

Hydrogeologie

Brunnenausbau und -wartung

Von Dipl.-Ing. Günter Dennhardt
Dipl.-Ing. Ottomar Krug und
Dipl.-Ing. Klaus-Jürgen Schmidt

Mit 11 Bildern und 3 Tabellen



VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
Leipzig

Herausgegeben vom VEB Hydrogeologie, Nordhausen
Leitung und Organisation: Betriebssektion der Kammer
der Technik im VEB Hydrogeologie

Nur für die Qualifizierung im Bereich des Ministeriums
für Geologie bestimmt

Gutachter:

Ing. Dietrich Quast

Ing. Rüdiger Zelder

1. Auflage

© VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1980
VLN 152-915/52/80

LSV 1463

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: VEB Druckerei "Thomas Müntzer",
Bad Langensalza

Redaktionsschluß: 8. 5. 1979

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Begriffe	6
3.	Brunnenarten	10
4.	Anforderungen an Bohrbrunnen	12
5.	Voraussetzungen für den Brunnenbau	12
6.	Konstruktionselemente der Bohrbrunnen	13
6.1.	Allgemeines	13
6.2.	Schutz-/Absperrohre	13
6.3.	Brunnenausbaurohre	14
6.3.1.	Rohrarten	14
6.3.2.	Anforderungen an Brunnenausbaurohre	16
6.4.	Hinterfüllungsmaterial	18
6.5.	Filtergewebe	20
7.	Bemessung der Filterkonstruktion	21
7.1.	Allgemeines	21
7.2.	Bemessung des Filterkieses bzw. -sand	22
7.3.	Bemessung der Filterschlitzweiten und des Filtergewebes	25
7.4.	Bemessung von Tressengewebe	26
7.5.	Bemessung der Filterlänge	29
7.6.	Bemessungsbeispiel	30
8.	Konstruktionsregeln im Brunnenbau	33
8.1.	Brunnen ohne Endausbau	33
8.2.	Brunnen mit Endausbau	33
9.	Einbauhinweise	39
10.	Brunnen mit doppelter Kiesschüttung	41
11.	Brunnenentwicklung	43
12.	Brunnenkomplettierung	46
12.1.	Allgemeines	46
12.2.	Elemente der Brunnenkomplettierung	47
2 Brunnenausbau		3

12.3.	Aufgabe und Funktion der Brunnen- komplettierung	47
12.4.	Allgemeines zur konstruktiven Gestaltung ausgewählter Einzelelemente	48
12.4.1.	Bauliche Anlagen	48
12.4.1.1.	Brunnenkopf	48
12.4.1.2.	Brunnenabschlußkonstruktion	51
12.4.2.	Geräte und Ausrüstungen	52
13.	Betrieb, Wartung und Instandhaltung von Brunnen	52
13.1.	Betrieb von Brunnen	52
13.2.	Wartung und Instandhaltung von Brunnen	52
14.	Brunnenregenerierung	53
14.1.	Mechanische Reinigung	54
14.2.	Chemische Reinigung	54
14.3.	Kombinierte Verfahren	54
14.4.	Sonstige Regenerierungsverfahren	55
	Zusammenstellung der wichtigsten Arbeits- und Brandschutzbestimmungen sowie der wichtigsten Standards	55
	Betriebsstandards des VEB Hydrogeologie	57
	Literatur- und Quellenverzeichnis	57

1. Einleitung

Bei der Sicherung der Wasserbereitstellung kommt der Grundwassergewinnung eine immer größere Bedeutung zu. Die Wassergewinnung aus dem Untergrund erfolgt heute fast ausschließlich durch Vertikalfilterbrunnen, die mittels Bohrverfahren niedergebracht werden.

Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Broschüre nur die Regeln und Erfahrungen für die Herstellung, die Komplettierung, den Betrieb und die Regenerierung von Bohrbrunnen, die als Wirtschaftsbrunnen benutzt werden, abgehandelt. Ausführungen über die Problematik der kurzlebigen Versuchsbrunnen im Lockergestein, aus denen mittels Pumpversuchen im Rahmen der hydrogeologischen Erkundungsarbeiten hydrogeologische Parameter ermittelt werden oder die dem demonstrativen Nachweis der Brunnenenergiebigkeit bzw. des Grundwasserliefervermögens dienen, werden in der Broschüre "Pumpversuche" von BAMBERG/ESCHNER gemacht. In der vorliegenden Broschüre "Brunnenausbau" ist es nur möglich, einen Überblick über die vielgestaltigen Probleme zu geben, die bei der Bemessung, Herstellung und beim Betrieb von Wirtschaftsbrunnen auftreten.

Viele Faktoren wirken komplex bei der Planung, Projektierung und Bauausführung von Brunnen; es sind Kompromisse zu machen, die sich häufig aus Standortbedingungen, kapazitiven Bohrgeräteeinsatzgrenzen und materiell-technischen Ausrüstungen ergeben. Aber gerade diese Probleme, verbunden mit der volkswirtschaftlichen Aufgabenstellung, den effektivsten Einsatz von Investitionsmitteln zu garantieren, zwingen den Brunnenbauer immer wieder aufs neue, sich mit der Materie auseinanderzusetzen, nach neuen Verfahren und Methoden zu suchen, um das Produkt seiner Arbeit, den Brunnen, in einer solchen Qualität herzustellen, daß er seiner Zweckbestimmung voll entspricht.

2. Begriffe

Anregersteuerteil

Gerät, das sich bei Erreichen festgelegter Grenzzustände über eine Hilfsenergie, ein Relais, einen Schütz oder sonstigen Schalter zu- oder abschalten läßt (z. B. wasserstandsabhängige Schaltung von Pumpen in Brunnen, druckabhängige Schaltung von Speisepumpen für Druckwindkessel u. a.)

Betriebswasserspiegel/dynamischer Wasserspiegel

künstlich - z. B. durch Pumpbetrieb - beeinflusster Wasserspiegel, der im Brunnen/Bohrloch, im Widerstandspegel oder in einem Beobachtungspegel gemessen werden kann

Bautechnischer Brunnenausbau

Sammelbegriff für die Ausrüstung von Bohrungen, Schächten und sonstigen Aufschlüssen mit Brunnenausbauelementen, die zur Grundwasserentnahme oder Wassereinleitung in den Untergrund erforderlich sind

Blindrohr

vollwandiges Brunnenausbaurohr in einer längeren Filterrohrstrecke, in das eine Pumpe eingebaut wird, um einerseits bei mächtigen, aber ergiebigen Grundwasserleitern (zumeist im Festgestein) eine gleichmäßige Beanspruchung des gesamten Horizonts zu erreichen und um andererseits die hohen Filtereintrittsgeschwindigkeiten im unmittelbaren Pumpenbereich und damit die daraus resultierenden negativen Erscheinungen (z. B. Erosion u. a.) zu reduzieren

Brunnen

bauliche Anlage, die zur Grundwasserentnahme bzw. -anreicherung dient;

Brunnen bestehen bauseitig aus einem künstlich hergestellten Aufschluß der Erdkruste (meistens in Form eines Bohrloches), der vollständig oder teilweise mit einem bautechnischen Brunnenausbau versehen ist

Brunnenausbauelemente

gliedern sich in 3 Gruppen:

- Ausbauteile/-material (Endverrohrung, Hinterfüllungs-/Verfüllungsmaterial, Filtergewebe, Widerstandspegel)
- Schutz- und Absperrteile (Schutz-/Absperrrohre, Abdichtungsmaterial)
- sonstige bautechnische Ausrüstungen (Schutzrohre zur Aufnahme von Gammabestrahlungssonden, Schüttrohre für Stoßchlorisierung u. ä.)

Erosion

Transport und Umlagerung der Teilchen fast aller Fraktionen (Korngrößen) des Erdstoffes durch Oberflächen- oder Grundwasser Erosion bewirken und eine fortschreitende Zerstörung der Erdstoffstruktur und letztlich eine umfassende Verformung des ganzen Erdkörpers

Gammabestrahlungssonde

Teil einer Gammabestrahlungsanlage, der in den Brunnen eingebaut wird und durch radioaktive Strahlung der biologisch bedingten Brunnenverockerung entgegenwirkt (Schutzmaßnahme)

Gebirge

bergmännischer Begriff als Sammelbezeichnung für alle natürlich entstandenen Gebirgsformationen

Grundwasserleiter

Teil der Erdrinde, der Grundwasser enthält bzw. aufnehmen, speichern, fortleiten und wieder abgeben kann

Grundwasserstauer

für Wasser schwer- bis undurchlässiges Gestein im natürlichen Gesteinsverband

Hangendes

bergmännische Bezeichnung für die Schicht, die über der abbauwürdigen, nutzbaren oder speziell interessierenden Schicht/Flöz/Horizont lagert

Horizontalfilterbrunnen

Grundwasserfassung, die aus einem Sammelschacht mit horizontalen oder geneigten Filtersträngen besteht

Kaliberhaltiges Bohrloch

Bohrloch, das mit einer kreisrunden Kaliberscheibe bzw. einem Kaliberrohr bis zu einer definierten Teufe frei befahrbar ist; der Kaliberdurchmesser ist in Abhängigkeit vom jeweiligen Bohrdurchmesser und dem vorgesehenen Brunnenausbau zu wählen

Kolmation

ist die Umkehrung der Suffosion; dabei werden die suspendierten feinen Teilchen im Oberflächen- oder Grundwasser an der Oberfläche oder im Inneren von Erdkörpern oder an anderen porösen Medien abgelagert

Liegendes

bergmännische Bezeichnung für die Schicht, die unter der abbauwürdigen nutzbaren oder speziell interessierenden Schicht/Flöz/Horizont lagert

Lothaltiges Bohrloch

Bohrloch, dessen Achse in jedem Teufenabschnitt mit einer Lotrechten identisch ist

Rohrschuh

auswechselbares oder anschweißbares Rohrstück mit Schneide am unteren Ende einer Futterrohrtour als Schutz gegen Deformation dieser Rohrtour beim Einpressen

Rohwasser

ist das geförderte Wasser vor seiner Aufbereitung (Qualitätsverbesserung) mittels mechanischer, biologischer und chemischer Behandlungsmethoden

Ruhewasserspiegel

ist der nicht künstlich beeinflusste Wasserspiegel in Aufschlüssen

Schlammfang

unterstes Element eines Filterstranges im Brunnen, bestehend aus einem mindestens 1 m langen Vollwandrohr mit Bodenplatte; der Schlammfang, teilweise auch Sandfang- oder Sumpfrohr genannt, dient zur Deponie der sich bedingt durch den intermittierenden Förderbetrieb (Pumpbetrieb) absetzenden Feststoffteilchen und muß regelmäßig abgelotet und bei Bedarf gereinigt werden

Suffosion

Transport und Umlagerung der Teilchen der feinen Fraktionen eines ungleichförmigen, nicht bindigen Erdstoffes oder eines bindigen Erdstoffes mit Ausfallkörnung durch die Grundwasserströmung; das tragende Erdstoffskelett wird dabei nicht verändert

Ungleichförmigkeitsgrad U

Quotient der Korngröße (d) eines Gesteins bei 60% und bei 10% einer Kornverteilungskurve mit summiert aufgetragenen Masseanteilen der Fraktionen von Siebdurchgängen

