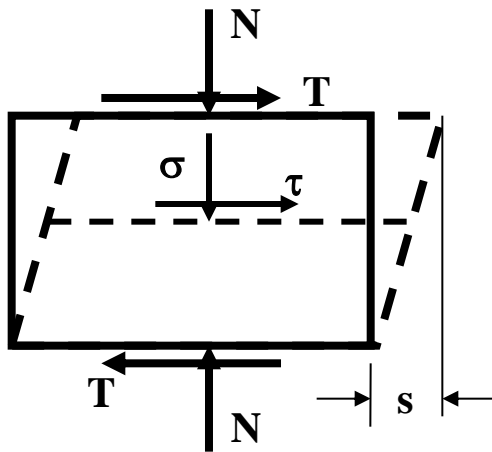


- **Einaxialer Druckversuch**
- **Rahmenscherversuch**
- **Dreiaxialversuch**

Scherfestigkeit

Schubspannung τ und Scherweg s



N: Normalkraft

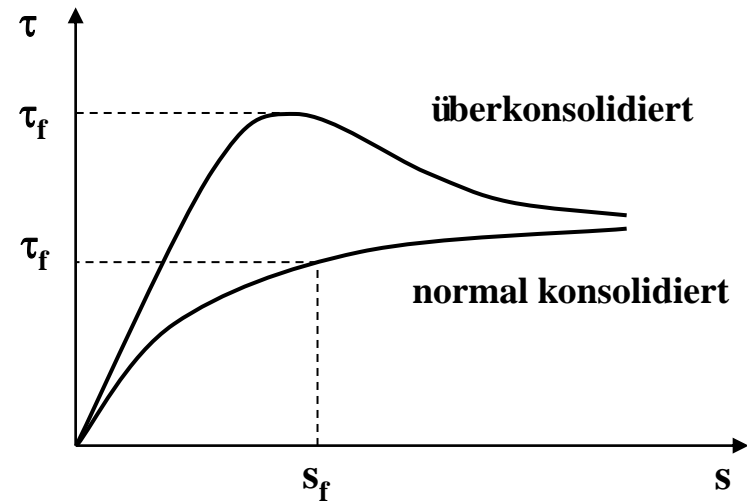
T: Schubkraft

σ : Normalspannung

τ : Schubspannung

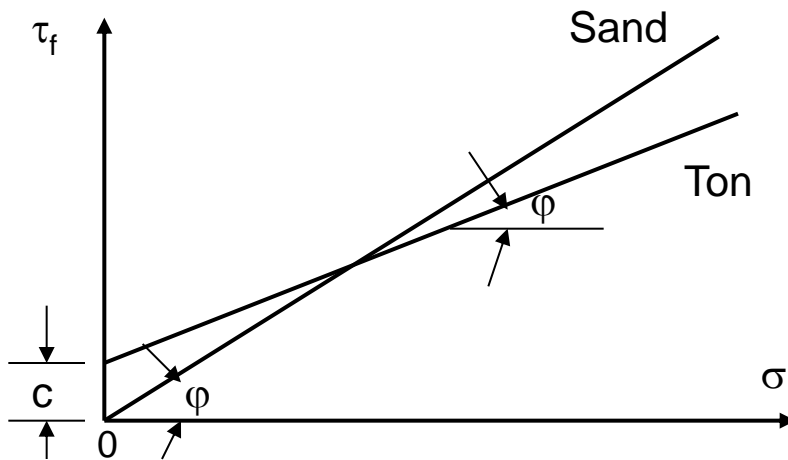
s: Scherweg

Scherfestigkeit



τ_f : Scherfestigkeit

Festigkeit τ_f in Abhängigkeit von Normalspannung σ



φ : Reibungswinkel
 c : Kohäsion

Coulomb'sches Schergesetz

$$\text{Allgemein: } \tau_f = c + \sigma \cdot \tan \varphi$$

Wirksamspannungsprinzip

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

σ : Totale Normalspannung

σ' : Wirksame Normalspannung

u : Porenwasserüberdruck

Schergesetz in Wirksamspannung

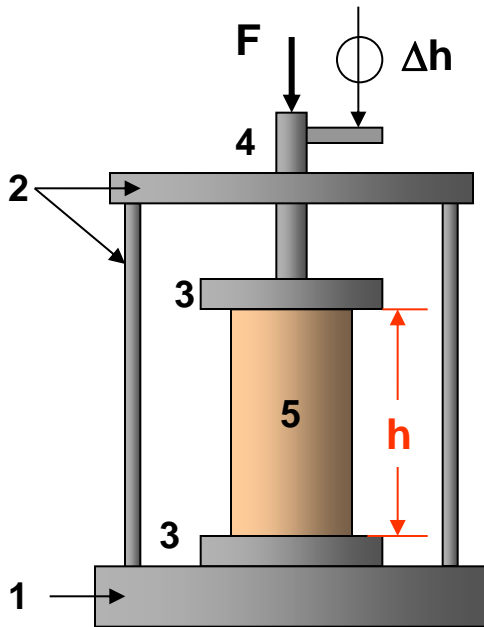
$$\tau_f' = c' + \sigma' \cdot \tan \varphi'$$

