

2. Wassergewinnung

Nutzbares Wasser ist nicht in unbegrenzter Menge vorhanden. Aus dieser Erkenntnis erwachsen dem Wasserwirtschaftler Aufgaben, die alle zum Ziel haben, durch sinnvolle Eingriffe in die natürlichen Wasservorkommen das zum Leben benötigte Wasser zu gewinnen, aufzubereiten und dem Verbraucher in der erforderlichen Menge und Qualität zur Verfügung zu stellen. Zusätzlich ergibt sich die besondere Aufgabe, das Wasser nicht nur zu gewinnen und bereitzustellen, sondern auch zu bewirtschaften. Unter den 10 größten Industriestaaten der Welt hat die DDR pro Kopf der Bevölkerung den größten Wasserbedarf, aber das kleinste natürliche Wasserangebot. Durch die rasche weitere Industrialisierung wird sich diese Situation noch weiter verschlechtern.

2.1. Gewässer

Unter dem Begriff Gewässer wird alles in der Natur fließende oder stehende Wasser des Festlandes zusammengefaßt.

2.1.1. Unterirdische Wasser

Das unterirdische Wasser befindet sich unterhalb der festen Erdoberfläche, unabhängig davon, in welcher Erscheinungs- oder Zustandsform es vorliegt. Bild 5 zeigt die ver-

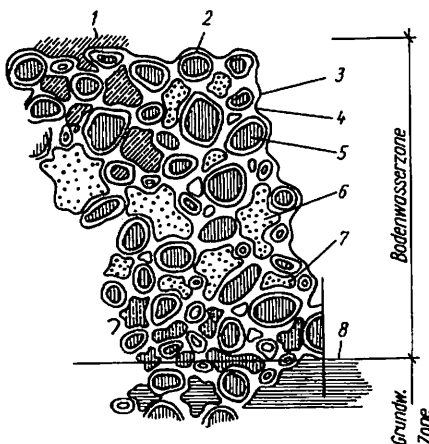


Bild 5. Zustandsformen des unterirdischen Wassers (nach Gießler)

1 Sickerwasser, 2 hygroskopisches Wasser, 3 Häutchenwasser, 4 Porenwinkelwasser, 5 Bodenteilchen, 6 Bodenluft mit Wasserdampf, 7 Porensaugwasser, 8 Grundwasseroberfläche

schiedenen Zustandsformen des unterirdischen Wassers. Für die Wassergewinnung ist das unterhalb der Bodenwasserzone liegende Grundwasser besonders wichtig; denn z. Z. werden noch 70 bis 85 Prozent der für die zentrale Wasserversorgung benötigten Wassermenge aus dem Grundwasser entnommen.

Grundwasser

Als Grundwasser wird das Wasser bezeichnet, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und nur der Schwere (dem hydrostatischen Druck) unterliegt (TGL 92-007).

Die Erdrinde besteht aus Locker- und Festgestein. Obwohl auch Festgestein in gewissem Umfang wasserführend sein kann, wird der größte Teil des Grundwassers aus wasserführenden Lockersedimenten, wie z. B. Sanden und Kiesen, gewonnen. Diese wasserführenden Lockersedimente nennt man *Grundwasserleiter*.

■ *Die untere Grenze des Grundwasserleiters bildet die Grundwassersoble.*

Die *Grundwassersoble* – das Liegende genannt – ist aus weniger durchlässigen Bodenschichten als der Grundwasserleiter aufgebaut oder ist wasserundurchlässig.

Wird der Grundwasserleiter nach oben hin, im Hängenden, durch eine wasserundurchlässige Bodenschicht abgegrenzt, so nennt man diese Schicht *Deckschicht*.

■ *Im Untergrund ist ein oft regelloser Wechsel zwischen wasserführenden und wasserstauenden Schichten möglich.*

Man spricht dann von mehreren *Grundwasserstockwerken*. Sie werden von oben nach unten gezählt. Dabei kann das Grundwasser in den einzelnen Grundwasserstockwerken aus völlig verschiedenartigen Einzugsgebieten (Herkunft) stammen und damit verschiedenartig zusammengesetzt sein. Dies muß bei Erschließungsarbeiten beachtet und gegebenenfalls berücksichtigt werden.

Grundwasserfließgeschwindigkeit

Das Grundwasser befindet sich im allgemeinen in Bewegung. Diese Bewegung nennt man Grundwasserfließgeschwindigkeit; sie ist meßbar und wird in m/s angegeben.

Die Grundwasserfließgeschwindigkeit ist abhängig von der Durchlässigkeit der Wasserleiter. Nach *Darcy* wird die Grundwasserfließgeschwindigkeit mittels folgender Gleichung errechnet:

$$V_F = k_f \cdot J \quad (2)$$

Darin bedeuten:

k_f Durchlässigkeit in m/s

J Absolutgefälle der Grundwasseroberfläche in m/m

Die Grundwasserfließgeschwindigkeit ist im allgemeinen sehr niedrig. Sie beträgt in feinkörnigem Sand etwa bis 1 m/s, bei grobem Sand bis 5 m/s und bei grobem Kies bis 20 m/s.

Grundwasserfließrichtung

Für die Erschließung eines Grundwasservorkommens ist die Kenntnis der Fließrichtung des Grundwassers wichtig. Wird nämlich zur Grundwassergewinnung der Bau mehrerer Bohrbrunnen erforderlich, so sind die Bohransatzpunkte senkrecht zur Grundwasserfließrichtung anzuordnen, damit die gegenseitige Beeinflussung der Brunnen so gering wie möglich gehalten wird. Auch für die Festlegung der Trinkwasserschutzgebiete ist die Kenntnis der Grundwasserfließrichtung unumgänglich.

Die Ermittlung der Grundwasserfließrichtung ist verhältnismäßig einfach, jedoch infolge der dazu erforderlichen Vorarbeiten recht zeit- und vor allem kostenaufwendig.

Zu den Vorarbeiten gehört die Errichtung eines *hydrologischen Dreiecks*. Das sind drei Grundwasserbeobachtungsrohre, die bis in die ruhende Grundwasseroberfläche hineinreichen, am unteren Ende mit einem 1 m langen Filterrohr versehen sind und die Messung der exakten Tiefenlage der Grundwasseroberfläche gestatten.

Die Messung muß mit größter Sorgfalt vorgenommen werden, sind doch die Höhenunterschiede der Grundwasseroberfläche in den einzelnen Beobachtungsrohren oft sehr gering und betragen teilweise nur ein bis zwei Zentimeter. Graphisch lassen sich dann die Grundwasserhöhenlinien eintragen. Die Grundwasserfließrichtung verläuft senkrecht zu den Grundwasserhöhenlinien (Bild 6).

Jüngst wurden moderne Methoden zur Ermittlung der Grundwasserfließrichtung und der Grundwassergeschwindigkeit mit Hilfe radioaktiver Nuklide erfolgreich

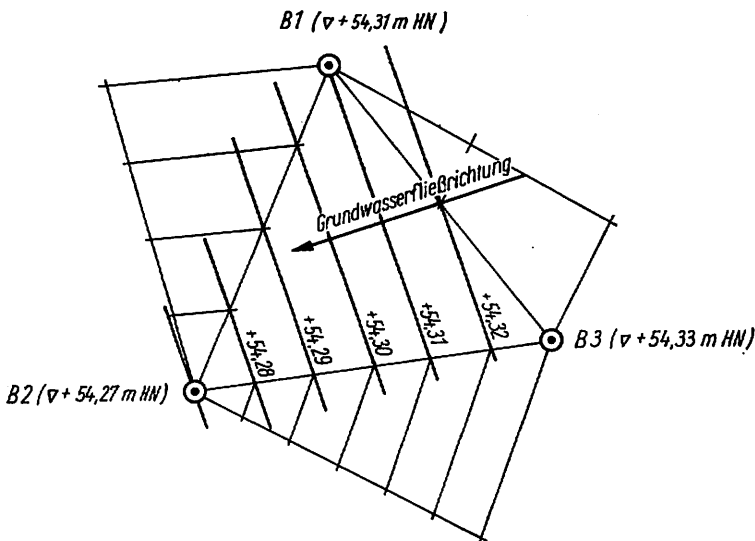


Bild 6. Graphische Ermittlung der Grundwasserfließrichtung aus den Wasserspiegelhöhen aus drei Beobachtungsrohren (B 1 bis B 3)

erprobt. Diese Verfahren sind wesentlich rationeller, da für die Messungen lediglich ein Beobachtungsrohr benötigt wird.

Ungespanntes Grundwasser

Ist ein Grundwasserleiter nicht durch wasserundurchlässige Bodenschichten im Hangenden begrenzt, so spricht man vom freien oder ungespannten Grundwasser.

In der oberen Begrenzung des ungespannten Grundwassers (Grundwasseroberfläche) ist der Wasserdruck gleich dem atmosphärischen Druck.

Der *Grundwasserspiegel* ist der Wasserspiegel, der sich nach Druckausgleich mit dem Grundwasser im Brunnen oder Beobachtungsrohr einstellt.

Die Höhe der Grundwasseroberfläche unterliegt natürlichen Schwankungen, die im wesentlichen niederschlagsabhängig sind.

Gespanntes Grundwasser

Wird ein unter Druck stehender Grundwasserleiter durch eine Bohrung oder einen Erdaufschluß angeschnitten, so steigt der Wasserspiegel über die Unterkante des Hangenden auf, bis der Druckausgleich stattgefunden hat. Findet dieser Druckausgleich erst nach Ausfließen des Grundwassers an der Erdoberfläche statt, so spricht man von artesisch gespanntem Grundwasser.

Bei Brunnen mit gespanntem Wasser ist die Leistung direkt proportional zur Absenkung. Bild 7 zeigt drei kennzeichnende Grundwasserleiter im Vertikalschnitt nach TGL 92-007.

2.1.2. Oberirdische Wasser

Oberirdisches Wasser sind alle stehenden und fließenden Gewässer auf dem Festlande, die eine freie Oberfläche haben.

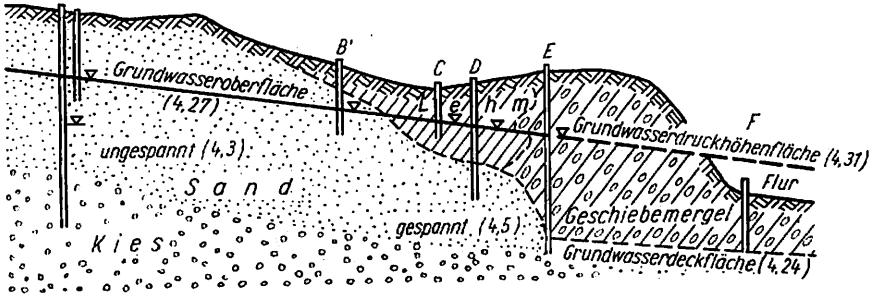
Stehende Gewässer

Zu ihnen gehören Seen, Teiche und auch künstliche Speicherbecken, die beispielsweise der Grundwasseranreicherung dienen.

