

## 6. Konstruktionselemente der Bohrbrunnen

### 6.1. Allgemeines

Ein Bohrbrunnen besteht im wesentlichen aus folgenden Bauteilen:

- Schutz-/Absperrohre
- Brunnenausbaurohre (Endverrohrung)
- Hinterfüllungsmaterial
- Komplettierungsteile

Zur Komplettierung zählen:

- Brunnenschacht oder obertägige Brunnenhaube
- Brunnenkopf
- fördertechnologische Einrichtungen (z. B. UWM-Pumpe mit Steigleitung und E-Kabel)
- wasserstandsabhängige Schaltorgane (Anregerteile)
- Wasserstandsmeßgeräte

Da auf diese Komplettierungsteile im Abschnitt 12 eingegangen wird, sollen im folgenden nur die übrigen obengenannten Bauteile genannt werden.

### 6.2. Schutz-/Absperrohre

In jede Festgesteinsbohrung, die als Brunnen ausgebaut werden soll, wird eine sogenannte Schutzrohrtour eingebaut und bis Geländeoberkante (bzw. bis Unterkante des zu errichtenden Brunnenschachtes) zementiert. Diese Schutzrohrtour hat folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Verhinderung von Nachfall aus der Verwitterungszone während des Bohrprozesses
- Absperren von Oberflächen- bzw. Hangendwasser, die aus hygienischen Gründen nicht gefördert werden dürfen
- Montage des Abdeckflansches auf der Schutzrohrtour und damit axiale Belastung derselben durch Pumpe und Steigleitung (einschließlich Wasser)

Aus diesen Aufgaben läßt sich ableiten, daß die Schutzrohrtour ausreichend dimensioniert sein muß (Durchmesser und Wanddicke), lotrecht einzubauen und dicht zu verschweißen ist und die Zementierung das Eindringen von Wasser unter dem Rohrschuh sicher verhindern muß. Schutzrohre dürfen nur in Wanddicken von 8 mm eingebaut werden (TGL 27 603/01); als Zement ist sulfatresistenter Portlandzement PZ 2/375 (TGL 28 101/01) zu verwenden. In Lockergesteinsbohrungen, in denen eine Futterrohrtour (Gewinde- oder Schweißrohre) als Brunnenmantelrohr (bei verlorenem Filtereinbau) oder als Schutzrohrtour zur Verhinderung des Verwilderns artesischer Bohrungen in der Bohrung verbleibt, sind an diese im Bereich der nachträglich zu gießenden Betonsohle geeignete Kraftübertragungselemente (Mauer-ring, Traversen o. a.) anzuschweißen, um die axiale Belastbarkeit dieser Rohrtour und damit die Aufnahme des Abdeckflansches zu ermöglichen.

### 6.3. Brunnenausbaurohre

#### 6.3.1. Rohrarten

Brunnenausbaurohre werden unterteilt in Vollwand- und Filterrohre. Der Brunnenfilter ist das wichtigste und empfindlichste Konstruktionsteil im Bohrbrunnen und beeinflußt im komplexen Zusammenhang mit dem Filterkies und einer eventuellen Gewebeeinlage im erheblichen Maße Quantität und Qualität des gefördertem Wassers und die Lebensdauer des Brunnens.

In der DDR kommen hauptsächlich folgende Brunnenausbaurohre zum Einsatz:

- Stahlfilter- und Vollwandrohre nach TGL 34 872
- Steinzeugfilter- und Vollwandrohre nach TGL 25 240/03
- PVC-Filter (quer- oder längsgeschlitzt) nach Werkstandards und PVC-Vollwandrohre nach TGL 11 689/03
- Betonfilterrohre
- Einkornfilterrohre
- Asbestzementrohre
- Kupfer- und Edelstahlrohre

Während Kupfer- und Edelstahlrohre ausschließlich für Thermal-/ Mineralbrunnen verwendet werden und Betonfilterrohre, Einkornfilterrohre und damit in Verbindung Asbestzementrohre überwiegend in Entwässerungsbrunnen der Braunkohle u. a. kurzlebiger Brunnen zum Einsatz kommen, sind Stahl-, Steinzeug- und PVC-Rohre die für langlebige Förderbrunnen am häufigsten eingesetzten Ausbaurohre.

