

Zusammenfassung der Laboruntersuchungen an einem Schwerelotkern entnommen auf der Ausfahrt M69-1

Kontakt für Rückfragen zu den Laboruntersuchungen:

Institut für Geotechnik und Baubetrieb, Technische Universität Hamburg (TUHH), Prof. Jürgen Grabe
verantwortliche Mitarbeiterin: Pauline Kaminski, M.Sc. (pauline.kaminski@tuhh.de)

Kontakt für Rückfragen zum Schwerelotkern:

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Dr. Doris Maicher, Büro im Zentralen Probenlager ZPL (geosamples@geomar.de)

Im Rahmen des DFG-geförderten Forschungsprojektes GR 1024/35-1 wurden Sedimentkerne, entnommen auf der Ausfahrt M69, in Laboruntersuchungen geotechnisch analysiert.

Die Ausfahrt M69 fand 2006 statt und beinhaltete seismische und Parasound-Untersuchung sowie Probenentnahmen in den Arbeitsbereichen (Alboran Ridge, Oran Bay, Mallorca Shelf). Details zur Ausfahrt können dem Fahrtbericht entnommen werden (10.2312/cr_m69). Die untersuchten Sedimentproben wurden am 24.08.2006 im Mallorca-Arbeitsbereich an Stelle 392-1 (39°09.497' N 2°33.800' E) in einer Wassertiefe von 492 m entnommen. Die Proben wurden seitdem geschlossen bei einer Temperatur von 4°C im Kernlager des GEOMAR in Kiel gelagert und können dadurch in ihren Eigenschaften beeinflusst worden sein, bspw. durch Austrocknung. Voruntersuchungen wurden nicht durchgeführt.

Die Proben wurden durch ein Schwerelot entnommen. Das Schwerelot ist ein Standardkerngerät zur Probeentnahme aus Sedimenten am Meeresgrund. Es handelt sich um eine gestörte Probenahme, die unter Umständen Einfluss auf die Eigenschaften der Bodenproben hat. Dies muss bei den Versuchen berücksichtigt werden.

Zunächst wurden Klassifizierungsversuche zur Einordnung der Sedimente vorgenommen. Hierbei wurden die Korndichte mit dem Kapillarpiknometer, die Zustandsgrenzen, die Korngrößenverteilung durch Siebung und Sedimentation, der Wassergehalt, der Kalkgehalt durch Kohlendioxidbestimmung und der Glühverlust mit geotechnischen Standardversuchen nach deutscher Normung bestimmt. Jeder Versuch wurde mit Proben aus verschiedenen Tiefen durchgeführt.

Außerdem wurden weiterführende Versuche nach aktuellem Stand der Normung und Forschung durchgeführt. Die Untersuchungen beinhalten Ödometerversuche und Triaxialversuche.

Klassifizierungsversuche

Bodenansprache und allgemeine Auffälligkeiten

Bei den Bodenproben handelt es sich um Korngrößen im Schluff- und Tonbereich. Die Farbe der Proben ist grau-braun mit teilweise dunklen, nahezu schwarzen bis dunkelgrauen Stellen, die eventuell auf organische Einschlüsse hinweisen. Bereits beim Öffnen der Kerne war erkennbar, dass in den Kernen trotz Einlagerung sehr viel Wasser enthalten ist. Der Boden gibt schon bei leichter Erschütterung Wasser ab. Ein sehr geringer Konsolidierungsgrad und eine hohe Porenzahl sind zu vermuten. Außerdem befinden sich in den Bohrkernen kleine, mit bloßem Auge erkennbare Muscheln, die nicht homogen im Kern verteilt sind sondern gehäuft in „Nestern“ auftreten. Eine oberflächliche Untersuchung der Proben mit dem Mikroskop zeigt stark heterogen geformte Partikel biogenen Ursprungs in den gröberen Kornfraktionen. Die geöffneten Kerne sind in Abb. 1 dargestellt. Die Entnahmestellen für die Klassifizierungsversuche sind markiert.

