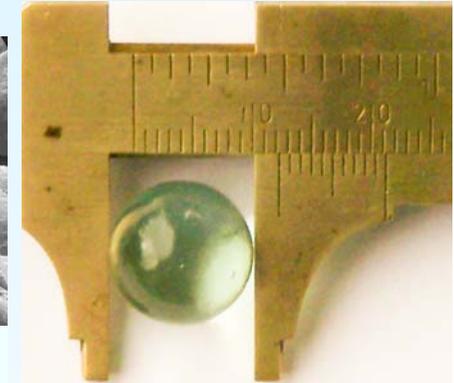


figawa Service

Geofora - Kongress zur Fachmesse Wasser Berlin 2009

Berlin, 31.03. / 01.04.2009



Anmerkungen zur Dimensionierung von Sanden, Kiesen oder Glaskugeln zum Ausbau von Vertikalfilterbrunnen im Lockergestein

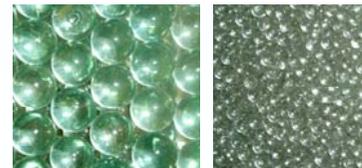
Dipl.-Ing. Kerry F. Paul

IBB Ingenieur- und Beratungsbüro für Brunnenbetriebstechnik und –instandhaltung GmbH
Am Pichelssee 12, D- 13595 Berlin, Tel. 030 – 36 28 63 50 / 01577 – 45 31 936, kfp@ibb-berlin.de

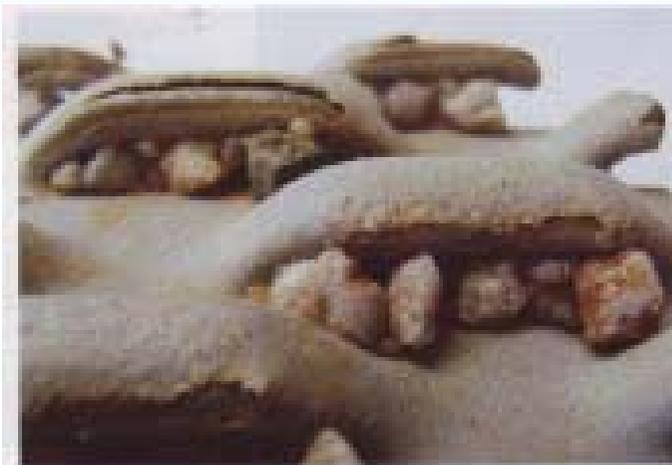
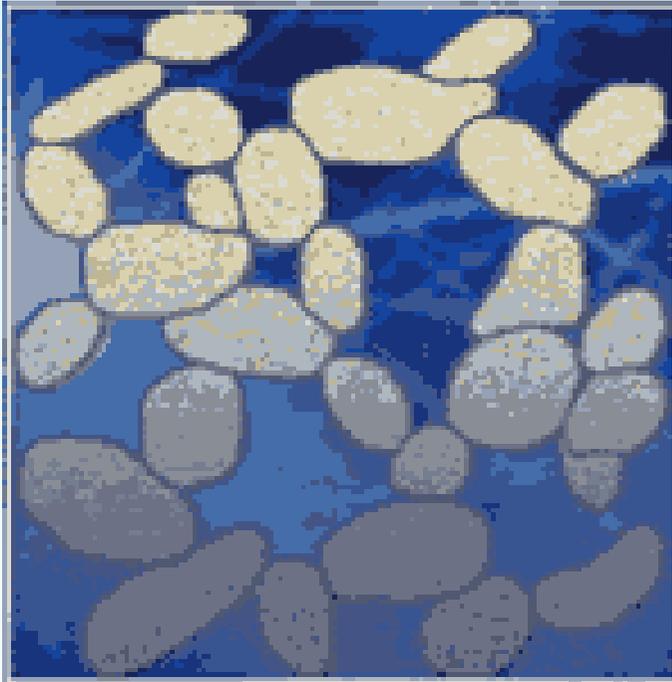
Anmerkungen zur Dimensionierung von Sanden, Kiesen oder Glaskugeln zum Ausbau von Vertikalfilterbrunnen im Lockergestein

Themenübersicht

1. Probleme von „Standard“-Kiesschüttungen
2. Aufgabe der Filterschicht
3. Modelltheorie der Filterschicht
4. Methoden der Kornanalyse
5. Eigenschaften Sande und Kiese nach DIN / Eigenschaften Glaskugeln
6. Berechnung gemäß DVGW MB W 113 zur Dimensionierung für den Brunnenausbau mit Sanden und Kiesen (DIN 4924) / Berechnungsvorschläge zum Brunnenausbau mit Glaskugeln
7. Empfehlungen für Brunnen-Ausbau, Inbetriebnahme, Instandhaltung
8. Zusammenfassung und Ausblick



1. Probleme von „Standard“-Kiesschüttungen



- Kolmation durch zu hohen Untergrund-Anteil
- Kolmation durch undefinierbare Einbau-Lagerungsform
- Kolmation, Setzung, Kornzerstörung durch Entsandung
- Kolmation durch ungeeignete Betriebsweise
- Kolmation, Setzung, Kornzerstörung durch mechanische Regenerierung

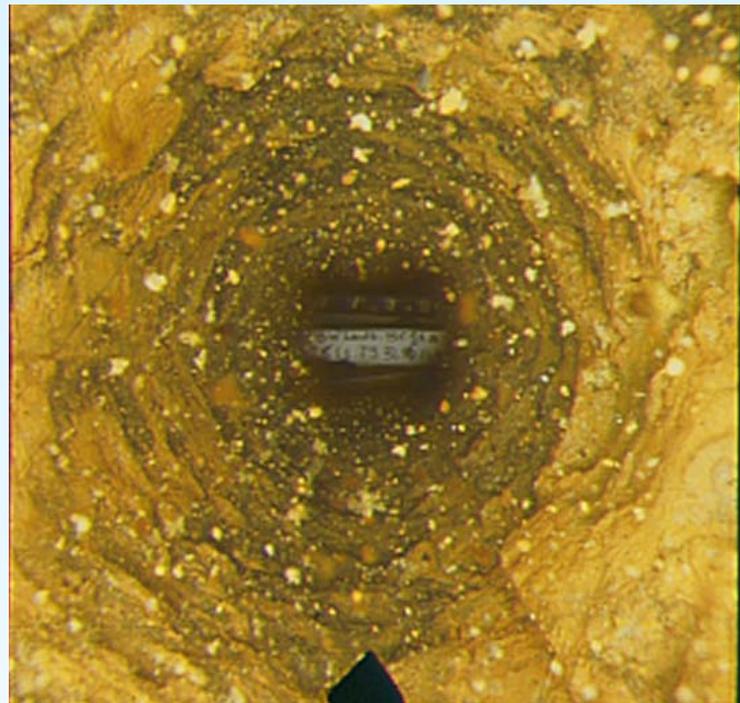
**Kolmation (Selbstabdichtung)
durch „verklemmtes“ Untergrund**

Versandung

Brunnenalterungsart nach DVGW AB W 130 (1992, 2001, 2007)

- physikalischer Vorgang, ausgelöst durch die Wasser-Schleppkraft
 - Erosion (allmählicher Austrag mit Volumenverlust)
 - Suffusion (Austrag Feinanteile; Verbleiben eines Grobskeletts; bedingt gewünscht, da Verbesserung Durchlässigkeit)
- unterschiedliche Erscheinungsformen
 - Kolmation (Selbstabdichtung), äußere & innere, radiale & axiale
 - Auflandung
 - Sandführung
- äußere und innere, radiale und axiale Kolmation
= irreversible Brunnenalterungsart
- Kolmation
= häufige Brunnenalterungsart, aber schwer zu diagnostizieren

Verockerung
mit starker
Sandeinlagerung



Sandführung



Auflandung

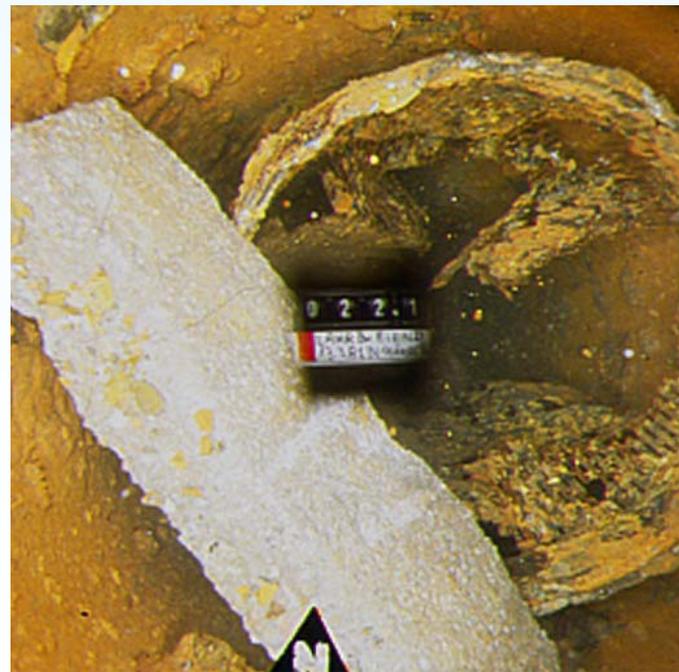
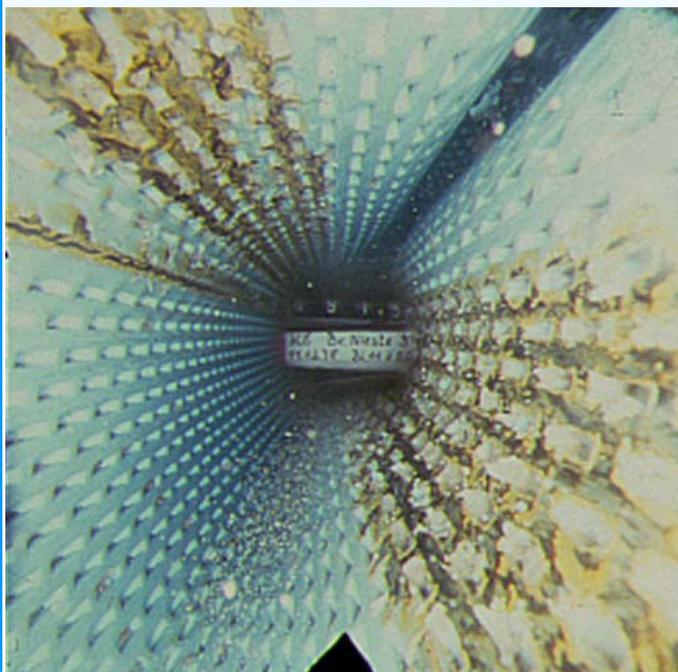
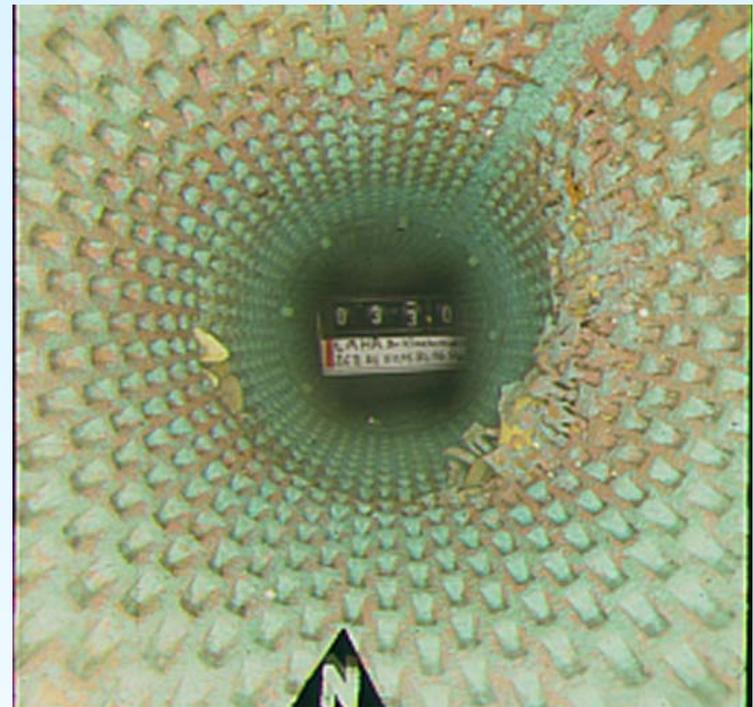


Fotos: CMG

Filterbruch infolge Sandführung - Gefahr der Auflandung Kupfer-Schlitzbrückenfilter

Sandführung

Stahl-Schlitzbrückenfilter, beschichtet
Beschichtung beschädigt
→ Korrosionsgefahr
Brunnenrohr in NO gequetscht



Fotos: CMG

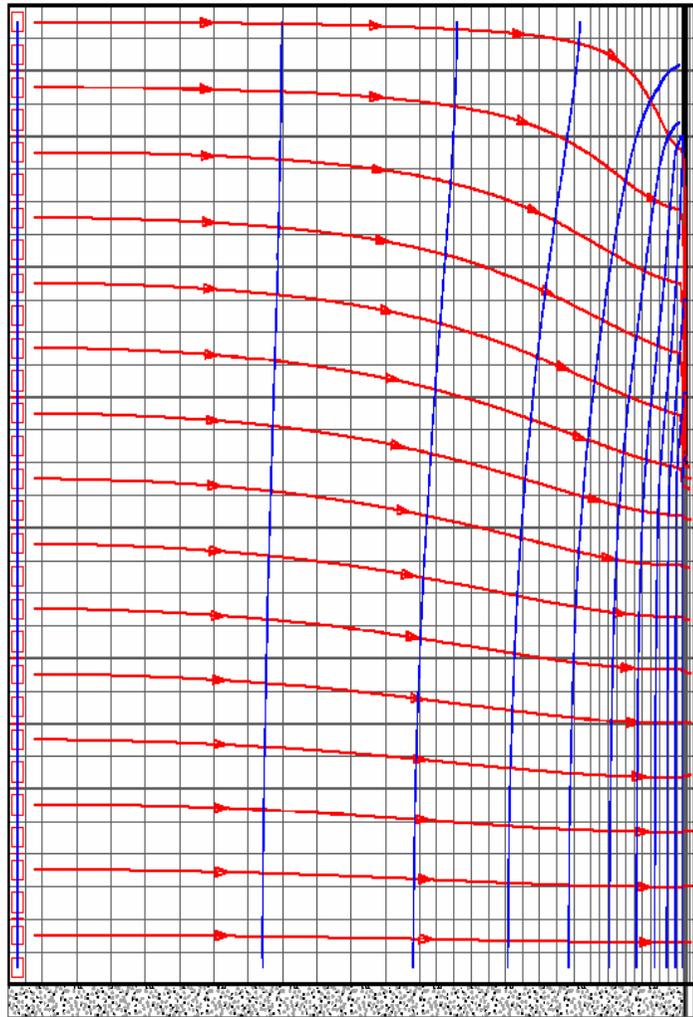
Filterbruch
infolge
Sandführung
- Brunnenaufgabe
Kupfer-Schlitzbrückenfilter

bisher bei der Dimensionierung unberücksichtigt: **Korn-Form**

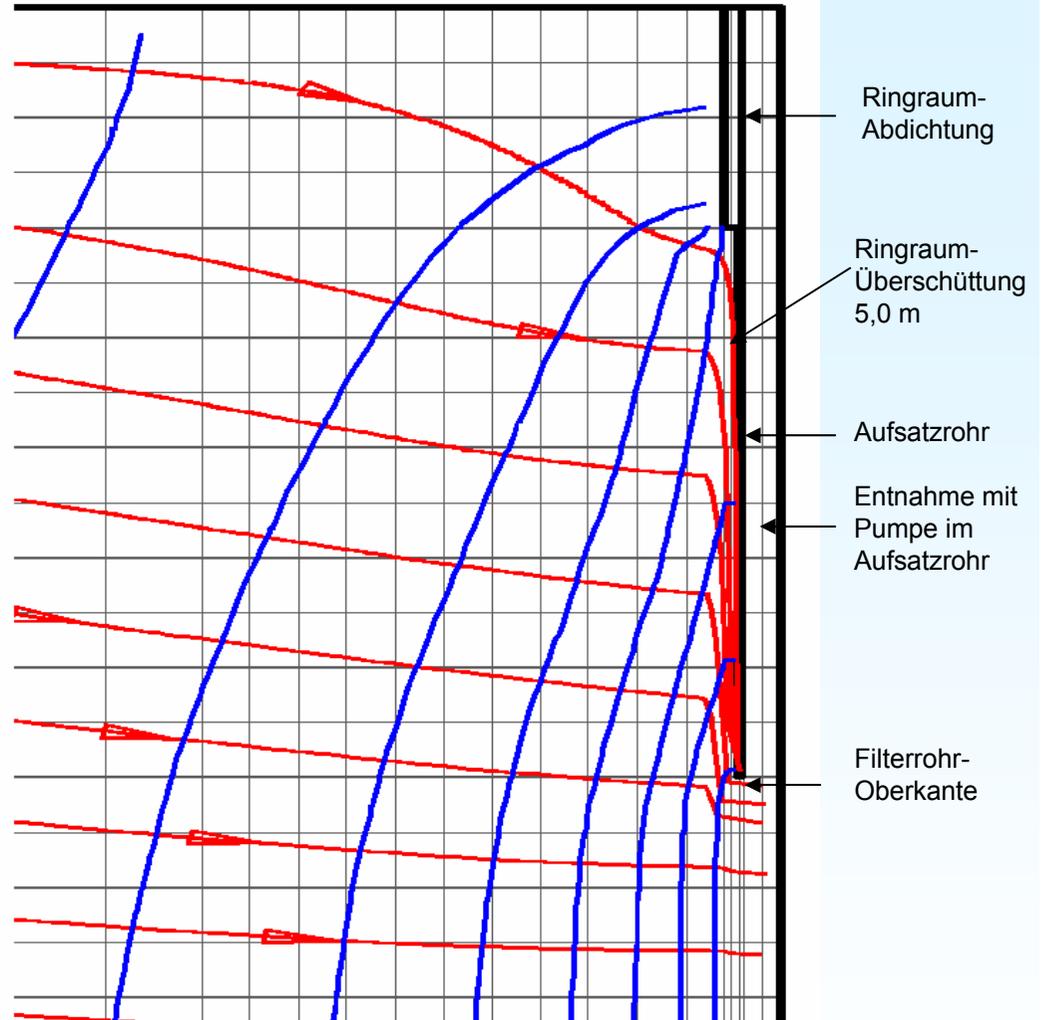
Beispiel: ausgebauter Filter, Stahl-verzinkt
Verzinkung abgetragen
Lochfraß
innere Kiesschüttung fest-korrodiert



Quelle: DVGW-Forschungsvorhaben W 55/99 Vers. 1



vollständige Ansicht

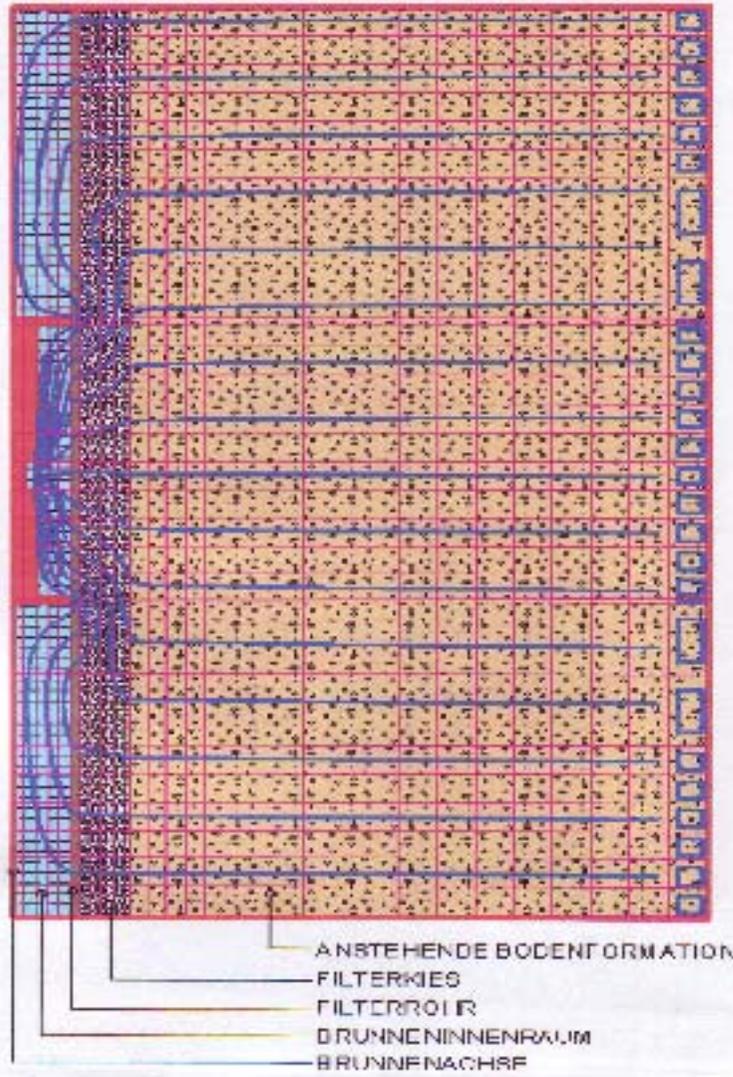


Detail-Ansicht

erstmaliger Nachweis von Axial-Strömungen in der Kiesschüttung durch Modellierungen im DVGW-F&E-Vorhaben W 55/99