Versuchsbrunnen

Brunnen, der speziell zur Durchführung von Pump- oder Schluckversuchen hergestellt wird

Vertikalfilterbrunnen

Brunnen mit vertikal eingebauten Filterrohren

Wirtschaftsbrunnen

Brunnen für die Wasserversorgung

3. Brunnenarten

Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man zwischen Brunnen zur Grundwassergewinnung und Brunnen für die Entwässerungsvorhaben. Entwässerungsbrunnen werden speziell zur Entwässerung der Deckgebirgsschichten über Braunkohleflözen (Hangendentwässerung), der Braunkohle selbst und der sich darunter befindlichen Schichten (Liegendentwässerung) hergestellt (s. Bild 1). Ferner werden Entwässerungsbohrungen zur Ab-

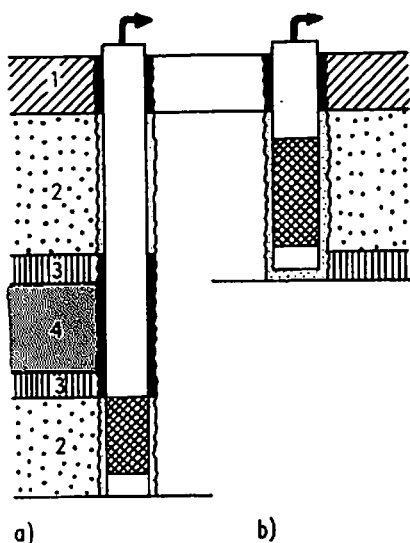


Bild 1
Entwässerungsbrunnen
in der Braunkohle-
erschließung
a) Liegendentwässerung
b) Hangendentwässerung
1 Schluff, Lehm
2 Sand, Kies
3 Ton
4 Braunkohle

senkung des Wasserspiegels von Tiefbauarbeiten (z. B. Fundamente, U-Bahn-Tunnel u. a.) in großer Zahl erforderlich, die jedoch infolge ihres Verwendungszweckes, ihrer Kurzlebigkeit, ihres Ausbaus und ihrer Bewirtschaftung nicht zu der Gruppe der Wirtschaftsbrunnen zählen. Brunnen zur Grundwassergewinnung unterscheiden sich nach ihrer Lage bzw. räumlichen Anordnung im Grundwasserleiter in Vertikal- und Horizontalfilterbrunnen. In Anbetracht der in der DDR nur in relativ geringer Anzahl hergestellten Horizontalfilterbrunnen wird in dieser Broschüre auf den Bau von derartigen Brunnen nicht eingegangen (s. /1, S. 194 bis 203/ und /2, S. 496 ff./).

Die Vertikalfilterbrunnen werden entsprechend dem Aufschluß des Grundwasserleiters mit Filterrohren in vollkommene und unvollkommene Brunnen aufgeteilt. Bei vollkommenen Brunnen schließt die Filterunterkante mit der Unterkante bzw. der Liegendgrenze des Grundwasserleiters ab. Diese Brunnenbauform sollte aus strömungs- und fassungstechnischen Aspekten soweit wie möglich immer ausgeführt werden (s. Bild 2).

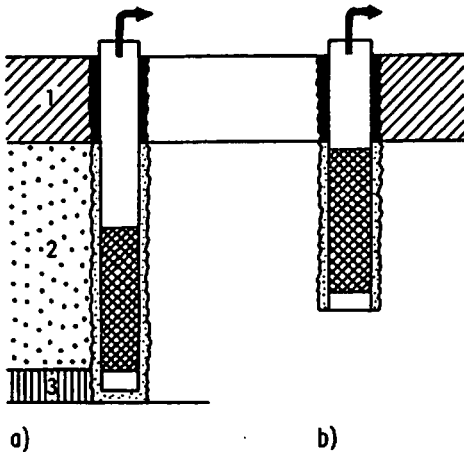


Bild 2
Prinzipskizze für
a) vollkommene Brunnen
b) unvollkommene Brunnen

Fast alle Vertikalfilterbrunnen werden mittels Bohrverfahren abgeteuft; nur ein verschwindend geringer Teil wird durch Schachtarbeiten bei gleichzeitiger Wasserhaltung hergestellt. Im folgenden wird deshalb nur noch der Bohrbrunnen behandelt. In Abhängigkeit von der Lagerungsdichte unterscheidet man zwischen Bohrbrunnen im Locker- und Festgestein. Die Ruhewasserspiegellage bedingt eine weitere Aufteilung der Brunnen in Flach- und Tiefspiegelbrunnen sowie artesische Brunnen (Ruhewasserspiegel über Geländeoberkante), und die Absenkung bei einer bestimmten Entnahmemenge bestimmt die Fördertechnologie (Saugbetrieb mit horizontaler Kreiselpumpe, Heberbetrieb oder Unterwassermotor-Kreiselpumpenbetrieb).

4. Anforderungen an Bohrbrunnen

Bohrbrunnen sind sehr wertintensive Bauwerke mit großer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Sie dienen durch die Gewinnung von Grundwasser der Versorgung von Bevölkerung, Industrie und Landwirtschaft mit Trink- bzw. Betriebswasser. Hohe Lebensdauer bei einwandfreier Qualität des Wassers und ausreichende Fördermenge sind die Hauptanforderungen, die an einen Wirtschaftsbrunnen gestellt werden. Ferner fordert man geringe Förderkosten (niedriger Energieverbrauch), leichte Reparatur-, Wartungs- und Kontrollmöglichkeit der fördertechnologischen Einrichtungen im bzw. über dem Brunnen und eine hohe Betriebssicherheit. Auf Grund ihrer großen Bedeutung und des hohen finanziellen Herstellungsaufwandes sind Brunnen wie jede andere volkswirtschaftliche Investition in hoher Verantwortung und Sachkenntnis zu planen und zu bauen.

5. Voraussetzungen für den Brunnenbau

Zu den Voraussetzungen für einen fachgerechten Brunnenausbau gehören

- die Kenntnis des exakten Bohrprofils mit eindeutiger Schichtansprache und den Schichtgrenzen
- die Kenntnis der hydraulischen und hydrodynamischen Verhältnisse (Druckgradienten und Ruhewasserspiegellagen der einzelnen Grundwasserleiter)
- das Vorliegen der Kornverteilungsanalysen von Gesteinsproben des Grundwasserleiters bei Lockergesteinsbohrungen
- die Kenntnis des Hydrochemismus
- die Kenntnis des Liefervermögens der einzelnen Grundwasserleiter
- die Festlegung der erforderlichen Fördertechnologie

Eine weitere maßgebliche Voraussetzung für einen einwandfreien Brunnenausbau ist ein sauberes, kaliberhaltiges Bohrloch.

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 sulfat-resistenter 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 Gewebeauf-lage im erheblichen Maße Quantität und Qualität des geförderten 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 Gewebeamwicklung 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
- Gewebeamwicklung erforderlich

- Steinzeugstabfilter

Vorteile:

- korrosionsbeständig
- keine Form-/Gefügeänderungen
- hohe Druckfestigkeit

Nachteile:

- hohe Sprödigkeit
- geringe Biege- und Zugfestigkeit

- große Dichte
- maximale Einbautiefe ≤ 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 Brunnenausbaus und effektiven Materialeinsatzes geben darf, denn das Brunnenausbauaterial 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 Sohlzement 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 (Gebrauchssiebgewebe 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.

7. Bemessung der Filterkonstruktion

7.1. Allgemeines

Die nachfolgenden Bemessungsrichtlinien gemäß /3/ gelten ausschließlich für das Lockergestein, weil man nur da die Gesetzmäßigkeiten der Theorie der Filterströmung in durchlässigen, isotropen und homogenen Körpern (Porenströmung) unter Zugrundelegung idealisierter Annahmen und unter Einbeziehung der Berechnungsmethoden des Erdbaues (Erosion, Suffosion und Kolmation) mit hinreichender Genauigkeit anwenden kann. Im Festgestein erfolgt die Grundwassergewinnung überwiegend aus Kluft- und Spaltensystemen, so daß keine idealisierten Ström-

mungsverhältnisse angesetzt werden können, die eine mathematische Erfassung und Berechnung in dem Umfang wie im Lockergestein ermöglichen. Gewisse Grundsätze, die für das Lockergestein verbindlich sind, gelten jedoch in modifizierter Form genauso für das Festgestein.

Folgende Parameter der Filterkonstruktion sind zu bemessen, bevor der eigentliche Endausbau eingebracht werden kann: Filterkieskörnung oder Nummer eines entsprechenden Tressengewebes, Schlitzweite der Filterrohre bzw. Maschenweite des erforderlichen Stützgewebes, Durchmesser und Länge des Filterrohres.

Die Gesichtspunkte und Kriterien, die bei der Festlegung des Filterrohrdurchmessers zu beachten sind, werden im Abschnitt 8.2. dargelegt. Für die anderen interessierenden Größen sind spezielle Bemessungsformeln entwickelt worden, die meist in Verbindung mit Nomogrammen und Tabellen anzuwenden sind. Diese Bemessungsformeln, die im folgenden dargelegt werden sollen, sind als mathematischer Ausdruck entsprechender Konstruktionsregeln aufzufassen.

7.2. Bemessung des Filterkieses bzw. -sand

Aus der wesentlichsten Funktion des Filterkieses bzw. Filtersandes, eine Erosion im Grundwasserleiter zu verhindern (s. auch Abschnitt 6.4.), ergibt sich, daß die Körnung des Filtermaterials in einem bestimmten Verhältnis zu den Korngrößen des natürlichen Erdstoffes stehen muß. Es liegt zunächst nahe, verhältnismäßig feinkörniges Filtermaterial zu wählen, um so eine möglichst hohe Erosionssicherheit zu erreichen. Dagegen spricht aber die Forderung, nach der die Durchlässigkeit des Filters wesentlich größer sein soll als die des natürlichen Erdstoffes. Außerdem müssen die Poren des Filters so groß sein, daß kleinste Teilchen, die beim Entsandung aus dem Kornverband des Grundwasserleiters gelöst werden, nicht im Filter hängenbleiben. Dieser Entsandungseffekt ist eine gewollte Suffosion, die demnach - im Gegensatz zur Erosion - nicht zu einer unzulässigen Verformung des Grundwasserleiters führt.

