

### 3. Aufbau der Versuchsanlage

Die Durchführung von Pumpversuchen erfolgt im allgemeinen an Versuchsbrunnen (VBR), die zusammen mit Einrichtungen zur Wasserförderung und -ableitung sowie den zugehörigen Grund- und Oberflächenwassermeßstellen einschließlich der erforderlichen Meßgeräte die Versuchsanlage bilden. Für die Versuche werden vorwiegend speziell für diesen Zweck errichtete Vertikalfilterbrunnen verwendet. Die Verwendung bereits bestehender Brunnen (Altbrunnen) ist auch möglich, bringt allerdings infolge Unkenntnis bzw. Besonderheiten des Brunnenausbaues und der Brunnenalterung häufig Schwierigkeiten bezüglich der Pumpversuchsauswertung mit sich.

Die Vorgaben zur Anordnung, zum Ausbau und zur Ausrüstung von Versuchsanlagen werden vom verantwortlichen Objektbearbeiter projektiert und gegebenenfalls anhand der angetroffenen Bohrergebnisse operativ korrigiert. Um die Versuchsanordnung den individuellen örtlichen hydrogeologischen und geographischen Verhältnissen weitgehend anzupassen, müssen vor deren Planung insbesondere folgende Faktoren geklärt werden:

- hydrogeologisches Profil (Grundwasserleiter, Grundwasserstauer, Grundwasserstand, Petrographie)
- erwarteter maximaler Förderstrom der Pumpe
- erwartete tiefste Wasserspiegelabsenkung  $s_{max}$  im Brunnen
- Entfernung vom Brunnen zur nächstmöglichen Wassereinleitung (Vorfluter)
- Höhendifferenz zwischen Wassereinleitung und tiefster Wasserspiegelabsenkung im Brunnen
- geschätzte Aufnahmefähigkeit der Wasserableitung (z. B. bei Vorflutern am nächsten Durchlaß kontrollieren)
- Möglichkeiten der Energieversorgung (z. B. Netzanschluß, Diesel-Elektro-Aggregat)
- vorhandene bzw. zu beschaffende Meßgeräte
- Abstand zu geologischen und hydraulischen Berandungen, z. B. Grundgebirgsauftragungen und Vorfluter
- Einschränkungen, die die Wasserableitung behindern (z. B. Bebauung und Verkehr)

### 3.1. Versuchsbrunnen und zugehörige Einrichtungen

Der in den weitaus meisten Fällen verwendete Vertikalfilterbrunnen stellt im Prinzip eine mit verschiedenen Konstruktionsteilen versehene Bohrung dar ("Bohrbrunnen").

Wesentlichste Ausbauteile sind

- perforierte Rohre (Filterrohre) im Bereich von Grundwasserleitern und
- Vollwandrohre im Bereich von Wasserstauern, Wasserspiegelschwankungen, Pumpeneinläufen und Schlamm(Sand-)Fängen

Bei standfestem Gebirge (Festgestein) wird auf eine Verrohrung bzw. Verfilterung häufig verzichtet.

Wichtigstes und empfindlichstes Organ des Brunnsens ist der Brunnenfilter, zu dem neben den Filterrohren noch die Brunnenausbauelemente Kiesschüttung mit Unterlags- bzw. Filtergewebe gehören. Er hat - im Gegensatz zu Filtern in Wasserreinigungsanlagen - insbesondere die Aufgaben,

- den Eintritt des Wassers in den Brunnen zu ermöglichen und dabei
- den Sand des Grundwasserleiters zurückzuhalten (sandfreie Wasserförderung) sowie
- die mangelnde Standfestigkeit der wasserführenden Schichten zu ersetzen

Die konstruktive Ausbildung des Brunnenfilters ist Hauptziel jeder Brunnenbemessung(-dimensionierung).

Allgemeine Regeln hierfür auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen und neuerer strömungstechnischer Erkenntnisse enthält ein Werkstandard des VEB Projektierung Wasserwirtschaft, WAPRO 1.42/03. Allerdings läßt auch dieser Standard in den meisten Fällen verschiedene Lösungsvarianten zu, und es bedarf schon einiger Kenntnisse im Brunnenbau, um dem jeweiligen Optimum weitgehend nahezukommen.

Der generelle Ablauf einer Brunnendimensionierung kann wie folgt dargestellt werden:

1. Bestimmung der Betriebsart des Brunnens  
(z. B. Produktionsbrunnen für Dauerbetrieb/Versuchsbrunnen für Kurzzeitbetrieb)
2. Bestimmung der ausbaufähigen Grundwasserleiter  
(Wasserstand, Kornverteilung, Mächtigkeiten) und der mit Vollrohr auszubauenden undurchlässigen Zwischenschichten
3. Auswahl der Brunnenfilterart  
(z. B. Kiesschüttungs- oder Gewebefilter)
4. Auswahl des Filtermaterials  
(z. B. Stahl, Steinzeug, Kunststoff)
5. Auswahl der Pumpenart in Abhängigkeit von
  - erwarteter tiefster Wasserspiegelabsenkung
  - Energieversorgung (z. B. Unterwassermotor- oder horizontale Kreiselpumpe)
6. Festlegung der Wasserableitung  
Dimensionierung der Abflußrohrleitung  
Ermittlung der Nennförderhöhe der Pumpe
7. Auswahl des Pumpentyps für ermittelte Nennförderhöhe und Nennförderstrom