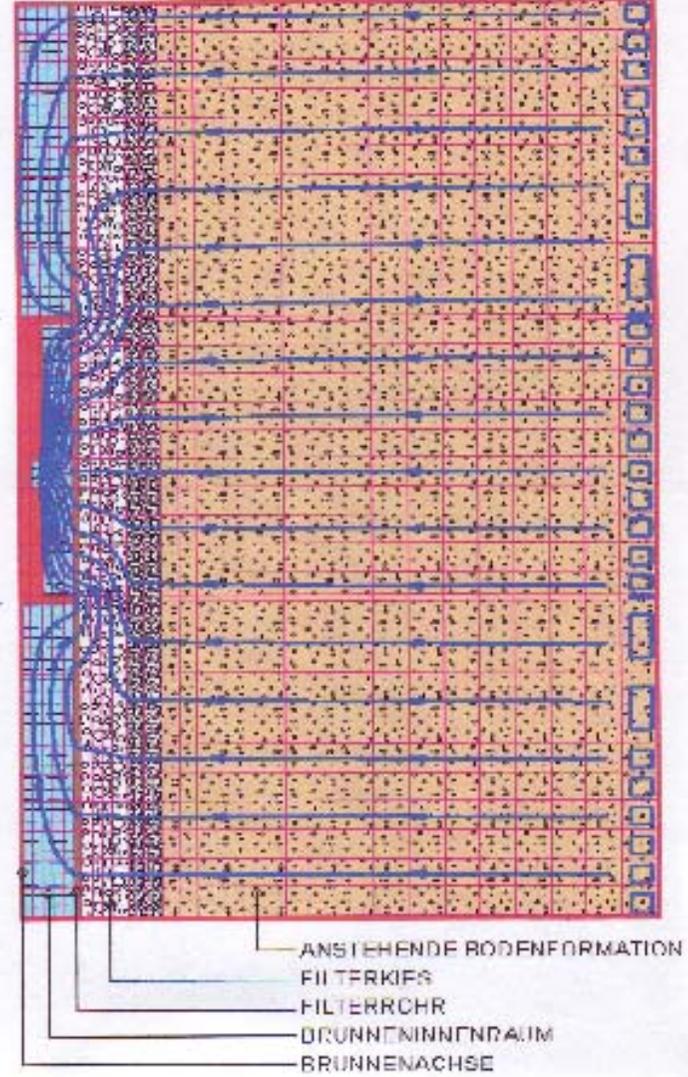
**Brunnen-Anströmung:
biologische Verockerung & Kolmation durch Axial-Strömung**

ENTNAHMEBEREICH



einfache Kiesschüttung

ENTNAHMEBEREICH



doppelte Kiesschüttung

Quelle: DVGW-Forschungsvorhaben W 55/99 Vers. 1

Stromlinienverlauf bei Intensiv-Kammerentnahme mit v_{max} im Bereich der Scheiben

W 130 (2007): auf-ab-Bewegung im Abschnitt = axial-dynamische Unterstützung des Austrages mit Kontrolle des Arbeitsfortschrittes

Hinweis: Veränderung der Kiesschüttungs-Lagerungsdichte möglich

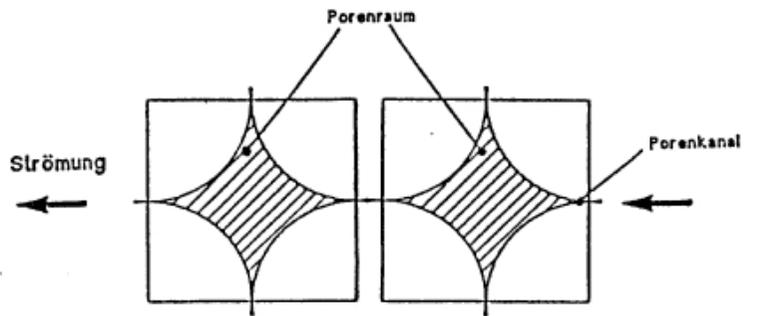
Fördermenge in Abhängigkeit von der Kiesschüttungs-Lagerungsdichte

$$Q = A \cdot v$$

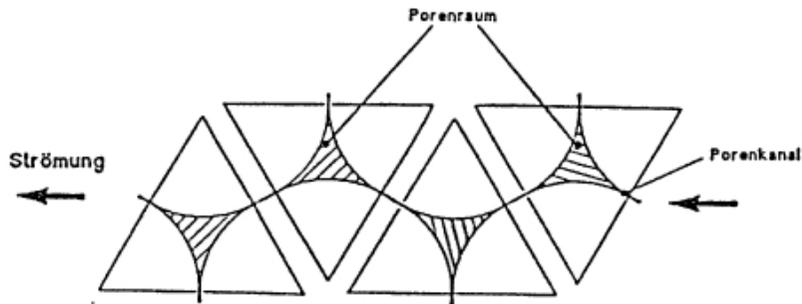
Kontinuitätsgleichung

freier Durchlaßquerschnitt

lockerste Kugelpackung = 21 %
 dichteste Kugelpackung = 9 %



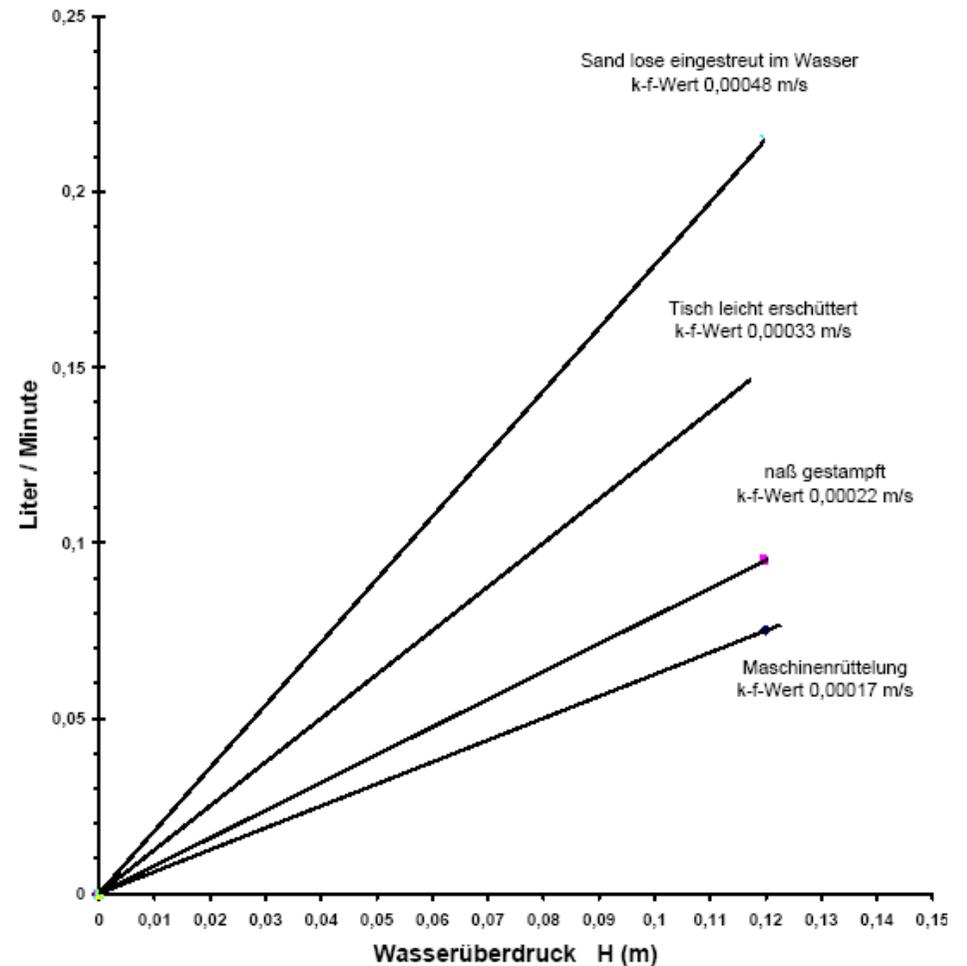
lockerste Kugelpackung



dichteste Kugelpackung

k-f-Wert in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte des Sandes

(nach Scheidig)



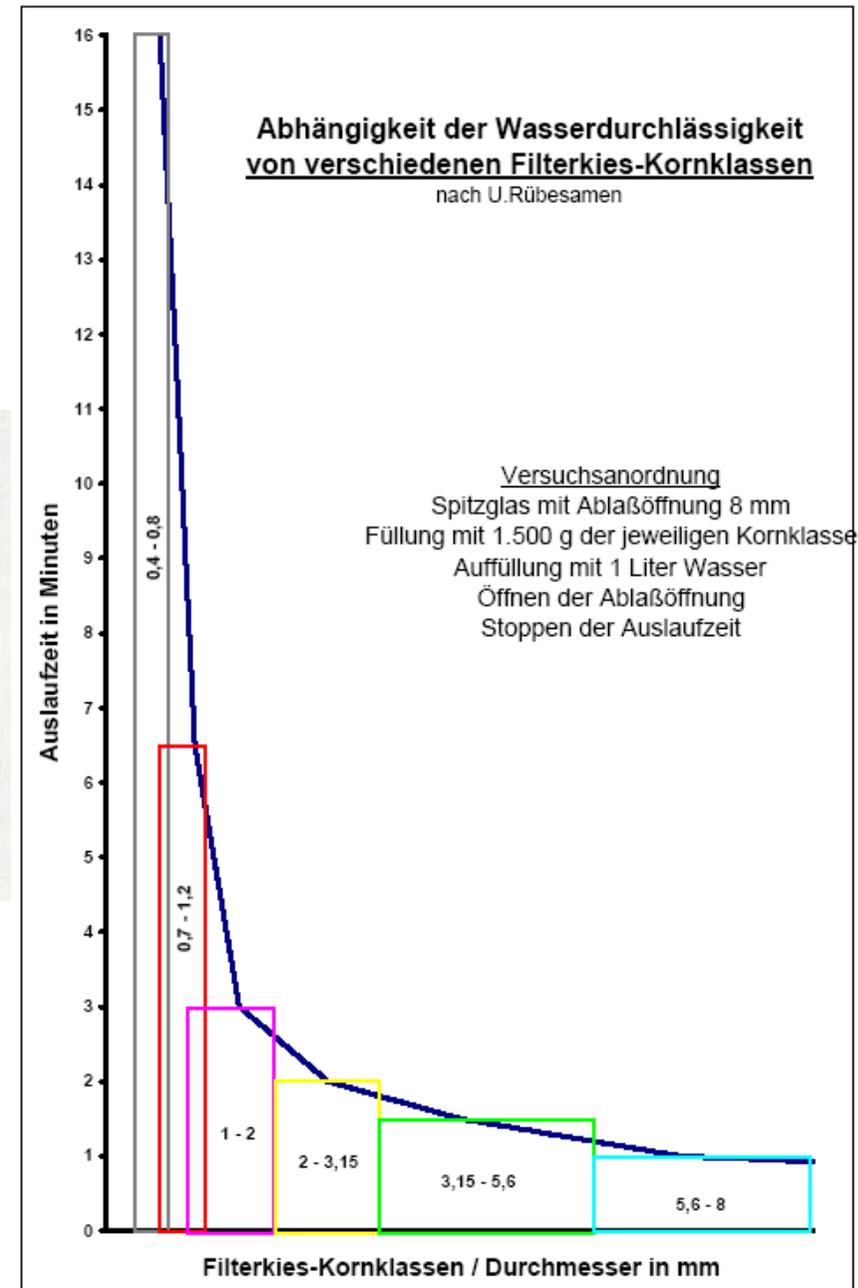
Rübesamen (1994)

Fördermenge in Abhängigkeit von der Wahl der „richtigen“ Kiesschüttung

Quelle: K.F.Paul, Zusammenhänge zwischen Brunnenbau und Brunnenalterung, bbr 06+07.1994

DIN-4924-Kornfraktion	Durchlässigkeitsbeiwert
0,7 mm bis 1,4 mm	$k_f = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
1,0 mm bis 2,0 mm	$k_f = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
2,0 mm bis 3,15 mm	$k_f = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
3,15 mm bis 5,6 mm	$k_f = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$
5,6 mm bis 8,0 mm	$k_f = 3,4 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$
8,0 mm bis 16,0 mm	$k_f = 7,0 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$

Kornklasse	Relation der Auslaufzeiten				
	100 %	75 %	50 %	23 %	9 %
3,15 - 5,6	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2 - 3,15	133 %	100 %	67 %	31 %	13 %
1 - 2	200 %	150 %	100 %	46 %	19 %
0,7 - 1,2	433 %	325 %	217 %	100 %	41 %
0,4 - 0,8	1.067 %	800 %	533 %	246 %	100 %



Rübesamen (1994)

Problem für maximale Fördermenge: äußere Kolmation durch fehlerhaften Ausbau

Überprüfung von Filterkiesschüttungen

- Quelle K.F. Paul (1992) -

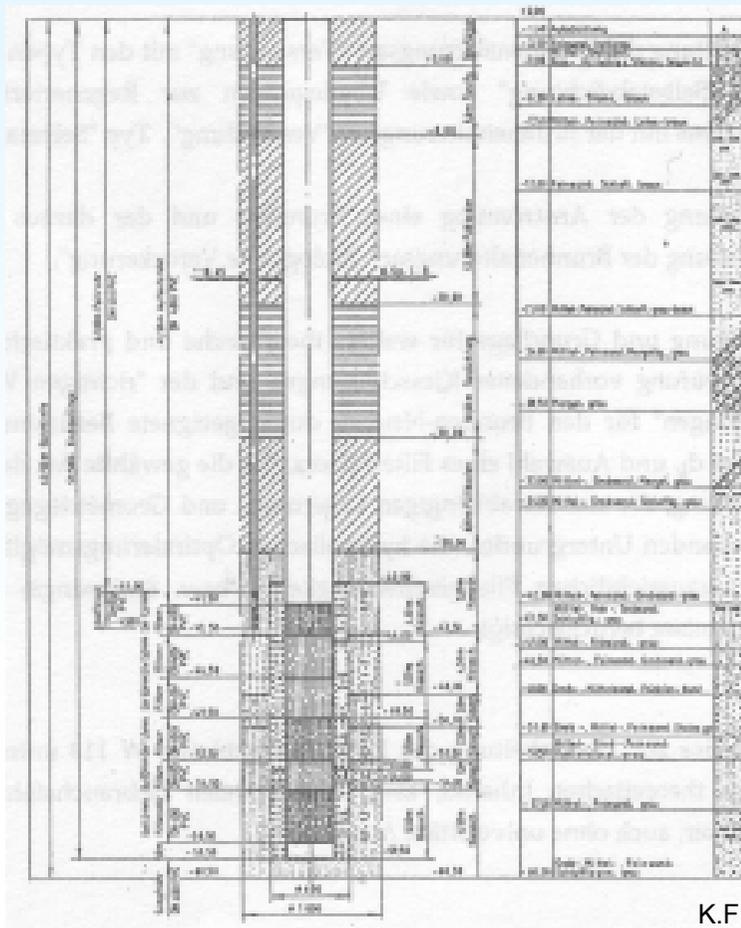
	anstehender Untergrund Bestimmung Kennkorn	Kiesschüttung Kennkorn x Faktor
Berechnung mit „alten“ Bestimmungsmethoden	1	4 ... 5
Überprüfung „Alt“-Brunnen	1 0,2

=> Kolmation (Selbstabdichtung)
+ geringere Fördermenge
+ schnellere Alterung

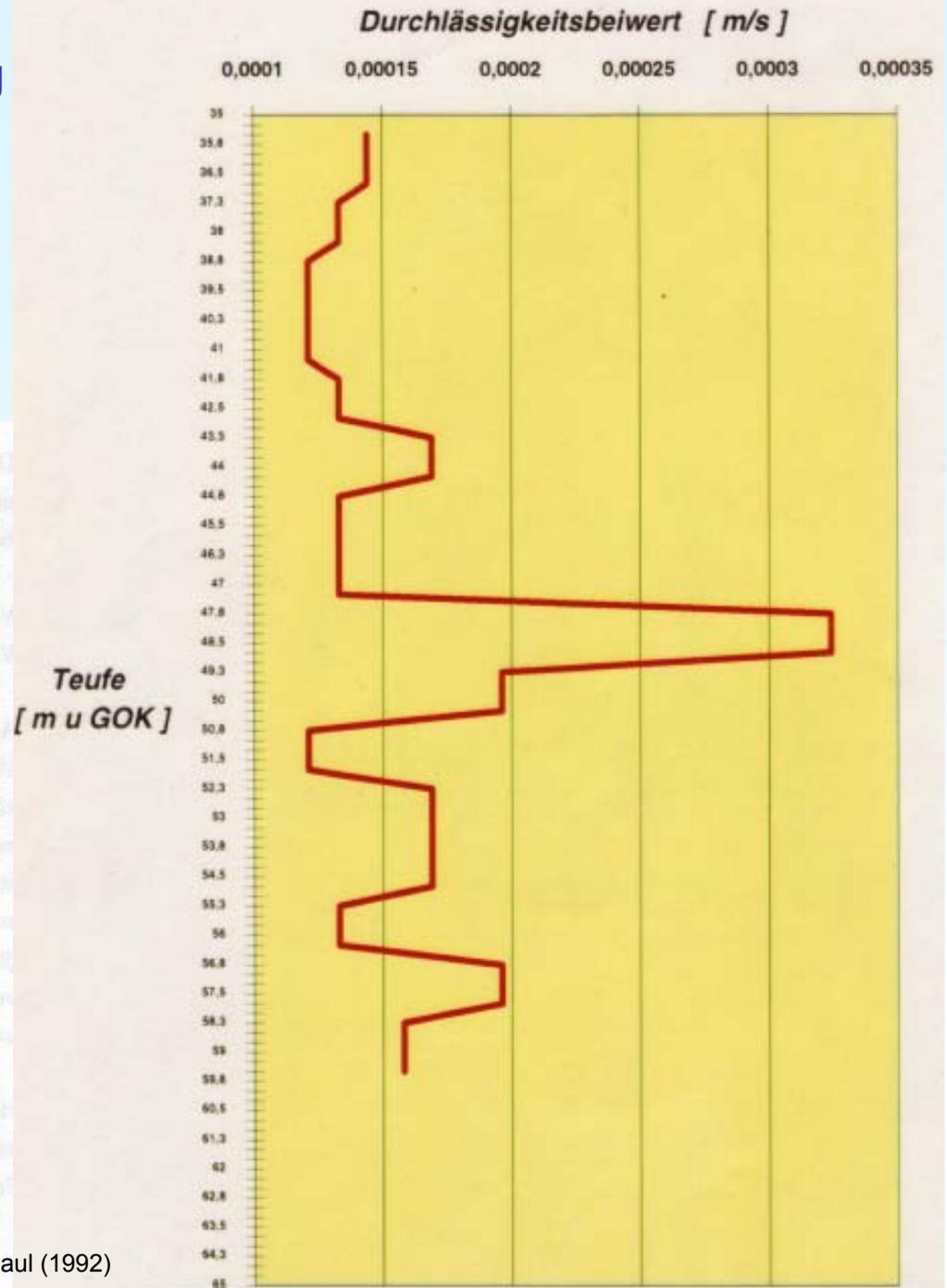
Abhilfe:
teufendifferenzierte Kiesschüttung (soweit möglich)

teufendifferenzierte Kiesschüttung in Abhängigkeit des Anstehenden

→ Optimierung der Fördermenge
durch Vermeidung von Kolmation



K.F. Paul (1992)



2. Aufgabe der Filterschicht

Ausbau eines Brunnens in Strömungsrichtung:

1. Anstehendes
2. Filterschicht (= Kiesschüttung)
3. Filterrohr

Anmerkung / verfahrenstechnische Definition:

„Filter“ entfernen Feststoffe als Oberflächen- oder Volumen-Filter unter Rückgang der Durchlaufleistung

→ die Filterschicht eines Brunnens ist eigentlich eine Trennschicht

ohne Filterschicht:

Filterschlitz sehr klein, damit das Anstehende nicht in den Brunnen gelangt

→ geringere Fördermenge

mit Filterschicht:

große Filterschlitz für möglichst großen Durchlaß = Optimierung „Q“

→ (ggfls. teufendifferenzierte) Anpassung der Filterschicht (= Korngröße) auf das Anstehende, das ohne Gefügeveränderung ortsbeständig bleiben soll

Anpassung der Filterschicht an das Anstehende:

früher: **Kennkorn**-Ermittlung

(= Schnittpunkt der Summenkurve bei d_{90} ... d_{75} bzw. mit Kennkornlinie nach Bieske)

multipliziert mit Filterfaktor 4 ... 5

$$d_k \cdot 4,5 = D_a$$

heute: Ermittlung **maßgebender Korndurchmesser** gemäß DVGW MB W 113

(= Wendepunkt der Summenkurve; 1. Wendepunkt bei mehrfacher gekrümmter Summenkurve)

multipliziert mit Filterfaktor F_g

(mit $F_g = 5 + U$ für $1 < U \leq 5$ bzw. $F_g = 10$ für $U > 5$)

$$d_g \cdot F_g = D_s$$

Mit D_a bzw. D_s → Auswahl einer Korngruppe gemäß DIN 4924

Anmerkung:

$D_s / 4,5 \sim d_k$ wenn Ungleichkörnigkeitsgrad möglichst gering und einfach gekrümmte Summenkurve

Fehler in der Abstimmung

(z.B. durch qualitativ ungenügende Probennahme; 1 Probe für gesamte Filterstrecke etc.)

→ Kolmation oder Sandführung + Beschleunigung biologische Verockerung

Fehler in der Abstimmung

(z.B. durch qualitativ ungenügende Probennahme; 1 Probe für gesamte Filterstrecke etc.)

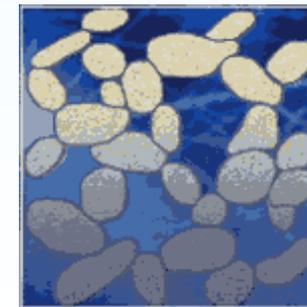
- Kolmation oder Sandführung
+ Beschleunigung biologische Verockerung

Problem(e) der bisherigen Filterschicht-Anpassung an das Anstehende

- keine Berücksichtigung **Kornform** von Schüttkorn & Anstehendem



- keine Berücksichtigung Veränderung der **Lagerungsart** von Schüttkorn & Anstehendem



- und andere Problemstellungen, z.B. siehe „Fehler in der Abstimmung“

Anpassung der Filterschicht an das Filterrohr:

angestrebte Schlitz- bzw. Spaltweite „normalerweise“ 1 ... 3 mm

- angestrebte Weite bzw. Breite bedingt Korndurchmesser > 2 mm
Korndurchmesser > 2 mm lt. DIN = „Kies“
- Brunnen mit Filterschicht = „Kiesschüttungsbrunnen“

früher: Schlitzweite • 2 = anliegendes Schüttkorn

heute: Richtwerte für Schlitz- bzw. Spaltbreiten der Filterrohre

Tab. 3 aus DVGW AB W118 (05.2007)

Korngruppen nach DIN 4924 in mm	Schlitz-/Spaltweite in mm
0,71 bis 1,25	0,3 bis 0,5
1,0 bis 2,0	0,5 bis 0,75
> 2,0 bis 3,15	1,0 bis 1,5
> 3,15 bis 5,6	2,0 bis 2,5
> 5,6 bis 8	3,0 bis 4,0
> 8,0 bis 16	4,0 bis 5,0

Anmerkung 1:

ggfls. sind Mehrfach-Kiesschüttungen erforderlich

Anmerkung 2:

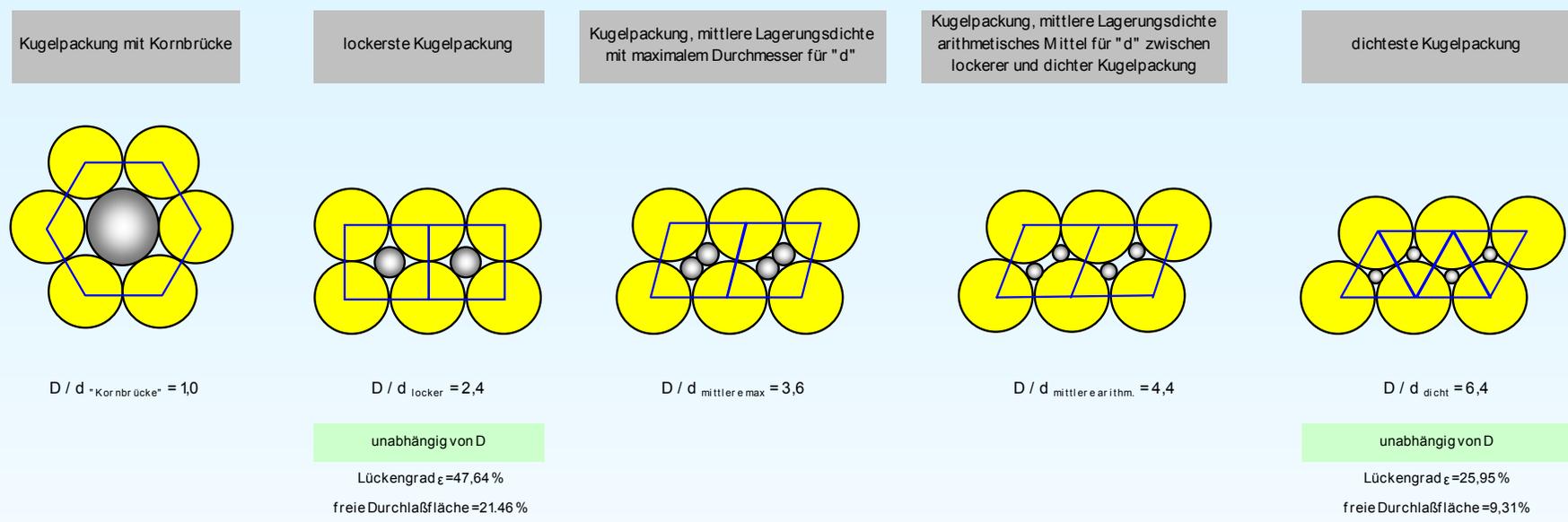
im Verhältnis zum Schüttkorn zu kleine Schlitzweiten verringern die Austragswahrscheinlichkeit des Schüttkorn-Unterkornanteils

3. Modelltheorie der Filterschicht

Um Berechnungen zur Dimensionierung der Filterschicht durchführen zu können, wird von einem Kugelmodell ausgegangen.



Modelltheorie der Filterschicht



Kugelpackungen in verschiedenen Lagerungsformen

- Schnitt in einer Lage; Ausrichtung der Kugel-Mittelachse senkrecht zur Schnittebene -

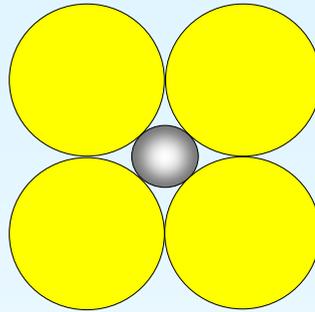
$$D / d = F_g$$

- D = Kugel-Durchmesser
- d = größtmöglicher Durchmesser einer passierenden Kugel
- F_g = Filterfaktor

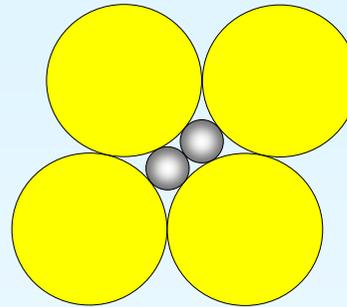
Darstellung verschiedener Kugel-Lagerungsformen inkl. Filterfaktor maximal "passierender" Kugel(n)

Modelltheorie der Filterschicht

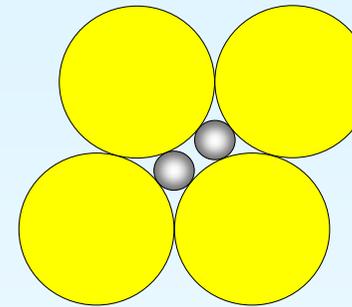
Filterfaktor
1.Ordnung



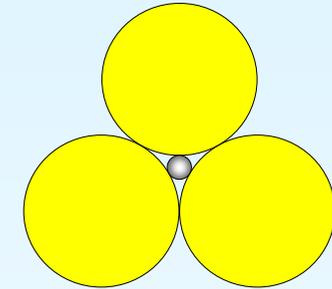
$$D / d_{\text{locker}} = 2,4$$



$$D / d_{\text{mittlere max}} = 3,6$$

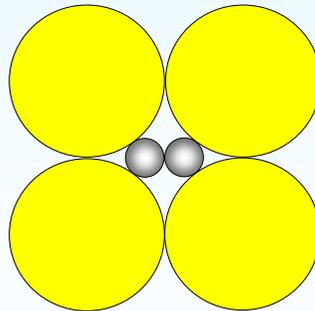


$$D / d_{\text{mittlere arithm.}} = 4,4$$

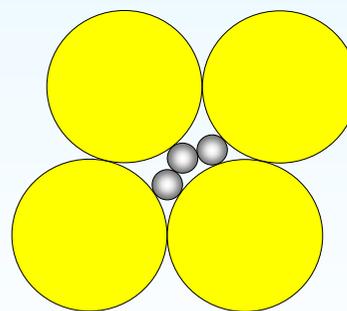


$$D / d_{\text{dicht}} = 6,4$$

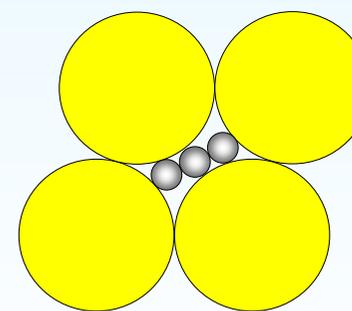
Filterfaktor
2.Ordnung



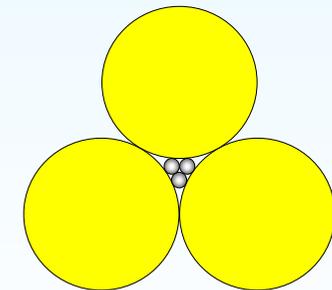
$$D / d_{\text{locker}} = 4,0$$



$$D / d_{\text{mittlere max}} = 5,1$$



$$D / d_{\text{mittlere arithm.}} = 5,1$$

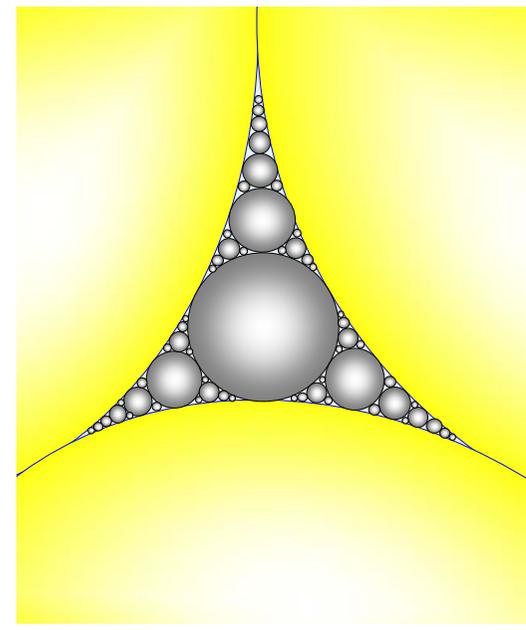
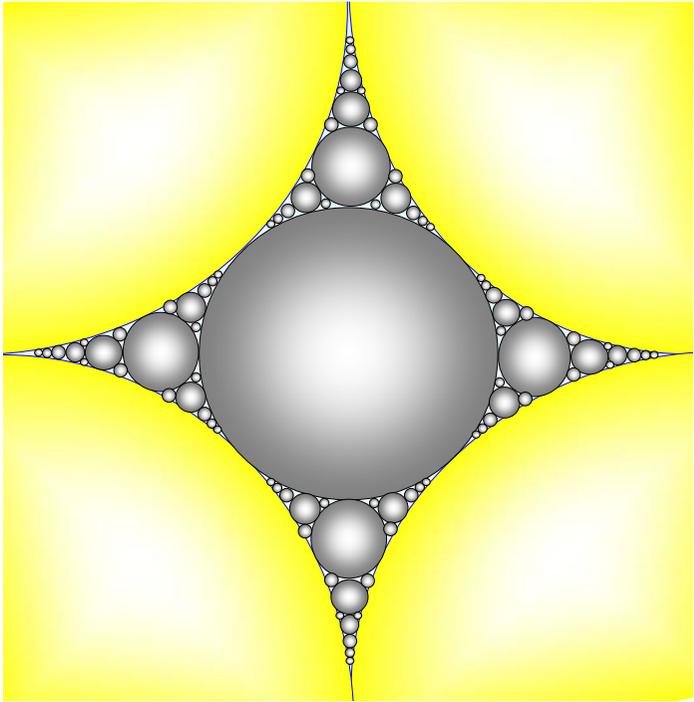


$$D / d_{\text{dicht}} = 10$$

Kugelpackungen in verschiedenen Lagerungsformen

- Schnitt in einer Lage; Ausrichtung der Kugel-
Mittelachse senkrecht zur Schnittebene -

Filterfaktoren erster und höherer Ordnung



© IBB-Berlin, 2009

**Kugelpackungen
in verschiedenen
Lagerungsformen**

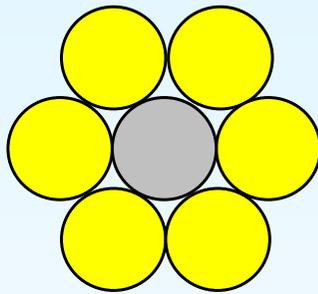
- Schnitt in einer Lage; Ausrichtung der Kugel-
Mittelachse senkrecht zur Schnittebene -

fraktale Kugelpackungen (nach Apollonius von Perge, ca. 200 v. Chr.)

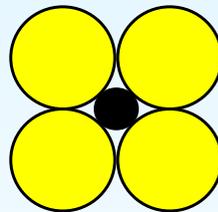
Modelltheorie der Filterschicht

Kugelpackungen in verschiedenen Lagerungsformen

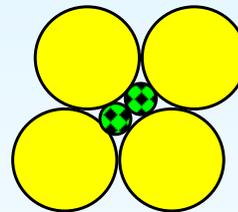
- Schnitt in einer Lage; Ausrichtung der Kugel-Mittelachse senkrecht zur Schnittebene -



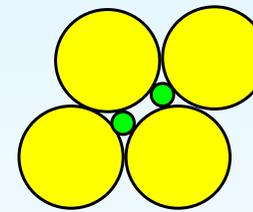
D / d "Korngröße" = 1,0



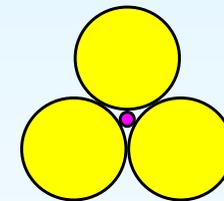
D / d_{locker} = 2,4



$D / d_{mittlere max}$ = 3,6



$D / d_{mittlere arithm.}$ = 4,4



D / d_{dicht} = 6,4

unabhängig von D

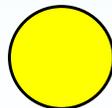
Lückengrad ϵ = 47,64 %

freie Durchlauffläche = 21,46 %

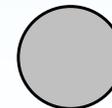
unabhängig von D

Lückengrad ϵ = 25,95 %

freie Durchlauffläche = 9,31 %



Durchmesser "D" = konst.



Vergleich "d" bei konstantem "D"

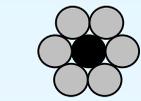
100 %	240 %	360 %	440 %	640 %
42 %	100 %	150 %	183 %	267 %
28 %	67 %	100 %	122 %	178 %
23 %	55 %	82 %	100 %	145 %
16 %	37 %	56 %	69 %	100 %

Modelltheorie der Filterschicht

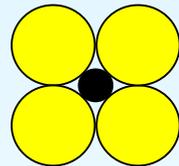
Kugelpackungen in verschiedenen Lagerungsformen

- Schnitt in einer Lage; Ausrichtung der Kugel-Mittelachse senkrecht zur Schnittebene -

● Durchmesser "d" = konst.

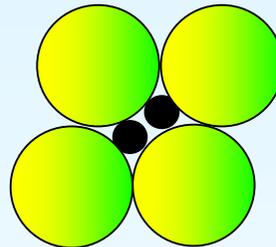


$D_{\text{Kombürcke}} / d = 1,0$

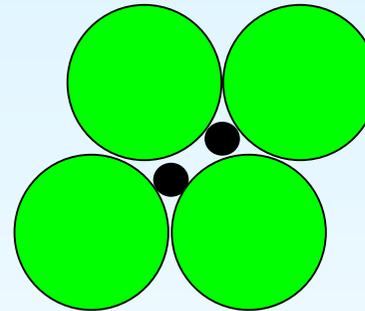


$D_{\text{locker}} / d = 2,4$

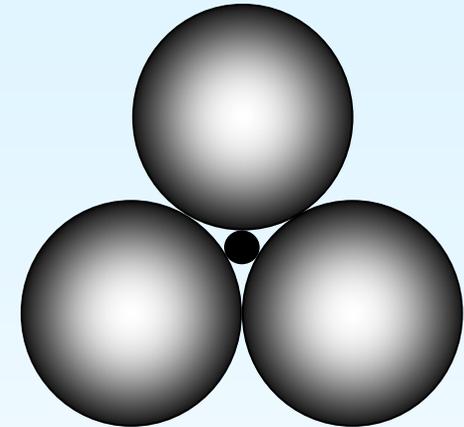
unabhängig von D
Lückengrad $\epsilon = 47,64\%$
freie Durchlaßfläche = 21,46 %



$D_{\text{mittlere max}} / d = 3,6$



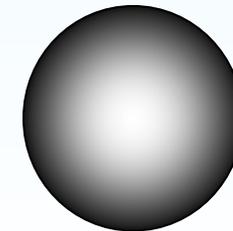
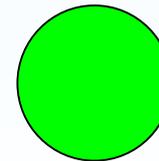
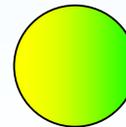
$D_{\text{mittlere arithm.}} / d = 4,4$



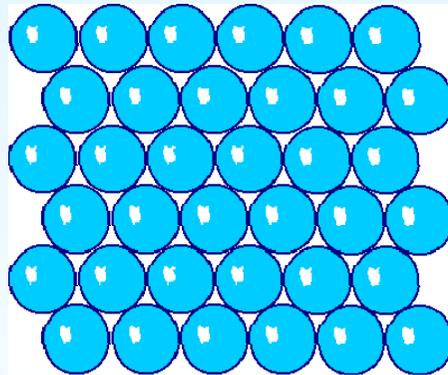
$D_{\text{dicht}} / d = 6,4$

unabhängig von D
Lückengrad $\epsilon = 25,95\%$
freie Durchlaßfläche = 9,31 %

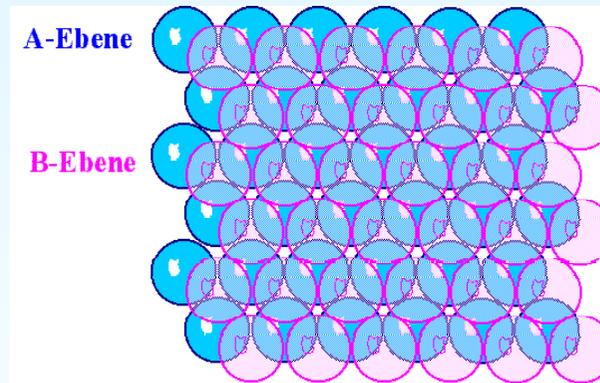
Vergleich "D" bei konstantem "d"



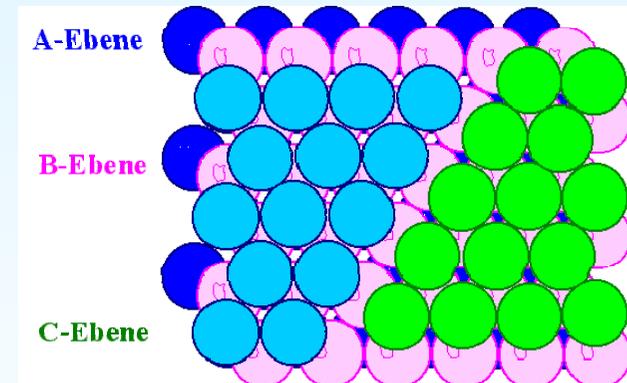
16 %	38 %	56 %	69 %	100 %
23 %	55 %	82 %	100 %	145 %
28 %	67 %	100 %	122 %	178 %
42 %	100 %	150 %	183 %	267 %
100 %	240 %	360 %	440 %	640 %



A-Ebene



A- & B-Ebene



A- & B- & C-Ebene

Kugelpackungen

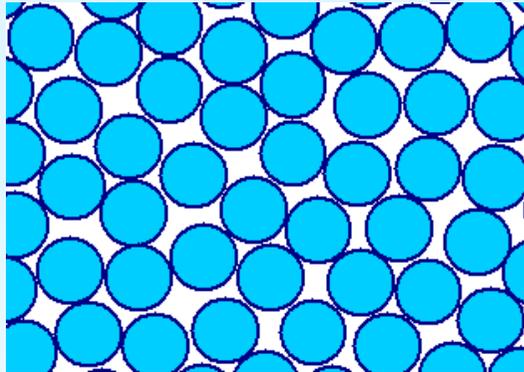
Ebenenabfolge

hexagonal dichteste Kugelpackung

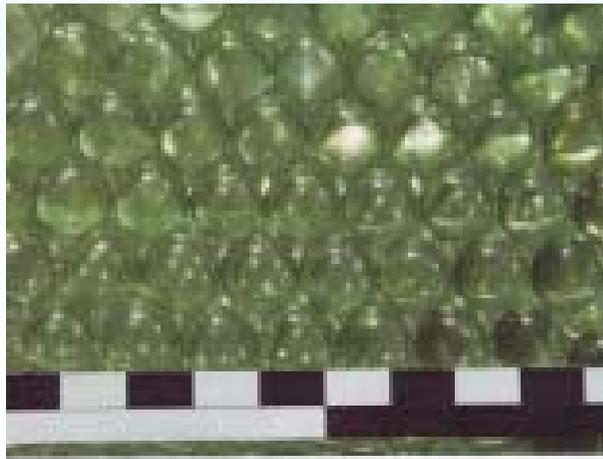
A - B - A

kubisch dichteste Kugelpackung

A - B - C - A



Regellose Struktur



Fotos aus bbr 05.2008, Herrmann & Stiegler
„Einsatz von Glaskugeln als Ersatz für Filterkies in Brunnen“



Stapelfehler
Fehlstelle
Kornbrücke



4. Methoden der Korn-Analyse

- **Korn-Größe**
Siebmaschine; digitale Partikelmessung
- **Korn-Form**
digitale Partikelmessung
- **Korn-Dichte**
Laborversuch nach DIN; Laborversuch nach Hausnorm
- **Korn-Lagerung**
Laborversuch nach DIN; kombinierter Feld- / Laborversuch nach Hausnorm
- **Durchlässigkeitsbeiwert**
Auswertung Feldversuche & Pump teste; aus Sieblinie;
Laborversuch nach DIN; Laborversuch nach Hausnorm
- **mechanische Beständigkeit**
Laborversuch nach Hausnorm
- **chemische Beständigkeit**
Laborversuch nach Hausnorm

Laborversuche nach Hausnorm sollen den Kosten-/Zeitaufwand gegenüber Laborversuchen nach DIN bei guter Reproduzierbarkeit reduzieren.

Zur Untersuchung von Bodenproben, Sanden und Kiesen nach DIN, Glaskugeln



Trockensiebung

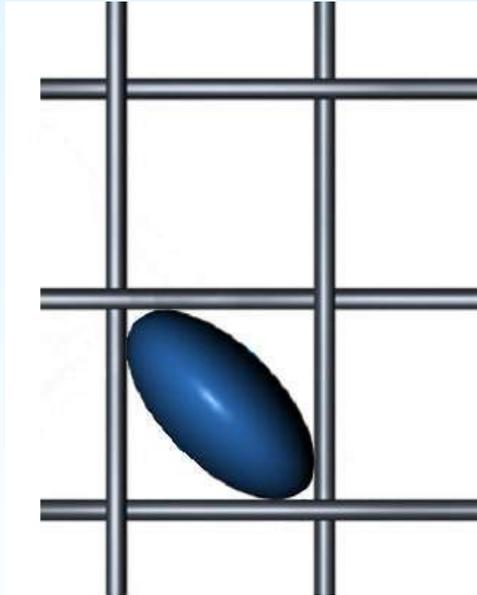


Siebe für Naß- & Trockensiebung

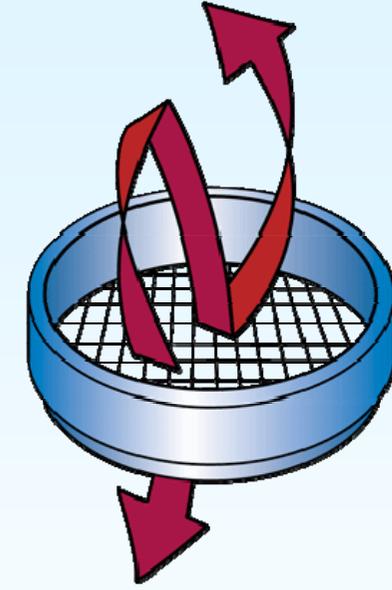
Hinweis:
die Maschen sind quadratisch



Naßsiebung



Methoden der Kornanalyse



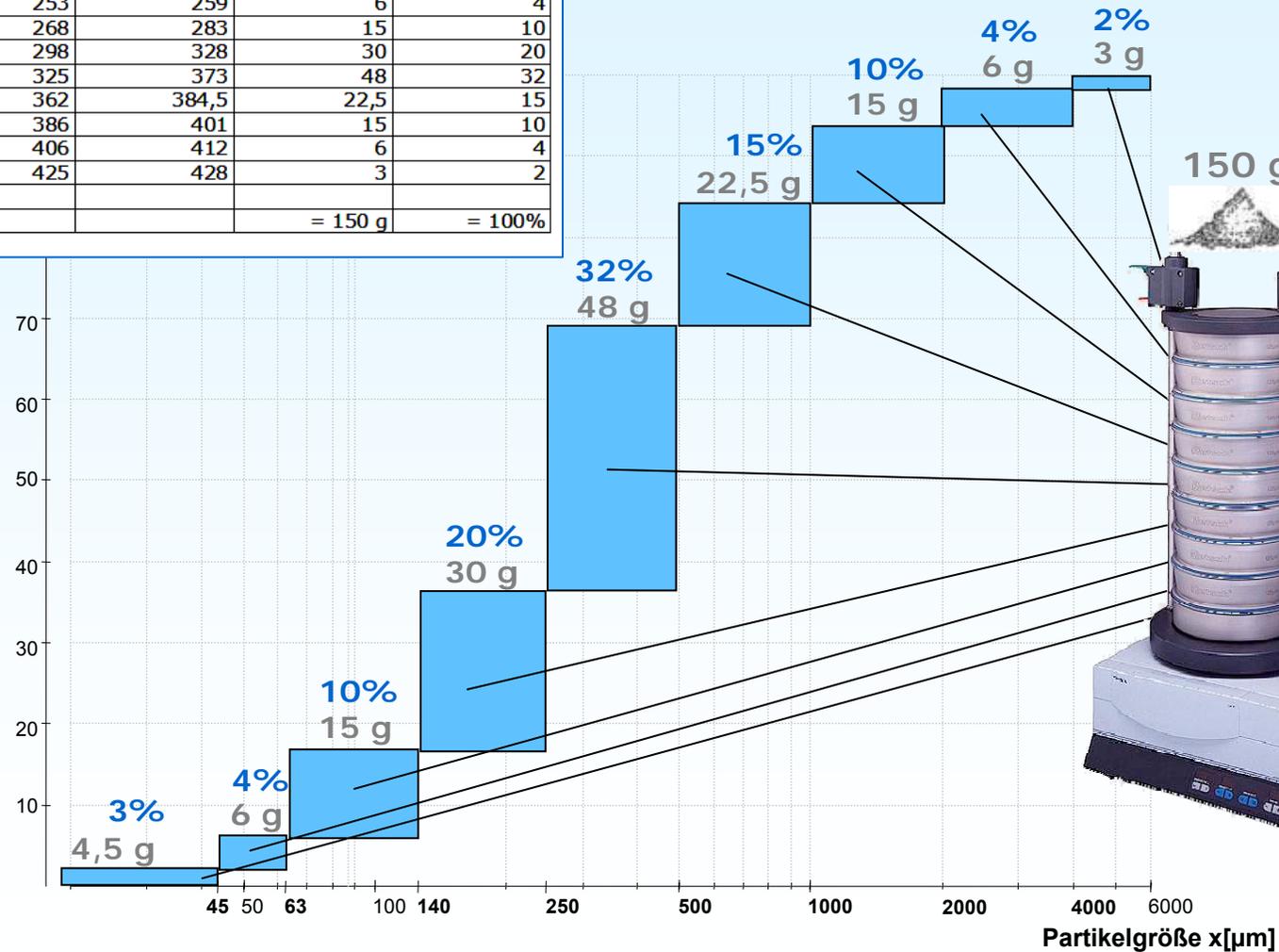
3D-Wurf-Siebung

Ergebnisse Siebanalyse

Probenmenge: 150 Gramm = 100%

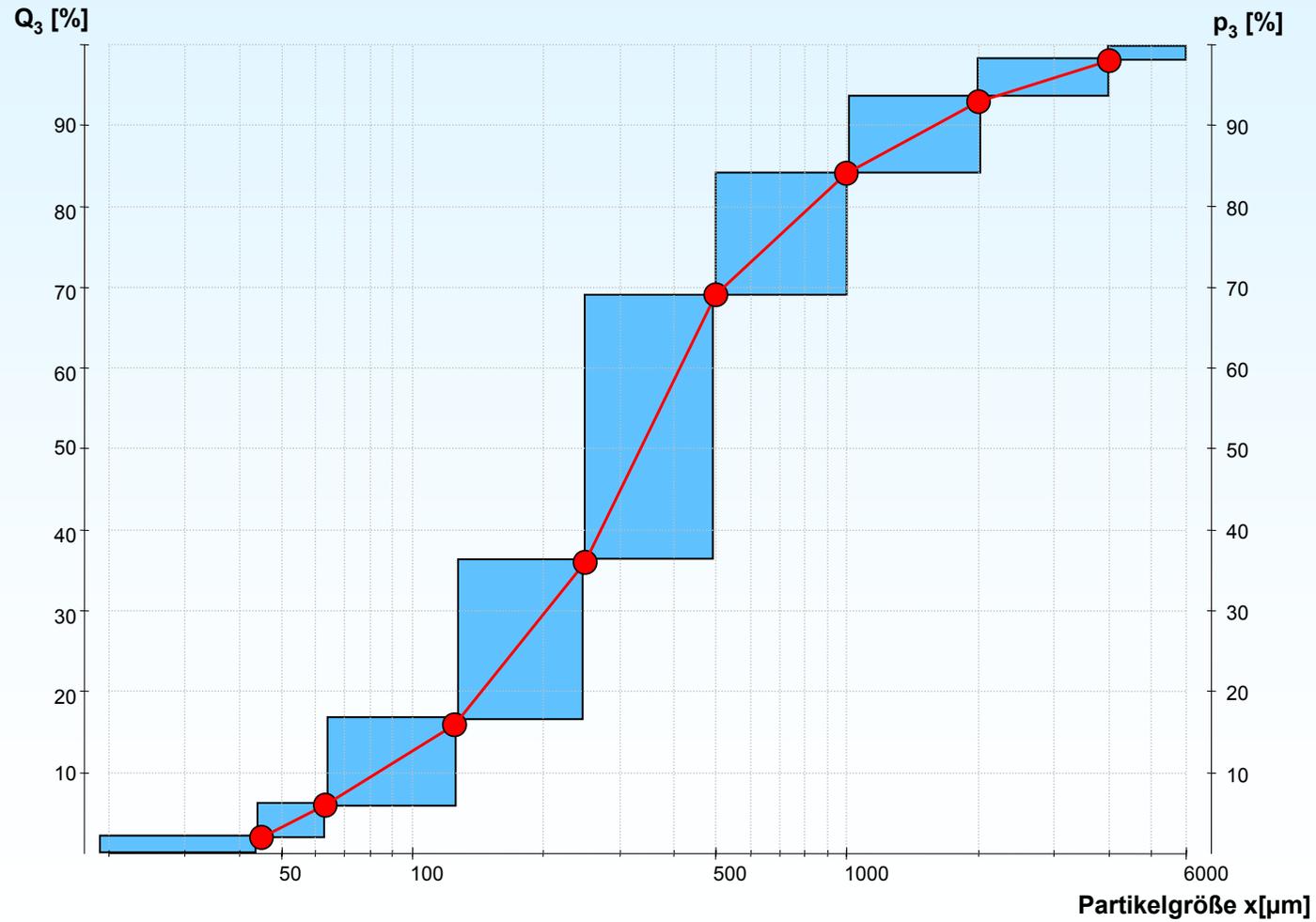
Sieb-Parameter: Zeit = 4 Minuten, Amplitude = 1,3 mm

Sieb [μm]	Netto Gewicht [g]	Gewicht nach Siebung	Differenz [g]	Anteil [%]
Boden	501	505,5	4,5	3
45	253	259	6	4
63	268	283	15	10
140	298	328	30	20
250	325	373	48	32
500	362	384,5	22,5	15
1000	386	401	15	10
2000	406	412	6	4
4000	425	428	3	2
		= 150 g		= 100%



Visualisierung - 1

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen



Visualisierung - 2

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen

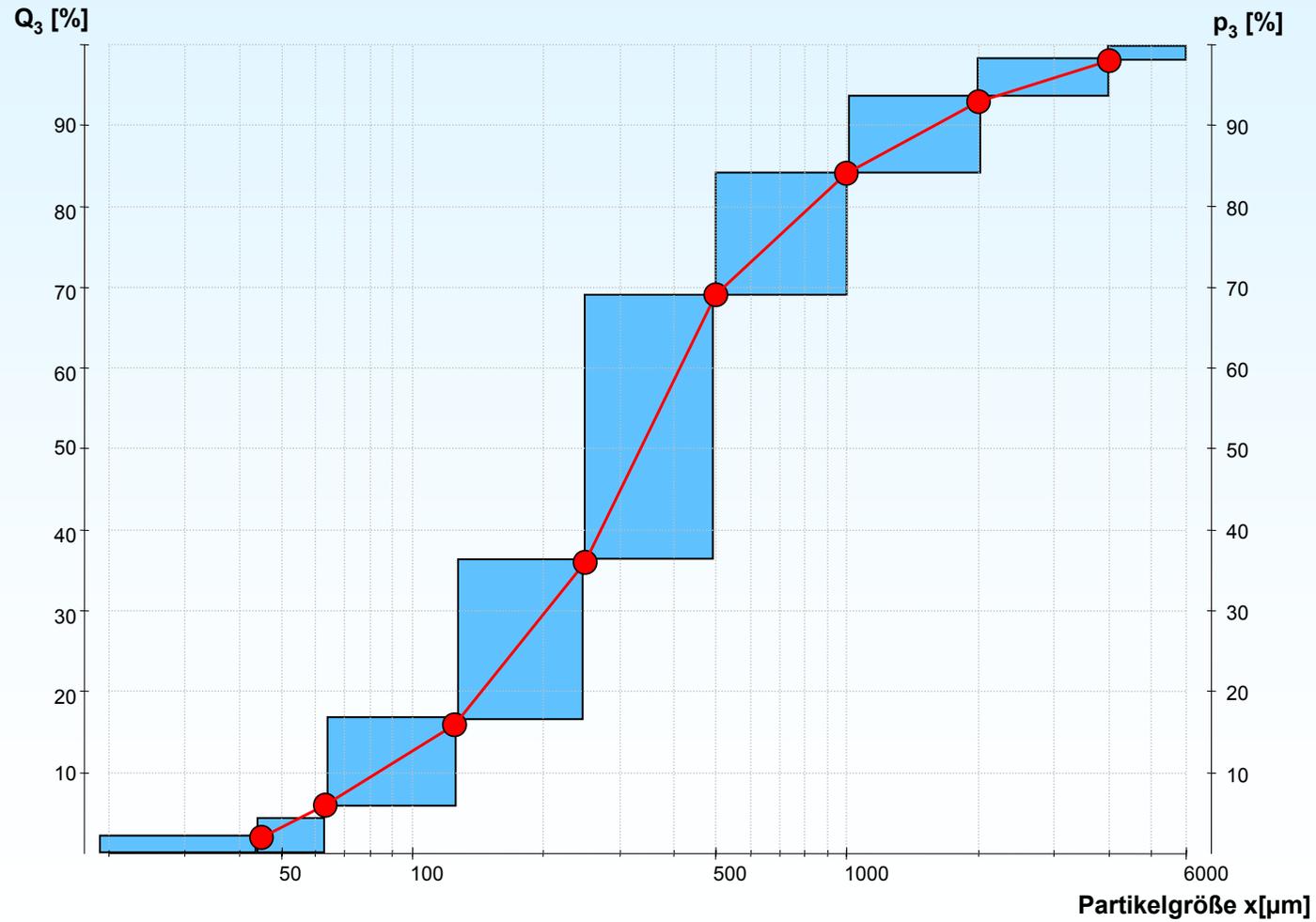


Abb. Fa. Retsch

Visualisierung – 3

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen

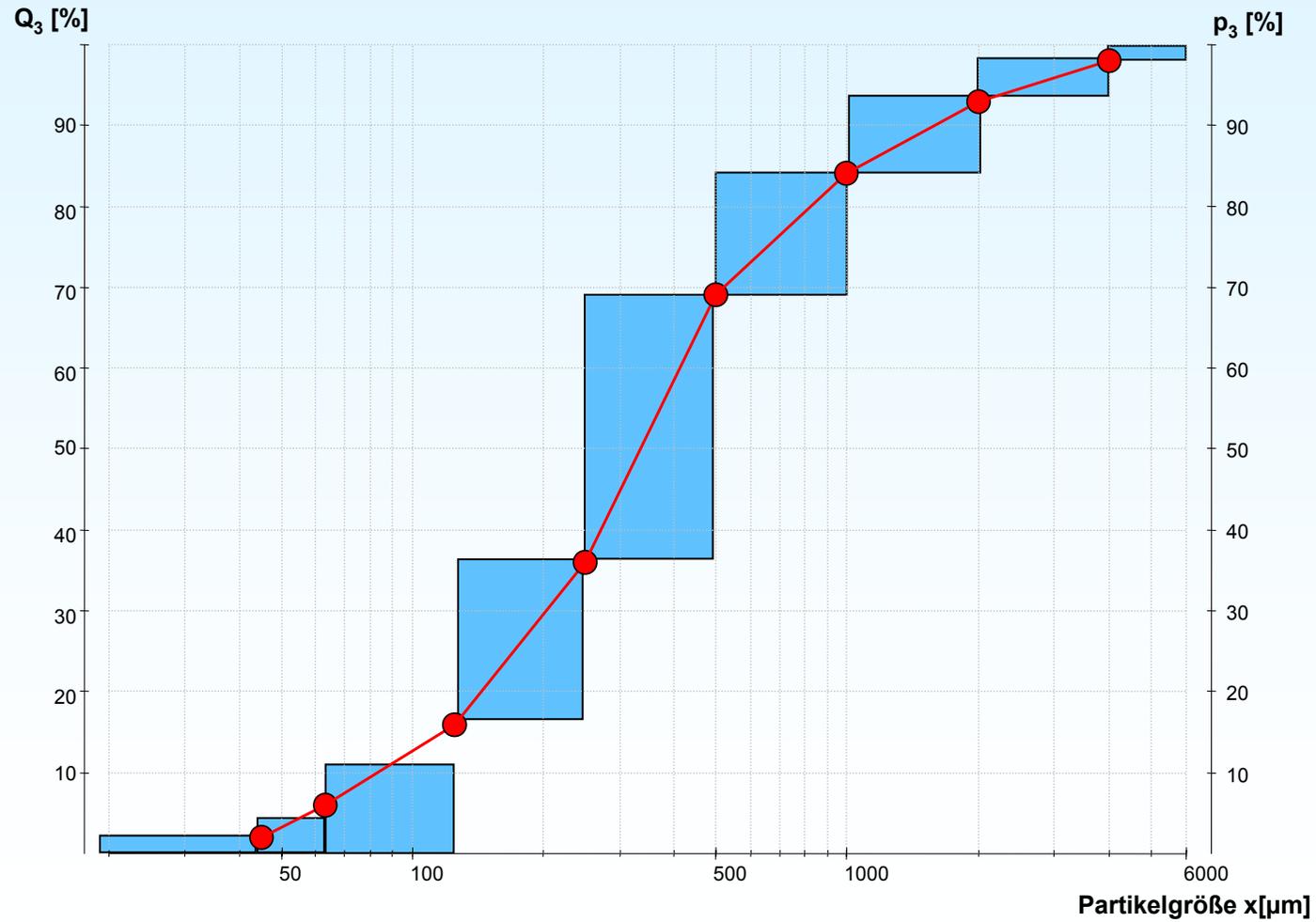


Abb. Fa. Retsch

Visualisierung – 4

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen

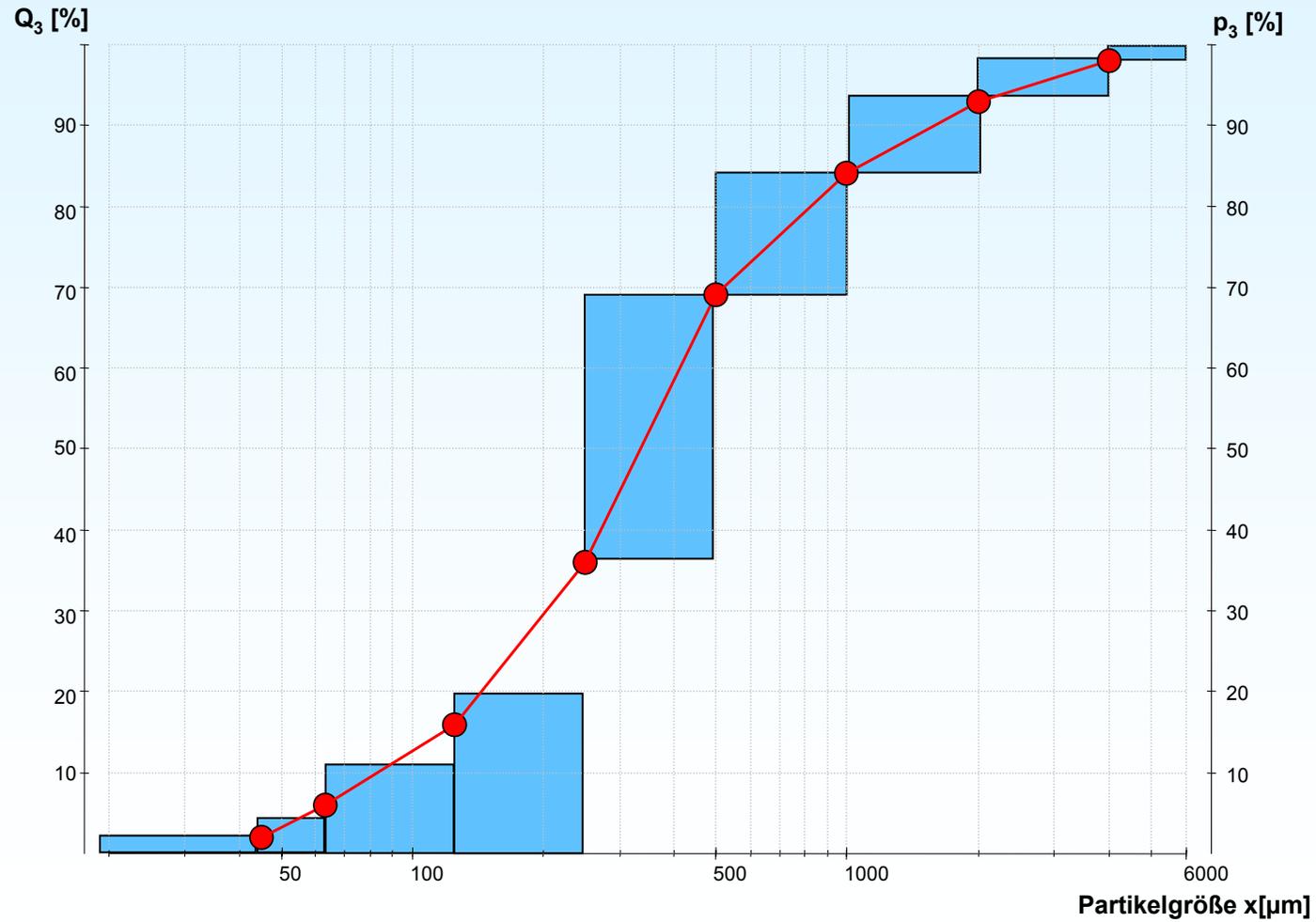
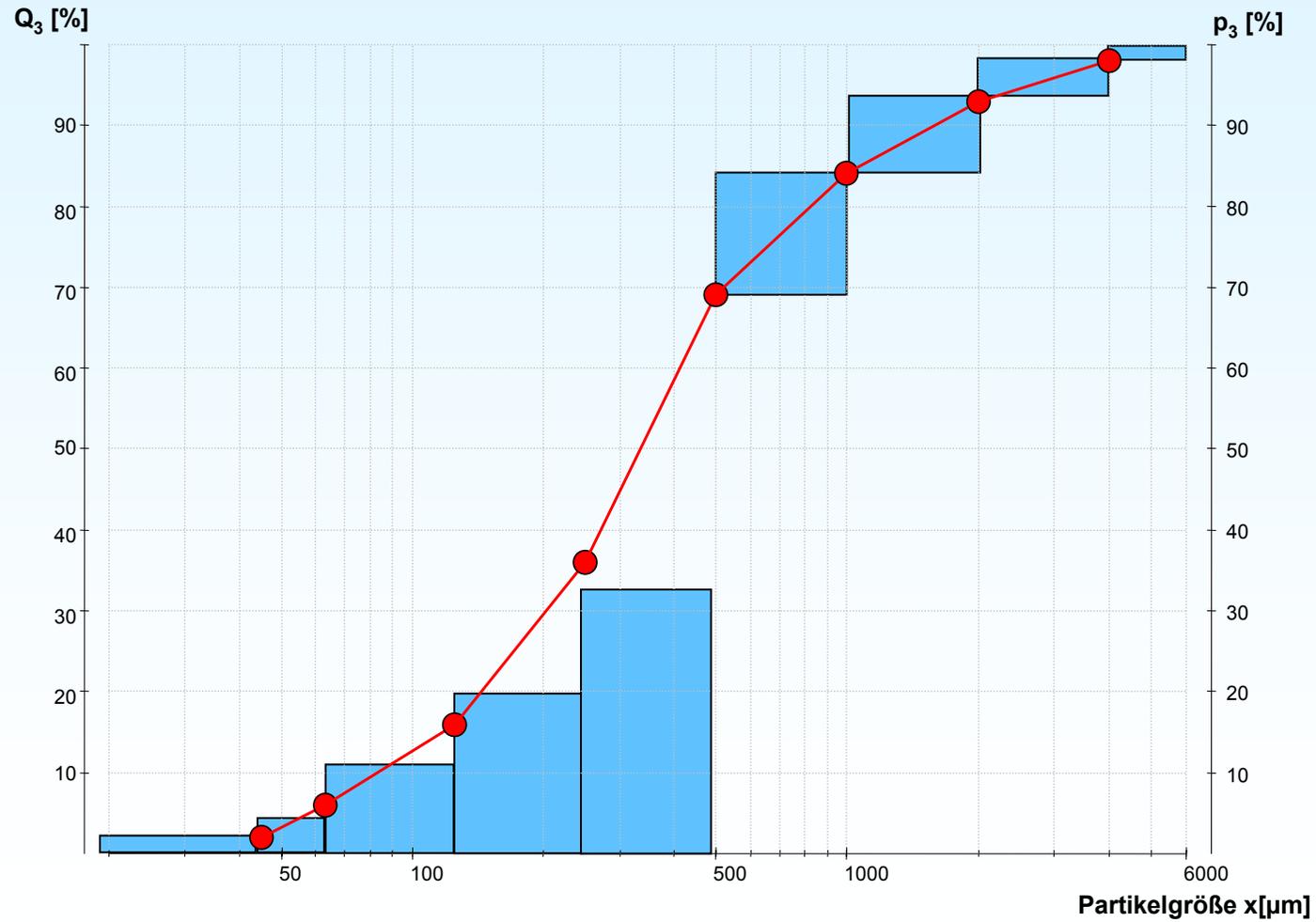


Abb. Fa. Retsch

Visualisierung – 5

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen



Visualisierung – 6

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen

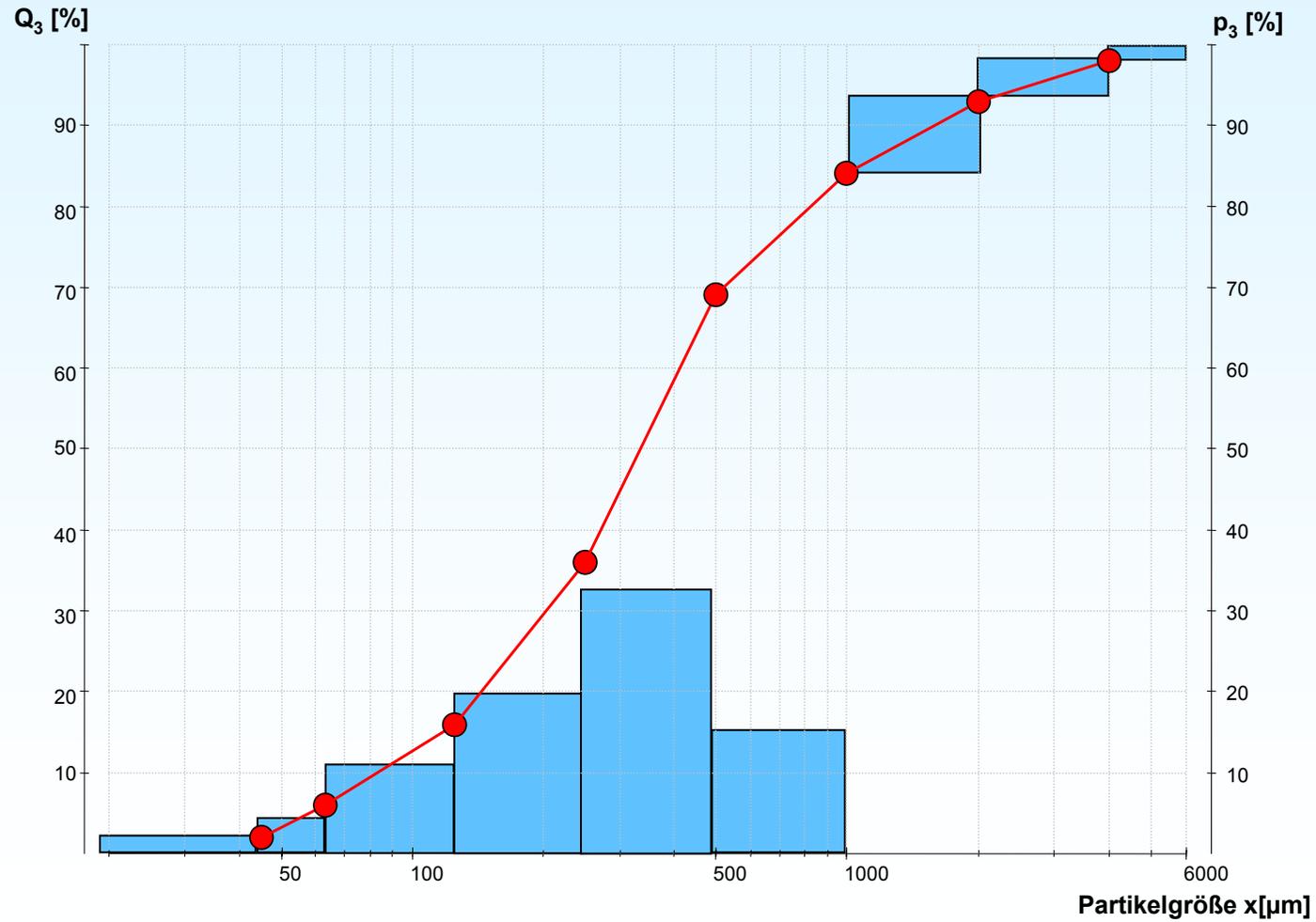


Abb. Fa. Retsch

Visualisierung – 7

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen

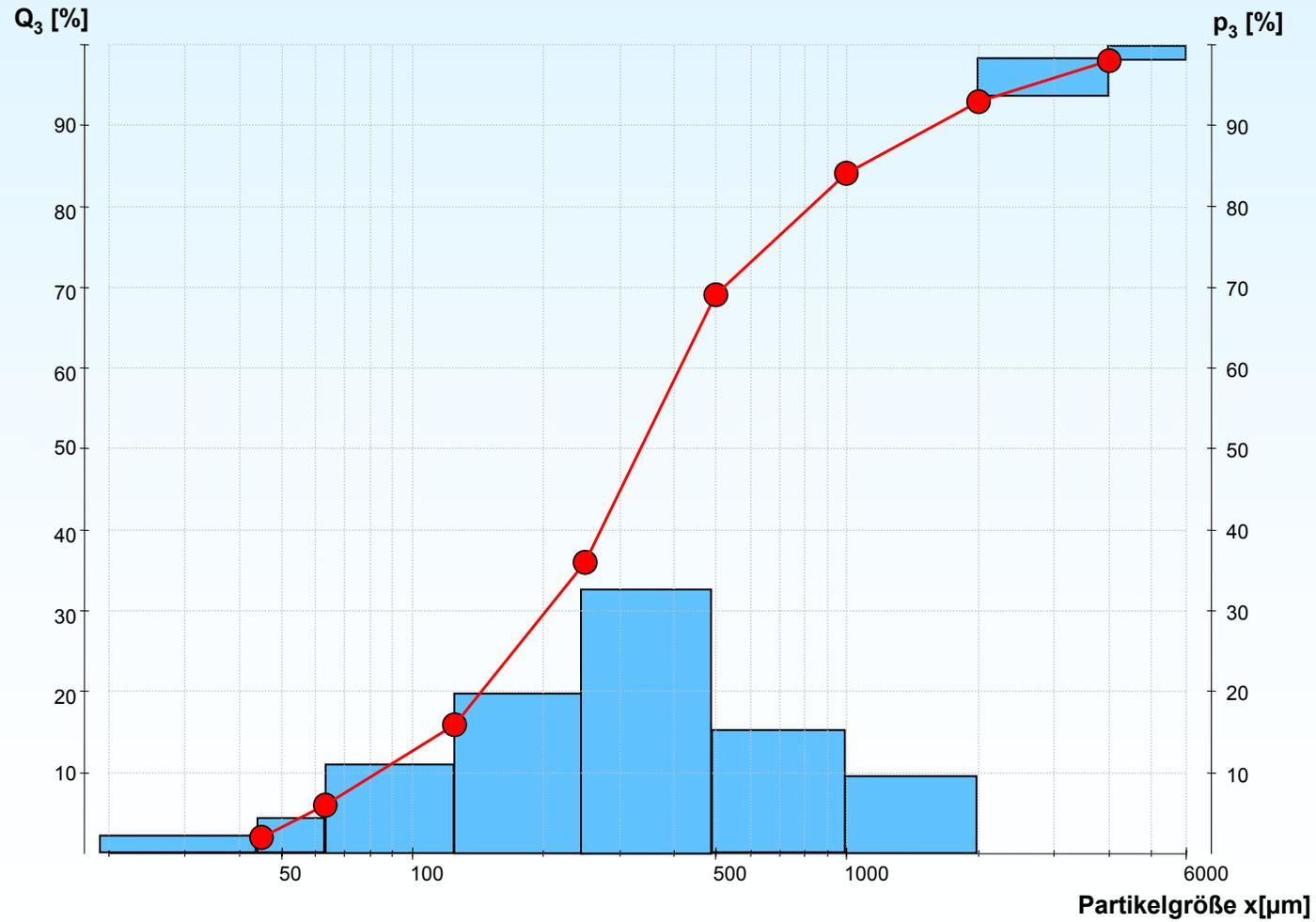


Abb. Fa. Retsch

Visualisierung – 8

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen

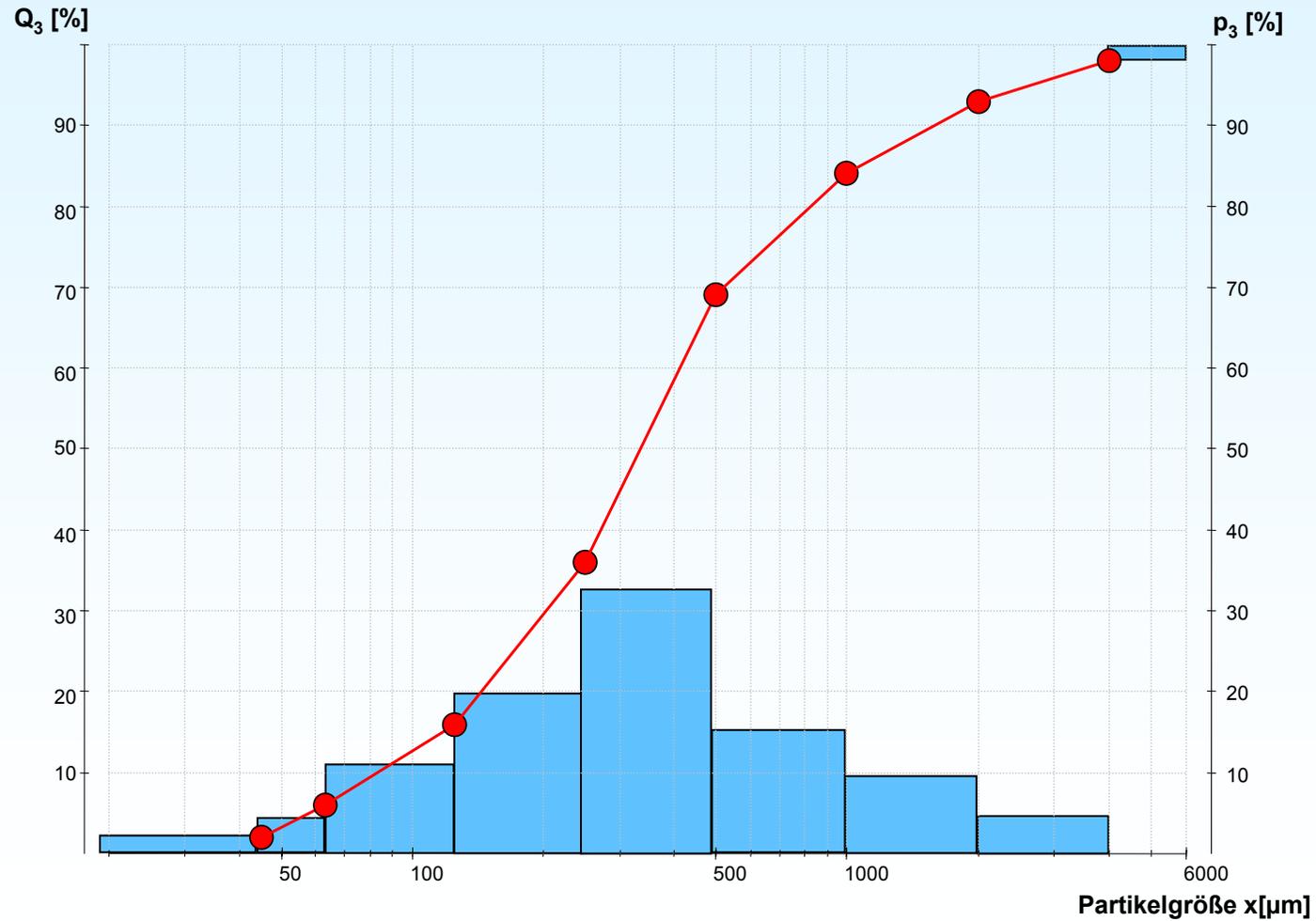


Abb. Fa. Retsch

Visualisierung – 9

Summenverteilung & Dichteverteilung der Einzelfractionen

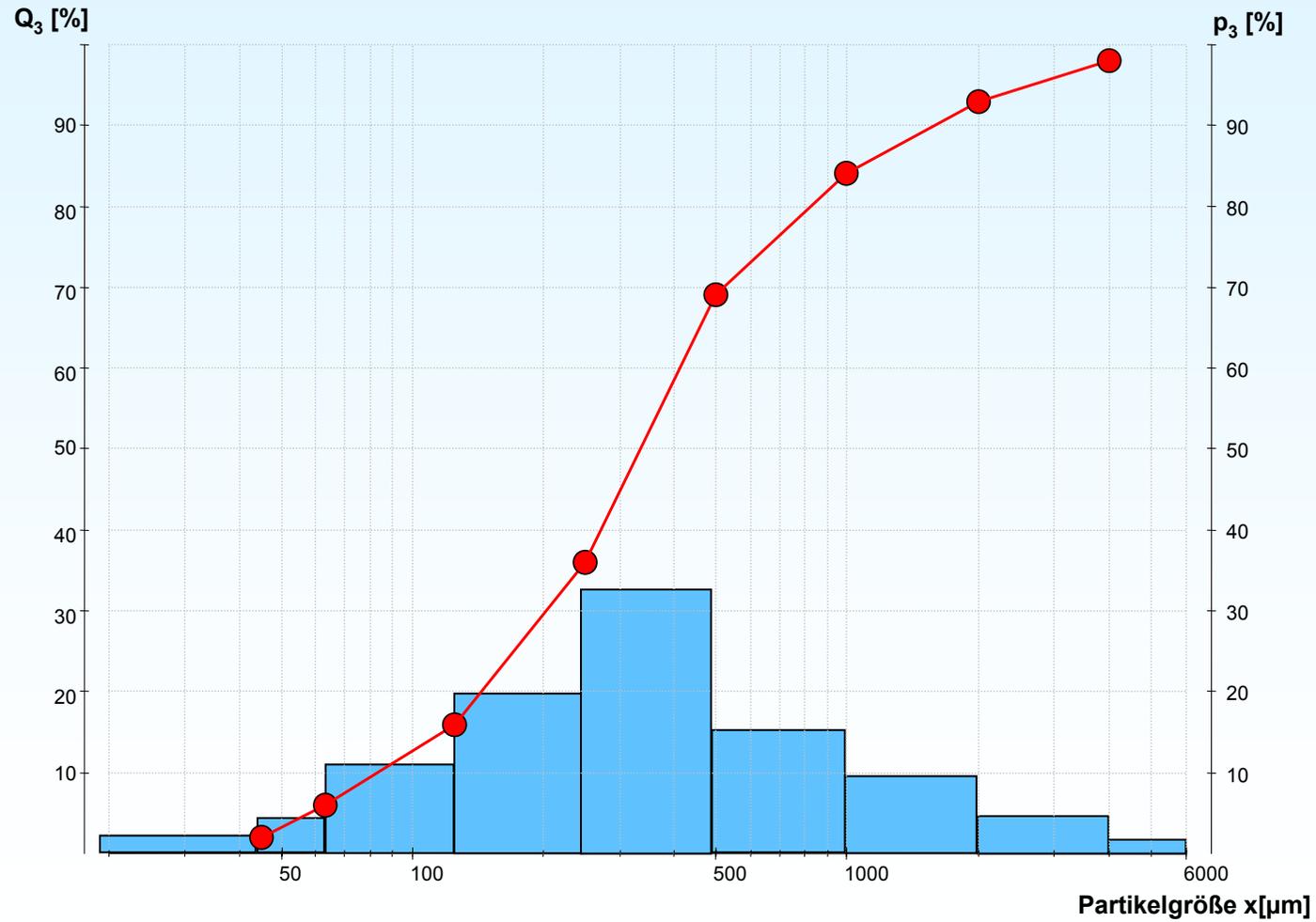
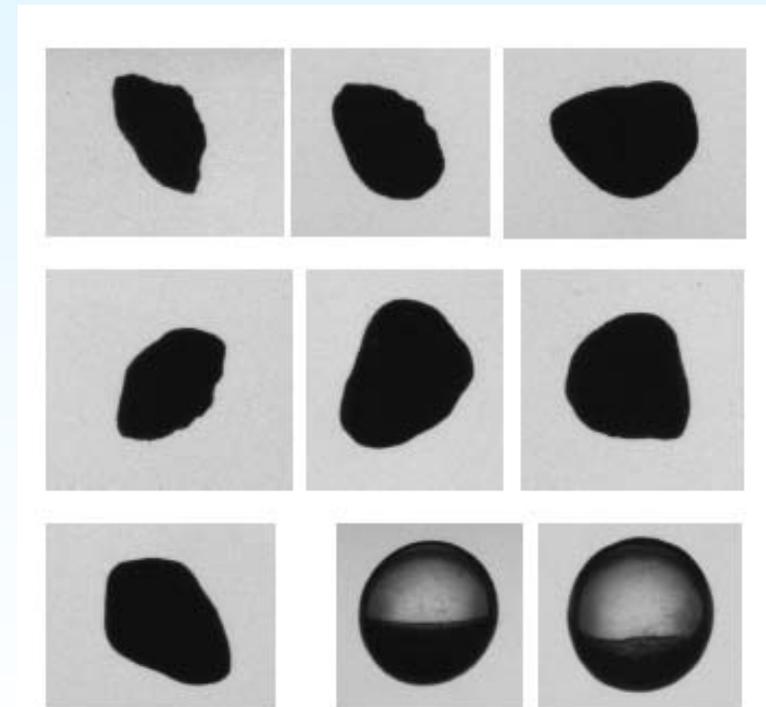
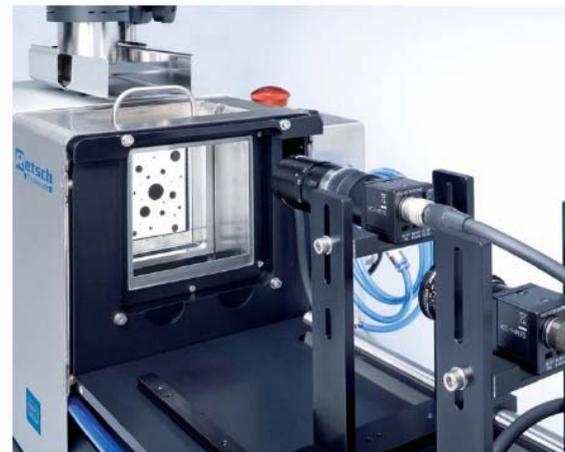