τ_f' : Wirksame Scherfestigkeit

c' : Wirksame Kohäsion

φ' : Wirksamer Reibungswinkel

Versuchsgerät (Werkstoffprüfmaschine)



Versuchsdurchführung

- Zylindrische Probe mit Querschnittfläche A_a und Probenhöhe h einbauen
- Die Probe durch vertikale Verschiebung belasten
- Die vertikale Prüfkraft F und die vertikale Verschiebung Δh messen

- 1: Grundplatte 2: Belastungsrahmen
3: Belastungsplatte 4: Belastungsstange
5: Probe mit Anfangsquerschnittfläche A_a
 F : Prüfkraft h : Probenhöhe
 Δh : Vertikalverschiebung

Auswertung

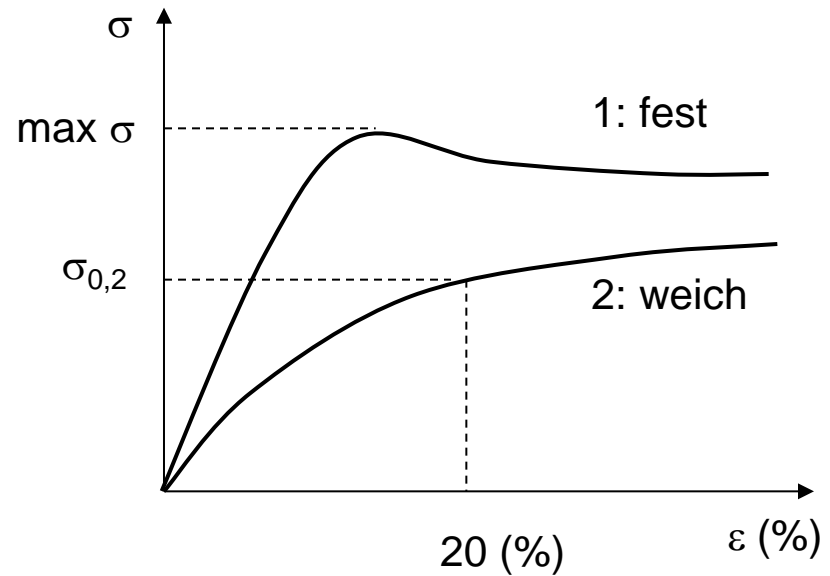
Vertikalstauchung ε :

$$\varepsilon = \Delta h / h$$

Einaxiale Druckspannung σ :

$$\sigma = F / A$$

$$\text{mit } A = A_a / (1 - \varepsilon)$$



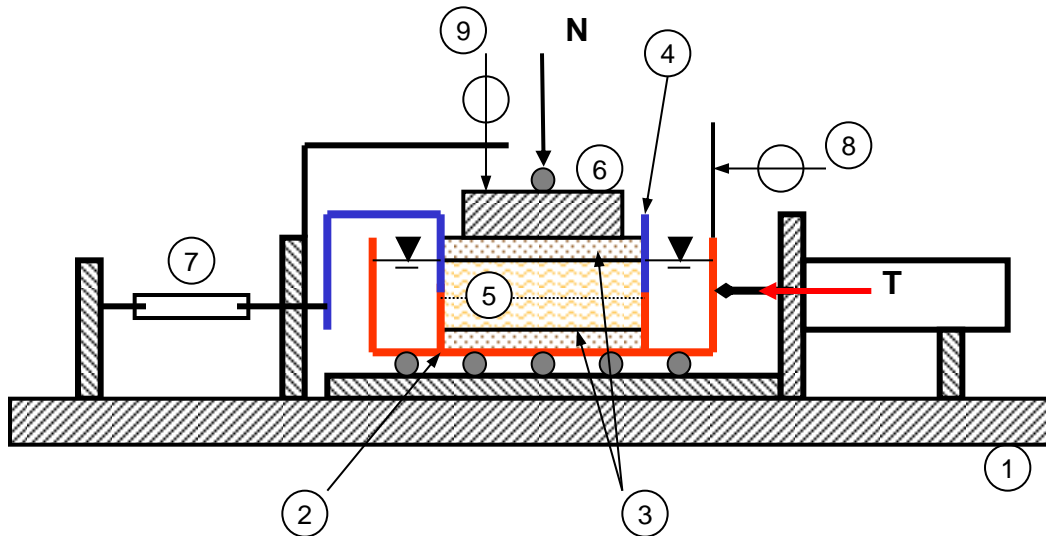
Einaxiale Druckfestigkeit q_u :

$$q_u = \max \sigma$$

oder

$$q_u = \sigma_{0,2}$$

Versuchsgerät (Rahmenschergerät)



- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1: Arbeitsplatte | 2: Unterteil der Scherzelle |
| 3: Filtersteine | 4: Oberteil der Scherzelle |
| 5: Probe | 6: Belastungsplatte |
| 7: Kraftaufnehmer | 8: Wegaufnehmer (horizontal) |
| 9: Wegaufnehmer (vertikal) | |
| N: Normalkraft | T: Schubkraft |

Versuchsdurchführung

- Probe mit Querschnittfläche A_0 einbauen
- Probe unter Normalkraft N konsolidieren
- Die Probe durch langsame Verschiebung der unteren Scherzelle abgeschert
- Der Scherweg s durch Wegaufnehmer 8 und die Schubkraft $T(s)$ durch Kraftaufnehmer 7 gemessen
- Mindestens 3 Proben unter unterschiedlichen N abgeschert werden

Bodenmechanisches Praktikum

Rahmenscherversuch

Auswertung

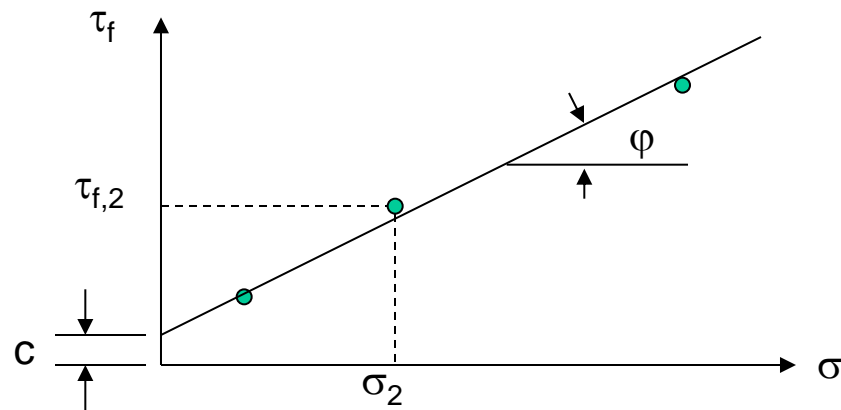
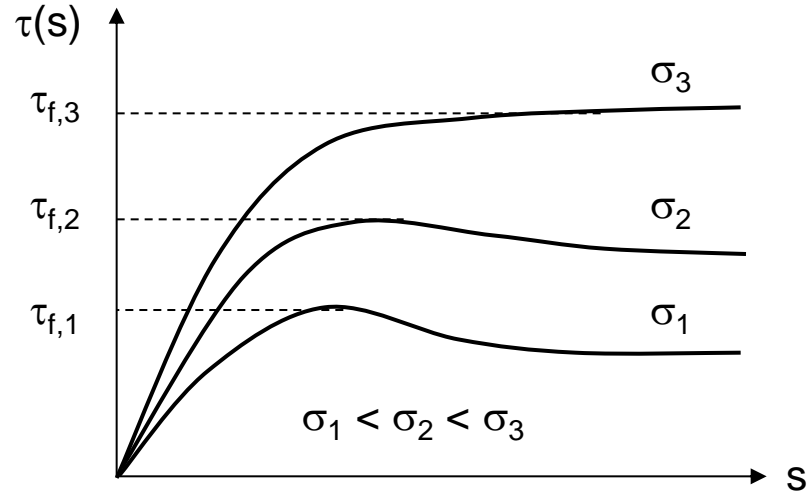
Normalspannung σ_i :