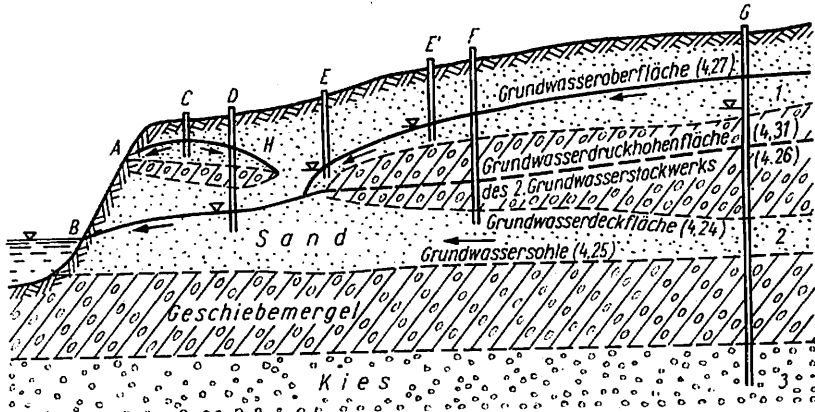
Fließende Gewässer

Zu ihnen gehören Bäche, Flüsse, Ströme, aber auch künstliche Kanäle.

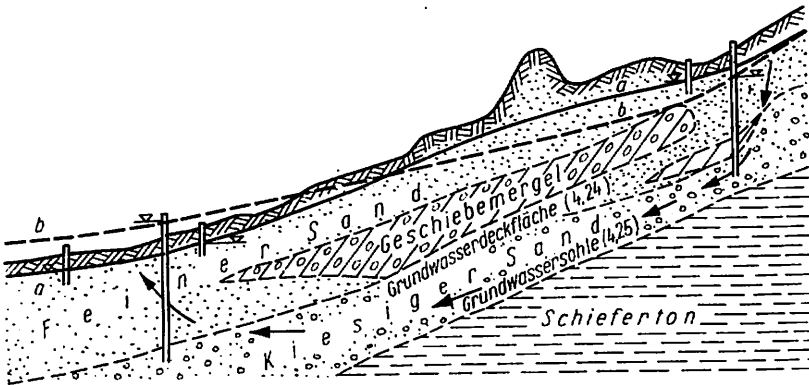
Für die Wasserversorgung muß mehr und mehr auf oberirdisches Wasser zurückgegriffen werden, wenn Grundwasser nicht in der erforderlichen Menge vorhanden ist. Für die Wassergewinnung hat es – z. B. bedingt durch größere Temperaturschwankungen und größere Verunreinigungsgefahren, die wiederum umfangreiche Aufbereitungsanlagen, aber auch große Schutzgebiete erfordern – gewisse Nachteile gegenüber reiner Grundwasserversorgung. Da die Rohwasserförderkosten bei oberirdischem Wasser jedoch im allgemeinen niedriger liegen (geringere Förderhöhe), wird ein Teil der Nachteile wieder ausgeglichen.



a)



b)



c)

Bild 7. Grundwasser im Vertikalschnitt

2.2. Wassergewinnungsanlagen

Die Anlagen zur Wassergewinnung unterscheiden sich in solche zur Gewinnung aus dem Grundwasser und solche zur Gewinnung aus dem oberirdischen Wasser.

2.2.1. Wassergewinnung aus Grundwasser

Quellen

Quellen sind örtlich begrenzte, natürliche, ständige oder zeitweilige Grundwasser-
austritte.

Der Wasserausfluß einer Quelle wird *Quellenschüttung*, das gesamte Schüttgebiet einer Quelle einschließlich des mit dem Wasser ausfließenden Sandes wird *Quellgut* genannt.

Verschiedene Quellformen und Quellentypen sind u. a. Thermalquellen, Mineral-
quellen, ferner – nimmt man die Regelmäßigkeit der Quellenschüttung als Kriterium
für eine Systematisierung – dauernd fließende, perennierend fließende oder periodisch
bzw. episodisch fließende Quellen.

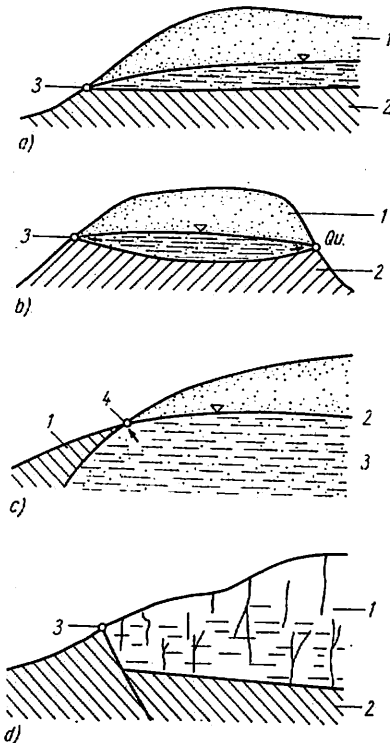


Bild 8. Quellenarten

a) Schichtquelle

1 Grundwasserleiter, 2 Sohl-schicht, 3 Quelle

b) Überfallquelle

1 Grundwasserleiter, 2 Sohl-schicht, 3 Quelle

c) Stauquelle

1 undurchlässige Schicht, 2 Grundwasseroberfläche, 3 Grundwasserleiter, 4 Quelle

d) Spaltenquelle

1 klüftiges Gestein mit Spaltenwasser, 2 undurchlässige Schicht, 3 Quelle

- die chemische, physikalische und bakteriologische Wasserbeschaffenheit, d. h. die geohydrologischen Verhältnisse in ihrer Gesamtheit.

Quellfassungen

Die Art und die Bodenbeschaffenheit der zu fassenden Quelle bestimmen die Konstruktion der Quellfassung (Bild 9 u. 10). Durch das geplante Bauwerk dürfen die Wasserqualität oder die Quellschüttung nicht beeinträchtigt werden, und das Quellwasser muß in seiner Gesamtheit erschlossen werden können. Dabei sind die natürlichen Verhältnisse so wenig wie möglich zu stören.

Nach *Hauschild* [2] ist bei der Herstellung von Quellfassungen folgendes zu beachten:

- Das Wasser darf durch die Fassung nicht verunreinigt werden.
- Die Brunnenstuben müssen zur Reinigung und Überwachung zugänglich sein und Entlüftungskanäle für die Abführung von Gasen und modriger Luft enthalten.
- Durch entsprechende Erdaddeckung und bauliche Ausführung der Brunnenstuben oder Quellschächte muß ein Einfrieren vermieden werden.
- Die Einstiegsöffnungen müssen mit verschließbaren Türen versehen und so angeordnet sein, daß kein Regenwasser eindringen kann.

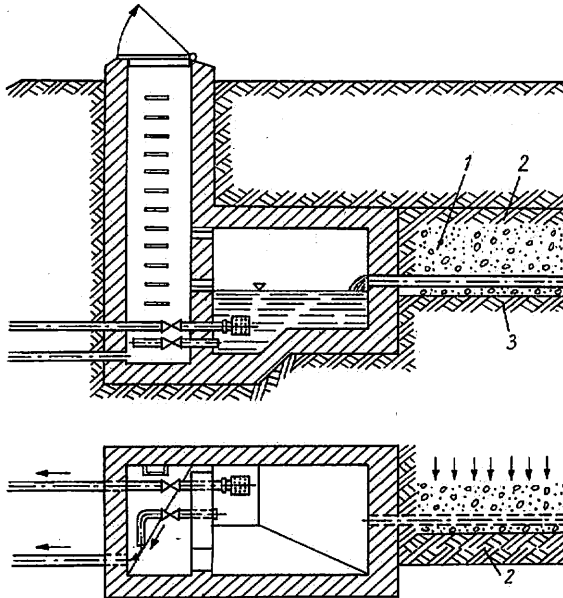


Bild 10. Fassung einer Quelle mittels Quellschacht

1 Kiespackung, 2 Tondichtung, 3 Sickerrohr

- Außer der Entnahmeleitung ist eine Entleerungs- und Überlaufleitung vorzusehen, und zwar mit Sieben, um ein Eindringen von Tieren zu verhindern.
- Die Entnahmeleitung muß am Wassereintritt einen Einlaufseiher mit einem Absperrschieber erhalten.
- Die Entleerungsleitung ist so tief anzuordnen, daß eine restlose Entleerung der Behälter möglich ist. Sie muß gleichfalls mit einem Seiher ausgerüstet sein.
- Bei sandhaltigem Wasser muß dem Sammelbehälter ein Sandfang vorgeschaltet werden, in dem die Wassergeschwindigkeit von 1 bis 5 cm/s nicht überschritten werden soll, um eine Ablagerung des Sandes oder anderer Schwebestoffe zu gewährleisten.

Schachtbrunnen

Schachtbrunnen, auch Kesselbrunnen genannt, finden häufig bei Einzelwasserversorgungsanlagen Verwendung. Sie dürfen nicht mit Sammelbrunnen verwechselt werden, obwohl sie diesen in der Bauform ähneln.

Schachtbrunnen dienen der Wassererschließung in Tiefen bis etwa 12 m, es sind aber auch Schachtbrunnen mit Tiefen von über 70 m bekannt. Das Grundwasser tritt entweder durch die offene Sohle der im allgemeinen im Durchmesser 1–2 m großen Schachtbrunnen ein oder aber durch die porösen oder geschlitzten Seitenwände im unteren, vom Grundwasser benetzten Bereich der Ringwand.

Abgedichtete Schachtbrunnen dienen als Sammelbrunnen, in gewissem Umfang auch zur Wasserspeicherung.

Folgende Forderungen müssen beim Bau und bei der Sanierung von Schachtbrunnen berücksichtigt werden (Verordnung über die hygienische Überwachung von Brunnen vom 23. August 1951, GBl. 1951 Nr. 102 einschl. DB):

- Der Bau oder die Veränderung von Brunnen ist sowohl durch die zuständige Wasserwirtschaftsdirection als auch durch den zuständigen Rat des Kreises, Abt. Gesundheitswesen, genehmigungspflichtig.
- Die Entnahme von Grundwasser zu Trinkwasserzwecken darf nur aus Tiefen von über 3 m unter Gelände erfolgen. Daher sind die Umfassungswände von Schachtbrunnen bis mindestens 3 m unter Gelände wasserdicht herzustellen. Außen sind die Umfassungswände bis zu einer Tiefe von mindestens 2 m mit einer 50 cm dicken Schicht aus gestampftem Ton oder Lehm gegen das umliegende Erdreich abzdichten.
- Der Brunnenschacht ist oben mit einer festen Platte wasserdicht abzuschließen. Die Abdeckung muß über dem höchsten Grundwasserstand und mindestens 30 cm über der Erdoberfläche liegen, wobei die Umgebung der Brunnenabdeckung im Umkreis von 1 m mit reichlichem Gefälle abzupflastern ist.
- Schachtbrunnen sind zu ent- und belüften. Die Lüftungsrohre sind gegen das

Eindringen von Insekten zu sichern und müssen 30 cm über der Schachtabdeckung liegen.

- Pumpenteile und Rohrleitungen müssen wasserdicht durch die Wandung oder Abdeckung geführt werden. Das untere Ende des Saugrohres muß mindestens 30 cm über Schachtbrunnensohle angebracht werden.

Die Nutzung von Schachtbrunnen als Schöpfbrunnen ist unzulässig. Der Pumpenauslauf muß über den Rand der Schachtabdeckung hinausragen, etwaiges Tropfwasser ist durch eine wasserdichte Rinne mit gutem Gefälle mindestens 5 m vom Brunnen fortzuleiten.

Bohrtechnologien

Die Bohrverfahren werden nach folgenden Gesichtspunkten eingeteilt:

- nach der Struktur des beim Bohrfortschritt zu bearbeitenden Bodenmaterials in Bohrverfahren im Locker- und Festgestein,
- nach der Bohrtechnologie in Trocken- und Spülbohrverfahren sowie Seilschlag- und Rotationsbohrverfahren.

