



Bodeneigenschaften von ungestörten und aufbereiteten Kreideproben
(Soil Properties on undisturbed and remoulded specimen of chalk)

Yukyung Park

Einleitung

Böden haben eine natürlich entstandene Struktur, welche eine Kombination von ‚fabric‘ (Anordnung von Bodenpartikeln) und ‚bonding‘ (Zementierung von Partikeln) darstellt. Deswegen sind die Bodeneigenschaften bei ungestörten und aufbereiteten Bodenproben zu unterscheiden. Die Unterschiede wurden anhand von Proben aus Kreide untersucht und verglichen. Zur Bestimmung der mechanischen Bodeneigenschaften wurden einaxiale Druckversuche, Rahmenscherversuche und Ödometerversuche durchgeführt.

Probenmaterial: Kreide

Die Kreideproben stammen aus der Ostsee. Die ungestörten Proben (Abb. 1) wurden ausgepackt und mit dem Ausstechzylinder eingedrückt. Um die verschiedenen Aufbereitungsverfahren zu vergleichen, wurden die Kreideproben mit verschiedenen Wassertypen (DW: destilliertes Wasser bzw. SW: Salzgehalt 1% wie in die Ostsee) und verschiedenen Wassergehalten ($1,25 \cdot w_L$ bzw. w_N) aufbereitet.



Abb. 1: Ausgepackte Kreideprobe (ungestört)



Abb. 2: Sieb mit Größe 0,4 mm (links) und aufbereitete Kreideproben (rechts)

Klassifikation

Es wurden Korngrößenverteilungen, Korndichten, Glühverluste und Konsistenzgrenzen (Fließgrenzen w_L , Ausrollgrenzen w_p und Schrumpfgrenzen w_s) bestimmt.

Die Kreideproben sind leicht plastische Tone und schwach organisch (Glühverlust von 0,674 bis 1,807 %). Die Korndichte ρ_s beträgt 2,686 bis 2,724 g/cm³ (siehe Abb. 3).

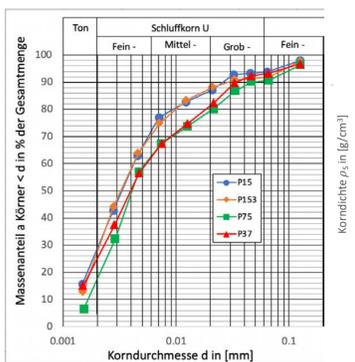


Abb. 3: Korngrößenverteilungen (links) und Korndichten (rechts) der Kreideproben

Es wurde gezeigt, dass der Wassertyp keine Rolle bei der Bestimmung der Konsistenzgrenzen spielt (Abb. 4).

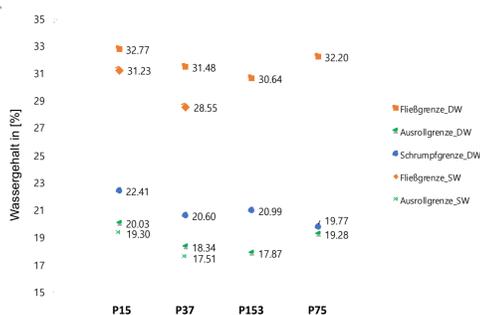


Abb. 4: Konsistenzgrenzen der Kreideproben

Ungewöhnlich ist, dass die Schrumpfgrenzen höher als die Ausrollgrenzen sind. Die natürlichen Wassergehalte der ungestörten Kreideproben sind größer, als die Ausrollgrenzen, obwohl die ungestörten Kreideproben per Ansprache als halbfest angesprochen wurden (vgl. Abb. 5).

Zur Bodenansprache passen auch die hohen undränierten Scherfestigkeiten (vgl. Abb. 10).

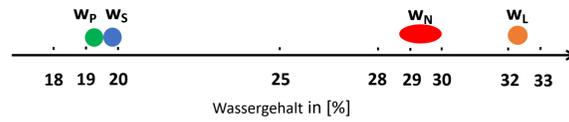


Abb. 5: w_L , w_p , w_s und natürlicher Wassergehalt w_N am Beispiel der Probe P75

Mechanische Bodeneigenschaften

Ödometerversuch

Die abgeschätzten Vorbelastungen der ungestörten Proben (gelber Bereich in Abb. 6) betragen 848 kPa bis 1183 kPa, die mit der Wassertiefe der Ostsee von 40,5 m und Probenentnahmetiefen berechnet wurden.

