

Kleine Schleuse Kiel-Holtenau
Teilgutachten 2
Anlegedalben Revisionsverschlüsse
Geotechnischer Bericht
B3952.05.20.10387

**Kleine Schleuse Kiel-Holtenau
Teilgutachten 2
Anlegedalben Revisionsverschlüsse
Geotechnischer Bericht**

Auftraggeber: WSA Kiel-Holtenau

Auftrag vom: 27.01.2016

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. B3952.05.20.10387

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Küstenbereich
 Referat: Geotechnik Nord (K5)
 Bearbeiter: Dipl.-Ing. Frank Liebethuth

Hamburg, 8. Februar 2019

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

Zusammenfassung

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Kiel-Holtenau plant im Rahmen des Ersatzneubaus der Kleinen Schleuse Kiel-Holtenau den Bau von Anlegedalben für die Revisionsverschlüsse der Schleuse. Das Referat Geotechnik Nord (K5) der Bundesanstalt für Wasserbau, Standort Hamburg (BAW-HH) wurde mit der Erstellung eines Geotechnischen Berichtes sowie der weiteren geotechnischen Beratung bei der Planung und Ausführung der Baumaßnahme beauftragt.

Zur Erkundung des Baugrundes wurden an dem geplanten ca. 70 m langen Liegeplatz für die Revisionsverschlüsse eine Rammkernbohrung (WBKF_714/16) und eine Drucksondierung (WCPT_717/16) jeweils im Wasser abgeteuft.

Es wurden folgende Bodenarten angetroffen:

- **Schlick**, an der Gewässersohle mit einer Schichtmächtigkeit von ca. 1,4 m in breiiger bis sehr weicher Konsistenz
- **Kalkmudde** mit einer Schichtmächtigkeit von ca. 0,8 m in sehr weicher Konsistenz
- **Geschiebemergel** mit Sandlagen mit einer Schichtmächtigkeit von ca. 3,5 m in weicher bis steifer Konsistenz
- **Pleistozäne Sande** (bis zur Endteufe der Baugrunderkundung) in dichter bis sehr dichter Lagerung

In allen Tiefenbereichen insbesondere aber im Geschiebemergel und den pleistozänen Sanden muss mit Kieseinlagerungen und Steinen bis zu Blockgröße gerechnet werden. Diese können einzeln, in Lagen und Nestern auftreten.

Im Geotechnischen Bericht werden die Baugrundverhältnisse beschrieben, die Baugrundaufschlüsse und geotechnischen Laborversuche dokumentiert und bewertet. Die Ergebnisse werden in einem Geotechnischen Längsschnitt dargestellt. Es werden charakteristische Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen angegeben und es erfolgt eine Beschreibung der Homogenbereiche.

Weiterhin werden Angaben zu den Grundwasserverhältnissen, charakteristischen Wasserständen sowie zur Wasserbeschaffenheit des Grund- und NOK-Wassers gemacht.

Bemessungstechnische Empfehlungen werden gegeben sowie mittlere und maximal zu erwartende Abrostungsraten für Stahldalben prognostiziert.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen und Daten	2
2.1	Planung	2
3	Methodik	3
3.1	Baugrundaufschlüsse	3
3.2	Benennung der Bodenschichten	4
3.4	Bestimmung der Konsistenz	5
3.5	Bewertung der Drucksondierergebnisse	6
4	Baugrund	7
4.1	Übersicht Baugrundaufbau	7
4.2	Baugrundaufbau	7
4.2.1	Schlick	7
4.2.3	Geschiebemergel	10
4.2.4	Pleistozäne Sande	14
4.3	Empfohlene Bodenkennwerte	16
5.1	Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse	17
5.2	Wasserstände	17
5.3	Beton- und Stahlaggressivität	17
5.3.1	Grundwasserexponierte Bauteile	17
5.3.2	Kanalwasserexponierte Bauteile	18
6	Empfehlungen	18
6.2	Dalben	19
6.2.1	Hinweise zur Einbringung der Dalben	19
6.2.2	Bemessung der Dalben	20
6.2.3	Baggerarbeiten	20
7	Kolksicherung	20
8	Korrosion an Dalben	21
9	Homogenbereiche	21
10	Schlussbemerkungen	22

Bildverzeichnis	Seite
Bild 1: Übersichtslageplan (aus [2])	1
Bild 2: Anlegedalben für Revisionsverschlüsse [3]	3
Bild 3: Körnungsband des Schlicks (WBKF_714/16)	8
Bild 4: WBKF_714/16 Schlick aus Kern- und Becherproben (gestörte Probe „GP“)	9
Bild 5: WBKF_714/16 Kalkmudde in der Tiefe von 1,4 bis 2m	9
Bild 6: Körnungsband des Geschiebemergels (WBKF_714/16)	10
Bild 7: Kern- und Sonderproben des Geschiebemergels (WBKF_714/16)	11
Bild 8: Erweitertes Scherdiagramm der Triaxialversuche vom Geschiebemergel	13
Bild 9: Spannungsabhängiger Steifemodul vom Geschiebemergel (Wiederbelastung)	14
Bild 10: Pleistozäne Sande (WBKF_714/16)	14
Bild 11: Körnungsband pleistozäne Sande (WBKF_714/16)	15

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Lage- und Höhenkoordinaten der Baugrundaufschlüsse	4
Tabelle 2: Bewertung der Sondierergebnisse für nichtbindige Böden nach EAB 2012, Anhang A.1, Tabelle 1.1	6
Tabelle 3: Zustandsgrenzen des Geschiebemergels (WBKF_714/16)	11
Tabelle 4: Wasserstände für den Istzeitraum und gemäß Prognose für den Zeitraum 2100	17
Tabelle 5: Rammbarkeit der Böden	20

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan mit Bohr- und Sondieransatzpunkten
Anlage 2	Bohr- und Sondierergebnis WBKF_714/16 und WCPT_717/16
Anlage 3	Geotechnischer Längsschnitt
Anlage 4.1	Körnungslinien des Schlicks
Anlage 4.2	Körnungslinien des Geschiebemergels
Anlage 4.3	Körnungslinien der pleistozänen Sande
Anlage 5	Tabellarische Zusammenstellung der Laborergebnisse (WBKF_714/16)
Anlage 6.1.1 - 6.1.3	Triaxialversuche vom Geschiebemergel
Anlage 7.1.1 - 7.1.3	Kompressionsversuche (KD) – Wiederbelastung - vom Geschiebemergel

Anlage 8.1	Fotodokumentation WBKF_714/16 von 0 m bis 5,3 m
Anlage 8.2	Fotodokumentation WBKF_714/16 (GP) von 0 m bis 5,3 m
Anlage 8.3	Fotodokumentation WBKF_714/16 von 5,3 m bis 12,3 m
Anlage 8.4	Fotodokumentation WBKF_714/16 von 12,3 m bis 20,3 m
Anlage 8.5	Fotodokumentation WBKF_714/16 von 20,3 m bis 23,3 m
Anlage 9.1	Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche
Anlage 9.2	Zusammenfassung der Schichten zu Homogenbereichen

Normen und Merkblätter

DIN 1054 (12/2010)	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN EN 1997-1 (09/2009)	Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln. Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009
DIN EN 1997-1/NA (12/2010)	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 7, Teil 1: Allgemeine Regeln
DIN EN 1997-2 (09/2009)	Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds. Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010
DIN EN 1997-2/NA (12/2010)	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 7, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
DIN 4020 (12/2010)	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
DIN 4023 (06/2006)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
DIN 4030-1 (06/2008)	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
DIN 4030-2 (06/2008)	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben
DIN EN ISO 12944-1 bis 8	Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, Teil 1 bis Teil 8
DIN EN ISO 14688-1 (12/2013)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002 + A1:2013
DIN EN ISO 14688-2 (12/2013)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2004 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2004 + A1:2013
DIN EN ISO 17892-1 (03/2015)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-1:2014
DIN EN ISO 17892-2 (03/2015)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens (ISO 17892-2:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-2:2014
DIN EN ISO 17892-3 (07/2016)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 3: Bestimmung der Korndichte (ISO 17892-3:2015, korrigierte Fassung 2015-12-15); Deutsche Fassung EN ISO 17892-3:2015

DIN EN ISO 17892-4 (04/2017)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016); Deutsche Fassung EN ISO 17892-4:2016
DIN EN ISO 17892-5 (08/2017)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 5: Ödometerversuch mit stufenweiser Belastung (ISO 17892-5:2017); Deutsche Fassung EN ISO 17892-5:2017
DIN EN ISO 17892-7 (05/2018)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 7: Einaxialer Druckversuch (ISO 17892-7:2017); Deutsche Fassung EN ISO 17892-7:2018
DIN EN ISO 17892-9 (07/2018)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 9: Konsolidierte triaxiale Kompressionsversuche an wassergesättigten Böden (ISO 17892-9:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17892-9:2018
DIN 18137-2 (04/2011)	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Scherfestigkeit – Teil 2: Triaxialversuch
DIN EN ISO 17892-12 (10/2018)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen (ISO 17892-12:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17892-12:2018
DIN 18122-1 (07/1997)	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) – Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
DIN 18122-2 (09/2000)	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) – Teil 2: Bestimmung der Schrumpfgrenze
DIN 18126:1996-11	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
DIN 18128 (12/2002)	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung des Glühverlustes
DIN 18129 (07/2011)	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Kalkgehaltsbestimmung
DIN 18132 (04/2012)	Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens
DIN 18135 (04/2012)	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Eindimensionaler Kompressionsversuch
DIN 18196 (05/2011)	Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18301 (08/2015)	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Bohrarbeiten
DIN 18311 (08/2015)	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C – Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Nassbaggerarbeiten

DIN EN ISO 22475-1 (01/2007)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
DIN EN ISO 22476-1 (10/2013)	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck
DIN 50929-1 (09/1985)	Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung - Allgemeines
DIN 50929-3 (09/1985)	Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung - Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern
EAB (2012)	Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, EAB 2012, 5. Aufl., Ernst & Sohn, Berlin
EAU (2012)	Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“. Häfen und Wasserstraßen, EAU 2012, 11. Aufl., Ernst & Sohn, Berlin
MEH (2017)	BAWMerkblatt Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C Ausgabe 2017 BAW Karlsruhe (Eigenverlag), 2017

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Kiel-Holtenau plant im Bereich der Schleusen- anlage Kiel-Holtenau den Ersatzneubau der Kleinen Schleuse einschließlich der binnen- (Nord- Ostsee-Kanal) und außenseitigen (Kieler Förde/ Ostsee) Leitwerke. Im Rahmen dieses Bauvor- habens ist auch der Neubau von Anlegedalben als Liegeplatz für die Revisionsverschlüsse der Kleinen Schleuse vorgesehen.

Derzeit liegen die Revisionsverschlüsse im Nord-Ostsee-Kanal am Binnenhafenkai. Dieser Standort stellt keinen sicheren Liegeplatz dar, da hier Schiffe zum Be- und Entladen festmachen und sich dieser zusätzlich im Einflussbereich der in die Große Schleuse einlaufenden Schiffe befindet. Beschädigungen oder auch ein Losreißen der Revisionsverschlüsse sind somit nicht auszuschließen. Für eine sichere Liegemöglichkeit ist deshalb der Neubau von Anlegedalben binnenseitig zwischen dem nördlichen Binnenleitwerk der Großen Schleuse und der Mittelinsel geplant.

Das Referat GEOTECHNIK NORD (K5) der BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU, STANDORT HAMBURG (BAW-HH), wurde vom WSA KIEL-HOLTENAU im Ergebnis der Besprechung am 27.01.2016 [1] beauftragt, einen Geotechnischen Bericht für den Neubau von Anlegedalben als Liegeplatz für die Revisionsverschlüsse der Kleinen Schleuse zu erstellen.

Das Projekt ist in die Geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN 4020 einzuordnen.

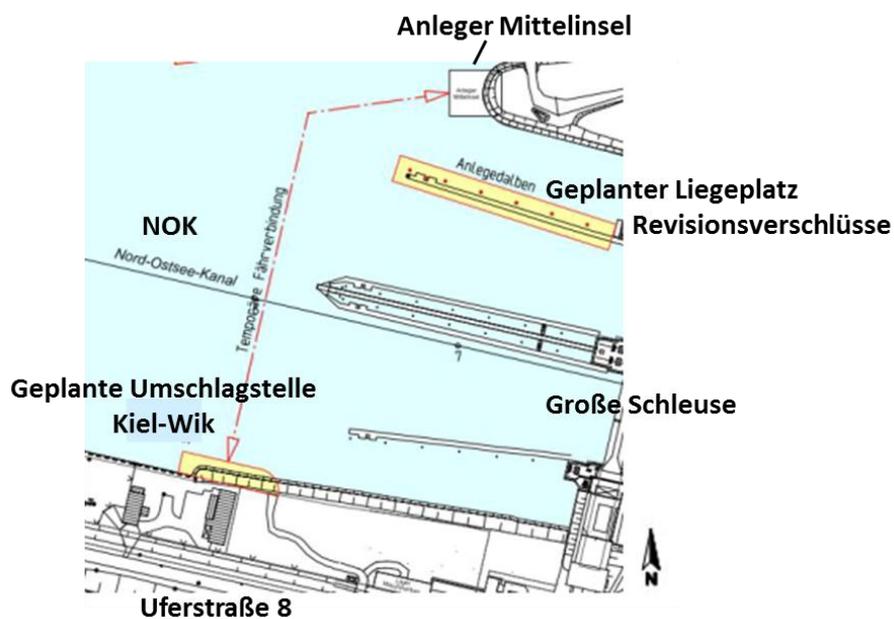


Bild 1: Übersichtslageplan (aus [2])

2 Unterlagen und Daten

- [1] Besprechung zur Baugrunderkundung im Bereich der Kleinen Schleuse Kiel-Holtenau zwischen dem WSA Kiel-Holtenau, dem Ingenieurbüro WTM und der BAW-HH am 27.01.2016
- [2] Geotechnischer Bericht Kleine Schleuse Kiel-Holtenau, Teilgutachten 1 - Anleger Kiel-Wik, BAW B3952.05.20.10387 vom 21.09.2018
- [3] E-Mail des WSA Kiel vom 03.07.2018, WG:2151_180703 Liegeplatz Revisionsverschlüsse
- [4] Baugrunduntersuchung im Bereich der Neuen Schleuse Kiel Holtenau für die Einrohrdalben – Erneuerung der Leitwerke, T. Serbay vom 27.06.2003
- [5] Geotechnischer Untersuchungsbericht, Neubau eines Leitungsdükers, Schleusenanlage Kiel-Holtenau, BAW-Nr. A 395 501 10292 vom 6.1.2011
- [6] Geohydraulische Untersuchungen im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, IGB 14-2364 vom 21.5.2015
- [7] Gutachten über den Erhaltungszustand der Spundwände an den Fähranlegern Landwehr, Sehstedt, Nobiskrug und Breiholz, BAW-Nr. 9651 3684, 19. August 1997
- [8] Gutachten über den Erhaltungszustand der Spundwände, Schleuse Strohbrück, BAW-Nr. 9651 3674, 23. Dezember 1996
- [9] 1. Baugrunderkundungsstufe Kleine Schleuse Kiel-Holtenau vom 02.02.2017 bis 24.07.2017, Ergebnisse der Baugrundbohrungen und Drucksondierungen, BAW 2017
- [10] Bundesanstalt für Gewässerkunde (bfg) vom 16.01.2018, Anlagen zum Auftrag: AF1_WSV_20160418135922_690, Kleine Schleuse Kiel-Holtenau – Baugrunderkundung, Untersuchung von Bodenproben gemäß LAGA M20/TR Boden (2004) - Analytik: Institut Dr. Nowak GmbH & Co. KG
- [11] Machbarkeitsstudie -Erläuterungsbericht, Grundinstandsetzung Alte (Kleine) Schleuse Kiel-Holtenau, IRS/WTM vom 29.02.2015
- [12] Sensitivitätsbetrachtung unter Annahme eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs, Grundinstandsetzung Alte (Kleine) Schleuse Kiel-Holtenau, IRS/WTM vom 30.01.2018
- [13] UCL Umwelt Control Labor GmbH, Kiel: Prüfbericht Nr AR-18-JH-006536-02 vom 16.07.2018

2.1 Planung

Die Planung sieht vor, die Revisionsverschlüsse an je zwei neu herzustellende Dalben anzulegen, die nördlich vor das bestehende Leitwerk der Großen Schleuse angeordnet und mit den Dalben des vorhandenen Leitwerks verbunden werden sollen. Der Durchmesser der Stahldalben des vorhandenen Leitwerks beträgt 1,32 m. Der Durchmesser der geplanten Anlegedalben aus Stahl ist mit ca. 0,5 m vorgesehen. Die Gewässersohle soll auf -9 mNHN vertieft und die Unterwasserböschungen entsprechend profiliert werden (**Bild 2**).

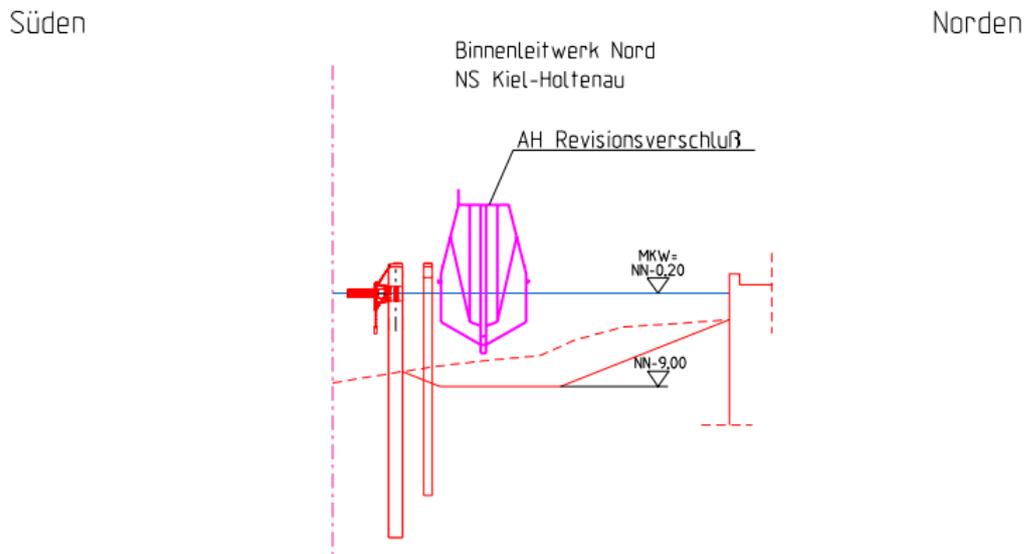


Bild 2: Anlegedalben für Revisionsverschlüsse [3]

3 Methodik

3.1 Baugrundaufschlüsse

Im Bereich der geplanten Anlegedalben für den Liegeplatz der Revisionsverschlüsse wurde im Rahmen der 1. Baugrunderkundungsstufe zur Kleinen Schleuse Kiel-Holtenau [9] vom 30.05. bis 01.06.2017 eine Wasserbohrung (WBKF_714/16) von der Firma Ivers abgeteuft. Die Bohrung wurde als Rammkernbohrung mit durchgehender Gewinnung gekernter Bodenproben in fester Kernumhüllung (Kunststoffinnenrohr) mit einem Kerndurchmesser von 100 mm im Wasser von einer Hubinsel aus durchgeführt. In den bindigen Bodenschichten wurden Proben der Güteklasse 2 bis 3 und in den nichtbindigen Böden Proben der Güteklasse 3 bis 4 gemäß DIN EN ISO 22475-1 gewonnen. Zusätzlich wurde im bindigen Boden eine Sonderprobe nach DIN EN ISO 22475-1:2007 mit dem dünnwandigen Entnahmeggerät (OS-T/W-PE nach DIN EN ISO 22475-1, Tab. 4, Entnahmekategorie A) entnommen. Die zylindrische Bodenprobe wurde mittels eines Stahlzylinders mit einem Innendurchmesser von 114 mm und einer Länge von ca. 250 mm gewonnen. Die Probenqualität ist als Güteklasse 1 bis 2 zu klassifizieren.

