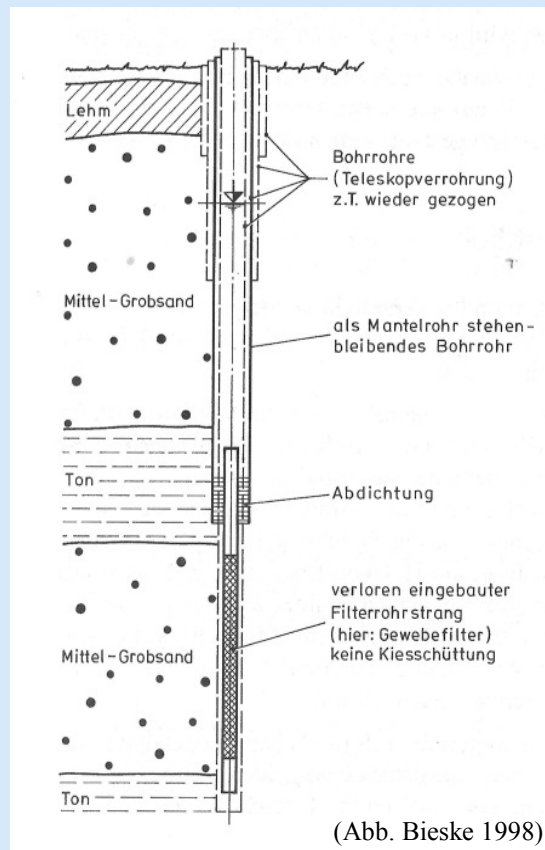
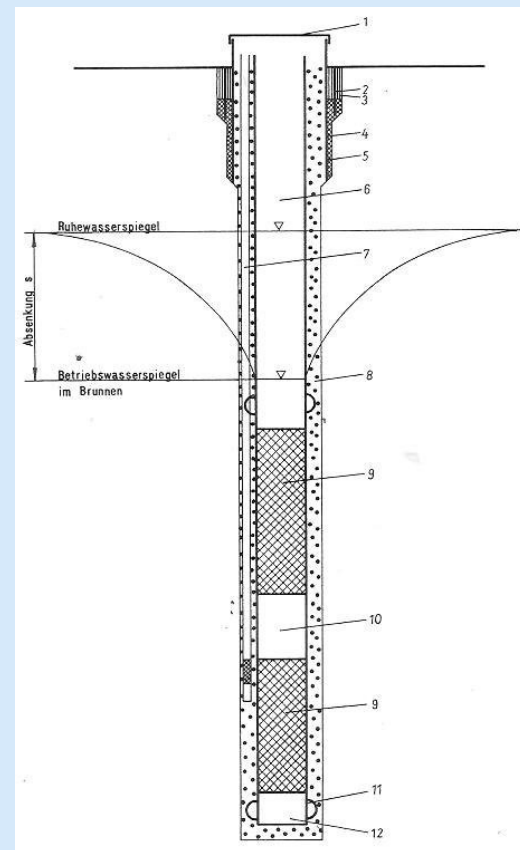


## Ausbauarten

### Teleskopverrohrung und verlorener Ausbau



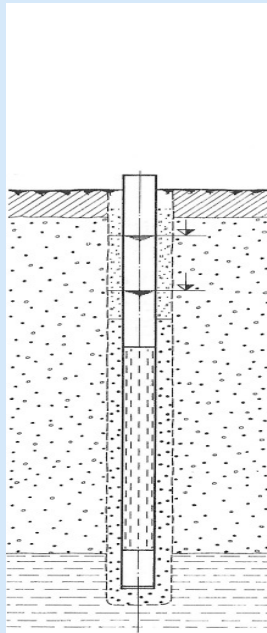
### Starrer Ausbau



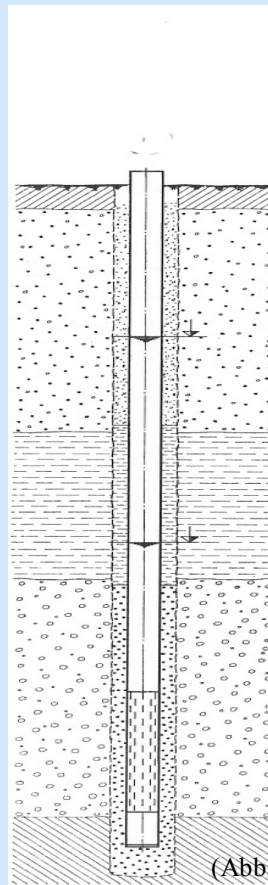
- 1 Brunnenverschlußkappe
- 2 Standrohr
- 3 Stückenton
- 4 Zement
- 5 Schutzrohrtour
- 6 Aufsatzrohr, Vollwandrohr
- 7 2"-Widerstandspegel, mit 2 m Filter, belegt mit Tressengewebe
- 8 Filterkies
- 9 Filterrohr, belegt mit Unterlagsgewebe und Tressengewebe
- 10 Blindrohr für Pumpeneinbau, Vollwandrohr
- 11 Zentrierungen
- 12 Schlammfang, Vollwandrohr mit Bodenstück

## Brunnenarten

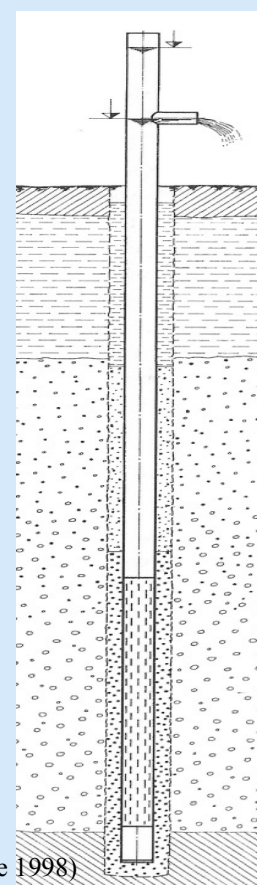
Flachspiegelbrunnen



Tiefspiegelbrunnen



Arteserbrunnen



(Abb. Bieske 1998)

Alle Objekte, die die Bezeichnung Brunnen führen, haben eines gemeinsam:

Sie sind **Sammelschächte für Flüssigkeiten**, in der Regel für Wasser.

Bezeichnung nach Bauart, Zweck, Wasserspiegel, Betrieb, ...