$$\sigma_i = \sigma'_i = N_i / A_0$$

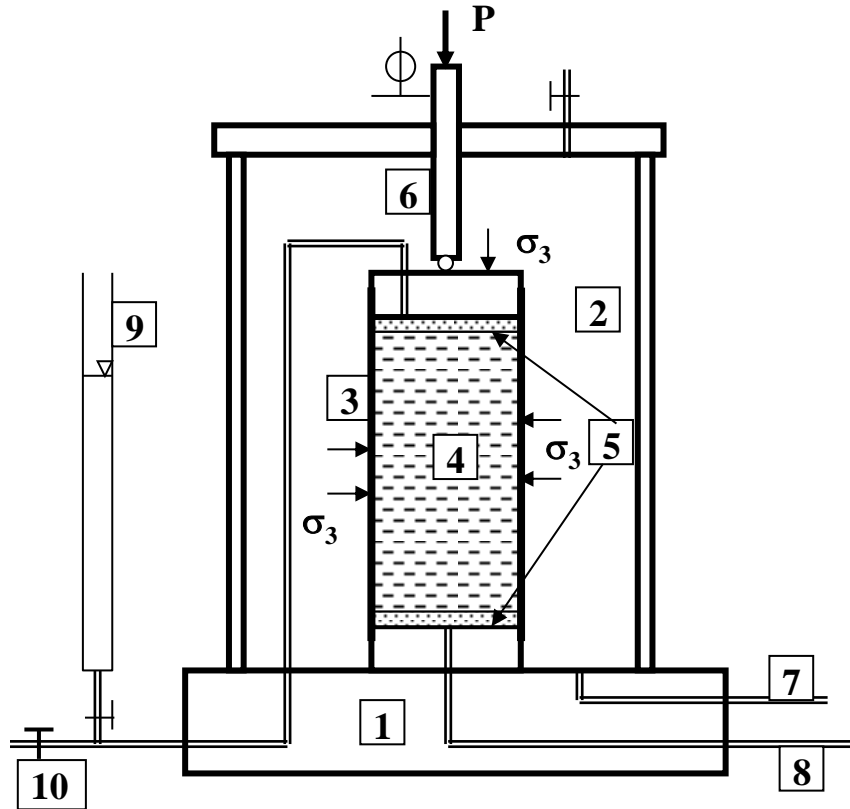
$i = 1, 2, 3$

Schubspannung $\tau_i(s)$:

$$\tau_i(s) = T(s) / A_0$$

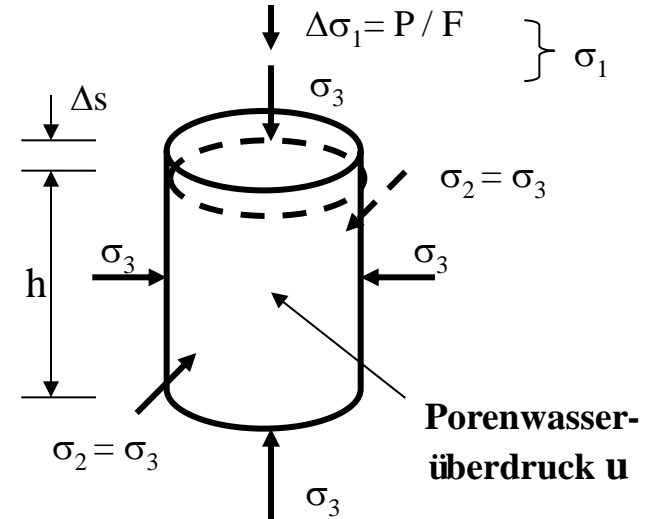


Dreiaxialgerät (Druckzelle)



- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1: Fußplatte | 2: Zylinder (mit Wasser gefüllt) |
| 3: Gummihülle | 4: Probe (mit Querschnittfläche F) |
| 5: Filterplatte | 6: Druckstempel |
| 7: Wasserdruck σ_3 | 8: Porenwasserüberdruck u |
| 9: Volumenmessung | 10: Entwässerung |