Im Auftrag der Firma Ivers wurde durch die Firma geotechnik heiligenstadt gmbh die Drucksondierung WCPT_717/16 ebenfalls im Wasser (NOK) vom Ponton (Hubinsel) aus am 24.07.2017 ausgeführt. Um das Sondiergestänge im Wasser gegen „Ausknicken“ zu schützen, wurde ab OK Hubinsel bis zur OK Gewässersohle bei NHN -6,10 m eine Stützverrohrung mit Zentrierungen verwendet. Um die Stabilität der Stützverrohrung im Gewässer zu erhöhen, wurde die Stützverrohrung zusätzlich ca. 4 m in die Gewässersohle eingebracht. Diese Höhenkote wurde als „Höhe UK Stützverrohrung“ bezeichnet und beträgt -10 mNHN. Die Drucksondierung wurde gemäß DIN 22476-1:2013, Anwendungsklasse 2, Drucksondierspitze Typ **TE1** mit einer 15 cm² Spitze ausgeführt. Es wurden Sondiertiefe, Spitzenwiderstand, lokale Mantelreibung, Neigung, Sondier-

geschwindigkeit und Gesamtdruck kontinuierlich aufgezeichnet. Nach den Aufzeichnungen der Bohraufsicht wurden keine Steinhindernisse festgestellt. Im Gegensatz zu weiteren Drucksondierungen aus der 1. Baugrunderkundungsstufe [9] wurde die Geräteauslastung trotz der hohen Spitzendrücke nicht erreicht.

Eine Übersicht über die Lage- und Höhenkoordinaten sowie die Endteufen der Baugrundaufschlüsse ist in **Tabelle 1** angegeben. Im Lageplan auf der Anlage 1 sind die Bohr- und Sondieransatzpunkte dargestellt.

Tabelle 1: Lage- und Höhenkoordinaten der Baugrundaufschlüsse

Aufschluss	Ansatzpunkt [m NHN]	Endtiefe		Gauß-Krüger-Koordinaten	
		[m]	[m NHN]	Rechtswert Y	Hochwert X
WBKF_714/16	-6,79	23,30	-30,09	3574041.014	6026930.427
WCPT_717/16	-6,10	23,90	-30,09	3574078.293	6026922.581

3.2 Benennung der Bodenschichten

Die Benennung, Beschreibung und Klassifizierung der Böden erfolgt nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14688-2. Dabei werden nichtbindige Böden nach ihrer kornanalytischen Zusammensetzung benannt und bindige Böden nach ihren prägenden plastischen Eigenschaften beurteilt. Die Klassifizierung in Bodengruppen erfolgt nach DIN 18196. Die in festen Linern entnommenen Bodenproben wurden im geotechnischen Labor der BAW Hamburg aufgetrennt und fotografiert. Die fotografische Dokumentation der Bohrkerns und der Sonderproben kann den Anlagen 8.1 bis 8.5 entnommen werden.

Bei der zeichnerischen Darstellung der Bohrsäulen werden entsprechend DIN EN ISO 14688-1/NA die deutschen Kurzformen der DIN 4023 verwendet (G für Kies, S für Sand, usw.) sowie bei Böden mit bekannter geologischer Bezeichnung die Benennung nach DIN EN ISO 14688-1 mit aufgeführt. Ergänzend werden neben der Bohrsäule die Wassergehalte und die mit dem Taschenpenetrometer gemessenen Eindringwiderstände („undrännierte Scherfestigkeiten Penetrometer c_{UP} in kN/m^2 “) aus den Sonderproben und Kernproben dargestellt. Die mit dem Taschenpenetrometer gemessenen Eindringwiderstände in den bindigen und organischen Böden werden zur Abschätzung der Schwankungsbreite und der Tiefenabhängigkeit der undrännierten Scherfestigkeit herangezogen. Sie dürfen jedoch nicht als charakteristische Werte für die undrännierte Kohäsion übernommen und verwendet werden. Für erdstatische Berechnungen sind die undrännierten Scherfestigkeiten in Abschnitt 4.3 -Bodenkennwerte- und für die Beschreibung des Bodens nach den VOB-Normen in Anlage 9.1 angegeben. Zusätzlich werden für die laborativ untersuchten Bodenproben die Labornummern angegeben, deren Laborergebnisse der Anlage 5 zu entnehmen sind.

Neben der geotechnischen Benennung der Bodenschichten wurden vom Institut Dr. Nowak die Bodenproben aus den Kernproben bis zu einer Tiefe von 5 m unterhalb des Bohransatzpunktes gemäß LAGA M20/TR Boden (2004) im Auftrag der BfG untersucht [10]. Die Bewertung dieser Untersuchungen ist nicht Bestandteil dieses geotechnischen Berichtes und ist dem Gutachten der BfG zu entnehmen.

3.3 Geotechnische Laborversuche

An repräsentativen Bodenproben aus der Bohrung WBKF_714/16 wurde die Kornzusammensetzung durch Sieb- bzw. kombinierte Sieb- und Schlämmanalysen bestimmt. Des Weiteren wurden Zustandsgrenzen (Fließ- Ausroll- und Schrumpfgrenze) und Korndichten ermittelt.

An der bindigen Sonderprobe im Geschiebemergel aus einer Tiefe von -10,79 mNN bis -11,09 mNN wurden zusätzlich der Wassergehalt und die Eindringwiderstände mit dem Taschenpenetrometer („undrÄnierte Scherfestigkeit Penetrometer $c_{u,p}$ “) bestimmt.

Ferner wurden für dieses Teilgutachten 2 die Ergebnisse von repräsentativen Sonderproben verwendet, die im Rahmen der 1. Baugrunderkundungsstufe zur Kleinen Schleuse Kiel [9] gewonnen wurden. Für den Geschiebemergel wurden die Bodenkennwerten gemäß Abschnitt 4.2.3 aus den Triaxialversuchen (CD- und CU- Versuche nach DIN 18137-2 und DIN EN ISO 17892-9) und Kompressionsversuchen (nach DIN 18135 und DIN EN ISO 17892-5) sowie der geotechnischen BAW-Datenbank hergeleitet.

Eine Zusammenstellung der Laborversuchsergebnisse kann den Anlagen 5 bis 7 entnommen werden.

3.4 Bestimmung der Konsistenz

Die Beurteilung der Konsistenz und der prägenden plastischen Eigenschaften des bindigen Bodens erfolgte nach den manuellen bzw. visuellen Prüfmethode entsprechend DIN EN ISO 14688-1 an ungestörtem Boden. Darüber hinaus wurde die Konsistenzzahl I_c aus den Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12 bestimmt. Im Unterschied zur manuellen Prüfmethode wird bei den Versuchen zur Ermittlung der Konsistenzzahl der Boden jedoch gestört. Beide Prüfmethode führen zu einer verbalen Beschreibung der Zustandsform unter Verwendung der Begriffe *breiig*, *weich*, *steif*, *halbfest* und *fest* gemäß DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14688-2. Da die Ermittlung der Konsistenzzahl an gestörtem Boden, die Bestimmung nach den manuellen Prüfmethode jedoch an ungestörtem Boden erfolgt, ist es möglich (besonders bei sensitiven Böden - wie bei dem hier erkundeten Geschiebemergel) dass sich aus beiden Verfahren unterschiedliche Bewertungen für eine Bodenprobe ergeben (z.B. *steif* nach DIN EN ISO 14688-1 und *weich* nach DIN EN ISO 17892-12 / DIN EN ISO 14688-2). Daher besteht bei der Beurteilung nach der Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 14688-2 die Gefahr, dass die Konsistenz des Bodens nicht zutreffend eingeschätzt wird.

Bei Widersprüchen zwischen der Bewertung der Konsistenz nach den manuellen Prüfmethode und der Konsistenzzahl I_c sind die manuellen Prüfmethode nach DIN EN ISO 14688-1 maßgeblich für die Bestimmung der Konsistenz.

3.5 Bewertung der Drucksondiererergebnisse

Zur Beschreibung der natürlichen Lagerungsverhältnisse des Kornhaufwerks werden bei nichtbindigen Böden oftmals die Begriffe der Lagerungsdichte D oder der bezogenen Lagerungsdichte I_D nach DIN 18126 verwendet. Die Ermittlung dieser Parameter erfordert die Kenntnis von Porenanteil n oder Porenzahl e aus ungestörten Bodenproben und der Grenzen der Lagerungsdichte („lockerste und dichteste Lagerung“). Die Entnahme von ungestörten Proben aus größeren Tiefen ist in der Regel nicht möglich. Zusätzlich unterliegt die genormte versuchstechnische Ermittlung der vorgenannten Parameter erheblichen Streuungen. Deshalb werden die Lagerungsdichten im Allgemeinen indirekt über empirische Korrelationen abgeschätzt, zum Beispiel über den Eindringwiderstand genormter Sonden.

Selbst für gut untersuchte Bodenarten weisen die bekannten Beziehungen zwischen Sondierwiderstand und Lagerungsdichte große Streubreiten auf. Aus diesen Gründen erfolgt die Beschreibung nichtbindiger Bodenarten durch den Sondierwiderstand als kennzeichnenden Parameter für die jeweilige Bodenschicht. Zusätzlich wird in grober Näherung auf der Grundlage von EAB 2012, Anhang A.1, Tabelle 1.1 für die Lagerungsdichte der jeweiligen Bodenschicht ein verbaler Begriff angegeben (siehe **Tabelle 2**).

Tabelle 2: Bewertung der Sondiererergebnisse für nichtbindige Böden nach EAB 2012, Anhang A.1, Tabelle 1.1

Lagerung	Spitzenwiderstand der Drucksonde [MN/m^2]
Sehr locker	$q_c < 5,0$
Locker	$5,0 < q_c < 7,5$
Mitteldicht	$7,5 < q_c < 15$
Dicht	$15 < q_c < 25$
Sehr dicht	$q_c > 25$

Die Ergebnisse der Drucksondierung (WCPT_717/16) nach DIN EN ISO 22476-1 sind höhengerecht in Anlage 2 dargestellt. Die Bewertung der Drucksondiererergebnisse erfolgt im Abschnitt 4.2 und kann zusätzlich der Anlage 3 entnommen werden.

4 Baugrund

4.1 Übersicht Baugrundaufbau

Im Bereich der geplanten Anlegedalben wurden folgende Böden angetroffen:

- **Schlick**, an der Gewässersohle mit einer Schichtmächtigkeit von ca. 1,4 m in breiiger bis sehr weicher Konsistenz
- **Kalkmudde** mit einer Schichtmächtigkeit von ca. 0,8 m in sehr weicher Konsistenz
- **Geschiebemergel** mit Sandlagen mit einer Schichtmächtigkeit von ca. 3,5 m in weicher bis steifer Konsistenz
- **Pleistozäne Sande** (bis zur Endteufe der Baugrunderkundung) in dichter bis sehr dichter Lagerung

Im gesamten Baugrund – besonders im Geschiebemergel, im Übergang vom Geschiebemergel zu den pleistozänen Sanden und in den pleistozänen Sanden sind **Steine und Blöcke** vorhanden, die einzeln, in Lagen oder in Nestern auftreten können.

Schlick und Kalkmudde sind holozäne Bildungen. Der Geschiebemergel und die pleistozänen Sande sind während der jüngsten norddeutschen Vereisung, der Weichsel-Kaltzeit, abgelagert worden.

4.2 Baugrundaufbau

4.2.1 Schlick

An der Gewässersohle wurde Schlick in der WBKF_714/16 mit einer Mächtigkeit von ca. 1,4 m erkundet. Die Drucksondierung WCPT_717/16 erfasste wegen der erforderlichen Stützverrohrung die Schlickschicht nicht. Die „Schlickmächtigkeit“ wurde jedoch durch die Sondieraufsicht vor Ort festgestellt und die UK Schlickschicht mit -8,8 mNN und danach mit einer Mächtigkeit von ca. 2,7 m dokumentiert. Dabei konnte jedoch nicht zwischen Schlick und der nachfolgend beschriebenen Kalkmudde unterschieden werden.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der 1. Erkundungsstufe - Kleine Schleuse Kiel [9], den Analyseergebnissen des Ing.-büros Nowak [10], dem BAW-Gutachten zum Düker [5] und dem Gutachten zur Erneuerung der Leitwerke im Bereich der Großen (Neuen) Schleuse [4] lässt sich ableiten, dass unterhalb der Oberkante Gewässersohle des NOK die Schlickmächtigkeiten je nach Ablagerungsmilieu ca. zwischen 0,5 m und 3 m schwanken. Im Bereich der binnenseitigen Leitwerke der Großen Schleuse [4] wurden in 2003 Schlickmächtigkeiten bis 2,5 m erkundet.

Kornanalytisch handelt es sich überwiegend um einen sandigen bis stark sandigen, tonigen, mittel bis stark organischen Schluff. Nach den prägenden plastischen Eigenschaften gemäß DIN EN ISO 14688-1 ist der Schlick als mittel bis stark organischer, sandiger bis stark sandiger

„Ton“ zu klassifizieren. Die unterschiedlichen Sandanteile im Schlick sind durch die Bau- sowie Unterhaltungs- (Bagger-) maßnahmen und durch den Schiffsverkehr im Bereich der Schleusen- anlage Kiel-Holtenau zu erklären. Die relativ „hohen“ sandigen Anteile in den Körnungslinien sind auch auf z. T. noch vorhandene Muschelreste im Schlick zurück zu führen, die nach der Bestimmung der Korngrößenverteilung gemäß 17892-4 als sandige Kornfraktionen mit ausge- wiesen wurden (**Bild 3** und Anlage 4.1). Die Konsistenz ist überwiegend als breiig einzustufen. Mit dem Taschenpenetrometer sind Eindringwiderstände gegen Null kPa gemessen worden.

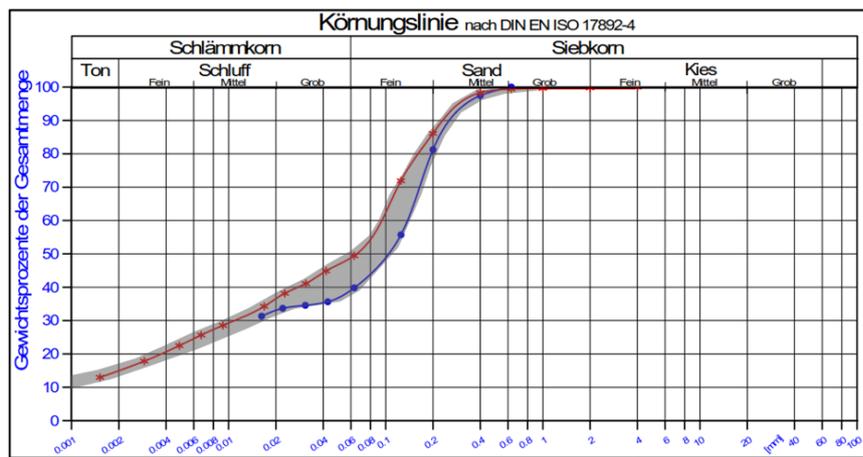


Bild 3: Körnungsband des Schlicks (WBKF_714/16)

Der Kalkgehalt wurde durch den „Aufbrausversuch“ nach DIN EN ISO 14688-1 ermittelt. Aufgrund des starken und lang anhaltenden Aufbrausens wurde ein hoher Kalkgehalt bestimmt. Der hohe Kalkgehalt ergibt sich auch durch den hohen Anteil an Muschelresten im Schlick. Nach der visuellen Bodenansprache hat der Schlick eine überwiegend schwarze Farbe. Durch den Luft- sauerstoff verändert sich die Farbe in „grün-braun-schwarz“ (**Bild 4**).





GP 1 + GP 2
0 bis 1m und 1 bis 1,6m

Bild 4: WBKF_714/16 Schlick aus Kern- und Becherproben (gestörte Probe „GP“)

4.2.2 Kalkmudde

Unterhalb der Schlickschicht wurde Kalkmudde mit einer Mächtigkeit von ca. 0,80 m erbohrt. Die Mudde ist kornanalytisch als überwiegend schwach sandiger, schluffiger, stark organischer „Ton“ anzusprechen. Nach den prägenden plastischen Eigenschaften gemäß DIN EN ISO 14688-1 ist die Kalkmudde als stark kalkhaltiger, organischer, schwach sandiger „Ton“ zu klassifizieren.

Die Konsistenz ist überwiegend als sehr weich einzustufen. Mit dem Taschenpenetrometer sind Eindringwiderstände zwischen 0 und 30 kPa gemessen worden.

Der Kalkgehalt wurde durch den „Aufbrausversuch“ nach DIN EN ISO 14688-1 ermittelt. Aufgrund des starken und lang anhaltenden Aufbrausens wurde ein hoher Kalkgehalt bestimmt. Nach der visuellen Bodenansprache hat die Kalkmudde eine graue bis grau-schwarze Farbe (**Bild 5**).



Bild 5: WBKF_714/16 Kalkmudde in der Tiefe von 1,4 bis 2 m

Die Schlickeinschlüsse in der Kalkmudde sind sowohl durch Bauprozesse als auch durch die Unterhaltungs- (Bagger-) maßnahmen und durch den Schiffsverkehr im Bereich der Schleusenanlage Kiel-Holtenau zu erklären. Ein Einfluss aus der vorab durchgeführten Kampfmitteluntersuchung hinsichtlich einer Störung (Zusammensetzung) der Bodenproben kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

In den nachfolgenden Angaben werden Schlick und Kalkmudde aufgrund der ähnlichen Baugrundeigenschaften zu einer Bodenschicht zusammengefasst und als organische Weichschicht bezeichnet.

4.2.3 Geschiebemergel

Unterhalb der organischen Weichschicht wurde Geschiebemergel mit einer Mächtigkeit von ca. 3,8 m erkundet. Die Unterkante des Geschiebemergels liegt bei etwa -12,5 mNHN (siehe Anlage 3).

Bei der Bodenansprache nach DIN EN ISO 14688-1 wurde der Geschiebemergel nach den prägenden Eigenschaften als stark sandiger, schwach kiesiger Ton eingestuft. Kornanalytisch handelt es sich sowohl um einen stark schluffigen, tonigen, schwach kiesigen Sand als auch um einen stark sandigen, tonigen, schwach kiesigen Schluff (**Bild 6**, Anlage 4.2).

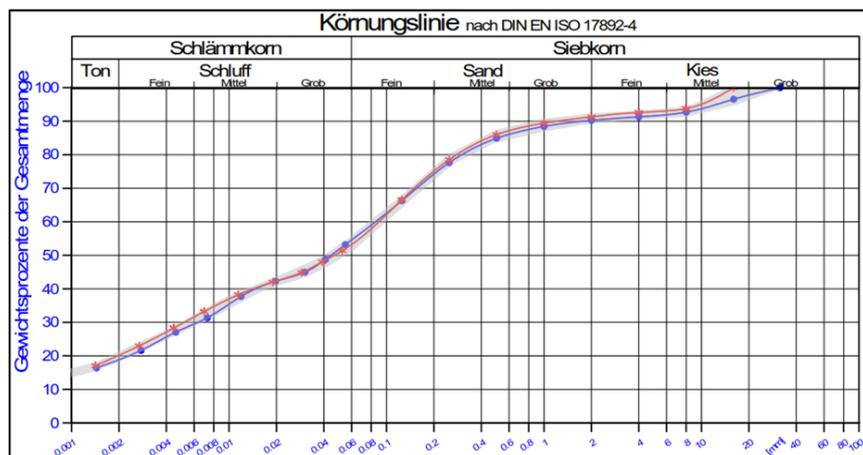


Bild 6: Körnungsband des Geschiebemergels (WBKF_714/16)

Im Geschiebemergel muss mit Kieseinlagerungen und Steinen bis zu Blockgröße gerechnet werden. Diese können einzeln, in Lagen und Nestern auftreten. Nach den Aufzeichnungen der Bohraufsicht wurde kein Steinhindernis festgestellt.

Bild 7 zeigt die Geschiebemergel - Kernproben aus der Tiefe von 2 m bis 5,3 m unterhalb OK Bohransatzpunkt und die Sonderprobe UP 1 aus der Bohrung WBKF_714/16.



Bild 7: Kern- und Sonderproben des Geschiebemergels (WBKF_714/16)

Nach der visuellen Bodenansprache hat der Geschiebemergel eine überwiegend graue bis dunkelgraue Farbe.

Im Geschiebemergel wurden Sandlinsen und -lagen in unterschiedlicher Schichtmächtigkeit, Kalkstücke bis zu einer Größe im Zentimeterbereich, Kohleresteinlagerungen („Kohlereibsel“) und Bryozoen angetroffen. Bis zu einer Tiefe von ca. 4 m unter Ansatzpunkt (NHN -10,79 m) ist der Geschiebemergel in seinen Eigenschaften gestört.