Die genannten Abhängigkeiten werden durch folgende Bemessungsformel berücksichtigt /3, S. 7/.

$$2,5 \frac{d_s a^{**}}{e_D} \sqrt{U_D} \leq D_{50} \leq A_{50, \text{zul}} d_{50} \quad (1)$$

- $A_{50, \text{zul}}$ Abstandsverhältnis $\frac{D_{50}}{d_{50}}$ nach Bild 3
 a^{**} Faktor nach Tabelle 1
 d_s größtes suffosionsgefährdetes Korn in mm,
 s. Gleichung (2)
 D_{50} Korndurchmesser des Filterkieses bzw. -sand
 bei 50% Siebdurchgang in mm
 d_{50} Korndurchmesser des Erdstoffes (Grundwasserleiter)
 bei 50% Siebdurchgang in mm
 e_D Porenzahl des Filterkieses bzw. -sand
 U_D Ungleichförmigkeitsgrad des Filterkieses bzw.
 -sand, s. Gleichung (3)

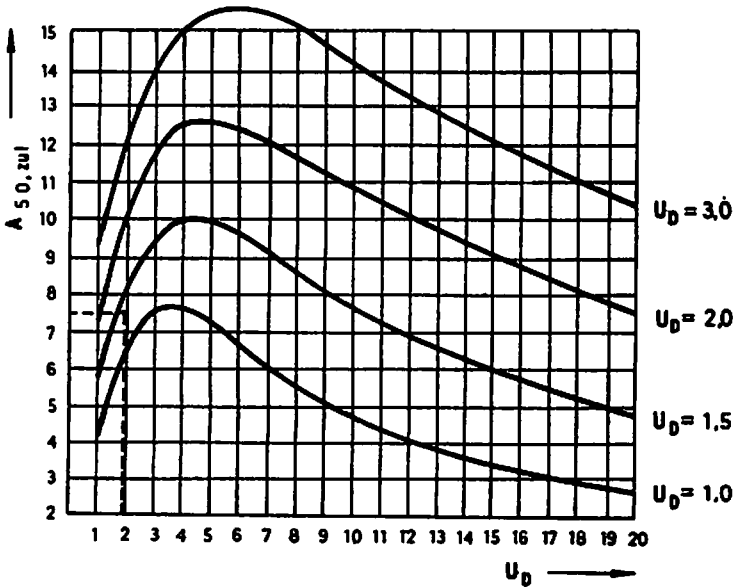


Bild 3. Diagramm zur Ermittlung von $A_{50, \text{zul}} = f(U_D, U_b)$

Tabelle 1. Faktor a^{**} in Abhängigkeit von d_s
nach /3, S. 7/

$0,01 \text{ mm} \leq d_s \leq 0,05 \text{ mm}$	$a^{**} = 4$
$0,05 \text{ mm} \leq d_s \leq 0,25 \text{ mm}$	$a^{**} = 3$
$0,25 \text{ mm} \leq d_s \leq 0,50 \text{ mm}$	$a^{**} = 2,5$

Das größte suffosionsgefährdete Korn ergibt sich hinreichend genau aus der Gleichung

$$d_s \leq 0,27 \sqrt[6]{U_d} e_d d_{17} \quad (2)$$

e_d Prozentzahl des Erdstoffes
 d_{17} Korndurchmesser des Erdstoffes bei 17% Siebdurchgang in mm
 U_d Ungleichförmigkeitsgrad des Erdstoffes

Für den Ungleichförmigkeitsgrad gilt:

$$U_D = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ bzw. } U_d = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (3)$$

D_{60}, d_{60} Korndurchmesser des Filterkieses/-sandess bzw. des Erdstoffes bei 60% Siebdurchgang in mm
 D_{10}, d_{10} Korndurchmesser des Filterkieses/-sandess bzw. des Erdstoffes bei 10% Siebdurchgang in mm

Die Porenzahl e_D kann mit Hilfe folgender Beziehungen ermittelt ($U_d < 15$) werden:

$$e_D = 0,9 \sqrt[3]{U_D} \quad (4)$$

Ist die Porenzahl e_D nicht bekannt, so wird $e_d = e_{\max} = 0,9$ verwendet.

Durch die untere Grenze für D_{50} (linke Seite der Gleichung (1)) wird eine Kolmation des Filters verhindert. Dieser Grenzwert ist allerdings nur dann von Bedeutung, wenn der Ungleichförmigkeitsgrad des Erdstoffes größer als 8 ist, da alle Kornmische mit $U_d > 8$ nicht suffosionsgefährdet sind. In diesem

Falle soll D_{50} möglichst dicht an der oberen Grenze liegen. Dieser obere Grenzwert, der die Erosionssicherheit gewährleistet, hängt vom Ungleichförmigkeitsgrad sowohl des Filtermaterials als auch des natürlichen Erdstoffes ab, wie Bild 3 zeigt.

Eine Faustformel des Praktikers für eine sichere Bemessung der Kieskörnung besagt

$$F = \frac{D_{50}}{d_{85}} \leq 4$$

$$d_{85} \geq \frac{D_{50}}{4}$$

F Filterfaktor

D_{50} Korndurchmesser des Filterkieses bei 50% Siebdurchgang

d_{85} Korndurchmesser des Erdstoffes des Grundwasserleiters bei 85% Siebdurchgang

Die Anwendung der Formel setzt das Aussieben von d_{85} und die Kenntnis von D_{50} voraus.

Mit Hilfe nachfolgender Tabelle kann die zu schüttende Kornklasse bestimmt werden.

Kornklasse	0,5 bis 1	1 bis 1,6	3,15 bis 8	8 bis 12,5
D_{50}	0,75	1,3	5,58	10,5
$D_{50/4}$	0,19	0,33	1,40	2,63

7.3. Bemessung der Filterschlitzweiten und des Filtergewebes

Während der Erdstoff des Grundwasserleiters durch den Filterkies (für Filtersand gilt sinngemäß das gleiche) gestützt wird, liegt dieser am Filterrohr an. Es ist deshalb logisch, daß zwischen den Schlitzweiten der Filterrohre - bei Schlitzbrückenfiltern ist es die Brückenhöhe - und der Filterkies-

Körnung ein bestimmtes Verhältnis bestehen muß. Nach /3, S. 4/ gilt diese Bemessungsformel:

$$\frac{D_{50}}{6} \leq \frac{W_S}{W_B} \leq \frac{D_{50}}{2} \quad (5)$$

W_S Schlitzweite bei Langlochschlitzfilter in mm
 W_B lichte Brückenhöhe bei Schlitzbrückenfilter in mm
 W_G Maschenöffnung des Filtergewebes in mm

Für die unter 6.4. genannten Vorzugskornklassen gilt:

Körnung	0,5 bis 1	1 bis 1,6	3,15 bis 8	8 bis 12,5
$D_{50}/6$	0,125	0,217	0,93	1,717
$D_{50}/2$	0,375	0,65	2,79	5,15

Die Schlitzweiten und Brückenhöhen der verschiedenen Filterrohrarten schwanken zwischen 0,4 und 5,0 mm.

Man könnte mit der Formel (5) eine Schlitzweite (Brückenhöhe) und dann ein entsprechendes Filterrohr auswählen. Da aber für die Auswahl der Filterrohrart noch andere Gesichtspunkte maßgebend sind, kann so meist nicht verfahren werden. Es kommt deshalb häufig vor, daß die Schlitzweiten oder Brückenhöhen zu groß sind. In diesem Fall kann man entweder die Filterrohre mit Filtergewebe (mit quadratischen Maschen) umwickeln oder eine zweite, innere Kiesschüttung einbringen.

Für die Bemessung der Maschenweite des Gewebes gilt ebenfalls die Formel (5). Die Bemessung der Körnung für eine innere Schüttung erfolgt mit Hilfe der Beziehung (1). Anstelle des natürlichen Erdstoffes tritt hierbei der Filterkies/-sand der äußeren Schüttung.

7.4. Bemessung von Tressengewebe

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, den Filterkies/-sand durch Tresse zu ersetzen, d. h., die Filterfunktion wird allein von diesem Gewebe übernommen. Hier muß die Maschenweite der Tresse mit der Kornverteilung des Grundwasser-

leiters abgestimmt werden. Eine entsprechende Bemessungsformel, deren Grundlagen allerdings noch nicht völlig gesichert sind, enthält /3, S. 5/. Außerdem ist es sehr schwierig, bei Tressengewebe die wirksame Maschenweite zu ermitteln.

Bei hydrogeologischen Erkundungsarbeiten können reine Gewebbrunnen als Versuchsbrunnen zur Bestimmung hydrogeologischer Parameter Anwendung finden (Eintrittswiderstände lassen sich bei der Auswertung eliminieren).

Im VEB Hydrogeologie wurde die "Richtlinie für den Ausbau von Versuchsbrunnen im Lockergestein" erarbeitet, die eine Bemessungstabelle (Tabelle 2) enthält, aus der die entsprechende Tresse anhand von Körnungsbereichen des Grundwasserleiters (Bild 4) festgelegt werden kann.

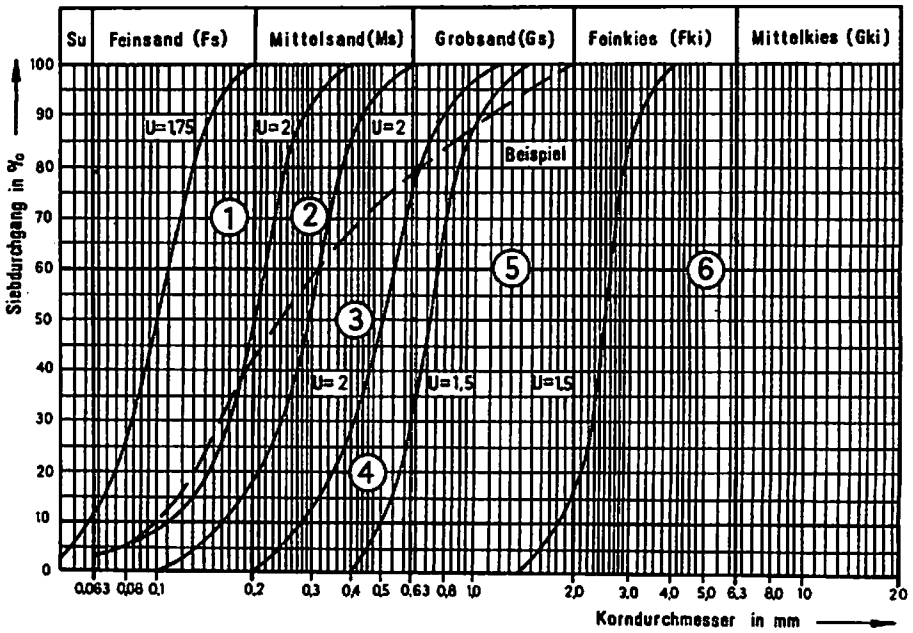


Bild 4. Körnungsbereiche der Grundwasserleiter

Tabelle 2. Bemessungstabelle für Filterkies und Gewebe

Zeile	Körnungsbereiche nach Bild 4		1	2	3	4	5	6
1	Kornverteilung der linken Begrenzung /% Siebdurchgang/		FS 88 Su 12	MS 50 FS 47 Su 3	MS 82 FS 18	MS 75 GS 25	GS 70 MS 30	Fki 82 GS 18
2	min d_{50} /mm/		0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	2,5
3	Pumpversuche (PV) zur Bestimmung hydrogeolo-	Filterkies/-sand /mm/	0,5 bis 1,0	ohne Filterkies; bei Spülbohrungen und Trockenbohrungen mit einem Ringraum $\Delta r > 100$ mm Stüttschicht aus Bohrgut oder geeignetem Rohkies/-sand				
4	gischer Parameter	Tressengewebe-Nr.	-	16	12 oder 10	8		
5		Stütz-/Unterlagsgewebe /mm Maschenweite/	0,5x0,5	5,0 x 5,0				
6	PV zum demon- strativen Nachweis	Filterkies/-sand /mm	0,5 bis 1,0	1,0 ... 1,6 (1 bis 2)		3,15 ... 8,0 (2 bis 8)		
7		Stützgewebe /mm Maschenweite/	0,5 x 0,5			2,0 x 2,0		

Bemerkungen: Werte in Klammern sind Ersatzkörnungen.