Wassergehalt nach DIN 18121

Die Wassergehalte wurden nach DIN 18121 in sechs Tiefen bestimmt. Der Wassergehalt ist der Masseverlust nach einer 24-stündigen Trocknung bei 105°C.

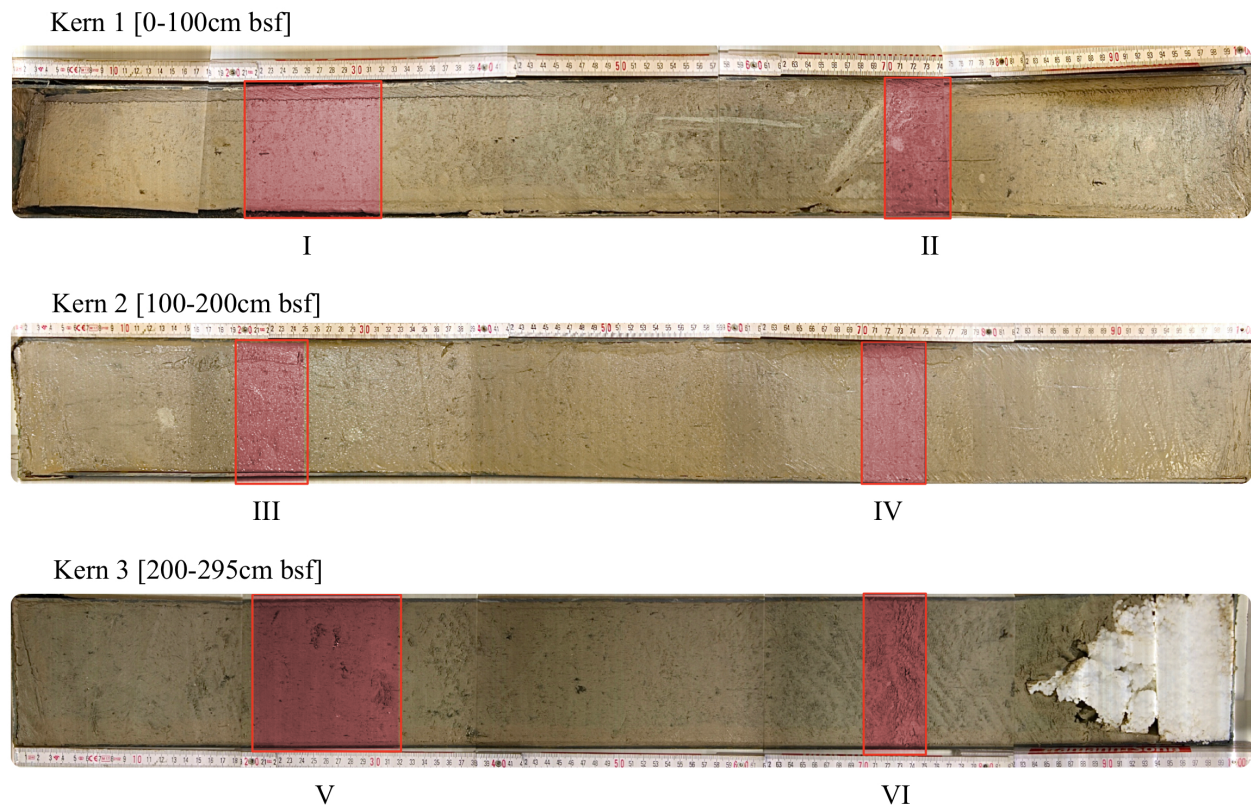


Abbildung 1: Gesamtansicht der geöffneten Kerne

Salzgehalt des Porenwassers

Der Salzgehalt des Porenwassers wurde mit einem digitalen Refraktometer in zwei verschiedenen Tiefen, 21 – 32 cm und 220 – 232 cm, gemessen. Das digitale Refraktometer ist ein Messinstrument zur Bestimmung des Brechungsindex von transparenten Stoffen in flüssigem oder teilweise auch festem Zustand. Es nutzt dafür das Verhalten von Licht am Übergang zwischen einem Prisma mit bekannten Eigenschaften und dem zu prüfenden Stoff. Aus den Brechungsindizes wird der Salzgehalt berechnet.