Der Kalkgehalt wurde durch den Aufbrausversuch gemäß DIN EN ISO 14688-1 bestimmt. Danach ist der Geschiebemergel wegen des starken und langandauernden Aufbrausens als stark kalkhaltig zu klassifizieren. Unter Berücksichtigung der Laborergebnisse von Bodenproben aus der Baugrunderkundungsstufe 1 [9] sind Glühverluste von maximal 2,3 %, minimal 1,5 % und überwiegend weniger als 2 % ermittelt worden. Der mit der Bohrung WBKF_714/16 erkundete Geschiebemergel ist als nicht organisch nach DIN 14688-2 einzustufen.

Der natürliche Wassergehalt wurde zwischen 11,9 % und 14 %, im Mittel mit 13 % bestimmt. Die Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1 und -2 sind der Anlage 5 und der nachfolgenden **Tabelle 3** zu entnehmen.

Tabelle 3: Zustandsgrenzen des Geschiebemergels (WBKF_714/16)

Wassergehalt [%]	Minimum	Mittelwert	Maximum
... an der Fließgrenze w_L	23,7	23,7	23,7
... an der Ausrollgrenze w_P	10,8	10,8	10,9

Anhand der vorgenannten Wassergehalte ist der Geschiebemergel als leicht plastisch einzustufen. Bei der Bodenansprache wurde im Knetversuch ebenfalls eine überwiegend geringe Plastizität festgestellt. Nach DIN 18196 ist der Geschiebemergel überwiegend als leicht plastischer Ton - TL - untergeordnet als Sand-Ton -Gemisch - ST* - zu klassifizieren. Somit können bereits geringe Wassergehaltsschwankungen erhebliche Veränderungen der Zustandsform (Konsistenz) bewirken. Der Trockenfestigkeitsversuch nach DIN EN ISO 14688-1 ergab eine überwiegend mittlere Trockenfestigkeit. Bei Nassbaggerarbeiten ist eine Entmischung in Kornfraktionen nicht auszuschließen.

Bei der manuellen Bodenansprache der Kern- und Sonderproben hatte der Geschiebemergel eine weiche bis steife Konsistenz. Mit Hilfe des Taschenpenetrometers wurden Eindringwiderstände zwischen $c_{UP} = 25$ kPa und $c_{UP} = 100$ kPa gemessen. An der Sonderprobe UP 1 wurde bei einem Wassergehalt von $w = 13$ % mit Hilfe des Taschenpenetrometers ein Eindringwiderstand von $c_{UP} = 58$ kPa ermittelt. Nach DIN EN ISO 14688-2 hat der Geschiebemergel somit eine geringe bis hohe überwiegend mittlere undrainede Scherfestigkeit. Die Sondierwiderstände der Drucksonde liegen unterhalb der Stützverrohrung im Bereich zwischen $q_c = 2$ MPa und 5 MPa.

Die Bestimmung der effektiven Scherparameter erfolgt über die Auswertung von 16 Triaxialversuchen, die an Sonderproben von der Umschlagstelle Kiel-Wik [2] und aus der 1. Erkundungsstufe zur Kleinen Schleuse Kiel Holtenau [9] sowie für den Neubau des Dükers Kiel [5] durchgeführt wurden. Die Versuche wurden als konsolidiert dränierte Versuche (CD-Versuch) bzw. als konsolidiert undrainede Versuche (CU-Versuch) ausgeführt. Die Auswertung der Teilversuche aller vorgenannten Proben erfolgte mit dem erweiterten Scherdiagramm gemäß **Bild 8**. Danach ergibt sich für die effektive Scherfestigkeit ein Reibungswinkel von $\varphi' = 35,6^\circ$ und eine Kohäsion von $c' = 9,9$ kN/m². Die Ergebnisse der einzelnen Triaxialversuche sind den Anlagen 6.1.1 bis 6.1.3 zu entnehmen.

Im Abschnitt 4.3 „Empfohlene Bodenkennwerte“ werden charakteristische Scherparameter empfohlen, die die Ergebnisse der BAW Datenbank sowie das Spannungs- Dehnungs- Verhalten der Einzelversuchsergebnisse (Anlage 6.1.3) mit berücksichtigen.

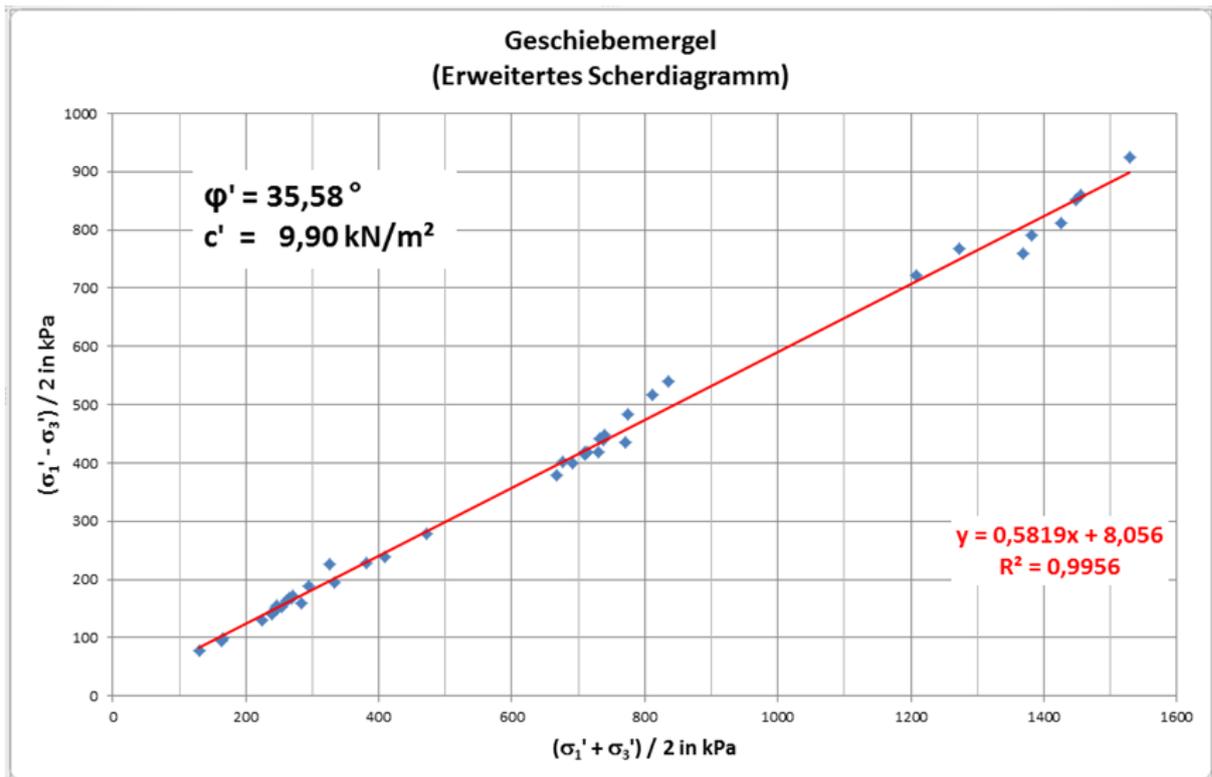


Bild 8: Erweitertes Scherdiagramm der Triaxialversuche vom Geschiebemergel

Im Zuge der Triaxialversuche wurden Feuchtwichten zwischen $\gamma_{\min} = 21,8 \text{ kN/m}^3$ und $\gamma_{\max} = 22,8 \text{ kN/m}^3$ ($\gamma_{\text{mittel}} = 22,1 \text{ kN/m}^3$) ermittelt. Die Wichten unter Auftrieb schwanken zwischen $\gamma'_{\min} = 11,8 \text{ kN/m}^3$ und $\gamma'_{\max} = 12,8 \text{ kN/m}^3$ ($\gamma'_{\text{mittel}} = 12,1 \text{ kN/m}^3$).

Zur Bestimmung des Steifemoduls wurden eindimensionale Kompressionsversuche an 17 Sonderproben aus dem Geschiebemergel durchgeführt, die im Rahmen der 1. Erkundungsstufe zur Kleinen Schleuse Kiel [9] und für den Neubau des Dükers Kiel [5] gewonnen wurden. Im **Bild 9** ist der Steifemodul in Abhängigkeit von der mittleren Bodenspannung für die Wiederbelastung dargestellt. Aufgrund der geologischen Entstehungsgeschichte ist von einer mächtigen pleistozänen Eisüberdeckung des Untersuchungsgebietes auszugehen. Mit Überdeckungshöhen von 500 m bis 1000 m ist der Geschiebemergel überkonsolidiert und geologisch vorbelastet. Der Wiederbelastungsmodul $E_{s,r}$ ist maßgebend. Für die gestörte Geschiebemergelschicht von ca. 2 bis 4 m unter OK Ansatzpunkt wird ein Steifemodul von 15 MN/m^2 empfohlen.

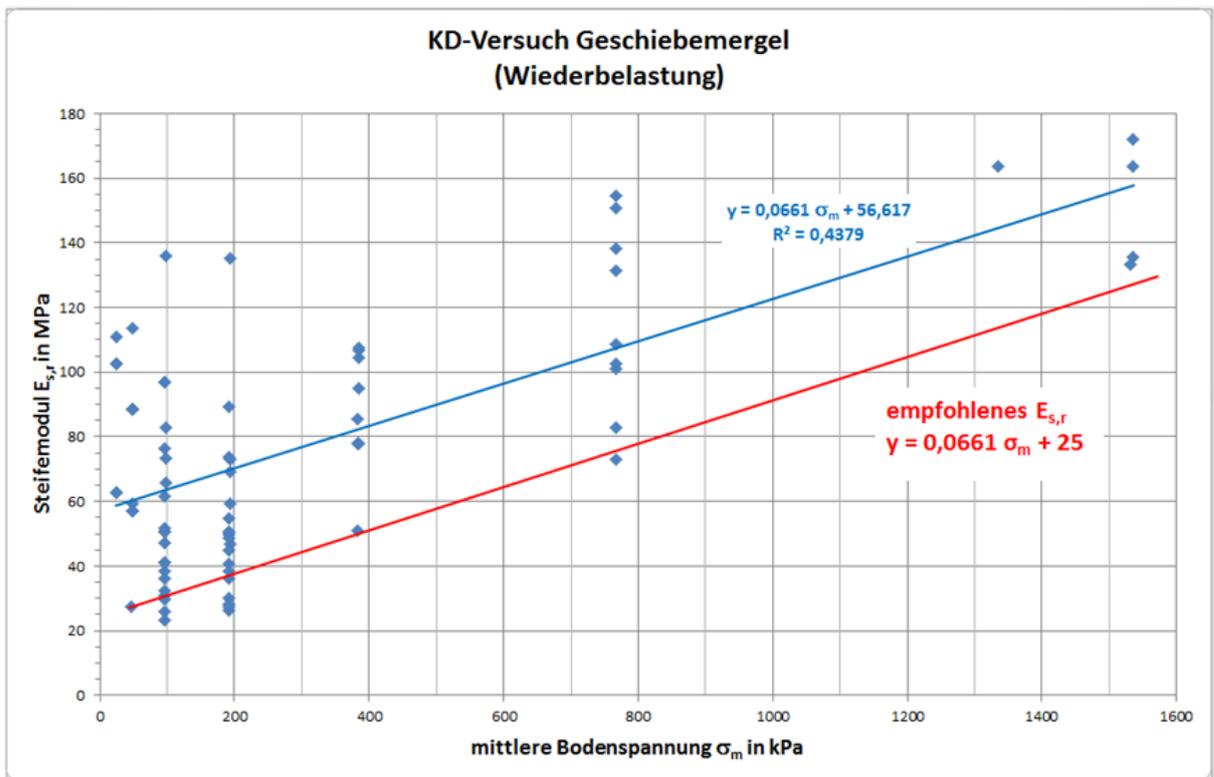


Bild 9: Spannungsabhängiger Steifemodul vom Geschiebemergel (Wiederbelastung)

Die Ergebnisse der Einzelversuche sind in den Anlagen 7.1.1 bis 7.1.3 dargestellt.

4.2.4 Pleistozäne Sande

Unterhalb des Geschiebemergels folgen bis zur Endteufe der Erkundungen in einer Tiefe von ca. 23 m unter Ansatzpunkt OK Gewässersohle bzw. ca. -30 mNHN pleistozäne Sande.

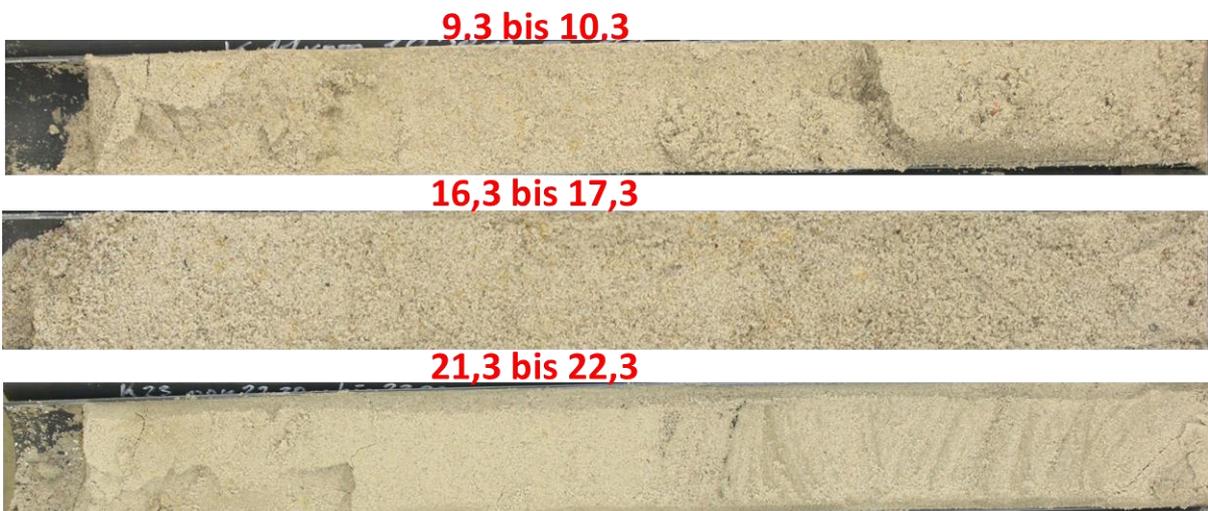


Bild 10: Pleistozäne Sande (WBKF_714/16)

Nach der manuellen Ansprache gemäß DIN EN ISO 14688-1 und nach den Ergebnissen der Korngrößenanalyse nach DIN EN ISO 17892-4 sind die pleistozänen Sande überwiegend Mittelsande mit unterschiedlichen Anteilen an Fein- und Grobsand sowie Kieskorn (siehe **Bild 10** und **Bild 11** sowie Anlage 4.3). Teilweise sind einzelne Kohlereste („Kohlereibsel“) eingelagert. Mit Glühverlusten $V_{gl} < 2\%$ sind die pleistozänen Sande *nicht organisch*.

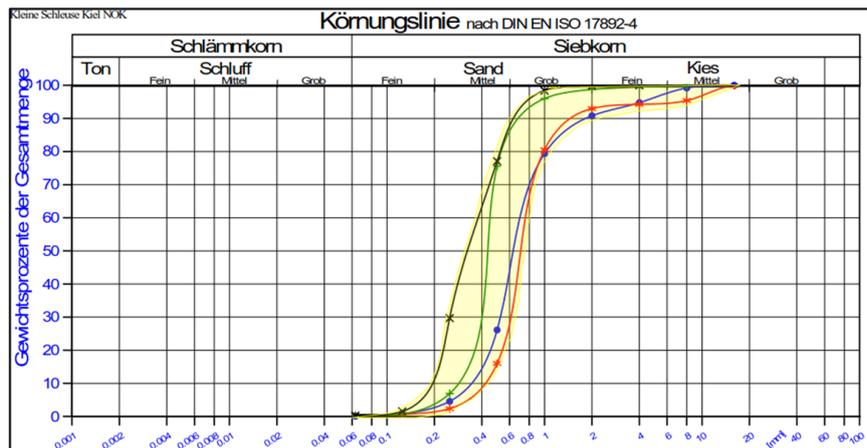


Bild 11: Körnungsband pleistozäne Sande (WBKF_714/16)

Mit Ungleichförmigkeitswerten C_U zwischen 1,5 und 2 (im Mittel $C_U = 1,8$) und Krümmungszahlen C_C zwischen 0,8 und 1,2 (im Mittel: $C_C = 1,1$) sind die pleistozänen Sande nach DIN 18196 überwiegend *eng gestuft -SE-*.

Die nach BEYER (1964) aus der Körnungslinie ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte k schwanken zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ m/s und $8 \cdot 10^{-4}$ m/s (im Mittel: $k = 4 \cdot 10^{-4}$ m/s). Danach sind die pleistozänen Sande nach DIN 18130-1 überwiegend *stark durchlässig*.

Durch ein starkes und lang anhaltendes Aufbrausen wurde mit dem Aufbrausversuch nach DIN EN ISO14688-1 ein hoher Kalkgehalt bestimmt, so dass die pleistozänen Sande als *stark kalkhaltig* zu klassifizieren sind. In [5] wurden zusätzlich die Kalkgehalte V_{Ca} nach DIN 18129 zwischen $V_{Ca} = 0,8\%$ und $3,1\%$ (im Mittel: $V_{Ca} = 1,7\%$) bestimmt.

Nach der visuellen Bodenansprache haben die pleistozänen Sande eine überwiegend hellgraue Farbe.

In den pleistozänen Sanden ist nach den Ergebnissen der 1. Baugrunderkundungsstufe [9] mit Steinhindernissen zu rechnen. Auch nach der geologischen Entstehungsgeschichte sind Kieseinlagerungen, Steine und Blöcke zu erwarten, die einzeln, lagenweise oder in Nestern auftreten können. In der Bohrung WBKF_714/16 und WCPT_717/16 wurden keine Steine erkundet.

Mit Spitzenwiderständen q_c der Drucksondierung WCPT_717/16 zwischen $q_c = 15$ MPa und größer 50 MPa (überwiegend $q_c > 30$ MPa) haben die pleistozänen Sande nach **Tabelle 2** eine dichte bis überwiegend sehr dichte Lagerung.

In Anlage 5 sind die Ergebnisse der Laborversuche von der Bohrung WBKF_714/16 tabellarisch zusammengestellt.

4.3 Empfohlene Bodenkennwerte

Nach der Bodenansprache, den geotechnischen Laborversuchen an den Kern- und Sonderproben, der Auswertung der Drucksondierungen sowie aufgrund von Erfahrungswerten für einen ähnlichen Baugrundaufbau werden nachfolgend Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen empfohlen. Daneben erfolgt eine Klassifizierung der Bodenarten gemäß DIN 18196.

Schlick und Kalkmudde

Wegen der breiigen Konsistenz, der geringen Mächtigkeit und wegen der geplanten Vertiefung der Gewässersohle bleibt der Schlick als Bodenschicht erdstatisch unberücksichtigt. Angaben zum Homogenbereich „Schlick und Kalkmudde“ (organische Weichschicht) sind der Anlage 9 zu entnehmen.

Geschiebemergel

Wichte des feuchten Bodens	γ	= 22	kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	= 12	kN/m ³
Steifemodul aus der Wiederbelastung („gestörter“ Geschiebemergel s. S.13)	$E_{s,r}$	s. Bild 9 = 15	MN/m ²
Anfangsscherfestigkeit:			
Totaler Reibungswinkel des undränierten Bodens	$\varphi_{u,k}$	= 0	°
Kohäsion des undränierten Bodens	$c_{u,k}$	= 50	kPa
Endscherfestigkeit:			
Effektiver Reibungswinkel	φ'_k	= 35	°
Effektive Kohäsion	c'_k	= 5	kPa
Durchlässigkeitsbeiwert	k	=	10^{-7} m/s

Pleistozäne Sande

Wichte des feuchten Bodens	γ	= 19	kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	= 11	kN/m ³
Steifemodul	E_s	= 100	MPa
Effektiver Reibungswinkel	φ'_k	= 38	°
Effektive Kohäsion	c'_k	= 0	kPa
Durchlässigkeitsbeiwert	k	=	im Mittel: $4 \cdot 10^{-4}$ m/s

5 Grundwasser

5.1 Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse

Die Planungen sehen den Bau von 4 Dalben vor, die an das bestehende nördliche Binnenleitwerk der Großen Schleuse angeschlossen werden und in die pleistozänen Sande einbinden. Änderungen der Grundwasserverhältnisse sind aufgrund der Baumaßnahme nicht zu erwarten.