- Stahlfilterrohre mit Schlitzbrückenlochung

Vorteile:

- keine Filterschlitzverstopfungen durch Kies
- Tresse kann entfallen, wenn Grobsand bis Feinkies ansteht (bei Langlochfiltern nach gleicher TGL ist immer Gewebeumwicklung erforderlich)
- ausreichend hohe mechanische Festigkeit

Nachteile:

- ungenügender Korrosionsschutz
- keine Auswahl verschiedener Brückenhöhen möglich

- PVC-Filter mit Querschlitzung

Vorteile:

- korrosionsbeständig
- hydraulisch glatt

Nachteile:

- geringe Kerbschlagfestigkeit
- hohe Sprödigkeit bei niedrigen Temperaturen
- plastische Verformung bei hohen Temperaturen
- Gewebeumwicklung erforderlich

- Steinzeugstabfilter

Vorteile:

- korrosionsbeständig
- keine Form-/Gefügeänderungen
- hohe Druckfestigkeit

Nachteile:

- hohe Sprödigkeit
- geringe Biege- und Zugfestigkeit

- große Dichte
- maximale Einbautiefe  $\leq 100$  m

### 6.3.2. Anforderungen an Brunnenausbaurohre

An Brunnenfilterrohre werden folgende Anforderungen gestellt:

- sandfreie Wasserlieferung
- geringer Filterwiderstand
- Widerstand gegen Inkrustation und Korrosion
- mechanische Festigkeit
- Wirtschaftlichkeit

Für die Betrachtung der obengenannten Anforderungen müssen folgende Hinweise berücksichtigt werden:

Brunnenfilter, die in die durchlässigsten Schichten im Lockergestein (Sande, Kiese, Schotter) eingebaut werden, sollen bei der Wasserentnahme nicht ohne weiteres alles Material des Grundwasserleiters zurückhalten. Der Filter soll so beschaffen sein, daß beim Entsanden des Brunnens das feinste und das mittelfeine Korn herausgewaschen werden.

Die Bestimmung der Filterkieskörnungen bei Kiesfilterbrunnen und die Wahl der Maschenweite bei Gewebefilterbrunnen haben diesem Umstand Rechnung zu tragen. Der Filterwiderstand ist das Maß für die Belastung des Filterrohres durch das einströmende Wasser. Er kann durch das Messen der Wasserspiegeldifferenz im Brunnenrohr und im Widerstandspegel bei Förderbetrieb ermittelt werden, jedoch beinhaltet diese Wasserspiegeldifferenz auch die Widerstände des Filterkieses und des Filtergewebes.

Bei TGL-gerechten Brunnenausbaurohren aus Stahl und PVC mit 10 bis 25% freier Filtereintrittsfläche ist in allen praktischen Anwendungsfällen (Einbausituation) der Filterwiderstand ein Minimum, und die Wahl der Korngröße des vor den Filtereintrittsöffnungen liegenden Filterkieses kann ausschließlich so erfolgen, daß eine Versandung verhindert wird.

Finden Ausscheidungen aus dem Wasser durch physikalische, chemische und/oder biologische Vorgänge statt oder werden die Filteröffnungen durch feine Bodenteilchen verschlossen (Kontaktkolmation), so wächst der Filterwiderstand, und die Prozesse der Brunnenalterung machen sich bemerkbar.

Ferner erhöht sich der Filterwiderstand durch die Umwicklung des Filters mit feiner (dichter) Tresse. Der Widerstand von Brunnenausbaurohren gegen Brunneninkrustation und Korrosion ist eines der wichtigsten Kriterien in bezug auf die Lebensdauer des gesamten Brunnens.

Unter Inkrustation werden das Ausfällen und die Ablagerung von im Wasser gelösten Stoffen, wie z. B. Eisen, Mangan (Verockerung) und Kalk (Versinterung), verstanden.

Während die Versinterung auf ungünstiges Rohwasser beschränkt bleibt, tritt die Verockerung relativ häufig und komplex in Verbindung mit Korrosion und Versandung (Kolmation der Filter) auf.

Der größte Widerstand eines Filterrohres gegen Inkrustation wird durch eine hydraulisch glatte Oberfläche von Filtereintrittsöffnungen ohne scharfe Ecken und Kanten erreicht. Ferner sind gewisse Brunnenkonstruktionsregeln zur Minderung und Behandlungsmaßnahmen zur Beseitigung bzw. Vorbeugung der Verockerung zu beachten, die im weiteren noch behandelt werden.

Die Korrosion kann durch die Wahl geeigneter Filtermaterialien (z. B. Kunststoff, Keramik, Edelstahl u. a.) und durch Schutzmaßnahmen (Verzinkung, Schutzanstrich, Katodenschutz u. a.) weitgehend verhindert werden.

