

09.00. Brunnen
09.01. Ausbaumaterial

09.01.

Tabelle 09.01./1: Filtersande und Filterkiese für Wassergewinnungsanlagen (TGL 37 523)

Benennung	Körnung	Lieferart 1)
Filtersand	0,5/1 0,8/1,6 1/2	getrocknet (A)
Filterkies	1/4 2/4 2/8 4/8 8/16	oder naß (B)

Tabelle 09.01./2: Filtersande und Filterkiese für Wasseraufbereitungsanlagen (TGL 37 524)

Benennung	Körnung	Lieferart
Filtersand	0,63/1,0 0,8/1,25 1,0/1,6 1,4/2,0	gewaschen und getrocknet
Filterkies	2,0/3,15 3,15/5,0	

Tabelle 09.01./3: Filtersande und Filterkiese nach älteren Richtlinien (KITNER u. a., 1967)

Bezeichnung	Kornklasse ¹⁾ mm	Höchstzulässiger Anteil in Masse-% (für Sorte B 1)		$U = \frac{d_{80}}{d_{10}}$	$1000k_{f10}$ ³⁾ m/s ³	Zusammenhängende Körnungen bei $f = d_{50}/d_{50}$ und Durchlässigkeitsverhältnis $K = \frac{k_{f1}}{k_{f2}}$	Mindestdicke der Kiesschlüttung [mm]		Prüfmasse kg
		Überkorn	Unterkorn				1. Schlüttung	2. und 3. Schlüttg.	
Filter-sand	0,5 / 1,0	10	15	1,60	3		≈ 100	≈ 60	0,5
	0,8 / 1,25			1,40	5				
	1,0 / 1,6			1,40	10				
	1,6 / 2,0			1,16	25				
Filter-kies	2,0 / 3,15	10	10	1,40	35		≈ 150	≈ 80	1,0
	3,15/ 5,0			1,40	180				
	5,0 / 8,0			1,40	350				
	8,0 / 12,5			1,35	1000				
	12,5 / 18,0			1,28	2000				
	18,0 / 25,0			1,27	5000				
	25,0 / 35,6			1,28	10000				

- 1) Nach TGL 22 964, März 1969.
- 2) Unter Berücksichtigung des Unter- und Überkorns.
- 3) Näherungswerte.

Tabelle 09.01./4: Kritische Reynoldszahlen Re_k von natürlichem Filterkies ($n = 0,40$) nach LUDEWIG (KITNER u. a., 1977)

Korngruppe mm	Re_k	Korngruppe mm	Re_k
1,0 ./ 1,5	4,0	3,0 ./ 7,0	10,5
1,5 ./ 2,0	5,5	7,0 ./ 10,0	18,0
2,0 ./ 3,0	6,5	10,0 ./ 15,0	24,0
3,0 ./ 5,0	9,0		

09.01.

09.00. Brunnen
09.01. Ausbaumaterial

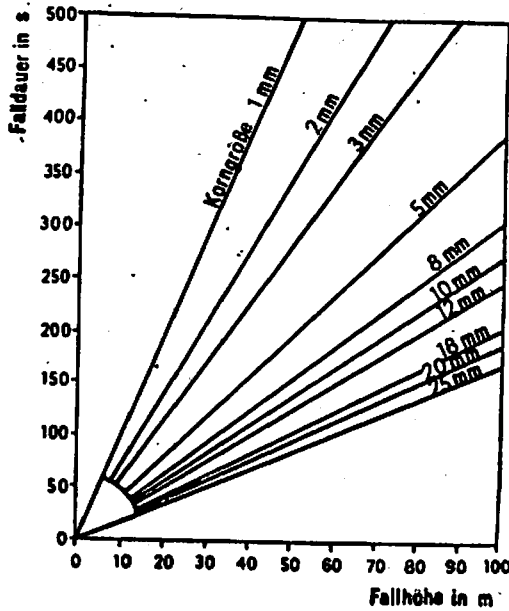


Bild 09.01./1: Falldauer von Filterkieskörnern im Wasser (FOLKENS u. a., 1979)

Tabelle 09.01./5: Wartezeiten zwischen Verfüllzyklen in Minuten (FOLKENS u. a., 1979)

Jeweilige Verfüllteufe des Brunnsens (in m)	Filterkiesfraktion (in mm)		
	1 bis 2 2 bis 5	2 bis 8	1 bis 3
30	—	1	1
40	—	1	1
50	1	2	3
60	1	2	3
70	2	3	4
80	2	3	4
90	3	4	5
100	3	4	5
110	6	8	9
120	4	6	7

- a) Siebgewebe in Leinenbindung
- b) Siebgewebe in Küperbindung
- c) Tressengewebe in Leinenbindung

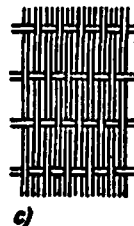
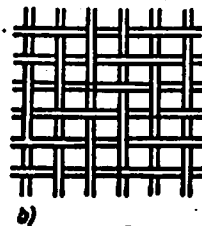
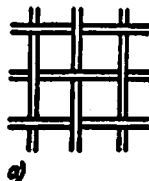


Bild 09.01./2: Filtergewebearten (KITNER u. a., 1967)

09.00. Brunnen
09.02. Bemessung

09.02.