8. Festlegung der Einbautiefe der Pumpe
9. Festlegung des Brunnenausbaues
  - Brunnen-(Filter-)Durchmesser
    - hydraulisch bedingt
    - technisch bedingt (Pumpenabmessungen)
  - Filterlänge
    - geologisch möglich
    - strömungsmechanisch nötig
10. Bemessung (Auswahl) der Kiesschüttung bzw. des Filtergewebes
11. Festlegung der Bohrdurchmesser unter Beachtung des Einbaues von Kiesschüttung, Widerstandspegel usw.

Während Produktionsbrunnen für einen Dauerbetrieb vorgesehen werden, dienen Versuchsbrunnen im allgemeinen nur einer zeitweiligen Entnahme von wenigen Stunden bis zu einigen Wochen. Daraus resultieren naturgemäß geringere Anforderungen, besonders hinsichtlich Maßnahmen zur Einschränkung einer Brunnenalterung.

Lediglich für Demonstrativpumpversuche (DEMPV), bei denen künftige Förderbedingungen direkt simuliert werden sollen, entsprechen die Anforderungen an den Versuchsbrunnen denen des Produktionsbrunnens.

Obwohl sich im Brunnenbau gegenwärtig nahezu ausschließlich Kiesschüttungsbrunnen durchgesetzt haben, können für Versuchsbrunnen in vielen Fällen die billigeren Gewebefilter empfohlen werden (vgl. Tabelle 1).

Festlegungen des Filtergewebes bzw. -kieses können in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Grundwasserleiters überschlüssig nach Tabelle 2 getroffen werden.

Die Länge des Brunnenfilters ist von der Mächtigkeit des Grundwasserleiters abhängig. Für Pumpversuche ist darauf zu orientieren, den gesamten wassererfüllten Teil desselben zu verfiltern, sofern dem nicht spezielle Aufgabenstellungen entgegenstehen.

Die zur Einschränkung von Verockerungen bei Produktionsbrunnen aufgestellte Forderung, die Oberkante des Filterrohres mindestens 1 m unter dem tiefsten zu erwartenden Brunnenwas-

**Tabelle 1. Bewertung von Kiesschüttung und Gewebefilter**

<b>Filterart</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Kies- schüttung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- größere Widerstands- fähigkeit gegen Brunnenalterung (längere Lebensdauer)</li> <li>- geringerer Eintritts- widerstand</li> <li>- größere Brunnener- giebigkeit bei glei- chem Filterrohrdurch- messer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erhöhte Baukosten</li> <li>- großer Bohrdurchmesser</li> <li>- komplizierter Einbau</li> </ul>
<b>Gewebe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer Bohrdurch- messer</li> <li>- einfacher Einbau</li> <li>- geringerer Kosten- aufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leicht zerstörbar (mechanische Beschädi- gung bei Transport und Einbau)</li> <li>- verockerungsgefährdet</li> <li>- für feine Sande unge- eignet</li> </ul>

serspiegel anzuordnen, erscheint bei kurzlebigen Versuchsbrunnen nicht unbedingt nötig.

Im Bereich von Grundwasserstauern und am vorgesehenen Pumpeneinlauf ist der Brunnenfilter durch Vollrohre zu unterbrechen. In der Praxis der Pumpversuchseinrichtung muß immer wieder die Unsicherheit bemerkt werden, die in der Auswahl der richtigen Bohrungs- und Filterabmessungen besteht. Besonders trifft dies zu, wenn Unterwassermotorkreiselpumpen (UWM-Pumpen) zum Einsatz kommen sollen, da hier durch die relativ großen Pumpendurchmesser gewisse Mindestabmessungen für den Bohrrohr- bzw. Filter- und Filteraufsatzrohrdurchmesser erforderlich sind.

Anhand der Tabelle 3 soll eine schnelle Entscheidung über diese notwendigen Größen ermöglicht werden.

Tabelle 2. Festlegung von Filtergewebe und/oder Filtersand/-kies (nach TGL 23 864/02)

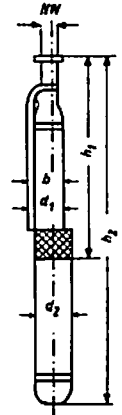
Grundwasserleiterausbildung		Filtergewebe			Filtersand/-kies	
Gestein	min $d_{50}$ in mm	ohne Filtersand/ -kies		Unterlagsgewebe für Tresse oder Filtersand/ -kies	Kornklasse in mm	
		Tresse	Gewebe			
		Nr. nach TGL 27 876	Maschenweite in mm nach TGL 0-4189/01	nach TGL 22 964	nach Lieferprogramm x)	
vorwiegend Fein- sand, Schluff- einlagerungen	(0,1)	-	-	0,3	0,5 bis 1	0,63 bis 1
Mittelsand stark feinsandig	0,2	16	0,3	0,5	1,6 bis 3,15	2 bis 3,15 (2 bis 8)
feinsandig	0,3	12				
Mittelsand	0,3	10	0,5	1	2 bis 5	2 bis 5  (2 bis 8)
Mittelsand, grobsandig	0,4					
Mittel- bis Grob- sand und/oder Kiesx)	0,5	8	0,5 bis 1x)	2	3,15 bis 8	3,15 bis 8 (2 bis 8) (5 bis 8) (5 bis 12,5)

x) Ersatzkörnungen sind nur bis 50 m Tiefe zulässig

Tabelle 3. Einschätzung von Bohrrohr-, Filter- und URM-Pumpen-Abmessungen für Versuchsbrunnen

