbau deutlich erhöht.

Die Erfahrungen der Vergangenheit und die Untersuchungen der Gegenwart an Ringraumabdichtungen in Grundwassermessstellen und Brunnen zeigen deutlich den Weg hin zur dauerhaften und hydraulisch dichten Barriere mittels Abdichtungssuspensionen.

Derart erstellte Horizontal- und Vertikalabdichtungen gewährleisten die erhöhten technischen Anforderungen, um anthropogene Beeinflussungen der Grundwasserleiter zu minimieren und um insbesondere mikrobiologische

Kontaminationen durch Oberflächenwasser auszuschließen.

Abdichtungstechniken mit Suspensionen

Die Vorteile der Suspensionen gegenüber herkömmlich eingebrachten Schüttonabdichtungen sind vor allem die hohe Volumenkonstanz und Plastizitätsbeständigkeit, welche die Bildung von Schwind- und Setzungsrisse verhindern und eine sichere Anbindung an die Ausbauserohrung und das anste-

hende Gebirge gewährleisten. Besonders bei Spülbohrungen mit zum Teil sehr unregelmäßiger Bohrloch- und Ringraumgeometrie eignen sich Suspensionen ungleich besser zur Ringraumabdichtung als lose Schüttonprodukte.

Vorbereitende Maßnahmen

- Falls von der entsprechenden Bohrung kein genaues und teufengerechtes Schichtenprofil vorhanden ist, was gerade bei Bohrungen, die im direkten Spülbohrverfahren abgeteuft werden, vorkommt, muss vorab eine geophysikalische Messreihe (z. B. GG, GR, SP, Cal, RES) ausgeführt werden. Sie dient der teufen- und mengenmäßig sicheren Festlegung von Abdichtungs- und Filterstrecken.
- Um eine homogene Suspensionsstruktur und eine gleichmäßige Umhüllung des Vollrohres mit Dichtungsmaterial zu ermöglichen, ist ein zentrischer Einbau durch Abstandshalter sowie ein ausreichend bemessener Ringraum (gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 123 „Bau und Ausbau von Vertikalbrunnen“ nicht < 50 mm) zu beachten.
- Vor Beginn des eigentlichen Arbeitsganges muss das Material sauber und trocken auf der Baustelle gelagert werden. Es sollten keine „alten Lagerbe-



Foto: T. Treitzel

Bild 1 ■ Servicefirma beim Zementieren.

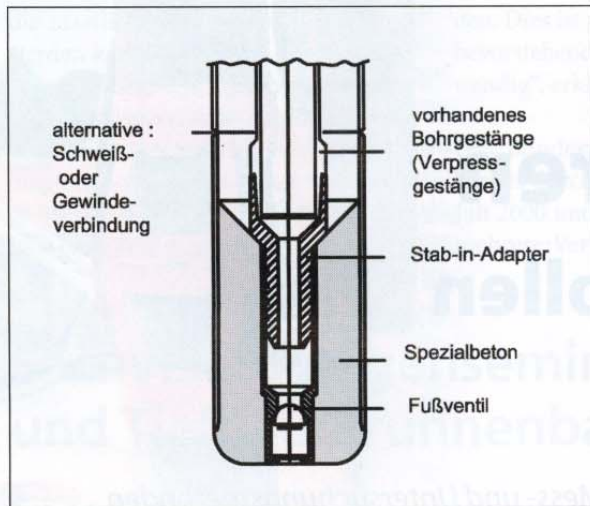


Bild 2 ■ Zementventil

stände“ Verwendung finden, da die Probleme bei der Verarbeitung des oftmals durch Nässe geschädigten Materials erheblich sein können und das gesamte Abdichtungsziel dadurch in Frage gestellt wird.