Konsistenzgrenzen

Zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen wurden die Fließ- und Ausrollgrenze in zwei Tiefen untersucht. Pro Tiefe wurden jeweils fünf Versuche zur Bestimmung der Fließgrenze und drei Versuche zur Bestimmung der Ausrollgrenze durchgeführt. Hierbei wurde eine Versuchsreihe nach der DIN 18122 und eine nach Einlage der Proben in Salzwasser mit dem entsprechenden im Kern gemessenen Salzgehalt des Porenwassers durchgeführt.

Konsistenzgrenzen nach Atterberg (DIN 18122)

Bei den Versuchen zur Bestimmung der Zustandsgrenzen nach nach DIN 18122 werden die Wassergehalte des Bodens an der Fließgrenze w_L und der Ausrollgrenze w_P ermittelt. Nach Atterberg werden aus diesen Größen und dem natürlichen Wassergehalt die Plastizitätszahl und die Konsistenzzahl abgeleitet. Die Proben werden vor den Versuchen gemäß Norm 1 – 2 Tage in Wasser eingelegt.

Zur Bestimmung der Fließgrenze wird ein Fließgrenzengerät nach Casagrande genutzt. Die Fließgrenze ist der Wassergehalt bei dem sich eine definierte Furche nach 25 Schlägen schließt. Die Ausrollgrenze ist erreicht, wenn der Boden beim Ausrollen auf Filterpapier zu Röllchen von 3 mm Dicke zu bröckeln beginnt.

Die Plastizitätszahl ergibt sich aus der Differenz der Fließ- und Ausrollgrenze, sie kennzeichnet das plastische Verhalten des Bodens. Die Konsistenzzahl beschreibt den natürlichen Zustand des Bodens.

Konsistenzgrenzen unter Berücksichtigung des salzhaltigen Porenwassers

Im Gegensatz zum Norm-Versuch wurden die Proben vor den Versuchen 1 – 2 Tage in Salzwasser eingelegt. Die Salzgehalte wurden an die im Porenwasser gemessenen Konzentrationen angepasst. Die anschließende Bestimmung der Ausroll- und Fließgrenzen erfolgte nach DIN 18122 und wie im vorherigen Abschnitt beschrieben.

Korndichte nach DIN 18124

Die Korndichte wurde mit dem Kapillarypknometer nach DIN 18124 in sechs Tiefen bestimmt. Die Bodenproben wurden für die Korndichte-Versuche getrocknet und pulverfein zerrieben. Das Volumen der Körner wird im Kapillarypknometer mit einem Volumen von rund 100 ml bestimmt. Die Körner werden eingefüllt und das Restvolumen mit destilliertem und entlüftetem Wasser gemessen.

Durch das Zerkleinern der Proben vor Durchführung der Versuche können fragile Partikel, wie bspw. die Kalkschalen in diesen Proben, beschädigt werden. Die Korndichte könnte durch dem Versuch nach DIN 18124 ungenau dargestellt werden.

Korngrößenverteilung nach DIN 18123

Die Korngrößenverteilung wurde durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalysen nach DIN 18123 in sechs Tiefen bestimmt. Die Entnahmetiefen sind 21 – 32 cm, 70 – 75 cm, 119 – 125 cm, 170 – 175 cm, 220 – 232 cm und 270 – 275 cm. Pro Entnahmestelle wurde eine Siebung und eine Sedimentation durchgeführt.

Bei der kombinierten Sieb- und Schlämmanalyse wird bei der ersten Probe zunächst durch eine Nasssiebung das Sandkorn ($>0,063$ mm) vom Feinkorn ($<0,063$ mm) getrennt. Das Sandkorn wird getrocknet und durch einen Siebsatz mit abgestuften Maschenweiten gerüttelt. Die Rückstände auf den einzelnen Sieben werden gewogen und in Prozent zur Gesamttrockenmasse umgerechnet.