Die Körnungsbereiche sind in Bild 4 dargestellt.

Diese Bemessungsgrundlage basiert auf Versuchen an verschiedenen Testbrunnen und hat sich bereits in der Praxis bewährt. Für die Bemessung ist der Körnungsbereich (vgl. Bild 4) maßgebend, dessen linke Begrenzung von der Kornverteilungskurve des Grundwasserleiters nicht oder bei $U_d \geq 3$ nur geringfügig für Siebdurchgänge $< 50\%$ geschnitten wird. Bei dem Beispiel auf Bild 4 (gestrichelte Kurve) gilt: maßgebend Bereich 2, d. h. Verwendung von Tresse Nr. 16.

Liegt die Kornverteilung des Grundwasserleiters im Bereich des Bildes 4 (Feinsand), ist grundsätzlich Filtersand mit der Körnung 0,5 bis 1,0 mm einzubauen (zu große Eintrittswiderstände bei Tresse).

Mit Hilfe der Tabelle 2 können auch die Körnungen für Filterkies/-sand festgelegt werden, sofern bei Versuchsbrunnen keine Tresse verwendet werden soll.

7.5. Bemessung der Filterlänge

Wurde die Filterlänge unter Beachtung der im Abschnitt 8.2. dargelegten Konstruktionsregeln gewählt, so ist zu überprüfen, ob folgende Bedingung erfüllt ist /3, S. 8/:

$$(0,2 \dots 0,5) v_{\text{krit}} \leq \frac{Q}{\pi D_a L} \leq (1 \dots 3) v_{\text{krit}} \quad (6)$$

D_a	Außendurchmesser des Filterrohres
L	Länge des Filterrohres
Q	Förderleistung
v_{krit}	kritische Geschwindigkeit entsprechend Tabelle 3 in cm s^{-1}

Die untere Grenze $(0,2 \dots 0,5) v_{\text{krit}}$ wurde aus ökonomischen Gründen festgelegt. Die obere Grenze $(1 \dots 3) v_{\text{krit}}$ sichert, daß die Geschwindigkeiten auf Filter nicht zu hoch werden. Bei Geschwindigkeiten über $3 v_{\text{krit}}$ treten Turbulenzerscheinungen auf, die auf jeden Fall zu vermeiden sind.

Tabelle 3. Kritische Geschwindigkeiten v_{krit} in $cm\ s^{-1}$
nach /3, S. 8/

D_{10} bzw. d_{10} in mm	$U_D = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ bzw. $\frac{d_{60}}{d_{10}}$							
	1	1,5	2	3	4	5	7	10
1	0,36	0,34	0,32	0,26	0,23	0,21	0,18	0,15
2	0,32	0,29	0,28	0,23	0,20	0,19	0,16	0,13
3	0,29	0,27	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,12
5	0,26	0,24	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
7	0,25	0,23	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10
10	0,24	0,21	0,20	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10
15	0,21	0,20	0,19	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09

7.6. Bemessungsbeispiel

Für einen Brunnen, der in einem Grundwasserleiter mit einer Kornverteilung innerhalb des Kurvenbandes nach Bild 5 steht, ist ein Kies- bzw. Sandfilter zu bemessen. Ferner ist zu überprüfen, ob die Geschwindigkeit am Filter nicht zu groß wird. Gegeben sind folgende Parameter:

$$D_a = 300\text{ mm}$$

$$L = 8,0\text{ m}$$

$$Q = 60\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$$

$$w_S = 5\text{ mm (Langlochschlitzfilter)}$$

Aus dem Kurvenband des Grundwasserleiters ergeben sich folgende Werte für den Ungleichförmigkeitsgrad

$$U_d = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Variante	1	2	3	4
d_{60} in mm	0,28	0,28	0,28	0,38
d_{10} in mm	0,11	0,15	0,15	0,11
U_d	2,5	2,5	1,9	3,5

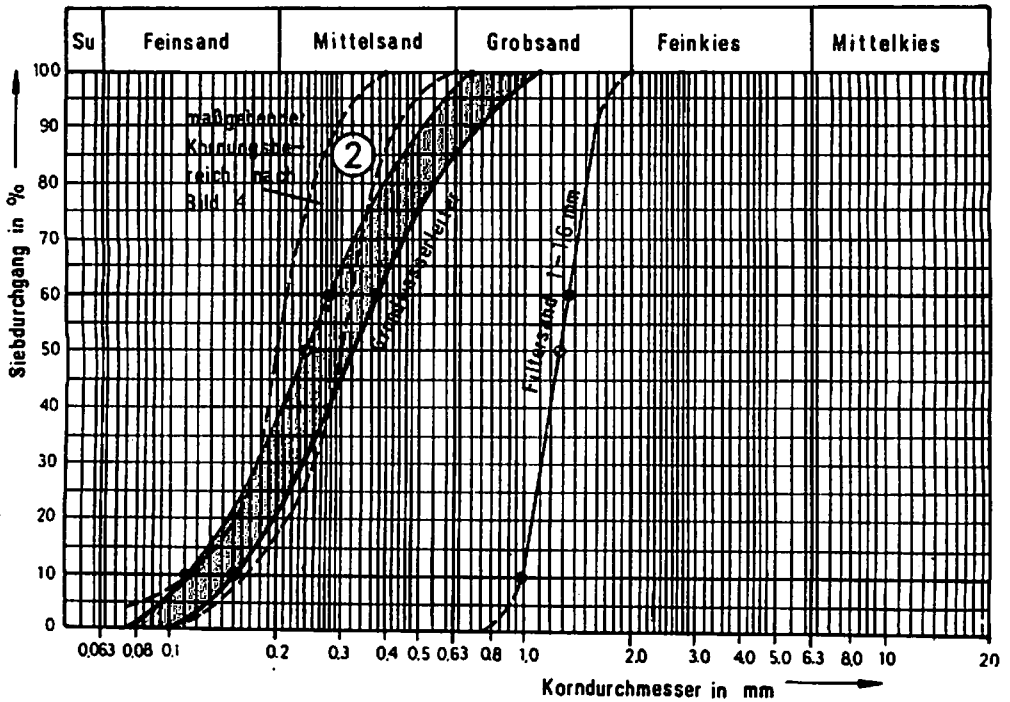


Bild 5. Kornverteilung eines Grundwasserleiters für Bemessungsbeispiel

Es wird ein Filtersand mit der Körnung 1 bis 1,6 mm gewählt (s. Bild 5). Die gestrichelten Abschnitte der Kornverteilungskurve berücksichtigen die nach TGL 22 964 zulässigen Ober- und Unterkornanteile.

Der Ungleichförmigkeitsgrad des Filtersandes ergibt sich zu

$$U_D = \frac{1,35}{1,0} = 1,35$$

Da $U_{dmax} = 3,5$ beträgt, ist der natürliche Erdstoff nicht sulfationsgefährdet, so daß die Bemessungsformel (1) folgende

Form annimmt:

$$D_{50} \leq A_{50, zul} \cdot d_{50}$$

Für $U_D = 1,35$ und $U_d = 1,9$ (ungünstigster Bemessungsfall) erhält man nach Bild 3 $A_{50, \text{zul}} = 7,5$. Damit ergibt sich

$$D_{50} = 1,3 < 7,5 \cdot d_{50 \text{min}} = 7,5 \cdot 0,24 = 1,8$$

Daraus folgt, daß der gewählte Filtersand 1 bis 1,6 mm eine ausreichende Sicherheit gegen Erosion des Grundwasserleiters bietet.

Nun ist zu prüfen, ob die Schlitzweite des Filterrohres nicht zu groß wird. Es gilt die Bedingung (Bemessungsformel (5))

$$\frac{D_{50}}{6} \leq w_S \leq \frac{D_{50}}{2}$$

$$\frac{1,3}{6} \leq w_S \leq \frac{1,3}{2}$$

$$0,22 \leq w_S \leq 0,65$$

Mit $w_S = 5$ mm ist diese Bedingung bei weitem nicht erfüllt. Es ist deshalb ein Stützgewebe erforderlich. Wählt man ein Quadratmaschengewebe mit einer Maschenweite $0,5 \times 0,5$ mm, so ergibt sich

$$0,22 < 0,5 < 0,65$$

Bei der Oberprüfung, ob die vorgesehene Filterlänge ausreicht, wird zunächst die vorhandene Geschwindigkeit am Filter berechnet:

$$\frac{Q}{\pi D_a L} = \frac{1,67 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 0,3 \cdot 8,0} = 0,22 \cdot 10^{-2} \text{ ms}^{-1} \hat{=} 0,22 \text{ cm s}^{-1}$$

mit

$$Q = 60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \hat{=} \frac{60}{3600} = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

Für $U_D = 1,35 \approx 1,5$ und $D_{10} = 1,0$ mm findet man in Tabelle 3 $v_{\text{krit}} = 0,34 \text{ cm s}^{-1}$

und die Bedingung für eine zulässige Geschwindigkeit am Filter (Formel (6)) ist mit

$$0,5 \cdot 0,34 = 0,17 < 0,22 < 1 \cdot 0,34 = 0,34$$

erfüllt. Die vorgesehene Filterlänge reicht also aus.

Handelte es sich bei dem Brunnen um einen Versuchsbrunnen, so wäre die richtige Tresse wie folgt zu bestimmen: Maßgebend ist der Körnungsbereich ② des Bildes 4. Aus Tabelle 2 ergibt sich dafür Tresse Nr. 16 (s. hierzu auch Bild 5).