Abb. Fa. Retsch

Digitale Partikelmessung

- Simulation bis 10.000 Siebsätze
- div. Geometrien
- Kornanzahl
- Kornoberfläche & -volumen



Korn-Form-Untersuchungen

zur Beschreibung statischer & hydraulischer Sediment-Eigenschaften

TU Berlin (2008)
FG Ingenieurgeologie

unten rechts
Glaskugeln für den Brunnenausbau

Laborversuche nach DIN & nach Hausnorm



Durchlaufversuch Spitzglas
mit Glaskugeln 12 mm

Ermittlung der lockersten &
dichtesten Lagerung



mechanische Beständigkeit



1 Korn, ca. 8 x 12 mm



> 300.000 Bruchstücke

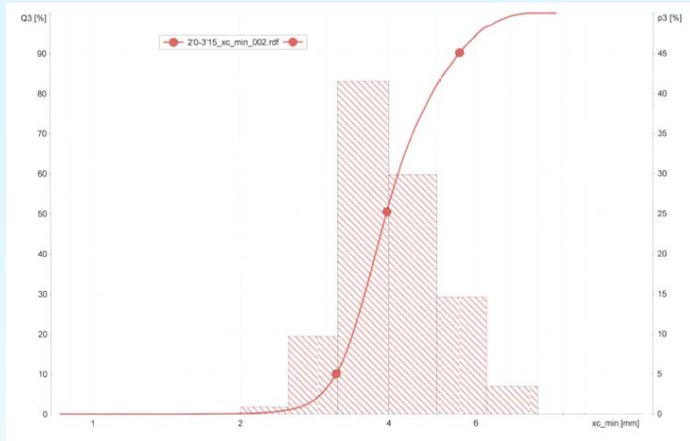


Modell Fa. Ochs, Nürnberg

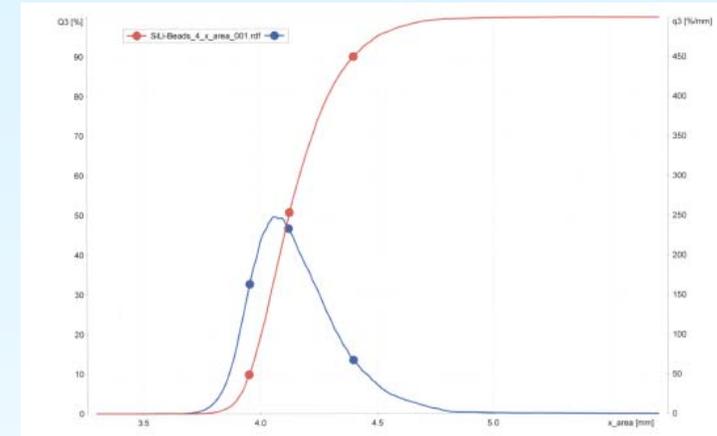


„Hammerschlag“-
Test

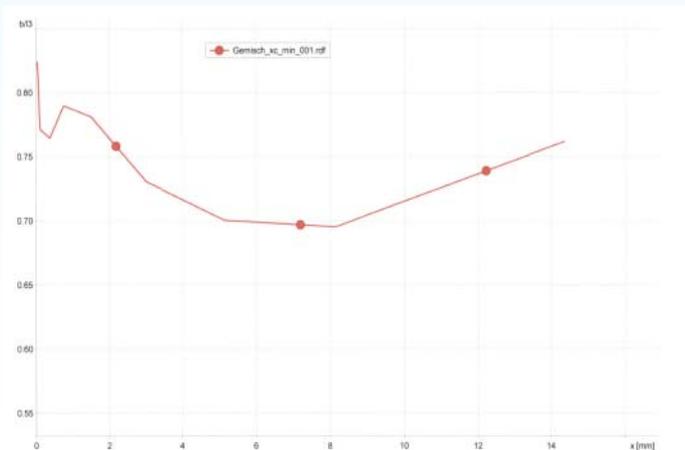
Digitale Partikelmessung - Beispiele zur graf. Auswertung



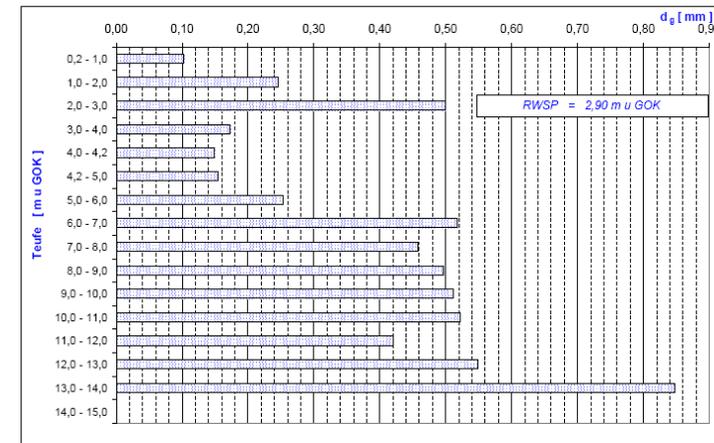
Korngruppe nach DIN 4924
Summen- & Dichteverteilung



Glaskugeln
Summen- & Dichteverteilung



Bodenprobe
Längen-/Breitenverhältnis in Abhängigkeit KornØ



Verteilung maßgebender Korndurchmesser in
Abhängigkeit Teufe m u GOK

5. Eigenschaften Sande und Kiese nach DIN / Glaskugeln

DIN-Historie für den Brunnenausbau mit Sanden & Kiesen mit den hauptsächlich geforderten Eigenschaften:

- **DIN 4924 Ausgabe 1955**
keine Bruchstücke; möglichst nahe Kugelform; Porenvolumen im Bereich 25 – 35 %; Unter- und Überkornanteil je max 10 %; 96 % SiO₂ ; Ton, Kalk, Glimmer, Feldspat und Fe max. 4 %; organ. Stoffe max. 0,5 %
- **DIN 4924 Ausgabe 1972**
ähnlich Vers. 1955; Wegfall Def. Porenvolumen
- **DIN 4924 Ausgabe 1998**
Gleichverteilung der Anteile; keine Anforderung an Kugelform, dafür kantengerrundet; Wegfall Def. Fe-Gehalt; keine organ. Bestandteile und hygienisch unbedenklich; Kiese nunmehr max 12 % Unterkorn & max. 15 % Überkorn; Wegfall der Abstufungs-Vorschläge für Mehrfach-Kiesschüttungen
- **DIN 19623 Ausgabe 1978**
in DVGW MB W 113 als Alternative zu Sanden und Kiesen nach DIN 4924 benannt; höhere Qualitätsanforderung als in DIN 4924; Unter- und Überkorn mit weniger Anteil als in DIN 4924 zugelassen; mehr Korngruppen

- **DIN EN 12904 Ausgabe 1999**
Nachfolge zur DIN 19623; umfangreiche Ausführungen zur Kornform (z.B. „Kornform beeinflusst Filtrationseigenschaften“), Eigenschaften (z.B. „Die Korngröße kann während des Transportes und des Einbringens kleiner werden“), chem. Beständigkeit (Lösung max. 2 %) etc;
insgesamt sehr viel umfassender als DIN 4924
- **DIN EN 12904 Ausgabe 2005**
Nachfolge zur Vers. 1999 – keine umfassenden Änderungen

Für **Glaskugeln zum Brunnenausbau** existieren nach keine Liefervorgaben, da der Einbau dieses Materials in Brunnen erst seit 2007 vorgenommen wird.

Für Glaskugeln werden alle Qualitätsvorgaben der DIN-Vorschriften für Sande und Kiese eingehalten, meist sogar weit übertroffen.

Übersicht der Korngruppen nach DIN und für Glaskugeln

Korngruppe				
Untergrenze	Mittelwert	Obergrenze		
DIN 4924 (1998) Sande und Kiese für den Brunnenbau	Sand	0,40 mm	0,60 mm	0,80 mm
		0,71 mm	0,98 mm	1,25 mm
		1,00 mm	1,50 mm	2,00 mm
		2,00 mm	2,58 mm	3,15 mm
	Kies	3,15 mm	4,38 mm	5,60 mm
		5,60 mm	6,80 mm	8,00 mm
		8,00 mm	12,00 mm	16,00 mm
		16,00 mm	23,75 mm	31,50 mm

Korngruppe				
Untergrenze	Mittelwert	Obergrenze		
DIN 4924 (1972) Filtersande und Filterkiese für Brunnenfilter zurückgezogen	Sand	0,25 mm	0,38 mm	0,50 mm
		0,50 mm	0,75 mm	1,00 mm
		0,71 mm	1,06 mm	1,40 mm
		1,00 mm	1,50 mm	2,00 mm
	Kies	2,00 mm	2,58 mm	3,15 mm
		3,15 mm	4,38 mm	5,60 mm
		5,60 mm	6,80 mm	8,00 mm
		8,00 mm	12,00 mm	16,00 mm
		16,00 mm	23,75 mm	31,50 mm

Korngruppe				
Untergrenze	Mittelwert	Obergrenze		
DIN 4924 (1955) Filtersande und Filterkiese für Brunnenfilter und Wasserreinigungfilter zurückgezogen	Sand	0,25 mm	0,38 mm	0,50 mm
		0,50 mm	0,63 mm	0,75 mm
		0,75 mm	0,88 mm	1,00 mm
		1,00 mm	1,25 mm	1,50 mm
		1,50 mm	1,75 mm	2,00 mm
		2,00 mm	2,50 mm	3,00 mm
	Kies	3,00 mm	3,50 mm	4,00 mm
		4,00 mm	5,00 mm	6,00 mm
		6,00 mm	7,00 mm	8,00 mm
		8,00 mm	10,00 mm	12,00 mm
		12,00 mm	14,00 mm	16,00 mm
		16,00 mm	20,50 mm	25,00 mm
		25,00 mm	30,00 mm	35,00 mm

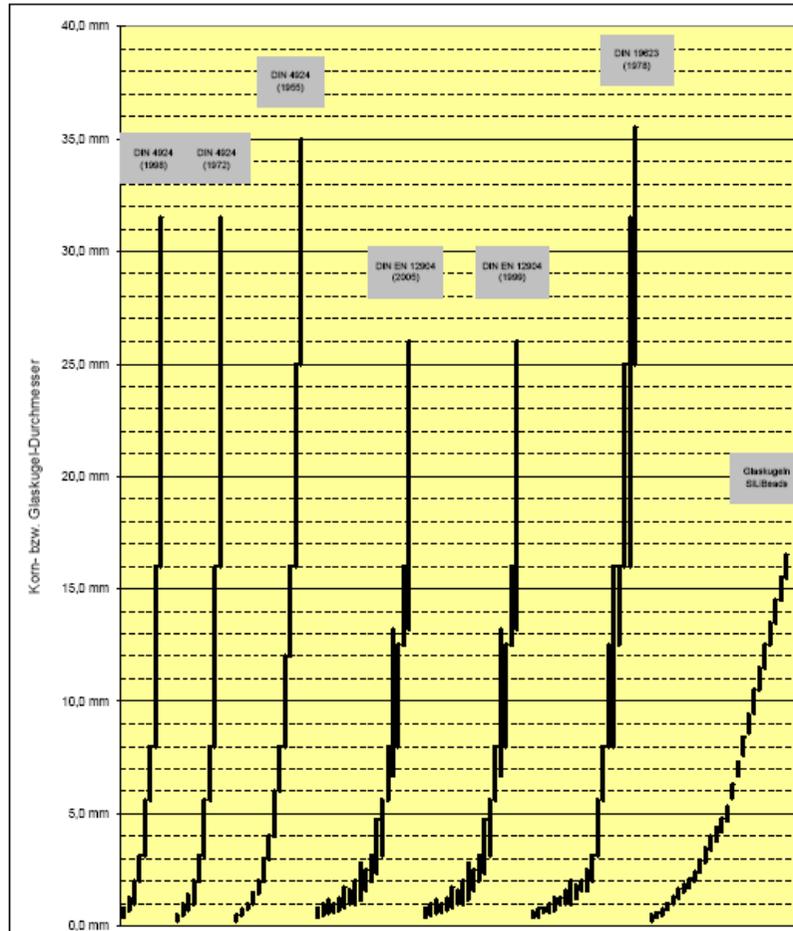
Korngruppe				
Untergrenze	Mittelwert	Obergrenze		
DIN EN 12904 (2005) Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch - Quarzsand und Quarkies zurückgezogen	Sand	0,40 mm	0,60 mm	0,80 mm
		0,50 mm	0,75 mm	1,00 mm
		0,60 mm	0,89 mm	1,18 mm
		0,63 mm	0,82 mm	1,00 mm
		0,71 mm	0,98 mm	1,25 mm
		0,85 mm	1,28 mm	1,70 mm
		1,00 mm	1,30 mm	1,60 mm
		1,00 mm	1,50 mm	2,00 mm
		1,18 mm	1,99 mm	2,80 mm
		1,60 mm	2,05 mm	2,50 mm
	Kies	2,00 mm	2,58 mm	3,15 mm
		2,36 mm	3,56 mm	4,75 mm
		3,15 mm	4,38 mm	5,60 mm
		5,60 mm	6,80 mm	8,00 mm
		6,70 mm	9,95 mm	13,20 mm
		8,00 mm	10,25 mm	12,50 mm
		12,50 mm	14,25 mm	16,00 mm
		13,20 mm	19,60 mm	26,00 mm

Korngruppe				
Untergrenze	Mittelwert	Obergrenze		
DIN EN 12904 (1999) Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch - Sand und Kies zurückgezogen	Sand	0,40 mm	0,60 mm	0,80 mm
		0,50 mm	0,75 mm	1,00 mm
		0,60 mm	0,89 mm	1,18 mm
		0,63 mm	0,82 mm	1,00 mm
		0,71 mm	0,98 mm	1,25 mm
		0,85 mm	1,28 mm	1,70 mm
		1,00 mm	1,30 mm	1,60 mm
		1,00 mm	1,50 mm	2,00 mm
		1,18 mm	1,99 mm	2,80 mm
		1,60 mm	2,05 mm	2,50 mm
	Kies	2,00 mm	2,58 mm	3,15 mm
		2,36 mm	3,56 mm	4,75 mm
		3,15 mm	4,38 mm	5,60 mm
		5,60 mm	6,80 mm	8,00 mm
		6,70 mm	9,95 mm	13,20 mm
		8,00 mm	10,25 mm	12,50 mm
		12,50 mm	14,25 mm	16,00 mm
		13,20 mm	19,60 mm	26,00 mm

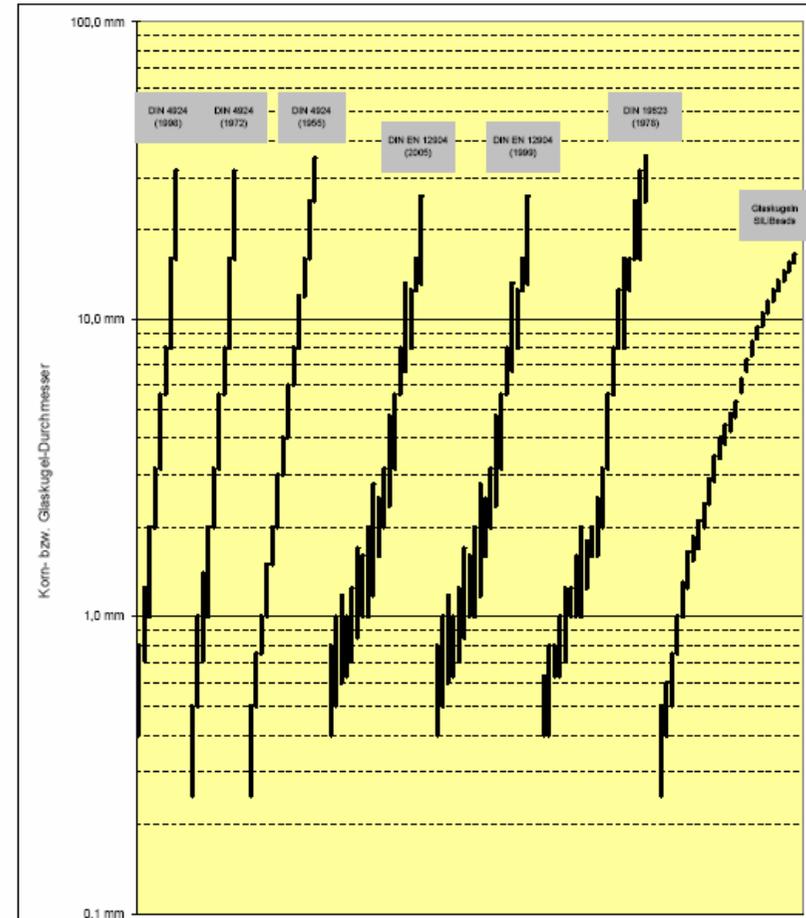
Korngruppe				
Untergrenze	Mittelwert	Obergrenze		
DIN 19623 (1978) Filtersande und Filterkiese für Wasserreinigungfilter zurückgezogen	Sand	0,40 mm	0,52 mm	0,63 mm
		0,40 mm	0,60 mm	0,80 mm
		0,63 mm	0,72 mm	0,80 mm
		0,63 mm	0,82 mm	1,00 mm
		0,71 mm	0,98 mm	1,25 mm
		1,00 mm	1,13 mm	1,25 mm
		1,00 mm	1,30 mm	1,60 mm
		1,00 mm	1,50 mm	2,00 mm
		1,25 mm	1,53 mm	1,80 mm
		1,60 mm	1,80 mm	2,00 mm
	Kies	1,60 mm	2,05 mm	2,50 mm
		2,00 mm	2,58 mm	3,15 mm
		3,15 mm	4,38 mm	5,60 mm
		5,60 mm	6,80 mm	8,00 mm
		8,00 mm	10,25 mm	12,50 mm
		8,00 mm	12,00 mm	16,00 mm
		12,50 mm	14,25 mm	16,00 mm
		16,00 mm	20,50 mm	25,00 mm
		16,00 mm	23,75 mm	31,50 mm
		25,00 mm	30,25 mm	35,50 mm

Fraktiom				
Untergrenze	Mittelwert	Obergrenze		
Glaskugeln Standard-Größen Produktname SiLiBeads® Hersteller Sigmund Lindner GmbH	Typ-S	0,25 mm	0,38 mm	0,50 mm
		0,40 mm	0,50 mm	0,60 mm
		0,50 mm	0,63 mm	0,75 mm
		0,75 mm	0,88 mm	1,00 mm
		1,00 mm	1,15 mm	1,30 mm
		1,25 mm	1,45 mm	1,65 mm
		1,55 mm	1,70 mm	1,85 mm
		1,70 mm	1,90 mm	2,10 mm
		2,00 mm	2,20 mm	2,40 mm
		2,40 mm	2,65 mm	2,90 mm
		2,85 mm	3,15 mm	3,45 mm
		3,40 mm	3,70 mm	4,00 mm
		3,80 mm	4,10 mm	4,40 mm
	Typ-M	4,20 mm	4,50 mm	4,80 mm
		4,70 mm	5,00 mm	5,30 mm
		5,70 mm	6,00 mm	6,30 mm
		6,70 mm	7,00 mm	7,30 mm
		7,60 mm	8,00 mm	8,40 mm
		8,60 mm	9,00 mm	9,40 mm
		9,50 mm	10,00 mm	10,50 mm
		10,50 mm	11,00 mm	11,50 mm
		11,50 mm	12,00 mm	12,50 mm
		12,50 mm	13,00 mm	13,50 mm
		13,50 mm	14,00 mm	14,50 mm
		14,50 mm	15,00 mm	15,50 mm
		15,50 mm	16,00 mm	16,50 mm

Übersicht der Korngruppen nach DIN und für Glaskugeln (lin. u. log.)