Spannungszustand und Verschiebung



$$\sigma'_3 = \sigma_3 - u, \quad \sigma'_1 = \sigma_1 - u$$

$$\text{Vertikale Dehnung } \varepsilon_1 = \Delta s / h$$

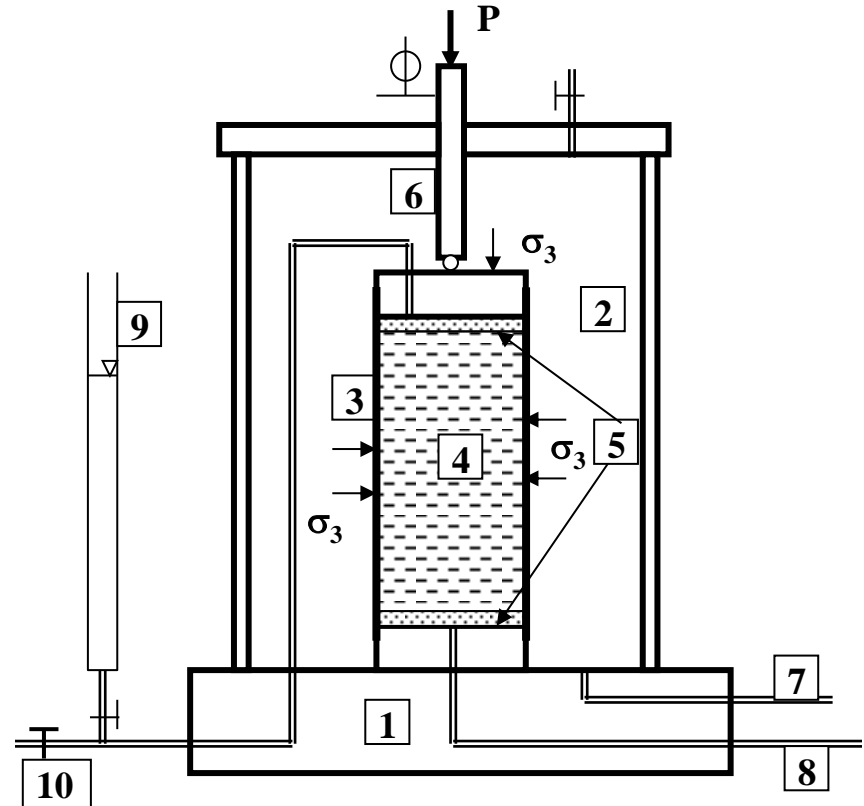
Bodenmechanisches Praktikum

Dreiaxialversuch (drei Versuchsarten)

1. Entwässerter Versuch (D-Versuch)

Versuchsdurchführung:

- Gesättigte Probe einbauen
- Probe unter σ_3 **konsolidieren** lassen
- Die Probe langsam durch vertikale Verschiebung abscheren (**entwässert**
 $u = 0, \sigma'_3 = \sigma_3, \sigma'_1 = \sigma_1$)
- Vertikale Verschiebung Δs und vertikale Kraft P (in Abhängigkeit von Δs) gemessen
- Drei Proben unter unterschiedlichem σ_3 konsolidiert und abgeschert



- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1: Fußplatte | 2: Zylinder (mit Wasser gefüllt) |
| 3: Gummihülle | 4: Probe (mit Querschnittfläche F) |
| 5: Filterplatte | 6: Druckstempel |
| 7: Wasserdruck σ_3 | 8: Porenwasserüberdruck u |
| 9: Volumenmessung | 10: Entwässerung |

Bodenmechanisches Praktikum

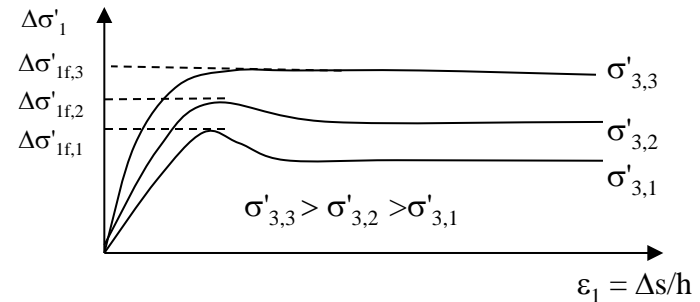
Dreiaxialversuch (drei Versuchsarten)

1. Entwässerter Versuch (D-Versuch)

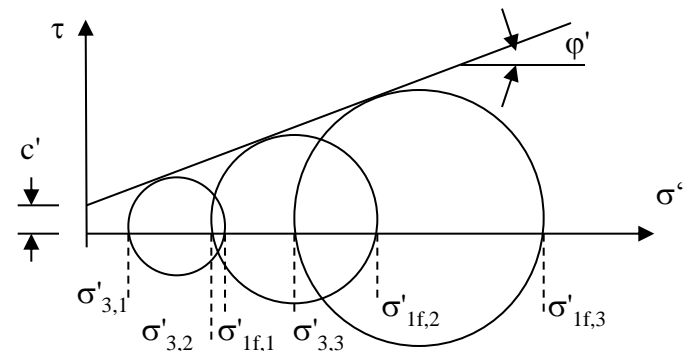
Auswertung:

- Vertikale Dehnung: $\varepsilon_1 = \Delta s/h$
- Druckdifferenz: $\Delta\sigma'_1(\varepsilon_1) = P(\Delta s)/F$
- Beziehung zwischen $\Delta\sigma'_1$ und ε_1 für unterschiedliches $\sigma'_3 = \sigma_3$ zeichnen
- Druckdifferenz $\Delta\sigma'_{1f}$ beim Bruchzustand bestimmen
- Die wirksamen Spannungen $\sigma'_3 = \sigma_3$ und $\sigma'_{1f} = \sigma'_3 + \Delta\sigma'_{1f}$ für drei Proben berechnen
- Mohrsche Kreise für drei Proben zeichnen
- φ' und c' bestimmen

Druckdifferenz $\Delta\sigma'_1$ in Abhängigkeit von vertikaler Dehnung ε_1



Bestimmung von φ' und c'



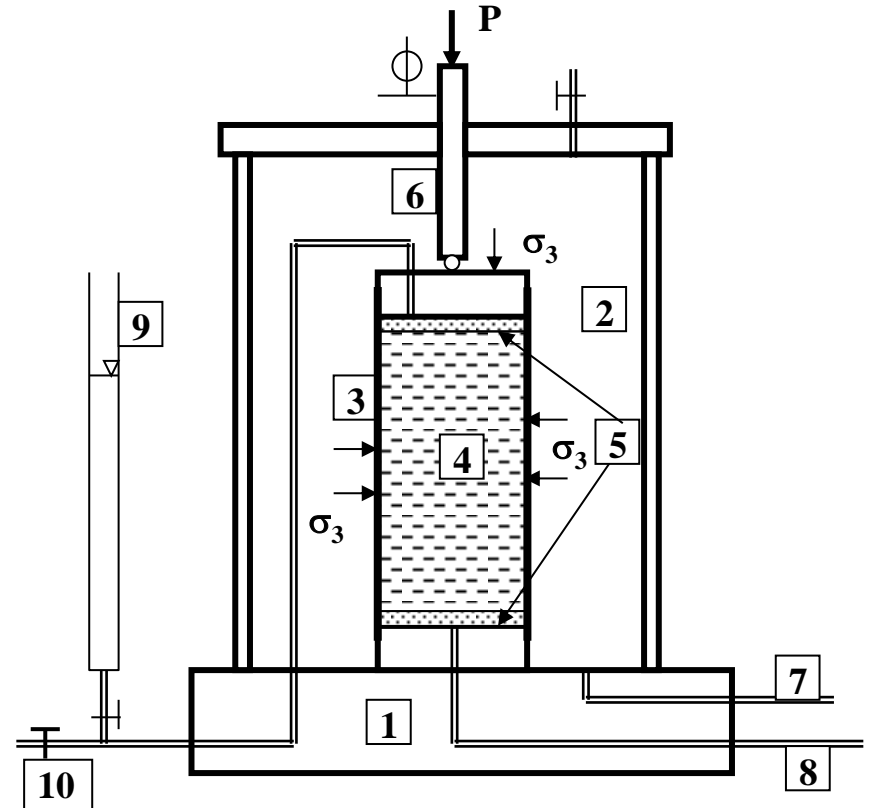
Bodenmechanisches Praktikum

Dreiaxialversuch (drei Versuchsarten)

2. Konsolidierter, nicht entwässerter Versuch (CU-Versuch)

Versuchsdurchführung:

- Gesättigte Probe einbauen
- Probe unter σ_3 **konsolidieren** lassen
- Die Probe durch vertikale Verschiebung abscheren (**nicht entwässert**, $u \neq 0$,
 $\sigma'_3 = \sigma_3 - u$, $\sigma'_1 = \sigma_1 - u$)
- Vertikale Verschiebung Δs , vertikale Kraft P und Porenwasserüberdruck u (in Abhängigkeit von Δs) gemessen
- Drei Proben unter unterschiedlichem σ_3 konsolidiert und abgeschert



- | | |
|---------------------------|--|
| 1: Fußplatte | 2: Zylinder (mit Wasser gefüllt) |
| 3: Gummihülle | 4: Probe (mit Querschnittsfläche F) |
| 5: Filterplatte | 6: Druckstempel |
| 7: Wasserdruck σ_3 | 8: Porenwasserüberdruck u |
| 9: Volumenmessung | 10: Entwässerung |

Bodenmechanisches Praktikum

Dreiaxialversuch (drei Versuchsarten)