Bohrrohr	Stahlfilter- röhre		Steinzeug- filterröhre		min. Fil- terrohr Ø	Pumpen Ø						Nenn- för- der- menge m <sup>3</sup> /h	Motorleistung [kW] abhängig von Nennförderhöhe [m]						
	Auß. Ø Nenn- maß mm	Inn. Ø mm	Auß. Ø Nenn- maß mm	Inn. Ø Nenn- maß mm		h	d <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>		20	40	60	80	100	120	140
1620	1600																		
1220	1200	(1014)	(1000)																
1020	1000	(800)	(800)																
820	800																		
720	700	(610)	(600)			(540 <sup>x</sup> )		1145	2045	2625	4330	630	180	<sup>2</sup> 160	<sup>3</sup> 200	<sup>4</sup> 250			
620	600					(540 <sup>x</sup> )	426	(1055)	(2045)	(2300)	(3825)	(400)	(150)	( <sup>2</sup> 100)	( <sup>3</sup> 160)	( <sup>4</sup> 200)			
		(507)	(500)	475	350	500	(462 <sup>x</sup> )	377	855	1410	1934	2960	250	163	2100	<sup>3</sup> 160	<sup>4</sup> 200		
530	510						462 <sup>x</sup> )												
(521)	(489)	(456)	(450)	417	300			665	990	1685	2290	160		<sup>1</sup> 50		<sup>2</sup> 80	<sup>3</sup> 125		
(470)	(449)	(405)	(400)		350	<sup>3</sup> 27	<sup>3</sup> 25	575	1010	1465	2215	100		<sup>2</sup> 20		<sup>4</sup> 40	<sup>5</sup> 63	<sup>8</sup> 80	
426	406				300	<sup>2</sup> 80	<sup>2</sup> 73	610	1290	1390	2405	63		<sup>2</sup> 12,5		<sup>4</sup> 25	<sup>6</sup> 40	<sup>8</sup> 50	
(419)	(399)	368	360			273								<sup>2</sup> 12,5		<sup>4</sup> 25	<sup>6</sup> 40	<sup>8</sup> 50	
377	359				250	235	219	610	1290	1390	2355	40		<sup>2</sup> 12,5		<sup>4</sup> 20	<sup>6</sup> 25	<sup>8</sup> 32	
(368)	(352)	325	317	300	200			610	1290	1390	2355	40		<sup>2</sup> 12,5		<sup>4</sup> 20	<sup>6</sup> 25	<sup>8</sup> 32	
						216		530	1035	1253	1915	25	<sup>2</sup> 6	<sup>4</sup> 10		<sup>6</sup> 12,5	<sup>8</sup> 16	<sup>10</sup> 20	
325	309	273	267					530	1035	1253	2020	16	<sup>2</sup> 4	<sup>4</sup> 6		<sup>6</sup> 10	<sup>8</sup> 12,5	<sup>10</sup> 16	
					200	183	168	505	990	1160	1705	10	<sup>2</sup> 2,5	<sup>4</sup> 4		<sup>6</sup> 6	<sup>8</sup> 8	<sup>10</sup> 10	
273	259	219	213					505	990	1160	1655	6	<sup>2</sup> 2,5	<sup>4</sup> 2,5		<sup>6</sup> 4	<sup>8</sup> 6	<sup>10</sup> 8	
														<sup>4</sup> 2,5	<sup>6</sup> 2,5	<sup>8</sup> 2,5	<sup>10</sup> 2,5		
219	205	168	162		150	142	133	425	635	1135	1345	4	<sup>4</sup> 2,5	<sup>6</sup> 2,5	<sup>8</sup> 2,5	<sup>10</sup> 2,5			
168	156	108	102		100	88	95	606				(1,6)		0,75					
133	122	60	54	112	80														

( ) nicht nach TGL

<sup>x</sup>) mit Saugmantel

### Erläuterungen zur Tabelle 3

In der ersten Spalte werden die Außendurchmesser der gebräuchlichen Bohrrohre aufgeführt. Gewisse Abweichungen von diesen Maßen, die besonders bei importierten Rohren auftreten, sind für das Erkennen der gewünschten Zusammenhänge ohne Bedeutung.

Zur Orientierung sind auch noch die zugehörigen Innendurchmesser angeführt.