Sande und Kiese: Korngruppen nach DIN 4924 (1998, 1972, 1955), DIN EN 12904 (2005, 1999), DIN 19623 (1978)
Glaskugeln: Standard-Fractionen Typ S und Typ M des Herstellers SILiBeads



Sande und Kiese: Korngruppen nach DIN 4924 (1998, 1972, 1955), DIN EN 12904 (2005, 1999), DIN 19623 (1978)
Glaskugeln: Standard-Fractionen Typ S und Typ M des Herstellers SILiBeads

6. Berechnung gemäß DVGW MB W 113 zur Dimensionierung für den Brunnenausbau mit Sanden und Kiesen (DIN 4924) / Berechnungsvorschläge zum Brunnenausbau mit Glaskugeln

DVGW W 113 (2001, 1983)

$$D_s = d_g \cdot F_g$$

D_s = Schüttkorndurchmesser für Fraktion nach DIN 4924 (mm)

d_g = maßgebender Korndurchmesser des Anstehenden (mm)

Achtung: mehrfach gekrümmte Sieblinien

F_g = Filterfaktor

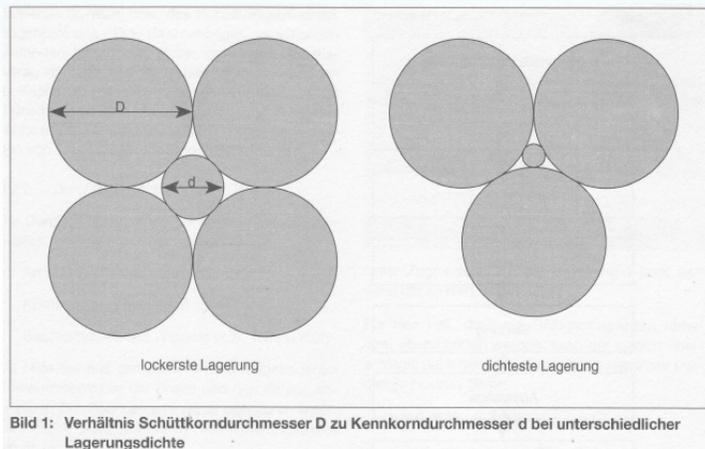
mit

$$F_g = 5 + U \quad \text{für } 1 < U < 5$$

$$F_g = 10 \quad \text{für } U \geq 10$$

$$U = d_{60} / d_{10} \quad \text{Ungleichkörnigkeit}$$

$D / d = 2,4$



$D / d = 6,4$

Bild 1: Verhältnis Schüttkorndurchmesser D zu Kennkorndurchmesser d bei unterschiedlicher Lagerungsdichte

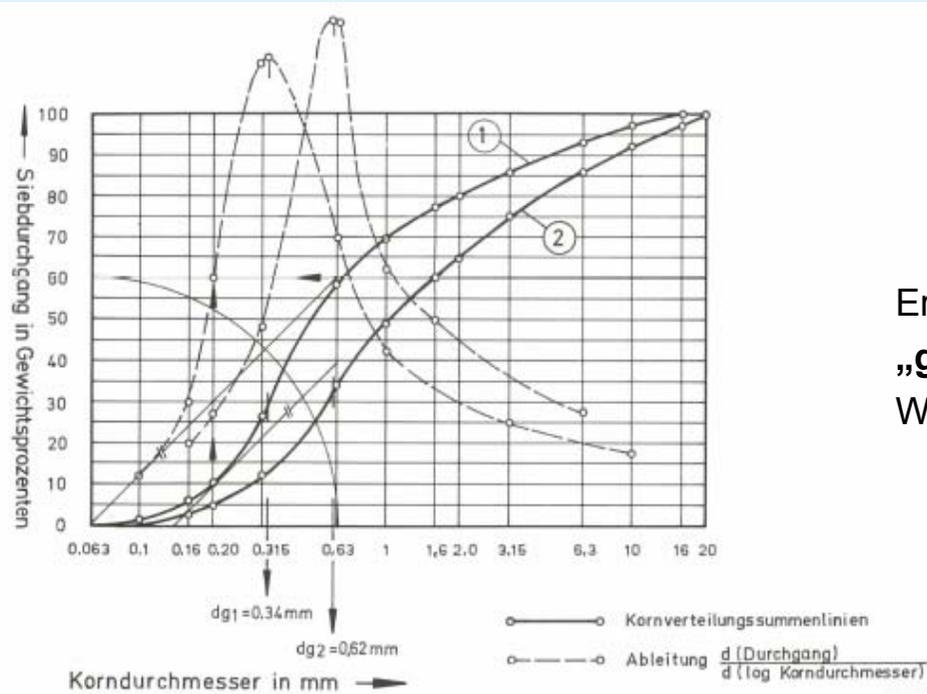
$$2,4 + 6,6 = 8,8 \quad \# \quad 8,8 / 2 = 4,4$$

aufgerundet $\rightarrow 5$ – Eingang in F_g für mittlere Lagerungsdichte



Bestimmung des Schüttkorndurchmessers und hydrogeologischer Parameter aus der Korngrößenverteilung für den Bau von Brunnen

Abbildung 4: Beispiel ① und ② zur Bestimmung von d_g



Ermittlung d_g als Wendepunkt aus Summenkurve
 „per Hand“ aus gezoomter, linearer Grafik
 K.F.Paul, WAR 65 (1992)

Berechnung gemäß DVGW MB W 113 zur Dimensionierung
 für den Brunnenbau mit Sanden und Kiesen (DIN 4924) /
 Berechnungsvorschläge zum Brunnenbau mit Glaskugeln

Ermittlung d_g als Wendepunkt aus Summenkurve
 „grafische Differentiation“
 W 113 (1983)

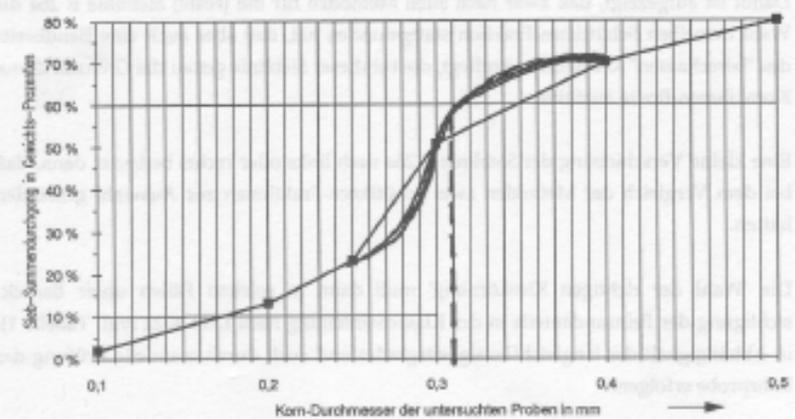


Bild 5e-2 Sieblinie E 26a: Kennkornbestimmung nach DVGW-Merkblatt W 113
 • Gezoomte Darstellung aus Bild 5e-1 zur Vereinfachung der d_g -Bestimmung
 • Bestimmung des vertikalen Wendepunktes 'per Hand' = d_g
 d_g (W 113) = 0,31 und $F_g = 6 + 2,1 \rightarrow D_{50} = 0,31 \cdot 8,1 = 2,5$
 Wahl der (äußeren) Kiesschüttung nach DIN 4924: 2 mm - 3,15 mm

Berechnung gemäß DVGW MB W 113 zur Dimensionierung für den Brunnenbau mit Sanden und Kiesen (DIN 4924) / Berechnungsvorschläge zum Brunnenbau mit Glaskugeln

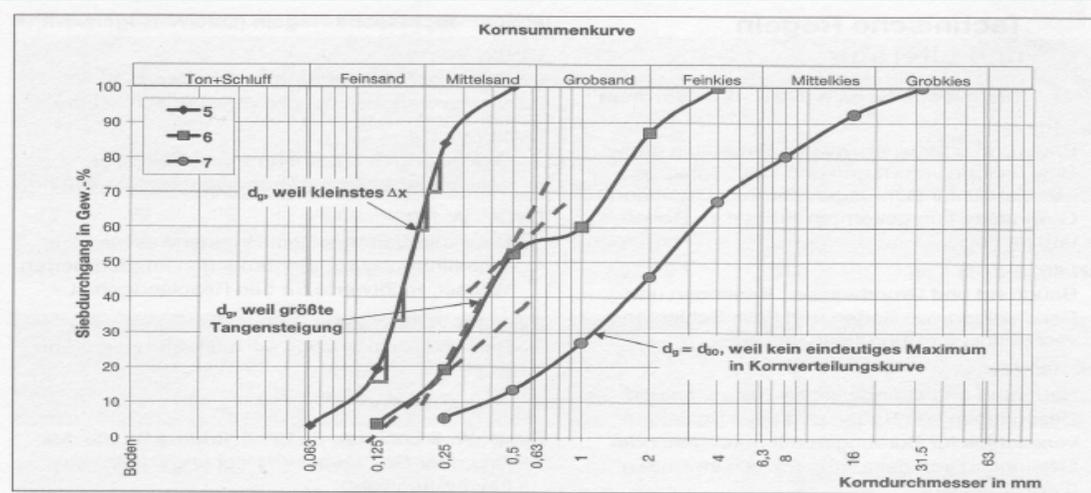


Bild 4: Zeichnerische Bestimmung von d_g



Ermittlung d_g als Wendepunkt aus Summenkurve

„Tangentenverfahren“ mit Steigungsdreiecken und Wendepunkt bei Δx_{\min} W 113 (2001)

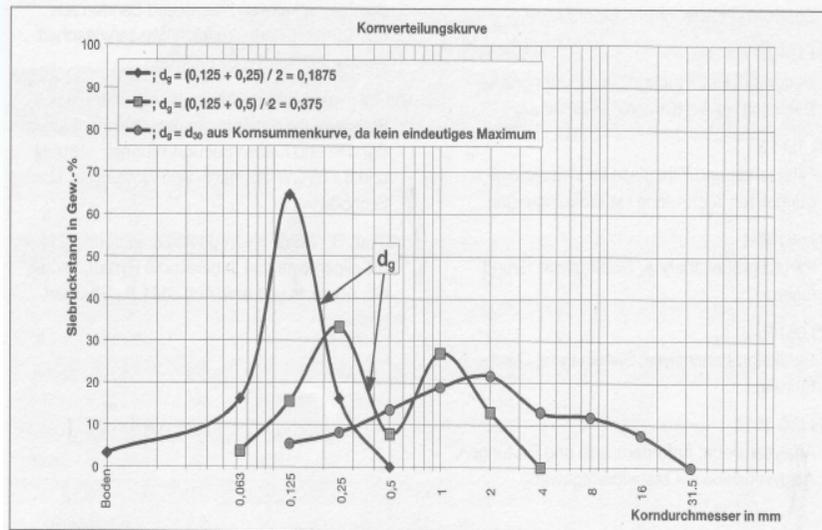


Bild 5: Ermittlung von d_g mittels Kornverteilungskurve

Ermittlung d_g als Maximum aus Dichteverteilung „Mittelwert“ aus Maximum + nächster Wert / 2 W 113 (2001)

Ermittlung d_g aus Dichteverteilung
 „Maximum“ als $x_{\max} 1(q3)$
 mit algorithmischem Verfahren
 digitale Partikelmessung mit ca. 10.000 Kornklassen

Berechnung gemäß DVGW MB W 113 zur Dimensionierung
 für den Brunnenbau mit Sanden und Kiesen (DIN 4924) /
 Berechnungsvorschläge zum Brunnenbau mit Glaskugeln

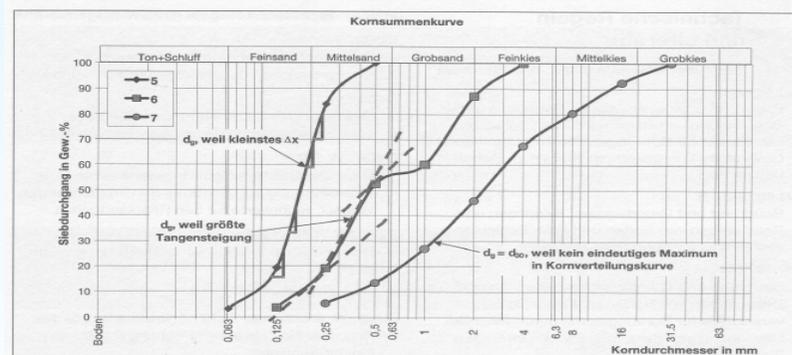
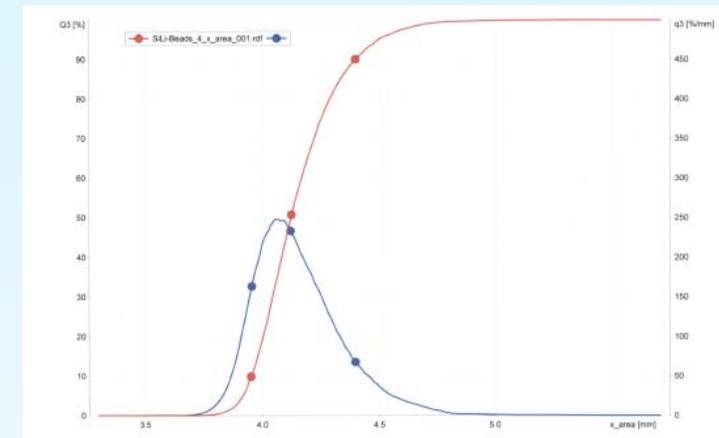


Bild 4: Zeichnerische Bestimmung von d_g

zur Beachtung für
mehrfach gekrümmte Sieblinien
 bzw. **mehrgipfelige Dichteverteilungen**

$d_g = d_{30}$ bei uneindeutigem Wendepunkt bzw. Maximum

mehrere Wendepunkte bzw. Maxima

$d_o / d_u < 7 \rightarrow d_o = d_g$

$d_o / d_u > 7 \implies d_u = d_g$

< 7 = Korn kann nicht passieren und d_o ist maßgebend

> 7 = eingelagertes Korn kann Korngerüst passieren (vgl. „fraktale Kugelpackung“) und d_u ist maßgebend

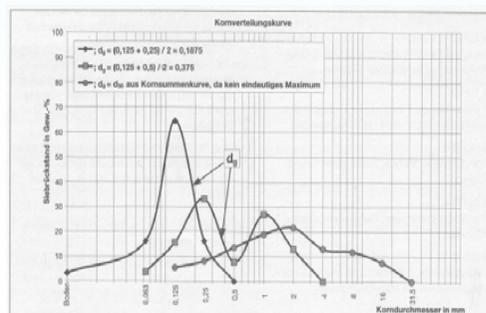


Bild 5: Ermittlung von d_g mittels Kornverteilungskurve

Schüttkorn-Auswahl **Sande und Kiese**

nach Ermittlung d_g und U

Annahme: Lagerungsart Sande und Kiese nach Verdichtung = „mittel“

- Berechnung D_s
- Auswahl einer Korngruppe gemäß DIN 4924

Beispiel: $d_g = 0,50 \text{ mm}$ & $U = 3,7$

→ $D_s = 0,50 \text{ mm} \cdot (5 + 3,7) = 4,35 \text{ mm}$

→ Sande und Kiese 3,15 bis 5,6 mm nach DIN 4924

Schüttkorn-Auswahl **Glaskugel** – Berechnungsvorschlag Variante 1

„Standard“-Ermittlung d_g und U

Annahme: Lagerungsart Glaskugel „mittel“ ... „dicht“

→ 2 Berechnungen D_s :

1.) $F_g = 5 + U$ (mittlere Lagerung: $D / d = 4,4 \Rightarrow 5$)

2.) $F_g = 7 + U$ (dichte Lagerung: $D / d = 6,4 \Rightarrow 7$)

→ Auswahl Glaskugeldurchmesser zwischen $D_{s \text{ Glas mittel}}$... $D_{s \text{ Glas dicht}}$

Beispiel: $d_g = 0,50 \text{ mm}$ & $U = 3,7$

→ $D_{s \text{ Glas mittel}} = 0,50 \text{ mm} \cdot (5 + 3,7) = 4,35 \text{ mm}$

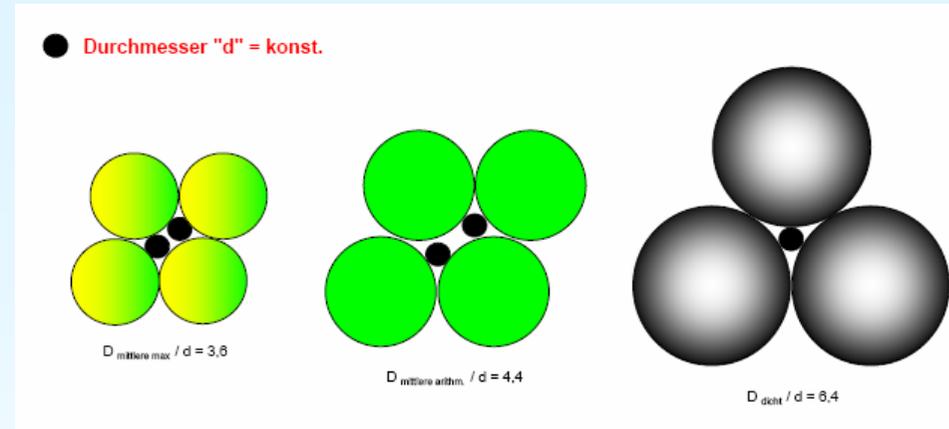
→ $D_{s \text{ Glas dicht}} = 0,50 \text{ mm} \cdot (7 + 3,7) = 5,35 \text{ mm}$

→ Auswahl Glaskugeln zwischen 4,35 mm ... 5,35 mm
unter Berücksichtigung der lieferbaren Fraktionen

= Glaskugel-Fraktion 4,2 mm bis 4,8 mm ... 4,7 mm bis 5,3 mm

Schüttkorn-Auswahl **Glaskugel** – Berechnungsvorschlag Variante 2

„Standard“-Ermittlung d_g und U
Annahme: Lagerungsart Glaskugel
„mittel“ ... „dicht“



→ 2 Berechnungen D_s :

$$1.) F_g = 5 + U \quad [\text{gemäß W 113}]$$

$$2.) D_{s \text{ dicht}} = (D_{s \text{ mittel}} / 4,4) \cdot 6,4 = ((d_g \cdot (5 + U)) / 4,4) \cdot 6,4$$

[Berechnungsansatz: $d = \text{max. passierender Korndurchmesser} = \text{konst}$]

→ Auswahl Glaskugeldurchmesser zwischen $D_{s \text{ Glas mittel}} \dots D_{s \text{ Glas dicht}}$

Beispiel: $d_g = 0,50 \text{ mm}$ & $U = 3,7$

$$\rightarrow D_{s \text{ Glas mittel}} = 0,50 \text{ mm} \cdot (5 + 3,7) = 4,35 \text{ mm}$$

$$\rightarrow D_{s \text{ Glas dicht}} = (0,50 \text{ mm} \cdot (5 + 3,7)) / 4,4 \cdot 6,4 = 6,33 \text{ mm}$$

→ Auswahl Glaskugeln zwischen 4,4 mm ... 6,3 mm
unter Berücksichtigung der lieferbaren Fraktionen

→ Glaskugel-Fraktion 4,2 mm bis 4,8 mm ... 5,7 mm bis 6,3 mm

Zusammenstellung Beispiel – Berechnung

Schüttkorn-Auswahl **Sande und Kiese**

- Sande und Kiese 3,15 mm bis 5,6 mm nach DIN 4924

Schüttkorn-Auswahl **Glaskugel** – Berechnungsvorschlag Variante 1

- Glaskugel-Fraktion 4,2 mm bis 4,8 mm ... 4,7 mm bis 5,3 mm

Schüttkorn-Auswahl **Glaskugel** – Berechnungsvorschlag Variante 2

- Glaskugel-Fraktion 4,2 mm bis 4,8 mm ... 5,7 mm bis 6,3 mm

Tatsächliche Auswahl der Glaskugel-Fraktion zur Nutzung hydraulischer Vorteile
z.B. abhängig von:

- Teufenverteilung d_g
- Form- & Lagerungsparametern des Anstehenden
- Mut oder Angst
- Ergebnissen aus F&E-Vorhaben

Vorteile Brunnenausbau mit Glaskugeln anstatt mit Sanden & Kiesen nach DIN 4924

bessere Abstimmung auf Anstehendes wg. konstanter Lagerungsdichte & Kugelform

→ Q = signifikante Steigerung / Verringerung Kolmation / geringerer Bedarf Brunnen-Anzahl

Randbedingung: Probebohrung erforderlich zur Untersuchung Korngröße, Kornform, Lagerungsdichte etc. / ggfls. teufendifferenzierter Ausbau erforderlich

keine Entmischung zu Mehrschichtfiltern beim Einbau (Glaskugeln haben eine geringe Fraktionsbreite)

→ Verringerung axiale Kolmationsgefahr

keine Entsandung erforderlich (Glaskugeln haben keinen Unterkornanteil)

& geringerer Aufwand für Klarpumpen (Glaskugeln haben keinen Feinstaub)

→ erhebliche Verringerung Kolmationsgefahr / Einsparung Entsandungskosten, die höher sind als die Mehrkosten für den Glaskugelausbau

Klärungsbedarf: Entfernung Zusätze bei Spülbohrungen / evtl. geringes Setzungskolben erforderlich / Entwicklungsbedarf bzw. –möglichkeit des Anstehenden

geringere Absenkung bei Q = konst.