2. Konsolidierter, nicht entwässerter Versuch (CU-Versuch)

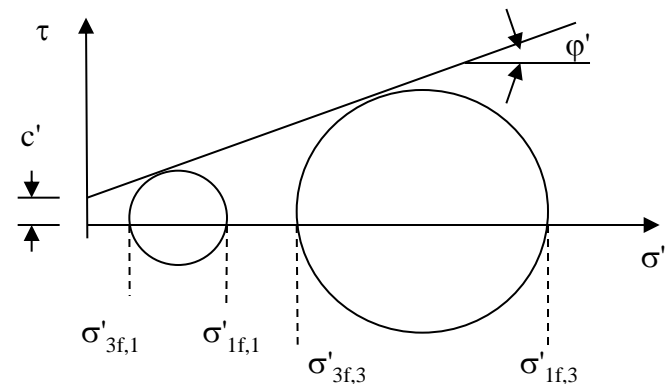
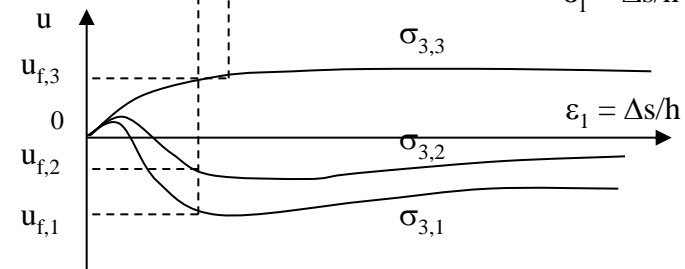
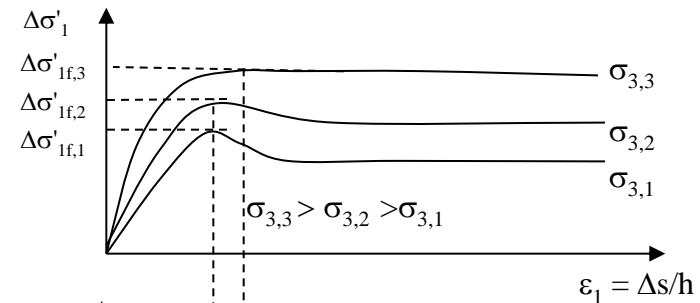
Auswertung:

- Vertikale Dehnung: $\varepsilon_1 = \Delta s/h$
- Vertikale Spannung $\sigma_1(\varepsilon_1) = \sigma_3 + P(\Delta s)/F$
- Druckdifferenz: $\Delta\sigma'_1(\varepsilon_1) = \sigma_1(\varepsilon_1) - \sigma_3 = P(\Delta s)/F$
- Beziehung zwischen $\Delta\sigma'_1$ und ε_1 zeichnen
- Druckdifferenz $\Delta\sigma'_{1f}$ beim Bruchzustand bestimmen
- Beziehung zwischen u und ε_1 zeichnen
- u_f beim Bruchzustand bestimmen
- Die wirksamen Spannungen $\sigma'_{3f} = \sigma_3 - u_f$ und $\sigma'_{1f} = \sigma'_{3f} + \Delta\sigma'_1$ für drei Proben berechnen
- Mohrsche Kreise für drei Proben zeichnen
- φ' und c' bestimmen

Bestimmung von φ' und c' →

CU-Versuch ist schneller als D-Versuch
Proben 1 und 2 sind überkonsolidiert

Druckdifferenz $\Delta\sigma'_1$ und Porenwasserüberdruck u in Abhängigkeit von vertikaler Dehnung ε_1