- 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 muss allgemein darauf hingewiesen werden, dass bei hoher Sulfatkonzentration (nach DIN 4030, 300 – 1500 mg/l SO₄ stark angreifend, über 1500 mg/l SO₄ sehr stark angreifend) unbedingt eine hoch sulfatbeständige Suspension Verwendung finden sollte, da ansonsten ein Zerfall des Bindemittels (Zementstein) einsetzt. Bezüglich anderer Einflüsse (wie z. B. Sole, abnorme pH-Werte usw.) müssen für den speziellen Einzelfall Lösungswege erarbeitet 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

pumpen der Abdichtungssuspension auf Normwerte heruntergefahren werden, um eine Kanalbildung oder verstärktes Ausflocken der Spülung zu verhindern.

- Von zentraler Bedeutung für den Einsatz von Suspensionen zur Ringraumabdichtung und Bohrlochverfüllung ist die Einhaltung des Wasser/Feststoffwertes (W/F-Wert). Der W/F-Wert sollte keinesfalls überschritten werden, da es sonst zu einem hohen Wasserabsetzen und zu verminderten Festigkeiten kommt. Ein zuverlässiges Maß für das richtige Mischungsverhältnis ist die Suspensionsdichte. Die einzuhaltende Suspensionsdichte kann bei Fertigmischungen dem Produktdatenblatt entnommen werden. Bei eigenen Mischungen aus Zementen und Zusatzstoffen, wie z. B. Bentonit oder Dämmen, ist vor dem Einbau eine Berechnung bezüglich W/F-Faktor und daraus resultierender Dichte anzustellen. Es sollten hierbei Suspensionsdichten von 1,6 bis 1,85 kg/l gefahren werden
- Als Anmachwasser für sämtliche Suspensionen im Brunnenbau darf nur Trinkwasser Verwendung finden.

Einbringverfahren

Um eine Inhomogenität in der Suspensionssäule zu vermeiden, sind Suspensionen kontinuierlich anzumischen und einzubringen. Unter diesem Gesichtspunkt sollte die Auswahl der geeigneten Misch- und Verpressgeräte erfolgen. So bietet der Markt für den Ein-

der Spülungs-, Abdichtungs- und Bohrlochennwerte durchgeführt werden.

- Vor Beginn der Abdichtungsarbeiten sollte die Spülung auf ihre Grundparameter hin gemessen werden. Aufgrund dieser Werte ist die Spülung vor dem Verpressvorgang gegebenenfalls zu konditionieren. Viskosität, Feststoffgehalt und pH-Wert sollten vor dem Ver-

satz bei flachen Grundwassermessstellen oder Erdwärmesonden kompakte Mobilverpressstationen mit Paddelmischer und Exzentrerschneckenpumpen an.

Bei großen Verarbeitungsvolumina in Verbindung mit hohen Verpressdrücken und kurzen Verarbeitungszeiten wird die Abdichtung häufig von spezialisierten Servicefirmen aus der Tiefbohrindustrie gemischt und eingebracht (**Bild 1**).

Contractorverfahren

Bei diesem Einbringverfahren wird die Suspension von unten nach oben über Verpressrohre oder Schläuche in das Bohrloch verpumpt. Während des Abdichtungsvorganges sind die Verpressrohre etappenweise auszubauen, wobei der Rohrmund nie über OK Suspensionskopf (oberes Ende des abzudichtenden Ringraumes) gezogen werden