In den nächsten Spalten sind Stahlfilterrohre und Steinzeugfilter angegeben. Die Anordnung ist hier so, daß der Filter noch eben in die daneben eingetragene Bohrtour eingebracht werden kann. Bei dem Einbringen von Kiesschüttungen oder beim Einbau von Peilrohren außerhalb des Filters muß demnach ein entsprechend größerer Bohrrohrdurchmesser gewählt werden. Obwohl für hydrogeologische Pumpversuche kaum eingesetzt, wurden der Vollständigkeit halber auch Steinzeugfilter nach TGL 25 240/03 aufgeführt. Im mittleren Teil der Übersicht werden Angaben über die wichtigsten Pumpendaten von UWM-Pumpen gemacht. Zunächst wird hier der erforderliche Mindestfilter- bzw. Bohrlochdurchmesser für die danebenstehend aufgeführten Pumpengrößen angegeben. Die Bedeutung der einzelnen Bezeichnungen ist der Skizze zu entnehmen.

Die erforderliche Motorleistung geht - in Abhängigkeit von der Nennförderhöhe und der Nennfördermenge bzw. dem Nennförderstrom - aus dem letzten Teil der Tabelle hervor. Dabei ist zu beachten, daß die angegebenen Förderhöhen für eine bestimmte Fördermenge jeweils von der Stufenzahl der Pumpe abhängig sind. Der hochgestellte Wert vor der Motorleistung stellt diese Stufenzahl dar. Förderhöhe und Fördermenge jeder Pumpe können selbstverständlich in bestimmten Grenzen variiert werden. Diese Grenzen sind speziellen Pumpenkennlinien zu entnehmen, die, wie auch die genaue Bezeichnung der zu wählenden Pumpenart, in entsprechenden Katalogen und Standards angegeben sind.

Während die Fördermenge um etwa  $\pm 25\%$ , bezogen auf die Nenngröße, variiert werden kann, ist für die Förderhöhe nur eine Variationsbreite von  $\pm 10\%$  möglich. Die Pumpenlängen sind für eine bestimmte Fördermenge je nach Motorleistung verschieden.



Die Extremwerte dieser Längen sind in Tabelle 3 in den Spalten für  $h_1$  und  $h_2$  angegeben.

Für die Festlegung der Pumpenart ist zunächst die Kenntnis von Förderstrom Q und Förderhöhe erforderlich. Der Förderstrom muß im allgemeinen vorgegeben werden und resultiert aus den Anforderungen des Nutzers und dem gebietspezifischen Wasserandrang, der gegebenenfalls durch Analogieschlüsse zu benachbarten Fassungen gewonnen werden kann. Anhand der konkreten Ergebnisse am Standort, z. B. nach dem Klarpumpen, können sich diesbezüglich noch operative Korrekturen erforderlich machen.

Die Förderhöhe der Pumpe setzt sich aus dem geodätischen Höhenunterschied zwischen abgesenktem Wasserspiegel und Auslauf der Wasserableitung und zusätzlichen Druckverlusten durch Rohrreibung, Armaturen und Formstücke zusammen. Eine überschlägliche Ermittlung kann nach Bild 1 erfolgen.

Die Ermittlung der Förderhöhe der Pumpe hängt unmittelbar mit der Auswahl und Dimensionierung der Rohrleitung zusammen. Richtung und Länge der Rohrleitung sind so festzulegen, daß eine vollständige Ableitung des Wassers unter Beachtung der natürlichen Grundwasserfließrichtung gewährleistet und eine Versickerung innerhalb des Absenkungstrichters und damit ein Zurückfließen zur Fassung ausgeschlossen sind. Nach Möglichkeit ist die Einleitung in einen Vorfluter anzustreben. Dabei sind Schäden an Uferböschungen und Vorflutersohle zu vermeiden. Als Material für die Ableitung werden vorwiegend Stahlrohre verwendet. Besonders geeignet sind Schnellkupplungsrohre, da sie relativ glatt sind und dadurch geringe Reibungsverluste aufweisen und außerdem besonders leicht und schnell zu montieren sind.

Für die Durchführung von Pumpversuchen werden zumeist UWM-Pumpen, aber auch horizontale Kreiselpumpen und Druckluft-(Mammut-)Pumpen verwendet, siehe hierzu Bild 2.

Eine Bewertung kann mit Hilfe der Tabelle 4 vorgenommen werden.