Schachtbrunnen

Bohrbrunnen

Flachspiegelbrunnen

Tiefspiegelbrunnen

Überlaufbrunnen

Arteserbrunnen

Kiesschüttungsbrunnen

Gewebefilterbrunnen

Punktbrunnen

Grundwasserbeobachtungsbrunnen

Peilbrunnen

Grundwasserabsenkungsbrunnen

Grundwasserhaltungsbrunnen

Infiltrationsbrunnen

Versickerungsbrunnen

Sickerbrunnen

Schluckbrunnen

Abwehrbrunnen

Förderbrunnen

Pumpbrunnen

Schöpfbrunnen

Versuchsbrunnen

Sammelbrunnen

Sanierungsbrunnen

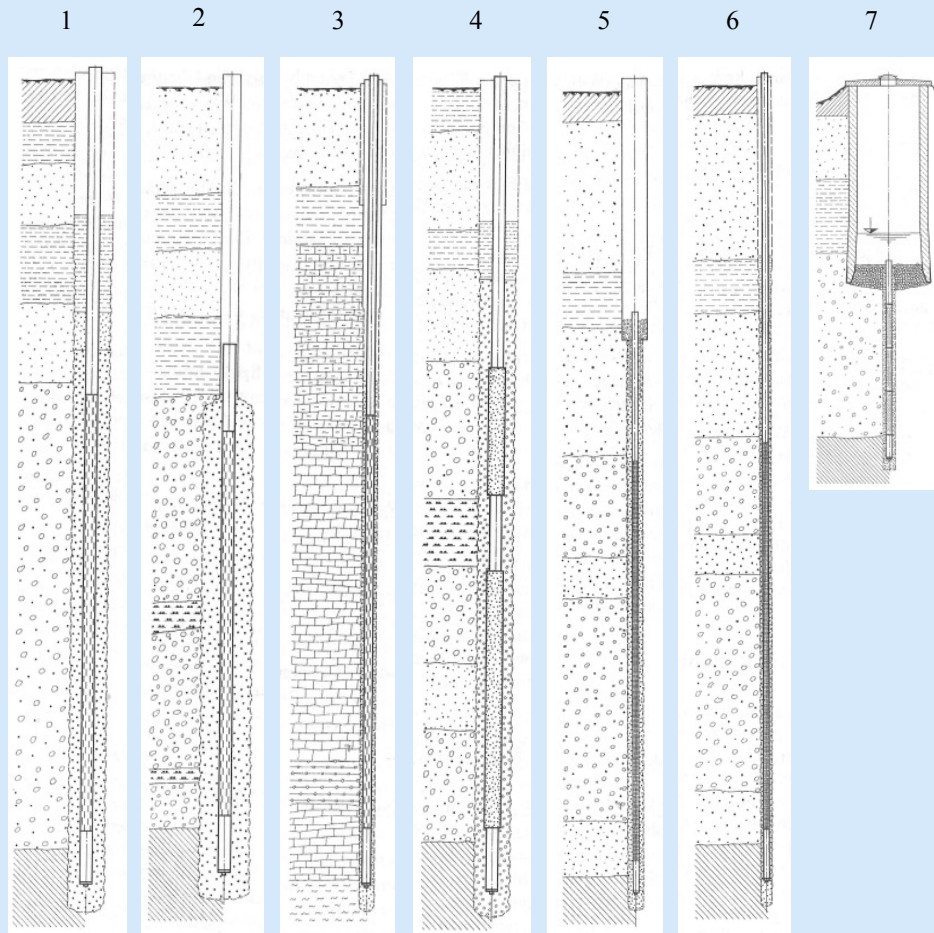
Betriebswasserbrunnen

Feuerlöschbrunnen

Notwasserbrunnen

Mineralwasserbrunnen

## Bauformen



1 Kiesschüttungsbrunnen,  
unverrohrte Spülbohrung

2 Kiesschüttungsbrunnen,  
erweiterter Kiesraum

3 Bohrbrunnen im Festgestein

4 Bohrbrunnen mit Kiesbelagfiltern

5 Gewebefilterbrunnen, verlorener  
Ausbau

6 Gewebefilterbrunnen, starrer  
Ausbau

7 Bohrbrunnen in vertieftem  
Schachtbrunnen

(Abb. Bieske 1998)

## Abdichtungen

### Aufgaben

Schutz vor Verunreinigungen

Verhinderung unkontrollierter vertikaler  
Wasserbewegungen

### Lage

Schachtsohle

Oberer Ringraum

Ringraum zwischen ungenutzten  
Grundwasserleitern

Ringraum oberhalb Gegenfilter

Sumpfraum/Bohrlochsohle

### Abdichtungsmaterialien

#### Schüttung von quellfähigem Ton

Stückenton

Tongranulat

Tonpellets

Tonkugeln

Tonpackungen

Tonkugeln haben gutes Sinkvermögen, optimale Ablagerung,  
gutes Quellvermögen (Achtung! In CMC-Spülung quellen  
Tonkugeln nicht!)

#### Verpressen von Zement/Suspensionen

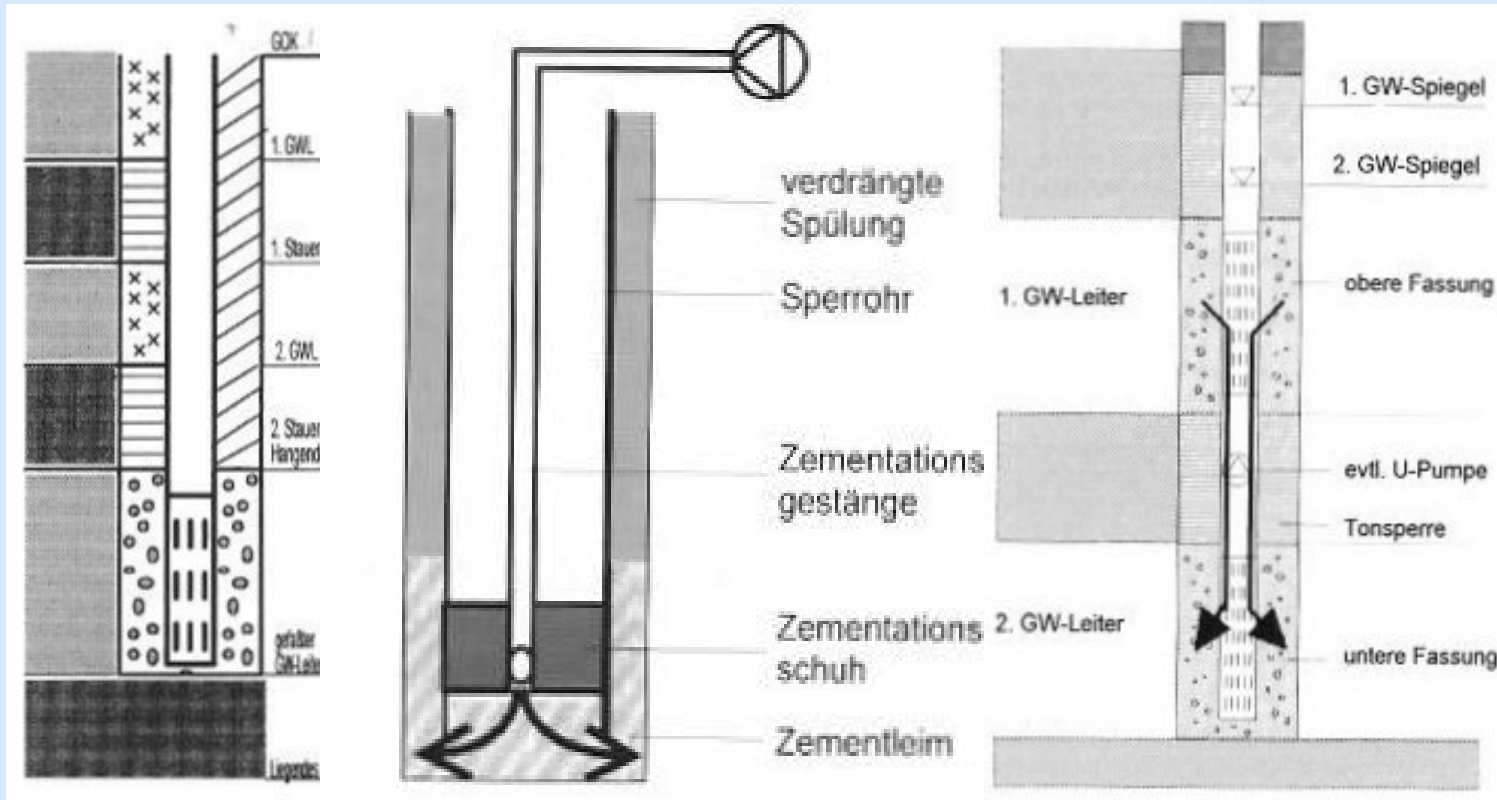
Zement+Tonmehl (Dämmmer)

Zement

Tonmehl+Zement (Troptogel, Brutoplast)

Zement erhärtet starr, bekommt Schwindrisse, erzeugt  
Abbindewärme

**Abdichtungen**



**Tonsperren**

(differenziert und durchgängig)

**Zementation**

(durch die Aufsatzrohre)

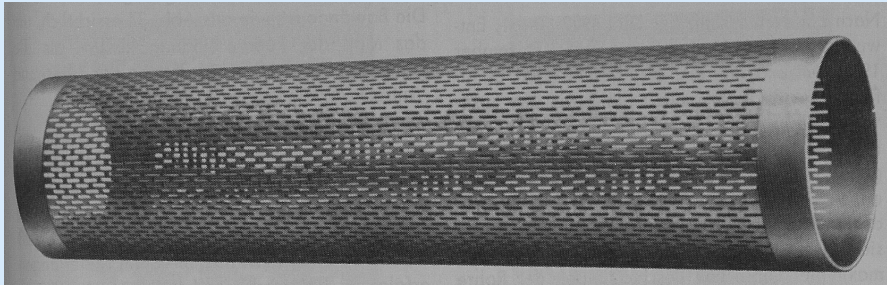
**Grundwasseraustausch über Filter**

(Abb.Tholen1997)

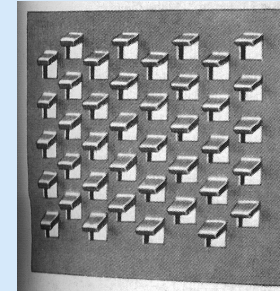
Rohr- und Filterverbindungen

<u>Verbindungsart</u>	<u>Bohrrohre</u>	<u>Ausbaurohre</u>	<u>Filter</u>	<u>Steigleitung</u>
geschraubt	X	X	X	X
genietet	X	X	X	
geschweißt	X	X	X	
gemufft			X	X
glascht			X	
gebördelt			X	
geflanscht		X		X