Die *Spülbohrverfahren* lassen sich weiter untergliedern in *Verfahren mit Rechts-spülung* (hierbei wird das Spülwasser durch das Gestänge auf die Bohrsäule gepreßt) und mit *Linksspülung* (das sind Saugbohr- und Lufthebebohrverfahren, in denen das Bohrgut mit dem Spülwasser durch das Bohrgestänge zutage gefördert wird).

Der größte Teil der über 8000 als Wasserbasis für die zentrale öffentliche Wasserversorgung genutzten Bohrbrunnen wurde im *Trockenbohrverfahren* hergestellt. Obwohl z. B. das Saugbohrverfahren rationeller ist, sind die Vorteile des Trockenbohrverfahrens besonders in hydrogeologisch wenig aufgeschlossenen Gebieten beträchtlich. Sie wiegen seine Nachteile, höhere Kosten und längere Bauzeiten, meist auf.

Das Trockenbohrverfahren geht wie folgt vor sich:

- Mit Hilfe eines Drei- oder Vierbockes und einer Bohrwinde wird durch seilbetriebene stoßende Bohrwerkzeuge (Meißel, Meißelbüchse, Schlammbüchse) oder über Gestänge drehend zu betätigende (Schappen, Krätzer oder Spiralen) das Bohrloch lotrecht in die feste Erdrinde vorgetrieben (abgeteuft).
- Der Zusammenfall des Bohrloches wird durch intermittierend zu den Bohrarbeiten in das Bohrloch eingebrachte Bohrrohre (Hilfsverrohrung) vermieden. Das Einbringen der Bohrrohre erfolgt durch Pressung mittels Belastungsbühne oder durch hydraulisch betriebene Preßstempel. Die dabei aufzuwendenden Kräfte betragen bis zu 70 Mp.
- Wird die äußere Bodenreibung der Bohrrohre zu groß, dann muß eine nächste kleinere Rohrfahrt lose durch die 1. Rohrfahrt gesteckt werden und die Bohr- und Rohrpfearbeiten können fortgesetzt werden.

■ *Je nach der Tiefe der Bohrung entsteht so ein nach unten verjüngtes teleskopartiges Bohrloch.*

Sein Anfangsdurchmesser ist so groß zu wählen, daß in die kleinere Endverbohrung noch das Filterrohr einschließlich einer Kiesschüttung eingebracht werden kann.

- Nach erfolgtem Ausbau der Bohrung mit Filter- und Brunnenmantelrohren wird die Hilfsverrohrung mit Hilfe von Pressen wieder gezogen. (Es kann eine Hilfsrohrfahrt auch als Brunnenmantelrohr verwendet werden.)

Die beim Ziehen der Hilfsverrohrung aufzuwendenden Kräfte betragen 100 Mp und mehr.

Die Tiefe je Robrfahrt beim Abteufen einer Bohrung hängt im wesentlichen von der Quellfähigkeit des die Bohrrohre umgebenden Erdreiches, der Größe des Vorschnittes des Bohrschubes und des verwendeten Presszeuges ab.

Es wird durchschnittlich mit 20 m Tiefe je Bohrfahrt gerechnet, jedoch sind auch erhebliche Abweichungen davon möglich.

Ziel ist es, mit wenig Robrfahrten die erforderliche Tiefe mit dem notwendigen Enddurchmesser zu erreichen.

Nach diesem Bohrverfahren wurden im Norden unserer Republik Brunnen für die Trinkwasserversorgung bis zu Tiefen von 200 m hergestellt. Ihre Anfangsdurchmesser liegen zwischen 850 und 1500 mm, die Enddurchmesser nicht unter 318 mm.

Das zutage geförderte Bohrgut wird analysiert.

Jeder Wechsel der Bodenart, aber auch der Wechsel der Farbe, der Konsistenz und der Kornstruktur des Bohrgutes wird in das *Bohrregister* eingetragen. Auf diese Weise erhält man einen punktförmigen genauen Aufschluß des geologischen Bodenprofils mit seinem Wechsel von wasserführenden und wasserundurchlässigen Bodenschichten. Gleichzeitig werden Bodenproben entnommen und aufbewahrt. Auch die Wasserstände im Bohrloch sind jeweils vor Bohrbeginn und nach Anschnitt von wasserführenden Lockersedimenten laufend zu messen und zu vermerken, geben sie doch insbesondere bei mehreren Grundwasserstockwerken Anhaltspunkte für eine zu erwartende Fündigkeit und wichtige Hinweise für den späteren Brunnenausbau.

Das Trockenbohrverfahren läßt eine gute Abgrenzung der einzelnen Bodenschichten zu. Das ist insbesondere bei geringmächtigen Schichten und bei mehreren Grundwasserstockwerken wichtig. Ferner können den einzelnen Wasserleitern zugehörige Wasserstände einwandfrei ermittelt und die Probennahmen exakt durchgeführt werden. Dies ist vor allem in den wasserführenden Bodenschichten notwendig, da die Struktur der wasserführenden Lockersedimente ausschlaggebend für die Filterbemessung ist (Tafel 1).

Wichtige Brunnenfilter

Die für Brunnenfilter wichtigen Materialien sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Oft wird bei kleineren Brunnen noch *Fillertresse* verwendet. Sie ist dann zweckmäßig, wenn der Bohrendurchmesser so klein ist, daß eine Kiesschüttung nicht mehr eingebaut werden kann, die Schlitze der zum Einbau vorgesehenen Filter jedoch so

Tafel 1 Bohrbrunnenausführungen

1. Bohrbrunnen ohne Filterrohre mit Standrohr	2. Bohrbrunnen mit Tresse-Filter und einer Hilfsrohrfahrt	3. Bohrbrunnen mit Tresse-Filter und einer Hilfsrohrfahrt	4. Bohrbrunnen mit Tresse-Filter und mehreren Hilfsrohrfahrten	5. Bohrbrunnen mit Tresse-Filter und mehreren Hilfsrohrfahrten	6. Kiesschüttungsbrunnen
---	---	---	--	--	--------------------------

in wasserführendem Festgestein

Filter und Filteraufsatzrohre verloren eingebaut Hilfsverrohrung als Brunnenmantelrohr verwendet

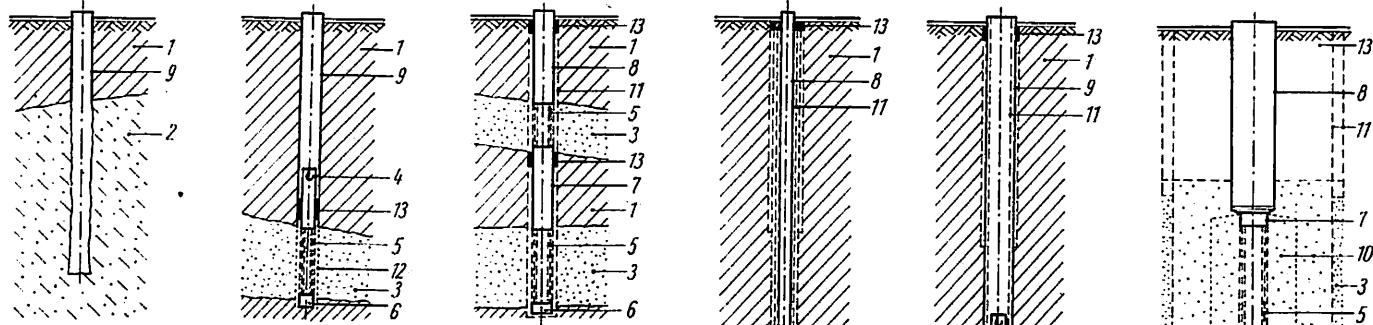
Filteraufsatzrohr gleichzeitig Brunnenmantelrohr 2 Grundwasserstockwerke wurden erschlossen und ausgebaut

Filteraufsatzrohre gleichzeitig Brunnenmantelrohr

Filter und Filteraufsatzrohre verloren eingebaut eine Hilfsrohrfahrt als Brunnenmantelrohr genutzt

Filter mit erweitertem Filteraufsatzrohr starr verbunden mit doppelter Kiesschüttung geringere Eintrittsverluste durch die künstliche Kiesschüttung, vor allem bei anstehenden Feinsanden günstige hydraulische Verhältnisse

Die Filtertresse aus Pe-Ce-U wird um das Filterrohr gewickelt, nachdem vorher das Filterrohr mit einem groben Unterlagsgewebe aus Pe-Ce-U umwickelt worden ist, um ein enges Anliegen der Filtertresse auf dem Filterrohr zu vermeiden. Bei Kunststoff- oder Schlitzbrückenfiltern kann bei Anpassung der Schlitzweite an die Körnung der auszubauenden Bodenschichten auf das Umwickeln mit Filtertresse verzichtet werden.



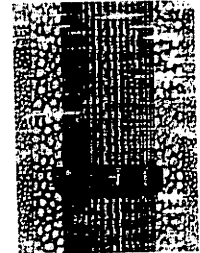
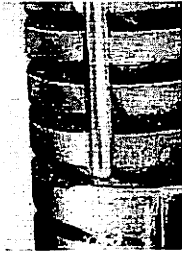
- 1 wasserundurchlässige Bodenschicht
- 2 wasserführendes Festgestein
- 3 wasserführende Lockersedimente
- 4 Filteraufsatzrohr
- 5 Filterrohr
- 6 Schlammfang mit Fangöse
- 7 Blindrohr
- 8 Filteraufsatzrohr = Brunnenmantelrohr

- 9 Brunnenmantelrohr = Hilfsverrohrung
- 10 Kiesschüttung bzw Kiesspackung
- 11 Hilfsverrohrung
- 12 nach Filtereinbau angezogene Hilfsverrohrung
- 13 Tondichtung

Tafel 2 Brunnenfilter

Bezeichnung	Holzschlitzfilter	Kiestaschenfilter	Steinzeugstabfilter	Plastschlitzfilter
Materialart	Eichenholz	Steinzeug	Steinzeug	Plaste
Charakteristik	<p>Faßdaubenartig, ohne Metallverbindung zusammengebauter Filter mit Wandstärken von etwa 15 mm, mittels wasserfestem Kunstharzleim unter hohem Druck zusammengeleimt. Schlitz erweitern sich konisch nach innen, Schlitzweite 1 mm und mehr. Verbindung mit Aufsatzrohren erfolgt durch Verzahnung und Verdübelung. Korrosionsfest, keine Versinterungsgefahr Nachteil: geringe freie Eintrittsfläche (unter 10 %)</p>	<p>1 m lange Steinzeugrohre mit plangeschliffenen Enden, Verbindung erfolgt mittels Vergußmasse. Einbau erfolgt mit Führungskörben. Einbautiefe bis etwa 50 m üblich, gelegentlich auch tiefer. Hohe Vertikaldruckfestigkeit, korrosionsfest, absolut sicherer Einbau der abgestuften Kiese möglich. Gute Sanierungsmöglichkeit durch Säuren (HCl) Nachteil: Material sehr spröde und schlagempfindlich, geringe freie Eintrittsfläche ($\approx 10\%$)</p>	<p>Die freien Eintrittsschlitz der 1 m langen Filterrohre werden durch Steinzeugstäbe mit verschiedenartiger Schlitzweite vor unbeabsichtigtem Kieseintritt gesichert. Im übrigen gilt das unter Kiestaschenfilter Gesagte, die Rohre sind jedoch ohne Kiestaschen. Die Wassereintrittsöffnungen sind schräg nach oben gerichtet</p>	<p>Diese Filter werden aus Plastrohren (PVC, Polyäthylen) hergestellt, die längsschlitz werden. Schlitzweite 0,2-2,5 mm Im Außendurchmesser z. Z. noch begrenzt bis 160 mm. Baulänge 3-4 m. Korrosionsfest, statisch und hydraulisch nicht immer günstig. Freie Eintrittsfläche 8-15 %, altersbeständig. Gute Eignung z. B. als Peilfilter.</p>

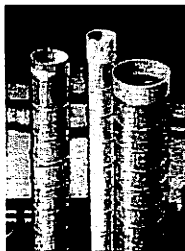
bildliche Darstellung



**Metallstabfilter
(Lafiro)**

Eisen-, Kupfer-,
Messingdraht

Diese Filter bestehen aus rohrförmig zusammengeschweißten Metallstäben mit 0,1-0,3 mm Schlitzweiten. Die Verbindung der einzelnen Filterrohre erfolgt mittels angeschweißter Gewindeverschraubung. Messing- und Kupferfilter korrosionsfest, große freie Eintrittsfläche.