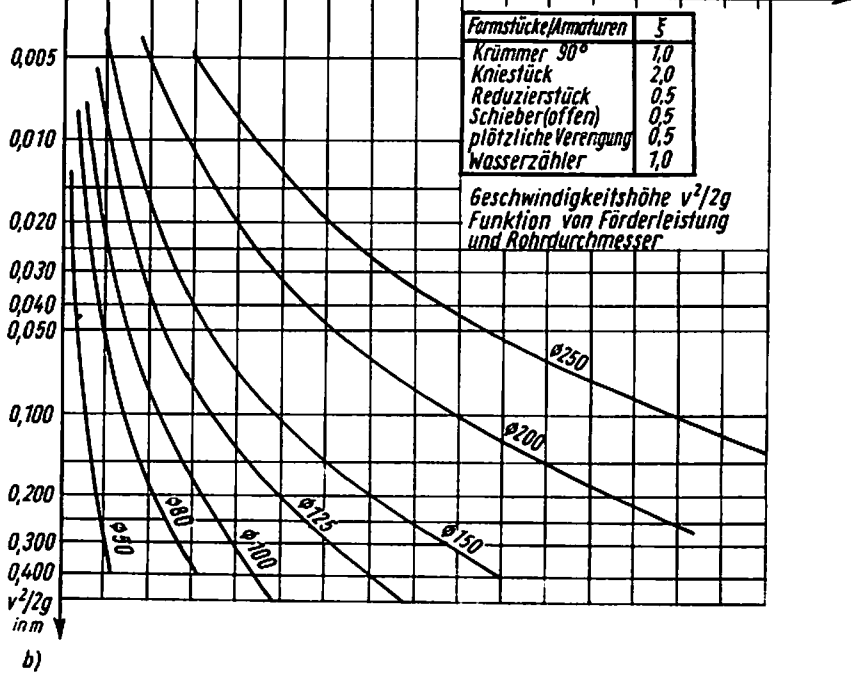
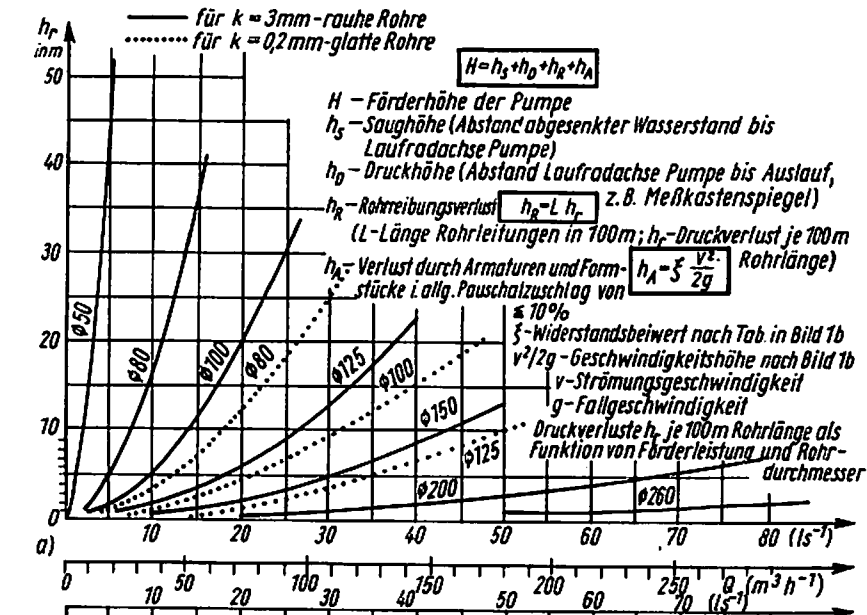


Bild 1. Graphik zur überschläglichen Ermittlung der Druckverluste

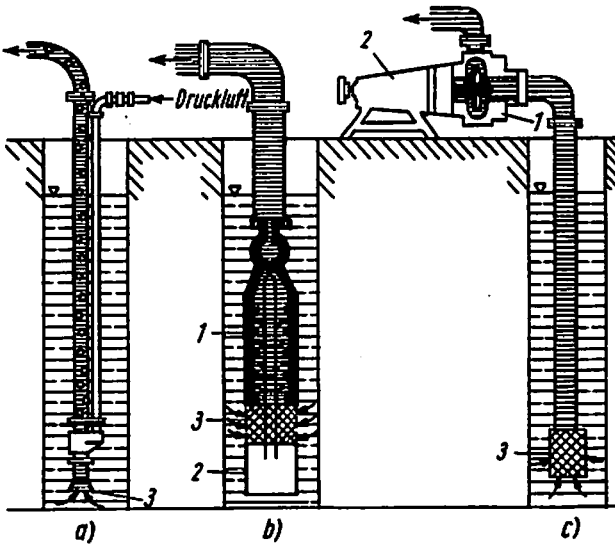


Bild 2. Prinzipskizzen für Wasserförderung

- a) Mammutpumpe
  - b) Unterwassermotorkreiselpumpe
  - c) horizontale Kreiselpumpe
- 1 Pumpe                    3 Wassereintritt  
2 Motor

Tabelle 4. Bewertung von Pumpen für Pumpversuche

Art	Energie	Vorteile	Nachteile
UWM-Pumpe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzan- schluß</li> <li>• Diesel- Elektro- Aggregat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Ansaug- schwierigkeiten</li> <li>• Anwendung auch bei tiefliegen- dem Wasser- spiegel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• großer Brunnen- (Bohrloch-) Durchmesser erforder- lich</li> <li>• stör anfällig bei Sandführung</li> <li>• nur mit Elektro- energie zu betrei- ben</li> </ul>

Tabelle 4. (Fortsetzung)