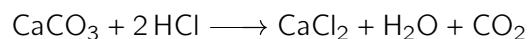
Die zweite Probe wird vor der Sedimentation für ca. 2 Tage in destilliertem, entionisiertem Wasser mit Dekoagulationsmittel eingelegt und anschließend darin zu einer Suspension aufgerührt. Diese Suspension wird durch das 0,25 mm-Sieb gegossen und mit dem Siebdurchgang wird die Sedimentation durchgeführt. Bei der Sedimentationsanalyse werden die Korngrößen durch ihre unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten in Wasser bestimmt. Die Bodenprobe wird zu einer Suspension aufgerührt, dessen Dichte in festgelegten Zeitabständen mit einem Aräometer gemessen wird.

Die aus der Dichte ermittelten Korndurchmesser werden gemeinsam mit den Ergebnissen der Siebung aufsummiert in einer Körnungslinie aufgetragen.

Kalkgehalte nach DIN 18129

Die Kalkgehaltsbestimmung nach DIN 18129 erfolgte ebenfalls in sechs verschiedenen Tiefen. Pro Probe wurden drei Versuche durchgeführt.

Der Kalkgehalt wird durch eine gasometrische Kohlendioxidbestimmung ermittelt. Die trockene, pulverfein zerriebene Probe wird mit einer 10-prozentigen Salzsäure benetzt. Bei der Säurebehandlung von Karbonatmineralien wird Kohlendioxid (CO_2) gasförmig frei, wobei die Kationen in ein wasserlösliches Salz überführt werden.



An der Messskala des Gasometers wird in Höhe des Wasserspiegels das Gasvolumen V_G^t zum Zeitpunkt $t = 30$ s abgelesen. Die Temperatur T und der absolute Luftdruck p_{abs} werden gemessen und daraus die Masse an Calciumkarbonat ermittelt.

Glühverlust nach DIN 18128

Die getrocknete und zermörserte Probe wird im Glühofen bei 550 °C bis zur Massenkonstanz geglüht. Die Probe wird nach dem Glühen in einem Exsikkator abgekühlt und dann gewogen. Der Glühverlust ist der auf die Trockenmasse bezogene Massenverlust, den der Boden beim Glühen erfährt. In Abhängigkeit der geochemischen Zusammensetzung des Bodens kann die Methodik durch Reduktionsprozesse während des Glühens zu Ungenauigkeiten führen.

Die Glühverlust-Bestimmung nach DIN 18128 wurde in sechs verschiedenen Tiefen durchgeführt. In jeder Tiefe erfolgten drei Versuche.