Tabelle 09.02./1: Bemessungsregeln für Filterkiese (Wapro 1.42)

Die genannten Abhängigkeiten werden durch folgende Bemessungsformel berücksichtigt

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

- $A_{50, \text{zul}}$ Abstandsverhältnis $\frac{D_{50}}{d_{50}}$ nach Bild 09.02./1
 a^{**} Faktor nach Tabelle 1
 d_s größtes suffusionsgefährdetes Korn in mm,
 s. Gleichung (2)
 D_{50} Korndurchmesser des Filterkieses bzw. -sand
 bei 50% Siebdurchgang in mm
 d_{50} Korndurchmesser des Erdstoffes (Grundwasserleiter)
 bei 50% Siebdurchgang in mm
 e_D Porenzahl des Filterkieses bzw. -sand
 U_D Ungleichförmigkeitsgrad des Filterkieses bzw.
 -sand, s. Gleichung (3)

. Faktor a^{**} in Abhängigkeit von d_s

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

Das größte suffusionsgefährdete Korn ergibt sich hinreichend genau aus der Gleichung

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

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

Für den Ungleichförmigkeitsgrad gilt:

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

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

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

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

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

09.02.

09.00. Brunnen
09.02. Bemessung

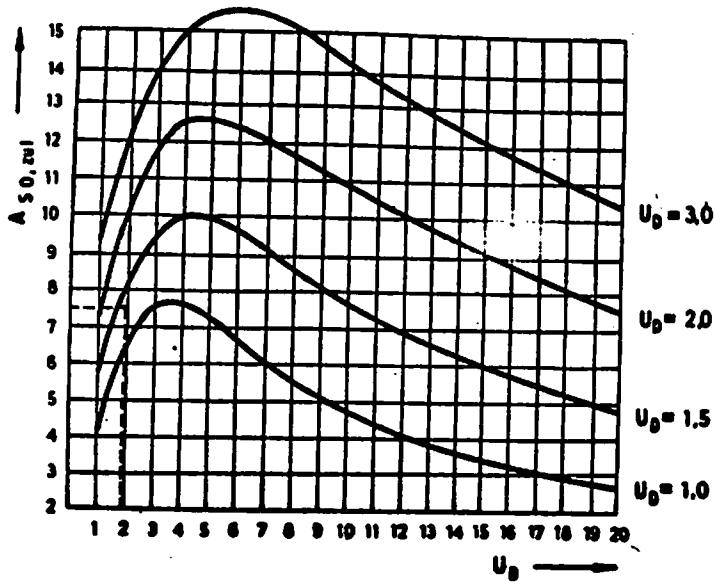


Bild 09.02./1: Diagramm zur Ermittlung von $A_{50,zu}$ ($= f(U_d, U_b)$) (Wapro 1.42)



09.00. Brunnen
09.02. Bemessung

09.02.