Art	Energie	Vorteile	Nachteile
horizontale Kreisel- pumpe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netz- anschluß</li> <li>• Diesel- Elektro- Aggregat</li> <li>• direkter Diesel- antrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Durch- messer der Saugleitung und des Brunnens</li> <li>• weniger emp- findlich bei Sandführung</li> <li>• unkomplizier- tere Wartung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begrenzter Einsatz durch geringe Saug- höhe (maximal 7 m)</li> </ul>
Druckluft- pumpe (Mammut- pumpe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompres- sor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenig störän- fällig, be- triebssicher, da keine be- weglichen Teile</li> <li>• keine Wartung</li> <li>• geringe Durch- messer möglich</li> <li>• Förderung me- chanisch (Sand) und chemisch verunreinigten Wassers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Wirkungs- grad, bezogen auf Antriebsleistung des Kompressors (15 bis 30%)</li> <li>• hoher Luftverbrauch (4- bis 12faches des Förderstromes)</li> <li>• wenig regulierbar</li> <li>• pulsierender Fö- rderstrom und Schwie- rigkeiten der Was- serstandsmessung</li> <li>• Veränderung der Wasserbeschaffen- heit durch Belüf- tung (Förderung Wasser-Luft-Ge- misch)</li> </ul>

Bei der Wahl der Energiezuführung ist zu beachten, daß bei Netzanschluß mit mehr oder weniger großen Strom- und damit Förderschwankungen zu rechnen ist. Bei Aggregaten müssen von vornherein ausreichende Kraftstoffreserven bereitstehen und

notwendige Unterbrechungen durch Ölwechsel rechtzeitig geplant und mit dem Objektbearbeiter abgestimmt werden.

Anweisungen zur konstruktiven Gestaltung des Versuchsbrunnens werden in den Formblättern der TGL 23 864/02 formuliert. Als günstig erweist sich zusätzlich eine graphische Darstellung beispielsweise anhand des Formblattes 12 nach TGL 25 011/03, siehe hierzu Bild 3.

### 3.2. Meßstellen neben Versuchsbrunnen

Die überwiegende Mehrzahl der Verfahren zur Auswertung von Pumpversuchen geht von Vereinfachungen hydrogeologischer und hydraulischer Sachverhalte aus, von denen die DUPUIT-Annahmen besondere Bedeutung besitzen. Danach ist die Brunnenanströmung weitgehend horizontal gerichtet, d. h., die Standrohrspiegelhöhe in vertikal übereinander liegenden Punkten des Grundwasserströmungsfeldes hat den gleichen Wert. Diese Annahme ist bei Pumpversuchen nicht ausnahmslos erfüllt, und es kann zu erheblichen Fehlern bei der Interpretation kommen, wenn dieser Sachverhalt unberücksichtigt bleibt. Besonders in unmittelbarer Brunnennähe treten in Abhängigkeit von den Druckverhältnissen des Grundwassers (gespannt/ungespannt), der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters, dem Brunnenausbau (vollkommen/unvollkommen) und der Größe der Absenkung  $s$  im Brunnen Strömungsanomalien auf, die eine Vernachlässigung der vertikalen Potentialdifferenzen nicht mehr rechtfertigen. In diesem brunnennahen Absenkungsbereich kann die Standrohrspiegelmessung stark von der Tiefenlage des Filters der Meßstelle abhängen (vgl. Tabelle 5). Dieser Bereich wird, bezogen auf den Brunnen, im allgemeinen bis zu einer Entfernung von  $x = \frac{H}{2}$  bis  $H$ , im Minimum sogar mit  $0,2 H$  angegeben, wobei  $H$  der unbeeinflussten Grundwassermächtigkeit entspricht. Hierbei gelten die geringeren Abstände für  $x$  besonders für poröse Gesteine und ungespanntes Grundwasser, die größeren Abstände für klüftige und Karstgesteine sowie gespanntes Grundwasser.

Auch in größerer Entfernung vom Versuchsbrunnen, dem sogenannten äußeren Absenkungsbereich, treten systematische Ab-

**Ausbauvorschlag für Brunnen**

Objekt: Hy - B-Dorf

Brunnenbezeichnung: 2/77

Bearbeiter:

Filterart:

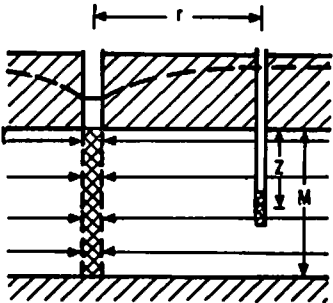
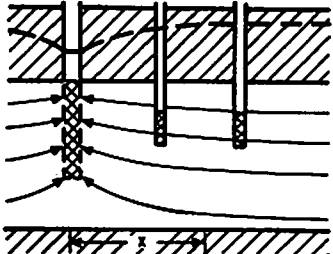
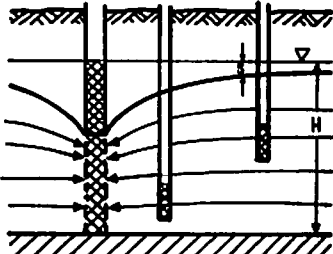
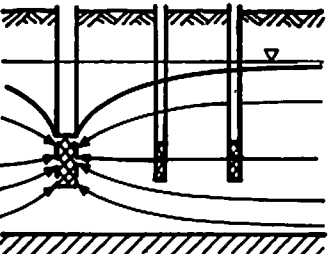
Anlage  
Blatt