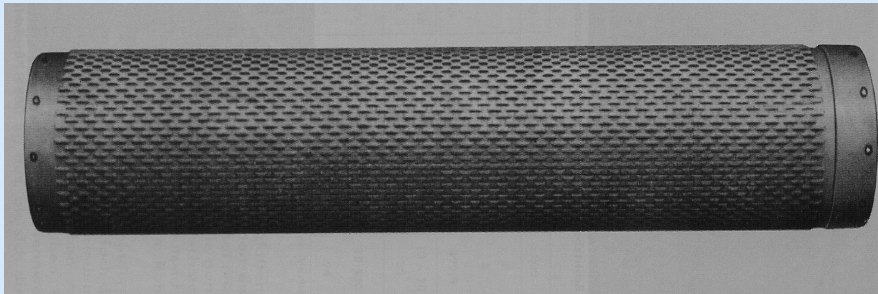
**Stahlfilterrohre**



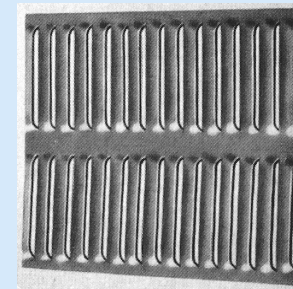
Schlitzlochfilter



Gardelochfilter



Schlitzbrückenfilter



Jalousielochfilter

Schlitzbrückenfilter				
Brückenöffnung [mm]	1,0	1,5	2,0	2,5
k [cm/s]	1,8	2,7	3,6	4,5

(Abb. Nold 1989)

## Kunststoff-Filterrohre

**PVC-U nach DIN 4925 – normalwandig und Werknorm**



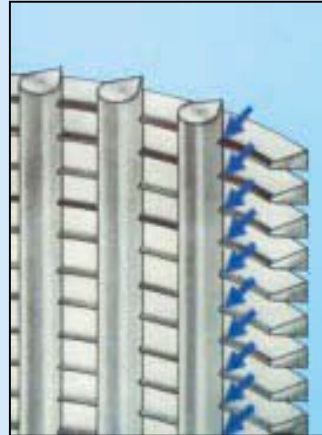
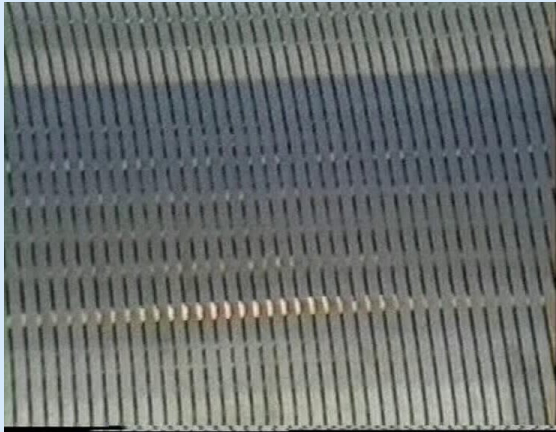
**Kiesbelagfilter**



* = Werknorm		R* = Rohrgewinde - T* = Trapezugewinde		C* = C-Gewinde (TNA) ab Wandstärke 6mm	
Baulängen :	Filter und Vollrohre 1,0 bis 4,0m	Schlitzweiten :	DN 35 - 100	* 0,2 - 3,00mm	
	Baulängen unter 1,0m = 20% Zuschlag		DN 115 - 125	0,3 - 3,00mm	
Verbindung :	nach DIN 4925 C-Gewinde ab Wandstärke 6mm möglich		DN 150 - 175	0,5 - 3,00mm	
			DN 200 - 300	0,75 - 3,00mm	
			DN 350 - 600	1,0 - 3,00mm	



**Wickeldraht-Filterrohre**



$A_F$  offene Filterfläche [%]  
 $s_w$  Schlitzweite, Profilabstand [mm]  
 $B$  Breite des Profildrahtes [mm]

$$A_F = \frac{s_w}{s_w + B} * 100 \text{ [%]}$$

**Wickeldrahtfilter**

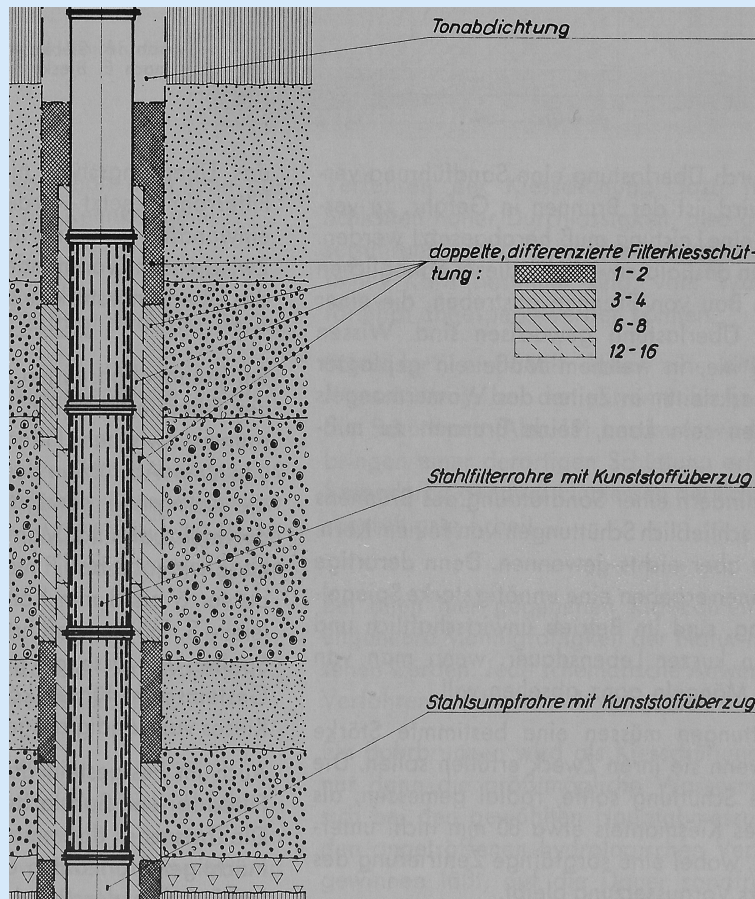
Schlitzweite [mm]	0,5	1,0	2,0	3,0
k [cm/s]	2,5	5,3	11,6	16

**Filterkapazität verschiedener Ausbaumaterialien**

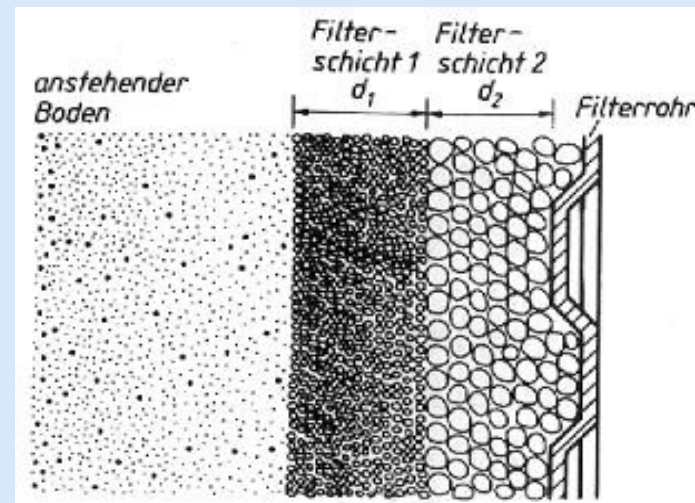
Ausbaumaterial	Durchmesser mm	Schlitzweite mm	offene Fläche* %	theoretische Fördermenge* m <sup>3</sup> /h/m
Pressholzfilter (Obo)	300	2,5	5,3	4,92
Steinzeug	300	2,5	7,1	6,60
Kunststofffilter	300	1,5	8	8,00
Stahlschlitzbrückenfilter	300	1,5	16	14,83
Wickeldrahtfilter	250	1,0	22,2	20,60

\* Alle Werte nach Herstellerangaben.  
Theoretische Fördermengen bei konstanter Eintrittsgeschwindigkeit von 30 mm/s.