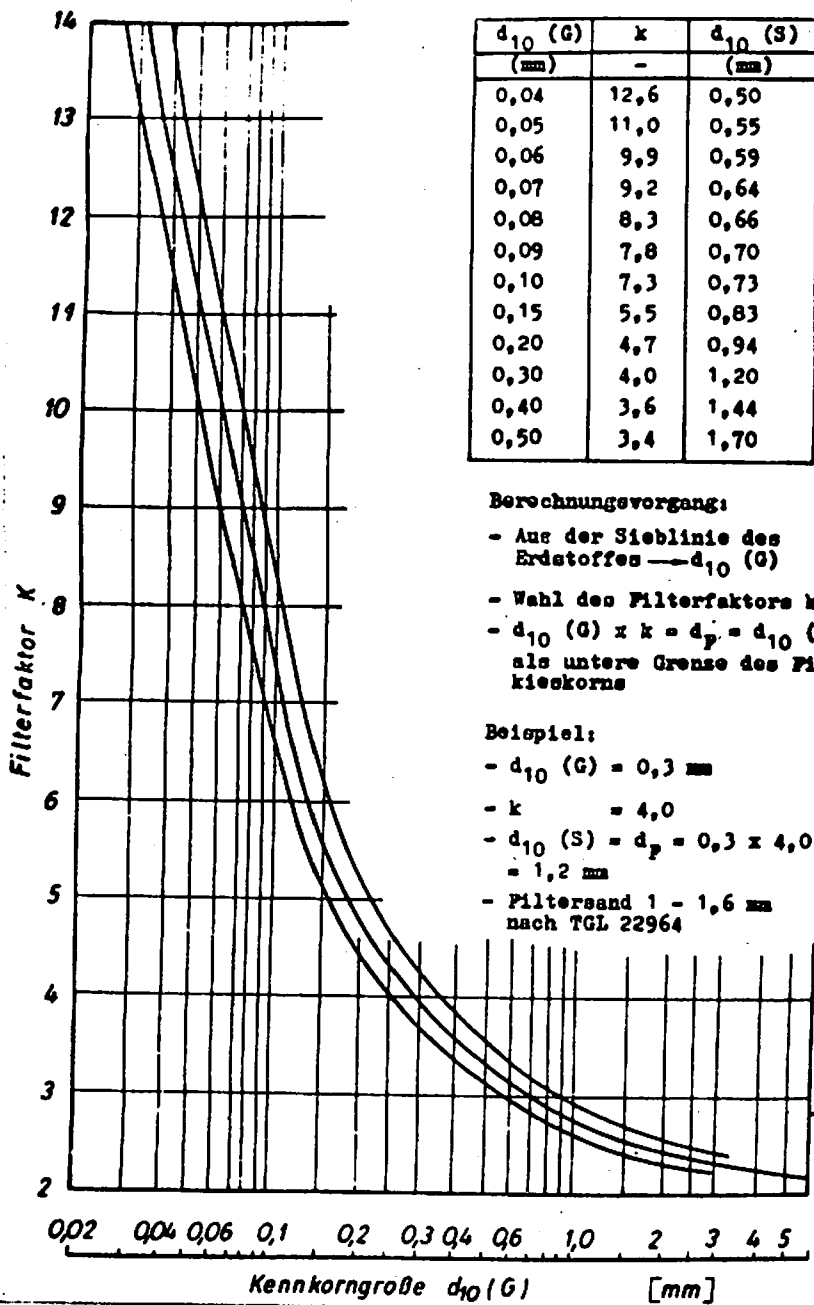


Bild 09.02./2: Filterfaktor in Abhängigkeit von Kennkorngröße d_{10} (Tabellen Bohrtechnik, 1974)

09.02.

09.00. Brunnen
09.02. Bemessung

Tabelle 09.02./2: Überschlagliche Bemessung der Kieskörnung (Wapro 1.42)

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

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

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

- F Filterfaktor
D₅₀ Korndurchmesser des Filterkieses bei 50% Siebdurchgang
d₈₅ Korndurchmesser des Erdstoffes des Grundwasserleiters bei 85% Siebdurchgang

Tabelle 09.02./3: Festlegung von Filtergewebe und -kies für Versuchsbrunnen (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		nach TGL 22 964	nach Lieferprogramm ^{x)}
		Nr. nach TGL 27 876	Maschenweite in mm nach TGL O-4189/01			
vorwiegend Feinsand, Schluffeinlagerungen	(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)
Mittelsand 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 Grobsand und/oder Kies ^{x)}	0,5	8	0,5 bis 1 ^{x)}	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 09.02./4: Einschätzung von Bohrrrohr-Filter- und VWP-Pumpen-Abmessungen für Versuchsbrunnen (BAMBERG/ESCHNER, 1979)

Bohrrohre		Stahlfilterrohre		Steinzeugfilterrohre		min. Filterrohr- ø	Pumpen ø					Nennfördermenge m ³ /h	Motorleistung [kW] abhängig von Nennförderhöhe [m]							
Auß. ø Nennmaß	Inn. ø	Auß. ø Nennmaß	Inn. ø	Auß. ø Nennmaß	Inn. ø Nennmaß		h ₁ von	bis	h ₂ von	bis	20		40	60	80	100	120	140	160	
1620	1600																			
1220	1200	(1014)	(1000)																	
1020	1000	(800)	(800)																	
820	800																			
720	700	(500)	(600)																	
620	600						(540 ²)	1145	2045	2625	4330	630	1 ⁸⁰	1 ¹⁶⁰	1 ²⁰⁰	1 ²⁵⁰				
							(540 ²)	426	(1055)	(2045)	(2300)	(3825)	(470)	1 ⁵⁰	1 ¹⁰⁰	1 ¹⁶⁰	1 ²⁰⁰			
520	510	(507)	(500)	475	350	500	(462 ²)	377	855	1410	1934	2960	250	1 ⁶³	1 ¹⁰⁰	1 ¹⁶⁰	1 ²⁰⁰			
(521)	(489)	(456)	(450)	417	300		(462 ²)		665	990	1685	2290	160	1 ⁵⁰	1 ⁸⁰	1 ¹²⁵				
(470)	(449)	(405)	(400)			350	327	325	575	1010	1465	2215	100	1 ²⁰	1 ⁴⁰	1 ⁶³	1 ⁸⁰			
426	416	367	360			300	280	273	610	1290	1390	2405	63	1 ^{12,5}	1 ²⁵	1 ⁴⁰	1 ⁵⁰			
(419)	(399)	367	360			250	255	219	610	1290	1390	2335	40	1 ^{12,5}	1 ²⁰	1 ²⁵	1 ³²			
377	359	325	317	300	200		276		530	1035	1253	1915	25	1 ⁶	1 ¹⁰	1 ^{12,5}	1 ¹⁶			
(368)	(352)	325	317	300	200		200	183	530	1035	1253	2020	16	1 ⁴	1 ⁶	1 ¹⁰	1 ^{12,5}	1 ¹⁶		
325	309	273	267					168	505	990	1160	1705	10	1 ^{2,5}	1 ⁴	1 ⁶	1 ⁸	1 ¹⁰		
273	259	219	213						505	990	1160	1655	6	1 ^{2,5}	1 ^{2,5}	1 ⁴	1 ⁶	1 ⁸		
219	205	168	162			150	142	133	425	635	1135	1345	4	1 ^{2,5}	1 ^{2,5}	1 ^{2,5}	1 ^{2,5}	1 ^{2,5}		
168	156	108	102			100	88	93	606		975									
133	122	60	54	112	80								(1,6)	0,5						



() nicht nach IZL
²) mit Saugmantel

09.00. Brunnen
 09.02. Bemessung

09.02.