5.2 Wasserstände

Gemäß Machbarkeitsstudie von 2015 [11] und unter Berücksichtigung der Sensitivitätsbetrachtung von 2018 [12] sind folgende Wasserstände bezogen auf NHN zu berücksichtigen:

Tabelle 4: Wasserstände für den Istzeitraum und gemäß Prognose für den Zeitraum 2100

	T (2018)	T (2100) Prognose
<u>Nord-Ostsee-Kanal:</u>		
HKW: Höchster Kanalwasserstand	+0,50 m	+0,50 m
NKW: Niedrigster Kanalwasserstand	-0,20 m	-0,20 m
<u>Kieler Förde / Ostsee:</u>		
MW: Mittlerer Wasserstand	+0,04 m	+1,78 m
BHW: Bemessungswasserstand	+3,47 m	+4,60 m
<u>Betriebswasserstände Schleuse:</u>		
BWo: Oberer Betriebswasserstand	+1,70 m	+3,48 m
BWu: Unterer Betriebswasserstand	-1,40 m	+0,08 m

5.3 Beton- und Stahlaggressivität

5.3.1 Grundwasserexponierte Bauteile

Für Bauteile in grundwasserleitenden Schichten ist die Beschaffenheit des NOK-Wassers maßgebend. Die Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit hinsichtlich der Beton- und Stahlaggressivität erfolgt für die angetroffenen Schichten höhendifferenziert.

Für die anstehende Geschiebemergelschicht ist - selbst unter der Annahme, dass betonangreifende Wasserinhaltsstoffe vorhanden sind - davon auszugehen, dass aufgrund der geringen hydraulischen Durchlässigkeit dieser Schicht ($k_f < 10^{-7}$ m/s) Reaktionspartner für den Korrosi-

onsprozess nicht nachgeliefert werden können (DIN 4030-1:2008). Daher kann gemäß DIN 4030-1:2008 für diese Schicht von einer Expositionsklasse < XA1 ausgegangen werden.

Die Einstufung der Beton- und Stahlaggressivität der tieferliegenden pleistozänen Sande erfolgt anhand von Analysewerten einer Grundwasserprobe, die an einer in der Nähe des Startschachtes des Dükers errichteten Grundwassermessstelle entnommen wurde [13]. Die Filterstrecke der Grundwassermessstelle befindet sich in den pleistozänen Sanden in einer Tiefenlage von NHN -31 m bis NHN -27 m. Aufgrund der örtlichen Nähe zu den Anlegedalben sind die Analyseergebnisse übertragbar.

Die Analysewerte der Grundwasserprobe ergeben folgende Einstufungen:

- nach DIN 4030-1:2008 ist das Grundwasser der pleistozänen Sande aufgrund der Sulfatkonzentrationen von 950 mg/l als mäßig betonangreifend einzustufen (Expositionsklasse XA2).
- nach DIN 50 929-Teil 3 ergibt sich für das Grundwasser hinsichtlich der Mulden- und Lochkorrosion für den Unterwasserbereich eine mittlere Stahlaggressivität und für die Wasser/Luftgrenze eine hohe Stahlaggressivität. Für die Flächenkorrosion lässt sich für den Unterwasserbereich eine geringe Stahlaggressivität und für die Wasser/Luftgrenze eine mittlere Stahlaggressivität feststellen.
- das Grundwasser in der Filterlage weist eine Chlorid-Konzentration von 7.000 mg/l auf.

5.3.2 Kanalwasserexponierte Bauteile

Die Analysewerte einer NOK-Probe ergeben folgende Einstufungen [13]:

- nach DIN 4030-1:2008 ist das Wasser des NOKs als betonangreifend einzustufen (Expositionsklasse XA2).
- nach DIN 50 929-Teil 3 ergibt sich für das NOK-Wasser hinsichtlich der Mulden- und Lochkorrosion sowohl für den Unterwasserbereich als auch für die Wasser/Luftgrenze eine hohe Stahlaggressivität und für die Flächenkorrosion sowohl für den Unterwasserbereich als auch für die Wasser/Luftgrenze eine mittlere Stahlaggressivität.
- Zudem weist das Kanalwasser eine Chlorid-Konzentration von 10.000 mg/l auf.

6 Empfehlungen

6.1 Bemessungsprofil

In Anlage 3 ist auf der Grundlage der Bohrung und Sondierung ein bauwerksrelevanter Baugrundlängsschnitt angegeben, der maßgebend für die erdstatischen Berechnungen ist.

Bei der Festlegung der Schichtgrenzen mussten Vereinfachungen getroffen werden, die jedoch im Hinblick auf die erdstatischen Berechnungen – nicht aber im Hinblick auf Fragen der Bauausführung – auf der sicheren Seite liegen. Dies kann dazu führen, dass örtlich größere Festigkeiten

auftreten, als es die Beschreibung der Bodenarten in Abschn. 4.2 erwarten lässt. Weitere Angaben dazu sind dem Abschnitt 9 – Homogenbereiche – und der Anlage 9 zu entnehmen.

6.2 Dalben

6.2.1 Hinweise zur Einbringung der Dalben

Es wird empfohlen, die geplanten Dalben in den tragfähigen pleistozänen Sanden abzusetzen. Nach den der BAW bekannten Planungen sollen Stahlrohrdalben mit einem Durchmesser von ca. 0,5 m zur Ausführung kommen.

Als Einbringverfahren wird das Rammen (Schlagen) empfohlen. Unter Berücksichtigung des MEH (2017) werden die Rammarbeiten in den nichtbindigen Böden überwiegend als schwer bis sehr schwer und im Geschiebemergel als mittelschwer eingeschätzt (siehe **Tabelle 5**). Nach der EAU (2012) ist im Geschiebemergel eine mittelschwere Rammung und in den pleistozänen Sanden eine schwere bis schwerste Rammung zu erwarten.

Vibrieren bzw. Rütteln als Einbringverfahren ist nicht zu empfehlen. In dem Geschiebemergel mit weicher bis steifer Konsistenz ist davon auszugehen, dass aufgrund der leichtplastischen Eigenschaften eine Festigkeitsverringering erfolgen und sich ein Schmierfilm zwischen Dalben und bindigen Boden ausbilden kann. Nach dem MEH (2017) werden Rüttelarbeiten in bindigen Böden bei einem Spitzenwiderstand der Drucksonde mit $q_c > 0,75$ MPa als nicht geeignet beurteilt. Rüttelarbeiten in nichtbindigen Böden werden nach dem MEH (2017) bei einem Spitzenwiderstand der Drucksonde mit $q_c > 25$ MPa (ohne Einbringhilfen) als nicht geeignet eingeschätzt.

Pressen als Einbringverfahren wird ebenfalls nicht empfohlen. Unter Berücksichtigung des BAW Merkblatts MEH (2017) ist in den anstehenden nichtbindigen Böden Pressen ohne Einbringhilfen nicht geeignet.

Zum Erreichen der geplanten Endtiefen der Dalben kann aufgrund der überwiegend großen bis sehr großen Festigkeiten der pleistozänen Sande eine Spülhilfe zielführend sein, die jedoch nur im Rohrinneinneren erfolgen darf. Die Spüllanzen müssen dabei mindestens 1 m oberhalb der Unterkante des Rohrdalbens enden. Außen liegende Spülhilfen sind wegen der erheblichen Verringerung der Mantelreibung und der seitlichen Bettung nicht zugelassen.

In den Kernproben wurden keine maßgeblichen Anteile an Steinen angetroffen. Bei der Planung und Ausführung ist aufgrund der geologischen Entstehungsgeschichte zu berücksichtigen, dass im Geschiebemergel und den pleistozänen Sanden mit eingelagerten **Kiesen** und **Steinen bis zu Blockgröße** gerechnet werden muss, die einzeln sowie in Lagen und Nestern auftreten können.

Im Bereich der Gewässersohle sind aufgrund anthropogener Einflüsse Hindernisse gänzlich nicht auszuschließen. Eine Hindernisbeseitigung ist vorsorglich einzuplanen.

Tabelle 5: Rammbarkeit der Böden

Bodenart	Rammbarkeit
Organische Weichschicht	leicht
Geschiebemergel	mittelschwer
pleistozäne Sande	schwer bis sehr schwer

6.2.2 Bemessung der Dalben

Vor der statischen Bemessung sollte die Funktionsweise der Dalben zwischen „Anlege- und Vertäudalben“ festgelegt werden. Die Bemessung kann dann entsprechend der Empfehlungen der EAU 2012, E 218 erfolgen.

Gemäß EAU 2012 E218 sind abhängig von der Funktion der Dalben sowohl das klassische Verfahren nach BLUM als auch das p-y-Verfahren für die erkundeten Baugrundverhältnisse anwendbar. Nach den Planungen ist eine Vertiefung der Gewässersohle vorgesehen, so dass die organischen Böden (Schlick und Mudde) entfernt werden. Ein Einfluss aus negativer Mantelreibung infolge einer Belastung auf die organische Weichschicht ist daher nicht zu erwarten.

Nach EAU 2012 liefern beide vorgenannte Verfahren in nichtbindigen Böden und bindigen Böden mit einer undränierten Scherfestigkeit bis $c_u < 96 \text{ kN/m}^2$ vergleichbare Ergebnisse. An der Dalbenliegestelle entsprechen die angetroffenen Baugrundverhältnisse diesen Voraussetzungen. Aufgrund einer weicheren Modellierung der Bodensteifigkeiten werden beim p-y-Verfahren größere Verformungen als mit dem Verfahren nach Blum berechnet. Bei Anlegedalben ergeben sich daraus geringere Kräfte und in der Regel wirtschaftlichere Konstruktionen. Weitere Einzelheiten zur Bemessung können der EAU 2012 E 218 entnommen werden.

6.2.3 Baggerarbeiten

Nach den Planungen ist die Vertiefung der vorhandenen Gewässersohle auf -9 m NHN vorgesehen. Angaben zu den bodenmechanischen Eigenschaften der zu baggernden Böden sind in Anlage 9 „Homogenbereiche“ enthalten. Nach den Erkundungsergebnissen werden Schlick, Geschiebemergel und Sande als Aushub anfallen. Die organischen und bindigen Böden sind für eine landseitige Verwendung, z. B. als Verfüllungsmaterial nicht zu empfehlen. Eine Entmischung einzelner Kornfraktionen sowie eine Trübung des Wassers sind abhängig vom verwendeten Baggerverfahren nicht auszuschließen. Hinsichtlich der LAGA Bewertung der zu baggernden Böden wird auf das Gutachten der BfG verwiesen [10].

7 Kolksicherung

Die Notwendigkeit einer Kolksicherung ist zu prüfen.

8 Korrosion an Dalben

Die Wässer im Bereich der geplanten Anlegedalben sind der Brackwasserzone zu zuordnen.

Für eine Abschätzung der Korrosion werden neben den Angaben aus der EAU 2012, Abs. 8.1.8 auch Ergebnisse von Wanddickenmessungen der BAW am Fähranleger Landwehr, NOK-km 86,75 [7] und Schleuse Strohhbrück, NOK-km 85,7 [8] verwendet. Im Ergebnis der BAW-Messungen kann für Standsicherheitsuntersuchungen eine mittlere Abrostungsrate von maximal 0,1 mm/Jahr abgeleitet werden. Für die Berücksichtigung der Gebrauchstauglichkeit (Abrostungen in der Hauptkorrosionszone-Spritzwasserzone) wäre eine maximale Abrostungsrate von 0,2 mm/Jahr zugrunde zu legen.

Gemäß EAU 2012, Abs. 8.1.8 können die Mittelwerte nach Bild E 35-4a für die weiteren Planungen angewendet werden. Im Vergleich zu den vorgenannten BAW-Messungen sind die Abrostungen kleiner als die gemessenen. Auf der sicheren Seite liegend wird empfohlen, die o. g. Angaben aus den BAW-Messungen für die weiteren Planungen zu berücksichtigen.

Für frei im Wasser stehende Stahldalben ist eine beidseitige Abrostung zu berücksichtigen sofern der Rohrquerschnitt nicht verfüllt ist. Als Korrosionsschutz für die Dalbeninnenseiten bietet sich die Verfüllung mit Sand an. Zur Erhöhung der Steifigkeit der Dalben kann auch eine bereichsweise Verfüllung mit Beton sinnvoll sein. Der Beton wäre dann im Kontraktorverfahren einzubringen.

Zur Erhöhung der Nutzungsdauer können die Stahldalben oberhalb der Gewässersohle mit Schutzanstrichen nach DIN EN ISO 12944 versehen werden. Fragen zum Korrosionsschutz sollten mit dem Referat B2 der BAW erörtert werden. Auch konstruktive Maßnahmen, wie z. B. „Reibehölzer“ oder „feststehende Fender“ sind zu prüfen.

Weitere Angaben sind der EAU 2012, E35, zu entnehmen.

9 Homogenbereiche

Mit Einführung der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) der VOB Teil C (09/2016) für Erdbau-, Tiefbau- und Spezialtiefbauarbeiten ist der Baugrund in der Baubeschreibung in Homogenbereiche einzuteilen.

Aus geotechnischer Sicht erfolgt dies nach den Grundsätzen des Merkblatts Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche (MEH) der BAW (2017) für die Gewerke:

- DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
- DIN 18311 Nassbaggerarbeiten.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe wurden hierbei nicht berücksichtigt. Angaben dazu sind dem Gutachten der BfG [10] zu entnehmen.

Die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche berücksichtigt den zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung bekannten Planungsstand. Die dargestellten Homogenbereiche sind vom Planer auf die Anwendbarkeit unter den projektspezifischen Randbedingungen und bei Planänderungen zu überprüfen. Die Einteilung in Homogenbereiche erfolgt für die ermittelten Baugrundsichten. Für diese sind in Anlage 9.1 die nach den VOB/C erforderlichen Kennwerte angegeben. Die Zusammenfassung der Schichten zu Homogenbereichen ist in Anlage 9.2 dargestellt. Die Bandbreiten der Kennwerte eines Homogenbereichs sind aus der Vereinigungsmenge der Bandbreiten der zusammengefassten Schichten zu ermitteln.

Ergänzend zu der in den VOB/C-Normen geforderten Angabe der Lagerungsdichte wird die Bandbreite der Sondierwiderstände angegeben, da mit den Sondierwiderständen der Boden zuverlässiger eingeschätzt werden kann als mit den über Korrelationen ermittelten Lagerungsdichten.

Für die Überprüfung der Abrasivität von Boden wird in den VOB/C-Normen der LCPC-Test nach der französischen Norm NF P18-579 gefordert. Die darin in Abschnitt 4.4 beschriebene Probenaufbereitung entspricht aufgrund der Untersuchung der Kornfraktion unter 4 mm nicht den Vorgaben des LCPC-Tests nach NF P18-579 und führt zu anderen Ergebnissen. Dies ist bei der Bewertung vergleichender Untersuchungen zu berücksichtigen.

In den meisten VOB/C-Normen wird für die Überprüfung der Konsistenz bindiger Böden die Konsistenzzahl I_c gefordert. Diese ist in den Anlagen 9 angegeben. Sie wird im Labor nach DIN EN ISO 17892-12 aus den Wassergehalten an der Fließ- und Ausrollgrenze w_L und w_P ermittelt, wobei der Boden gestört wird. Für die Beschreibung des Bodens ist nach VOB/C jedoch der ungestörte Zustand vor dem Lösen maßgeblich. Die Konsistenz des ungestörten bindigen Bodens wurde daher zusätzlich manuell nach DIN EN ISO 14688-1 bestimmt und in den Anlagen 9 angegeben.

Die Abschätzung der räumlichen Verteilung der Homogenbereiche kann auf Grundlage der schichtbezogenen Darstellung (Baugrundlängsschnitt) in der Anlage 3 erfolgen.

10 Schlussbemerkungen

Die Aussagen des vorliegenden Geotechnischen Berichts behandeln die geotechnischen Fragestellungen entsprechend dem gegenwärtig der BAW-HH bekannten Planungsstand.

Für Rückfragen stehen wir zur Verfügung.

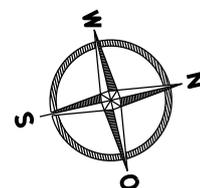
Bundesanstalt für Wasserbau
Hamburg, Februar 2019

Im Auftrag

Bearbeiter

(Dr.-Ing. Pohl)

(Dipl.-Ing. Liebetruh)



Legende:

● WBKF

Bohrung mit durchgehender Gewinnung gekerter Bodenproben nach DIN EN ISO 22475-1:2007 im Wasser, von 2017

■ WCPT

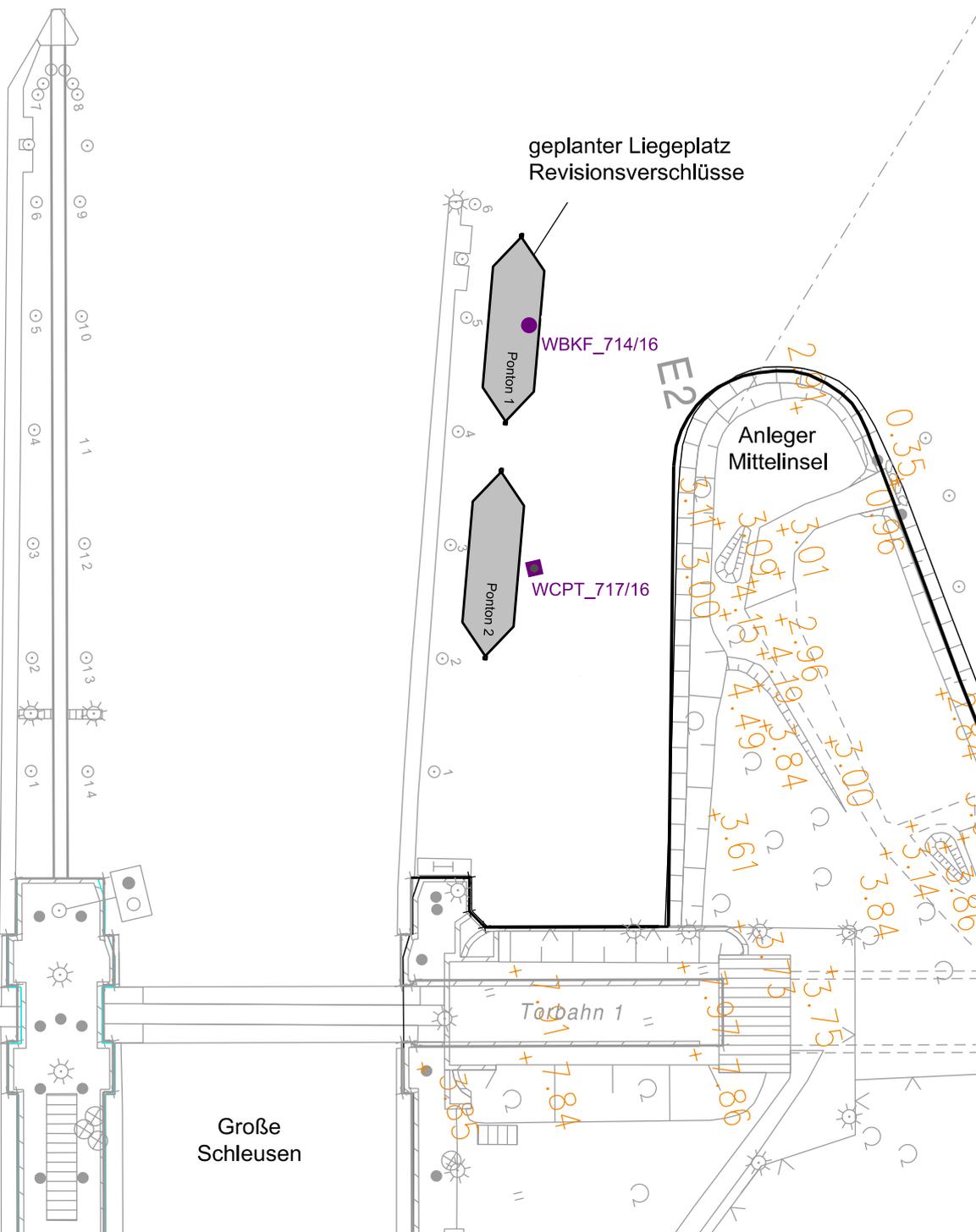
Drucksondierung nach DIN EN ISO 22475-1:2013 im Wasser, von 2017

