

## 8. Konstruktionsregeln im Brunnenbau

Brunnen sind Bauwerke, für die allgemeinverbindliche Konstruktionsrichtlinien gelten und die darüber hinaus ganz speziellen Vorschriften unterliegen, die aus der Bauform, dem Verwendungszweck, der Fördertechnologie u. a. resultieren.

### 8.1. Brunnen ohne Endausbau

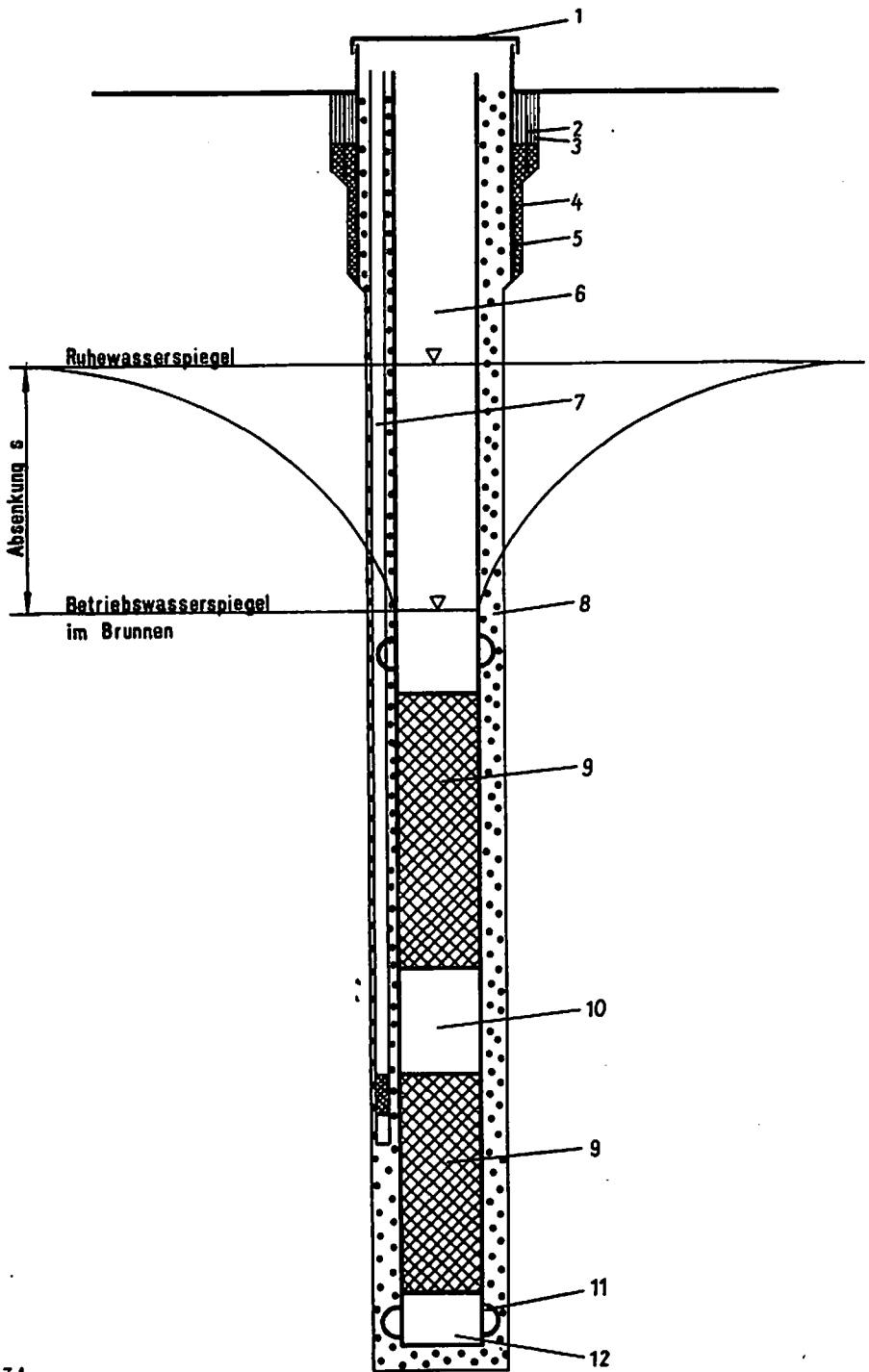
Werden Brunnen im Festgestein gebaut, so besteht bei standfester Bohrlochwandung die Möglichkeit, auf Filter- und Vollwandrohre zu verzichten. Die Entscheidung über das Einsparen der Endverrohrung (Filter- und Vollwandrohre einschl. Hinterfüllung) kann nur in Abstimmung zwischen Objektgeologen und Bohrtechniker anhand der Bohr- und Testergebnisse (Vor- und Zwischenpumpversuche) und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber bzw. dem späteren Nutzer des Brunnens gefällt werden.