09.02.

09.00. Brunnen
09.02. Bemessung

Tabelle 09.02./5: Erforderliche Mindestbrunnendurchmesser in Abhängigkeit von der Baugröße eingesetzter UWM-Pumpen (STRZODKA u. a., 1975)

Baugröße	Größter Pumpendurchmesser in mm	Mindest-innendurchmesser des Brunnens in mm
U 15/76	88	250
U 25/4 ... 10	142	250
U 32/2 ... 10	183	250
U 40/2 ... 10	183	250
U 50/2 ... 10	183	250
U 65/2 ... 8	183	350
U 65/10	216	350
U 80/2 ... 8	235	350
U 100/2 ... 4	235	350
U 100/6 ... 8	267	350
U 125/1 ... 3	280	400
U 125/4	318	500
U 150/1 ... 2	327	500
U 150/3	368	500
U 200/1 ... 4	377	500
U 250/1 ... 4	540	700
U 300/1 ... 4	540	700

Tabelle 09.02./6: Eignungseinschätzung des Einbaumaterials (STRZODKA u. a., 1975)

Kurzlebige Filterbrunnen (bis 5 Jahre)	Langlebige Filterbrunnen (länger als 5 Jahre)
Betonrohre ungeschützte Stahlrohre	Steinzeugrohre Kiesfilterrohre geschützte Stahlrohre Kunststoffrohre

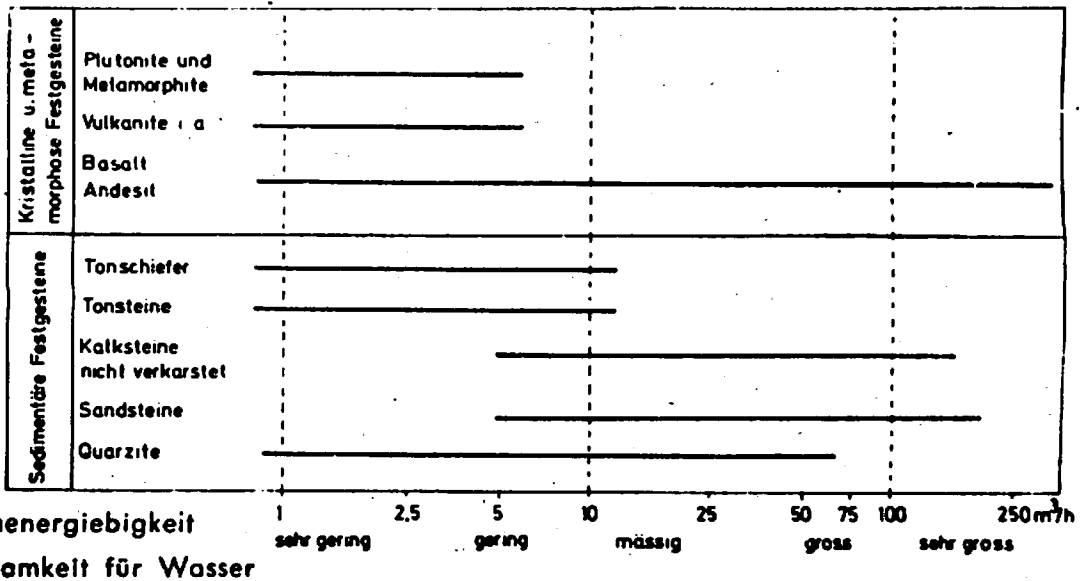


Bild 09.02./3: Brunnenergiebigkeiten im Festgestein (HÖLTING, 1980)

09.00. Brunnen
09.02. Bemessung

09.02.