Stahlschlitzfilter

Eisen

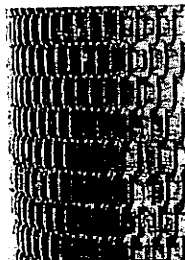
Die Herstellung erfolgt aus gestanzten Stahlblechen. Die ausgestanzten Öffnungen betragen jeweils etwa 25×5 mm. Die Filterrohre werden in Längs- und Querlochung hergestellt. Bei Querlochung ist die Einbeulfestigkeit infolge der sich bildenden durchgängigen Ringelemente erheblich größer als bei Längslochung. Freie Eintrittsfläche 25-30%. Gute Isolierung erforderlich, nicht korrosionsfest.



Streckmetallfilter

Eisen

Die Herstellung erfolgt derart, daß ein sägeförmiges Stanzmesser Öffnungen in ein Stahlblech einschneidet, wobei eine Seite des durchtrennten Filterbleches nach innen gedrückt wird. Beim nächsten Schnitt wird das zu bearbeitende Stahlblech etwas verschoben und seitlich versetzt. Dadurch wird das Filterblech etwas gestreckt. Es tritt kein Materialverlust auf. Hohe Einbeulfestigkeit. Große freie Eintrittsfläche mit $\approx 40\%$. Gute Isolierung erforderlich.



Stahl-Schlitzbrückenfilter

Eisen

Die Filter werden aus gestanzten Stahlblechen hergestellt, wobei jedoch kein Materialverlust auftritt, sondern durch die Stanzmesser doppelseitig offene Stahlschlitzbrücken entstehen. Die Schlitzweite kann variabel gestaltet werden. Gute Isolierung erforderlich. Gute statische Festigkeit, hohe freie Eintrittsfläche zwischen 25-35%. Auch bei kleinen Endbohrdurchmessern ist die Verwendung von Filtertressen u. a. nicht erforderlich.



**Stahlschlitzfilter
(Hagusta)**

Eisen mit Gummi-
isolierung

Es handelt sich um Stahlschlitzfilter, die durch einen Hartgummiüberzug eine hohe Beständigkeit gegen korrosierende Einflüsse aufweisen. Der Überzug besitzt eine hohe Elastizität und Haftfestigkeit. Verockerungs- und Versinterungsgefahr ist gegenüber mit normalen Schutzanstrichen versehenen Stahlfiltern stark gemindert.



groß sind, daß die auszubauenden Sandschichten durch die Filterschlitzte in den Brunnen eindringen würden. Die Filterrohre werden dann mit Tressengewebe umwickelt,

Tressen sind sich rechtwinklig kreuzende dünne Drähte, die in der Längsrichtung Kette und in der Querrichtung Schuß heißen. Bei dem Gewebe ist zwischen den Schußfäden kein Zwischenraum gelassen. Die Anzahl der Kettenfäden auf einen Zoll ergibt die Nummer der Tresse.

Für die *Durchlaßfähigkeit einiger Filtertressen* gelten folgende Richtwerte:

Tresse Nr. 6: Durchlaß etwa 0,40 mm Korndurchmesser

Tresse Nr. 8: Durchlaß etwa 0,35 mm Korndurchmesser

Tresse Nr. 10: Durchlaß etwa 0,30 mm Korndurchmesser

Tresse Nr. 12: Durchlaß etwa 0,25 mm Korndurchmesser

Tresse Nr. 14–16: Durchlaß etwa 0,20 mm Korndurchmesser

Prüfen Sie vor Verwendung der Tresse die Durchlaßfähigkeit durch Kontrollsiebung!

Filterkies soll rein, gewaschen, möglichst rund und seine Oberfläche glatt sein. Der reine Quarzanteil soll mindestens 90 Prozent betragen. Der zulässige Anteil von Über- und Unterkorn darf nicht überschritten werden. Der Filterkies darf keine organischen Bestandteile enthalten und muß vor dem Einbau desinfiziert werden. Erzhaltiges Gestein darf nicht enthalten sein, Gebrochener Kies darf nicht als Filterkies verwendet werden.

Bemessung von Bohrbrunnen

Die Durchführung von hydrologischen Berechnungen ist Aufgabe des Ingenieurs. Jedoch steht der Facharbeiter in der Wasserversorgung öfter vor der Aufgabe, bei Havariebeseitigungen, vor allem aber bei Brunnensanierungsarbeiten, eine Brunnendimensionierung nach konstruktiven Gesichtspunkten vornehmen zu müssen. Dazu sind die vorliegenden Bodenprofile sowie die bei den Bohrarbeiten entnommenen Bodenproben auszuwerten.

Bei der konstruktiven Filterbemessung muß in chronologisch richtiger Reihenfolge wie folgt vorgegangen werden:

- *Verrohrungsplan.* Zunächst muß man sich einen Überblick über den Verrohrungsplan der Hilfsverrohrung, der zweckmäßigerweise graphisch aufgetragen wird, verschaffen. Es sind die Rohrdurchmesser und die Tiefenlage jeder Rohrfahrt unter Gelände einzutragen. Diese Arbeit ist notwendig, um entscheiden zu können, welche Brunnenkonstruktion am zweckmäßigsten gewählt wird, d. h., ob z. B. eine Hilfsrohrfahrt als Brunnenmantelrohr im Boden verbleiben kann und sollte.
- *Geologisches Schichtenprofil.* Neben den Verrohrungsplan trägt man graphisch das geologische Schichtenprofil im gleichen Höhenmaßstab auf, wie es sich aus den Bodenproben mit den dazugehörigen Tiefenangaben ergibt.

Schichten wasserführender Lockersedimente sind durch Siebanalysen besonders exakt zu erfassen.

In das Schichtenprofil sind ferner alle während der Bohrarbeiten erkannten Besonderheiten einzutragen, wie z. B. die Tiefenlage etwaiger Sprengungen, der Auftrieb einzelner Bodenschichten, das Vorkommen von Steinhindernissen, die unter Umständen zum Absetzen einer Rohrfahrt geführt haben.

■ *Wasserstandsbewegung.* In das Schichtenprofil sind alle Veränderungen des Wasserstandes einzutragen, vor allem die den einzelnen Grundwasserstockwerken zugehörigen Ruhewasserstände. Dabei muß gesichert sein, daß bei mehreren Grundwasserstockwerken die echten Wasserstände erfaßt wurden. Angaben über die Zeitdauer des Auspendelns gespannter Wasserspiegel nach Anschnitt unter Druck stehender wasserführender Bodenschichten sind ebenfalls einzutragen.

■ *Einschätzung der Brunnenkonstruktion.* Anhand der überprüften vorgenannten Unterlagen kann eine erste Einschätzung über die zu wählende Brunnenkonstruktion in ihren Hauptabmessungen vorgenommen werden. Je nach den erforderlichen und erwarteten Wassermengen kann zu diesem Zeitpunkt mit einiger Sicherheit gesagt werden, ob zunächst ein Probepumpversuch mit Hilfe eines Probefilters durchgeführt werden soll oder ob mit dem Einbau des endgültigen Filters zu beginnen ist.

Unter Berücksichtigung des Endbohrrohrdurchmessers, der Tiefenlage der Hilfsverrohrung, der Wasserstände, der Bodenschichten und der benötigten Wassermenge sind daraufhin der Durchmesser des Filters, die Länge des Filters und des Schlammfanges sowie Länge und Durchmesser der Filteraufsatzrohre festzulegen. (Bild 11)

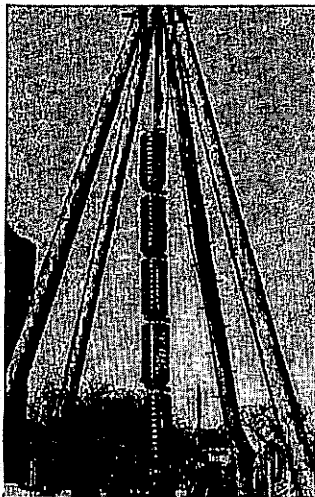


Bild 11. Im Robrbock hängende und zum Einbau vorbereitete Steinzeugkiestaschenfilter, 300 mm Dmr.

- *Durchführung der Siebanalyse.* Die Wahl des Filtergewebes kann nur nach Siebanalysen der Bodenproben erfolgen. Die getrockneten Proben, die in wasserführenden Bodenschichten von Meter zu Meter oder bei Wechsel der Erdschichten entnommen wurden, sind einzeln in Rüttel- oder Vibrationsiebmaschinen zu sieben. Auf jedem Sieb bleibt der der Kornstufe entsprechende Sand- oder Kiesanteil liegen. Er wird gewogen und das Ergebnis tabellarisch erfaßt. Dann erfolgt die Umrechnung der Einzelmengen auf den prozentualen Gesamtanteil der Bodenprobe.
Die Addition der Massen der Einzelproben muß mit der Masse der vorher gewogenen Gesamtprobe übereinstimmen (s. Tafel 3). Nun wird die Spalte „Rückstand in %“ umgerechnet in „Durchgang in %“. Das Ergebnis wird auf doppeltlogarithmisch eingeteiltem Papier graphisch aufgetragen. Dabei ergibt sich eine mehr oder weniger steile Kurve (Kornverteilungskurve).
- *Wahl der Maschenweite eines Filters.* Jede natürliche Sand- oder Kiesschicht setzt sich aus Korngrößen verschiedener Durchmesser zusammen. Das Filtergewebe darf nicht so eng bemessen werden, daß der gesamte Sand oder Kies aus der wasserführenden Bodenschicht am Eindringen in den Filter gehindert wird. Es soll vielmehr erreicht werden, daß ein bestimmter Prozentsatz der feinsten Bestandteile beim „Entsanden“ des Brunnen durch die Maschen des Filtergewebes in den Brunnen gelangt und während des Klarpumpens aus dem Brunnen entfernt wird. Auf diese Weise werden im unmittelbaren Bereich des Filters günstigere Strömungsverhältnisse für das Grundwasser geschaffen, die Vorteile für den Betrieb und die Lebensdauer des Brunnens bringen.

Der Anteil des Sandes oder Kieses, der durch die Maschen des Filtergewebes gerade noch hindurchgehen soll, beträgt etwa

- bei sehr groben Kiesen 20 . . . 30 Prozent
- bei mittelgroben Kiesen 30 . . . 40 Prozent
- bei Sanden 40 . . . 60 Prozent

Komplizierter ist die Festlegung der Maschenweite bei gleichförmigen Bodenschichten, auf die hier jedoch nicht eingegangen wird.