Der Kompressionsbeiwert C_{c1} (vor der Vorbelastung), C_{c2} (nach der Vorbelastung) und der Schwellbeiwert C_s (bei Entlastung) ergibt sich aus dem linearen Abschnitt des Spannungs-Porenzahl-Diagramms im halb-logarithmischen Raum (Abb. 6).

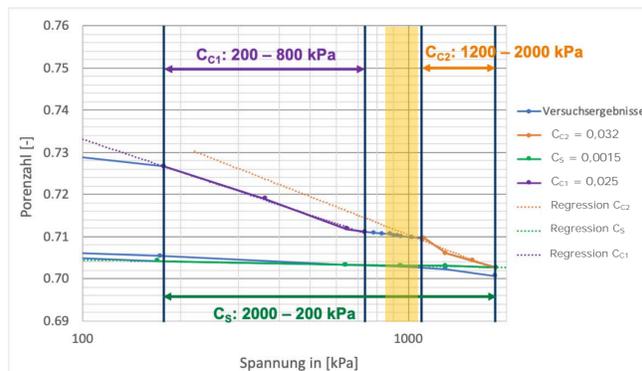


Abb. 6: Methoden zur Bestimmung der C_{c1} , C_{c2} und C_s an der ungestörten Probe P153 mit Salzwasser

Die Abbildung 7 zeigt die ermittelten Kompressionsbeiwerte C_{c2} . Die ungestörten Kreideproben wurden mit verschiedenen Wassertypen (DW und SW) untersucht. Die aufbereiteten Kreideproben wurden mit verschiedenen Einbauwassergehalten w_0 (an der Fließgrenze w_L und beim natürlichen Wassergehalt w_N) untersucht.

Es ist aus Abb. 7 zu erkennen:

1. der Wassertyp hat bei ungestörten Proben keinen Einfluss (blau und grün).
2. bei aufbereiteten Proben mit größerem Einbauwassergehalt ($w_0 = w_L$) sind die C_{c2} größer (orange und lila).
3. die C_{c2} von ungestörten Proben sind kleiner, als die von aufbereiteten Proben (blau und lila).

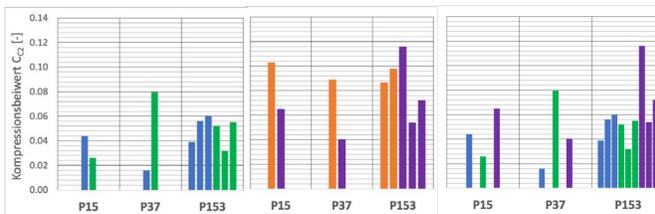


Abb. 7: Vergleich der C_{c2} (blau: ungestört mit DW, grün: ungestört mit SW, orange: aufbereitet mit $w_0 = w_L$ und DW, lila: aufbereitet mit $w_0 = w_N$ und DW)

Die Tabelle 1 zeigt die ermittelten C_{c1} , C_{c2} und C_s .

Es ist zu erkennen:

1. die C_{c2} sind unabhängig vom Wassertyp, 2-mal größer als die C_{c1} bei ungestörten Proben.
2. die C_s von ungestörten und aufbereiteten Proben sind gleich.

Probenotyp	Wassertyp / Wassergehalt	C_{c1} [-]	C_{c2} [-]	C_s [-]
Ungestört	DW	0,025 (0,011 – 0,045)	0,043 (0,016 – 0,060)	0,011 (0,0049 – 0,0141)
	SW	0,027 (0,020 – 0,042)	0,049 (0,026 – 0,079)	0,009 (0,0015 – 0,0175)
aufbereitet	DW / w_L	0,097 (0,011 – 0,105)	0,094 (0,087 – 0,103)	0,012 (0,0099 – 0,0144)
	DW / w_N	0,054 (0,040 – 0,071)	0,069 (0,040 – 0,116)	0,012 (0,0048 – 0,0273)

Tabelle 1: C_{c1} , C_{c2} und C_s der Kreideproben (Mittelwert (min. – max.))

