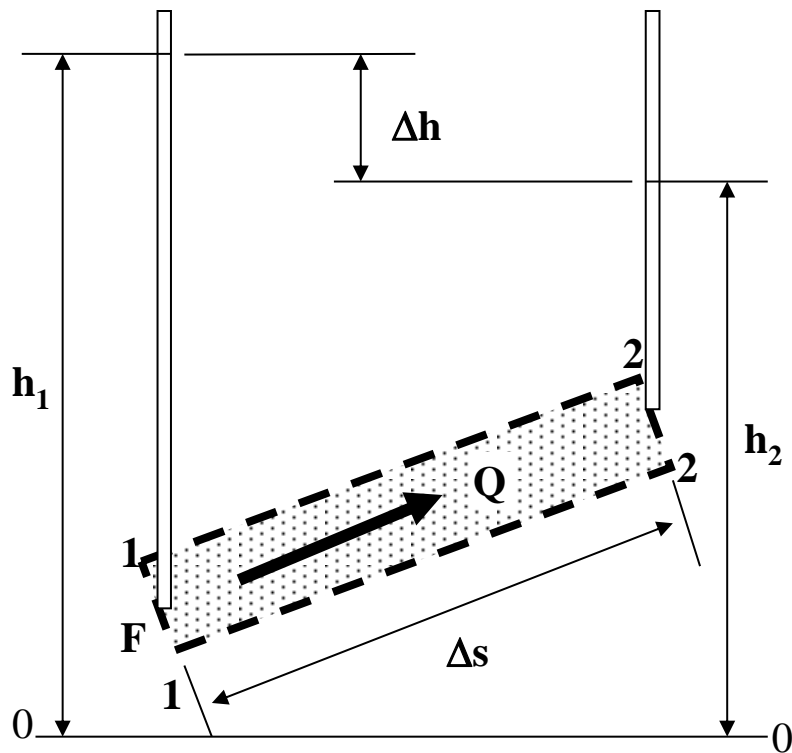


- **Wasserdurchlässigkeitsversuch**
- **Proctorversuch**
- **Kompressionsversuch**

### Wasserdurchlässigkeit



### Darcy'sches Fließgesetz

$$V = k \cdot i$$

$V = Q / F$ : Filtergeschwindigkeit [m/s]

$i = \Delta h / \Delta s$ : Hydraulisches Gefälle [-]