→ Energieeinsparung = Senkung der Betriebskosten

erheblich geringere Anlagerungs-Oberfläche & größere Schlitzweiten möglich

(wg. größerer Glaskugel-Dimensionierung)

→ langsamerer Alterungsfortschritt (bei Q = konst.)

→ verbesserte Regenerierfähigkeit & längere Zyklen zwischen notwendigen Regenerierungen
= Senkung der Instandhaltungskosten

kein Eisengehalt

→ keine Donatorfunktion

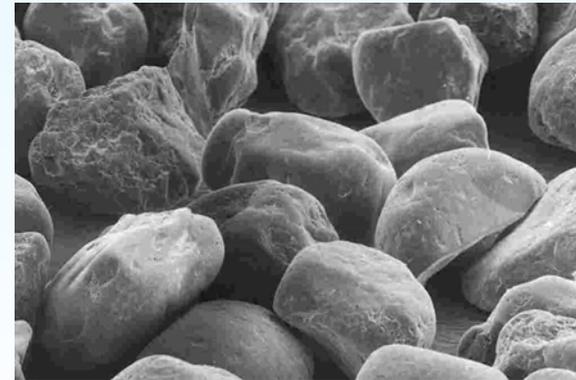
längere Brunnenlebensdauer

→ Verbesserung der Unternehmensbilanz

7. Empfehlungen für Brunnen-Ausbau, Inbetriebnahme, Instandhaltung

Kornform

Nur Glaskugeln erfüllen die Anforderungen der Modelltheorie. Das Anstehende (und auch Sande & Kiese nach DIN) ist eckig, nicht-kugelig und rauh-porös, d.h. die Berechnungen mit Kugelmodellen führen „nicht immer“ zu korrekten Ergebnissen. Die Ergebnisse von F&E-Vorhaben sollen Berechnungen realistischer werden lassen.



Filterfaktor

Die Modelltheorie geht immer vom Filterfaktor 1. Ordnung aus. In der Realität sind ausschließlich Bedingungen mit Filterfaktoren höherer Ordnung vorhanden, d.h. Filterschichten können „gröber“ gewählt werden und „Angst-Schüttungen“ neigen zur Kolmation.

Lotrechter Brunnenbau

Grundsätzliche Voraussetzung für den Brunnenausbau mit Filterschicht ist die Lotrechtigkeit des Bohrloches.

Andernfalls „hängt“ das Brunnenrohr an der Bohrlochwand / dem Anstehenden und es paßt / gelangt keine Filterschicht zwischen Filterschlitz und Anstehendem.

Folgende Abweichungen treten auf

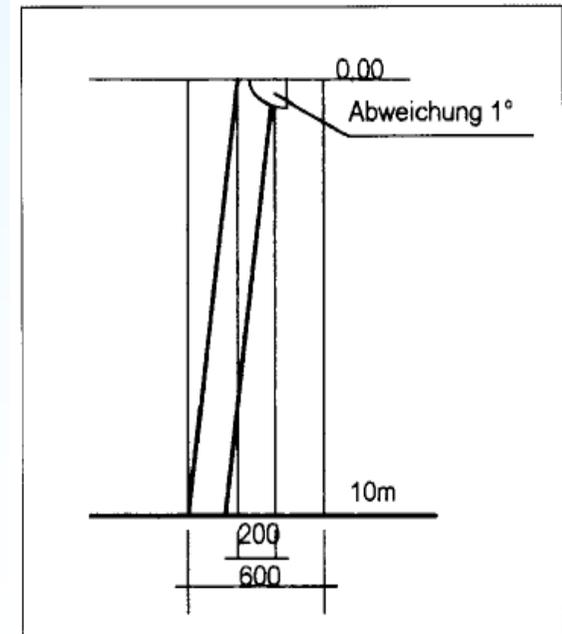
	1°	2°
20m	34,9cm	• 2
50m	87,3cm	• 2
100m	• 2	• 2

Entsandungen und Brunnenbetrieb sind dementsprechend problematisch.

Fehlinterpretationen von Entsandungsmaßnahmen bei schiefen Brunnen sind häufig.

Brunnenausbauzeichnungen zeigen nicht die reale Abweichung der Lotrechtigkeit.

3 Fehlerhafte Brunnenbohrung im Lockergestein: Bohrlochabweichung aus der Lotrechten



Unterkorn / Überkorn

Die gemäß DIN zulässigen Anteile an Unter- und Überkorn sind zu hoch. Entsandungsmaßnahmen entfernen überwiegend den zuvor eingebrachten Anteil an Unterkorn (hohe Kosten / unnötige Zusatzkosten).

- zugelassenen Unterkornanteil per Liefervorschrift heruntersetzen
- vor Einbringung „nachsieben“
- mit digitaler Partikelmessung Bestandteile der Kiesschüttung vorher „erkennen“ und mit den bei der Entsandung entfernten Feststoffen vergleichen.

Hohe Überkorn-Anteile können zu Fraktalitätsbedingungen führen.

Hohe Unterkorn-Anteile beeinflussen die Fördermenge; ihre Entfernung (d_{10}) verbessert die Leistungsfähigkeit eines Brunnens; in Abhängigkeit des Entsandungsverfahrens werden jedoch häufig auch leistungsmindernde Setzungen herbeigeführt (Überlagerungseffekt der Wirkung).

Hohe Unterkorn-Anteile können bei Entsandungsmaßnahmen innere Kolmation herbeiführen.

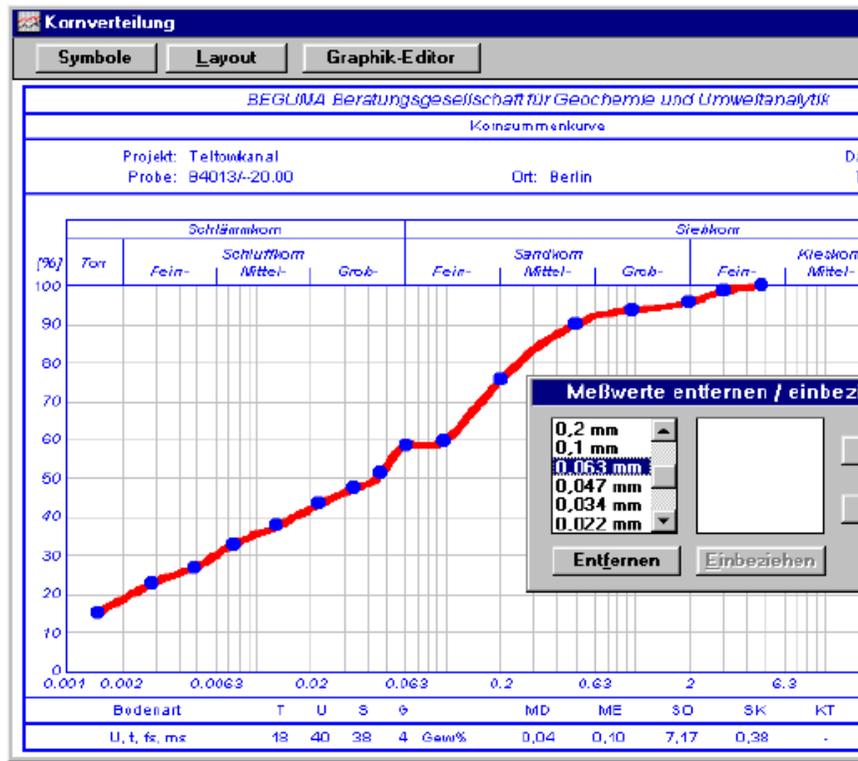
Unterkorn-Durchmesser > Schlitzweite versperren den Schlitz-Zufluß und verklemmen durchflußmindernd im Filterschlitz.



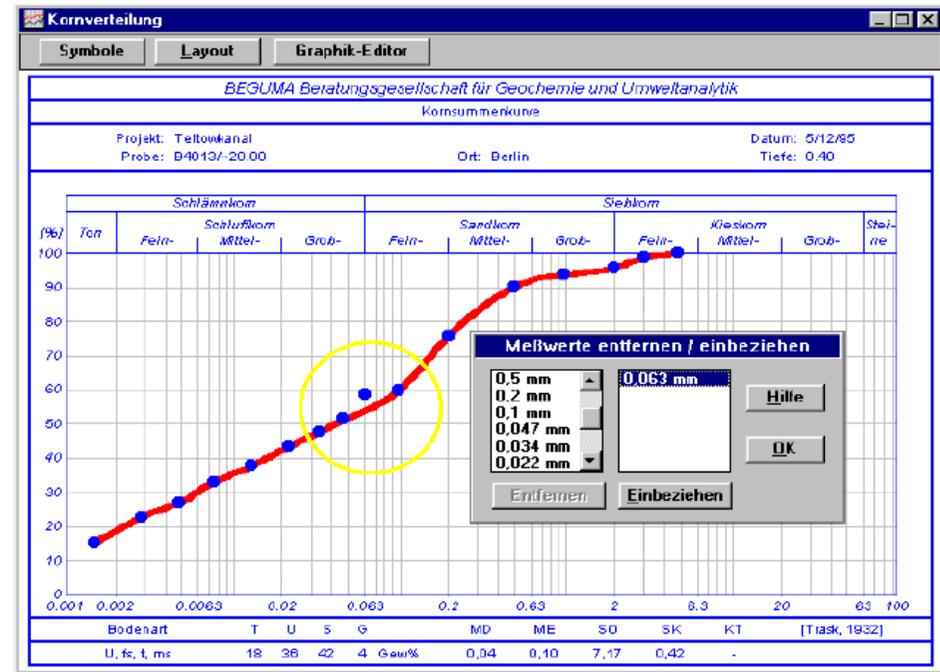
Software (1)

Ergebnisse von Siebungen werden häufig mittels „Spezial“-Software ausgewertet. Dabei werden Ergebnisse „geglättet“ bzw. entsprechen eher dem „Interpretationsempfinden des Programmierers“ als der gesuchten Lösung. Eine kritische Kontrolle der vorgelegten Ergebnisse wird empfohlen.

SediVision - Software zur Darstellung und Auswertung der Korngrößenverteilung

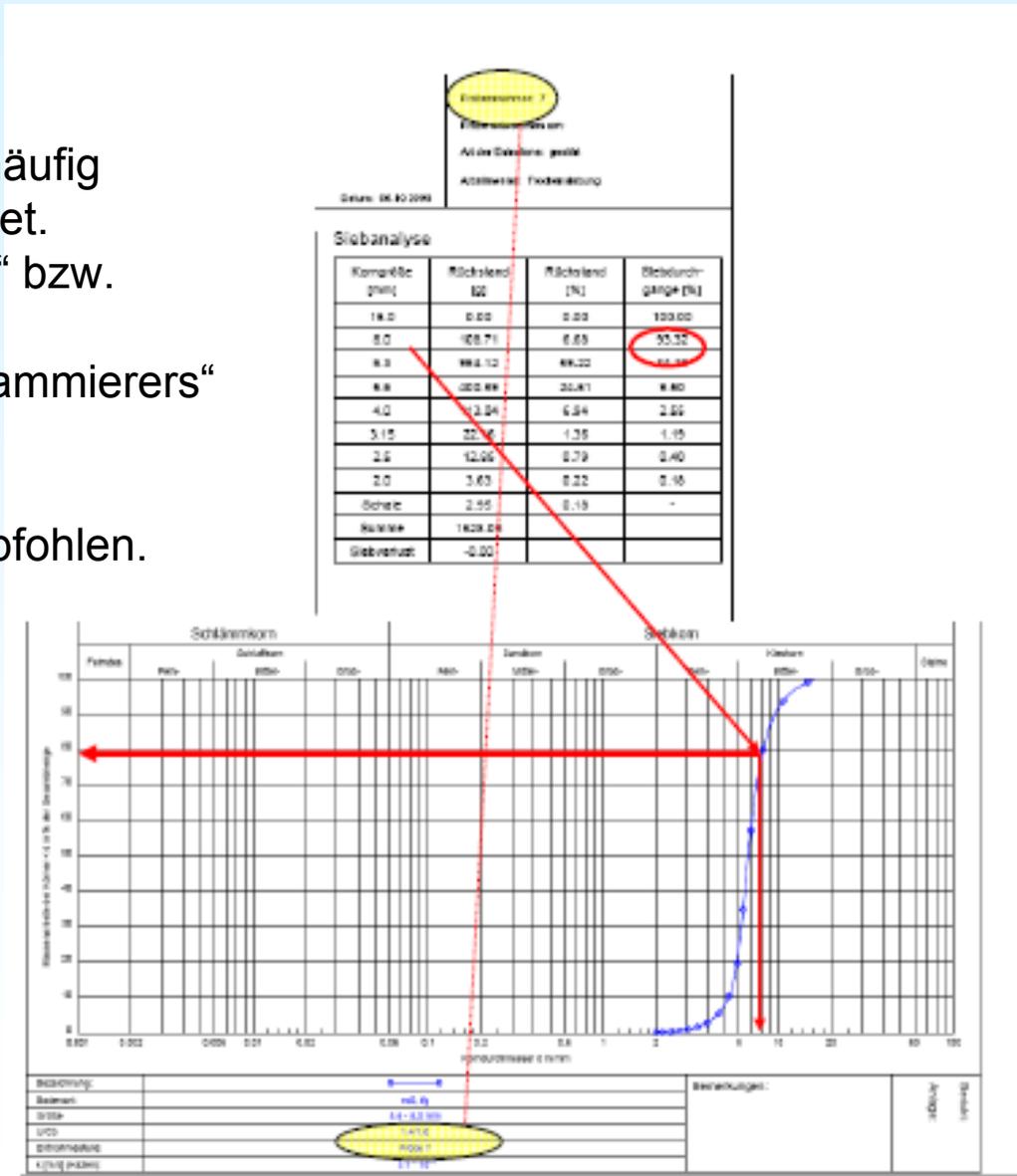


Optimierung der Kornverteilungskurve.
Klicken Sie auf "Entfernen", wenn Sie den Wert aus der Kurve entfernen möchten.



Software (2)

Ergebnisse von Siebungen werden häufig mittels „Spezial“-Software ausgewertet. Dabei werden Ergebnisse „geglättet“ bzw. entsprechen eher dem „Interpretationsempfinden des Programmierers“ als der gesuchten Lösung. Eine kritische Kontrolle der vorgelegten Ergebnisse wird empfohlen.



Einbringen der Filterschicht

Kontinuierliches Einbringen des Schüttmaterials Sande und Kiese vermeidet die Stufenbildung mit nachfolgender Kolmationsgefahr innerhalb der Filterschicht.

Geschwindigkeitsüberprüfung

Unter Berücksichtigung der Lagerungsbedingungen sind die Strömungsgeschwindigkeiten in Fließrichtung zu überprüfen.

V_{\max} an der Bohrlochwand ist zu vermeiden, da andernfalls dort, falls der Brunnen zur biologischen Verockerung neigt, diese dort beginnen kann, was wiederum die Regenerierfähigkeit einschränkt.

Entsandungs- / Entwicklungsfähigkeit

Modellierungsüberprüfungen im DVGW-Forschungsvorhaben W 55/99 (veröffentlicht in Vers. 1) haben ergeben, dass bei einfacher Filterschicht Schichtstärken > 150 mm mit den untersuchten Verfahren an der Außenseite keine zur Entsandung / Entwicklung genügenden Schleppkraftgeschwindigkeiten erzeugt werden können. Mehrfach-Filterschichten sind, wenn überhaupt, nur in der inneren Filterschicht entsandungsfähig und können das Anstehende nicht „entwickeln“.

Qualität der Bodenproben

Für die Untersuchung der Bodenproben werden zunehmend mehr und aufwendigere Techniken und Auswerteverfahren eingesetzt. Die Qualität der Bodenproben-Gewinnung ist äquivalent zu steigern. Deshalb sollte generell die Bodenproben-Gewinnung immer vorab mit einer geeigneten Probebohrung stattfinden.

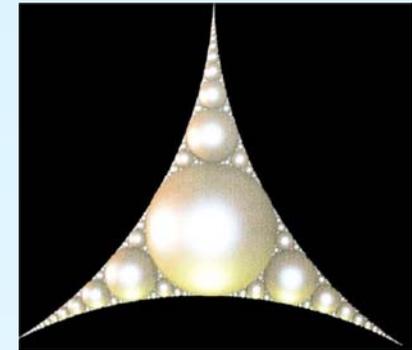
Erfahrungen beim Brunnenausbau mit Glaskugeln

Glaskugeln für den Brunnenausbau werden „großtechnisch“ erst seit 2007 verwendet.

Die ersten Brunnen mit Glaskugel-Ausbau wurden im Festgestein niedergebracht, d.h., die Glaskugelschicht hatte „nur“ eine stützende Funktion. Erfahrungen mit Glaskugeln in Lockergesteinsbrunnen sind noch gering, jedoch zeigen labortechnische Untersuchungen für die Glaskugeln bei „richtiger“ Dimensionierung eine hydraulische Überlegenheit und eine daraus folgende geringere Alterungsanfälligkeit im Vergleich zu Sanden und Kiesen nach DIN.

Anmerkungen zur Dimensionierung von Sanden, Kiesen oder Glaskugeln
zum Ausbau von Vertikalfilterbrunnen im Lockergestein

8. Zusammenfassung und Ausblick



Zusammenfassung

- Steigerung der Probenqualität, z.B. vorab Kernbohrung
- Erweiterung der Proben-Untersuchungen (inkl. Auswertungen)
- Präzisierung Ausschreibung; Steigerung Sorgfalt beim Einbau
- Verbesserung des Qualitätsmanagements in Planung, Ausführung, Inbetriebnahme, Instandhaltung und Dokumentation

Ausblick

Derzeit div. F&E-Vorhaben in Vorbereitung bzw. Ausführung

z.B. TU Berlin, FB Ingenieurgeologie & FB Hydrogeologie, in Kooperation mit IBB-Berlin

- beim DVGW beantragte Grundlagenforschung
***Effizienzuntersuchungen technisch-wirtschaftlicher Aspekte
für den modernen Brunnenausbau***
- Anwender-integrierendes F&E-Vorhaben
***Quantitative Beschreibung von wassergefüllten Lockergesteins-
Schichten für die Trinkwassergewinnung***

Das Allerwichtigste für das Gelingen eines Kiesschüttungsbrunnens
ist die richtige Wahl
der Kieskörnung / des Glaskugeldurchmessers



*Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit !*

Anmerkungen zur Dimensionierung von Sanden, Kiesen oder Glaskugeln zum Ausbau von Vertikalfilterbrunnen im Lockergestein

Dipl.-Ing. Kerry F. Paul

Keywords Kiesschüttungsbrunnen, DIN 4924, DVGW W 113, Glaskugeln, Brunnenbau, Brunnenentwicklung, Entsandung, Brunnenalterung, Brunnenregenerierung

Kurzfassung zur geofora 2009, Kongreß im Rahmen der Fachmesse Wasser Berlin 2009

Brunnen zur Trinkwassergewinnung im Lockergestein werden überwiegend mit einer Kiesschüttung zwischen dem Anstehenden und dem Filterrohr ausgebaut.

Aufgabe dieser Kiesschüttung ist es, eine **Trennschicht** zwischen dem Anstehenden und den Filterschlitzten darzustellen, damit zur Steigerung der Brunnenleistungsfähigkeit im Nahbereich eine mögliche grobe Schicht vorhanden ist und die Filterschlitzte möglichst groß gewählt werden können.

Als Material dieser Trennschicht werden üblicherweise Sande und Kiese in einer Fraktionierung und gemäß weiterer Vorgaben entsprechend DIN 4924 eingebaut. Seit nunmehr zwei Jahren werden vermehrt auch Glaskugeln als annähernde Gleichkorn-Trennschicht verwendet.

Beide Materialien bedürfen sowohl in radialer Richtung (= Anpassung an das Anstehende) und als auch in axialer Richtung (= teufendifferenzierte Anpassung an das Anstehende) einer sorgfältigen Dimensionierung. Bei Fehl-Dimensionierung(en) droht entweder eine Sandführung (= Schäden für Pumpe plus Aufbereitungsprobleme) oder eine weitgehend irreversible Kolmation (= äußere oder innere, radiale oder axiale Selbstabdichtung) mit Verringerung der maximal möglichen Fördermenge in Verbindung mit einer Beschleunigung der Brunnenalterung, schnelleren Regenerierzyklen sowie einer Verkürzung der Brunnenlebenszeit.

Damit bestätigt sich der Satz (Schneider, 1988 & Paul, 1992): **Das Allerwichtigste für das Gelingen eines Kiesschüttungsbrunnens ist die richtige Wahl der Kieskörnung.**

Der Beitrag erläutert die Randbedingungen dieser Dimensionierungsaufgabe und zeigt unterschiedliche Dimensionierungs-Vorschläge für einerseits Sande und Kiese und andererseits Glaskugeln.

Der vollständige Beitrag wird krankheitsbedingt erst zum Vortrag am 31.03.2009 ausgegeben.