Rahmenscherversuch

Abbildung 8 zeigt den Unterschied im Verlauf von ungestörten (sprunghaft, dunkle Linien) und aufbereiteten (glatt, helle Linien) Proben.

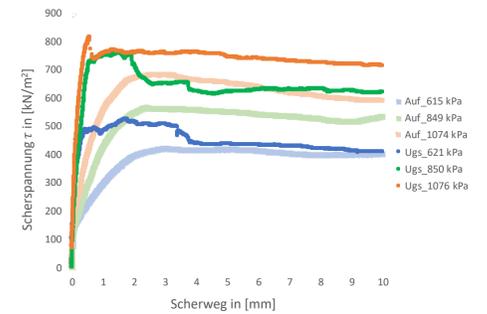


Abb. 8: Scherspannungs-Scherwegs-Diagramm (ungestörte vs. aufbereitete)

Die Peak-Scherfestigkeiten τ_p der ungestörten Proben sind größer, als die der aufbereiteten Proben, während die kritischen Scherfestigkeiten τ_c von beiden gleich sind (Abbildung 9).

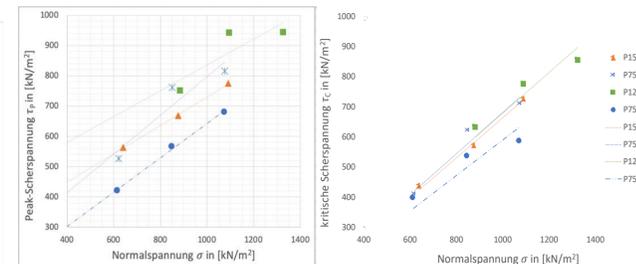


Abb. 9: Scherspannungs-Normalspannungs-Diagramm (links: τ_p , rechts: τ_c)

Einaxialer Druckversuch

Die ermittelten undränierten Scherfestigkeiten c_u wurden mit c_u aus einem Projekt (hellblau) verglichen (Abb. 10). Die aufbereiteten Proben wurden bis zur abgeschätzten Vorbelastung (siehe Ödometerversuch) vorkonsolidiert.

In der Abbildung 10 ist zu erkennen, dass die undränierten Scherfestigkeiten c_u der ungestörten Proben (blau) größer, als die der aufbereiteten Proben (rot und orange) sind.

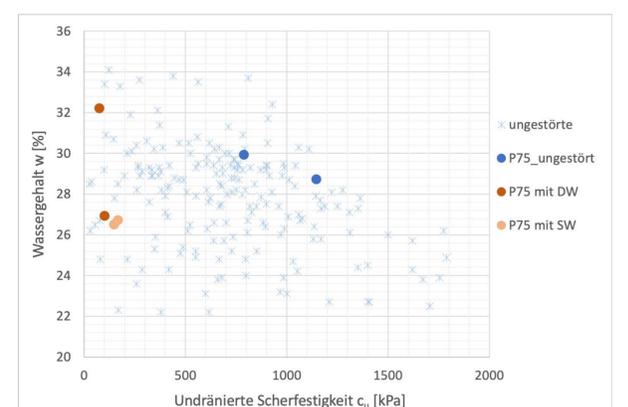


Abb. 10: undränierter Scherfestigkeiten c_u aus einaxialen Druckversuchen

Fazit

Wegen der Bodenstruktur haben ungestörte Proben bei gleichem Wassergehalt nicht nur höhere Peak-Scherfestigkeiten τ_p , sondern auch höhere undränierter Scherfestigkeiten c_u als aufbereitete Proben. Außerdem ist das Bodenverhalten von ungestörten Proben spröder, als bei aufbereiteten Proben.

Im Gegensatz dazu haben ungestörte Proben und aufbereitete Proben bei gleichem Wassergehalt gleiche Schwellbeiwerte C_s und kritische Scherfestigkeiten τ_c . Der Wassertyp hat in dieser Studie keinen Einfluss gezeigt.

Projekt

Projektarbeit

Hochschullehrer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle, TU Dresden

Wissenschaftliche Betreuung

Dipl.-Ing. Markus Uhlig, TU Dresden

Abgabe

Februar 2020