$k$ : Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

$\Delta h$ : Hydraulische Druckdifferenz zwischen 1-1 und 2-2

$\Delta s$ : Länge der Strömungslinie zwischen 1-1 und 2-2

$F$ : Querschnittfläche

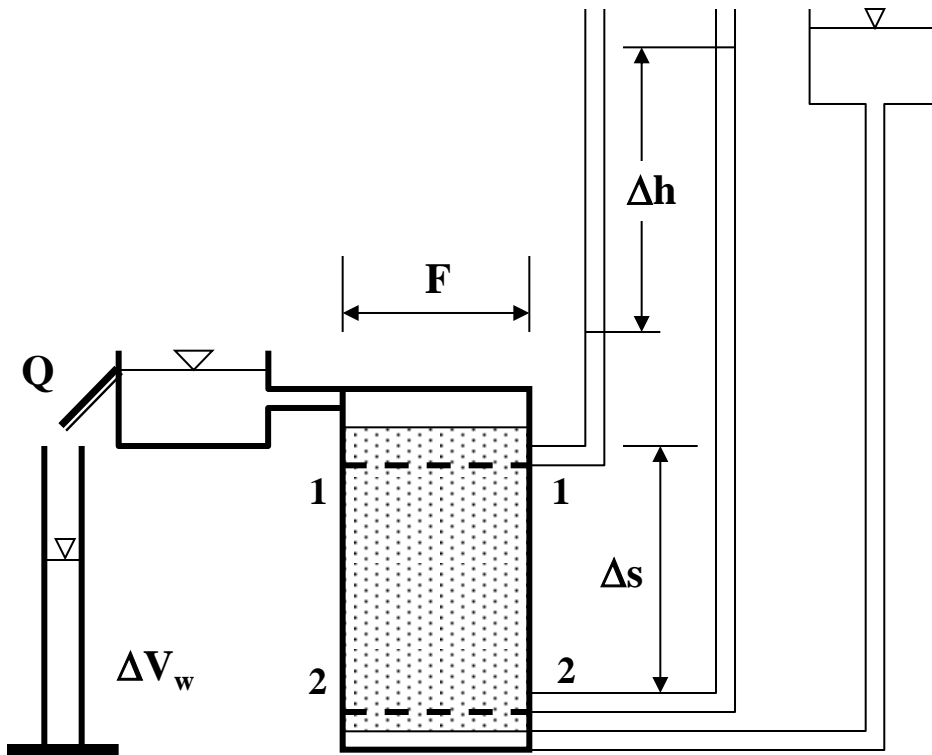
$Q$ : Durchfluss

### Durchlässigkeitsbeiwert $k$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  ist von Korngröße, Bodendichte (Porenzahl), Temperatur usw. abhängig.

Grobsand:	$(0,5 \sim 1,0) \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
Feinsand:	$(0,1 \sim 0,3) \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
Sehr feiner Sand:	$(0,1 \sim 0,2) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
Grobschluff:	$(0,5 \sim 5,0) \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
Feinschluff:	$(0,5 \sim 5,0) \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
Ton:	$(0,02 \sim 20) \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

### Wasserdurchlässigkeitsversuch mit konstanter Druckhöhe



$\Delta h$ : Druckdifferenz

$\Delta s$ : Abstand zwischen 1-1 und 2-2

$F$ : Querschnittsfläche

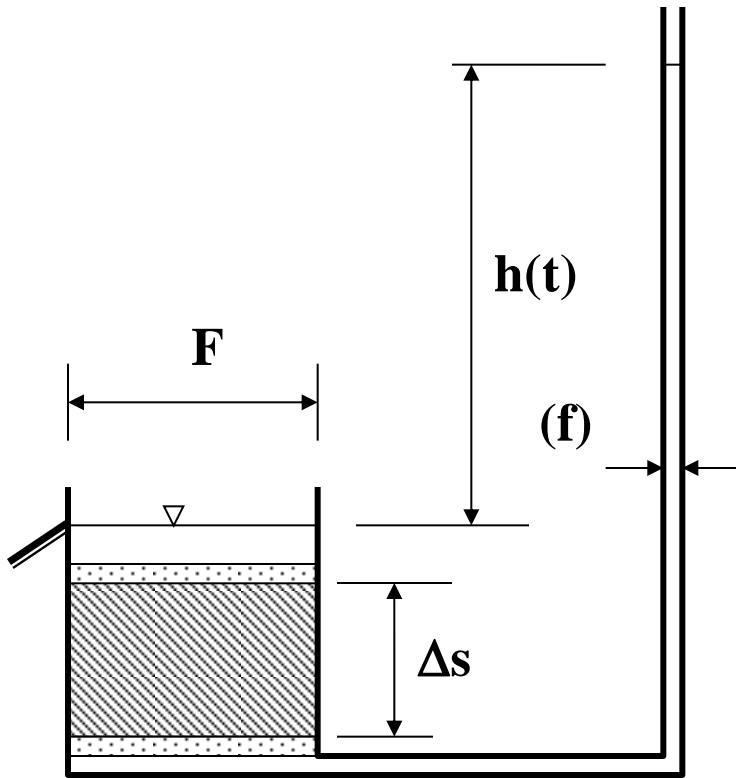
$Q = \Delta V_w / \Delta t$ : Durchfluss

$\Delta V_w$ : Das in  $\Delta t$  durchströmtes Wasservolumen

Durchlässigkeitsbeiwert:

$$k = \frac{Q \cdot \Delta s}{F \cdot \Delta h}$$

### Wasserdurchlässigkeitsversuch mit veränderlicher Druckhöhe



$\Delta s$ : Probenhöhe

$F$ : Querschnittfläche der Probe

$f$ : Querschnittfläche des Standrohrs

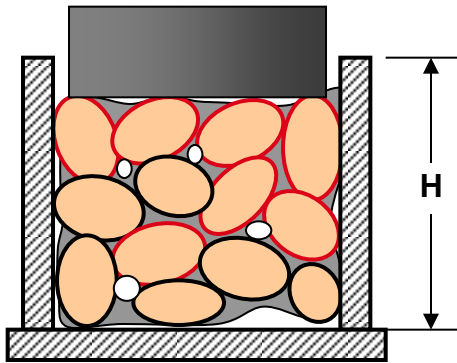
$h(t)$ : Druckhöhe bei Zeit  $t$

Durchlässigkeitsbeiwert:

$$k = \frac{f \cdot \Delta s}{F \cdot (t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{h(t_1)}{h(t_2)}\right)$$