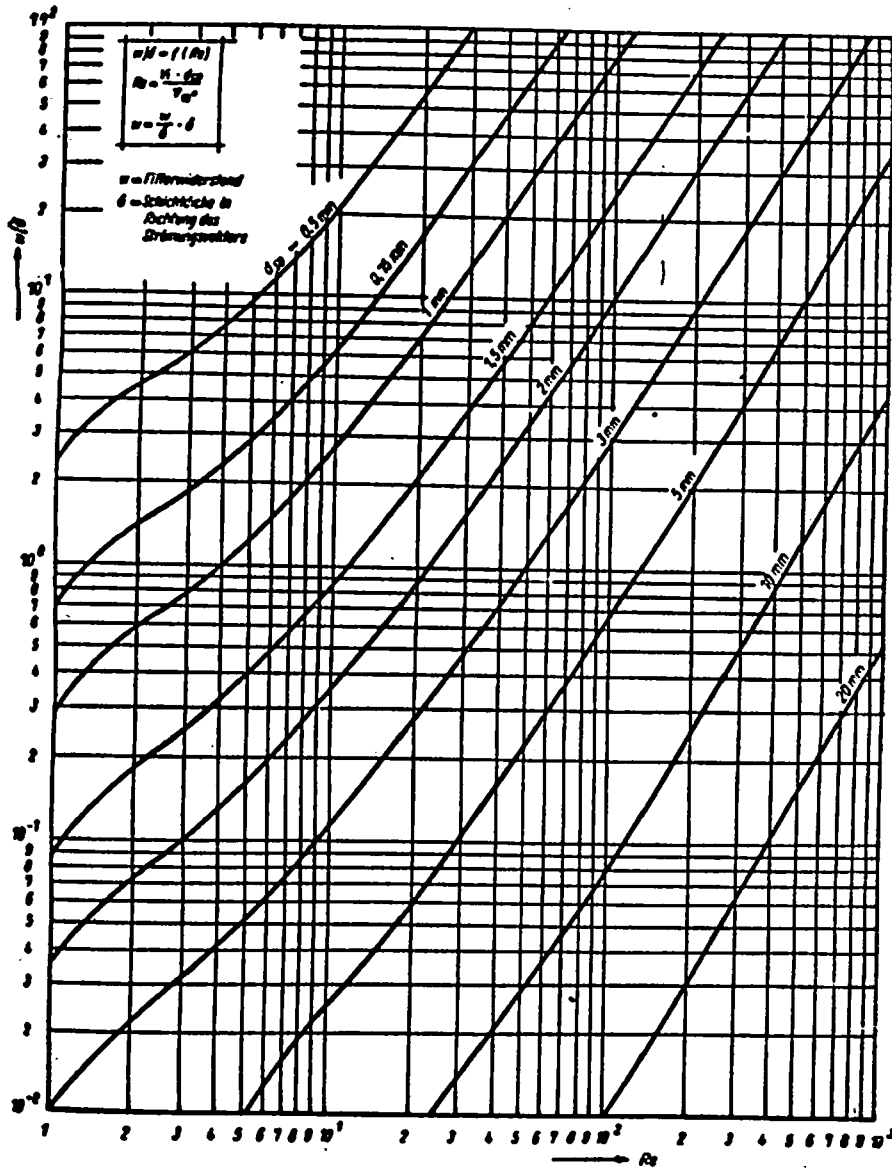


Bild 09.02./4: Filterwiderstand der Kiesschüttung in Abhängigkeit von der Filtergeschwindigkeit und der Korngröße (KITNER u. a., 1977)

09.02.

09.00. Brunnen

09.02. Bemessung

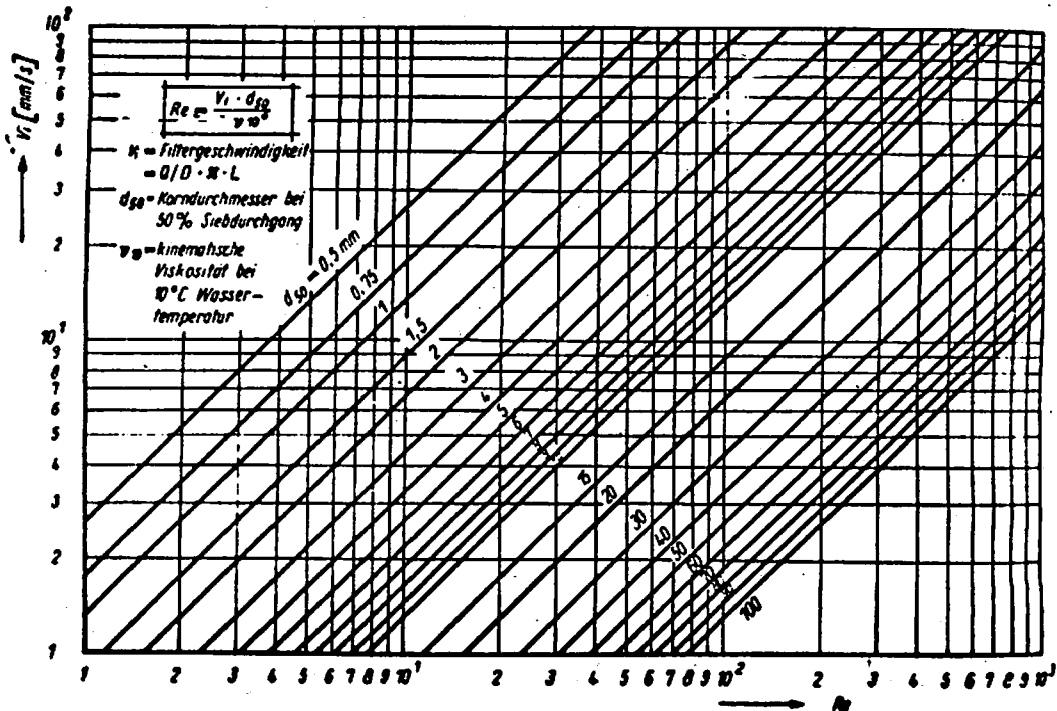


Bild 09.02./5: Abhängigkeit zwischen der Filtergeschwindigkeit und der Reynoldszahl Re bei verschiedenen Korndurchmessern d_{50} (KITTNER u. a., 1977)