Brunnenausbaurohre, sowohl Vollwand- als auch Filterrohre, müssen wie jedes Konstruktionselement bestimmten Festigkeitsansprüchen genügen. Beim Herstellen und beim Betrieb von Rohrbrunnen treten die verschiedensten Bestimmungsfälle auf, die bei der Auswahl und Dimensionierung von Ausbaurohren Berücksichtigung finden müssen, so z. B.

- Zug- oder Druckkräfte in vertikaler Richtung beim Einbau, je nachdem, ob hängender oder stehender Einbau erfolgt
- Knickbeanspruchungen bei langen, nicht abgestützten Filtersträngen

- Außendruck- bzw. Beulbelastungen infolge Höhendifferenz zwischen innerer und äußerer Wasserspiegellage
- Stoß- und dynamische Beanspruchung bei unsachgemäßem Einbau

Jeder Brunnenbauer muß bestrebt sein, durch technologische Maßnahmen die Beanspruchungen der Ausbaurohre so klein wie möglich zu halten, um einen werkstoffgerechten, ökonomischen Brunnenausbau mit hoher Lebensdauer zu erreichen.

Beschaffungs- und Einbaukosten unter Berücksichtigung der Lebensdauer der Ausbaurohre und damit der gesamten Brunnenanlage sind wesentliche Kriterien für die Auswahl und Dimensionierung der einzusetzenden Brunnenrohre.

Es sei hier nachdrücklich darauf hingewiesen, daß es aber keinerlei Konzessionen hinsichtlich eines optimalen Brunnenausbau und effektiven Materialeinsatzes geben darf, denn das Brunnenausbau material und der Einbau desselben verursachen nur einen geringen Teil der Kosten einer Wasserfassungsanlage, beeinflussen aber im ganz entscheidenden Maße die Lebensdauer der gesamten Investition.

#### 6.4. Hinterfüllungsmaterial

Hinterfüllungsmaterialien werden unterteilt in

- Filtermaterial,
- Abdichtungsmaterial und
- Verfüllungsmaterial.

Filtermaterialien sind Filterkiese und Filtersande gemäß TGL 22 964. Die Hauptaufgabe dieser Filtermaterialien besteht darin, den natürlichen Erdstoff des Grundwasserleiters (im Lockergestein) vor Erosion zu schützen und die Bohrlochwandung gegen das Ausbaurohr abzustützen. Bei der Kontakterosion (Kontaktfläche Filterrohr/Filterkies) kommt es zu umfassender Verformung des Grundwasserleiters, insbesondere zu Senkungen am Brunnen und der Ausspülung bzw. dem Abpumpen großer Sandmengen.

Filtersande/-kiese müssen möglichst gleichförmig sein. Der Ungleichförmigkeitsgrad U soll nicht größer als 3 sein, um Suffosion und Entmischung (beim Hinterfüllungsvorgang) zu verhindern, die Kolmationsgefahr zu begrenzen, die größtmögliche Durchlässigkeit zu garantieren und die innere Oberfläche minimal zu halten. Letzteres ist besonders wichtig zur Verlangsamung der Brunnenalterung.

Bei Verwendung von TGL-gerechtem Filterkies ist auch bei Zusammenfassung von 2 benachbarten Kornklassen der Ungleichförmigkeitsgrad kleiner als 3. Zur Vereinfachung bei der Dimensionierung des Endausbaus und zur Reduzierung der Lagerhaltung wird auf die vorrangige Verwendung folgender 4 Kornklassen orientiert:

0,5 ... 1 mm; 1 ... 1,6 mm; 3,15 ... 8 mm; 8 ... 12,5 mm

Während mit den ersten zwei Kornklassen die Filter in fein- bis grobsandigen Grundwasserleitern bei Verwendung entsprechend ausgewählter Filtergewebe hinterfüllt werden können, eignet sich die 3. der genannten Kornklassen für alle kiesigen Wasserleiter, wobei ein Quadratmaschengewebe aus PVC in Körperbindung zur Reduzierung der Filteröffnungen bei langlochgeschlitzten Stahlfilterrohren zu verwenden ist. Die Kornklasse 8 bis 12,5 mm dient lediglich als Stützmaterial in Festgesteinsbohrungen.

Filterkies soll einen Quarzanteil von 85% haben, darf nicht mechanisch gebrochen bzw. zerkleinert sein, d. h. muß eine glatte Oberfläche haben und frei von Verunreinigungen jeglicher Art sein.