### 8.2. Brunnen mit Endausbau

Die Endverrohrung als wichtigstes Bauteil des Endausbaues besteht aus folgenden Elementen (s. Bild 6):

- Schlammfang mit Boden
- Filterrohre (gegebenenfalls mit Filtergewebe)
- Aufsatzrohre mit Verschlusskappe
- Widerstandspegel

Bei der Dimensionierung der Endverrohrung hat man sich zunächst zu entscheiden, aus welchem Material (Stahl, PVC,



**Bild 6 (links) Brunnenkonstruktion mit Endausbau**

- 1 Brunnenverschlußkappe 620, NBS 351
- 2 Standrohr SD 820 x 8 TGL 27 603/01
- 3 Stückenton
- 4 Zement PZ 2/375 TGL 28 101/01
- 5 Schutzrohrtour SD 620 x 8 TGL 27 603/01
- 6 Aufsatzrohr, Vollwandrohr St 368 x 4 x 3000  
TGL 34 872/05-F
- 7 2"-Widerstandspegel, verzinkt, TGL 14 514 mit 2 m Filter  
nach TGL 25 240/02, belegt mit Tressengewebe  
C 2,62-0,4-0,5 TGL 27 876
- 8 Filterkies A 1 ... 8/12,5 TGL 22 964
- 9 Filterrohr St A 368 x 4 x 4000 TGL 34 872/03-F, belegt  
mit Gebrauchssiebewebe 4 x 1,6 TGL O-4189/01  
und Tressengewebe C 2,62-0,4-0,5 TGL 27 876
- 10 Blindrohr für Pumpeneinbau, Vollwandrohr  
St 368 x 4 x 300 TGL 34 872/05-F
- 11 Zentrierungen 268/490
- 12 Schlammfang, Vollwandrohr wie 10 mit Bodenstück 368  
TGL 34 872/07

Steinzeug) sie bestehen sollte. Diese Entscheidung wird im wesentlichen vom Chemismus des Grundwassers beeinflusst sowie von Endteufe und Endbohrdurchmesser. So haben z. B. Steinzeugrohre bei gleicher Nennweite einen wesentlich größeren Außendurchmesser als PVC- oder Stahlrohre und benötigen demzufolge einen größeren Bohrdurchmesser. Steinzeugrohre werden nur in großkalibrige Lockergesteinsbohrungen bis maximal 100 m Teufe eingebaut (Teufenbegrenzung infolge der beschränkten axialen Belastbarkeit der Rohre).

Nach der Entscheidung über die Materialart der Endverrohrung müssen die Nennweite (lichte Weite, Innendurchmesser) und die Wanddicke der Rohre festgelegt werden.

Die Nennweite des Filters ist im Prinzip nur von der Entnahmemenge bzw. von der Filtereintrittsgeschwindigkeit abhängig.

Die Länge der Filterstrecken sollte bei geplanter großer Lebensdauer zugunsten eines größeren Filterdurchmessers möglichst klein gewählt werden, um damit die Entnahme von sauerstoffarmem Wasser aus den tiefen Zonen des Grundwasserleiters zu gewährleisten. Die Förderung von sauerstoffarmem Wasser ist eine der entscheidenden Voraussetzungen zur Minderung der Brunnenverockerung. In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß zu kurze Filterstrecken unter Umständen eine hohe Unvollkommenheit der Brunnen zur Folge

haben können. Der Forderung nach großen Filterdurchmessern und damit großen Bohrdurchmessern steht - speziell im Festgestein und bei größeren Teufen - ein rapides Ansteigen der Bohrmeterkosten gegenüber, so daß die Festlegung des Filterdurchmessers immer Kompromisse auf Grund der ökonomischen Bewertung beinhaltet. Nach Möglichkeit sollen die Durchmesser von Aufsatzrohr, Filterrohr und Schlammfang gleich groß sein, um ein Tieferhängen der Pumpe in den Filterbereich oder Schlammfang als Notmaßnahme bei Verringerung des Liefervermögens (Alterung) zu ermöglichen. Da Pumpen niemals direkt in Filterrohren hängen dürfen, um eine zu hohe Eintrittsgeschwindigkeit mit ihren negativen Begleiterscheinungen zu vermeiden, müssen Zwischenrohre (Vollwandrohre) in entsprechend lange Filterstrecken eingebaut werden. Durch die Anordnung der Pumpe im Bereich der Zwischenrohre wird eine gleichmäßigere Entnahme von Grundwasser aus mächtigen Grundwasserleitern und damit ein Abbau gefährlich hoher Eintrittsgeschwindigkeiten erreicht.