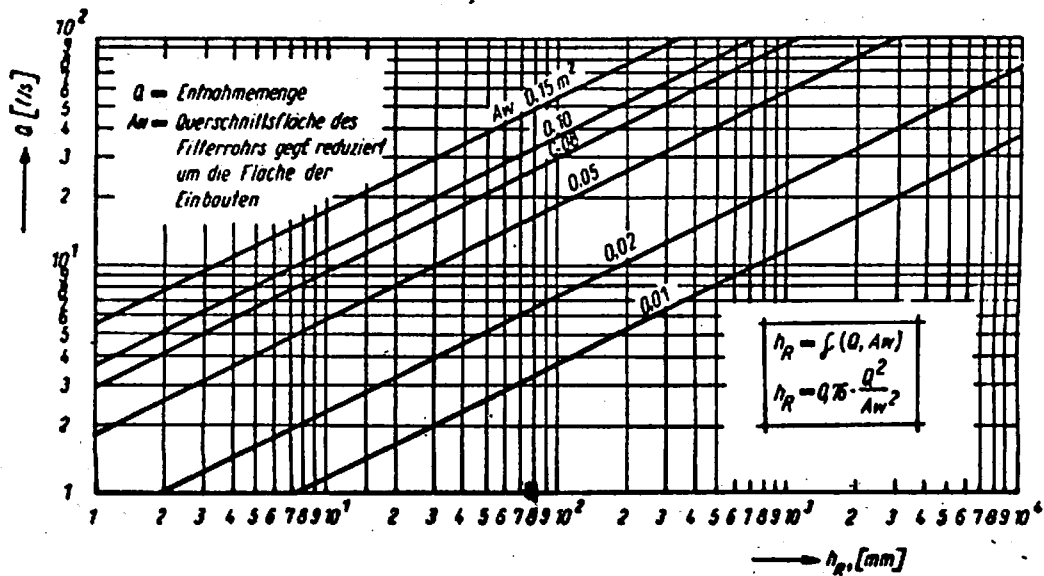


Bild 09.02./6: Rohrreibungswiderstand in Filterrohren in Abhängigkeit von der Entnahmemenge und der Durchflußfläche (KITTNER u. a., 1977)

09.00. Brunnen 09.02. Bemessung	09.02.
------------------------------------	--------

Tabelle 09.02./7: Überprüfung der gewählten Filterlänge (Wapro 1.42)

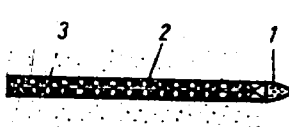
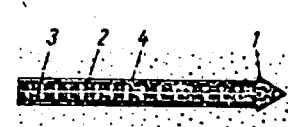
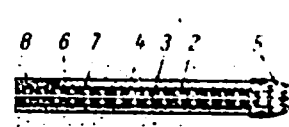
$$(0,2 \dots 0,5) v_{krit} \leq \frac{Q}{\pi D_a L} \leq (1 \dots 3) v_{krit} \quad (6)$$

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

Kritische Geschwindigkeiten v_{krit} in $cm\ s^{-1}$

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

Tabelle 09.02./8: Hinweise zum Ausbau von Horizontalfilterbrunnen (KITNER u. a., 1967)

	1 <i>Ranney</i>	2 <i>Fehlmann</i>	3 <i>Preussag</i>
Herstellungsverfahren			
Typenmerkmale: 1. Pilot 2. Filterrohr 3. Spülrohr 4. Bohrrohr (wird angezogen) 5. Gegenspülung 6. Kiesfilter 7. Filterkammerschelle 8. Kiesanspülgestänge			
Bohrvorgang	horizontaler Vortrieb von starkwandigen geschlitzten Filterrohren mittels Pressen	horizontaler Vortrieb von Bohrrohren mittels Pressen	wie 2
Filterrohre		bellebiges Filterrohr wird nach dem Bohren eingebl, meist Schlitzbrückenfilter; i.W. Bohr: $\phi \approx$	wie 2 i.W. Bohrrohr = Filter ϕ
Kiesfilter	Entsanden und Aufbau d. Stützschicht aus natürlichem Korn	wie 1	Filterkies l. angepaßter Körnung wird zwischen Filter u. Bohrrohr eingespült
Verwendete Bohrungsdurchmesser [mm]	150...300	200...500	250...500
Stranglänge [m]	10...50	10...100	wie 2
Korndurchmesser d_{50} [mm]	>10	>05	>02
Ungleichförmigkeitsgrad U	>5	>3	>10

09.03.