Ist der Prozentsatz festgelegt, der durch die Gewebemaschen hindurchgehen soll, so ermittelt man mit Hilfe der zugehörigen Kornverteilungskurve die Maschenweite des Filtergewebes. (Die Waagerechte des gewählten Prozentsatzes mit der Kornverteilungskurve zum Schnitt bringen und das Lot auf die Abszissenachse fallen.) Der Zahlenwert auf der Abszisse zeigt unmittelbar die zu wählende Maschenweite in Millimeter an.

Da die so ermittelte Maschenweite selten handelsüblich ist, muß festgestellt werden, ob die nächst größere oder kleinere Maschenweite für den Einbau vorgesehen werden soll. Dazu ermittelt man in rückläufiger Reihenfolge die Prozentsätze des durch die Maschen hindurchgehenden Sand- oder Kiesanteiles bei Verwendung der

Legende zu Tafel 3

Im vorliegenden Beispiel wurde in einer zu einem Kiesschüttungsbrunnen auszubauenden Bohrung gemäß Siebanalyse von 13,00 bis 17,50 m u. Gel. Feinsand und von 17,50 bis 22,00 m u. Gel. mittelsandiger Grobsand angetroffen.

Für beide Bodenproben sind die Kornverteilungskurven aufzutragen (in der Praxis sind Bodenproben alle Meter zu entnehmen).

1. Filterkiesbestimmung im Bereich des Feinsandes

Für Feinsand vorgewählter Durchgang durch den Filterkies 85 Prozent. Für einen Durchgang von 85 Prozent ergibt sich aus der Kornverteilungskurve des Feinsandes ein Korndurchmesser von 0,2 mm.

Um ein Korn von 0,2 mm durch eine Kiesschüttung gerade noch hindurchgehen zu lassen, muß der Korndurchmesser der Kiesschüttung das 4,4fache betragen, das sind $0,2 \cdot 4,4 = 0,88$ mm. Gewählter Filterkiesdurchmesser 1 mm.

Bei einem Kieskorndurchmesser von 1 mm beträgt der Anteil der feineren durch die Kiesschüttung hindurchgehenden natürlichen Bodenbestandteile (ermittelt aus der Kornverteilungskurve) 90 Prozent.

Der Kieskorndurchmesser für die 2. Kiesschüttung beträgt das 4,4fache der ersten, also $1,0 \cdot 4,4 = 4$ bis 5 mm.

2. Filterkiesbestimmung im Bereich des Grobsandes

Die Berechnung erfolgt analog wie 1.

Für einen vorgewählten Durchgang von 85 Prozent ergibt sich ein Korndurchmesser von 1,3 mm, multipliziert mit 4,4 ergibt 5,7 mm als theoretischen Kieskorndurchmesser. Der handelsübliche Filterkies in dieser Größenordnung liegt bei 5 bis 7 mm Dmr., somit also i. M. 6 mm. Bei diesem mittleren Kieskorndurchmesser beträgt der theoretische Durchgang 87 Prozent, liegt also unter dem zulässigen.

Die Vorwahl des Korndurchganges durch den Filterkies ist von einer Reihe bodenphysikalischer Grundwerte abhängig, auf die hier nicht eingegangen wird.

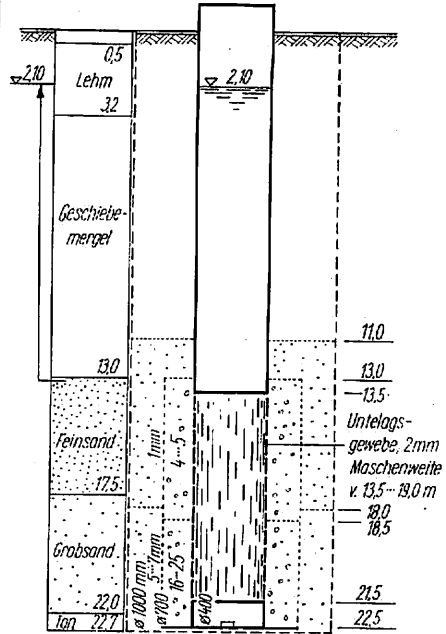
Nach der Festlegung der Brunnenabmessungen einschl. des Filterkieses wird die Brunnenausbauzeichnung gefertigt. Dabei ist auf die Überlappung der jeweils feineren Bodenschichten gegen einen unbeabsichtigten seitlichen Eintrieb zu achten.

Tafel 3 Filterkiesbestimmung eines Kiesschüttungbrunnens

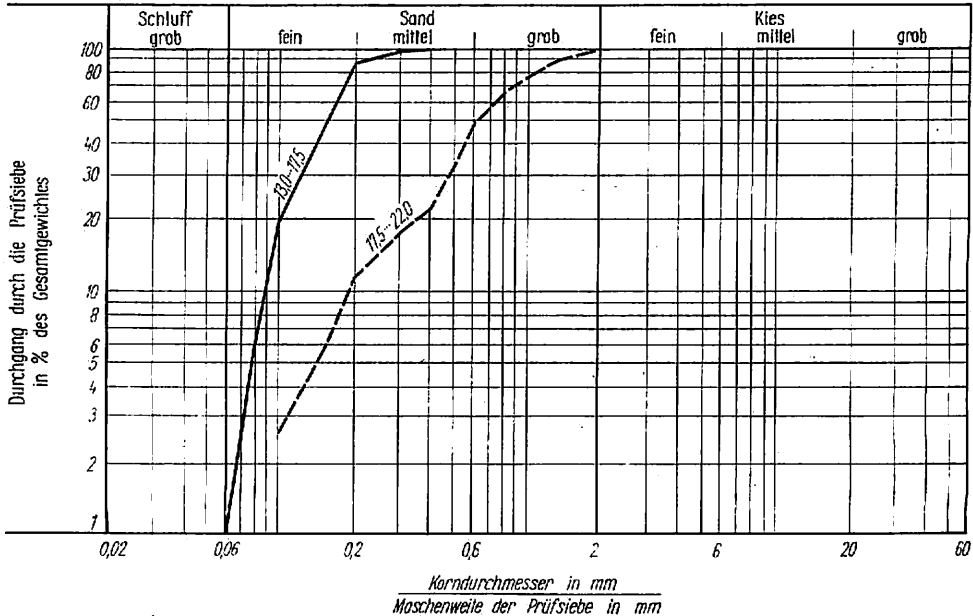
Siebanalyse

Korn Ø in mm	von 13,0 bis 17,5 m u. Gel.				von 17,0 bis 22,0 m u. Gel.			
	Rückstand g	Durchgang %	Korn- gruppen		Rückstand g	Durchgang %	Korn- gruppen	
Mittelkies								
20								
15								
10								
6								
Feinkies								
5								
4								
3					—	100,0	2	
2					10	2,0	98,0	
Grobsand								
1,5					37	7,4	90,6	
1,0					70	14,0	76,6	50
0,8					67	12,2	64,4	
0,6					82	16,4	48,0	
Mittelsand								
0,5					76	15,2	32,8	
0,4	—		100,0	14	50	10,0	22,8	36,2
0,3	2	10	99,0		2,5	5,0	17,8	
0,2	26	13,0	86,0		3,0	6,0	11,8	
Feinsand								
0,15	90	45,0	41,0	85	31	6,2	5,6	11,8
0,1	45	22,5	18,5		15	3,0	2,6	
0,06	35	17,5	1,0		13	2,6	0	
< 0,06	2	1	—	1	—	—	—	
Σ	200	100		100	500	100		100

Brunnenausbau



Kornverteilungskurve



handelsüblichen Maschenweiten oberhalb und unterhalb der erforderlichen Maschenweite und trifft dann seine Entscheidung.

Grundsätzlich gilt: Eher eine etwas längere Entsandungsdauer infolge des höheren Anteiles auszuspülenden Feinmaterials in Kauf nehmen als das Filtergewebe zu klein bemessen.

- *Wahl des Kieskornes bei Kiesschüttungsbrunnen.* Auch beim Kiesschüttungsbrunnen erfolgt wie beim Gewebebrunnen das sorgfältige Sieben und Auftragen der Kornverteilungskurven. Durch intensives Abpumpen soll neben der künstlichen Kiesschüttung noch eine gewisse natürliche grobkörnige Kiesschicht in den Bodenschichten des unmittelbaren Filterbereiches erzielt werden, die das Leistungsvermögen des Brunnen vergrößert.

Als Durchgangswerte bei Kiesschüttung gelten:

bei feinen und gemischtkörnigen Sanden 85 . . . 95 Prozent, bei größeren Kiesen 60 bis 75 Prozent.

Die Filterslitze des Filterrohres sollen nicht kleiner sein als $\frac{1}{4}$ des Durchmessers des an dem Filter anliegenden künstlichen Kieskornes.

Die Dicke der Kiesschicht soll 80 mm nicht unterschreiten.

Muß sehr feiner Sand für die Wassergewinnung genutzt werden, dann reicht eine Kiesschüttung nicht aus. Es muß eine zweite, ebenfalls mindestens 80 mm dicke Kiesschicht zusätzlich um den Filter angeordnet werden. Das Verhältnis der Korndurchmesser der 1. und der 2. Kiesschüttung soll etwa 1 : 4,4 betragen.

Die gröbere Kiesschüttung ist unmittelbar am Filterrohr einzubringen.

Wechselt die Kornstruktur eines Wasserleiters in unterschiedlicher Tiefenlage, so muß die jeweils erforderliche Maschenweite oder der erforderliche Korndurchmesser ermittelt und beim Filtereinbau entsprechend berücksichtigt werden (Bild 12).

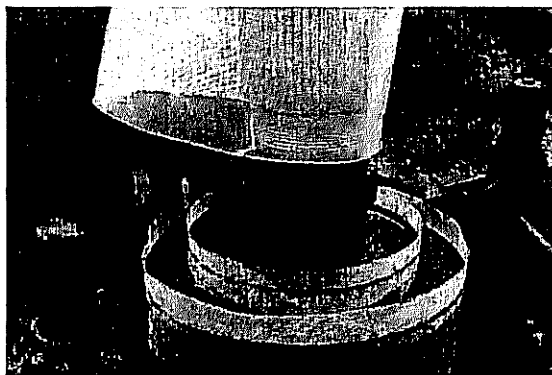


Bild 12. Einbau eines Steinzeugrippenfilters, 200 mm Dmr., mit doppelter Kiespackung

Da eine einwandfreie Zentrierung der Kiesschüttungen bei größeren Tiefen und bei mehreren Schüttungen Schwierigkeiten bereitet, kann statt der Kiesschüttung auch eine Kiespackung angewendet werden. Dazu wird der Filterkies bereits vor dem Einbau in vorbereitete Gewebekörbe um den Filter gepackt. Filter und Packung werden dann gemeinsam in die vorgesehene Tiefe gebracht. Der dann noch verbleibende Zwischenraum zwischen äußerer Kiespackung und der Hilfsverrohrung wird mit Filterkies bei gleichzeitigem Freiziehen des Filters verschüttet. Ein Berechnungsbeispiel ist Tafel 3 zu entnehmen.

- *Probepumpenversuch.* Durch diesen wird die Leistungsfähigkeit des Brunnens nachgewiesen.

Nach Feststellung des Ruhewasserspiegels im Brunnen wird der Pumpversuch mit zunächst geringer Pumpleistung begonnen. Wasserstände und geförderte Wassermenge sind zu messen und zu registrieren. Erst nach Erreichen des Beharrungszustandes des Wasserspiegels im Brunnen ist die Pumpenleistung zu steigern. Dazu muß das Wasser aber klar und sandfrei sein.