Neben der kritischen Filtereintrittsgeschwindigkeit ist der Pumpendurchmesser auch ein Kriterium zur Wahl des Durchmessers von Filter- und Aufsatzrohren, da festgelegt ist, daß die vertikale Strömungsgeschwindigkeit zwischen Pumpe und Aufsatzrohr nur  $\leq 2,0 \text{ m s}^{-1}$  betragen darf. Ferner ist zu beachten, daß die Pumpe ohne Komplikationen bis zur maximalen Teufe ein- und ausgebaut werden muß, so daß die Nennweite der Rohre mindestens 50 mm größer als der Durchmesser der Pumpe (oder der Steigleitung, falls diese größer ist) sein muß (s. auch Abschnitt 10.5.).

Liegt damit der Innendurchmesser der Filter- und Vollwandrohre fest, gilt es aus den Produktionssortimenten der Hersteller die dem ermittelten Durchmesser entsprechenden Rohre auf ihre Verwendbarkeit hinsichtlich der mechanischen Belastbarkeit zu überprüfen.

Von allen Belastungsarten, die auf Ausbaurohre bei der Herstellung und beim Förderbetrieb von Bohrbrunnen wirken, hat der als hydrostatischer Differenzdruck auf das Brunnenrohr wirkende Außendruck, auch Beuldruck genannt, den entschei-

denden Einfluß auf die Festlegung der Rohrwanddicke. Ausgehend von der Ausbausituation des Brunnens sind die einzelnen Teufenintervalle abschnittsweise auf ihre Beanspruchung zu untersuchen. Wenn in einem tiefen Brunnen immer der unterste Grundwasserleiter durch Filter aufgeschlossen werden soll und die oberen Grundwasserleiter gegenüber dem Filter im Aufsatzrohrbereich abgesperrt werden müssen (z. B. durch Tonsperre), so wirkt beim Pumpbetrieb der gesamte hydrostatische Druck der oberen Grundwasserleiter bis zur Teufe des Betriebswasserspiegels im Rohr als Außendruck. Die oberen Grundwasserleiter kommen infolge der Absperrung im Ringraum für die Absenkung nicht in Frage (s. Bild 7). In solchen extremen Fällen können theoretischen Außendrucke von  $> 0,49 \text{ MPa}$  ( $5 \text{ kp cm}^{-2}$ ) auftreten, die z. B. über der Beulfestigkeit der Stahlvollwandrohre MM 368 x 4 (TGL 34 872) liegen und Rohre mit 6 mm Wanddicke oder eine andere Ausbaukonstruktion erfordern. Im Interesse eines effektiven Materialeinsatzes bei gleichzeitig hoher

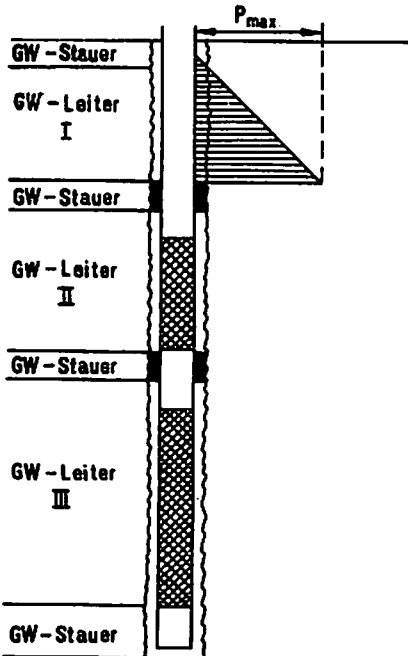


Bild 7  
Hydrostatische Belastung  
von Brunnenausbaurohren

Die Überprüfung von  $p_{max}$  ist unbedingt erforderlich! Wenn die Außendruckfestigkeit der Ausbaurohre kleiner als der hydrostatische Druck  $p_{max}$  des abgesperrten Grundwasserleiters ist, machen sich der Einbau und die Zementierung einer Futterrohrtour (Schutzrohrtour) erforderlich