09.00. Brunnen

09.03. Anordnung im Gelände

Tabelle 09.03./1: Brunnenabstände für Wasserfassungen

Gesteinsart	Druck- verhältnisse	Brunnenabstand in m
Karst	frei	200 - 300
	gespannt	250 - 400
Kluftgestein	frei	75 - 150
	gespannt	100 - 200
Kies und Sand (homogen, ohne feine Fraktionen)	frei	75 - 150
	gespannt	100 - 200
Sand und Kies (mit feinen Fraktionen)	frei	40 - 75
	gespannt	50 - 100
anisotrope Sande (inhomogene Gemische aller Fraktionen)	frei	30 - 60
	gespannt	40 - 75

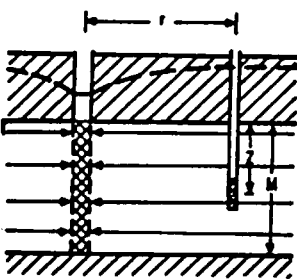
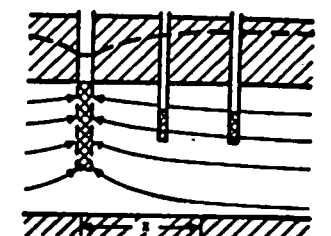
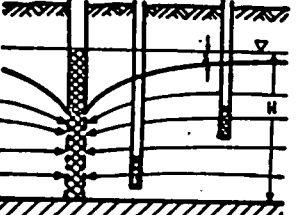
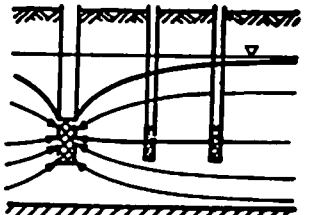
Tabelle 09.03./2: Anordnung von GWBR bei Versuchsbrunnen

Gesteinsart	Druck- verhältnisse	GWBR-Abstände von VBR.		
		1.	2.	3.
schluffiger und feinkörniger Sand	frei	3 - 5	9 - 15	20 - 35
	gespannt	20 - 30	60 - 90	140 - 210
größerer Fein- sand	frei	7 - 10	20 - 30	50 - 70
	gespannt	50 - 60	150 - 180	350 - 450
Mittelsand	frei	10 - 15	30 - 45	70 - 100
	gespannt	80 - 100	240 - 300	550 - 700
Grobsand	frei	15 - 20	45 - 60	100 - 150
	gespannt	100 - 150	300 - 450	700 - 1 000
Kies und Stein- ablagerungen	frei	20 - 25	60 - 75	150 - 200
	gespannt	150 - 200	450 - 600	1 000 - 1 500

09.00. Brunnen
09.03. Anordnung im Gelände

09.03.

Tabelle 09.03./3: Tiefenlage vom GWBR in PV-Gruppen
(BAUMBERG/ESCHNER, 1979)

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

09.03.

09.00. Brunnen
09.03. Anordnung im Gelände

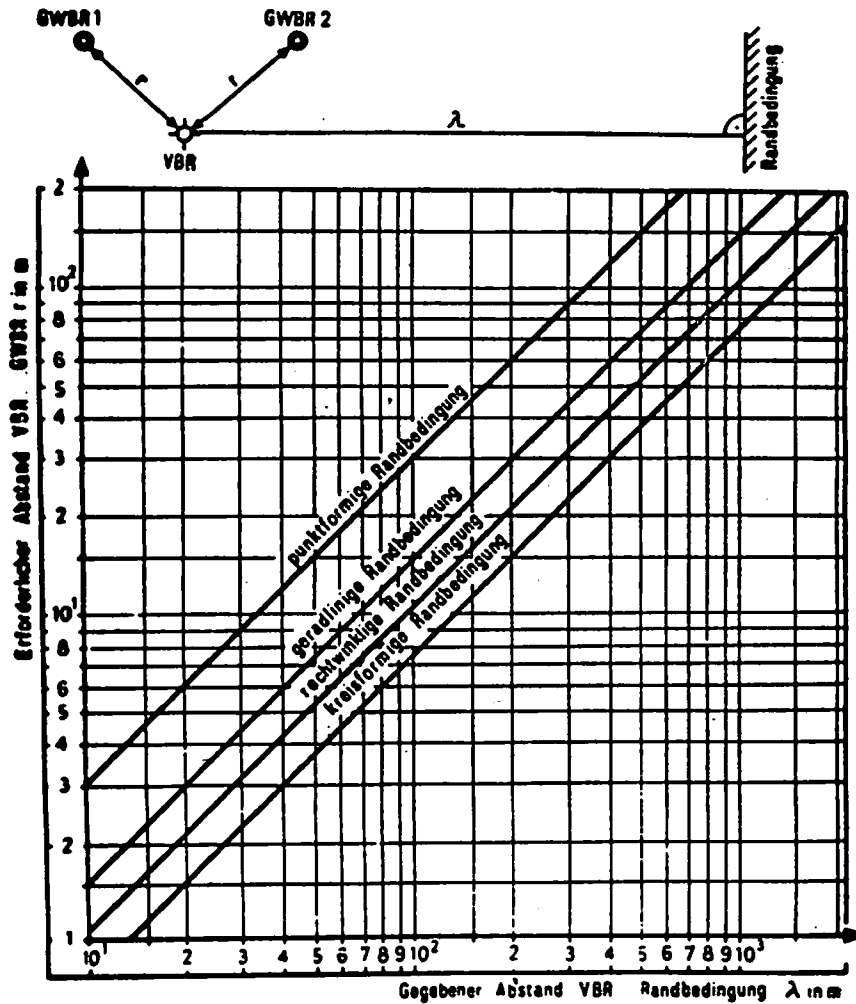


Bild 09.03./1: Grafik zur Ermittlung der Abstände zwischen VBr. und GWBR bei verschiedenen Randbedingungen (TGL 23 864/02)