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,

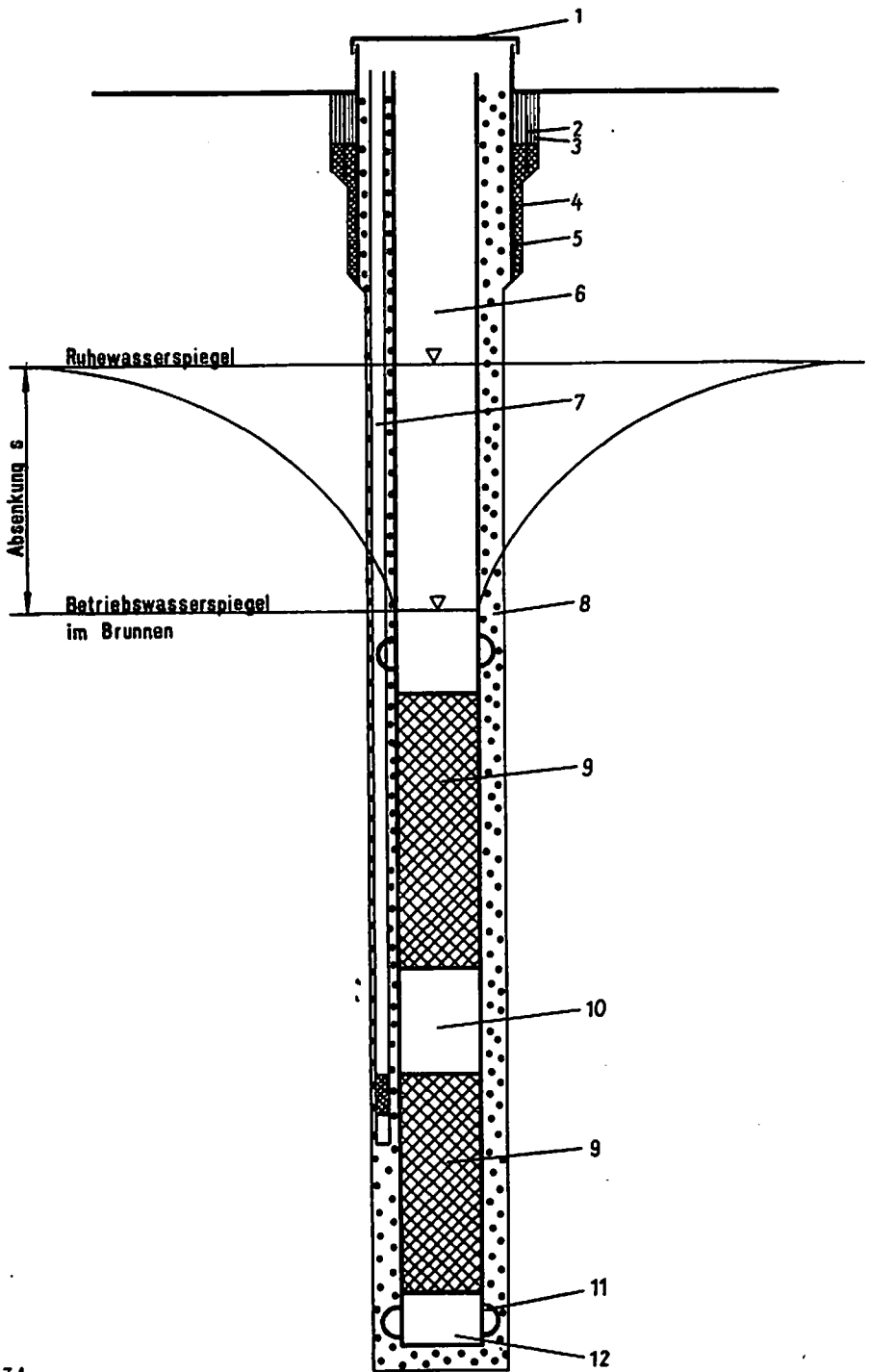


Bild 6 (links) Brunnenkonstruktion mit Endausbau

- 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 Filtreintrittsgeschwindigkeit 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 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

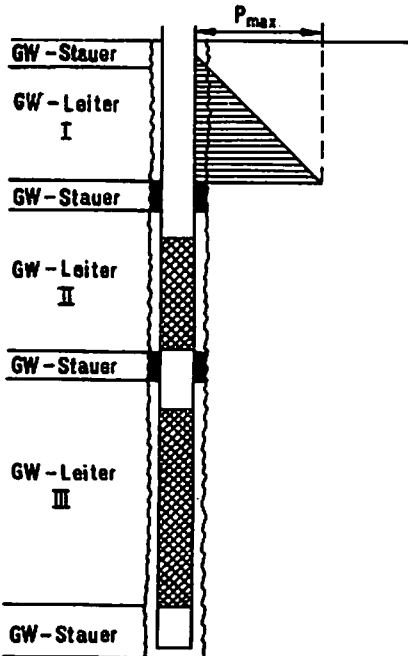


Bild 7
Hydrostatische Belastung
von Brunnenausbaurohren

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).

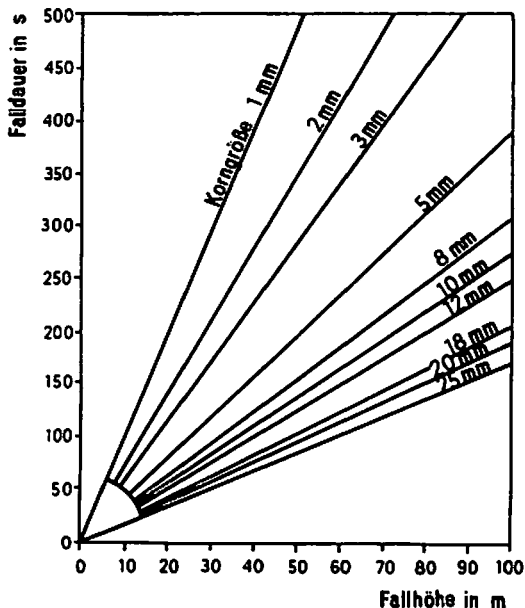


Bild 8
Falldauer von Filterkies im Wasser

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.

10. Brunnen mit doppelter Kiesschüttung

Als Sonderbauform ist der Brunnen mit doppelter Kiesschüttung anzusehen, der auf Grund der hohen Herstellungskosten (große Endbohrdurchmesser, hohe Einbaukosten) nur dann ausgeführt wird, wenn langlebige Wirtschaftsbrunnen gebaut werden müssen und eine Gewebeumwicklung zur Abstimmung einer einfachen Kies-

schüttung (Filtersand) auf die Filterschlitzweiten auf keinen Fall vorgenommen werden darf.

Die zwei Kiesschüttungen lassen sich nach 2 Verfahren einbringen:

- Einbau von Schüttrohren bis über Gelände und danach Schütten des Filterkieses
- Einbringen des Filterkieses in Gewebekörben bereits beim Einbau der Filterrohre

Die erste Variante ist aufwendiger und hat folgenden Arbeitsablauf:

Einbau einer Schüttrohrtour mit Führungsschellen nach Beendigung der Bohrarbeiten, Einbau der Filter und Vollwandrohre mit Führungsschellen, Schütten der gröberen Filterkiesfraktionen in den Ringraum Filter-/Schüttrohrtour und der feineren Faktion in den Ringraum Schüttrohr/Bohrlochwandung bei laufender Kontrollotung, wobei gleichzeitig die Schüttrohrtour gezogen (ausgebaut) wird.

Der Rohrschuh der Schüttrohre sollte mindestens 0,5 m mit Kies überschüttet sein, damit kein Gebirgsmaterial in den Kies eintreten kann, aber nicht höher als 2,0 m, um die Reibung zwischen Schüttrohr und Filterstrang nicht so groß werden zu lassen, daß letzterer mit angehoben wird oder bei nicht zugfesten Verbindungen (z. B. Steinzeugausbau) auseinanderreißt.

Bei der 2. Variante ist der Einbau des Filterstranges mittels Einbaugestänge und einer speziell ausgebildeten Bodenplatte erforderlich. Weiterhin müssen Gewebezyylinder aus PVC-Quadratmaschengewebe und 2 Halteringe (10 mm Rundmaterial) gefertigt werden.

Der Abstand der Halteringe untereinander soll etwa 50 cm betragen, die Überlappung des Gewebes an der Längsnaht etwa 20 cm (diese Naht ist als Kreuznaht auszubilden). Die Gewebezyylinder werden etwa 10 cm ineinandergesteckt und mit Perlondraht vernäht. Das Schlammfangrohr wird auf die Bodenplatte gesetzt und der Gewebezyylinder über dieses Rohr gezogen und mittels Band Eisen an der Bodenplatte befestigt.

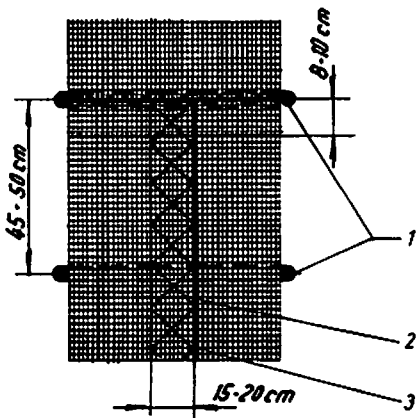


Bild 9
 Gewebekorb für doppelte Kies-
 schüttung
 1 Stützring aus Rundeisen
 2 Kreuznaht
 3 Gewebeüberlappung

Der Filterkies wird mittels Eimer in den Ringraum gefüllt und durch laufendes Klopfen mit einem Klopfholz verdichtet, so daß das spätere Setzen des Kieseltes soweit als möglich eingeschränkt wird. An die Gewebezylinder und Aufsatzrohre werden im Abstand von 3 bis 5 m Führungsschellen/Zentrierkörper angebracht, damit ein konzentrischer Einbau gegeben und somit das Einbringen der äußeren Schüttung in gleichmäßiger Stärke gewährleistet ist.

Der innere Kiesmantel wird um 1,0 m mit dem Kies des äußeren Mantels überschüttet. Für das Hinterfüllen der Aufsatzrohre kann Verfüllkies genommen werden, falls keine Abdichtungen erforderlich sind.

Die Bemessung der beiden Kornfraktionen in Abhängigkeit von den Filterschlitzweiten und dem anstehenden Gebirge erfolgt nach den Regeln unter Abschnitt 7.

11. Brunnenentwicklung

Nach dem Einbringen der Brunnenausbaurohre und dem Schütten des Filterkieseltes sind die Brunnenbauarbeiten noch nicht abgeschlossen, denn ein ausgebautes Bohrloch wird erst durch eine nachfolgende Behandlung zum Brunnen.

Diese Behandlung hat zum Ziel:

- a) die Aktivierung des Grundwasserleiters, d. h. die Zerstörung der Filterkruste und Reinigung der bohrlochnahen

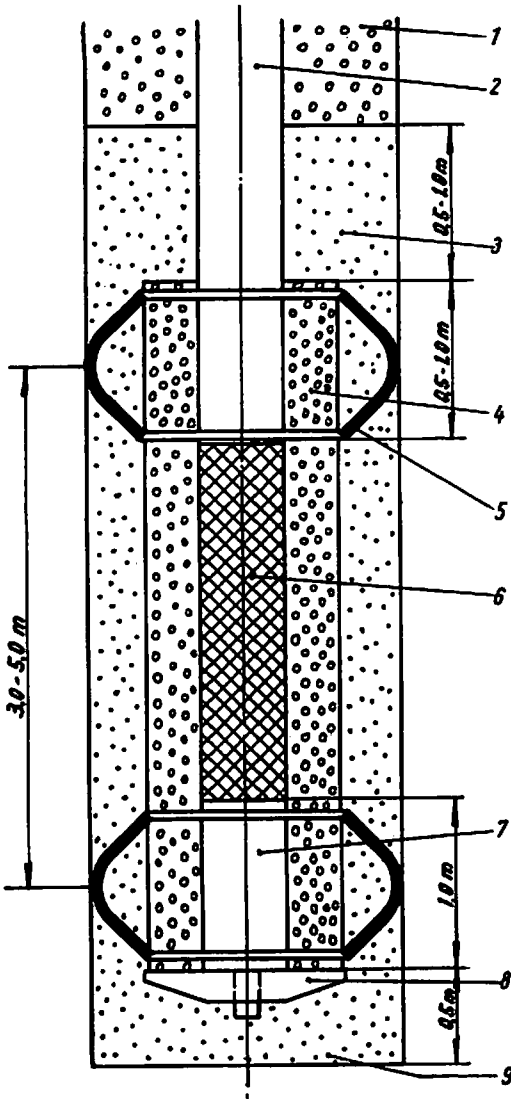


Bild 10
 Vertikalfilterbrunnen
 mit doppelter Kiess-
 schüttung
 1 Verfüllkies
 (Naturkies)
 2 Aufsatzrohr
 (Vollwandrohr)
 3 äußere Kiesschüttung
 4 innere Kiesschüttung
 (als Packung im
 Gewebekorb eingebaut)
 5 Zentrierkorb
 6 Filterrohr
 7 Schlammfang
 8 Bodenplatte
 (Einbaustück)
 9 Unterschüttung