Differenzierte Kiesschüttungen



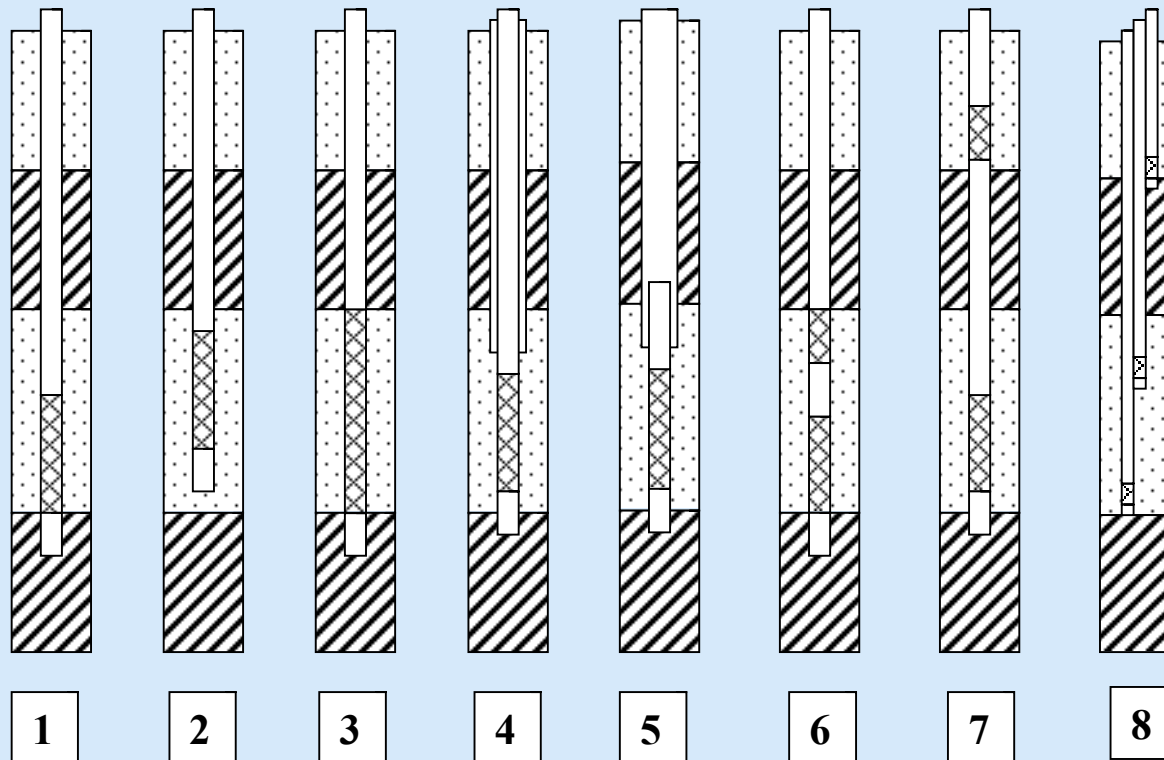
[ Nold 1989]



Körnung in [mm]	Mindestdicke in [mm]
0,25 bis 2	40
über 2 bis 8	50
über 8 bis 31,5	70

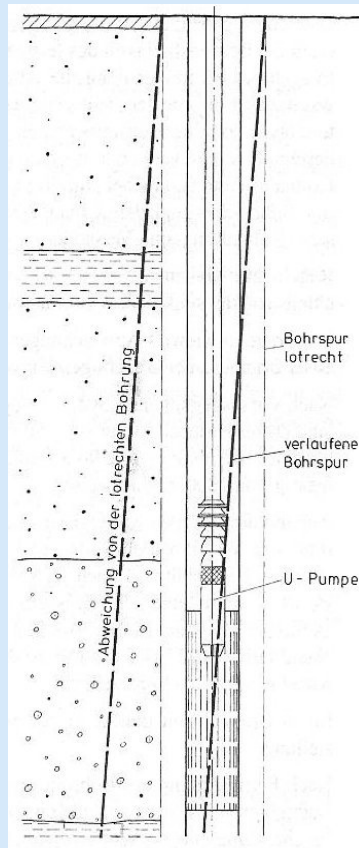
[ Bieske 1998]

**Brunnenausbauvarianten**

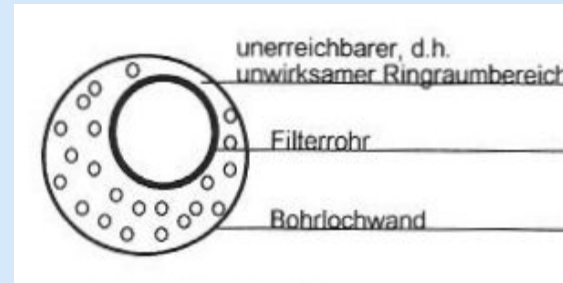


- 1 vollkommener Ausbau
- 2 unvollkommener Ausbau
- 3 voller Ausbau
- 4 starrer Ausbau
- 5 verlorener Ausbau
- 6 Stufenfilter
- 7 Stufenfilter
- 8 Mehrfachfilter

## Lotrechte und Ringraum



[Abb. Bieske 1998]



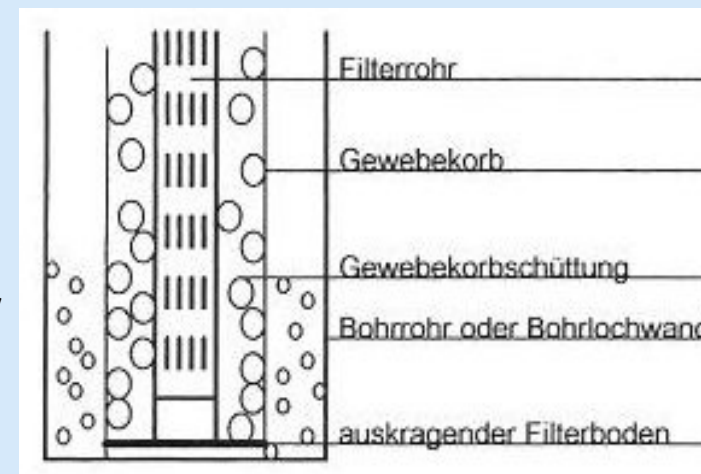
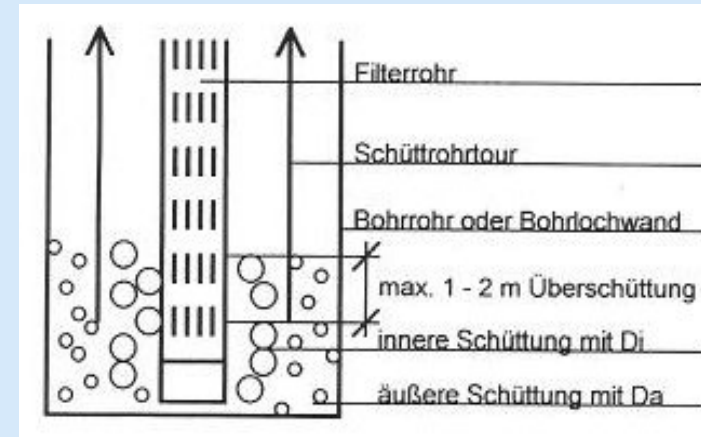
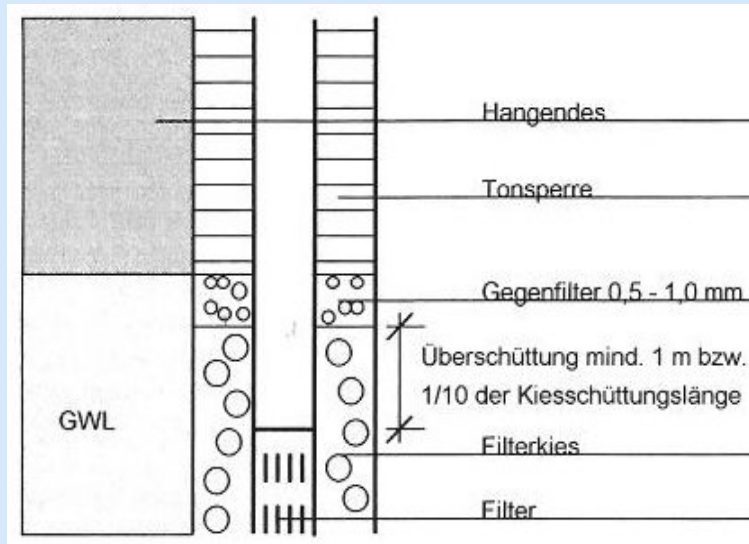
### Dezentrierung

- nicht lotrechtes Bohren
- fehlende Abstandshalter
- behindern frei hängende Einbauten und verringern die Schüttdicke

### Abstandshalter

- Anzahl im unverrohrten Bohrloch zu gering (kann einspiessen)
- Anzahl optimieren, damit Schüttgut nicht hängen bleibt