Nord-Ostsee-Kanal

9

7

8



Geändert	Datum	Bearbeiter	Liebethuth	Datum
Alexy	20.09.18	Geprüft	Liebethuth	20.09.18
		Gezeichnet	Alexy	15.08.18
		Datei	B3952.05.20.10387-AA-202.dgn	

Kleine Schleuse Kiel-Holtenau Anlegedalben Revisionsverschlüsse Lageplan

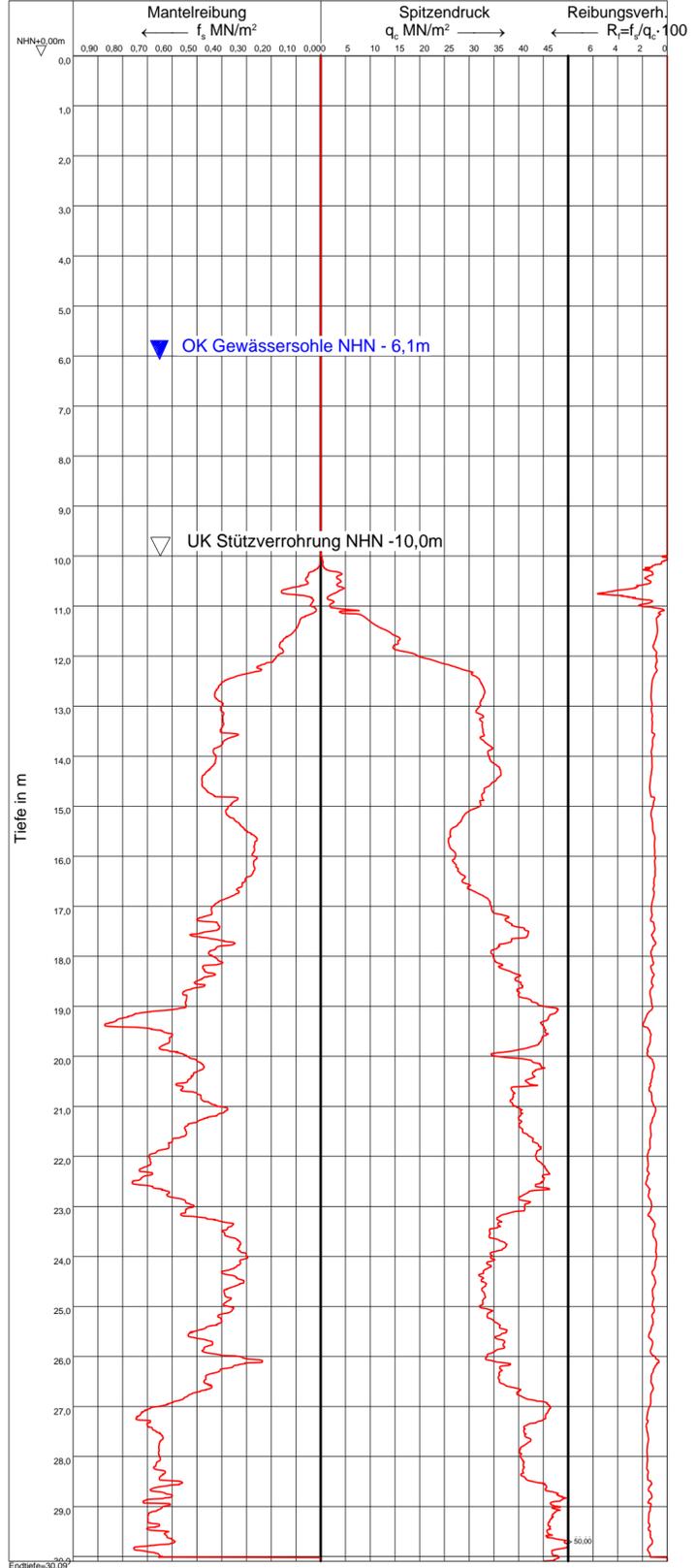
Maßstab
1:1000



Auftrags-Nr.
B3952.05.20.10387

Anlagen-Nr.
1

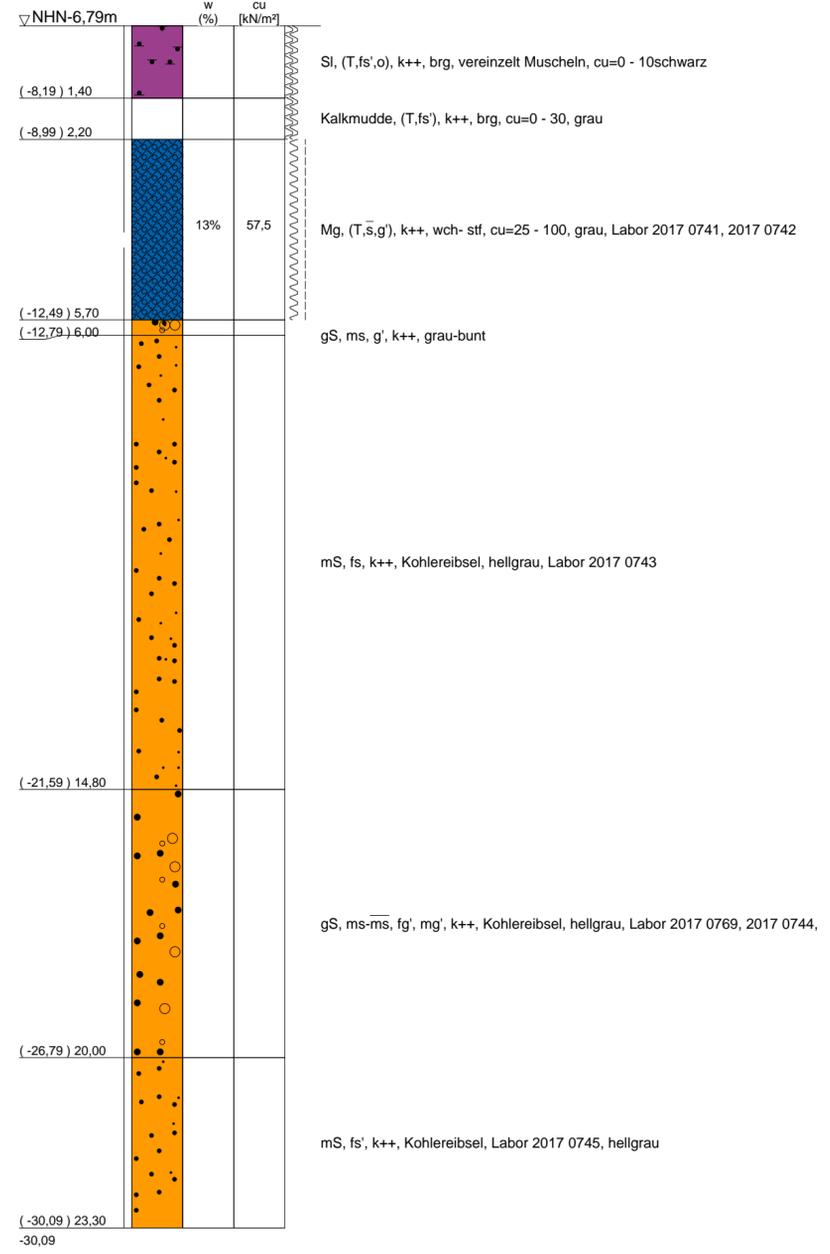
WCPT_717/16
24.07.2017



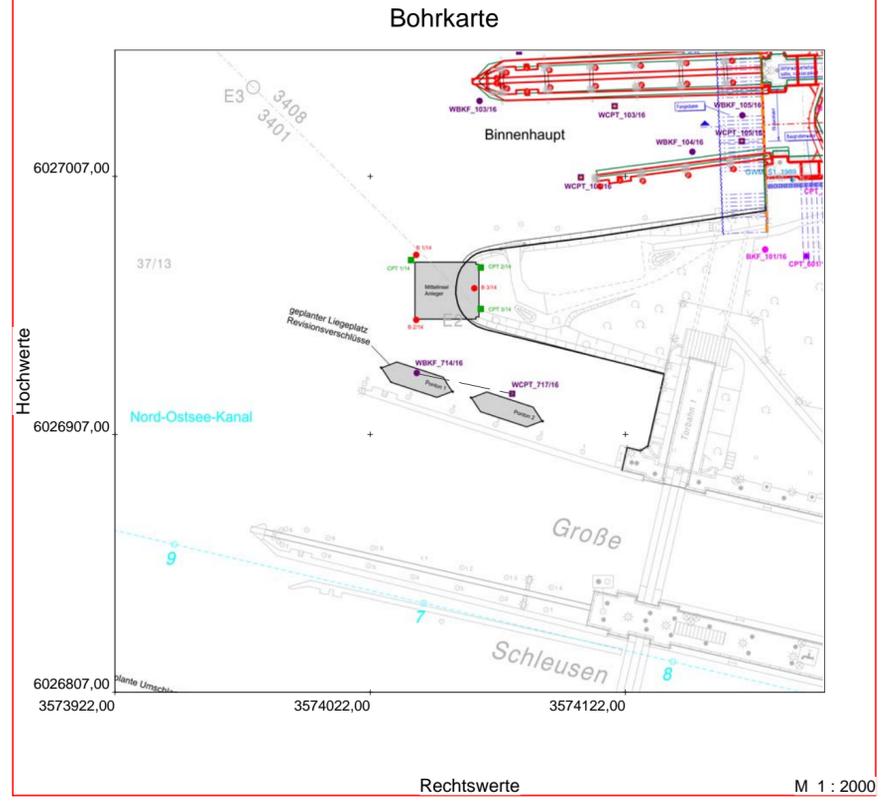
STRABAG-Format



WBKF_714/16
30.05. - 01.06.2017



Nord-Ostsee-Kanal
Wasser



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

- PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER**
Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab.1
- Sonderprobe
 - w Wassergehalt
 - cu undrainierte Scherfestigkeit
- BODENARTEN**
- Geschiebemergel
 - Kies
 - Sand
 - Schlick
- KORNGRÖßENBEREICH**
- f fein
 - m mittel
 - g grob
- KALKGEHALT**
- k++ stark kalkhaltig
 - brg breiig
 - stf steif
- KONSISTENZ**
- wch weich
 - stf steif
- NEBENANTEILE**
- ' schwach (< 15 %)
 - stark (ca. 30-40 %)
 - " sehr schwach; " sehr stark
- BOHRMITTEL**
- Einfachkernrohr

Geändert	Datum	Bearbeiter	Liebethuth	Datum:
Alexy	30.08.18	Geprüft	Liebethuth	03.04.18
Alexy	20.09.18	Gezeichnet	Alexy	20.09.18
Alexy	24.09.18	Datei:	B3952.05.20.10387-AA-201.bop	

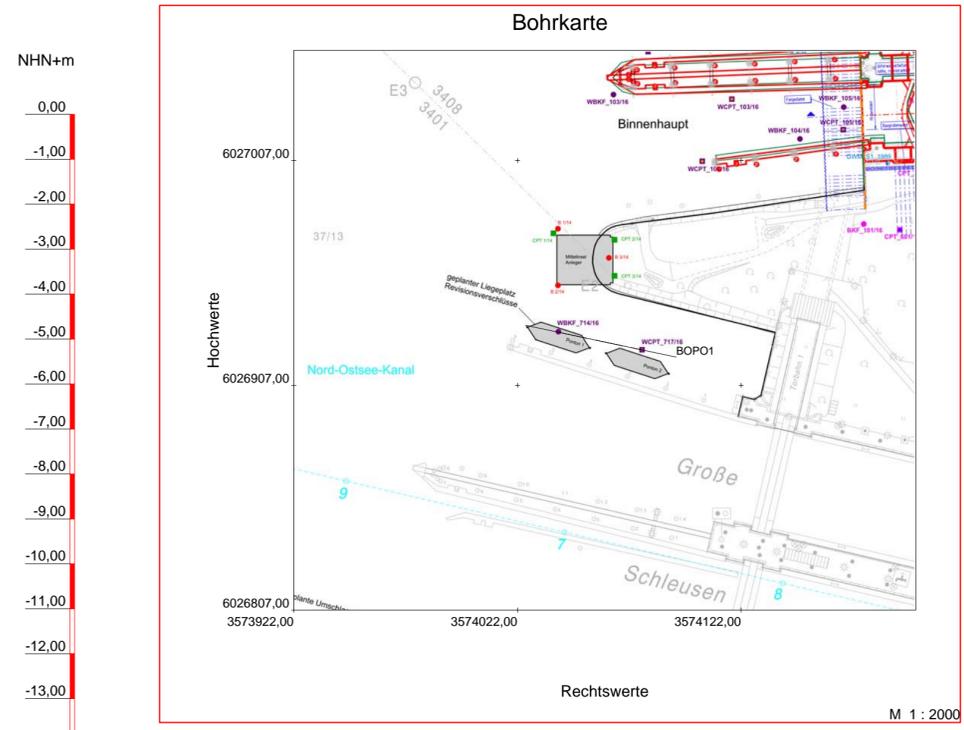
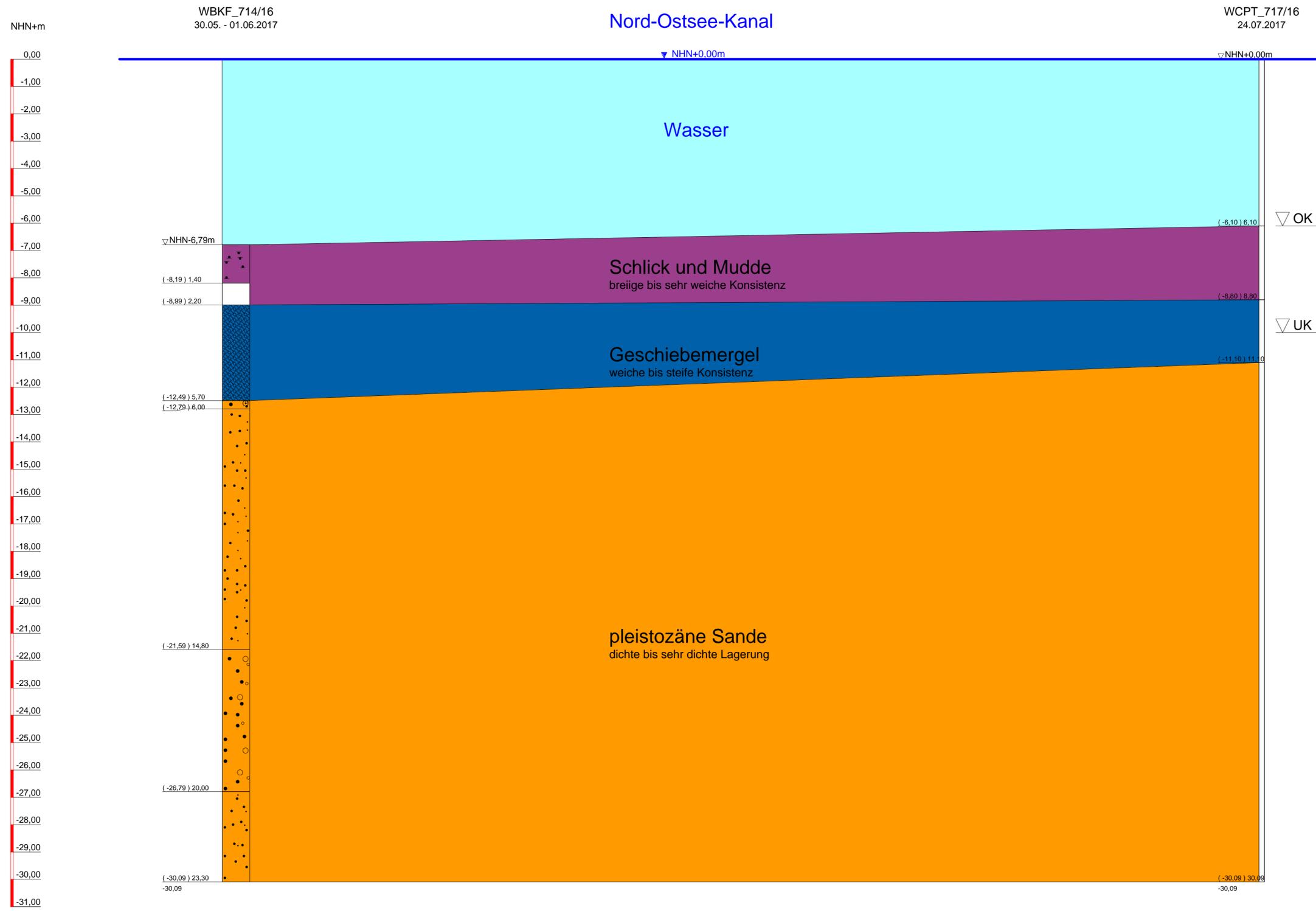


Kleine Schleuse Kiel-Holtenau
Anlegedalben Revisionsverschlüsse
Bohr - und Sondierergebnisse
WBKF_714/16 und WCPT_717/16

Maßstab
1 : 100

Auftrags-Nr:
B3952.05.20.10387

Anlagen-Nr.
2



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER
Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab. 1

■ Sonderprobe
w Wassergehalt
cu undrainierte Scherfestigkeit

BODENARTEN

Geschiebemergel		Mg	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schlick		Sl	

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein		
m	mittel		
g	grob		

NEBENANTEILE

'	schwach (< 15 %)
-	stark (ca. 30-40 %)
''	sehr schwach; - sehr stark

KALKGEHALT

k++	stark kalkhaltig
brg	breiig
stf	stef

KONSISTENZ

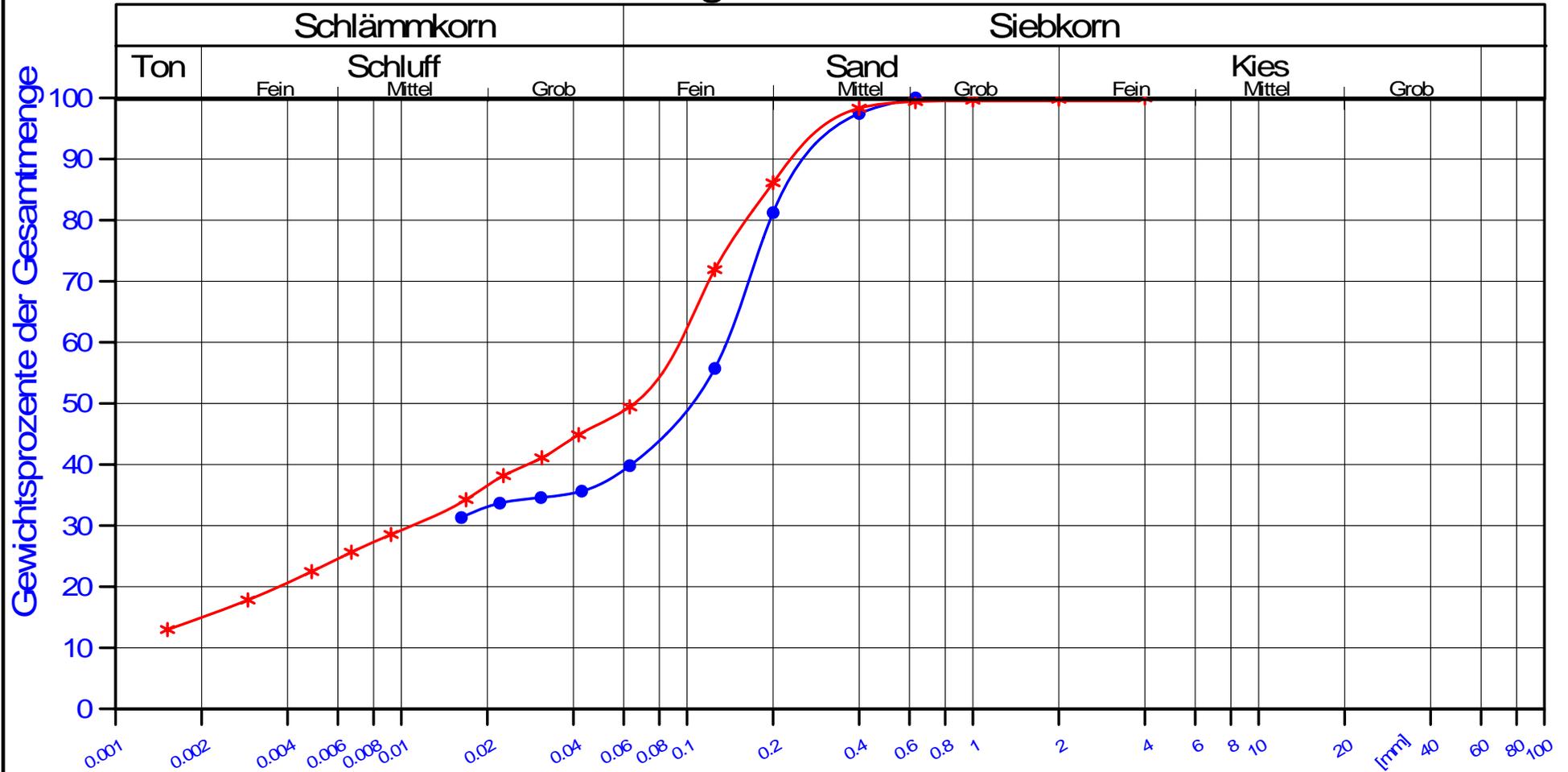
wch	weich
stf	stef

BOHRMITTEL
Einfachkernrohr

Geändert	Datum	Bearbeiter	Liebetruh	Datum:
Alexy	20.09.18	Geprüft	Liebetruh	20.09.18
Alexy	24.09.18	Gezeichnet	Alexy	15.08.18
Datei:		B3952.05.20.10387-AA-203.bop		
Maßstab		Auftrags-Nr.		Anlagen-Nr.
1:1000		B3952.05.20.10387		3