Maßstab 1:700	Gestein			GW-Spiegel (normal u. extrem)	Brunnenausbau														
	Probe- Nr.	Kurzzeichen Teufe in m (s. u.)	Säulen- profil		Filter und Vollrohr			Kieschüttung											
					Filter Körnung	Filter- höhe	Filter- tiefe	Wahl	Fraktion in mm	in mm	in mm	in mm	in mm						
1																			
2		FS,su																	
3		2,4																	
4		Su					300												
5				tiefster GW-Spiegel															
6		6,0																	
7	1			(bei $Q_{max}$ $\approx 15 l s^{-1}$ )		6,5													
8		GS,fki																	
9	2																		
10																			
11	3						300												
12		7,3																	
13	4																		
14		FKi,gs																	
15	5																		
16	6						15,5												
17		16,0																	
18		T					300												
19		Endteufe 18,5					18,0												
20																			
21																			
22																			

*FS,su* Feinsand ,schluffig  
*Su* Schluff  
*GS,fki* Grobsand, feinkiesig  
 $Q_{max}$  maximale Fördermenge  
*BW* Bezugswasserstand  
*FKi,gs* Feinkies, grobsandig  
*T* Ton  
 Signatur gemäß NBS T100 (Werkstandard VEB Hydrogeologie)

Bild 3. Ausbauvorschlag für Brunnen

Tabelle 5. Tiefenlage von GWBR in PV-Gruppen

GW-Leiter	Vollkommener Brunnen	Unvollkommener Brunnen
<p><b>GESPANNT</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>● Lage des GWBR-Filters gleichgültig, solange Druckabsenkung im Bereich des Hangendstauers</li> <li>● aus ökonomischen Gründen Anordnung GWBR möglichst nahe GW-Deckfläche (max. Absenkung beachten!)</li> <li>● bei wechselnden Schichten unterschiedlicher Durchlässigkeit Filtereinbau in die durchlässigste Schicht bzw. mehrere GWBR in verschiedenen Höhenlagen</li> </ul>	<p style="text-align: center;">brunnennaher   mittlerer Absenkungsbereich</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● Anordnung GWBR möglichst nahe der GW-Deckfläche (max. Absenkung beachten!)</li> </ul>
<p><b>UNGESPANNT</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>● in brunnennahen Bereich GWBR-Filter unweit der Sohle des GW-Leiters (bei großen Teufen oft ökonomisch unvertretbar); besser GWBR vermeiden.</li> <li>● im mittleren Absenkungsbereich etwa (0,5 ... 0,8) H über Sohle des GW-Leiters</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>● Anordnung GWBR-Filter etwa in Höhe Mitte Brunnenfilter, aber mindestens 1 m unter tiefsten zu erwartenden GW-Stand (OK-Filter)</li> </ul>

weichungen von den getroffenen Vereinfachungen auf, die eine Pumpversuchsauswertung nach den üblichen Verfahren erschweren. Dieser Bereich beginnt größenordnungsmäßig in einer Entfernung von  $x = 100$  bis  $150$  m vom Brunnen im Lockergestein und im Festgestein in noch größerer Entfernung (bis  $400$  m).

Aus dem geschilderten Sachverhalt und praktischen Erfahrungen können folgende Forderungen abgeleitet werden:

- Grundsätzlich sollten bei Pumpversuchen Grundwasserbeobachtungsrohre (GWBR) neben den Versuchsbrunnen vorgesehen werden, da alleinige Messungen im Brunnen nicht in jedem Falle die konkreten Verhältnisse widerspiegeln. Eine derartige Versuchsanordnung wird als Pumpversuchsgruppe bezeichnet. Lediglich im Festgestein und in tief gelegenen Lockergesteinsgrundwasserleitern kann gegebenenfalls aus ökonomischen Gründen auf GWBR verzichtet werden, wobei man sich über diesbezügliche Beschränkungen der Auswertbarkeit im klaren sein muß.
- Um eine komplikationslose Anwendung der üblichen Auswertungsverfahren zu gewährleisten, sind die GWBR möglichst im Raum zwischen brunnennahem und äußerem, dem sogenannten mittleren Absenkungsbereich anzuordnen (günstiger Bereich im Abstand  $x = 1$  bis  $2 H$ ).
- Die Einbautiefe der GWBR-Filter ist entsprechend Tabelle 5 im Bereich paralleler und horizontaler Stromlinien vorzunehmen. Mehrere GWBR sind in einheitlicher Tiefe, unbedingt aber im gleichen Horizont anzuordnen. Es ist zu garantieren, daß die GWBR auch bei größter Absenkung im Brunnen nicht trockenfallen.
- Zwecks punktförmiger Erfassung der Druckhöhe mittels GWBR sind deren Filter möglichst kurz zu halten ( $0,5$  bis  $1$  m).
- Die Anzahl der GWBR in Pumpversuchsgruppen richtet sich nach dem vorgesehenen Auswertungsverfahren. Eine Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes erfordert mindestens ein GWBR; für eine Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters sind mindestens zwei GWBR erforderlich.
- Für räumliche Auswertungen sind die GWBR, ausgehend vom Versuchsbrunnen, strahlenförmig anzuordnen. Häufig wird ein



Strahl parallel und einer senkrecht zum natürlichen Grundwassergefälle vorgesehen. Bei Pumpversuchen sollte neben Vorflutern ein Strahl parallel und einer senkrecht zu diesem hin verlaufen.