Zone von infiltrierten Ton-/Schluffteilchen ("Skin-Effekt")

- b) den Aufbau eines natürlichen Korngerüstes und das Zerstören der bei gleichmäßiger Förderung entstehenden Kornbrücke im anliegenden Erdstoff (Wechselstrom-Stoß-Entsandung)

c) die Entsandung des Grundwasserleiters bis zur "technischen Sandfreiheit" durch Kontaktsuffosion

In Abhängigkeit vom angewendeten Bohrverfahren sowie den hydraulischen Verhältnissen und technisch-technologischen Maßnahmen (Spülungswirtschaft, Spülwasserzuführung usw.) wird die Bohrlochwandung und die bohrlochnahe Zone mehr oder weniger durch Stoffpartikelchen (Ton-, Schluff, Feinsand) und gegebenenfalls Chemikalien (beim Rotary-Bohren) zusammengesetzt, die infolge der Vergrößerung des Widerstandes (Verringerung der Wasserdurchtrittsfläche) eine Reduzierung der spezifischen Brunnenenergiebigkeit ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ pro Meter Filterstrecke) verursachen. Ferner erfordert die Förderung aus dem Brunnen mittels UWM-Pumpen sowie die anschließende Aufbereitungstechnologie in den Wasserwerken eine relative Sandfreiheit, die als "technische Sandfreiheit" definiert ist und einen Feststoffgehalt von maximal 5 mg l^{-1} bzw. g m^{-3} gestattet. In der Regel werden die obengenannten Zielstellungen durch sogenannte Klarpumpversuche realisiert, wobei über einen Zeitraum von 8 bis 24 Stunden mittels Mammut- oder UWM-Pumpe eine intermittierende Förderung mit stufenweiser Steigerung der Fördermenge bis zur 1,2- bis 1,5fachen Menge der geplanten späteren Dauerleistung durchgeführt wird. UWM-Pumpen sollten infolge ihrer hohen Verschleißempfindlichkeit soweit als möglich für derartige Zwecke nicht eingesetzt werden.

Der Sandgehalt (Feststoffgehalt) kann gegenwärtig nur mit dem Imhoff-Trichter (Spitzglas 3 l) gemessen werden. Die sogenannte Intensivsandung wird erforderlich, wenn

- beim Klarpumpversuch keine "technische Sandfreiheit" erreicht wurde und/oder
- ein um 10% und mehr erhöhter Eintrittswiderstand vorliegt.

Die Intensiventsandung wird im ausgebauten Brunnen durchgeführt, wobei von unten nach oben der Filterbereich mittels Entsandungsseier (Abstand der Manschetten 1,0 bis 5,0 m) mit einer in etwa 5fachen der im späteren Dauerbetrieb auf

den entsprechenden Filterabschnitt entfallenden Förderleistung abgepumpt wird.

Auch hierbei ist intermittierendes Abpumpen mit möglichst automatischem Ein- und Ausschalten der Pumpe (3 bis 5 min. Pumpdauer, 1 bis 3 min. Stillstandszeit) durchzuführen, gleichzeitig ist der Sandaustrag bzw. der Sandgehalt zu messen. Nach Abschluß der Intensiventsandung ist der Erfolg mittels Leistungspumpversuch nachzuweisen.

Eine Intensiventstandung ist sehr zeit- und kostenaufwendig und nicht erfolversprechend, wenn

- der Brunnenfilter (einschließlich Gewebe und Filterkies) richtig bemessen worden ist und nur der durch den Bohrvorgang hervorgerufene erhöhte Eintrittswiderstand beseitigt werden muß und
- ein Ungleichförmigkeitsgrad des Grundwasserleiters von $U_d > 8$ bis 10 vorliegt.

In Festgesteinsbohrungen ist eine Entsandung in den allermeisten Fällen nicht erforderlich. In der Regel werden beim Klarpumpen die Bohrkleinteilchen und das Gesteinsmehl, die in Schichtfugen, Klüfte und Risse der Bohrlochwandung eingedrungen sind, entfernt.

12. Brunnenkomplettierung

12.1. Allgemeines

Unter dem Begriff "Brunnenkomplettierung" werden alle die baulichen Anlagen, Geräte und Ausrüstungen verstanden, die für den Betrieb, die Bedienung, Überprüfung und Gewährleistung der Funktionsfähigkeit des Brunnens erforderlich sind.

Zwischen dem Brunnen und der Brunnenkomplettierung bestehen funktionelle und bauliche Abhängigkeiten, die maßgebliche Bedeutung für die Effektivität der Gesamtanlage haben.

12.2. Elemente der Brunnenkomplettierung

Grundsätzlich wird unterschieden in solche, die in den Brunnen eingebaut werden (als technologischer Brunnenausbau bezeichnet), und in solche, die auf den Brunnen aufgebaut sind (Brunnenabschlußkonstruktion und dessen technologischer Ausbau). Außerdem unterscheidet man

- fördertechnologischer Ausbau (alle Geräte und Ausrüstungen, die der unmittelbaren Förderung des Grundwassers dienen)
- Wasserspiegelmeßeinrichtungen
- bauliche Anlagen am Brunnenmund
- Elt- und BMSR-Technik
- Anlagen für Brunnenregenerierungs- und -schutzverfahren

12.3. Aufgabe und Funktion der Brunnenkomplettierung

Die Funktion der Brunnenkomplettierung besteht im wesentlichen in der Hebung des Grundwassers und dessen Zuführung zur Nutzung.

Aufgabe der Brunnenkomplettierung ist es insbesondere,

- hygienische Belange,
- Fragen der Lastübertragung auf das anstehende Erdreich,
- die erforderliche Bedienungsfreiheit zum Betrieb und zur Überwachung des Brunnens

zu erfüllen bzw. zu ermöglichen.

Damit Aufgabe und Funktion gewährleistet werden können, sind bestimmte bautechnische Voraussetzungen beim Brunnenbau zu schaffen. Diese Voraussetzungen, auf die bereits in den Abschnitten 6. bis 8. eingegangen wurde, beziehen sich im wesentlichen auf konstruktive Bemessungen.

12.4. Allgemeines zur konstruktiven Gestaltung ausgewählter Einzelelemente

12.4.1. Bauliche Anlagen

Man unterscheidet nach der höhenmäßigen Anordnung der Brunnen-
abschlußkonstruktion und des Brunnenkopfs in

- oberirdische (obertägige) und
- unterirdische (untertägige)

Varianten. Unterscheidungskriterium ist die Art der Frost-
sicherung. Erfolgt diese durch Erdüberdeckung bzw. -anschüttung,
wird die Anordnung als unterirdisch bezeichnet. Im Bild 11 sind
die grundsätzlichen Bauarten/Ausführungsvarianten dargestellt,
wobei a und b Vorzugsvarianten sind. Die Wahl der jeweiligen
Ausführungsvariante wird sowohl durch die örtlichen Verhält-
nisse als auch von fördertecnologischen Aspekten bestimmt.

12.4.1.1. Brunnenkopf

Der Brunnenkopf ist das Paßstück zwischen Brunnen und Brunnen-
abschluß und hat die Aufgabe,

- den Brunnen hygienisch und druckdicht abzuschließen,
- die Lasteintragung aus dem Gewicht des technologischen
Brunnenausbaus auf ein Fundament zu übertragen.

Der Brunnenkopf besteht bauseitig aus einem sogenannten Hül-
srohr, das über die Endverrohrung geschoben wird, und einem
Abdeckflansch, der das Hülrohr nach oben verschließt. Die
erforderliche Abdichtung Brunnen/Brunnenkopf erfolgt entweder
mittels flexibler Dichtmasse (Bitumen, Weißstrick o. ä.), oder
der Brunnenkopf wird auf eine gegebenenfalls steckengeblie-
bene Bohrröhrtour aufgesetzt und mit dieser druckdicht ver-
schweißt.

Zur Gewährleistung der Lastübertragung wird der Brunnenkopf
entweder in ein Betonfundament eingegossen oder auf eine
steckengebliebene und einzementierte starkwandige Bohrröh-
tour, die als Fundament fungiert, aufgesetzt.

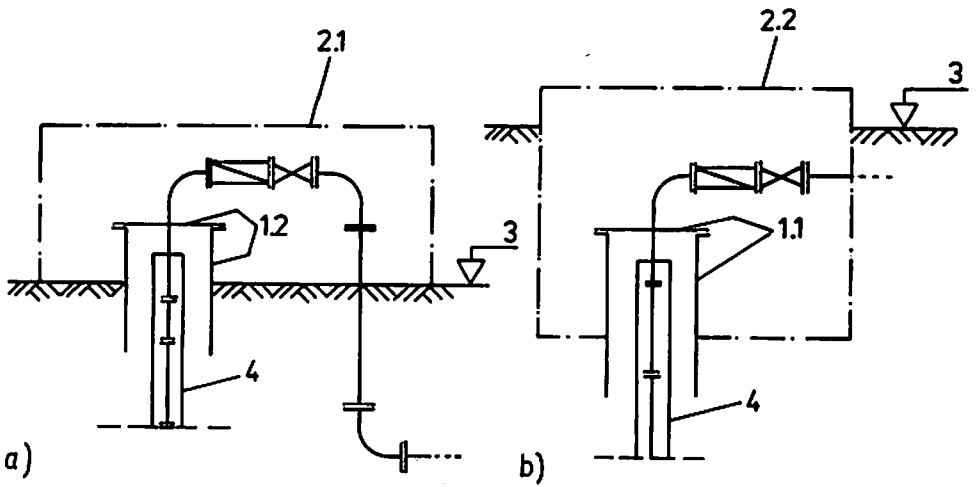


Bild 11a) und b)