Betriebssicherheit und Lebensdauer des Brunnens sind solche technologischen Maßnahmen anzuwenden, die eine möglichst geringe Beanspruchung der Brunnenausbaurohre zur Folge haben. Zu diesen Maßnahmen zählen u. a.:

- Absperrung hangender Wässer mit einzementierten starkwandigen Schutzrohrtouren und die Vermeidung von Tonsperren im Ringraum,
- Setzen von Ausgleichs-/Entlastungsfiltern im Bereich langer Aufsatzrohrstrecken
- Reinigen des Bohrloches von tonigen Spülungs- und Bohrgutrückständen vor dem Filtereinbau
- Verwendung von sauberem, TGL-gerechtem Filterkies
- weitgehende Vermeidung von Filtertresse
- Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen Verockerung, da beim Anfahren der Pumpen die Absenkungen im und außerhalb des Rohres soweit wie möglich ohne Differenz erfolgen müssen

Ist nun die Dimensionierung der Brunnenausbaurohre hinsichtlich Durchmesser und Wanddicke abgeschlossen, erfolgen die Dimensionierung der Filtermaterialien (Kies/Sand und Gewebe) sowie die Festlegung von Schutzmaßnahmen gegen vorzeitige Brunnenalterung.

Eine wesentliche Voraussetzung zur Überwachung der Leistungsfähigkeit eines Brunnens wird durch den Einbau eines Widerstandspegels geschaffen. Mit dem Widerstandspegel wird der gesamte Filterwiderstand als Wasserspiegeldifferenz zwischen Brunnenrohr und Pegelrohr gemessen. Der Filterwiderstand setzt sich zusammen aus dem hydraulischen Widerstand des Filterrohres selbst, aus dem des Gewebes und dem des Filterkieses. Ein Ansteigen des Filterwiderstandes und damit eine Vergrößerung der gemessenen Wasserspiegeldifferenz deutet auf eine Verringerung der Durchlaßfähigkeit von Filter, Kies und Gewebe durch Kolmation oder Verockerung bzw. beides hin. Durch permanentes Messen des Filterwiderstandes bei Beachtung der Lagerstättencharakteristik und des Förderregimes ist rechtzeitig eine Leistungsminderung des Brunnens erkennbar. Somit können erforderliche Maßnahmen wie Veränderung des

Förderregimes, Regenerierung, Einbau von Gammastrahlungs-sonden oder gar die Vorbereitung einer Ersatzinvestition (Ersatzbrunnen) eingeleitet werden.

Widerstandspegel sollten in der Kiesschüttung soweit wie möglich am äußeren Rand des Bohrloches, d. h. an der Bohrlochwandung stehen, damit auch die Verringerung der Durchlässigkeit des Filterkieses erfaßt wird. Die technische Realisierbarkeit bereitet jedoch große Schwierigkeiten.

Die Bohrl Lochdurchmesser, mit denen ein Brunnen abgebohrt wird, legt man von unten nach oben, also mit dem Endbohrdurchmesser beginnend, fest. Der Endbohrdurchmesser muß so groß sein, daß

- im Lockergestein beim Bau eines Kiesschüttungsbrunnens eine Kiesschüttung von mindestens 100 mm Dicke möglich ist (bei zweifacher Kiesschüttung 180 mm Dicke) und
- der Widerstandspegel sowie sämtlich im Ringraum einzubauenden Komplettierungsteile (z. B. Schutzrohre für Gammasonden-einbau) reibungslos eingebaut werden können.

Die anderen Bohrdurchmesser richten sich im wesentlichen nach dem Durchmesser der einzubauenden Futterrohre (Schutzrohrtour und Standrohr) sowie der erforderlichen Dicke des Zementmantels.

## 9. Einbauhinweise

Brunnenausbaurohre, die an Hebekappen oder mittels Schellen hängend in das Bohrloch eingebaut werden, müssen bis zur Beendigung der Hinterfüllungsarbeiten im Zug gehalten werden, damit die Rohre nicht auf Knickung beansprucht werden. Schlitzbrückenfilterrohre sind mit ausgefüllten Spezialschellen einzubauen.

Am Schlammfang und über den Filtern sind Abstandshalter (Abstandsschellen) anzubringen, um das Tressengewebe vor Beschädigung zu schützen bzw. um eine allseitige, gleichmäßige Kiesschüttungsdicke im Filterbereich zu garantieren. Brunnenausbaurohre, die keine zugfeste Verbindung besitzen, wie z. B.