Weiterführende Versuche

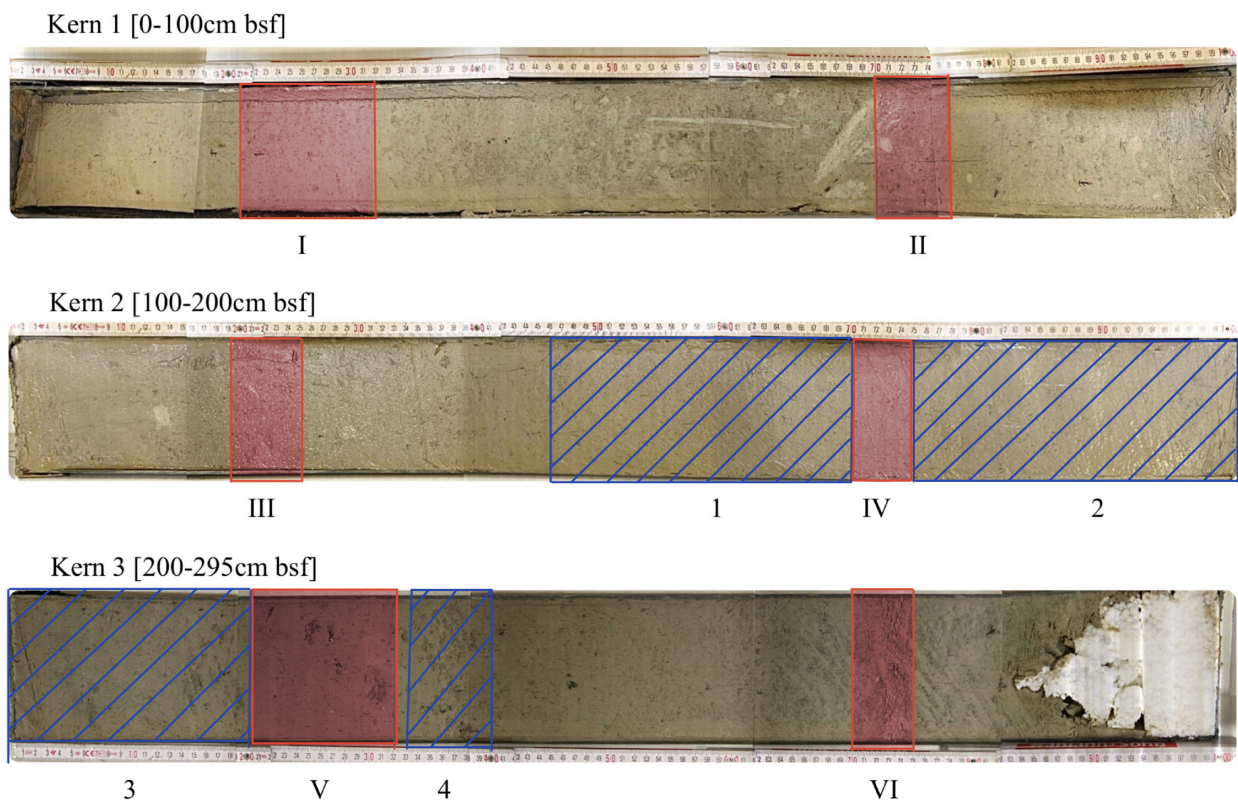


Abbildung 2: Gesamtansicht der geöffneten Kerne 1-3 mit Kennzeichnung der Probenahmen

Ödometerversuch nach DIN EN ISO 17892

Beim Ödometerversuch (auch eindimensionaler Kompressionsversuch) wird eine zylindrische Bodenprobe bei verhinderter radialer Verformung axial gestaucht und die vertikalen Verformungen gemessen. Die Probe wird in einen Metallring von 70 mm Durchmesser und 20 mm Höhe eingebaut und im Kompressionsgerät in axialer Richtung entweder stufenweise mit Totlasten (IL-Versuch) oder mit einer vorgegebenen, kontinuierlichen axialen Vortriebsgeschwindigkeit des Laststempels (CRS-Versuch: *constant rate of strain*) be-, ent- und wiederbelastet.

Der Ödometerversuch mit Totlasten wurde an zwei Proben aus der Entnahmetiefe 200–220 cm durchgeführt. Der Ödometerversuch bei konstanter Dehnungsrate wurde an einer Proben aus der Entnahmetiefe 233 – 240 cm durchgeführt.

Drainierter Triaxialversuch nach DIN 18137-2

Der Triaxialversuch ist ein Scherversuch, welcher mit einer zylindrischen Bodenprobe mit 36 mm Durchmesser und 90 mm Höhe durchgeführt wird. In der Triaxialzelle können der Axial- und Seitendruck sowie die axiale Verformung gesteuert und die Volumenverformung gemessen werden. Vor der weggesteuerten Scherung wird die Probe auf den gewünschten Konsolidierungsgrad gebracht.

Die Triaxialversuche wurde an fünf Proben aus zwei Tiefen durchgeführt. Die beprobten Tiefen sind 146 – 170 cm und 175 – 200 cm. Alle Proben erreichten nach der Sättigung einen notwendigen B-Wert von $\geq 0,9$. Der bei einige Proben erreichte rechnerische B-Wert von $> 1,0$ lässt sich auf die aufgeführten hohen Wassergehalte zurückführen. Die Proben wurden auf $\sigma'_1 = 50, 100, 200, 300$ und 400 kPa konsolidiert und anschließend unter drainierten Bedingungen mit 0,005 mm/min abgeschert.

Mitarbeit: Die beschreibenden Texte sind unter Mitarbeit von Amelie Nacke im Rahmen ihrer HiWi-Tätigkeit am Institut für Geotechnik und Baubetrieb verfasst worden.