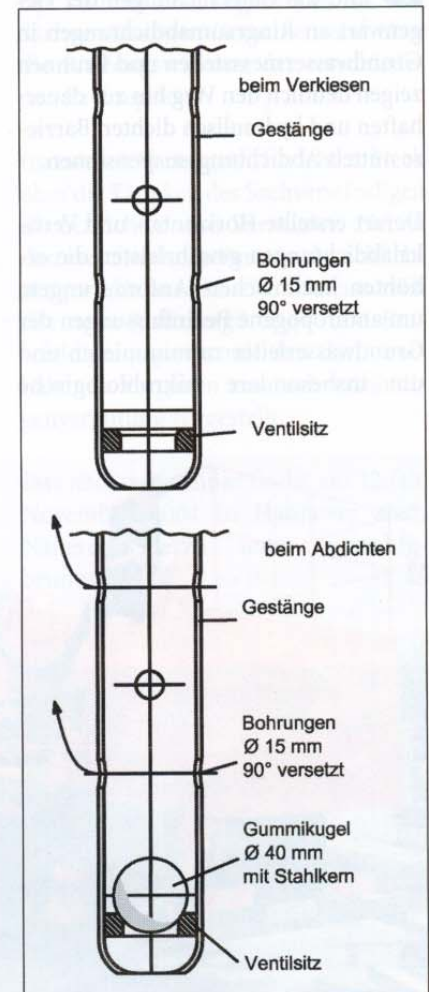


Bild 3 ■ Fußstück für Verpressgestänge.

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 am Gelände austritt. Mit dem Contractorverfahren können sowohl Sperrrohre als auch Ausbau-Vollwandrohre bis ca. 150 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 Haftungsfähigkeit bei fettbedecktem Stahl unzureichend ist.

Bei großen Ringraumquerschnitten sollte mit zwei 180 Grad versetzt eingebauten Verpresslanzen gearbeitet werden, um eine „Kanalbildung“ in der Spülung zu vermeiden.

Um beim Zementieren auf Gegenfilter das Ausspülen der teufengerechten Barriere zu vermeiden, ist ein Gestängeschuh mit seitlichen Austrittsöffnungen (evtl. mit Kugel zum Einwerfen) von Vorteil. Über diesen Gestängeschuh lässt sich vor dem eigentlichen Abdichtungsvorgang das Einspülen des Filterkieses bzw. das Loten der Schüttelefen problemlos ausführen (Bild 2).

Beim Abdichten von Erdsonden zur geothermischen Nutzung erfolgt die Abdichtung des Ringraumes zwischen PE-Sondenleitung und Gebirge ebenfalls im Contractorverfahren, meist über eine oder zwei PE-Injektionsleitungen DN 25 oder DN 32 vom Fuß der Sonde bis zum Übertageaustritt der Suspension.

Bei groß dimensionierten Trockenbohrungen mit Teleskopverrohrung und sehr großen Anfangsdurchmessern sowie für das nachträgliche Abdichten bestehender Brunnen ist das Contractorverfahren ebenfalls das gängigste Einbringverfahren.

Zementation über Floatschuh und Zementationsgestänge (Bild 3)

Kernstück dieses Verfahrens sind der Zementierschuh mit Rückschlagventil und der Stab-in-Adapter für das Verpressgestänge.

Der Zementierschuh mit eingebautem Rückschlagventil ermöglicht den „schwimmenden Rohreinbau“, was den Vorteil bietet, hohe Einbaugewichte sicher beherrschen zu können. Die Auftriebs- und Außendruckkräfte bezogen auf die Spülungs-Dichten, sind vor dem Rohreinbau genau zu berechnen, da beim schwimmenden Einbau die Notwendigkeit des intervallartigen Auffüllens der Sperrrohre von über Tage bestehen kann.

Das Rückschlagventilsystem hat die Aufgabe, nach vollzogenem Rohreinbau den Stab-in-Adapter des Zementationsgestänges aufzunehmen. Rohre und Zementationsgestänge werden also zeitlich getrennt voneinander eingebaut. Die Abdichtungsschlämme werden nachfolgend über das Gestänge und den Zementierschuh in den Ringraum verpresst, bis der Zementkopf die projektierte Höhe (z. B. Austritt über Tage) erreicht hat. Der Gestängeinhalt ist durch Nachpumpen mit Spülung von Suspension zu reinigen.

Durch Öffnen eines Schiebers am oberen Ende des Gestänges lässt sich die Dichtheit des Zementierventils prüfen. Nach dem Ausbau des Verpressgestänges und der entsprechenden Abbindezeit wird das Zementationsventil (Material: Beton, Aluminium oder Guss) aufgebohrt.

Der große Vorteil dieser Zementationsmethode ist das kontinuierliche Verpressen großer Abdichtungsmengen bis zum reinen Suspensionsaustritt über Tage. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn Störungs- und Verluthorizonte unbekannter Größe abgedichtet werden müssen.