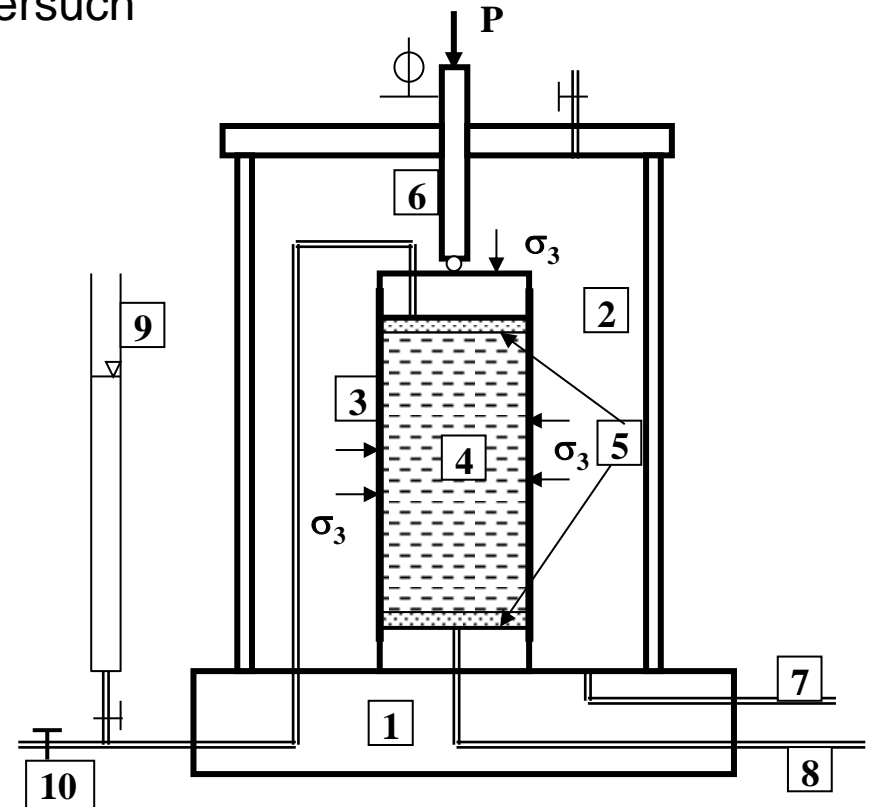
Bodenmechanisches Praktikum

Dreiaxialversuch (drei Versuchsarten)

3. Nichtkonsolidierter, nicht entwässerter Versuch (UU-Versuch)

Versuchsdurchführung:

- Gesättigte **vorkonsolidierte** Probe einbauen
- Seitendruck σ_3 erhöht (**Entwässerung geschlossen**, Porenwasserüberdruck $\Delta u_1 > 0$)
- Probe durch vertikale Verschiebung schnell abscheren (**Entwässerung geschlossen**, Porenwasserüberdruck $\Delta u_2 > 0$)
- Vertikale Verschiebung Δs und vertikale Kraft P (in Abhängigkeit von Δs) gemessen
- Eine Probe oder zwei Proben unter unterschiedlichem σ_3 abgesichert



- | | |
|---------------------------|--|
| 1: Fußplatte | 2: Zylinder (mit Wasser gefüllt) |
| 3: Gummihülle | 4: Probe (mit Querschnittsfläche F) |
| 5: Filterplatte | 6: Druckstempel |
| 7: Wasserdruck σ_3 | 8: Porenwasserüberdruck u |
| 9: Volumenmessung | 10: Entwässerung |

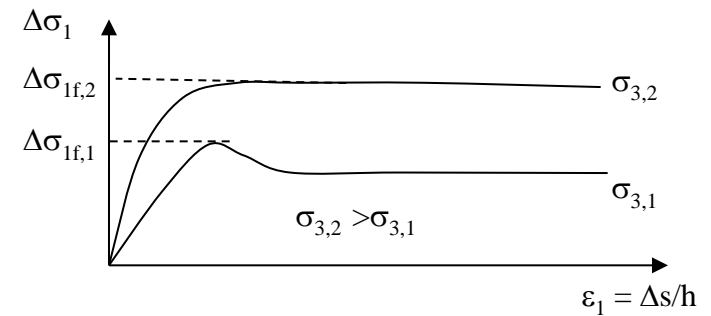
Dreiaxialversuch (drei Versuchsarten)

3. Nichtkonsolidierter, nicht entwässerter Versuch (UU-Versuch)

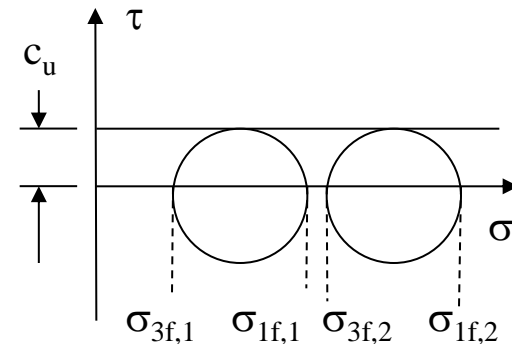
Auswertung:

- Vertikale Dehnung: $\varepsilon_1 = \Delta s/h$
- Vertikale Spannung $\sigma_1(\varepsilon_1) = \sigma_3 + P(\Delta s)/F$
- Druckdifferenz: $\Delta\sigma_1(\varepsilon_1) = \sigma_1(\varepsilon_1) - \sigma_3 = P(\Delta s)/F$
- Beziehung zwischen $\Delta\sigma_1$ und ε_1 zeichnen
- Druckdifferenz $\Delta\sigma_{1f}$ beim Bruchzustand bestimmen
- Vertikale Spannung $\sigma_{1f} = \sigma_3 + \Delta\sigma_{1f}$ und $\sigma_{3f} = \sigma_3$ berechnen
- Mohrscher Kreis zeichnen
- c_u bestimmen

Druckdifferenz $\Delta\sigma_1$ in Abhängigkeit von vertikaler Dehnung ε_1



Bestimmung von c_u



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit