

Vorlesung und Übung

Grundwasserhydraulik Und -erschließung

DR. THOMAS MATHEWS
TEIL 5

U III	Alllasten und Flächenmanagement	Grundwasserhydraulik und -erschließung Dr. Thomas Mathews	Seite 1 von 19
-------	------------------------------------	--	----------------

INHALT

INHALT.....	2
1 ANWENDUNG VON ASMWIN AUF FALLBEISPIELE.....	4
1.1 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	4
1.2 AUFGABEN.....	9
AUFGABE 1: AUSLEGUNG EINES UNVOLLKOMMENEN VERTIKALBRUNNENS	9
AUFGABE 2: AUSWERTUNG EINES PUMPVERSUCHES 1	9
AUFGABE 3: AUSWERTUNG EINES PUMPVERSUCHES 2	10
AUFGABE 4: PLANUNG EINER GW-ABSENKUNG IN EINER BAUGRUBE.....	10
AUFGABE 5: AUSWERTUNG VON SIEB-SCHLÄMMANALYSEN	12

Teil 5 : Anwendung von ASMWIN auf das Fallbeispiel „Baugrube“

- a) Berechnung der Wasserhaltung für mehrere Beispielfälle.
- b) Visualisierung der Grundwasserabsenkung mit unterschiedlichen Methoden.
- c) Lösung eines Beispielfalles „Simulation der Grundwasserabsenkung mit dem Modell ASMWIN im Bereich einer Baugrube“.
- d) Simulation der zweidimensionalen Grundwasserabsenkung.
- e) Vergleich der Ergebnisse und Diskussion.

U III	Alllasten und Flächenmanagement	Grundwasserhydraulik und –erschließung Dr. Thomas Mathews	Seite 3 von 19
-------	---------------------------------	--	----------------

1 Anwendung von ASMWIN auf Fallbeispiele

1.1 Berechnungsgrundlagen

Bei der Förderung von Wasser aus einem Brunnen stellt sich eine Absenkung der ursprünglich horizontalen Grundwasseroberfläche ein. Es bildet sich ein Absenkungstrichter der im horizontalen Schnitt etwa kreisrund ist und im vertikalen Schnitt eine annähernd parabelförmige Gestalt annimmt.

Tatsächlich ist eine absolut horizontale Grundwasseroberfläche nie gegeben, so dass sich in der Realität eine in der Länge der Stromrichtung ellipsenähnliche Form des Trichters ausbildet.

Die Reichweite R des Absenktrichters bezeichnet den Abstand vom Brunnen bis zur Grenze des Absenktrichters. Das Wasser innerhalb der Reichweite R wird dem Brunnen zugeführt.

Der Raum für das zufließende Wasser wird mit zunehmender Annäherung an den Brunnen immer kleiner.

Die Geschwindigkeit v des zufließenden Wassers steigt daher linear an ($Q = A * v$). Der limitierende Faktor für die Geschwindigkeit ist hierbei die Durchlässigkeit des Gesteins (k_f -Wert).

Bei mangelhaft gebauten Brunnen wird das Fassungsvermögen durch falsch gestufte Kiesfilter oder durch zu klein dimensionierte Filterschlitzweiten verringert.

- Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f [m/s]

Zur Ermittlung des k_f -Wertes werden Pumpversuche durchgeführt. Die Pumpversuche können an einem Brunnen bzw. an einem Brunnen mit umliegenden GW-Messstellen durchgeführt werden. Letztere Variante liefert die zuverlässigeren Ergebnisse.

Beim Pumpversuch wird dem Brunnen eine konstante Wassermenge Q [m^3/s] bis zum Erreichen eines Gleichgewichtes (= Absenkung konstant) zwischen Entnahme und Zustrom entnommen.

Die Durchlässigkeit bei einem Grundwasserleiter mit freier Grundwasseroberfläche ist dann:

$$k_f = Q * \ln(r_2/r_1) / (\pi * (h_2^2 - h_1^2)), \text{ [m/s]}$$

mit:

$$Q = \text{Entnahmemenge [m}^3/\text{s]}$$

U III	Alllasten und Flächenmanagement	Grundwasserhydraulik und -erschließung Dr. Thomas Mathews	Seite 4 von 19
-------	---------------------------------	--	----------------

- r_1 = Abstand zwischen Brunnenachse und Achse der Messstelle 1 [m]
 r_2 = Abstand zwischen Brunnenachse und Achse der Messstelle 2 [m]
 h_1 = Differenz zw. unbeeinflusster GW-Oberfläche und Absenkung an Messstelle 1 [m]
 h_2 = Differenz zw. unbeeinflusster GW-Oberfläche und Absenkung an Messstelle 2 [m]

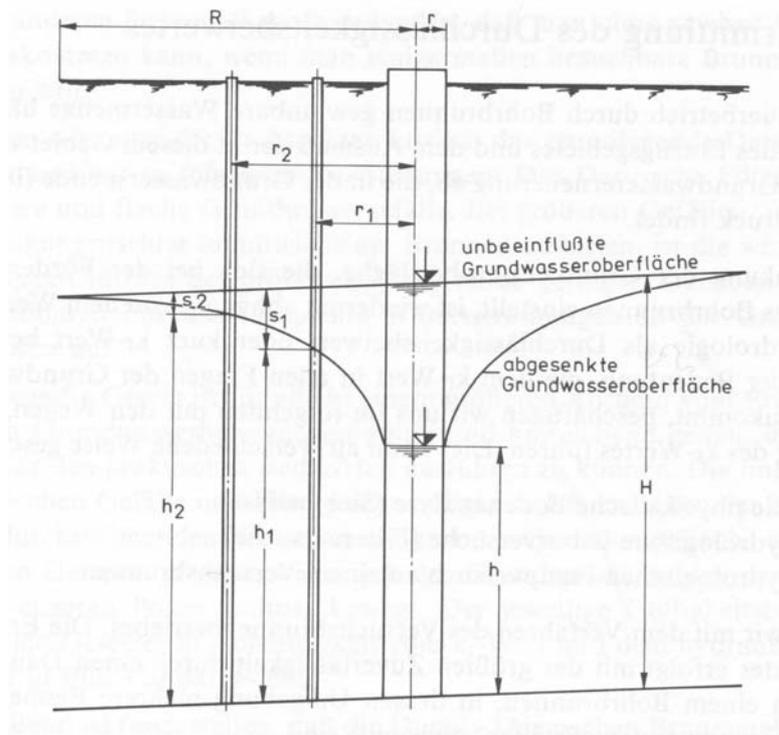


Abbildung 1: Anordnung von Grundwassermeßstellen und Brunnen beim Pumpversuch

- Abschätzung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f [m/s] nach HAZEN und BEYER aus der Kornverteilung

Nach HAZEN ist $k_f = 0,0116 * d_w^2$ [m/s] mit d_w [mm] als wirksamen Korndurchmesser = d_{10} . Die Verbesserung der Formel durch BEYER wurde unter Einbeziehung des Ungleichförmigkeitsgrads U herbeigeführt. Nach Beyer ist $k_f = c * d_w^2$ [m/s] mit c als Konstante in Abhängigkeit vom Ungleichförmigkeitsgrads $\Rightarrow U = d_{60} / d_{10}$. Für die mittlere natürliche Lagerung gilt $c = (0,0268 / (U + 3,4)) + 0,005$. Nach HAZEN und BEYER ist $k_f = 0,0116 * U^{-0,201} * d_w^2$ [m/s] mit d_w [mm] als wirksamen Korndurchmesser = d_{10} . Die Verbesserung der Formel wurde unter Einbeziehung des Ungleichförmigkeitsgrads U herbeigeführt.

$\Rightarrow d_w$ in [mm] mit $U = d_{60} / d_{10}$ wenn $1 \leq U \leq 30$ und $0,06 \leq d_{10} \leq 0,6$.

U III	Alllasten und Flächenmanagement	Grundwasserhydraulik und -erschließung Dr. Thomas Mathews	Seite 5 von 19
-------	---------------------------------	--	----------------

Hinweis: Die o.g. Formeln wurde empirisch hergeleitet und ist nicht dimensionsrein!

- Berechnung der Reichweite nach Sichardt

$$R = 3000 * s * \sqrt{k_f} \text{ [m]}$$

s = Absenkziel

- Berechnung des Wasserandrangs zum Brunnen

Fallunterscheidung:

- a) Grundwasserleiter mit freier Oberfläche
- b) Grundwasserleiter mit gespannter Oberfläche

Dupuit-Thiemsche Brunnenformel

a) für vollkommene Brunnen mit freier / gespannter Wasserfläche

Fall 1: Wasserandrang bei freiem Wasserspiegel

$$Q = \pi * k_f * (H^2 - h^2) / (\ln R - \ln r)$$

mit:

Q = Wasserzufluss zum Brunnen [m³/s]

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens [m/s]

H = Abstand zwischen dem Grundwasserspiegel und dem Stauer [m]

h = Abstand zwischen dem abgesenkten Grundwasserspiegel und dem Stauer [m]

R = Reichweite des Brunnens [m]

r = Brunnenradius [m]

Fall 2: Wasserandrang bei gespanntem Wasserspiegel

$$Q = 2\pi * k_f * m * (H - h) / (\ln R - \ln r)$$

mit:

m = Mächtigkeit des Grundwasserleiters (m)

b) für unvollkommene Brunnen mit freier / gespannter Wasserfläche

Unvollkommene Brunnen erhalten im Gegensatz zu vollkommenen Brunnen zusätzlich einen Zustrom von unten. Die Erhöhung des Wasserzuflusses ist näherungsweise wie folgt abzuschätzen:

$$t < H: \quad Q_u = 1,1 * Q$$

$$H < t < 2H \quad Q_u = 1,2 * Q$$

$$t > 2H \quad Q_u = 1,3 * Q$$

mit:

Q_u = Wasserzufluß bei einem unvollkommenen Brunnen [m^3/s]

Q = Wasserzufluß bei einem vollkommenen Brunnen [m^3/s]

H = Abstand zwischen dem nicht abgesenkten Grundwasserspiegel und einem fiktiven undurchlässigen Horizont

t = Abstand zwischen dem fiktiven Horizont und dem tatsächlich undurchlässigen Horizont

- Berechnung des Wasserandrangs in die Baugrube

Die Abschätzung des Wasserandrangs in die Baugrube erfolgt über die Einbrunnenformel für einen äquivalenten Einzelbrunnen. Hierzu wird die Baugrube bzw. die durch die Brunnen eingeschlossene Fläche als ein kreisrunder Brunnen mit gleicher Fläche idealisiert.

$$Q = \pi * k_f (H^2 - z_m^2) / (\ln R - \ln A) \text{ m}^3/\text{s}$$

$H - z_m$ = wassererfüllte Mächtigkeit - Absenkung (0,5 m u. Baugrubensohle)

$$n = Q/Q'$$

$A = \sqrt{a * b} / \pi$ mit a und b Seiten der Baugrube ; b = kleinere Seite

Q = Wasserzufluß in die Baugrube [m^3/s]

A = Ersatzradius für Baugrube

n = Anzahl der Brunnen

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens [m/s]

H = Abstand zwischen dem Grundwasserspiegel und dem Stauer [m]

U III	Alllasten und Flächenmanagement	Grundwasserhydraulik und -erschließung Dr. Thomas Mathews	Seite 7 von 19
-------	---------------------------------	--	----------------

z_m = Abstand zwischen dem abgesenkten Grundwasserspiegel und dem Stauer [m]

R = Reichweite des Absenkungstrichters [m]

r = Brunnenradius [m]

Q' = Fassungsvermögen eines Einzelbrunnens [m^3/s]

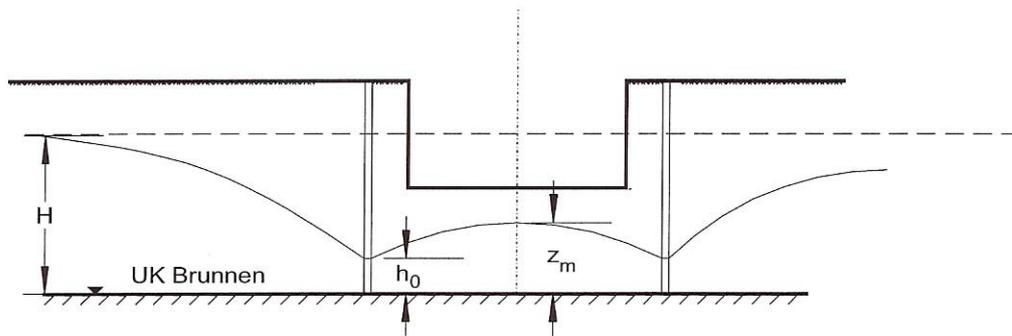


Abbildung 2: Gw-Absenkung in einer Baugrube

- Berechnung des Fassungsvermögens des Brunnens

Berechnung: nach Sichardt (empirisch ermittelt)

$$Q' = 2 \pi * r * h * \sqrt{k_f / 15}$$

mit:

Q' = Fassungsvermögen eines Einzelbrunnens [m^3/s]

r = Brunnenradius [m]

z_m = Abstand zwischen dem Absenkziel und dem undurchlässigen Horizont [m]

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens [m/s]

1.2 Aufgaben

Aufgabe 1: Auslegung eines unvollkommenen Vertikalbrunnens

Berechnen Sie die für einen unvollkommenen Vertikalbrunnen (Stauer bei 25 m u. GOK) mit freiem Wasserspiegel und einem Flurabstand von 2,0 m sowie $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s und $R_{\text{erf.}} = 50$ m per Tachenrechner und anschließend mittels ASMWIN.

- die erforderliche Absenkung im Brunnen,
- die erforderliche Entnahmemenge und den
- erforderlicher Brunnendurchmesser

Aufgabe 2: Auswertung eines Pumpversuches 1

Der Grundwasserflurabstand beträgt 2,0 m. Der Grundwasserleiter hat eine Mächtigkeit von 15 m. Das Grundwasser ist ungespannt. Ein Pumpversuch hat folgende Ergebnisse erbracht:

Pumpversuch Förderrate:	90 m ³ /h
$r_1 =$	10,00 m
$r_2 =$	20,00 m
$h_1 =$	14,70 m
$h_2 =$	14,82 m

Berechnen Sie die für einen unvollkommenen Vertikalbrunnen per Tachenrechner und anschließend mittels ASMWIN folgende Parameter:

- Durchlässigkeitsbeiwert k_f ;
- Erforderliche Reichweite;
- erforderliche Absenkung;
- resultierende Fördermenge;
- erforderlicher Brunnendurchmesser;
- Skizzierung des Brunnens inkl. Darstellung von R , r , H , h , Bemaßung

U III	Alllasten und Flächenmanagement	Grundwasserhydraulik und –erschließung Dr. Thomas Mathews	Seite 9 von 19
-------	---------------------------------	--	----------------

Aufgabe 3: Auswertung eines Pumpversuches 2

Es wurde ein Pumpversuch durchgeführt. Dabei wurden $0,035 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Entnahmehrunden gefördert, der einen wirksamen Radius $r_w = 0,30 \text{ m}$ hat und bis in den Stauer erfilter ist. Der abgesenkte GW-Spiegel wurde im Brunnen selbst ($h = 23,00 - 1,50 - 3,0 = 18,50 \text{ m}$) und in einem Pegelrohr in $32,00 \text{ m}$ Entfernung vom Brunnen ($H = 23,00 - 1,50 - 1,42 = 20,08 \text{ m}$) gemessen.

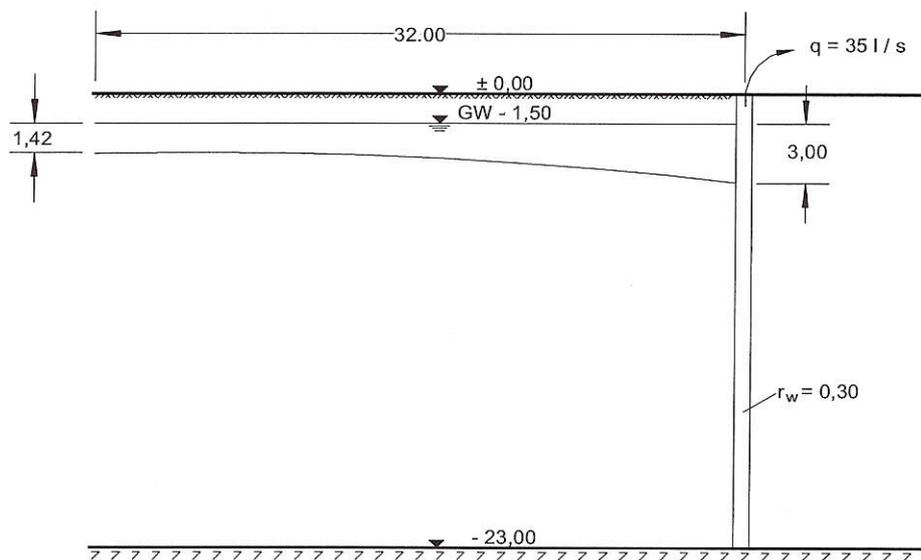


Abbildung 3: Pumpversuch 2

Berechnen Sie die für einen unvollkommenen Vertikalbrunnen per Tachenrechner und anschließend mittels ASMWIN folgende Parameter:

- g) Durchlässigkeitsbeiwert k_f ;

Aufgabe 4: Planung einer Gw-Absenkung in einer Baugrube

Die geplante Baugrube (siehe Skizze) hat eine Grundfläche von $14 \times 29 \text{ m}$ und eine Tiefe von $6,50 \text{ m}$. Es ist geplant das Grundwasser von $1,50 \text{ m}$ u. GOK auf ca. $7,00 \text{ m}$ u. GOK abzusenken, so daß der abgesenkte Wasserspiegel etwa $0,50 \text{ m}$ unter der Baugrubensohle liegt. Ab $23,00 \text{ m}$ u.

U III	Altlasten und Flächenmanagement	Grundwasserhydraulik und -erschließung Dr. Thomas Mathews	von 19
-------	---------------------------------	--	--------

Aufgabe 5: Auswertung von Sieb-Schlämmanalysen

Anhand der folgenden 4 Sieb-Schlämmanalysen sollen die anstehenden Substrate A-D nach DIN 18196 klassifiziert und anschließend anhand der Formeln nach HAZEN und BEYER die Durchlässigkeiten bestimmt werden.

- Ermitteln Sie charakteristische Werte der Kornverteilung
- Klassifizieren Sie die Bodenprobe nach DIN 18196
- d) Bestimmen Sie die Durchlässigkeit nach Hazen und Beyer für mitteldichte Lagerung

Bezeichnung	KZ	Dim.	A	B	C	D
Korn bei 60% SD	d_{60}	mm				
mittleres Korn	d_{50}	mm				
Korn bei 30% SD	d_{30}	mm				
Korn bei 17% SD	d_{17}	mm				
Korn bei 10% SD	d_{10}	mm				
Bodengruppe						

Bezeichnung	KZ	Dim.	Formel	A	B	C	D
Durchlässigk. n. Hazen	k_f	m/s					
Durchlässigk. n. Beyer	k_f	m/s					
Durchlässigk. n. Hazen und Beyer	k_f	m/s					

Bezeichnung	KZ	Dim.	Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
Probenvolumen	V	cm ³	6116,09	2592,72	309,34	283,62
Masse, feucht, natürlich	m_f	g	10324,58	4539,94	545,26	548,37
Masse, wassergesättigt	m_g	g	11629,92	4919,73	590,68	571,32
Masse, entwässert	m_e	g	10222,79	4660,38	553,55	548,62
Masse, getrocknet 105°C	m_{tr}	g	9611,00	4012,00	491,66	457,84