Kleine Schleuse Kiel-Holtenau
Anlegedalben Revisionsverschlüsse
Längsschnitt im Wasser
WBKF_714/16 und WCPT_717/16

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4



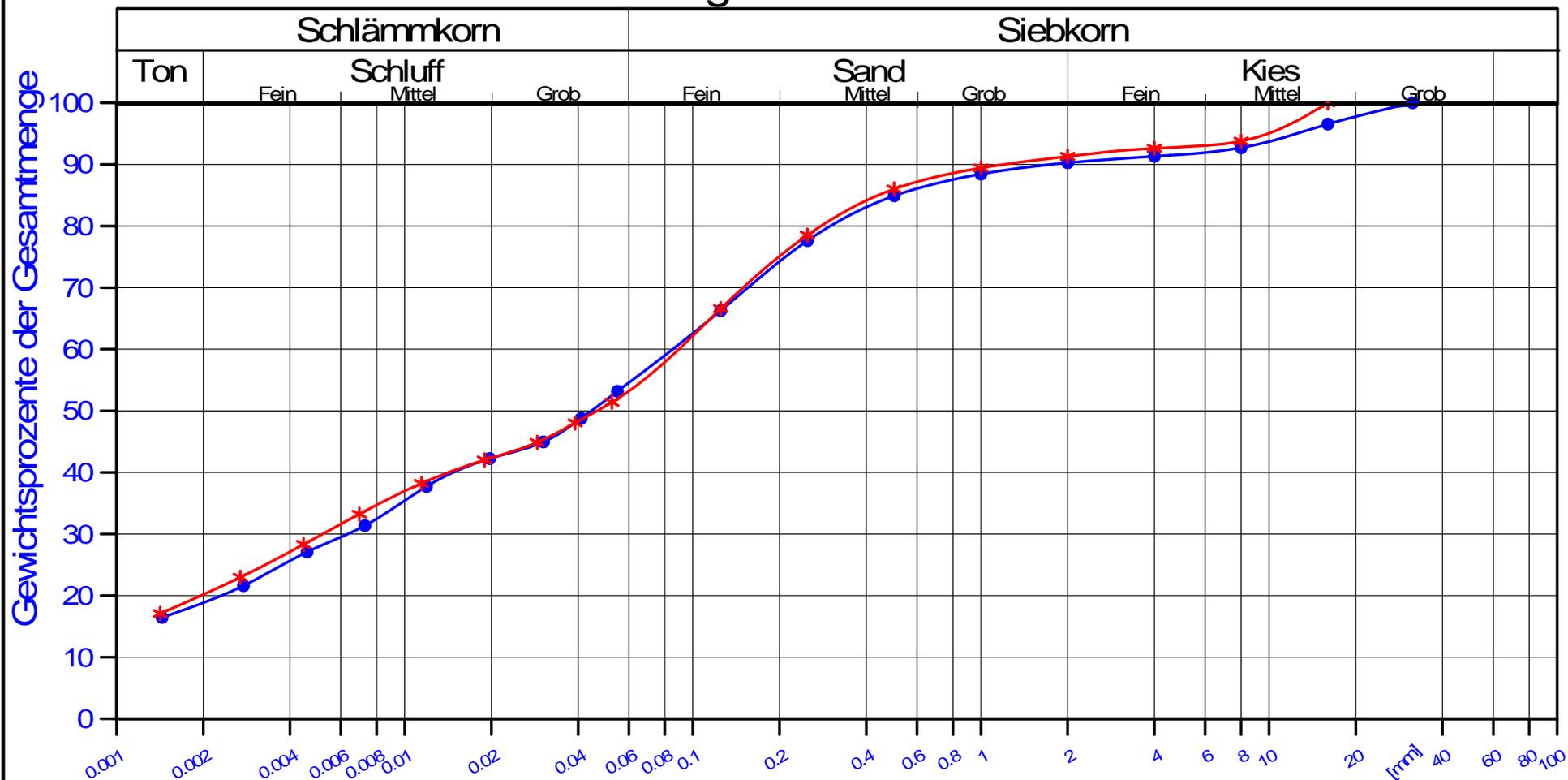
Labor-Nr.	Aufschluss	Tiefe	Bodenart an der KV ermittelt	D10	D60	C _u	KKZ	
20180052	WBKF714	1,00	S, u*		0,1379		0460	●
20180053	WBKF714	1,60	S, u*, t'		0,0940		1360	*

BAW
Bundesanstalt für Wasserbau
Standort Hamburg Geotechnik Nord

Projekt: Anlegedalben Revisionsverschlüsse
Schlick

Anlage: 4.1
Auftrag: B3952052010387
Datum: 24.10.2018

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4



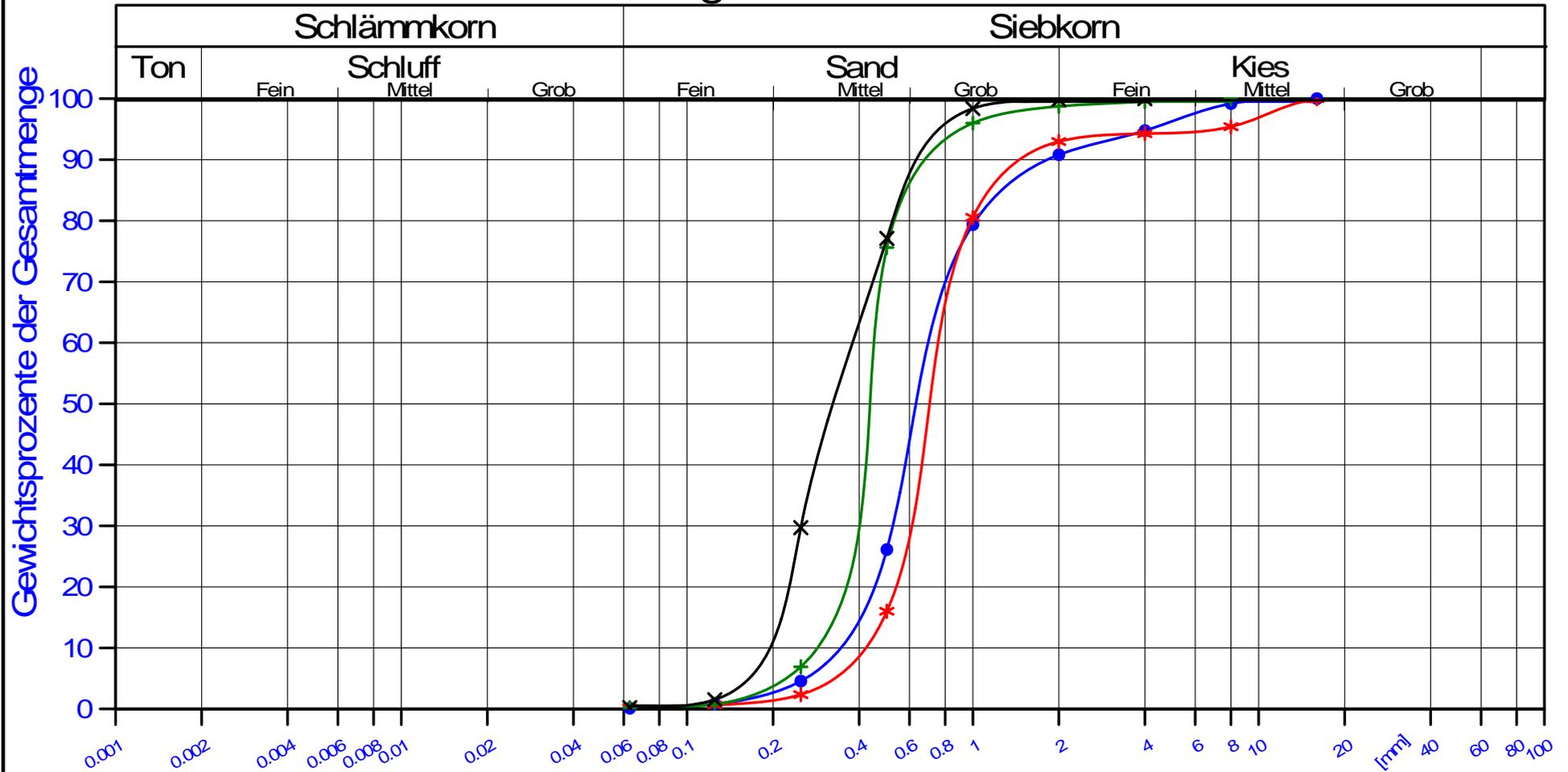
Labor-Nr.	Aufschluss	Tiefe	Bodenart an der KV ermittelt	D10	D60	C _u	KKZ	
20170741	WBKF714	4,00	U, s*, t, g'		0,0854		2440	●
20170742	WBKF714	5,70	S, u*, t, g'		0,0885		2341	*

BAW
Bundesanstalt für Wasserbau
Standort Hamburg Geotechnik Nord

Projekt: Anlegedalben Revisionsverschleisse
Geschiebemergel

Anlage: 4.2
Auftragsnummer: B3952052010387
Datum: 12.07.2018

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4



Labor-Nr.	Aufschluss	Tiefe	Bodenart an der KV ermittelt	D10	D60	C _u	KKZ
20170744	WBKF714	20,00	gS+mS, g'	0,3432	0,6957	2,027	0091
20170769	WBKF714	16,30	gS, ms, g'	0,4196	0,7543	1,798	0091
20170743	WBKF714	9,30	mS, gs'	0,2885	0,4504	1,561	
20170745	WBKF714	22,30	mS, gs', fs'	0,1958	0,3802	1,941	



BAW
Bundesanstalt für Wasserbau
Standort Hamburg Geotechnik Nord

Projekt: Anlegedalben Revisionsverschlüsse
Pleistozäne Sande

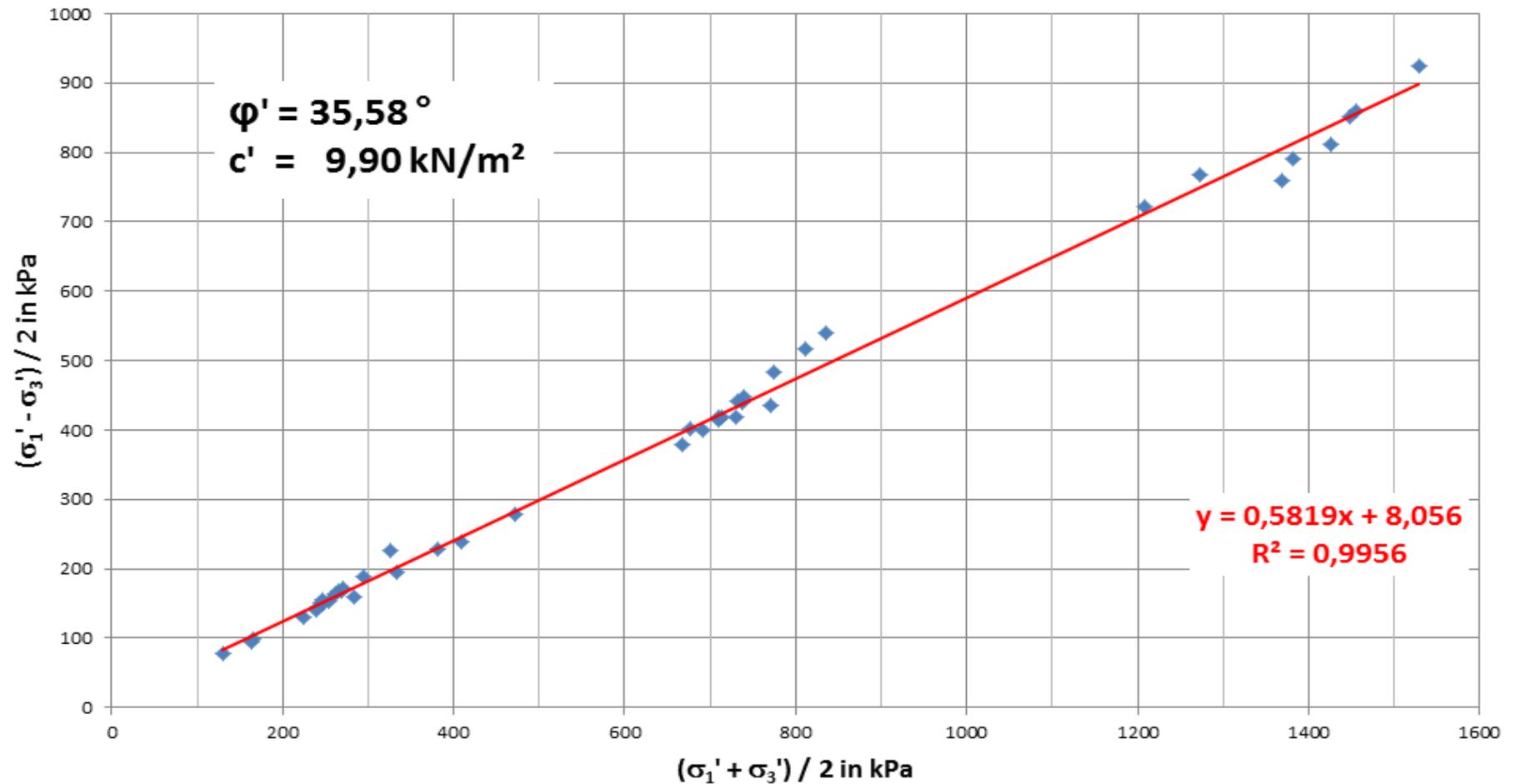
Anlage: 4.3
 Auftragsnummer: B3952052010387
 Datum: 16.07.2018

-
- *
-
- ×

Aufschluss-Nr.	Labor-Nr.	Probenart	Proben-tiefe	Proben-tiefe	Bodenart	Bodenart	Klassi-fikation	Kornverteilung				Ungleich-förmig-keit	Krüm-mungs-zahl	Glüh-verlust	Kalk-gehalt	Wasser-gehalt	Fließ-grenze	Ausroll-grenze	Schrumpf-grenze	Plastizitäts-zahl	Konsistenz-zahl	Aktivitäts-zahl	Kornanteile		Korn-dichte	C _{UP}	
						Kornverteilung			Ton	Schluff	Sand												Kies	HAZEN			BEYER
					DIN 14688-1	DIN EN ISO 1789-4		DIN 18196	%	%	%												%				
					m	m NHN			[-]	[-]	[-]												[-]	mm			mm
Schlick																											
WBKF714	20180052	GP-GI	1	-7,79	Schlick	S, u*	OU	0	39,1	60,9	0												0,1379	2,57	0 bis 5		
WBKF714	20180053	GP-GI	1,6	-8,39	Schlick/ Kalkmudde Wechselagerung	S, u*, t'	OU/OT	14,92	33,95	50,63	0,5		0,0523	0,129									0,094	2,58	0 bis 30		
													Mw	0,0547	0,118										2,575		
Geschiebemergel																											
WBKF714	20170741	KERN	4	-10,79	Mg	U, s*, t, g'	TL	18,71	35,93	35,59	9,77					0,237	0,109	0,1205	0,128		0,592		0,0854	2,6792	50		
WBKF714	20170742	KERN	5,7	-12,49	Mg	S, u*, t, g'	TL	20,15	33,01	38,14	8,7					0,237	0,108	0,118	0,129		0,542		0,0885	2,6802	65		
WBKF714	20170634	KERN	3,6	-10,39	Mg									0,132													
WBKF714	20170635	KERN	3,95	-10,74	Mg									0,128											28		
WBKF714	20170636	KERN	4,4	-11,19	Mg									0,119													
WBKF714	20170732	KERN	5,4	-12,19	Mg									0,14													
WBKF714	20170788	UP	4,3	-11,09	Mg									0,13											58		
														Mw	0,1298	0,237	0,1085	0,11925	0,1285		0,567				2,6797		
pleistozäne Sande																											
WBK714	20170661	KERN	26	-22,01	S	mS, gs'	SE	0	0,64	98,48	0,38	1,736	1,362										0,285	0,495	0,000813	0,000872	
WBK714	20170662	KERN	28	-24,01	S	mS, gs', fs'	SE	0	1,09	97,98	0,43	2,537	1,227										0,187	0,475	0,000350	0,000350	
WBK714	20170663	KERN	30	-26,01	S	mS, fs*, gs'	SE	0	1,71	97,79	0	2,13	1,239										0,111	0,237	0,000124	0,000128	
WBK714	20170664	KERN	32	-28,01	S	mS, gs, fs', g'	SE	0	0,5	85,47	13,53	2,719	1,039										0,225	0,611	0,000504	0,000498	
WBK714	20170665	KERN	34	-30,01	S	mS, fs'	SE	0	0,85	98,65	0	1,803	1,438										0,179	0,322	0,000319	0,000340	
														Mw	2,185	1,261									0,000422	0,000438	

	Anlegedalben Revisionsverschlüsse	Auftrags-Nr. B3952.05.20.10387 Datum: Okt. 2018 Anlage: 5
	Laborergebnisse WBKF_714/16	

Geschiebemergel (Erweitertes Scherdiagramm)