Der Probepumpversuch ist in der letzten Phase mit einer Pumpenleistung durchzuführen, die das $1\frac{1}{2}$ fache der des vorgesehenen Dauerbetriebs beträgt.

Während des Pumpversuchs sind Wasserproben für Analysen zu entnehmen. Alle Wasserstände von in der Nähe liegenden Brunnen oder solche in Peilrohren (Grundwasserbeobachtungsrohren) sind dabei zu messen und zu notieren.

Nach dem Pumpversuch sind die Wiederanstiegsmessungen so lange fortzusetzen, bis der ursprüngliche Ruhewasserspiegel wieder erreicht wurde.

Wassergewinnung aus Horizontalfilterbrunnen

Durch einen horizontalen Vortrieb von Filtern von einem Vorschacht aus wird ein Grundwasserleiter großflächig erschlossen und genutzt.

Diese Art der Grundwassergewinnung wurde durch den Amerikaner *Ranney* 1934 eingeführt und seit dieser Zeit wiederholt angewendet. Auch in der DDR gibt es mehrere Horizontalfilterbrunnen (HFB) (Bild 13).

Der zylindrische Sammelbrunnen besteht aus Stahlbeton mit einem Durchmesser zwischen 4 bis 8 m l. W. und einer Wanddicke von 400 bis 500 mm.

Im Senkverfahren wird er möglichst auf das Liegende des Wasserleiters abgesenkt, gegebenenfalls unter Verwendung thixotroper Flüssigkeiten zur Herabsetzung der Bodenreibung. Schon während der Schachtbetonierarbeiten werden z. B. 1 bis 2 m über der vorgesehenen Sammelbrunnensohle im Schachtmantel in 1 bis 1,5 m Abstand kreisrunde Löcher von etwa 40 cm Dmr. ausgespart. Sie werden während der Absenkarbeiten provisorisch abgedichtet.

Nach abgeschlossener Senkarbeit und Herstellung einer wasserdichten Schachtsohle werden durch die Aussparungen die Fassungsrohre mittels hydraulischer Pressen in den Grundwasserleiter vorgetrieben. Die Abdichtung zwischen Fassungsrohr und Schachtwand erfolgt durch Gummimanschetten.

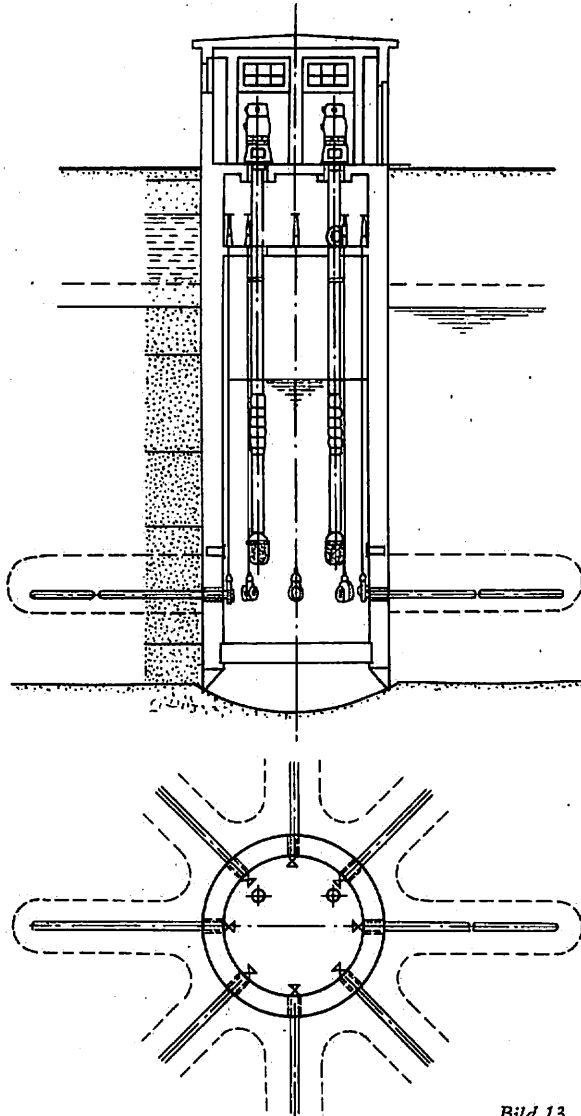


Bild 13. Horizontalfilterbrunnen

Jedes Fassungsrohr, dessen Durchmesser z. B. 200 mm hat, das aus gelochtem oder geschlitztem Edelstahl besteht und dessen Länge bis zu 50 m betragen kann, wird nach Beendigung der Vortriebsarbeiten im Innern des Sammelschachtes mit einem Schieber abgesperrt. Neuerdings werden Versuche mit Fassungsrohren aus Kunststoff unternommen. Die Fassungsrohre sind an ihrer Spitze mit einem gelochten Piloten versehen, durch den während des Vortriebes ein Wasser-Sand-Gemisch eintritt. Dadurch

werden die Vortriebsarbeiten erleichtert, und es bildet sich um das Fassungsrohr eine Art natürlicher Kiesfilter. Das Wasser-Sand-Gemisch gelangt in den Sammelschacht; von dort wird es zutage gepumpt.

Dieses Vortriebsverfahren, bei dem das Fassungsrohr und der Pilot unmittelbar in den Grundwasserleiter gepreßt werden und darin verbleiben, nennt man *Ranney-Verfahren*.

Im Unterschied dazu wird beim *Feblmann-Verfahren* zunächst jeweils ein Bohrrohr horizontal in den Grundwasserleiter gepreßt, das dann später nach erfolgtem Filtereinbau wieder gezogen wird.

HFB bieten gegenüber Vertikalbrunnen folgende Vorteile:

- Gewinnung großer Wassermengen auf kleinstem Raum, vorausgesetzt, daß das Grundwasserdargebot dies zuläßt. (HFB Tettau im Großpunktversuch 60 000 m³/d)
- kleine Schutzzonen
- geringe Betriebs- und Förderkosten
- niedrige Unterhaltungskosten bei guter Überwachung

HFB erfordern jedoch umfangreiche hydrologische Vorarbeiten, sind nicht geeignet, wenn der Grundwasserleiter verhältnismäßig tief liegt, weil dann die Abteufkosten für den Sammelschacht zu groß werden.

Voraussetzungen für den Bau eines HFB nach dem *Ranney-Verfahren* sind lockere und nicht verfestigte Sedimente mit einem Korndurchmesser $d_{50} \geq 1,0$ mm.

Der k_f -Wert sollte 10^{-3} m/s betragen.

Wassergewinnung durch künstliche Grundwasseranreicherung

Prinzip bei der künstlichen Grundwasseranreicherung ist es, durch eine Reihe baulicher und technischer Maßnahmen den ungenutzten Abfluß von geeigneten oder vorgereinigten Oberflächengewässern in einen Grundwasserleiter zu führen, aus dem es wiederum nach Durchströmen einer bestimmten unterirdischen Strecke durch geeignete Fassungsanlagen als echtes Grundwasser gewonnen wird.

Voraussetzung ist, daß ausreichend mächtige und genügend wasserdurchlässige Bodenschichten im vorgesehenen Versickerungs- und Wiedergewinnungsgebiet vorhanden sind.

Die künstliche Grundwasseranreicherung erfolgt mittels Schluckbrunnen, Versickerungsbecken oder Rückhaltebecken.

Schluckbrunnen (Versickerungsbrunnen)

Sie werden als Kiesschüttungsbrunnen ausgeführt, denen Oberflächenwasser zur Versickerung zugeleitet wird. Für die Festlegung der Größe von Versickerungsbrunnen müssen Infiltrationsversuche vorgenommen werden. Es bildet sich um den Schluckbrunnen im Untergrund ein Versickerungskegel im umgekehrten Verhältnis eines Ab-

senkungstrichters beim Versorgungsbrunnen. Die Gewinnung des infiltrierten Oberflächenwassers erfolgt unterhalb der Grundwasserfließrichtung durch geeignete Wasserfassungsanlagen (Bohrbrunnen, Sickergalerie o. ä.).

Versickerungsbecken

Oberflächenwasser wird in der Sohle durchlässigen Versickerungsbecken zugeführt, zum Aufstau gebracht und gelangt so zur Versickerung in einen Grundwasserleiter, aus dem es wiederum unterhalb der Grundwasserfließrichtung gewonnen wird (z. B. Grundwasseranreicherung Letzlinger Heide für die Wasserversorgung der Stadt Magdeburg).

Rückhaltebecken

In Gebirgsgegenden mit schwierigen Wasserversorgungsverhältnissen kann das dort reichliche Niederschlagswasser in Rückhaltebecken vorübergehend aufgefangen werden. Durch deren durchlässige Sohle gelangt es zur Versickerung in den Untergrund und kann in niederschlagsarmen Zeiten durch Sickergalerien als Grundwasser wieder gewonnen werden.

Für die oft schwierigen Regenerierungsarbeiten müssen jeweils geeignete Technologien festgelegt werden.

Probleme können sich aus der Zusammenführung zweier in ihrer Zusammensetzung unterschiedlicher Wässer ergeben. Ferner ist zu beachten, daß die Versickerungsrate in offenen Versickerungsbecken in kalter Jahreszeit durch die Veränderung des Bodendurchlässigkeitsbeiwertes k_f erheblich niedriger als in warmer Jahreszeit ist. (In den Versickerungsbecken der Wasseranreicherung Letzlinger Heide versickern im Winter z. B. nur 50 Prozent der Sommermengen.)

Wassergewinnung aus uferfiltriertem Grundwasser

In Talauen von Flüssen bietet sich gelegentlich die Wassergewinnung von uferfiltriertem Grundwasser an.

Dazu werden je nach dem Wasserbedarf und den hydrologischen Bedingungen meist mehrere vertikale Bohrbrunnen parallel zum Flußlauf angeordnet.

Bei der Festlegung der Brunnenabstände sind zu berücksichtigen:

- die Mächtigkeit des Wasserleiters
- die Kornstruktur des Wasserleiters
- die erforderliche Wassermenge
- die Fassungslänge der Brunnengalerie
- die Wassergüte des Wasserleiters und des Flusses
- die Temperatur des Flußwassers (Ein Ausgleich der Temperatur des warmen Flußwassers mit dem kühleren Grundwasser wird durch Verweildauer des

Flußwassers im Untergrund erreicht. Überchlagsmäßig kann je 10 d Verweildauer mit einer Temperatursenkung um 1 °C gerechnet werden.)

- die Verweildauer des Flußwassers im Untergrund, die 50 bis 60 d betragen soll
- die Verschlammung der Uferzone und die Flußbettbeschaffenheit
- die Wasserstandsbewegung des Flusses.

Uferfiltration liegt vor, wenn der Betriebswasserspiegel in der Brunnen-galerie unter dem des Flusses liegt.

Dabei kann der Widerstand, den ein verschlammtes Ufer oder Flußbett dem Wasser beim Durchtritt entgegensetzt, beträchtlich sein und muß bei Ergiebigkeitsberechnungen unbedingt berücksichtigt werden. Der durchschnittliche Durchtrittswiderstand der Elbe beträgt z. B. 1 bis 1,5 m.

Die Gewinnung von uferfiltriertem Grundwasser bietet sich besonders im Bereich der Urstromtäler an.

2.2.2. Wassergewinnung aus Oberflächengewässern

Besonders für industriellen Gebrauch, aber auch zur Aufbereitung von Trinkwasser wird über geeignete Entnahmestellen aus Flüssen, Seen und Talsperren die Wassergewinnung betrieben.