Sperrrohrabdichtung über Verpressdeckel (Bild 4)

Bei diesem für den Brunnenbau in hervorragender Weise geeigneten Verfahren, Abdichtungen sicher und fachgerecht einzubauen, handelt es sich um eine aus der Tiefbohrtechnik abgeleitete

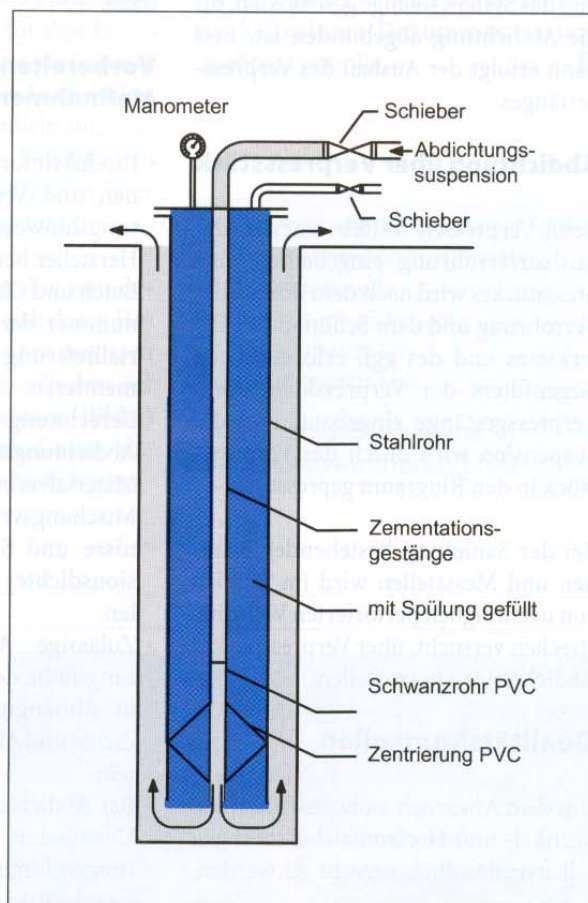


Bild 4 ■ Verpressdeckelzementation

Technik, die schnell und kostengünstig für fast alle Bereiche der „Sperrrohrzementation“ eingesetzt werden kann.

Das Verpressgestänge wird in die Sperrrohrtour bis zum Rohrschuh eingebaut. Die letzten 10 m bildet ein PVC-Rohr mit Zentrierbügeln am Gestänge, um bei einem eventuellen unfreiwilligen Einzementieren jederzeit abgerissen werden zu können.

Der Kopf des Stranges wird ähnlich wie ein Brunnenkopfdeckel an die zu zementierende Rohrtour luft- und druckdicht angeflanscht.

Vor dem eigentlichen Abdichtungsvorgang ist die Rohrtour innen über Schieber mit Spülung aufzufüllen, um ein „Umschlagen“ der Suspension ins Innere der Rohre zu verhindern.

Nach erfolgter Abdichtung wird das rechnerische Gestängevolumen mit Spülung oder Wasser nachgepumpt und das System solange geschlossen, bis die Abdichtung abgebunden ist. Erst dann erfolgt der Ausbau des Verpressgestänges.

Abdichtung über Verpressstück

Beim Verpressen mittels eines in der Ausbauverrohrung eingebauten Verpressstückes wird nach dem Einbau der Verrohrung und dem Schütten des Filterkieses und des ggf. erforderlichen Gegenfilters der Verpresskolben am Verpressgestänge eingebaut, und die Suspension wird durch das Verpressstück in den Ringraum gepresst.

Bei der Sanierung bestehender Brunnen und Messstellen wird im Bereich von nachträglich perforierten Vollrohrstrecken versucht, über Verpresspacker Abdichtungen herzustellen.