Tabelle 09.03./4:

Abstände der GWBR vom VBr in m
(BAMBERG/ESCHNER, 1979)

Durchlässigkeit Grundwasserleiter	Nr. GWBR auf Strahl	Anzahl GWBR je Strahl		
		2	3	4
gering (Fein sand)	1	2 bis 3	2 bis 3	-
	2	5 bis 10	5 bis 10	-
	3	-	10 bis 30	-
	4	-	-	-
mittel (Mittelhis Grohsand)	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 (Grohsand his Feinsand)	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

09.00. Brunnen
09.04. Alterung

09.04.

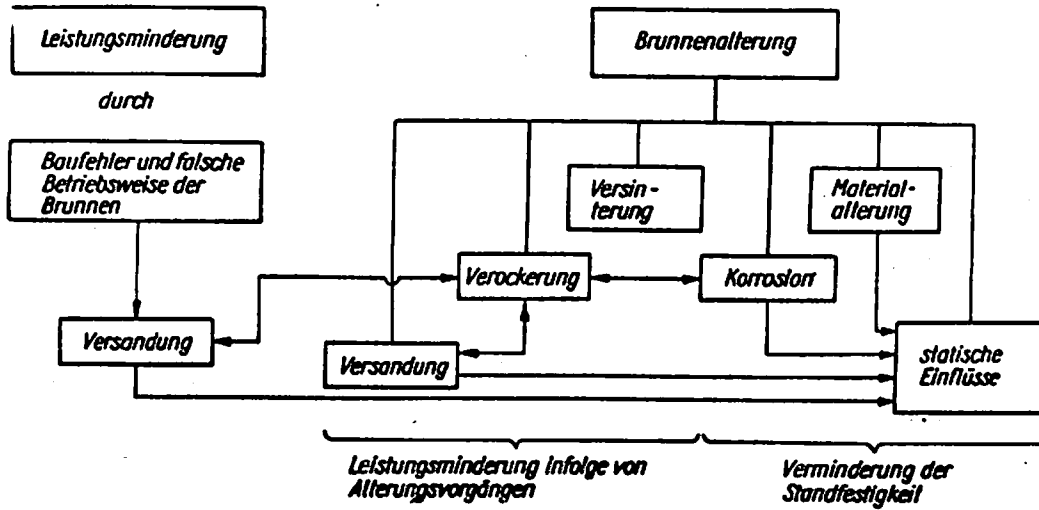


Bild 09.04./1: Komponenten der Brunnenalterung (STRZODKA, 1975)

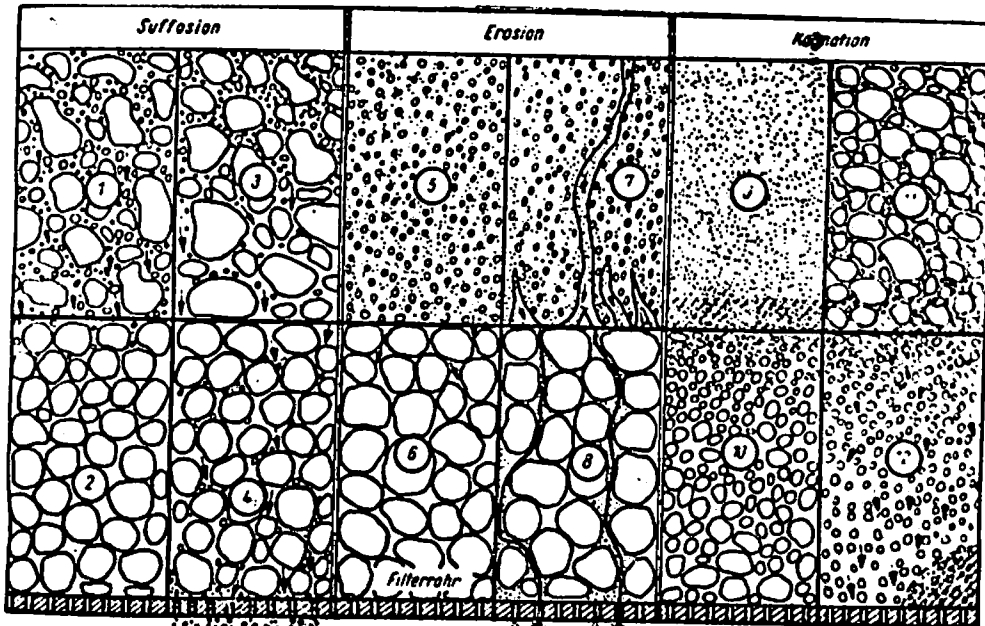


Bild 09.04./2: Versandungseffekte in Brunnenfiltern (KITNER u. a., 1967)
1...4 Suffosion, 5...8 Erosion,
9...10 Kolmation an der Kontaktfläche,
11...12 innere Kolmation