- Der Abstand vom Versuchsbrunnen zum nächstgelegenen GWBR soll, entsprechend der Definition des brunnennahen Bereiches, mehr als 0,2 H, keinesfalls aber weniger als 2 m betragen.

Für mehrere GWBR auf einem Strahl werden in verschiedenen Richtlinien beispielsweise die Werte der Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6. Abstände der GWBR vom Versuchsbrunnen in m

Durchlässigkeit Grundwasserleiter	Nr. GWBR auf Strahl	Anzahl GWBR je Strahl		
		2	3	4
gering (Feinsand)	1	2 bis 3	2 bis 3	-
	2	5 bis 10	5 bis 10	-
	3	-	10 bis 30	-
	4	-	-	-
mittel (Mittel- bis Grob- sand)	1	3 bis 5	3 bis 5	3 bis 5
	2	10 bis 15	10 bis 15	10 bis 15
	3	-	20 bis 40	20 bis 40
	4	-	-	100 bis 150
groß (Grobsand bis Fein- sand)	1	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10
	2	15 bis 30	15 bis 30	15 bis 30
	3	-	50 bis 100	50 bis 100
	4	-	150 bis 300	150 bis 300

Eine weitere Präzisierung des erforderlichen Abstandes des GWBR vom Versuchsbrunnen wird nach TGL 23 864/03 im Ergebnis einer Vorausberechnung des Pumpversuches empfohlen.

Dabei wird mit geschätzten Parametern für die Profildurchlässigkeit T und unter Verwendung geohydraulischer Berechnungs-

verfahren der Abstand ermittelt, bei dem nach einer zuvor festgelegten Pumpdauer noch auswertbare Absenkungsbeträge zu verzeichnen sind.

- Befinden sich im Einflußbereich von Pumpversuchen Randbedingungen, die einen Einfluß auf den Absenkungsverlauf haben werden, so hat es sich als günstig erwiesen, das GWBR in einer solchen Entfernung von Randbedingung bzw. Versuchsbrunnen anzuordnen, daß während des Pumpversuches eine Absenkungsphase erfaßt werden kann, die von der Wirkung der Randbedingung noch unbeeinflusst ist. Hierzu kann das Nomogramm in Bild 2 der TGL 23 864/02 verwendet werden.
- Ein unvollkommener Brunnenausbau erfordert hinsichtlich der Pumpversuchsauswertung einen erhöhten Aufwand. Es ist deshalb in vielen Fällen empfehlenswert, ebenfalls durch eine Vorausberechnung nach TGL 23 864/08 mit geschätzten Parametern den Abstand des GWBR vom Versuchsbrunnen zu bestimmen, bei dem die Unvollkommenheit des Brunnens vernachlässigt werden kann.
- Zur Erfassung natürlicher und vom Pumpversuch unabhängiger künstlicher Grundwasserspiegelschwankungen ist in das Meßprogramm eine "neutrale" Meßstelle einzubeziehen, die sich in größerer Entfernung (bis zu einigen km) und in der gleichen hydrogeologischen Einheit wie der Versuchsbrunnen befinden soll.

Die konstruktive Ausbildung eines GWBR ergibt sich nach den Regeln der TGL 24 354.

Die wichtigsten Details sind in Bild 4 dargestellt.

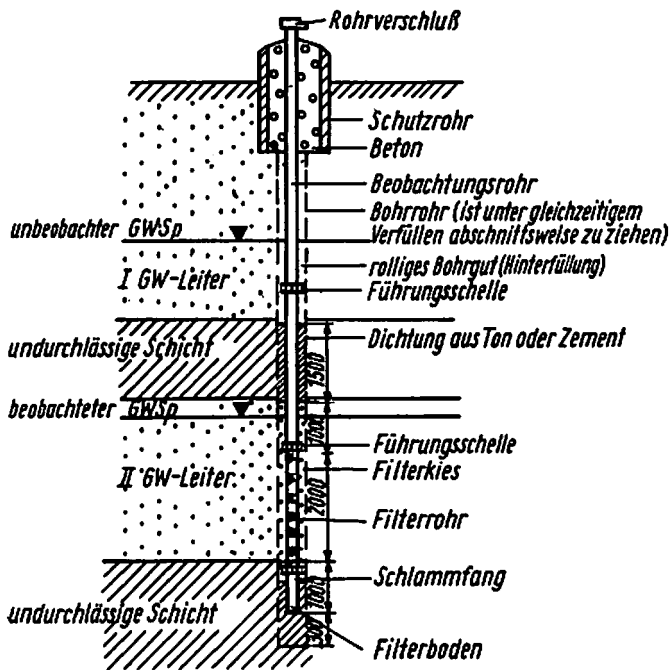


Bild 4. Beispielskizze für den Einbau eines Grundwasserbeobachtungsrohres nach TGL 24 354