Wassergewinnung aus Flußwasser

Flußwasser wird infolge des steigenden Verschmutzungsgrades der Flüsse immer weniger für die Gewinnung von Trinkwasser verwendet. Dagegen weist die Nutzung von Flußwasser für industrielle Zwecke eine steigende Tendenz auf. Trotz der allgemein schlechten Flußwasserqualität und der daraus resultierenden hohen Aufbereitungskosten sind auch heute noch Städte, wie z. B. Rostock, gezwungen, Flußwasser in großen Mengen zu Trinkwasser aufzubereiten. Für *Flußwasserentnahmestellen* gelten folgende Grundsätze:

- sie sollen möglichst oberhalb von Verunreinigungsstellen, wie z. B. Abwassereinläufen von Siedlungen und der Industrie und oberhalb von natürlichen Entwässerungsgebieten (z. B. Moorniederungen), bei denen der Fluß als Vorfluter genutzt wird, angelegt werden
- sie sollen möglichst im Bereich höherer Fließgeschwindigkeit des Flusses liegen, um Ablagerungen in der Nähe der Entnahmestelle zu vermeiden
- sie sollen nicht in der Nähe oder weit genug oberhalb von Schiffsanlegestellen angeordnet werden, um den Eintritt aufgewirbelter Schlamm Massen in das Einlaufbecken zu verhindern
- sie sollen möglichst im Bereich größerer Flußtiefen angeordnet werden

Der *Einlauftrichter* ist von Fischen, Schwimm- und sonstigen groben Schwebestoffen durch geeignete technische Maßnahmen frei zu halten und möglichst tief unter der Wasseroberfläche, aber hoch genug über der Flußsohle anzuordnen.

Flußwasser erfordert nur verhältnismäßig niedrige Rohwasserförderkosten, aber hohe Aufbereitungskosten.

Die Entnahmestellen müssen vor Eisgang und Schifffahrt geschützt werden.

Wassergewinnung aus Binnenseen

Binnenseen können für zentrale Wasserversorgungsanlagen eine gute Wasserbasis darstellen, besonders wenn

ihr Zufluß aus ergiebigen Grundquellen kommt und ihre Lage einen weitgehenden Schutz gegen äußere Verunreinigungen bietet.

Seewasser unterliegt in größeren Tiefen nur geringen Temperaturschwankungen, so daß die Entnahmeleitung so tief wie möglich, aber noch in genügendem Abstand über dem Seegrundschlamm angeordnet wird.

Seewasser ist meist weich und eisen- und manganfrei. Muschelbewuchs an der Entnahmeleitung kann durch jeweils kurzfristige Rückspülung mit vorgechlortem Seewasser in Abständen von etwa 4 Wochen verhindert werden.

Die biologischen Verhältnisse in Seen müssen bei Nutzung als Trinkwasser besonders beachtet werden. Ein eindrucksvolles Beispiel für die Seewassergewinnung ist die Gewinnung von Trinkwasser aus dem Bodensee.

Wassergewinnung aus Talsperren

Talsperren sind Speicherbecken, die unter Ausnutzung natürlicher Tallagen mittels eines Abschlußbauwerkes (Staumauer, Staudamm) errichtet wurden. Talboden und Talhänge müssen möglichst wasserdicht sein.

Talsperren dienen der Rückhaltung schädlicher Hochwasser, der Anreicherung des Niedrigwasserabflusses von Flüssen, der Wasserkraftgewinnung sowie der Trink- und Wirtschaftswassergewinnung. Bei Verwendung als Trinkwasser müssen die biologischen Verhältnisse wie im Seewasser beachtet und entsprechende Schutzmaßnahmen vor Verunreinigungen getroffen werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Bedienung und der Kontrolle der Bauwerke und ihrer technologischen Anlagen zu widmen.

2.3. Trinkwasserschutzgebiete

Trinkwasser unterliegt wie jedes andere Lebensmittel bestimmten hygienischen Anforderungen.

Hauptforderung ist, Trinkwasser vor Verunreinigungen jeder Art zu schützen.

Daher sind die Trinkwasser-Schutzbestimmungen besonders streng einzuhalten.

Wenn z. B. 1 l Benzin in Trinkwasser gelangt, werden 1 Million l Trinkwasser ungenießbar. Dieses Verhältnis verdeutlicht die Gefahr.

In der Industrie steigt der Verbrauch flüssiger Treibstoffe sprunghaft an. Da die flüssigen Treibstoffe per Schiff, Eisenbahn, LKW und Fernrohrleitungen transportiert werden, erhöht sich im Havariefall die Verunreinigungsgefahr durch flüssige Treibstoffe infolge unbeabsichtigter Versickerung und Eintritt ins Grundwasser erheblich.

Tatsächlich erhöht sich die Anzahl der Öl- und Treibstoffhavarien von Jahr zu Jahr. Beim Amt für Wasserwirtschaft wurden z. B. gemeldet:

1963	51 Öl- und Treibstoffhavarien
1964	69 Öl- und Treibstoffhavarien
1965	100 Öl- und Treibstoffhavarien
1966	129 Öl- und Treibstoffhavarien
1967 (1. Halbjahr)	45 Öl- und Treibstoffhavarien
<hr/>	
	394 Öl- und Treibstoffhavarien

Bei diesen rd. 400 Schadensfällen seit 1963 wurden etwa 25 Wasserversorgungsanlagen direkt gefährdet.

Die Kosten für die Beseitigung der Schäden sind sehr hoch. Sie betragen allein in einem Havariefall, bei dem 30 t Roherdöl in den Untergrund gelangten, rd. 250 000 M.

Jede Mineralölhavarie ist daher bei der zuständigen Wasserwirtschaftsdirektion zu melden, da das Verhalten der Mineralöle im Untergrund unterschiedlich ist. Oft müssen die von Mineralölen verunreinigten Bodenmassen abgebaggert und in abflußlose Tongruben transportiert werden.

Grundwasserverunreinigungen können ferner hervorgerufen werden

- durch Eindringen von Jauche oder Abwasser in den Untergrund
- durch unvorschriftsmäßige Lagerung von Kunststoffdünger im Freien
- durch intensive Weidewirtschaft
- durch undichte Abfallgruben (z. B. Phenolabwasser) und
- durch unvorschriftsmäßig ausgeführte bzw. abgedichtete Bohrungen.

Hinzu kommt bei Trinkwassertalsperren oder -seen zusätzliche Verunreinigungsgefahr durch Erosionserscheinungen an den Hanglagen, durch Bade-, Angel- und Bootsverkehr, mutwillige oder unbedachte Verunreinigung der Uferzone, Seen oder Speicherbecken durch Unratstoffe, durch Weide- und Viehwirtschaft in Uferbereichen u. a. m.

Da die Verunreinigungsgefahr nicht nur im Fassungsbereich, sondern auch im Einzugsgebiet besteht, müssen die Schutzmaßnahmen auf das gesamte Einzugsgebiet ausgedehnt werden.

Unter Beachtung des natürlichen Reinigungsvermögens des Bodens sowie der hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des Einzugsgebietes sind für Wasserfassungsanlagen *Trinkwasser-Schutzzonen* festzulegen.

Folgende *Schutz*zonen werden bei *Grundwassergewinnung* unterschieden:

- Fassungszone (je nach hydrogeologischen Verhältnissen mindestens der Bereich des Absenkungstrichters bei maximaler Entnahme)
- engere Schutzzone (vom Anschluß an die Fassungszone je nach hydrogeologischen Verhältnissen, in Extremfällen bis zur Grenze des ober- und unterirdischen Einzugsgebietes)
- weitere Schutzzone (vom Anschluß an die engere Schutzzone bis maximal an die Grenze des ober- oder unterirdischen Einzugsgebietes)

Folgende *Schutz*zonen werden bei *Talsperren- oder Seewassergewinnung* unterschieden:

- Fassungszone (der Stauraum bzw. der See einschließlich der Uferzone, die bis zu 200 m breit sein kann)
- engere Schutzzone (die Zuflüsse und deren Uferzone sowie alle Gewässer, die mit ihnen in Verbindung stehen)
- weitere Schutzzone (von der engeren Schutzzone bis an die Grenze des Einzugsgebietes)

Die Schutzmaßnahmen haben zum Ziel, alle das Trinkwasser beeinträchtigenden Stoffe vom Untergrund sowie vom Quell- und Stauwasser fernzuhalten, wie

- Lebewesen (z. B. Bakterien, Viren usw.)
- Abwasser sowie anorganische Abbauprodukte menschlicher und tierischer Ausscheidungen
- toxische Stoffe (z. B. Gifte aus Galvanikanlagen, chemischer Industrie usw.)
- Trübstoffe (z. B. Schwebstoffe aus Oberflächenwasser, Ausspülungen von der Erdoberfläche usw.)
- Farb-, Geruchs- und Geschmacksstoffe (z. B. Humusstoffe, Phenole usw.)
- Nährstoffe (z. B. Stickstoff, Phosphor usw.)
- andere das Trinkwasser beeinträchtigende Stoffe (z. B. Mineralöle, Kraftstoffe usw.)

2.4. Betrieb von Wassergewinnungsanlagen

Wassergewinnungsanlagen müssen betrieben und überwacht, d. h. bedient werden.

Dabei soll erreicht werden:

- die technischen Anlagen der Wassergewinnung ständig in funktionsfähigem Zustand zu halten, damit sie ihrer Aufgabe, der Fassung und Gewinnung von ausreichenden Mengen Wassers in einwandfreier Qualität, stets gerecht werden;
- die technischen Anlagen vor Alterungserscheinungen weitgehend zu schützen, ihrem vorzeitigen Verschleiß vorzubeugen, die nicht vermeidbare Alterung sorgfältig zu registrieren, um Auswertungsunterlagen für Reparaturen, Hauptinstandsetzungen, Generalreparaturen oder etwa erforderliche Rekonstruktion zu schaffen.

Die *Hauptaufgaben* des Betriebsdienstes von Wassergewinnungsanlagen sind:

Pflege und Wartung der Anlagen zur Gewährleistung eines kontinuierlichen Betriebes sowie Erfassung, Registrierung und Auswertung bestimmter Betriebsmeßwerte.

2.4.1. Pflege und Wartung von Wassergewinnungsanlagen

Zur Pflege und Wartung gehören alle Maßnahmen, die der Verminderung der Abnutzung dienen, wie z. B.

- das Schmieren und Reinigen von Teilen der Maschinen und Anlagen sowie
- die Gebäudereinigung.

Weiterhin umfassen die Wartungsarbeiten die Überprüfung, Herstellung und Erhaltung der unmittelbaren Betriebsbereitschaft der Anlagen, wie z. B.

- das Füllen und Nachfüllen von Kühlwasser und Kraftstoffen
- das Einstellen von Bremsen und Kupplungen
- das Nachspannen und Einstellen von Befestigungsteilen
- die Kontrolle der Lager auf Erwärmung

2.4.2. Erfassung der Betriebsmeßwerte

Alle Betriebsmeßwerte sind regelmäßig in Berichtsbögen mit vorgeschriebener Nomenklatur einzutragen.