$h(t_1)$  und  $h(t_2)$ : Druckhöhe bei  $t_1$  und  $t_2$

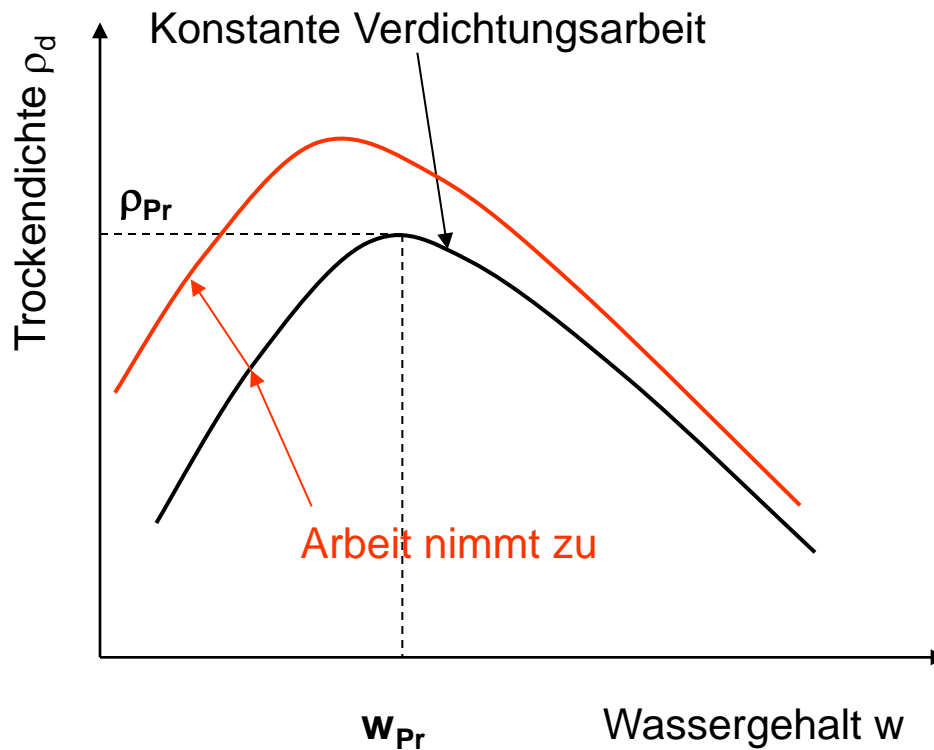
Bodenverdichtung



**Porenzahl  $e$  nimmt ab**

**Trockendichte  $\rho_d$  nimmt zu**

### Proctorkurve



$w_{Pr}$ : Optimaler Wassergehalt

$\rho_{Pr}$ : Proctordichte (größte Dichte)