Anlegedalben Revisionsverschlüsse

Triaxialversuche Geschiebemergel

Auftrags-Nr.
B3952.05.20.10387
Datum: Okt. 2018

Anlage: 6.1.1

Aufschluss-Nr.	Labor-Nr.	Tiefe	Tiefe	phi-Triax	c-Triax	(sigma ₁ ' + sigma ₃ ') / 2	(sigma ₁ ' - sigma ₃ ') / 2	nicht berücksichtigt		c _{up}	Wassergehalt	Korndichte	Feuchtdichte	Porenzahl
		Probe	Probe	Schерparameter				(Versuchsfehler)		(Penetrometer)	w	rho s	gamma	e
		mGOK	m NHN	°	kN/m ²	kPa	kPa	(s ₁ ' + s ₃ ') / 2	(s ₁ ' - s ₃ ') / 2	kN/m ²	%	g/cm ³	g/cm ³	[-]
BKF303/16 CU	20170140	7,30	-3,21	36,3	2,2	165,90	99,5			65	12,0	2,6723	2,210	0,352
						380,70	227,7							
						676,00	401,5							
BKF303/16 CD	20170141	11,30	-7,21	40,7	-16,9	269,40	168,6			83	12,9	2,6870	2,232	0,359
						774,20	483,3							
BKF303/16 CD	20170142	13,30	-9,21	36,6	4,8	245,40	152,2			125	12,4	2,6856	2,211	0,361
						736,90	439,5							
								1497,00	897,4					
BKF303/16 CU	20170143	15,30	-11,21	34,8	3,6	163,80	95,4			138	12,0	2,6795	2,192	0,373
						409,80	238,8							
						729,60	418,6							
BKF303/16 CD	20170147	32,20	-28,11	45,8	-22,4	295,50	189,5			800	8,8	2,6843	2,283	0,272
								1028,80	734,0					
								2026,80	1432,9					
BKF602/16 CD	20170148	5,30	-1,26	36,8	-3,1	240,70	144,5			134	12,2	2,6775	2,196	0,366
						709,90	417,9							
								1502,40	898,7					
BKF602/16 CD	20170149	7,30	-3,26	37,1	11,6	247,00	148,6			141	11,9	2,6790	2,203	0,363
						812,20	516,6							
						1528,90	924,0							
BKF609/16 CU	20170157	7,30	-4,03	35,1	3	129,60	77,0			67	14,8	2,6704	2,191	0,363
						334,00	194,6							
BKF810/16 CD	20170599	6,30	(3,99) -2,31	34,1	3,2			231,00	770,8	80	12,5	2,6827	2,184	0,387
						770,80	434,8							
BKF810/16 CD	20170601	10,30	-6,31	34,3	10,1	238,6	141,3			160	12,9	2,6829	2,195	0,380
						691,6	400,2							
						1426,7	811,0							
BKF810/16 CD	20170602	12,30	-8,31	33,4	13,1	284,2	158,7			250	13,1	2,6910	2,192	0,389
						709,5	416,4							
						1369,4	759,7							
BKF810/16 CD	20170603	14,30	-10,31	34,8	0,2	225,00	130,8			130	12,2	2,6795	2,212	0,366
						667,60	378,2							
						1381,60	790,6							
BKF810/16 CD	20170604	22,30	-18,31	35,5	15,6	247,00	154,6			200	11,7	2,6640	2,222	0,344
						737,30	442,8							
						1448,60	852,2							
BKF810/16 CD	20170605	24,30	-20,31	35,6	17,5	265,90	167,0			100	11,2	2,6640	2,244	0,323
						739,30	448,1							
						1454,80	859,8							
BKF04_2010 Düker	20100466	26,00	-22,05	38,9	25,6	326,40	226,8			130	11,9	2,6940		0,314
						836,10	540,5							
								1398,40	899,2					
BKF01_2010 Düker	20100490	31,25	-27,75	36,2	5,9	260,80	162,8			337	10,4	2,6780		0,296
						709,10	415,3							
						1208,90	721,9							
BKF01_2010 Düker	20100491	32,75	-29,25	36,4	12,2	271,50	172,5			327	10,0	2,6760		
						732,50	442,3							
						1273,00	767,3							
BKF01_2010 Düker	20100483	15,75	-12,25	35,3	7,4	254,20	152,9			250	11,1	2,6810		
						472,30	279,0							
						714,00	418,6							
	Min								65	8,8	2,6640	2,184	0,272	
	Max								800	14,8	2,6940	2,283	0,389	
	Mw								195	11,9	2,6794	2,212	0,351	

Auftrags-Nr.
B3952.05.20.10387
Datum: Okt. 2018

Anlage: 6.1.2

Angelegten Revisionsverschlüsse

Triaxialversuche Geschiebemergel



Triaxialversuch (CIUC)

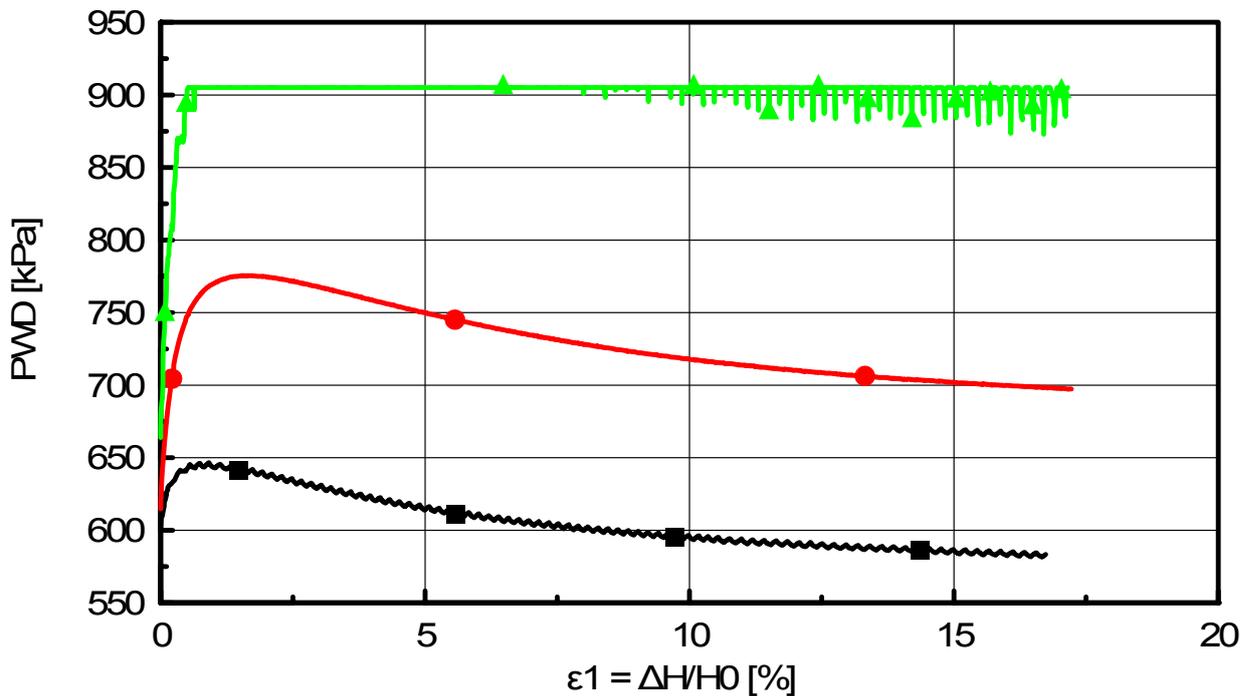
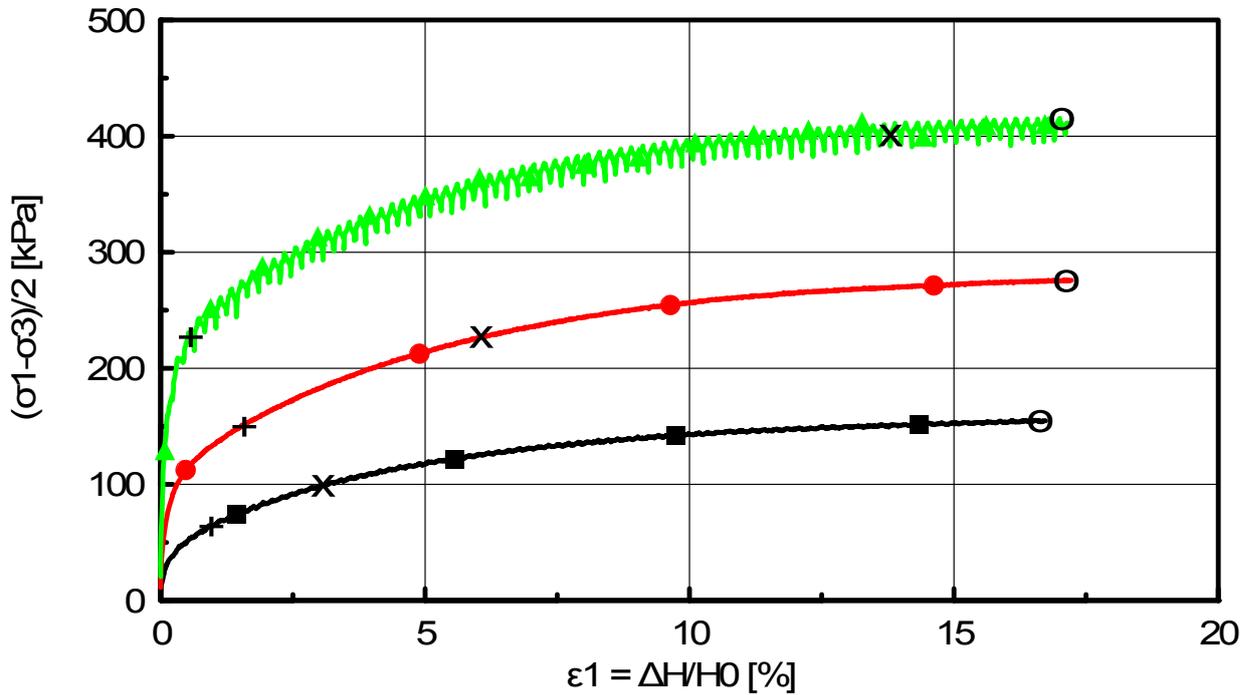
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 36.3
 c' [kPa] = 2.2
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1 - \sigma_3)$ max

■ 170140_1.TR

● 170140_2.TR

▲ 170140_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF303/16
 Tiefe unter GOK: 7,3 m

Datum: 10.07.2017
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170140

Anlage: 6.1.3.1

Triaxialversuch (CIDC)

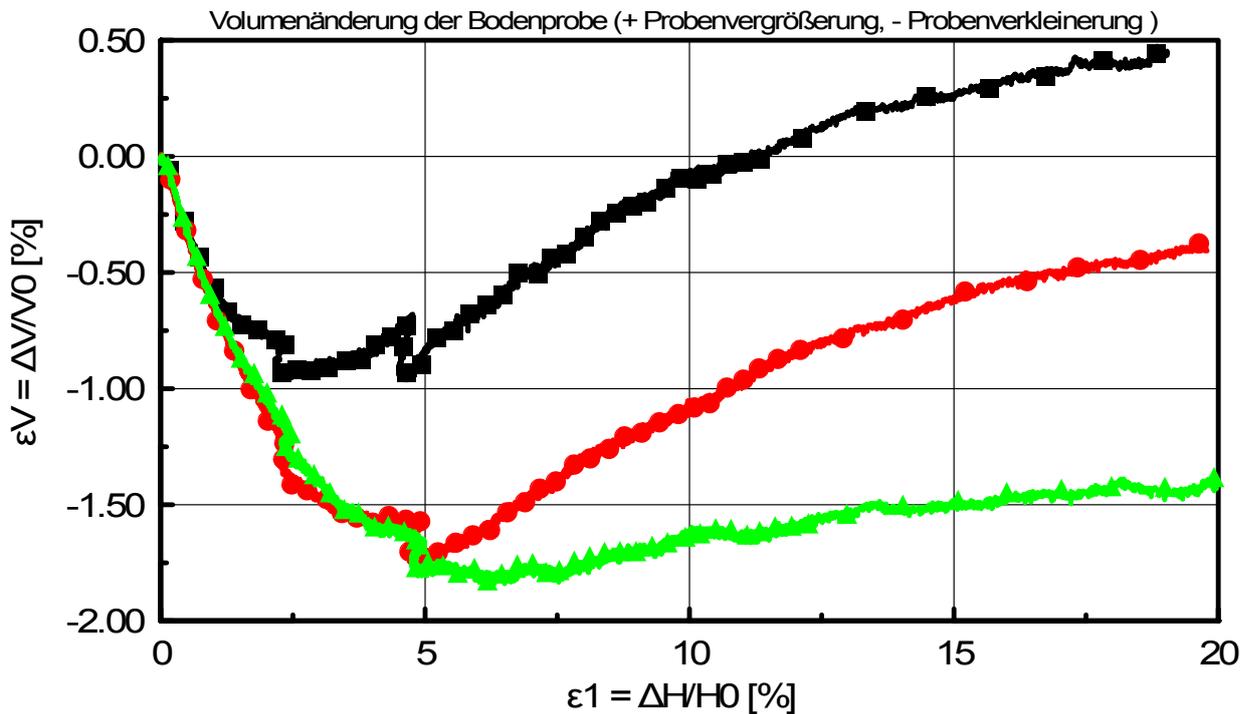
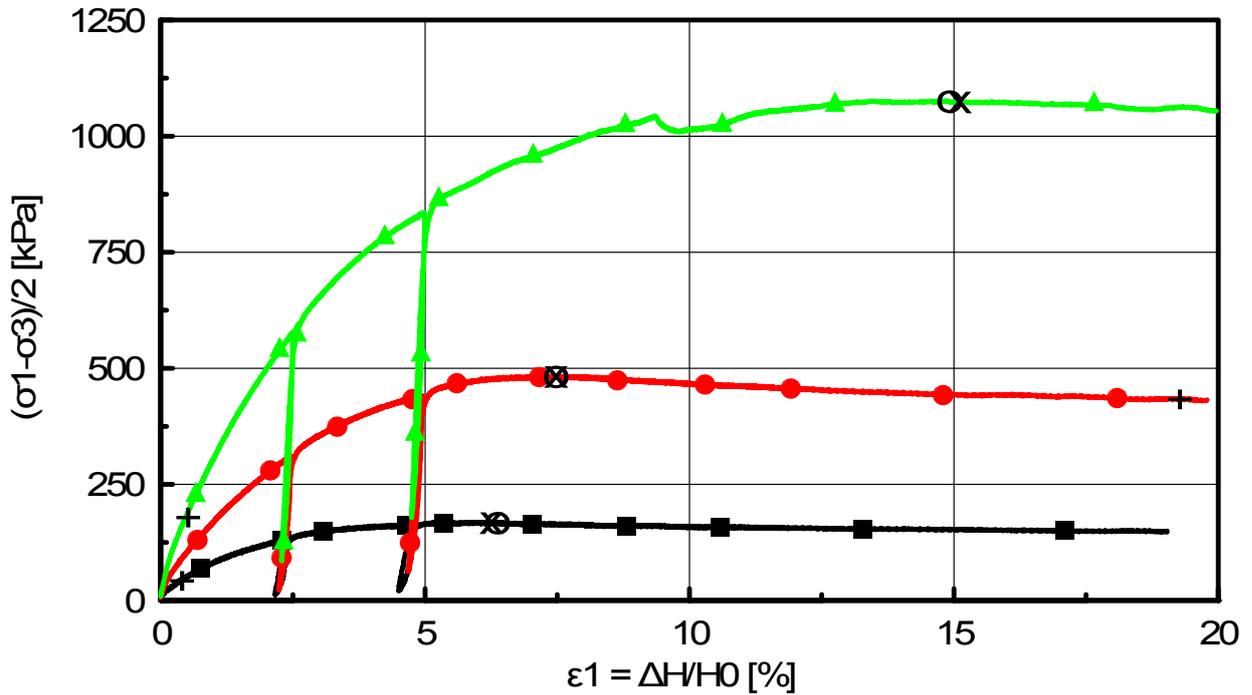
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 40.7
 c' [kPa] = -16.9
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170141_1.TR

● 170141_2.TR

▲ 170141_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF303/16
 Tiefe unter GOK: 11,3 m

Datum: 25.10.2017
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170141

Anlage: 6.1.3.2

Triaxialversuch (CIDC)

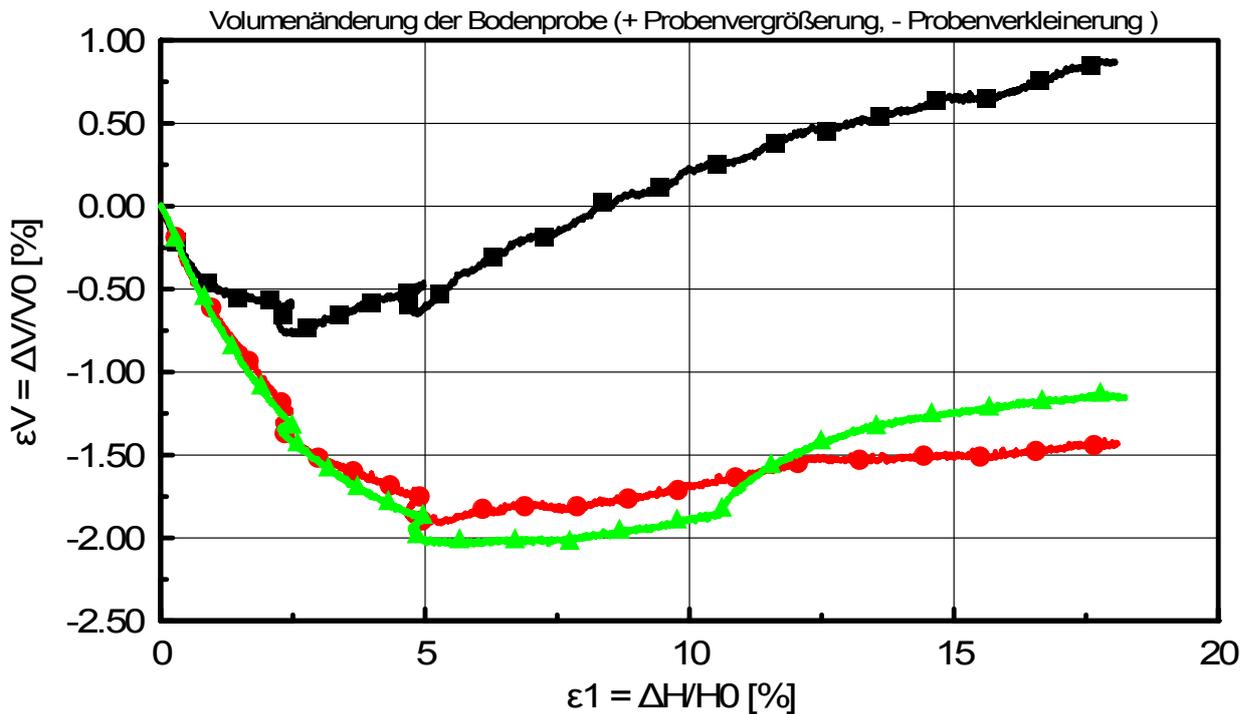
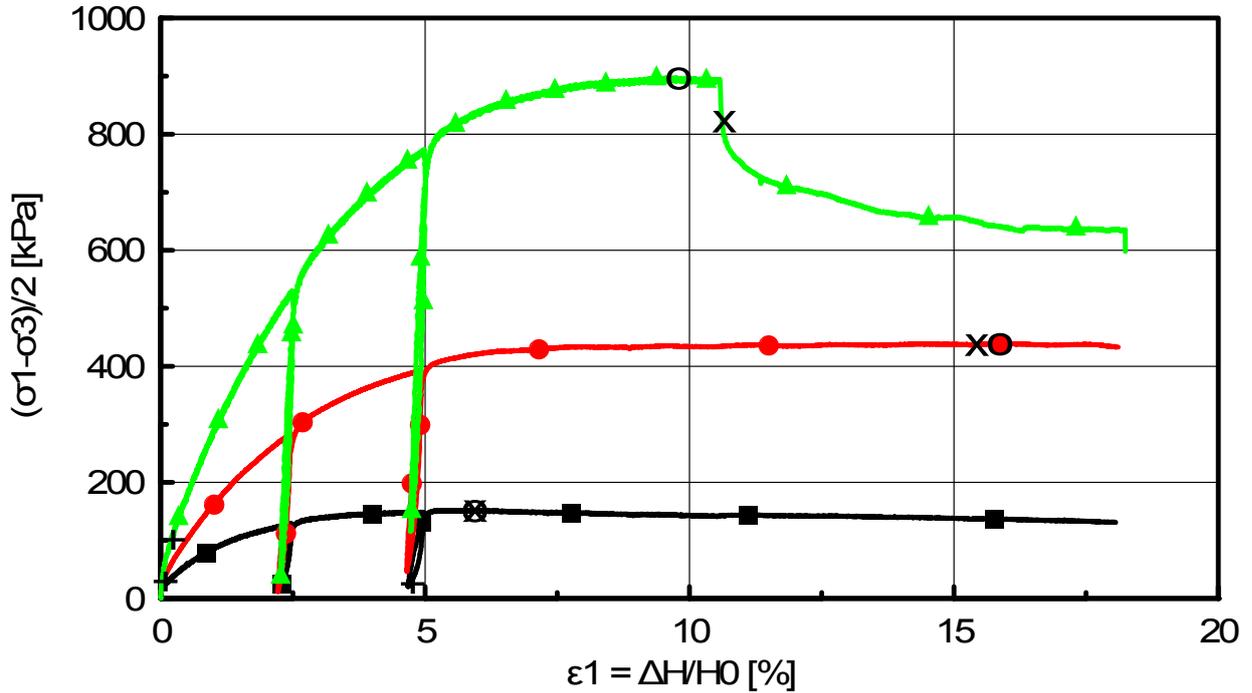
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 36.6
 c' [kPa] = 4.8
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170142_1.TR

● 170142_2.TR

▲ 170142_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF303/16
 Tiefe unter GOK: 13,3 m

Datum: 15.11.2017
 LaborantIn: Aug
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170142

Anlage: 6.1.3.3

Triaxialversuch (CIUC)