## Kiesschüttungstechniken



**1 Kiesfilter, Überschüttung, Gegenfilter, Tonsperre**

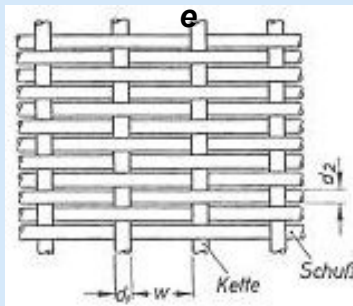
**2 Zweifache Kiesschüttung mittels Schüttrohr**

**3 Zweifache Kiesschüttung mittels Gewebekörben**

(Abb.Tholen1997)

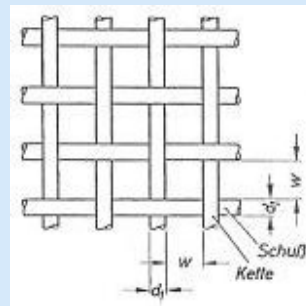
**Drahtgewebe**

**Tressengewebe**

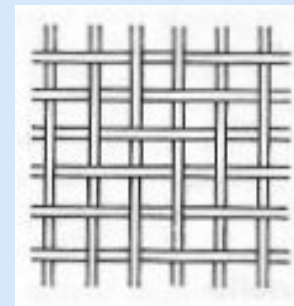


**Nummer der Tresse =**  
Anzahl der Kettfäden  
auf 1 Zoll

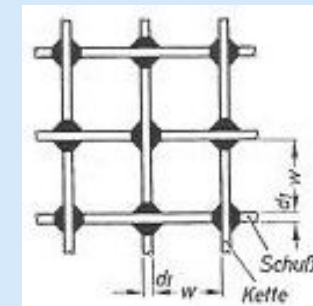
**Schüttgewebe**



**Köpergewebe**



**Stahlgewebe**



**Gewebegröße =** Angabe der Maschenweite

**Material:**

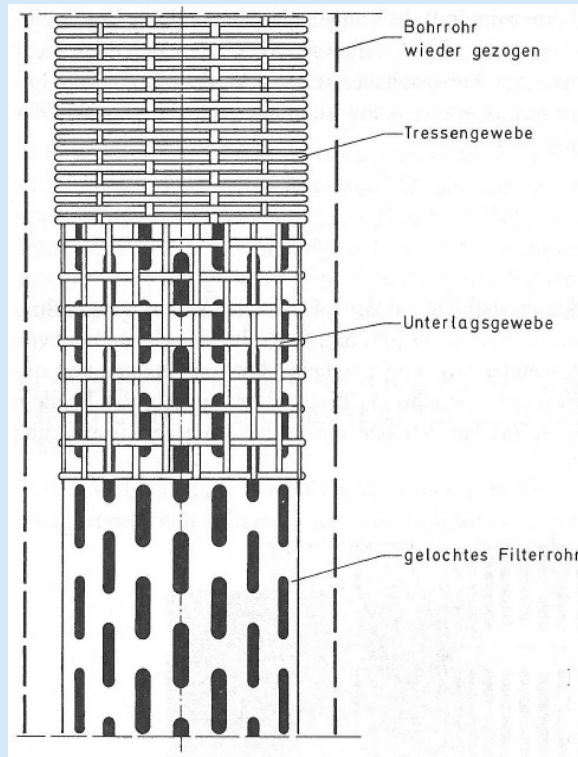
Kupfer

Kunststoff

Stahl  
(feuerschlußverzinkt)

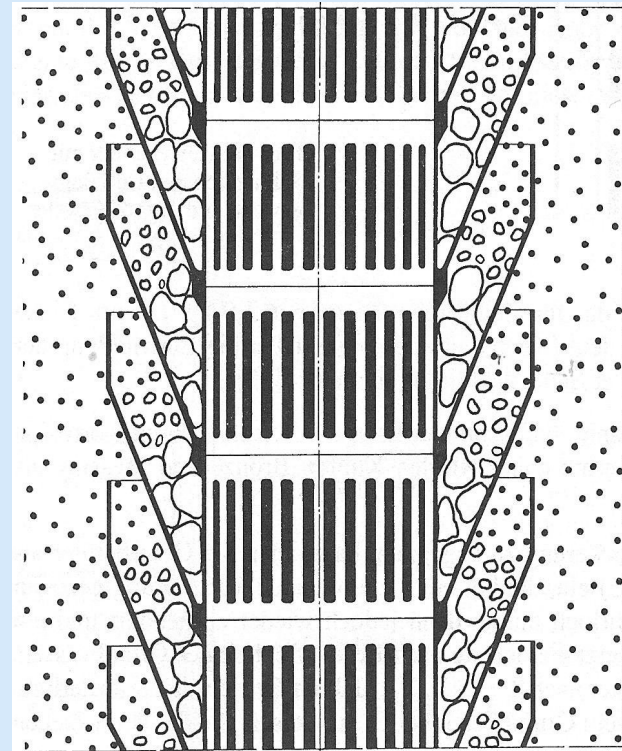
[Abb. Bieske 19980]

## Filterbeispiele



### **Gewebefilter**

(Schlitzfilter, Unterlagsgewebe,  
Tresse)



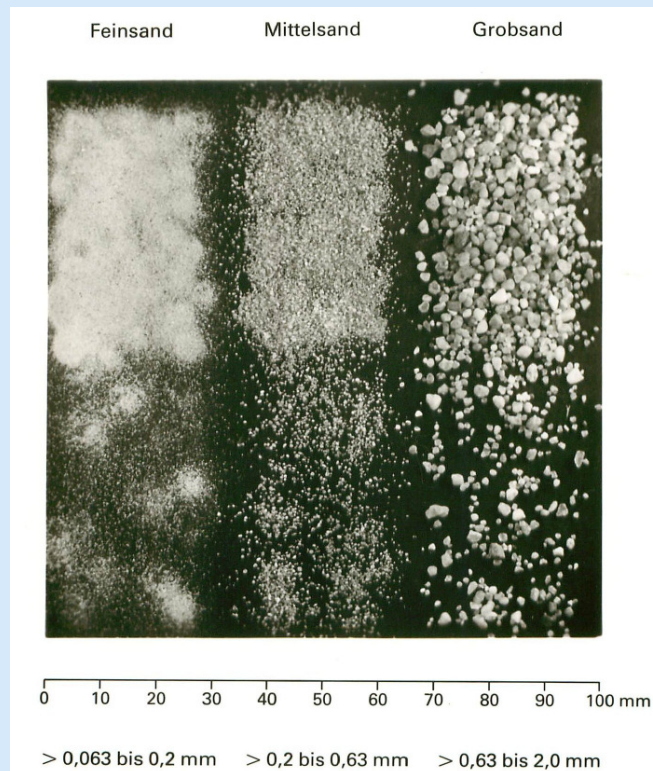
### **Packungsfilter**

(mit Kiestaschen)

[Abb. Bieske 19980]



## Filtersande und Filterkiese (DIN 4924)



1. Filtersande und Filterkiese sind ungebrochene natürliche Quarzsande und Quarzkiese (Rundkorn, kein Splitt)
2. Die Korngruppen nennt DIN 4929. Bei Korngruppe <2mm sind 10% Unter-/Überkorn, bei >2mm sind 12% Unter- und 15% Überkorn zulässig.
3. Innerhalb der Korngruppen ist ein stetiger Aufbau der Korngrößenverteilung sicherzustellen.
4. Mindestens 96% SiO<sub>2</sub> Massenanteil sind erforderlich.
5. Abschlämbbare Bestandteile dürfen höchstens 1% betragen.
6. Bis 8 mm müssen organische Stoffe unter der Nachweisgrenze liegen.
7. Bis 5,6 mm sollten die Körner mindestens kantengerundet sein.
8. Filtersande und -kiese dürfen an das Grundwasser weder Geschmack, Geruch, Farbe noch gesundheitsschädliche Stoffe in hygienisch bedenklichen Mengen abgeben.

## Filter

### Filterkiesschüttung

#### Überschüttung

10 % der Kiesschüttungslänge,  
mind. 1 m

#### Unterschüttung

### Gegenfilter

Gegenfilter erst bei Filterkies >2 mm  
erforderlich

Gegenfilter soll Eindringen feinerer Teile  
aus Verfüllmaterial verhindern

Gegenfilterkörnung sollte ca. 4 mal kleiner  
als Filterkorn sein (i. d. R. 0,5 – 1,0 mm)

Gegenfilter ist i. d. R. max. 1 m dick

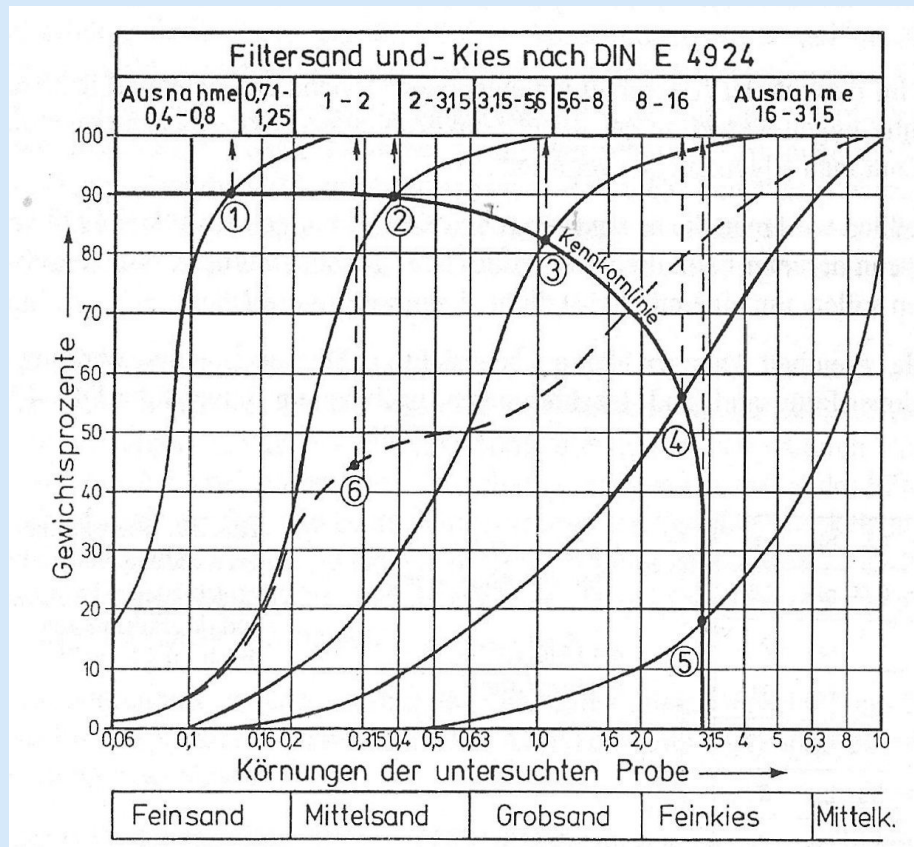
Sinkzeiten bei aufeinanderfolgenden  
Schüttungen beachten

Tonkugeln      21 m/min

Kies Ø 5,0 mm 11 m/min

Sand Ø 0,5 mm 2,5 m/min

**Schüttkornbestimmung aus Siebkurve (nach Bieske 1998)**



**Charakteristische Siebkurven mit Kennkornlinie**

**Das Kennkorn eines Sandgemisches liegt am oberen Wendepunkt der Siebkurve.**

**Das Kennkorn (d) ist die Korngrößengrenze, unter der rein rechnerisch alle Körner beim Entsanden entfernt werden. Alle Körner, die größer als das Kennkorn sind, sollen im Grundwasserleiter verbleiben.**

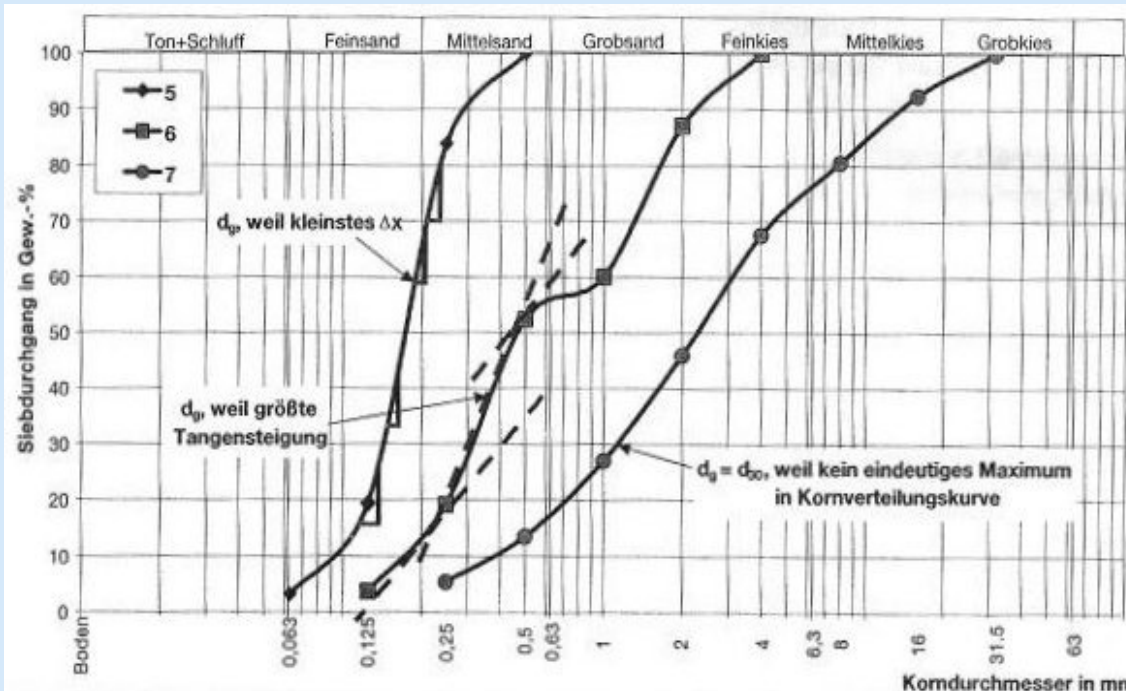
**Filterkiesdurchmesser:**

$$D = d \times f$$

*bei  $U = d_{60}/d_{10} < 5$  gilt für den Filterfaktor  $f = 4$*

[Abb. Bieske 19980]

**Schüttkornbestimmung aus Siebkurve (nach DVGW W113)**



**Bestimmung von  $d_g$  im Wendepunkt:**

Bei einer S-förmigen Siebkurve liegt  **$d_g$  im Wendepunkt.**

Die **Tangente** an der Siebkurve besitzt im Wendepunkt die größte Steigung.

An die Kurve gezeichnete **Steigungsdreiecke** mit konstantem Ordinatenabschnitt weisen im Wendepunkt den **kürzesten Abszissenabschnitt** auf.

Bei mehrfach gekrümmter Siebkurve soll  $d_g$  aus dem ersten Wendepunkt gewählt werden (kleineres Korn).

**Filterkiesdurchmesser:  $D_s = d_g \times F_g$**  ; als Filterfaktor gilt  $F_g = 5 + U$  für  $1 < U < 5$

$F_g = 10$  für  $U \geq 5$

**Bemessung des Filtermaterials (nach Wapro 1.42 Bl.3)**

**Filterschlitzweiten oder Maschenöffnungen des Filtergewebes**

Die Schlitzweite ( $w_s$ ) des Langlochfilterrohres, die lichte Brückenhöhe ( $w_B$ ) im Schlitzbrückenfilterrohr oder die Maschenöffnungen ( $w_G$ ) des Filtergewebes müssen so bemessen werden, daß

- einerseits eine Kontakterosion des unmittelbar anliegenden Erdstoffes ausgeschlossen - obere Grenze der Schlitzweite - und
- andererseits eine Kolmation der Filterschlitz durch die aus dem Grundwasserleiter ausgewaschenen Körner, welche die Porenkanäle des unmittelbar anliegenden Erdstoffes gerade noch passieren können, vermieden wird - untere Grenze der Schlitzweite.

$$\frac{D_{50}}{6} \leq \begin{matrix} w_s \\ w_B \\ w_G \end{matrix} \leq \frac{D_{50}}{2}$$

**Überschlägige Bemessung des Filterkieses oder -sand**

Für überschlägliche Bemessungen kann für einen Ungleichförmigkeitsgrad des Filtermaterials von  $U_D \approx 1$  und einen Ungleichförmigkeitsgrad des daran anliegenden Erdstoffes von  $U_d \leq 10$  folgende Gleichung Anwendung finden:

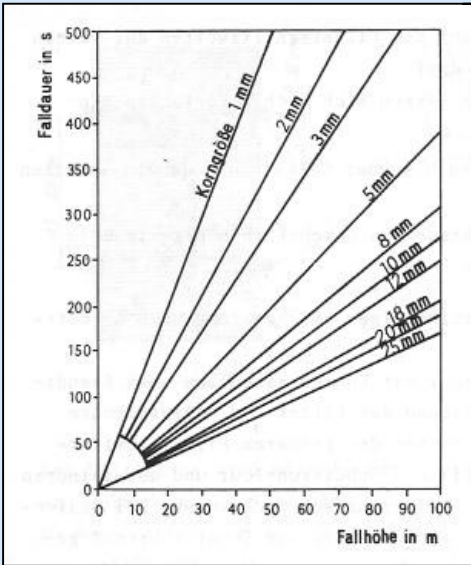
- D - Korndurchmesser des groben
- d - Korndurchmesser des feinen Erdstoffes an einer Kontaktfläche

$$D_{50} \approx (4 \text{ bis } 5) \cdot d_{50}$$

**Filtersande und Filterkiese (DIN 4924)**

Körnungen in mm		Zusammengehörige Körnungen			Durchlässigkeitsbeiwert
Filtersand	0,25 bis 0,5	X			$1,1 \cdot 10^{-2}$ m/s
	über 0,5 bis 1		X		
	über 0,71 bis 1,4			X	
	über 1 bis 2	X		X	
Filterkies	über 2 bis 3,15		X	X	$4,4 \cdot 10^{-2}$ m/s
	über 3,15 bis 5,6		X		$1,1 \cdot 10^{-1}$ m/s
	über 5,6 bis 8	X		X	$3,4 \cdot 10^{-1}$ m/s
	über 8 bis 16		X	X	$7,0 \cdot 10^{-1}$ m/s
	über 16 bis 31,5		X	X	

*Körnungen von Filtersanden und Filterkiesen für Brunnenfilter gemäß DIN 4924.*



[Bieske 1998)

Filtersand	> 0,4 bis 0,8	} als Gegenfilter oder zur Abdeckung
	> 0,71 bis 1,25	
	> 1 bis 2	
Filterkies	> 2 bis 3,15	} mit Filterrohr als Kiesfilter
	> 3,15 bis 5,6	
	> 5,6 bis 8	
	> 8 bis 16	} zur Beschwerung
	> 16 bis 31,5	

k [cm/s]	Körnung [mm]
1	1 – 2
5	2 – 4
10	3 – 7
50	7 - 15

## Schüttkornbestimmung ohne Sieblinie

Korngrößenbereich			Korngröße		Korngrößenvergleich		Filterkies
Bereich	Kz	Benennung	größer als	bis mm	kleiner als	größer als	Vorschlag
Steine	y	Blöcke	> 200		-	Kindskopf	-
	x	Steine	63	200	Kindskopf	Hühnereier	-
Kies	gG	Grobkies	20	63	Hühnereier	Haselnüsse	16 – 31,5
	mG	Mittelkies	6,3	20	Haselnüsse	Erbsen	
	fG	Feinkies	2	6,3	Erbsen	Streichholzköpfe	8 - 16
Sand	gS	Grobsand	0,6	2	Streichholzköpfe	Grieß	5,6 - 8
	mS	Mittelsand	0,2	0,6	gleich Grieß		2 – 3,15
	fS	Feinsand	0,06	0,2	kleiner als Grieß		0,5 – 1,0
Schluff	gU	Grobschluff	0,02	0,06	knirscht zwischen den Zähnen		-
	mU	Mittelschluff	0,006	0,02			-
	fU	Feinschluff	0,002	0,006			-
Ton	T	Ton	< 0,002		-	-	-

**Kiesbestimmung:** Korndurchmesser des vorhandenen Größtkornanteils mit Messlupe oder über Vergleichsgrößen ermitteln und mit Filterfaktor 4 multiplizieren, danach Filtersand/-kies entsprechend DIN 4924 auswählen

## Filtermaterialauswahl (nach TGL zur Orientierung)

Tabelle 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		nach TGL 22 964	nach Lieferprogramm x)
		Nr. nach TGL 27 876	Maschenweite in mm nach TGL O-4189/01			
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 Kies <sup>x)</sup>	0,5	8	0,5 bis 1 <sup>x)</sup>	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 Teufe zulässig



**Bestimmung kf und n aus Kornverteilung (nach DVGW W113)**

**Kornverteilungskurve**

aus Siebsatz nach ISO 3310-1 mit jeweils doppelter Maschenweite, z. B.  
0,063/0,125/0,25/0,5/1/2/4/8/16/31,5

**Durchlässigkeitsbeiwert kf**

$$kf = C \times d_{10}^2 \quad \text{bei } 0,06 \text{ mm} \leq d_{10} \leq 0,6 \quad \text{und} \quad U \leq 20$$

nach BEYER 1964

$$kf = 0,0036 \times d_{20}^{2,3} \quad \text{überschlägig für außerhalb o.g. Gültigkeit}$$

nach BIALAS

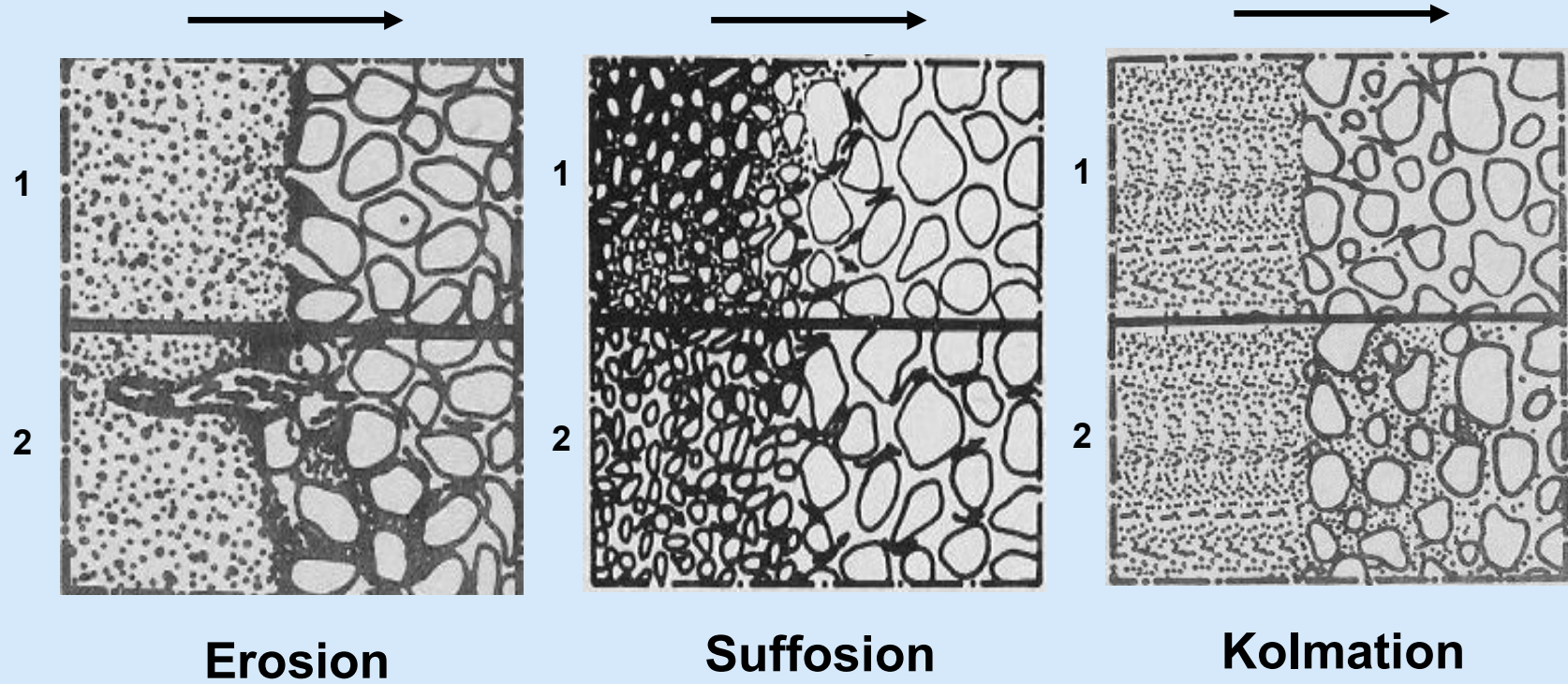
U	C
1,0 ... 1,9	0,011
2,0 ... 2,9	0,010
3,0 ... 4,9	0,009
5,0 ... 9,9	0,008
10,0 ... 19,9	0,007
20	0,006

**Gesamtporositätsanteil n**

$$n = 0,18 - 0,03 \times \log kf \times (1 + 1 \times U^{-2/3})$$

$$U = d_{60}/d_{10}$$

Stabilität von Erdstofffiltern



(Abb. Wapro 1.42)

**Größtes suffosionsgefährdetes Korn (nach Wapro 1.42 Bl.3)**

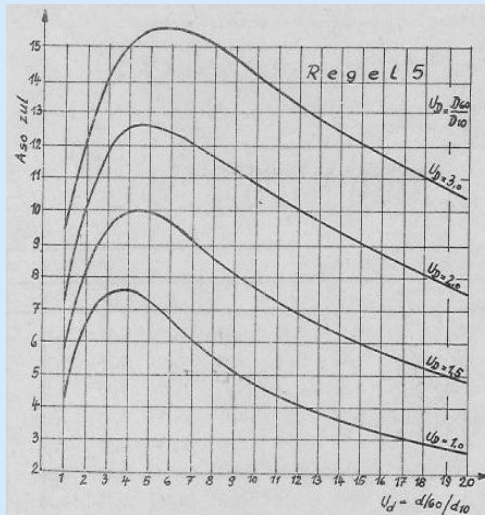


Bild 3

Tabelle 2

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

Für Filterkiese oder -sande - auch als Ausgangsprodukte der Einkornfilterrohre - mit abgerundeter Kornform in lockerster Lagerung mit  $1 \leq U_D \leq 3$  und angrenzenden Erdstoffen mit beliebiger Kornform in beliebiger Lagerung mit  $1 \leq U_d \leq 20$  gilt nachfolgende Bemessungsgleichung:

$$\frac{2,5 \cdot d_s \cdot a^{**}}{e_D} \cdot \sqrt{U_D} \leq D_{50} \leq A_{50,zul} \cdot d_{50}$$

$A_{50,zul}$  ist aus Bild 3 und  $a^{**}$  der Tabelle 2 zu entnehmen;

D - Korndurchmesser des groben und

d - Korndurchmesser des feinen Erdstoffes an einer Kontaktfläche.

Ist die Porenzahl des groben Erdstoffes  $e_D$  nicht bekannt, so ist für  $U_D < 15$   $e_D = 0,9 / \sqrt[3]{U_D}$  zu setzen.

Ist die Porenzahl des feineren Erdstoffes  $e_d$  nicht bekannt, so ist  $e_d = e_{max}$  zu wählen.

$e_{max} \sim 0,9$

Der unteren Grenze kommt nur dann eine besondere Bedeutung zu, wenn Suffosion im Grundwasserleiter auftritt. Suffosion und damit eine Entsandung kann nur bei  $U_d > 8$  bis 10 eintreten. Das größte suffosionsgefährdete Korn ergibt sich überschläglich zu:

$$d_s \leq 0,27 \cdot \sqrt[6]{U_d} \cdot e_d \cdot d_{17}$$

## Länge und Durchmesser des Filterrohres (nach Wapro 1.42 Bl.3)

Die notwendige Größe der Filterfläche ist gegenwärtig nicht eindeutig festlegbar. Nachfolgende Bemessungsregeln können nur als Anhaltswerte verwendet werden:

$$(0,2 \text{ bis } 0,5) v_{\text{krit}} \left[ \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right] \leq \frac{Q}{K \cdot D_a \cdot L} \leq (1 \text{ bis } 3) v_{\text{krit}} \left[ \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right]$$

- $D_a$  - Außendurchmesser des Filterrohres
- $L$  - Länge des Filterrohres
- $Q$  - Förderleistung
- $v_{\text{krit}}$  - kritische Geschwindigkeit entsprechend Tabelle 3

Tabelle 3

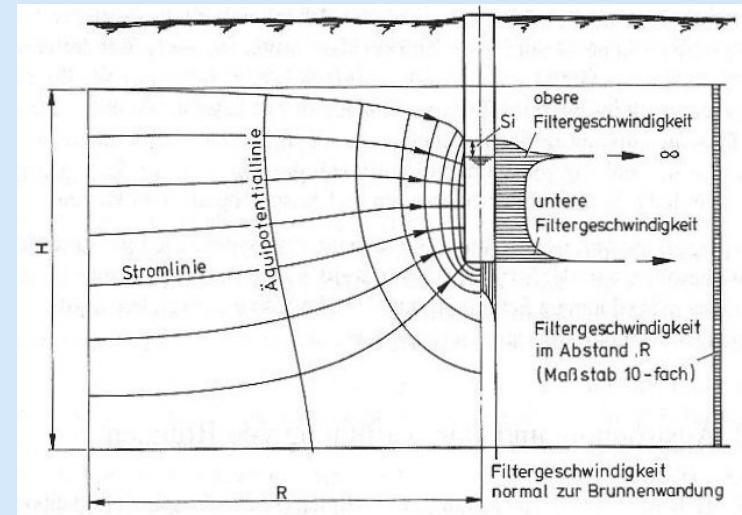
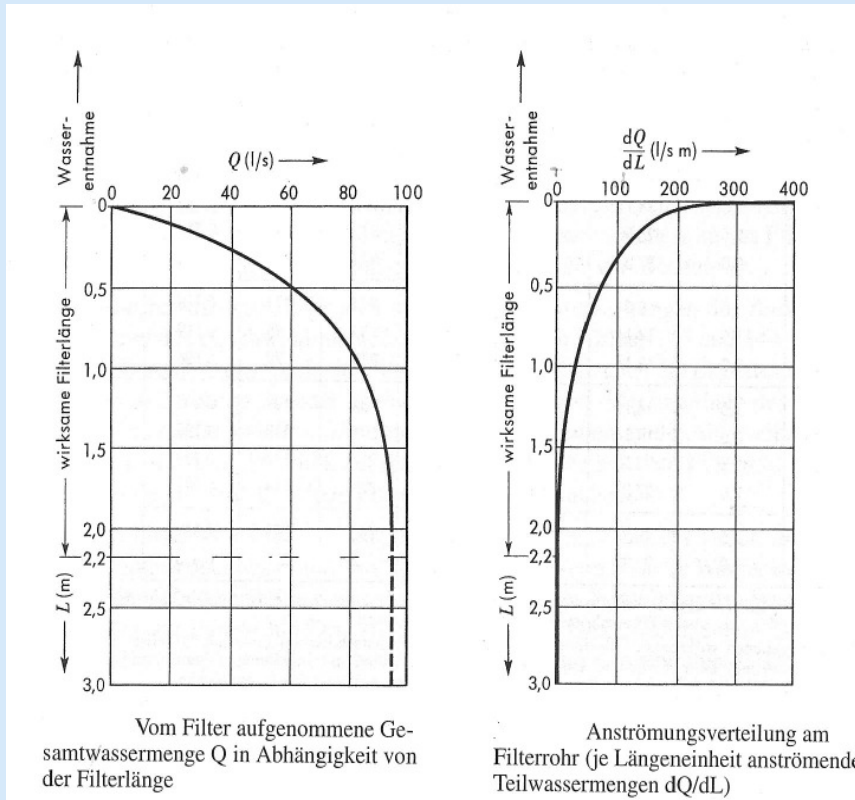
$v_{\text{krit}}$ [ cm/s ]	$U = D_{60}/D_{10}$ bzw. $d_{60}/d_{10}$							
	1	1,5	2	3	4	5	7	10
$D_{10}$ 1	0,36	0,34	0,32	0,26	0,23	0,21	0,18	0,15
bzw. 2	0,32	0,29	0,28	0,23	0,20	0,19	0,16	0,13
$d_{10}$ 3	0,29	0,27	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,12
(mm) 5	0,26	0,24	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
7	0,25	0,23	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

Bei  $v = v_{\text{krit}}$  wird die obere Gültigkeitsgrenze des Darcy-Gesetzes erreicht. Eine Überschreitung der oberen Grenze um das zwei- bis dreifache erscheint unbedenklich, weil erst dann mit Turbulenzerscheinungen gerechnet werden muß.

Die untere Grenze von  $0,5 v_{\text{krit}}$  wurde nach ökonomischen Gesichtspunkten formuliert. Eine Unterschreitung ist daher durchaus möglich und zu empfehlen, wenn die hydraulischen Widerstände infolge Unvollkommenheit des Brunnens seine Leistung zu stark beeinflussen.

Der Durchmesser des Filterrohres ist darüber hinaus so zu bemessen, daß die vertikale Fließgeschwindigkeit im Filterrohr 0,5 bis 1,0 m/s und im Bereich der Unterwassermotorpumpe im Ringquerschnitt 1,5 bis 2,0 m/s nicht übersteigt.

**Filteranströmung**



**Filteranströmung  
(unvollkommener Brunnen)**

**Wassermengenabhängigkeit von  
Filterlänge**

[Abb. Bieske 1998]