Qualitätskontrollen

Um dem Anspruch an hochwirksamen Vertikal- und Horizontalabdichtungen selbstverständlich gerecht zu werden,



Bild 5 ■ STÜWA-HF-Rohr

gehört neben der fachgerechten Ausführung der Misch- und Verpressarbeiten eine lückenlose und konsequente Qualitätskontrolle vor, während und nach den Verpressarbeiten dazu.

Vorbereitende Maßnahmen

- Produktinformationen und Verarbeitungshinweise der Hersteller beachten. Batch und Chargennummer der Materiallieferung dokumentieren.
- Berechnung über Abdichtungsmenge, Materialverbrauch, Mischungsverhältnisse und Suspensionsdichte erstellen.
- Zulässige Abdichtungshöhe der eingebauten Rohrtour in Abhängigkeit von Suspensionsdichte und Abbinde temperatur ermitteln.
- Bei Abdichtungen unter besonderen Umständen, wie z. B. große Abdichtungsvolumina, hohe Verpress- oder Lagerstättendrücke, hohe Gebirgstemperatur oder Gas in der Formation, sollten vor der Zementation In-situ-Laborversuche durchgeführt werden.
- Zuschlagstoffe, wie z. B. Bentonit, Fluidloss (Wasserbindemittel) oder Verzögerer, planen und vorhalten.

Qualitätskontrolle vor Ort

- Entnahme von Trockenproben des Abdichtungsmittels.
- Entnahme von Rückstellproben aus Vor- und Rücklauf und deren frostsichere Lagerung im Wasser- oder Bohrspülungsbad.
- Regelmäßige oder zumindest chargenweise Kontrolle der Suspensionsdichte mittels Spülungswaage, Messung der Viskosität mittels Marshtrichter. Kriterium für die Beendi-

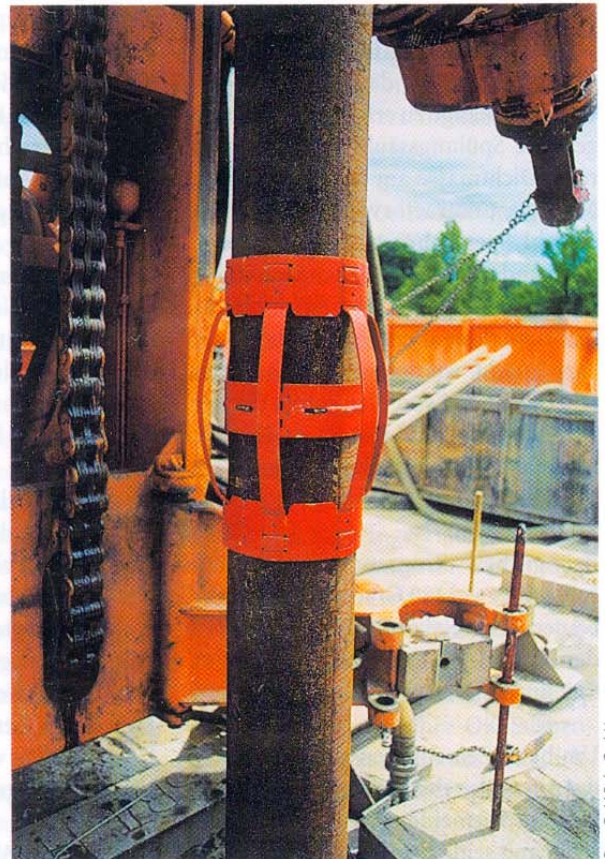


Bild 6 ■ Casing mit Zentrierung.

gung des Verpressvorganges ist gem. DVGW-Merkblatt W 121 unter anderem, wenn der Dichtewert im Rücklauf den Ausgangswert im Vorlauf erreicht hat.

- Wenn möglich kontinuierliche Dokumentation von Verpressdruck, Menge, Dichte und Zeit.
- Gegenüberstellung von Soll und Ist der Abdichtungsmenge.
- Erstellen eines Abdichtungsprotokolls.
- Zugabe eines Tracers zur besseren Lokalisierung der Abdichtung mittels geophysikalischer Messungen.

