

Werkstandard

August 1986

VEB Kombinat Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft	Wassergewinnung Vertikalfilterbrunnen Bemessung von Produktionsbrunnen	WAPRO 1.42/03
--	---	------------------------------------

Deskriptoren: Wassergewinnung, **Vertikalfilterbrunnen**
Umfang: 10 Seiten
Verantwortlich: VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Betriebsteil Magdeburg
Bestätigt: 13. 8. 1986, VEB Kombinat Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft Halle/Saale
Verbindlich ab: 1. 12. 1986

1. Allgemeines

Die Bemessung hat auf der Grundlage der Bemessungsparameter nach den Bemessungsregeln gemäß Abschnitt 3. zu erfolgen.

Werden in Auswertung der Ergebnisse der Bohrarbeiten andere Bedingungen/Ergebnisse angetroffen, als sie der Bemessung in den Ausführungsunterlagen zugrunde liegen, ist durch den Auftragnehmer (AN) zu prüfen, ob trotzdem die Realisierung der Aufgabenstellung erreicht werden kann. Ist dies aus der Sicht des AN fraglich oder auszuschließen, ist der Auftraggeber (AG) zu informieren. Der weitere Fortgang der Arbeiten ist zu vereinbaren.

2. Bemessungsparameter

Bemessungsparameter sind:

- hydrogeologische und grundwasserhydraulische/-chemische Bedingungen am Standort,
- Durchmesser und Einbautiefe der vorgesehenen Fördertechnologie/-technik,
- vorgesehener Förderstrom (maximal/zulässig),
- maximal zulässige Absenkung.

3. Bemessungs- und Gestaltungsregeln

Für die nachfolgenden Regeln gelten folgende Bezeichnungen:

Bezeichnungen:

A ₅₀	Abstandsverhältnis zweier benachbarter Erdstoffe
b	Breite (Dicke [mm])
D	Korndurchmesser des Filterkieses/-sandcs [mm]
d	Korndurchmesser des anstehenden Gesteins [mm]
d _s	Suffusionskorndurchmesser (größtes suffusionsgefährdetes Korn) [mm]
D _x ; d _x	Korndurchmesser des Filterkieses/-sandcs bzw. des anstehenden Gesteins bei x %-Siebdurchgang der Kornverteilungskurve [mm], z. B. d ₁₀ bei 10 %-Siebdurchgang
e	Porenzahl [./.]
f	Faktor [./.]
FK	Filterkies/-sand, Körnung in [mm]
l	Länge [m]
OK	Oberkante
P _{krit.}	zul. Außendruckbelastung von Rohren [MPa]
s	Grundwasserabsenkung [m]
T	Einbautiefe, Teufe [m]
U	Ungleichförmigkeitsgrad = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ bzw. $\frac{d_{60}}{d_{10}}$ [./.]
UK	Unterkante
v	Geschwindigkeit [m/s]
\dot{V}	Förderstrom [m ³ /s]
W	Schlitzweite von Filterrohren bzw. Maschenweite von Geweben [mm]
∅	Durchmesser von Bauteilen/Fördertechnik usw. [mm]

Indizes

A	Aufsatzrohr
a	Außendurchmesser
ax	axial
B	Blindrohr
BR	Brunnen
D	Filterkies, Filtersand
d	anstehendes Gestein
F	Filterrohr
i	Innendurchmesser
K	Komplettierung, Fördertechnik
max	maximal
P	Förderorgan, Einlaufstück
R	Ringraum Förderorgan/Endverrohrung
rad	radial
s	Suffosion
SF	Schlammfang (Sandfang)
V	Vollwandrohr
y	spezielle Länge
zul.	zulässig

3.1. Einbautiefe des Förderorgans bzw. Einlaufstück (T_p)Regel 1:

T_p ist bei Tiefbrunnen-Pumpen-Betrieb nach Bild 1 a), bei Saug-/Heber-Betrieb nach Bild 1 b) festzulegen.

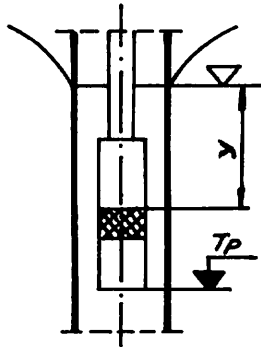


Bild 1 a

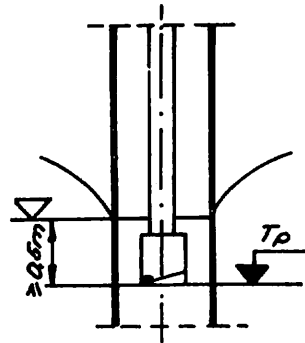


Bild 1 b

- ▽ zulässige Absenkung ggf. mit Sicherheitszuschlag
y Zulaufhöhe nach Forderung des Pumpenherstellers

3.2. Länge und Durchmesser von Filterrohren

Regel 2:

$$l_F; \varnothing_{Fa} = f(v_{rad}) \quad (1)$$

$$0,0015 \leq v_{rad} \leq 0,0030 \text{ [m/s]} \quad (2)$$

$$v_{rad} = \frac{\dot{V}}{\pi \cdot \varnothing_{Fa} \cdot l_F} \quad (3)$$

Regel 3:

$$\phi_{Fi} = f(v_{ax}) \quad (4)$$

$$v_{ax} \leq v_{ax \text{ zul.}} \quad [\text{m/s}] \quad (5)$$

$$v_{ax} = \frac{\dot{V}}{\frac{\pi}{4} \cdot \phi_{Fi}^2} \quad (6)$$

$v_{ax \text{ zul.}}$ nach Tabelle 1.

Tabelle 1:

T_{BR} [m]	$v_{ax \text{ zul.}}$ [m/s]
≤ 50	1,0
> 50	2,0

Regel 4:

Bei Einbau des Förderorgans/Einlaufstücks innerhalb des Filters (Blindrohr) oder in den Schlammfang muß ϕ_{Fi} auch der Regel 7 entsprechen.

Die Bemessung hat nach Regel 2 bis 4 zu erfolgen. Es gilt der größte Wert.

Zu v_{rad} ; v_{ax} ; ϕ_{Fa} ; ϕ_{Fi} siehe Bild 2.

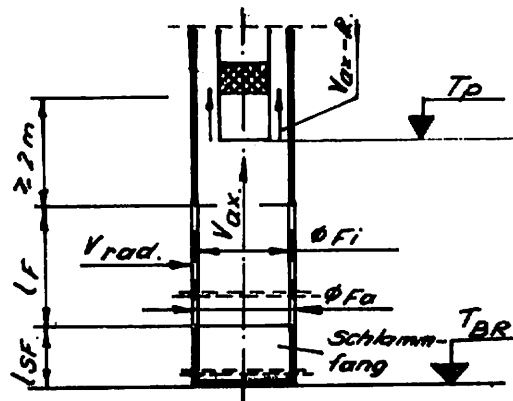


Bild 2

3.3. Länge von bestimmten Vollwandrohren

Regel 5:

Die Länge von Blindrohren (l_B) ist auf der Grundlage Bild 3 festzulegen.

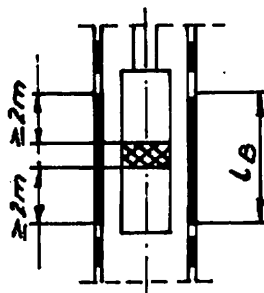


Bild 3

Regel 6:

$l_{SP} \approx 1$ m. Ausnahmen sind zulässig, jedoch nur, wenn sie durch die GWL-Mächtigkeit begründet sind.

3.4. Durchmesser von Vollwandrohren

Regel 7:

Bis zur Einbautiefe des Förderorgans/Einlaufstücks (T_p) gilt:

$$\varnothing_{V1} = f \cdot \varnothing_{K \max} \quad (7)$$

$$f = 1,1 \text{ bei } T_p < 50 \pm 10 \text{ [m]}$$

$$= 1,2 \text{ bei } T_p > 50 \pm 10 \text{ [m].}$$

Regel 8:

Im Bereich des Förderorgans (Pumpe, Einlaufstück) gilt nachfolgende Beziehung:

$$v_{ax-R} \leq 2 \text{ m/s} \quad (8)$$

$$v_{ax-R} = \frac{\dot{V}}{\frac{\pi}{4} (\varnothing_{F1}^2 - \varnothing_I^2)} \quad (9)$$

Bei UWM-Pumpen-Betrieb ist eine höhere Geschwindigkeit als 2 m/s zulässig, wenn dies der Pumpenhersteller gestattet.

Zu v_{ax-R} siehe Bild 2.

Regel 9:

Unterhalb der Einbautiefe T_p gilt:

$$\varnothing_{V1} \approx \varnothing_{F1} \quad (\varnothing_{F1} \text{ siehe Regel 3}) \quad (10)$$

Die Bemessung hat nach Regel 7 bis 9 zu erfolgen. Es gilt der größte Wert.

3.5. Schlitzweite von Filterrohren, Maschenweite von Geweben

Die Schlitzweite (W) des Filterrohres bzw. die Maschenöffnungen des Filtergewebes müssen so bemessen werden, daß

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

Dies wird durch die Einhaltung nachfolgender Bemessungsregeln erreicht; wobei W dem entsprechenden Standard zu entnehmen ist. Es sind Werte nahe der oberen Grenze zu wählen, Abweichungen hiervon sind zu begründen.

Regel 10:

$$\frac{D_{50}}{3} \leq W \leq D_{50} \text{ [mm]} \quad (11)$$

$$\frac{d_{50}}{3} \leq W \leq d_{50} \text{ [mm]} \quad (12)$$

Anmerkung zu Regel 10:

a) Bei Anwendung der Formeln (11) und (12) ist zu beachten, daß im Bereich

$$\frac{D_{50}}{2} \text{ bzw. } \frac{d_{50}}{2} \leq W \leq D_{50} \text{ bzw. } d_{50}$$

auf Grund stärkerer Entsandung ggf. Setzungen auftreten können. Es ist deshalb erforderlich,

- entweder die geforderte Überschüttungshöhe auf mindestens 2 m zu erhöhen (siehe WAPRO 1.25./01)
- oder das Klarpumpen vor dem Einbringen des Gegenfilters durchzuführen (siehe WAPRO 1.25./01)

b) Bei Schlitzbrückenfiltern gilt die Brückenhöhe als Schlitzweite W.

Regel 11: $W \leq 5 \text{ mm}$

Regel 12:

Bei Gewebefilterbrunnen (Tressengewebe) ist stets zugleich Stützunterlagsgewebe mit $W = 5 \text{ mm}$ zu verwenden.

Regel 13:

Bei Anwendung von Tressengewebe gemäß TGL 27 876 ist die Tresse gemäß Tabelle 2 zuzuordnen.

Tabelle 2:

d_{50} [mm]	bisherige Tressen-Nr. nach TGL 27 876
$< 0,2$	16
0,2 bis 0,3	10 bis 12
$> 0,3$	8

Anmerkung zu Regeln 12, 13 und Tabelle 2:

Bei Anwendung dieser Regeln sind die Anwendungsparameter für Tressengewebe nach WAPRO 1.25./01 zu beachten.

3.6. Körnung des Filtersandes/-kieses bei Kiesschnittungsbrunnen

Die Auswahl des Filterkieses oder -sand und der Einkornfilter hat so zu erfolgen, daß

- einerseits eine Kontakterosion des an dem Filterkies oder -sand oder an den Einkornfilter angrenzenden Gesteins ausgeschlossen -, obere Grenze der Filterkörnung - und
- andererseits eine innere und äußere Kolmation des Filterkieses oder -sand und des Einkornfilters vermieden wird - untere Grenze.

Der Einkornfilter wird dabei wie eine Filterschüttung behandelt und durch den Korndurchmesser bei 50 % der Kornverteilungskurve D_{50} und den Ungleichförmigkeitsgrad des Filtermaterials U_D , aus dem der Einkornfilter hergestellt wurde, sowie die erzielte Porenziffer e_D charakterisiert.

Regel 14:

Bei anstehendem Gestein mit $1 \leq U_D \leq 20$ gilt nachfolgende Bemessungsgleichung (Gl. 13):

$$\frac{2,5 \cdot d_s \cdot a^{++}}{e_D} \cdot \sqrt{U_D} \leq D_{50} \leq A_{50 \text{ zul.}} \cdot d_{50} \quad (13)$$

$$e_D = \frac{0,9}{\sqrt{U_D}} \quad (14)$$

$A_{50 \text{ zul.}}$ ist aus Bild 4 und a^{++} der Tabelle 3 zu entnehmen.

Der unteren Grenze kommt nur dann Bedeutung zu, wenn Suffosion im Grundwasserleiter auftritt ($U_D > 8$ bis 10).

Das größte suffosionsgefährdete Korn ergibt sich überschläglich zu:

$$d_s \leq 0,27 \cdot \sqrt[6]{U_D} \cdot e_d \cdot d_{17} \quad (15)$$

$$e_d = e_{d \text{ max}} = 0,9 \quad (16)$$

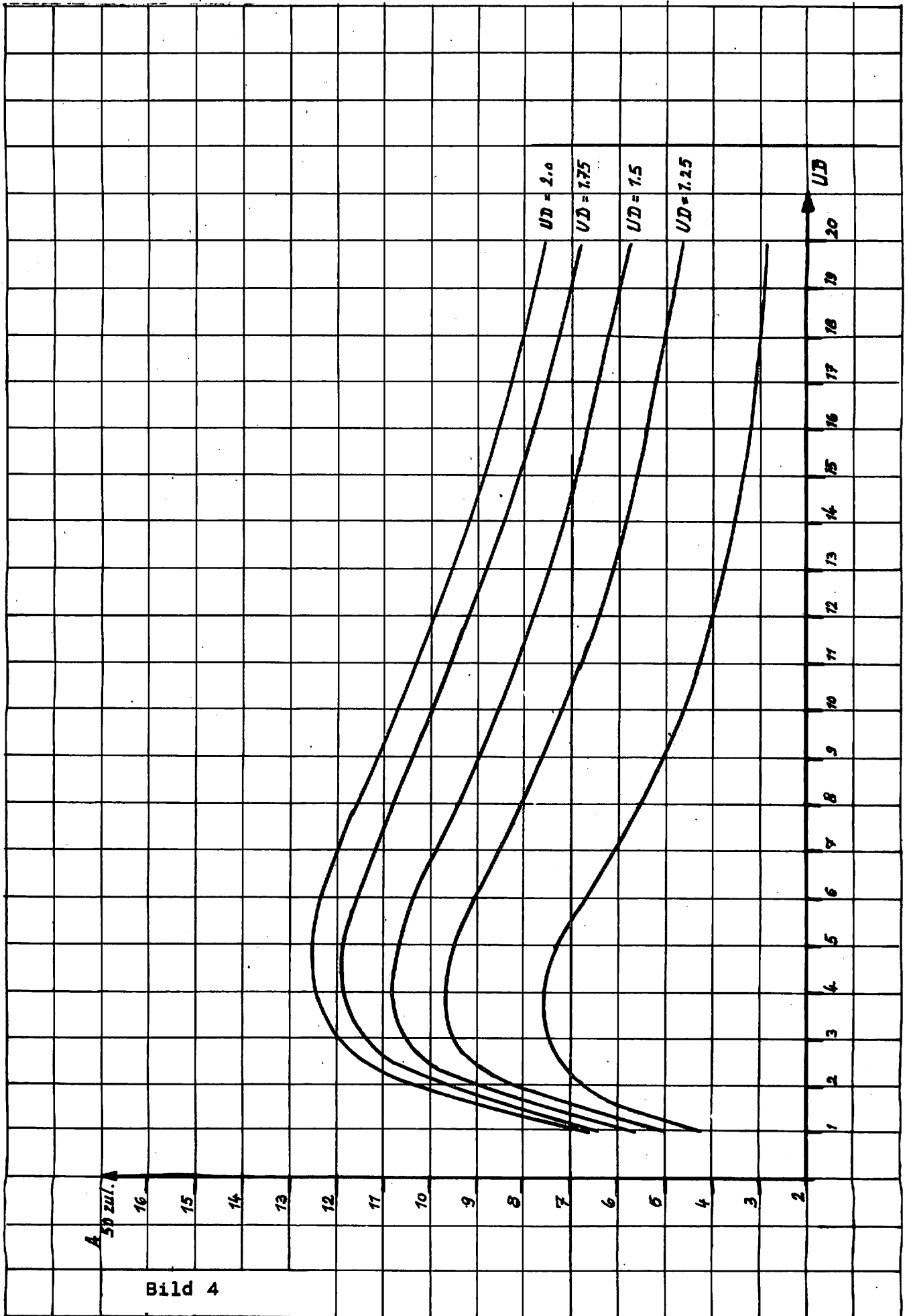


Bild 4

Tabelle 3:

d_B [mm]	a^{++}
$0,01 \leq d_B < 0,05$	4
$0,05 \leq d_B < 0,25$	3
$0,25 \leq d_B < 0,50$	2,5

Regel 15:

Zur Gewährleistung minimaler hydraulischer Widerstände und einer Verzögerung der Brunnenalterung sind solche Filterkiese/-sande zu wählen, die der oberen Grenze in Regel 14 nahekommen.

Regel 16:

Bei einem Ungleichförmigkeitsgrad $1,5 < U_d < 10$ und bei Verwendung von Filtersand bzw. -kies nach TGL 37 523 kann

- für eine überschlägliche Bemessung,
- zur Überprüfung der in den Ausführungsunterlagen enthaltenen Bemessungsparameter auf der Grundlage der Istverhältnisse im Ergebnis der Bohrarbeiten,
- bei Kleinbrunnen

die Tabelle 4 Anwendung finden.

Tabelle 4:

d_{50} [mm]	Körnung des Filtersandes/-kieses nach TGL 37 523 [mm]
$\approx 0,11$	0,5 / 1
$\approx 0,16$	0,8 / 1,6
$\approx 0,22$	1 / 2
$\approx 0,44$	2 / 4
$\approx 0,88$	4 / 8

Regel 17:

In Teufen $> 100 \pm 20$ [m] ist nur Filtersand (max. Körnung 1 bis 2 mm) zu schütten. Ist die Verwendung groberen Filterkieses erforderlich, dürfen nur Kiespackungsfiler angewandt werden.

3.7. Körnungen des Filtersandes/-kieses bei Mehrfachschüttungen

Regel 18:

Bei Mehrfachkieseschüttungen (abgestufte Schüttungen) gelten die Regeln 14 bis 16 auch für die einzelnen Schüttungen untereinander.

3.8. Filterkiesdicke (b_{FK}) bei KiesschüttungsbrunnenRegel 19:

Die erforderliche Filterkiesdicke ist auf der Grundlage Bild 5 nach Tabelle 5 festzulegen.

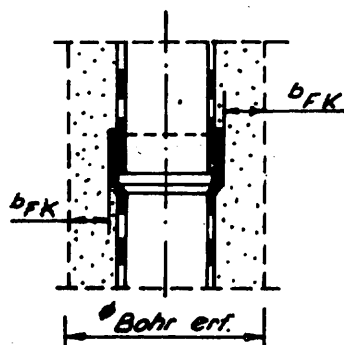


Tabelle 5

FK Körnungen [mm]	b_{FK}
0,5 bis 2	≥ 50
2 bis 8	≥ 80
> 8	≥ 100

Die Anwendung der Regel 19 setzt das Vorhandensein entsprechender Abstandshalter nach Regel 21 voraus.

Bild 5

Regel 20:

Bei mehrfachen Kiesschichten gilt die Regel 19, auch für diese Schichten untereinander.

3.9. Anordnung von Abstandshaltern bei Kiesschlittungsbrunnen

Regel 21:

Abstandshalter sind unmittelbar über und unter dem Filterrohrbereich und im Filterrohrbereich mindestens aller 2 bis 4 m, jedoch nur außerhalb des Bereiches der Filterschlitzte anzuordnen. Bei

- kraftschlüssigen Rohrverbindungen,
 - nichtkraftschlüssigen Rohrverbindungen in Verbindung mit einer Innenzentrierung
- kann der Abstand der Abstandshalter bis zu 8 m betragen.

3.10. Bemessung und Anordnung von Widerstandspegeln, Peilrohren und Sondenschutzrohren

Regel 22:

Widerstandspegel (WP), Sondenschutzrohre (SSR) und Peilrohre (PR) sind wie folgt zu bemessen/ auszuführen:

- Filterlänge: 1 bis 2 m
- Sandfanglänge: 1 bis 2 m.

Regel 23:

Hinsichtlich Nenndurchmesser, Einbautiefe und räumlicher Lage gilt Tabelle 6.

Tabelle 6

Art	DN	Einbautiefe (UK) [mm]	räumliche Lage
WP	≈ 1 1/4"	gleich oder geringfügig tiefer als Mitte Fassungsfilter	Filter an der Peripherie des Bohrlochs, jedoch mit einem Mindestabstand von 20 mm vom Fassungsfilter
PR		~ 3 m unter OK-Fassungsfilter bzw. zulässige Absenkung bei Betrieb des Brunnens	keine Forderungen
SSR	≈ 1 1/2"	~ 2 m unter UK-Fassungsfilter	- bei 2 Stck.: 180° ± 5° versetzt - bei 3 Stück.: 120° ± 5° versetzt

3.11. Bemessung der Endverrohrung gegen Außendruck

Regel 24:

$$p_{krit.} > \frac{s_{max}}{100} \text{ [MPa]} \quad (\text{zu } s_{max} \text{ [m WS] siehe Bild 6}) \quad (17)$$

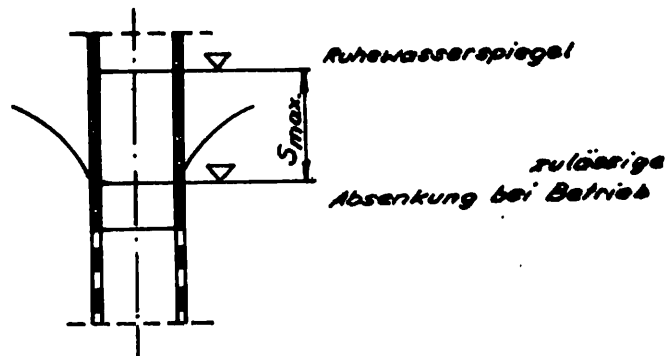


Bild 6

4. Algorithmus für die Bemessung von Vertikalbohrbrunnen

Für die Bemessung von Vertikalbohrbrunnen müssen folgende Größen bekannt sein:

- Mächtigkeit des Grundwasserleiters
- Durchlässigkeitsbeiwert k_p des Grundwasserleiters
- ungestörter Grundwasserspiegel
- äußere Randbedingungen
- schichtenförmiger Aufbau des Grundwasserleiters
- Speisungsverhältnisse
- Korngrößenverteilung der durchlässigen Schichten (d_{10} , d_{60} , $D_d = d_{60}/d_{10}$, d_{17} , d_{50})
- Korngrößenverteilung der angebotenen Filterkiese oder -sande (D_{10} , D_{60} , $U_D = D_{60}/D_{10}$ und D_{50})
- Anzahl der Brunnen
- Fördermenge je Brunnen.

1	Festlegung der Brunnenstandorte im Fassungsgebiet
2	Festlegung der Förderleistung V von jedem Brunnen
3	Ermittlung der Absenkung in jedem Brunnen nach WAPRO 1.42./02
4	Festlegung der Einbautiefe des Förderorgans bzw. Einlaufstücks (T_p) - Regel 1 -
Ermittlung von v_{rad}	
5	Festlegung der Länge (L_F) und des Außendurchmessers von Filterrohren - Regel 2 -
Ermittlung von v_{ax}	
6	Festlegung des Innendurchmessers (ϕ_F) von Filterrohren nach Regel 3 und 4
7	Bestimmung der Länge von Blindrohren (L_B) - Regel 5 -
8	Bestimmung der Sandfanglänge (L_{SF}) - Regel 6 -

Ermittlung von v_{ax-R}

9	Bemessung des Durchmessers von Vollwandrohren (ϕ_V) - Regel 7 bis 9 -
10	Ermittlung der Schlitzweite von Filterrohren (W_F) und Maschenweite von Geweben (W_G) - Regel 10 bis 13 -
11	Bemessung des Filterkieses/-sandess - Regel 14 bis 18 -
12	Ermittlung der Filterkiesdicke (b_{FK}) - Regel 19 und 20 -
13	Anordnung von Abstandshaltern - Regel 21 -
14	Bemessung und Anordnung von Widerstandspegeln, Feilrohren und Sondenschutzrohren - Regel 22 und 23 -
15	Bemessung der Endverrohrung gegen Außendruck - Regel 24 -

Hinweise:

Ersatz für WAPRO 1.42./03, Ausg. Februar 1971 -/-

Änderungen gegenüber Ausg. Februar 1971 -/-:

Vollständige Neubearbeitung, Einarbeitung der TGL 34 382/03

Im vorliegenden Standard ist auf folgende Standards Bezug genommen:

TGL 23 864; TGL 27 876; TGL 34 382; TGL 37 523

WAPRO 1.25./01; WAPRO 1.25./04; WAPRO 1.42./01; WAPRO 1.42./02