Abdichtmaterialien sind im wesentlichen Zement und Tone. Zement wird in Form von Zementschlämme zur ständigen und sicheren Abdichtung gegenüber abzusperrenden Wässern einschließlich Feststoffen (z. B. bei Auftrieb), zur Verstärkung der Brunnenrohre bei erhöhten Gebirgsdrücken und zur Verankerung bei axial belasteten Rohren mit dem Gebirge in die entsprechenden Ringräume bzw. teilweise als Sohlenzement gebracht. Vor jeder Zementation sind Zementschlammeproben zur Ermittlung/Kontrolle der Abbindezeit herzustellen und mit Bohrlochflüssig-

keit (Spülung) zu bedecken. Erst nach dem Aushärten der Zementprobe darf das Verteufen bzw. die Belastung der zementierten Rohre erfolgen. Zementschlämme ist mittels Zementierrohren so einzubringen, daß der Zement nicht durch die Bohrlochflüssigkeit verdünnt wird und damit die Abbindezeit erhöht und die Festigkeit herabgesetzt werden kann.

Ton wird in Form von Rohton (granulierter Trockenton) und Tonkugeln (hartgetrocknet) zur Abdichtung von Ringräumen eingesetzt. Tonkugeln eignen sich sehr gut zum Abdichten enger Ringräume unterhalb des Grundwasserspiegels, benötigen aber eine gewisse Zeit zum Ausquellen und damit zur einwandfreien Abdichtung. Zum Abdichten oberhalb des Wasserspiegels ist erdfeuchter Rohton zu verwenden.

Abdichtungen im Gebirge sind im Bereich der Grundwasserstauer so herzustellen, daß sie gleichzeitig wirksam und materialsparend sind, d. h., im Liegenden und Hangenden von mächtigen Stauern sind Tonsperren von 5 bis 10 m zu setzen; das Zwischenintervall ist mit Verfüllkies (Naturkies) oder Bohrgut zu verfüllen.

Verfüllungsmaterialien sind Stoffe, die keine anderen Funktionen (wie z. B. Abdichten, Filtern, Verhinderung von Erosion) zu erfüllen haben, sondern nur die Hohl-/Ringräume zur Vermeidung des Einsturzes der Bohrlochwandung und zur Abstützung der Brunnenausbaurohre auszufüllen haben.

Als Verfüllungsmaterialien können Naturkies (unklassiert) und rolliges (sandiges) Bohrgut verwendet werden.

#### 6.5. Filtergewebe

Im Brunnen wird Tressengewebe gemäß TGL 27 876 und Unterlagsgewebe (Gebrauchssiebgewebe mit quadratischen Maschen) gemäß TGL O-4189/01 aus PVC verwendet. PVC-Gewebe sind korrosions- und quellbeständig und besitzen eine ausreichende und dauerhafte Festigkeit.

Unterlagsgewebe dienen zur Reduzierung der Filteröffnungen, so daß auch bei großen Filteröffnungen feinkörnige Kiesschüttungen (Filtersande) möglich sind. Sie werden ferner immer



unter dem Tressengewebe angebracht, d. h. direkt auf die Filterrohre gewickelt, um die Wirksamkeit der gesamten Tressengewebefläche zu sichern und die Eintritts-Durchflußwiderstände zu reduzieren. Tressengewebe haben die Aufgabe, eine bestimmte, bei der Wahl des Gewebes zu beachtende Filter-/Erdstoffkörnung zurückzuhalten. Die Auswahl des Tressengewebes hat u. a. die Möglichkeit des Entsandens des Grundwasserleiters in der bohrlochnahen Zone zu berücksichtigen.

Obwohl sehr häufig Tressengewebe verwendet werden, eignet sich in vielen Fällen das billigere Körpergewebe (Gebrauchssiebewebe mit quadratischen Maschen in Körperbindung) besser. Filtertressengewebe sollte wegen der akuten Verklemmungs- und Kolmationsgefahr infolge der geringen Schlitzweiten nur bei sehr feinkörnigen, dabei aber suffosionssicheren Grundwasserleitern verwendet werden.

Wenn die Bemessung des Filtergewebes anhand der Siebkurven (Kornverteilung) der Bohrproben des Grundwasserleiters erfolgt, kann eine auf die Korngröße des Grundwasserleiters abgestimmte Filterkiesschüttung entfallen. Derartige Gewebefilter eignen sich jedoch für Brunnen mit längerer Lebensdauer und größeren Entnahmemengen nicht.

Im allgemeinen ist die Anwendung von Filtertressen im modernen Brunnenbau zu vermeiden.