Für Verdichtungsarbeit  $W = 0,6 \text{ MN/m}^3$

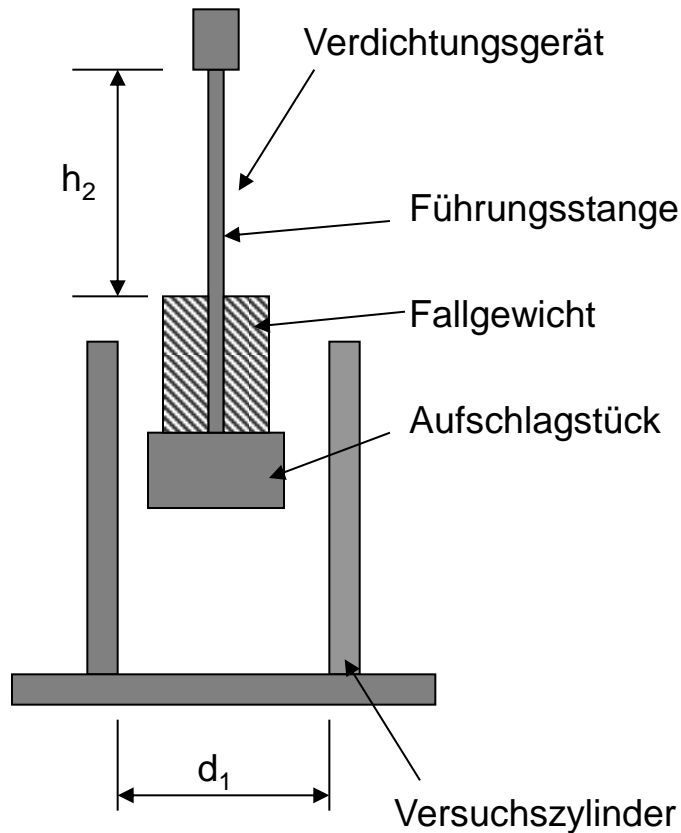
Verdichtungsgrad  $D_{pr}$  eines verdichteten Bodens:

$$D_{pr} = \rho_d / \rho_{Pr}$$

$\rho_d$ : Trockendichte des Bodens

### Versuchsgerät und Durchführung

#### Versuchsgerät



#### Durchführung

- Mindestens 5 Proben mit unterschiedlichen Wassergehalten für 5 Einzelversuche vorbereiten
- Jede Probe schichtweise (z.B. in 3 Schichten) im Versuchszylinder mit konstanter Verdichtungsarbeit (z.B.  $h_2 = 300$  mm, Fallgewicht  $m_1 = 2,5$  kg, Schlaganzahl je Schicht 25) verdichten
- Die feuchte Masse  $m$  und das Volumen  $V$  der Probe bestimmen
- Proben zur Bestimmung des Wassergehalts entnehmen
- Mindestens 5 Einzelversuche durchgeführt werden