Abbildung 5: Massen der Proben

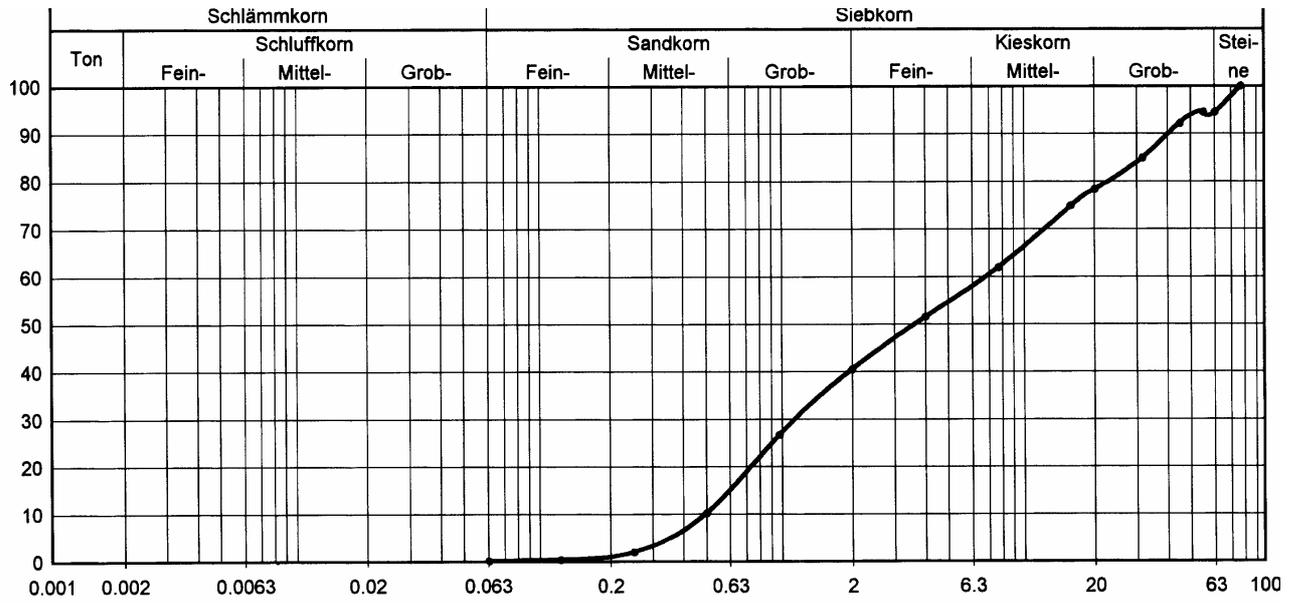


Abbildung 6: Substrat A

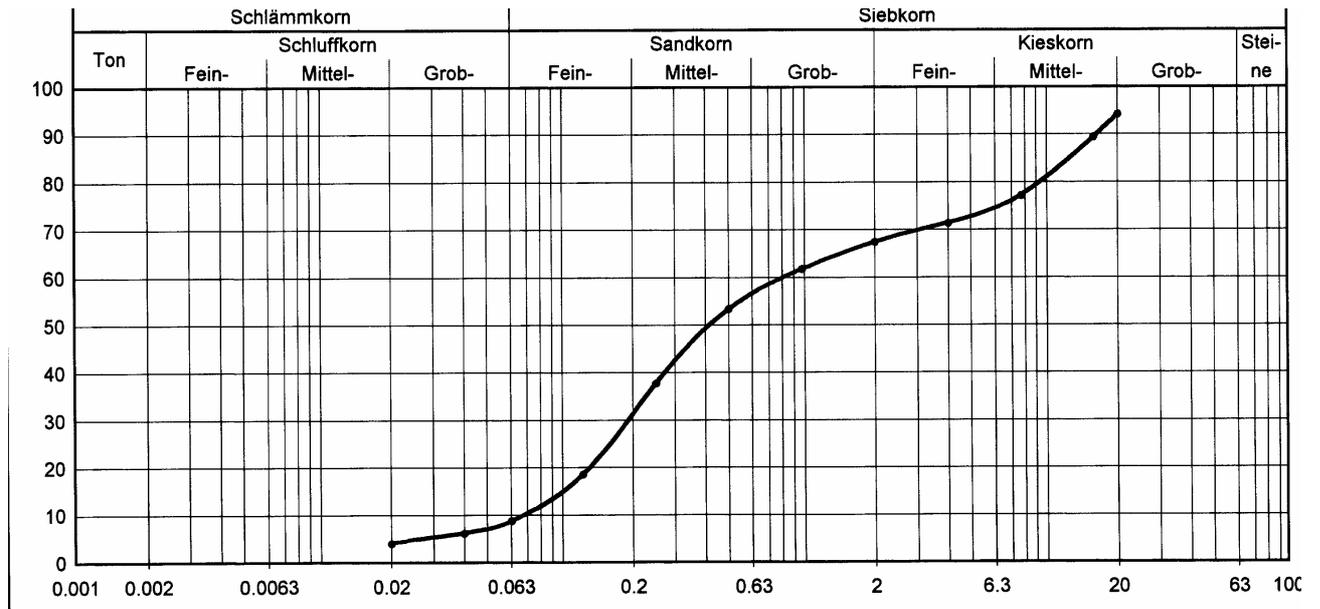