Abschließende Qualitätssicherung

- Geophysikalische Messungen ermöglichen die Lage- und Gütekontrolle der Abdichtung in Abhängigkeit von Voll- und Filterrohrstrecken bzw. des anstehenden Gebirges. Besonders geeignet sind hierfür segmentierte Messverfahren, die eine Abwicklung der Bohrlochwandung liefern.
- Absenkvversuche im abgedichteten Voll- oder Sperrrohr. Der Spülungsspiegel wird mit einer Unterwasser-

oder Mammutpumpe abgesenkt. Steigt der Spiegel nicht an, so ist von einem dichten System auszugehen.

- Abpressen der Rohrtour auf Dichtigkeit. Stahlrohrtouren schließt man hierzu mittels Preventer oder Blindflansch ein. Ist die Verrohrung dicht und intakt, so darf sich der Druck im Verlauf von 30 min nicht um mehr als 5 bar absenken.

Ausblick

Die Ergebnisse des jüngsten DVGW-Forschungsprojektes im Bau-ABC Rostrup „Untersuchung zur Bestimmung von Qualitätskriterien für Abdichtungsmaterialien im Brunnenbau“ zeigen deutlich die Probleme der Abdichtungen im Brunnenbau auf.

Hier sind nun Hersteller und Brunnenbauer gefordert, Alternativen und neue Wege im Bereich der Abdichtungstechniken aufzuzeigen.

Um etwa die Anhaftung der Suspensionen an den glatten PVC-Vollrohren zu verbessern, wurde durch die Firma STÜWA das neue HF-Rohr entwickelt, welches je nach Einsatzfall entweder eine besandete oder eine gesandstrahlte Oberfläche besitzt (**Bild 5**).

Die in der Tiefbohrtechnik gesammelten Erfahrungen bei der Zementation von Stahlrohren sollten für den Brunnenbau genutzt und umgesetzt werden. Um eine Trennung der beiden zirkulierenden Flüssigkeiten Abdichtungssuspension und Spülung zu begünstigen, wird hier mit hohen Pumpraten über Stopfen und Ventilen verpumpt.

Während des Einpumpens bis zum Beginn des Abbindens lässt sich durch Heben und Senken, bis zu einer gewissen Teufe auch durch langsames Drehen der mit Federstahl-Zentralisatoren (**Bild 6**) und Kratzern bestückten Casing die Dehydratisierung der Abdichtungs-

schlämme begünstigen, die Abdichtung besser verteilen und die Bildung von Hohlräumen und Kanälen vermeiden. Nach dem Verpumpen der Suspension werden die Bewegungen der Casing eingestellt.

Eine obligatorische Aufzeichnung von Menge, Druck und Suspensionsdichte erfolgt digital in Echtzeit und dient einer lückenlosen Dokumentation und Qualitätskontrolle. **L**

Kontakt

Brunnenbauermeister Thomas Trätzl
BRG Brunnenprüfdienst GmbH
Lohberggasse 3
84172 Buch am Erlbach
Tel.: 08709 9283-93
Fax: 08709 9283-94
E-Mail: brg@brunnentv.de
Internet: www.brunnentv.com

Brunnenbau - Abdichtungsmaterialien

WETRONIT Dichtungspellets
je nach Quellvolumen Sorten 50/10, 70/10, 100/10
zur Ortung mittels Magnetic Log Sorte 51/10



STÜWAPRESS Suspension
gewährleistet bei geringer Aushärtezeit eine sichere
Abdichtung zwischen Bohrlochwandung und Ausbaustrang

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



Herstellung einer 500 m tiefen
Beobachtungsbohrung in Hessen

celler gmbh & co. kg **cb**
brunnenbau

Postfach 1171 D-29201 Celle - Bruchkampweg 25
Tel. (05141)8844-0 Fax (05141)8844-10
e-mail: cb@celler-brunnenbau.de
Internet: www.celler-brunnenbau.de

D-29227 Celle

Zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001 : 2000