Zu den Meßwerten gehören im wesentlichen (ohne Energieverbrauchswerte)

bei Quellenfassungen

die Quellschüttung in l/s	tägliche Messung
die Niederschlagsmenge in mm	tägliche Messung
die Wassertemperaturmessung	wöchentliche Messung
die allgemeinen Witterungsverhältnisse	tägliche Registrierung
die Kontrolle der chemischen und bakteriologischen Beschaffenheit des Quellwassers	jeweils besonders festzulegen

bei Bohrbrunnen

die Brunnenleistung in m ³ /h und m ³ /d	tägliche Messung mittels Zählern und unter Verwendung von Schreibgeräten
der Ruhewasserspiegel	quartalsweise Messung
der abgesenkte Wasserspiegel zur möglichen Erkennung einer Brunnenalterung	monatliche Messung, u. U. durch Schreibgeräte

die Gesamttiefe des Brunnens zur rechtzeitigen Erkennung einer Brunnenversandung	quartalsweise
die Kontrolle der chemischen und bakteriologischen Beschaffenheit des Grundwassers	jeweils besonders festzulegen

Bei *Mehrbrunnenanlagen* und beim Vorhandensein von Grundwasserbeobachtungsrohren muß ein den jeweiligen Verhältnissen angepaßtes Meßprogramm festgelegt werden. Bei einzelnen Messungen muß jeweils der gleiche Betriebszustand herrschen, um eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Meßwertergebnisse zu sichern.

bei Oberflächenwassernutzung

die Entnahmemenge in m ³ /h	tägliche Messung
der Pegelstand des Flusses oder Sees	tägliche Messung
die mittlere Tagestemperatur	tägliche Messung
die Wassertemperatur	wöchentliche Messung
die Kontrolle der chemischen, biologischen und bakteriologischen Wasserqualität	jeweils besonders festzulegen

Der Bereich von Wassergewinnungsanlagen ist bezüglich der zulässigen Wasserentnahmemenge und gegebenenfalls bezüglich der zulässigen maximalen Grundwasserabsenkung mit der zuständigen Wasserwirtschaftsdirektion und der Bezirksstelle für Geologie abzustimmen.

Die Entnahme von Wasser aus dem Wasserdargebot ist nach dem Wassergesetz [3] durch die Wasserwirtschaftsdirektion genehmigungspflichtig.

Vor Nutzung eines Gewässers zu Trinkwasserzwecken muß außerdem die Freigabe durch den zuständigen Kreishygienearzt vorliegen.

Um einem frühzeitigen Leistungsrückgang vor allem infolge Verockerung vorzubeugen, ist beim Betreiben von Bohrungen zu beachten:

- Bohrbrunnen sind möglichst als Durchläufer, in jedem Fall aber mit großen Schaltintervallen der Pumpen zu betreiben (besonders bei Brunnen wichtig, die mit großer Wasserspiegelabsenkung betrieben werden müssen).
- Uta-Pumpen bzw. Einlaufseiherr von Pumpen dürfen nicht in den Brunnenfilter eingebaut werden, um turbulente Strömungen im Filterbereich zu vermeiden.
- Die Absenkung des Wasserspiegels bei eisen- und manganhaltigem Grundwasser darf nicht bis in den Filter erfolgen; sie sollte so klein wie möglich gehalten werden.
- Der Rücklauf belüfteten Wassers in den Brunnen ist auszuschließen, um einer Verockerung vorzubeugen.

- Alle metallenen Einbaustoffe (auch die Pumpen, Steigleitungen sowie Befestigungsschellen des Kabels der Uta-Pumpen an der Steigleitung) sind gut zu isolieren, um Eisenkontaktstoffe zu reduzieren.

2.5. Instandhaltung und Instandsetzung von Wassergewinnungsanlagen

Selbst die pfleglichste Behandlung und die sorgfältigste Betriebsweise können die Alterungs- und Abnutzungserscheinungen der einzelnen Anlagenteile auf die Dauer nicht verhindern, so daß nach bestimmten Zeitabständen Regenerierungsarbeiten erforderlich werden.

Die bisherige Form der Organisation der Instandhaltung beruhte auf dem Prinzip der Schadensreparatur (Instandsetzung). Diese Organisationsform ist heute völlig unzulänglich.

Sie hatte ihre Berechtigung, als in unserer Wirtschaft einfache, unkomplizierte Produktionsmittel verwendet wurden, als die Organisation der Produktion noch nicht so straff war und als im Betrieb der zeitweilige Ausfall von Maschinen und Anlagen einfach überbrückt oder eine Unterbrechung der kontinuierlichen Wasserversorgung in gewissem Maße in Kauf genommen werden konnte. Jede Unterbrechung der Versorgung bringt heute jedoch erhebliche und nicht mehr vertretbare Beeinträchtigungen für die Wasserabnehmer mit sich, so daß neue Wege in der Organisation der Vorbereitung, Durchführung und Kontrolle der Instandhaltungsarbeiten zu gehen sind.

Der richtige Weg ist die Einführung des Systems der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung (PVI). Die Anwendbarkeit dieses Systems in den Industriebetrieben und sein ökonomischer Nutzeffekt wurden untersucht und wissenschaftlich begründet. In der Sowjetunion ist es seit Jahren eingeführt, erprobt und hat seine Wirksamkeit bewiesen.

Die Einführung des PVI-Systems bedingt eine grundlegende Änderung der Arbeitsweise der Reparaturschlosser und der Instandhaltungsbrigaden.

War bisher die schnelle Beseitigung eines aufgetretenen Schadens (Instandsetzung) vorherrschend, so tritt nun das systematische Suchen nach Fehlerquellen, die in der nächsten Zeit zum Ausfall der Maschinen führen würden, in den Vordergrund.

Infolge der technischen Vielfalt der Wassergewinnungsanlagen und ihrer unterschiedlichen Betriebsweise gibt es für sie keine einheitlichen Instandsetzungszyklen. Instandhaltungszyklus ist der Zeitabstand zwischen 2 Instandhaltungsmaßnahmen einer Instandhaltungsgruppe.

Am Beispiel der Bohrbrunnen, die den zahlenmäßig umfangreichsten Teil der Wassergewinnungsanlagen darstellen, lassen sich erforderliche Regenerierungsmaßnahmen wie folgt ableiten:

Der Leistungsrückgang eines Brunnens ist an einer Verminderung der spezifischen Brunnenenergiebigkeit (Leistung des Brunnens in m^3/h je Meter Absenkung) erkennbar.

Die Ursachen des Leistungsrückganges des Brunnens können sein:

- Versandung (Verschlammung) des Filters infolge Bemessungsfehler beim Brunnenbau (zu grober Filterkies, zu hoher Anteil Unterkorn im Filterkies, zu schwache Entsandungsleistung).
- Versinterung des Filters infolge Ausscheidens von im Grundwasser gelösten Karbonaten und Hydrogenkarbonaten im Filterbereich und allmählichen Verdichtens der freien Eintrittsöffnungen (Störung des chemischen Gleichgewichts des Grundwassers).
- Verockerung des Filters durch Ausscheiden der im Grundwasser gelösten Eisenverbindungen, Ablagerung am und im Filter und Verdichtung der Filteröffnungen.
- Korrosion des Filters, d. h. Zerstörung des metallischen Filters infolge elektrochemischer Vorgänge.

Die Ermittlung der Ursachen der Brunnenalterung (eine Überlastung des Grundwasserleiters wird dabei unberücksichtigt gelassen) ist schwieriger.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, folgende Reihenfolge in der Untersuchung zu wählen:

- Vergleich der spezifischen Ergiebigkeit des Brunnens nach der Herstellung und vor der beabsichtigten Regenerierung.
Regenerierungsarbeiten sollten bei einem Leistungsrückgang von mehr als 25 Prozent vorbereitet und durchgeführt werden.
- Lotung der Brunnentiefe und Vergleich mit den Daten der Brunnenausbauzeichnung.
Wird die ursprüngliche Tiefe voll oder annähernd erreicht, so kann eine Filterkorrosion nahezu und eine Filterversandung vollständig ausgeschlossen werden, d. h., es liegt entweder eine Versinterung oder Verockerung des Filters vor.
- Feststellung der Verockerung oder Versinterung des Filters mittels Unterwasserkamera. Verockerungen treten viel häufiger auf als Versinterungen.
- *Verockerungen werden durch mechanische oder chemische Mittel beseitigt.*

Zunächst wird der Filter durch Stahlrundbürsten, die genau passen müssen, abgebürstet. Danach ist der Brunnen zu stöpseln.

Beim Stöpseln wird ein genau in den Filter passender Kolben mehrmals abschnittsweise mit etwa 0,5 bis 0,8 m Hub im Filter bewegt. Bei der Aufwärtsbewegung entsteht im dichten Filter ein beträchtlicher Sog, der die Filteröffnungen teilweise freispült.

Daraufhin wird der Brunnen mittels Salzsäure „gesäubert“, um den Eisenocker, der sich durch die mechanischen Reinigungsmittel nicht beseitigen ließ, ebenfalls zu entfernen. Nach einer Einwirkzeit der Säure von etwa 24 h wird der Brunnen abgepumpt (Neutralisation beachten).

■ **Untersuchung der Brunnenversandung**

Ein korrodierter Filter kann die Ursache sein, wenn seine Versandung infolge Bemessungsfehler ausgeschlossen ist.

Korrodierte Filter müssen entweder mit einem Einschubfilter versehen werden (führt zur Leistungsminderung des Brunnens), oder der alte Filter ist zu ziehen, der Brunnen nachzubohren und ein neuer Filter zu setzen.

Dieses Verfahren ist nur bei Brunnen mit verloren eingebautem Filter möglich. Letzteres Verfahren ist sehr zeit- und kostenaufwendig, der Erfolg des Filterziehens nicht immer garantiert.

Die Brunnenalterung ist im Prinzip langfristig erkennbar, so daß rechtzeitig entsprechende Regenerierungsmaßnahmen vorbereitet und durchgeführt werden können.

2.6. Arbeitsschutz in Wassergewinnungsanlagen

Grundsätze des Arbeitsschutzes in der Wasserversorgung werden im Abschnitt 7 zusammenhängend behandelt.

Hier sei jedoch ausdrücklich auf größere Vorsicht beim Begehen von Quellstuben und vor allem von Brunnenschächten hingewiesen (ASAO 616 – Befahren von Behältern). In diesen Anlagen sammeln sich öfter Giftgase (Methan, Schwefelwasserstoff, Kohlendioxid) an, die bei Außerachtlassung der Schutzmaßnahmen (Anseilen, Beobachtungsposten, Gasnachweis) zu Todesfällen führen können. Die Gefahr ist deshalb so groß, weil Gasansammlungen bzw. Gasaustritte oft jahrelang nicht bemerkt werden, was leicht zur Sorglosigkeit beim Bedienen dieser Anlagen führt.

Deshalb: Vorsicht beim Besteigen von Brunnenstuben und Quellfassungsanlagen, Gasgefahr! Sorgen Sie für ausreichende Be- und Entlüftung dieser Anlagen!

Aufgaben

- Bestimmen Sie die Grundwasserfließrichtung und das Grundwassergefälle aus einem hydrologischen Peildreieck!
Gegeben: Ruhewasserspiegel im Grundwasserbeobachtungsrohr A + 51,87 m NN, im Rohr B + 51,81 m NN und im Rohr C + 51,83 m NN. Die Ansatzpunkte der Grundwasserbeobachtungsrohre bilden ein gleichseitiges Dreieck mit einer Seitenlänge von 45 m. Rohr A liegt genau südlich von Rohr B, Rohr C südöstlich von Rohr B.
- Welche technischen und ökonomischen Vorteile bieten Kiesschüttungsbrunnen gegenüber Gewebebrunnen?
- Begründen Sie, warum die Trinkwassergewinnung aus Grundwasser gegenüber der aus Oberflächenwasser vorteilhafter ist!