Steinzeugrohre, müssen stehend mittels Einbaugestänge und Bodenplatte in das Bohrloch abgesenkt werden. Das dabei verwendete Verbindungs-/Abdichtungsmaterial muß - wie jedes andere Material, das in Trinkwasserbrunnen eingebaut wird - physiologisch unbedenklich sein, d. h., es muß für die Gesundheit des Menschen unschädlich sein.

Brunnenausbaurohre aus PVC werden mittels Steck-/Schiebemuffe und Madenschrauben (Stiftschrauben) verbunden und können sowohl stehend (mit Einbaugestänge und Bodenplatte) oder hängend (mit entsprechend den Muffenübergängen angefasten Schellen) eingebaut werden.

Auf Grund des spezifischen Festigkeitsverhaltens von PVC sind beim Transport, bei der Lagerung und beim Einbau dieser Rohre besondere Bedingungen einzuhalten, die das Ziel haben, eine Zerstörung oder Verformung zu verhindern.

Um der relativ geringen Außendruckfestigkeit der gegenwärtig eingesetzten PVC-Rohre Rechnung zu tragen, sind die im vorigen Kapitel genannten technologischen Maßnahmen erforderlich.

Filtergewebe ist abstreifsicher über die gesamte Filterstrecke mittels Metallziehbändern und Ziehschlössern zu befestigen. Der Filter bzw. die Filterstrecken sind so einzubauen, daß eine Belüftung des Filterbereiches und damit eine Beschleunigung der Alterungsvorgänge (spezielle Verockerung und Korrosion) vermieden wird. Deshalb darf die tiefste Wasserspiegellage beim Förderbetrieb nicht tiefer als 1,0 m über Filteroberkante liegen. Da die freie Zulaufhöhe bei Unterwassermotor/Kreiselpumpen (UWM-Pumpen) mindestens 1,0 m über dem Einlaufsieb betragen muß, ist die tiefste Wasserspiegellage 2,0 m über Filteroberkante, oder die Pumpe muß in der Filterstrecke in einem Blindrohr angeordnet sein.

Filterkies muß so geschüttet werden, daß eine gleichmäßig dicke, hohlraumfreie Hinterfüllung der Ausbaurohre erreicht wird, wobei bei Kiesschüttungsbrunnen (Filter ohne Tresse) eine Entmischung (Klassierung der unterschiedlichen Kornfraktionen des Kieses beim Sinkvorgang) verhindert werden muß (s. Bild 8).



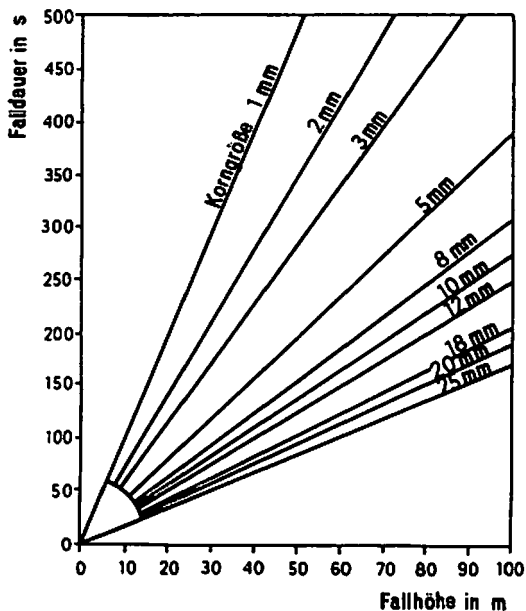


Bild 8  
Falldauer von Filterkies im Wasser

Filterkies ist gleichmäßig und in kleinen Portionen mittels Schaufel oder Eimer zu schütten, wobei die erreichten Teufen intervallweise zu loten sind.

Vor dem Einbringen der Kiesschüttung ist die benötigte Kiesmenge auszurechnen; beim Loten ist - speziell beim Schütten von Filtersanden - der Anteil des noch in Schwebelage befindlichen Materials zu berücksichtigen. Die Unter- und Oberschüttung von Filterrohrstrecken mit Filterkies hat jeweils 1,0 m zu betragen.

Voraussetzung für eine einwandfrei wirkende Kiesschüttung ist ein von Bohrklein und Bohrschmant gereinigtes Bohrloch und die Verwendung von Filterkies ohne jegliche Verunreinigungen.