Abbildung 7: Substrat B

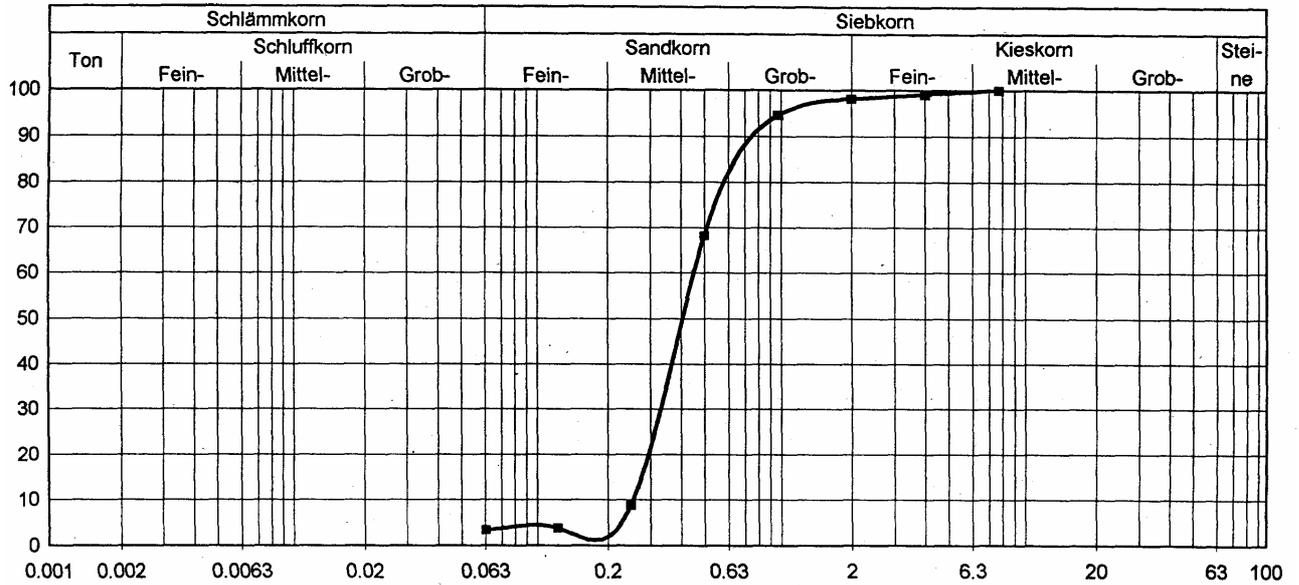


Abbildung 8: Substrat C

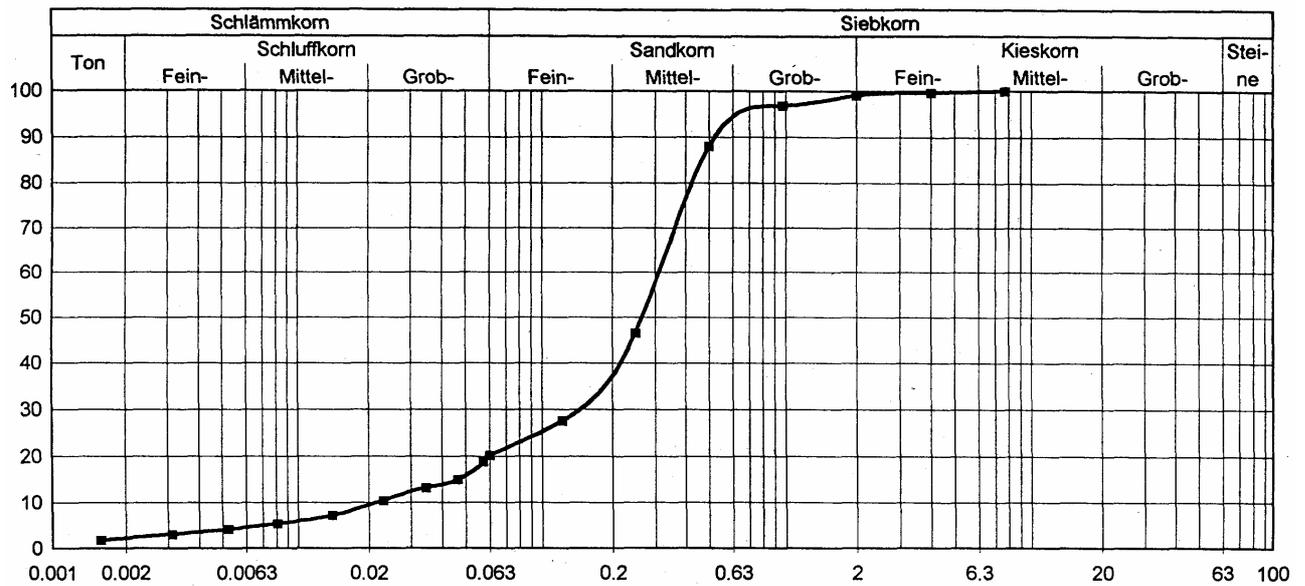


Abbildung 9: Substrat D