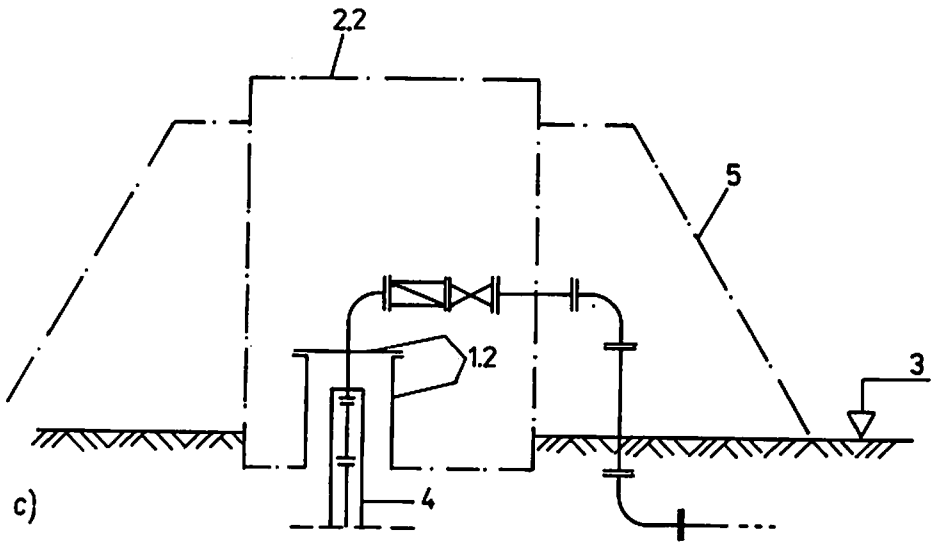
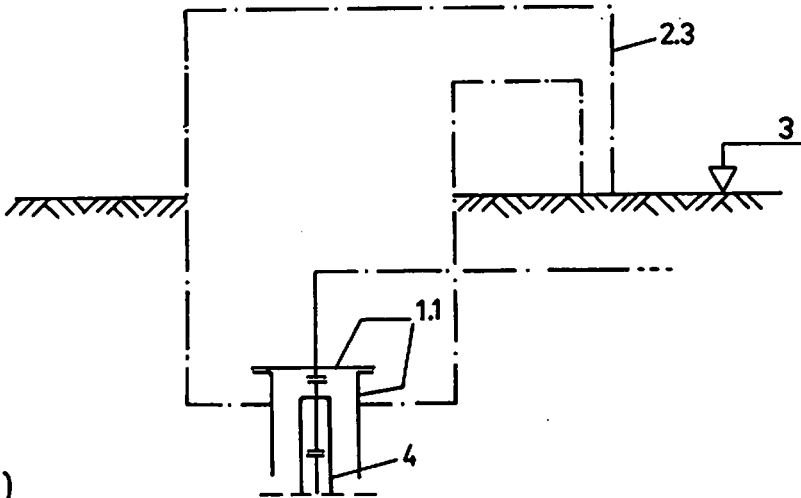


Bild 11c)



d)

Bild 11. Bauarten/Ausführungsvarianten von baulichen Anlagen (nach höhenmäßiger Anordnung untergliedert)

- a) und d) obertägige Brunnenabschlußkonstruktion
- b) und c) untertägige Brunnenabschlußkonstruktion
- 1.1. Brunnenkopf, untertägig
- 1.2. Brunnenkopf, obertägig
- 2.1. obertägige Brunnenabschlußkonstruktion in Form einer Haube/Abdeckung o. ä.
- 2.2. Schachtbauwerk
- 2.3. obertägige Brunnenabschlußkonstruktion in Form eines Brunnenhauses mit Maschinenhalle o. ä.
- 3. Oberkante Gelände
- 4. Brunnenausbau
- 5. Anschüttung

Das Aufsetzen des Brunnenkopfes auf das Aufsatzrohr der Endverrohrung ist aus statischen Gründen nicht statthaft (Gefahr der Knickung durch unterschiedliche Setzungen infolge inhomogener Mantelreibung).

12.4.1.2. Brunnenabschlußkonstruktion

Die Brunnenabschlußkonstruktion ist ein Bauwerk, das den Brunnenkopf und die am Brunnenkopf erforderlichen Armaturen und Ausrüstungen aufnimmt und diese vor klimatischen Einflüssen und unbefugtem Zugriff Dritter schützen soll. Bei der konstruktiven Gestaltung sind weiterhin folgende Aspekte zu beachten:

- Gewährleistung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes bei Bedienung, Wartung, Kontrolle und Reparatur (wobei die 1-Mann-Bedienung angestrebt wird)
- gute Zugänglichkeit zum Brunnen
- Stabilität und Verschlusssicherheit
- Wiederverwendbarkeit
- Feuchtigkeits- und Kälteschutz
- einfache Gründung
- geringer Montage- und Transportaufwand

Schächte aus Betonfertigteilen erfüllen zwar nur zum Teil die obengenannten Forderungen, haben aber den Vorteil des preisgünstigen Materialeinsatzes. Stahlschächte sind im Hinblick auf Vorfertigung und Montage günstiger. Sie sind auch wiederverwendungsfähig, jedoch der relativ hohe Preis (Materialeinsatz) als auch die erforderlichen Unterhaltungskosten (Korrosion) sind ungünstig.

Relativ günstig, aber mit dem Nachteil der zusätzlich erforderlichen Heizung bei Frostgefahr, ist der neu entwickelte obertägige Brunnenabschluß. Diese Abschlußkonstruktion ist vollständig vorgefertigt und braucht nur auf den Brunnen aufgesetzt zu werden, jedoch gestatten die Einsatzbedingungen den Aufbau dieser Konstruktion nicht immer und überall. Die Auswahl der Ausführungsvariante bleibt nach wie vor von den örtlichen Gegebenheiten und Notwendigkeiten sowie der Effektivität abhängig.

12.4.2. Geräte und Ausrüstungen

Geräte und Ausrüstungen zur Brunnenkomplettierung sollen möglichst klein und von robuster Konstruktion und Bauart sein. Zum Einbau in den Brunnen vorgesehene Komplettierungsteile sollten keine kantigen Außenformen aufweisen. Ist dies unumgänglich, sind entsprechende Abweiser (Zentralisatoren), die ein Unterhaken bei Montage vermeiden, vorzusehen.

13. Betrieb, Wartung und Instandhaltung von Brunnen

13.1. Betrieb von Brunnen

Auf die Betriebsweise soll hier nur insoweit eingegangen werden, daß beim Betrieb des Brunnens die Voraussetzungen für die Grundwasserbewirtschaftung gegeben sein müssen, d. h., daß die Grundwasserstandsganglinie in Abhängigkeit von der Nutzung (Entnahme) sowie die Entnahmegröße selbst ermittelbar sein muß.

Was die definitiven Grundsätze für den Betrieb betrifft, wird auf die "Bedienvorschriften für Brunnen zur Gewinnung von Grundwasser", herausgegeben vom VEB Hydrogeologie, Ausgabe 1977, verwiesen.

13.2. Wartung und Instandhaltung von Brunnen

In gleicher Weise wie bei allen anderen Bauwerken findet man am Brunnen natürliche Alterungserscheinungen. Diese Erscheinungen sind vorwiegend auf Korrosion und Inkrustation (insbesondere Verockerung) zurückzuführen und äußern sich in einem Leistungsrückgang. Während durch fachgerechte Konstruktion Korrosionsschäden weitgehend ausgeschlossen werden können, ist die Inkrustation an die im Wasser gelösten Stoffe und Mikroorganismen gebunden und in komplizierter Weise von der Entnahme, Filtergeschwindigkeit, Wassergüteschwankungen, Betriebsweise und chemisch-biologischen Prozessen abhängig. Auf die vielschichtige Problematik wurde bereits in den Abschnitten 6. bis 8. eingegangen.

Alle Maßnahmen der Wartung und Instandhaltung zielen letztlich auf die Verhinderung bzw. Hinauszögerung der Alterung des Brunnens ab. Bei der Verhinderung der Verockerung haben sich hierbei bewährt:

- intensive Chlorung im vierteljährlichen Abstand
- radioaktive Bestrahlung des Filters

Die genannten Verfahren werden als Schutzverfahren gegen Brunnenverockerung bezeichnet.

Während die Chlorung manuellen Aufwand und Außerbetriebnahme des Brunnens erfordert, arbeitet die Gamma-Bestrahlungsanlage im wesentlichen wartungsfrei und bei Betrieb des Brunnens. Nicht einsetzbar ist die Gamma-Bestrahlungsanlage, wenn der Brunnenausbau aus Kunststoff auf PVC-Basis besteht. Kann keines der beiden Schutzverfahren Anwendung finden, ist durch entsprechende Betriebsweise die Alterungsrate möglichst niedrig zu halten. Der Effekt ist zwar wesentlich geringer, wird aber durch gleichmäßigen Betrieb, möglichst verbunden mit relativ geringer Entnahme sowie Verhinderung der Belüftung des Filters, merklich erreicht.

14. Brunnenregenerierung

Ist die Brunnenalterung so weit fortgeschritten, daß eine Nutzung nicht mehr oder nicht mehr effektiv möglich ist, ist zu entscheiden, ob durch eine Regenerierung oder eine Ersatzinvestition (neue Brunnen - Ersatzbrunnen) die Bedarfsdeckung erreicht werden soll.

Die zahlreichen Verfahren der Brunnenregenerierung lassen sich in mechanische, chemische und kombinierte Verfahren einteilen. Unabhängig von der Art des Regenerierungsverfahrens gilt jedoch, daß das anfängliche Leistungsvermögen nur in Ausnahmefällen erreicht wird, die Alterungsrate gegenüber dem unbehandelten Brunnen im Regelfall nach der Regenerierung jedoch wesentlich ansteigt.

14.1. Mechanische Reinigung

Die mechanische Reinigung wird mit besonderen mechanischen Vorrichtungen (im wesentlichen Kratzer, Schaumgummikörper und Rundbürsten), die an einem Gestänge befestigt sind und im Filter auf- und abbewegt werden, durchgeführt. Daneben werden auch mit Bürsten kombinierte Spritzköpfe mit schräg nach oben angeordneten Spritzdüsen, denen über ein Hohlgestänge Druckwasser mit mindestens $\approx 5,0 \text{ MPa}$ (50 kp cm^{-2}) zugeführt wird, angewandt. Mit den genannten Verfahren sollen Inkrustationsprodukte vom Filter entfernt werden; die Wirkung bleibt im wesentlichen auf das Filterrohrinnere beschränkt. Deshalb wird heute die mechanische Reinigung im allgemeinen nur im Sinne einer Vorreinigung angewendet.

14.2. Chemische Reinigung

Da im allgemeinen Säure zur Lösung der Inkrustationsprodukte verwendet wird, spricht man bei der chemischen Reinigung vom "Säuern" des Brunnens. Die verwendete Säure muß stark verdünnt noch wirksam bleiben. Voraussetzung für den Einsatz von Säure ist ein säurefester Brunnenausbau. Ist dies nicht gegeben, kann der Säureangriff durch sogenannte Inhibitoren (Sparbeizen) herabgesetzt werden.

In der Praxis hat sich folgende Reihenfolge bewährt:

- Salzsäure, trocken, arsenfrei
- Aminosulfonsäure, trocken
- Schwefelsäure, trocken

14.3. Kombinierte Verfahren

Die praktischen Erfahrungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, daß die besten Erfolge mit der Kombination mechanischer und chemischer Verfahren und anschließendem abschnittsweisem Klarpumpen erzielt werden.

14.4. Sonstige Regenerierungsverfahren

Das Auswechseln des Brunnenausbaus bzw. der Einbau eines Innenfilters bilden weitere Möglichkeiten zur Brunnenregenerierung.