## Proctorversuch

### Auswertung

Wassergehalt  $w$  für jeden Einzelversuch

$$w = m_w / m_d$$

$m_w$ : Wassermenge

$m_d$ : Trockenmasse

Feuchte Dichte  $\rho$  für jeden Einzelversuch

$$\rho = m / V$$

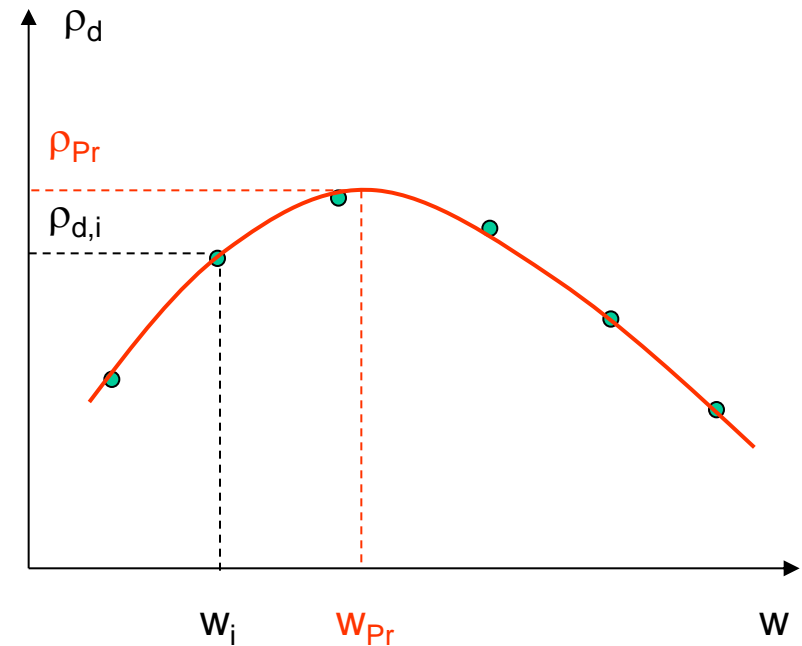
$m$ : Feuchte Masse

$V$ : Gesamtvolumen

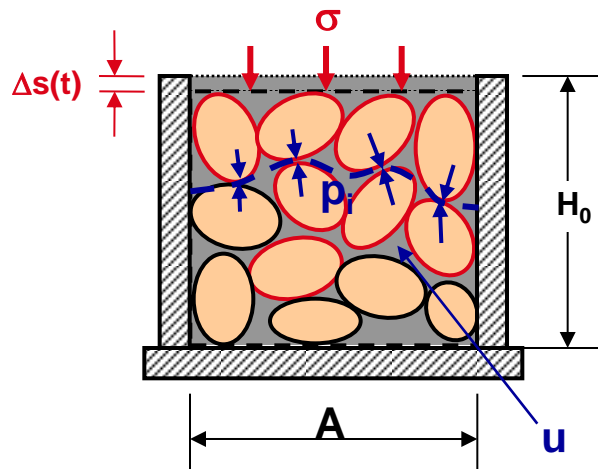
Trockendichte  $\rho_d$  für jeden Einzelversuch

$$\rho_d = \rho / (1 + w)$$

### Proctorkurve



Wirksamspannungsprinzip:



$\Delta s(t)$ : Vertikalverformung (Setzung)

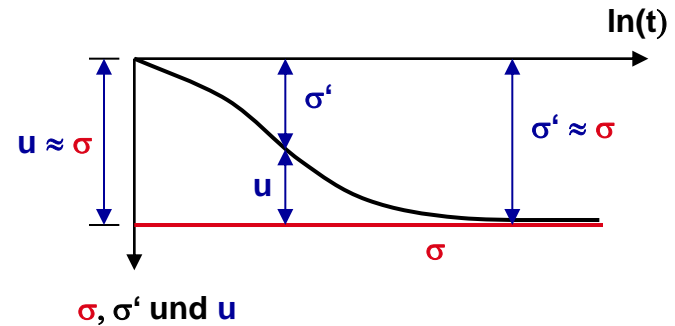
$$\sigma = \sigma' + u$$

$\sigma' = \Sigma P_{i,v}/A$ : Wirksamspannung

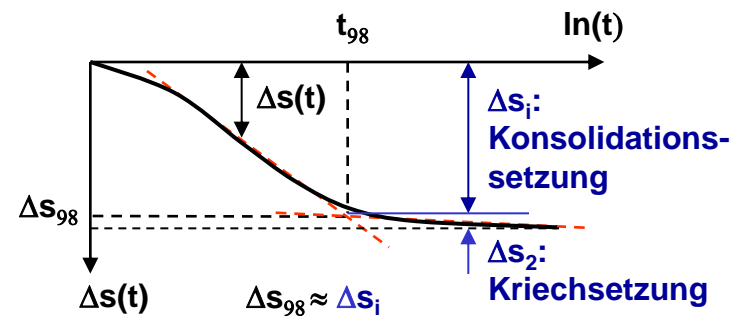
$\sigma$ : Totale Spannung

$u$ : Porenwasserüberdruck

$\sigma'$  und  $u$  ändern sich mit  $t$



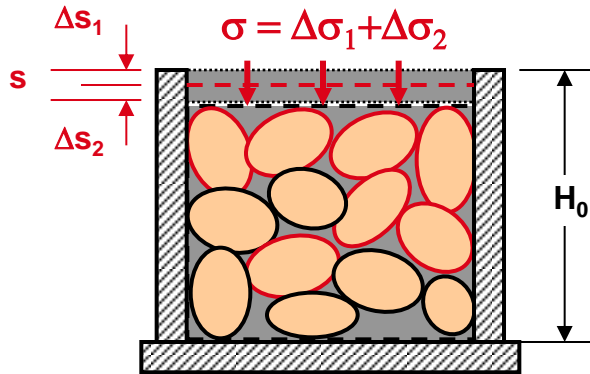
$\Delta s(t)$  ändert sich mit  $t$



# Bodenmechanisches Praktikum

## Kompressionsversuch

Zusammendrückbarkeit:



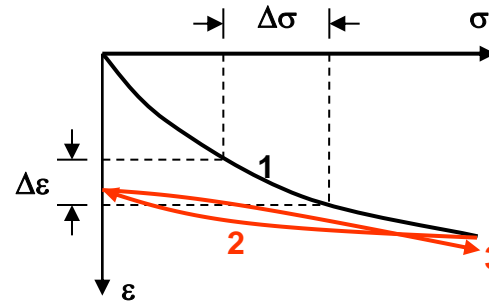
$s = \Delta s_1 + \Delta s_2$ : Gesamtsetzung

$\Delta \varepsilon_1 = \Delta s_1 / H_0$      $\Delta \varepsilon_2 = \Delta s_2 / H_0$

$\varepsilon = \Delta \varepsilon_1 + \Delta \varepsilon_2$ : Gesamtdehnung

Verminderung des Porenvolumens  
→ Zusammendrückbarkeit

Kompressionskurve



Steifemodul:

$$E_s = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon$$

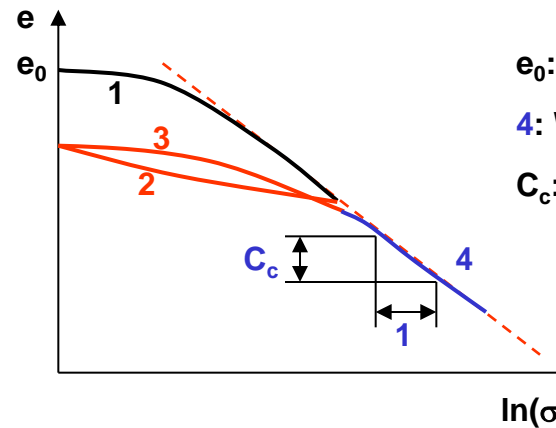
1: Erstbelastung

2: Entlastung

3: Wiederbelastung

Beziehung zwischen Setzung  $s$  und Porenzahl  $e$ :

$$e = e_0 - s(1 + e_0) / H_0$$

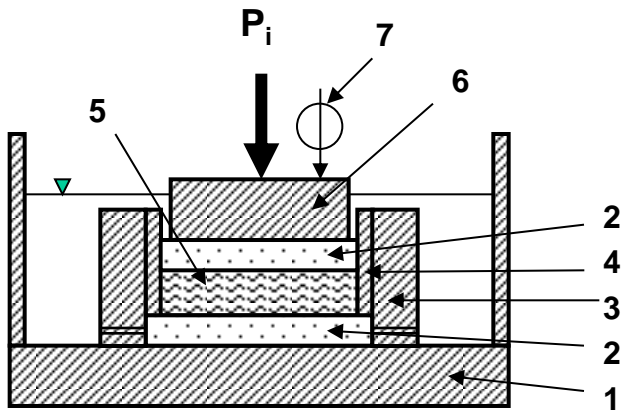


$e_0$ : Anfangsporenzahl

4: Weitere Erstbelastung

$C_c$ : Kompressionsbeiwert

Versuchsgerät (Oedometergerät):



- 1: Grundplatte    2: Filterplatte  
3: Fester Ring    4: Probering  
5: Probe        6: Belastungsplatte  
7: Messuhr

Versuchsdurchführung:

- Probe mit einer Höhe  $H_0$  und einer Querschnittfläche  $A$  im Probering einbauen
- Dichte, Wassergehalt usw. messen
- Probe zwischen den Filterplatten einbauen
- Belastungsplatte und Messuhr montieren
- Wasser einfüllen
- Stufeweise belasten (Vertikallast  $P_i$ )
- Endsetzungen  $s_i$  24 h nach jeder Belastung messen

### Auswertung

- Vertikale Spannung  $\sigma_i$  für jede Belastungsstufe

$$\sigma_i = P_i / A$$

- Dehnungen  $\varepsilon_i$  24 h nach jeder Belastung:

$$\varepsilon_i = s_i / H_0$$

- Steifmodul:  $E_s = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon$

- Porenzahl:  $e_i = e_0 - s_i(1 + e_0) / H_0$

- Kompressionsbeiwert:

$$C_c = (e_1 - e_2) / \ln(\sigma_2 / \sigma_1)$$

Kompressionskurve