Während das Auswechseln des gesamten Brunnenausbaus nur in den seltensten Fällen keiner Neubohrung gleichkommt - mit dem Nachteil, daß die Bohrlochwand trotzdem inkrustiert ist -, ist der Einbau eines Innenfilters nur in den Fällen sinnvoll, in denen die Endverrohrung nicht mehr standfest ist oder infolge Auflösungserscheinungen u. ä. Sandeinbrüche in den Brunnen auftreten.

Der wesentlichste Nachteil des Innenfilters ist der reduzierte Freiraum für den Einbau des fördertechnologischen Ausbaus.

Zusammenstellung der wichtigsten Arbeits- und Brandschutzbestimmungen sowie der wichtigsten Standards

ASAO 1	Allgemeine Vorschriften
ABAO 17/2	Allgemeine Bestimmungen für Transport und Lagerung
ASAO 20/1	Erste Hilfe bei Unfällen und Erkrankungen von Werkträgern im Betrieb
ABAO 126/1	Technische Sicherheit in Bohr- und Förderbetrieben - Bohrordnung
ASAO 330/1	Benutzung von Fallschutzmitteln
ASAO 337/1	Brunnenbau und Bohrungen für Baugrunduntersuchungen und Pfahlgründungen
ABAO 615/1	Schweißen, Schneiden u. ä. Verfahren
ASAO 631/3	Erdarbeiten und Verlegen von Leitungen in die Erde
ASAO 840/1	Druckgefäße - Druckgefäßordnung
ABAO 850/1	Verkehr mit brennbaren Flüssigkeiten Technische Grundsätze
ABAO 850/2	Verkehr mit brennbaren Flüssigkeiten

ABAO 870	Lagerung von Kalziumkarbid und Bau und Betrieb von Azetylen-Erzeugungsanlagen - Azetylen-Anordnung, Technische Grundsätze zur ABAO 870
ABAO 900/1	Elektrotechnische Anlagen
ASAO 908/1	Hebezeuge; §§ 11 und 12 außer Kraft (GB1 I/1975, S. 463)
ASAO 918	Lastaufnahmemittel
ABAO 3/1	Prüfung der Feuerlöschgeräte
BSAO 6/3	Lagerung fester Brennstoffe
TGL 13 578	UWM-Pumpen (U-Reihe)
TGL 23 941	4" ... 10"-UWM-Pumpen
TGL 23 974/01-08	Geologische Bohrwerkzeuge
TGL 23 451	Bohrwerkzeuge-Schneiddurchmesser
TGL 25 240	Stahlvollwand- und -Filterrohre
TGL 27 603/01	Schmelzgeschweißte Stahlrohre
TGL 0-1564	Muffen für 2"-Rohre
TGL 0-259/01	Whitworth-Rohrgewinde
TGL 9012	Nahtlose Stahlrohre
TGL 14 514/01	Stahlrohre für Gas- und Wasserleitungen
TGL 11 689/02-03	PVC-H-Rohre Typ 60 und Typ 100
TGL 24 354/01	Grundwasserbeobachtungsrohr
TGL 23 450	Gesteinsliste
TGL 23 864	Vorbereitung und Durchführung von Pumpversuchen
TGL 27 876	Tressengewebe
TGL 0-4189	Gebrauchssiebewebe (mit quadratischen Maschen)
TGL 22 964	Filterkies
TGL 28 101/01	Portlandzement
TGL 22 896/04	Asbestzementrohre
TGL 25 240/03	Steinzeugrohre

Betriebsstandards des VEB Hydrogeologie

NBS 351 Brunnenverschlußkappe

NBS 851 Brunnenausbau

NBS 901 Artesischer Pegelabschluß

Richtlinie für den Ausbau von Versuchsbrunnen im Lockergestein (vom 31. 1. 1975)

Literatur- und Quellenverzeichnis

- /1/ KITTNER, H., W. STARKE und D. WISSEL: Wasserversorgung. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1967
- /2/ Autorenkollektiv: Ingenieur Taschenbuch Bauwesen, Bd. III, Boden-Wasser-Verkehr. Leipzig: B. G. TEUBNER-Verlagsgesellschaft 1965
- /3/ WAPRO 1.42, Blatt 1 ... 4. Werkstandard des VEB Projektierung Wasserwirtschaft
- /4/ Autorenkollektiv (Herausgeber K. STRZODKA): Hydrotechnik im Bergbau und Bauwesen. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1975
- /5/ FOLKENS, K.: Beherrschung von Leistungsminderungen der Entwässerungsfilterbrunnen. Bergakademie Freiberg, Sektion Geotechnik und Bergbau 1976
- /6/ Bedienvorschrift für Brunnen zur Gewinnung von Grundwasser. VEB Hydrogeologie Nordhausen 1976
- /7/ LUCKNER, L.: Studie zu den Bemessungsgrundlagen für Brunnen in Grundwassergewinnungsanlagen. VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle 1970
- /8/ BUSCH, K.-F., und L. LUCKNER: Geohydraulik. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1972
- /9/ Tabellen Bohrtechnik (Flach- und Schürfb Bohrtechnik). Bergakademie Freiberg, Sektion Geotechnik und Bergbau 1974
- /10/ Tiefbohrtechnische Informationen. VVB Erdöl-Erdgas Gommern 1973

Im gleichen Verlag erscheinen

Hydrotechnik im Bergbau und Bauwesen

Von einem Autorenkollektiv

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Strzodka

Hochschullehrbuch

2., durchgesehene Auflage

392 Seiten mit 154 Bildern und 55 Tabellen

Format 16,5 x 23 cm · Leinen 32,- M, Auslandspreis 36,- M

Bestell-Nr.: 541 024 9

In diesem Hochschullehr- und Fachbuch wird erstmalig in der deutschsprachigen Literatur eine zusammenfassende Darlegung der Entwässerungstechnik und Entwässerungsverfahren gegeben, die für eine sorgfältige wissenschaftlich-technische Vorbereitung vorhandener Tagebaue und Tagebauneuaufschlüsse sowie für die Herstellung von Baugruppen in vielen Bereichen des Bauwesens notwendig sind. Es werden im einzelnen die Aufgaben der Hydrotechnik - Entwässerungsverfahren - Bohrverfahren und Bohrausrüstungen - Wasserhebung und Wasserableitung - Dimensionierung von Entwässerungsanlagen und der Wasserschutz ausführlich behandelt. Dabei werden bedeutende technische Weiterentwicklungen durch die Gegenüberstellung früherer Entwässerungsverfahren und -mittel mit modernen Methoden und neuester Technik verdeutlicht. Ausführlich sind auch die Wechselwirkungen und Auswirkungen der Tagebauentwässerung und Tagebauwasserhaltung auf die Landeskultur sowie auf die Land- und Forstwirtschaft dargestellt. Die sich aus der Entwässerungstechnik ergebenden aktuellen Probleme des Umweltschutzes, wie Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und Schlammbehandlung, beschließen das Werk.

Der umfangreiche Stoff wird unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse von einem Autorenkollektiv aus erfahrenen Hochschullehrern und Praktikern methodisch gut dargelegt. Seine Aneignung wird durch instruktives Bildmaterial und Tabellen unterstützt.

Das Buch ist für Studenten des Bergbaus, der Geowissenschaften, des Bauwesens und der Wasserwirtschaft sowie als Nachschlagewerk für den Fachingenieur gut geeignet.

Grundlagen der Instandhaltung

Von Dipl.-Ing.-Ök. Ing. Ing. Obering. Gerhard Mildner
unter Mitarbeit von Ing. Gerhard Jarosch

Berufsschullehrbuch

4., durchgesehene Auflage

127 Seiten mit 87 Bildern, 4 Tabellen und 50 Übungsaufgaben
Format 16,5 x 23 cm · Broschur 3,90 M, Auslandspreis 10,- M
Bestell-Nr.: 541 195 4

Dieses Berufsschullehrbuch ist in Anlehnung an die Rahmenausbildungsunterlage für den Grundberuf "Instandhaltungsmechaniker" erarbeitet worden. Damit liegt erstmalig ein Lehrbuch vor, das einen zusammenfassenden Überblick über den gegenwärtigen Stand der theoretischen Erkenntnisse im Instandhaltungswesen gibt und die besondere volkswirtschaftliche Bedeutung der Instandhaltung, ihre Aufgaben und Stellung im betrieblichen Produktions- und Reproduktionsprozeß behandelt. Besonders deutlich gemacht werden die gesellschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Zusammenhänge der Instandhaltungsvorgänge und ihre Verknüpfungen mit den Produktionsprozessen sowie ihre Auswirkungen auf die gesellschaftliche Produktion.

Nach einem einführenden Kapitel über die Einordnung der Instandhaltung in den Produktionsprozeß - Produktion und Instandhaltung - werden folgende Schwerpunkte behandelt: Abnutzung - Ursache für das Instandhalten, Instandhaltungstechnologie, Leitung, Planung und Durchführung der Instandhaltung sowie Abrechnungsverfahren, Instandsetzen von Maschinen und Maschinenelementen (Bauelementen).

Sämtliche Themenkomplexe wurden für alle Industriezweige optimal dargelegt und gültig erfaßt, so daß das Buch jedem Lehrling dieses Grundberufs das Grundlagenwissen vermittelt, das zur Aneignung des notwendigen Fachwissens entsprechend der spezifischen Tätigkeit im jeweiligen Industriezweig Voraussetzung ist.

Das Buch ist außer für die Berufsbildung auch für die Erwachsenenqualifizierung geeignet. Darüber hinaus wird das als erstes eine zusammengefaßte Instandhaltungstheorie enthaltende Buch für viele auf diesem Gebiet Beschäftigte von Interesse sein.

Simulation der Geofiltration

Koedition mit dem Verlag Nedra, Moskau

Von Dr. sc. techn. L. Luckner und

Prof. Dr. d. techn. Wiss. W. M. Schestakow

358 Seiten mit 104 Bildern, 5 Tabellen und
11 digitalen Rechenprogrammen · Format 16,5 x 23 cm
Leinen 60,- M
Bestell-Nr.: 541 095 1

In diesem Gemeinschaftswerk eines sowjetischen und eines DDR-Autors werden zunächst die Grundlagen der Simulation unterirdischer Strömungsvorgänge, die hydrodynamischen Grundlagen der Geofiltration sowie die Grundgleichungen und Randbedingungen der verschiedenen Strömungen in wasserführenden Systemen behandelt. Danach werden die Methoden zur Schaffung simulierbarer mathematischer Modelle durchgesprochen. Die folgenden Abschnitte befassen sich mit der Simulation mit Hilfe von EDVA und mit den Methoden der Elektroanalogie für die stationäre und die nichtstationäre Filtration. Abgerundet wird das Werk durch die Darstellung der digitalen und hybriden Simulation und einige interessante Beispiele aus der Praxis, für die auch die Rechenprogramme enthalten sind.

Zum Leserkreis dieses Werkes zählen vor allen Dingen Studenten, Ingenieure und Wissenschaftler der Gebiete Wasserwesen, Hydrogeologie, Bauingenieurwesen, Meliorationswesen und Verkehrswesen.

Bestellungen nehmen alle Buchhandlungen und der Verlag, 7031 Leipzig, Postschließfach 16, entgegen.

VEB DEUTSCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE · LEIPZIG