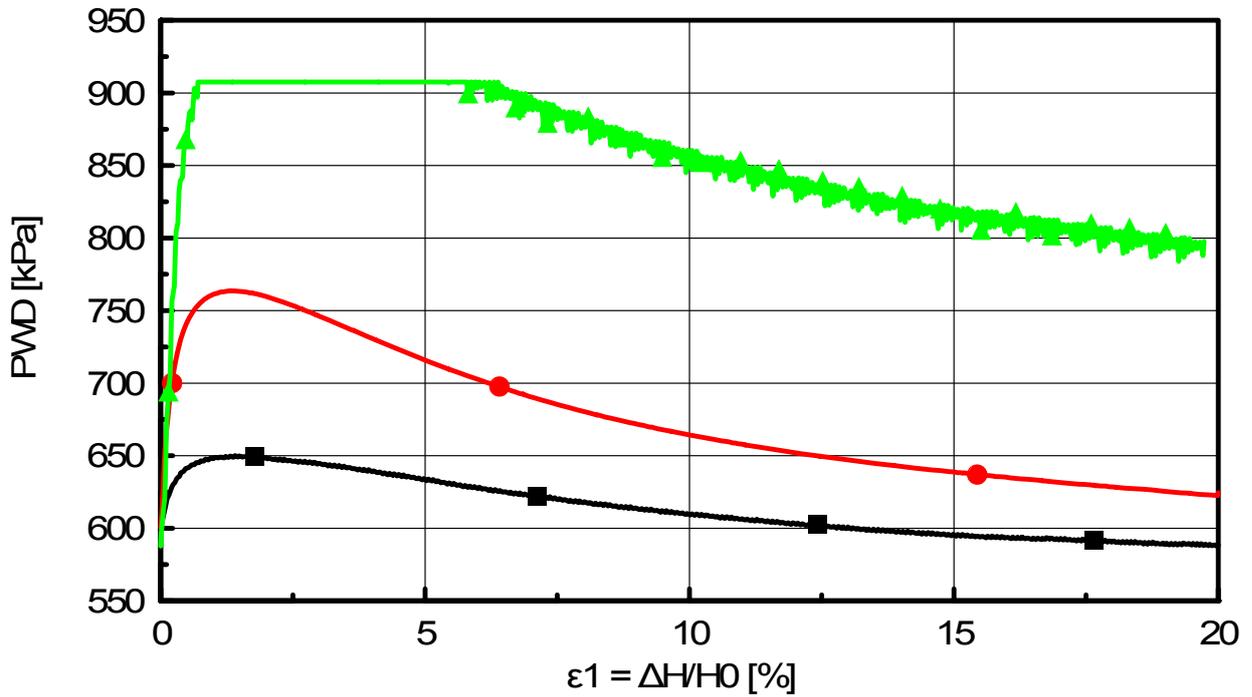
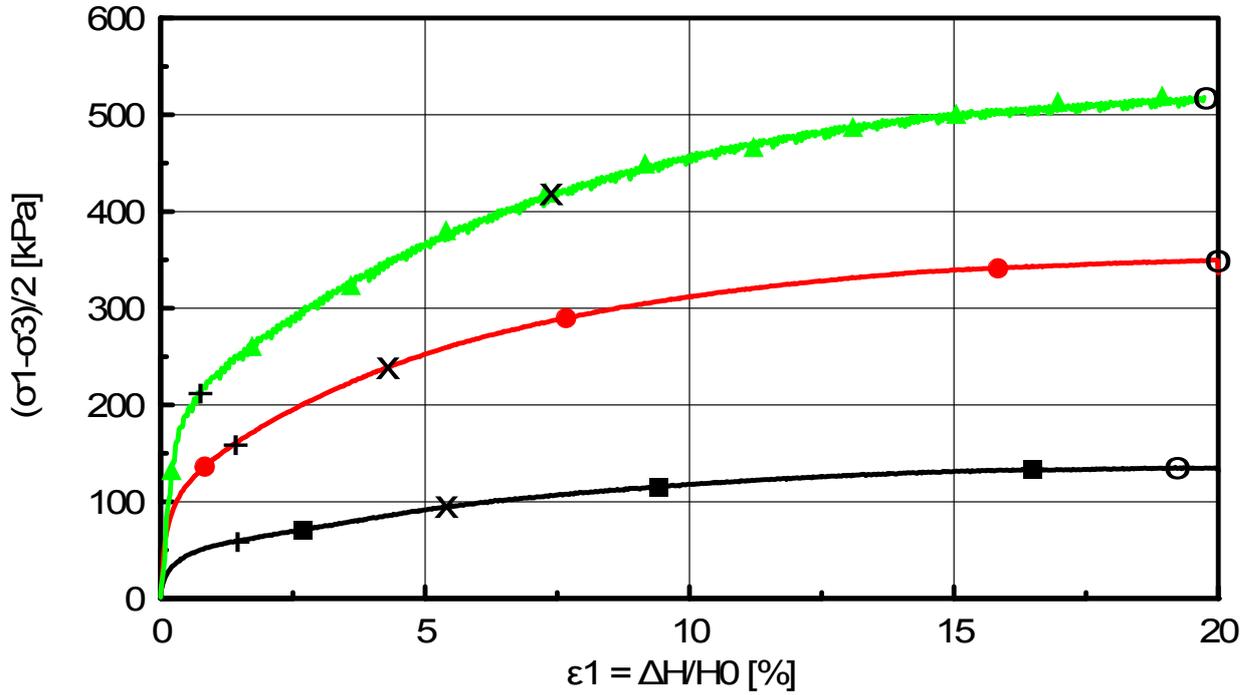
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 34.8
 c' [kPa] = 3.6
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1 - \sigma_3)$ max

■ 170143_1.TR

● 170143_2.TR

▲ 170143_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF303/16
 Tiefe unter GOK: 15,3 m

Datum: 04.07.2017
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170143

Anlage: 6.1.3.4

Triaxialversuch (CIDC)

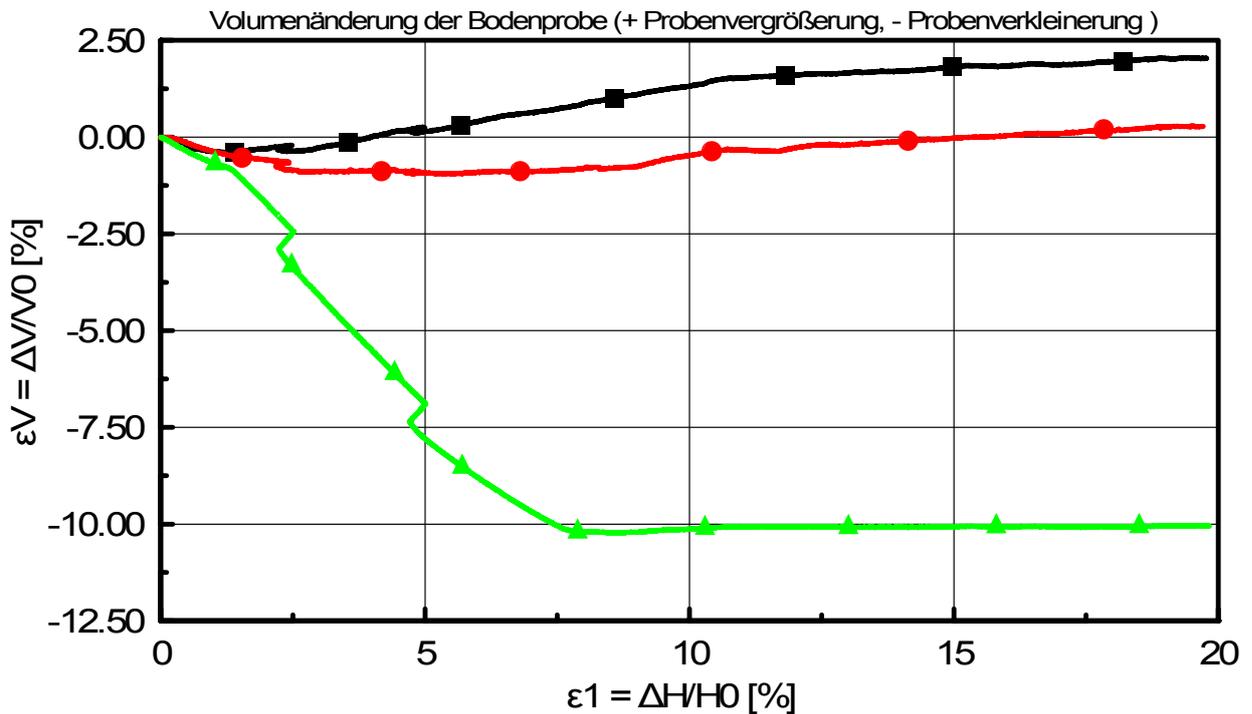
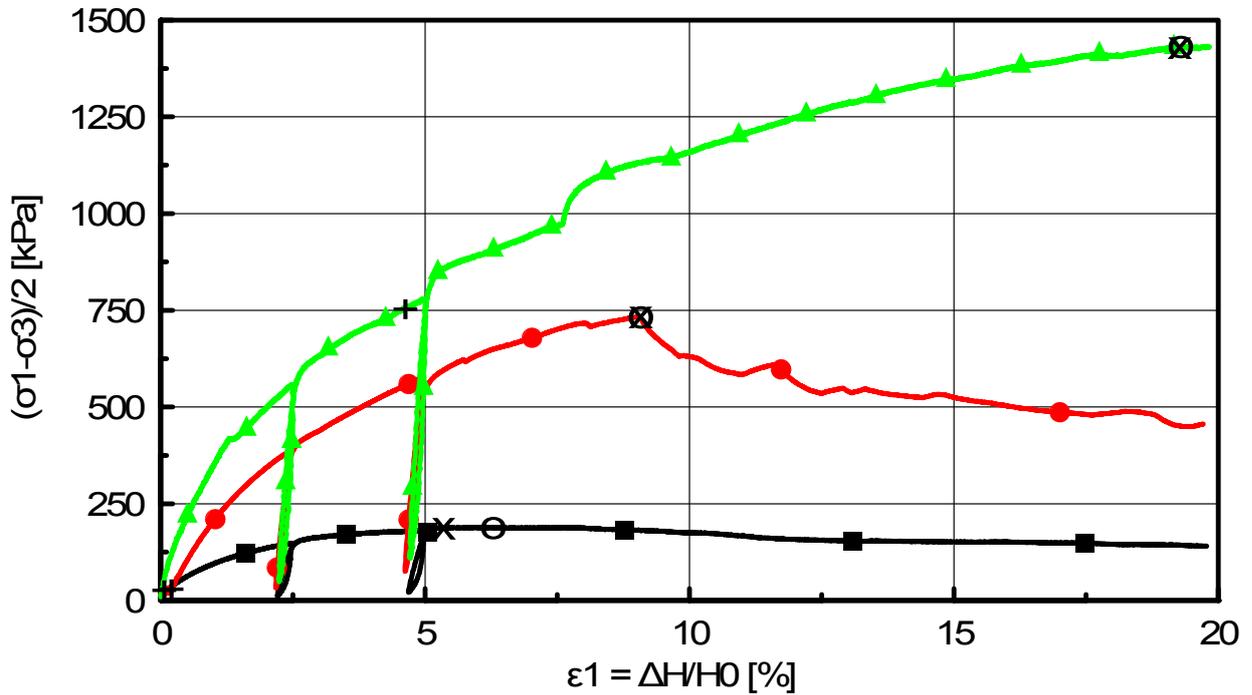
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 45.8
 c' [kPa] = -22.4
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170147_1.TR

● 170147_2.TR

▲ 170147_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF303/16
 Tiefe unter GOK: 32,2 m

Datum: 14.07.2017
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170147

Anlage: 6.1.3.5

Triaxialversuch (CIDC)

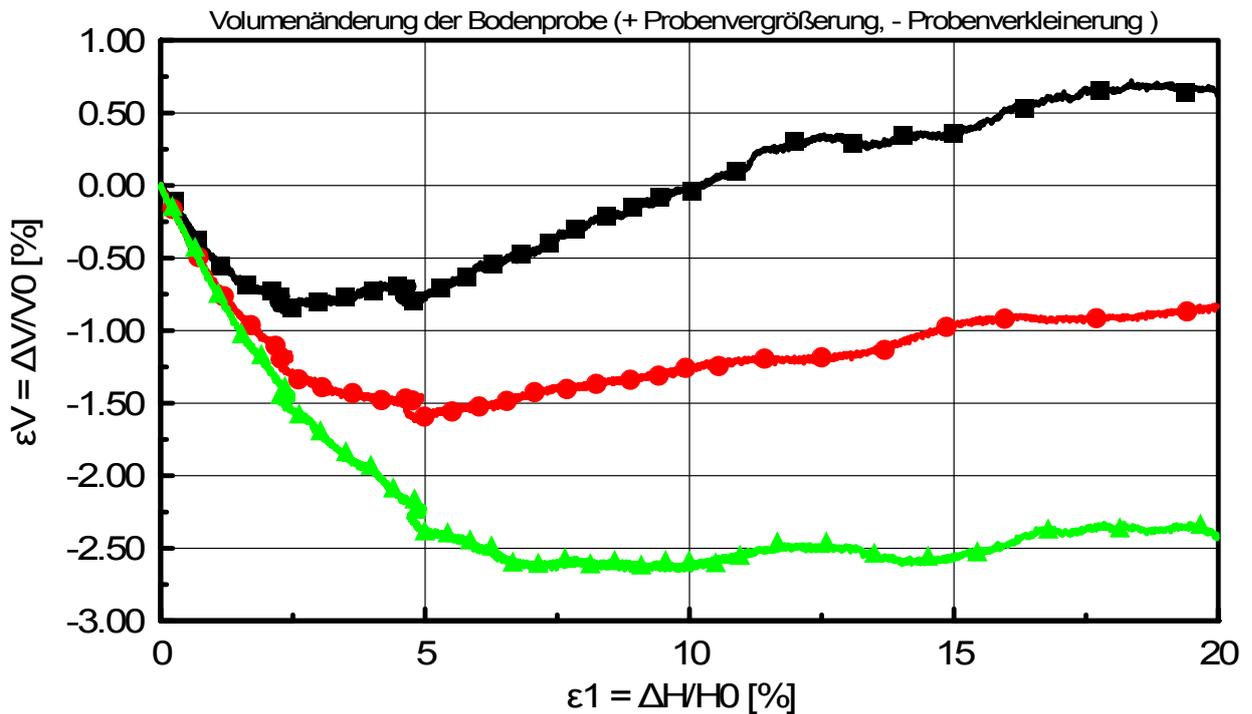
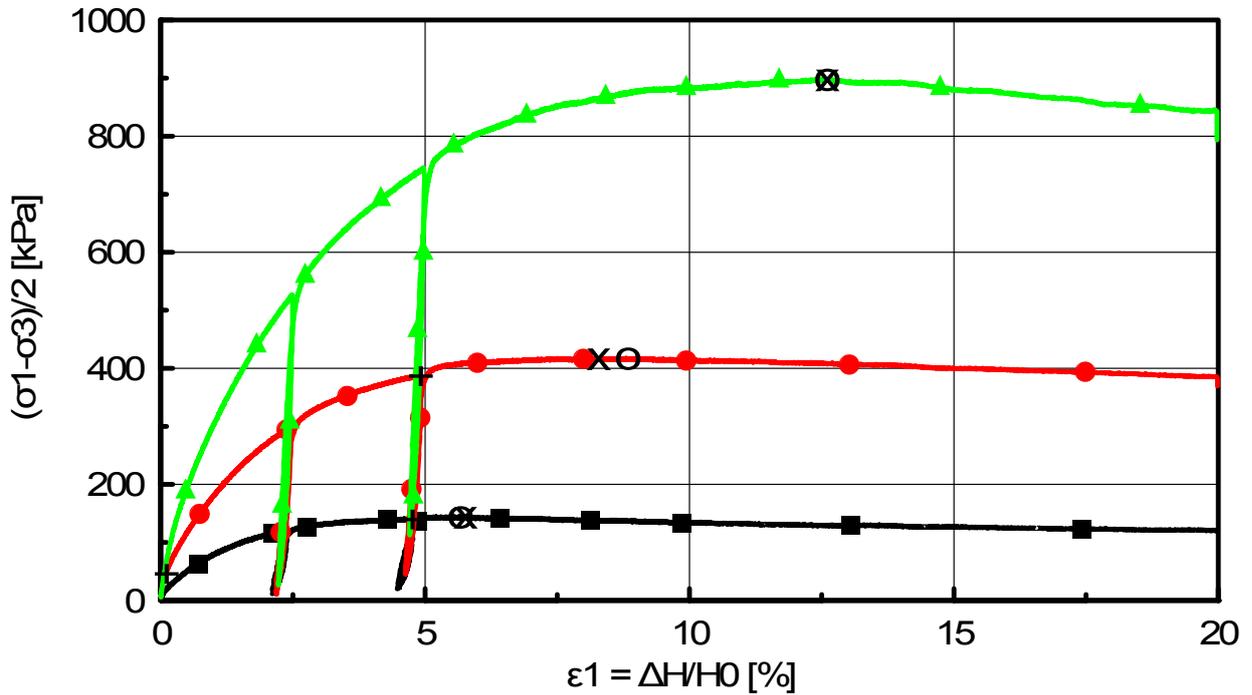
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 36.8
 c' [kPa] = -3.1
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170148_1.TR

● 170148_2.TR

▲ 170148_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF602/16
 Tiefe unter GOK: 5,35 m

Datum: 25.07.2017
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170148

Anlage: 6.1.3.6

Triaxialversuch (CIDC)

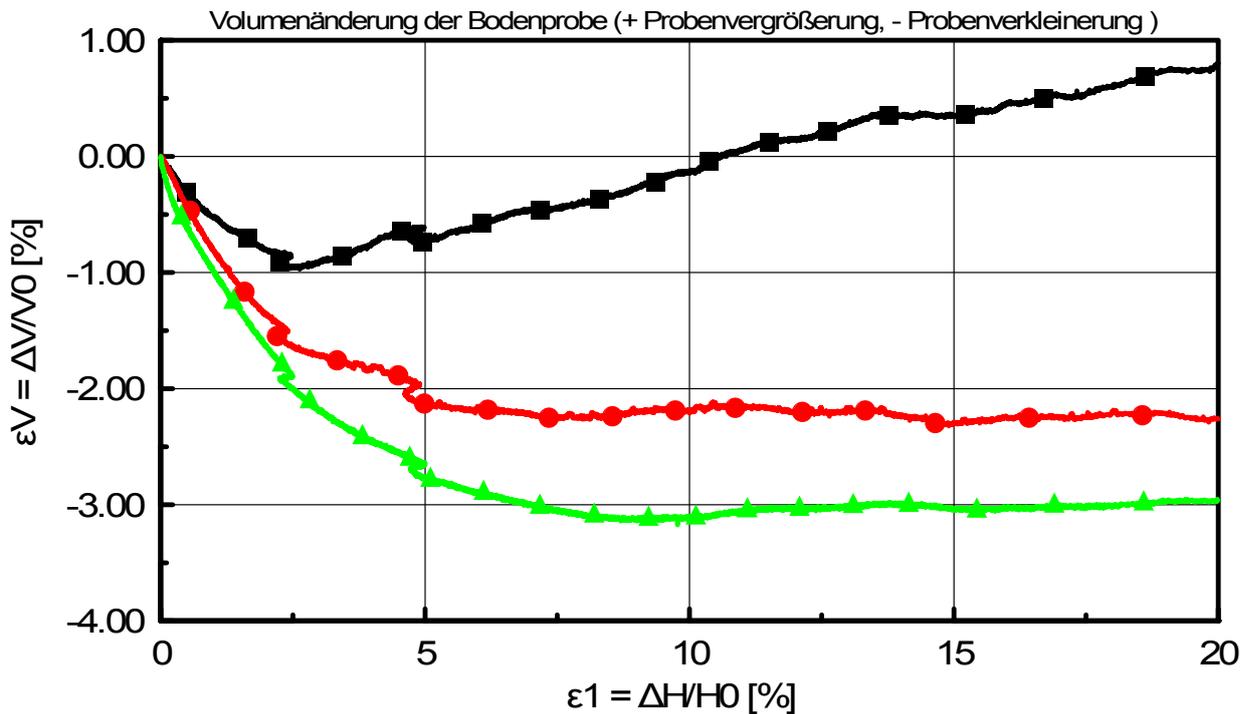
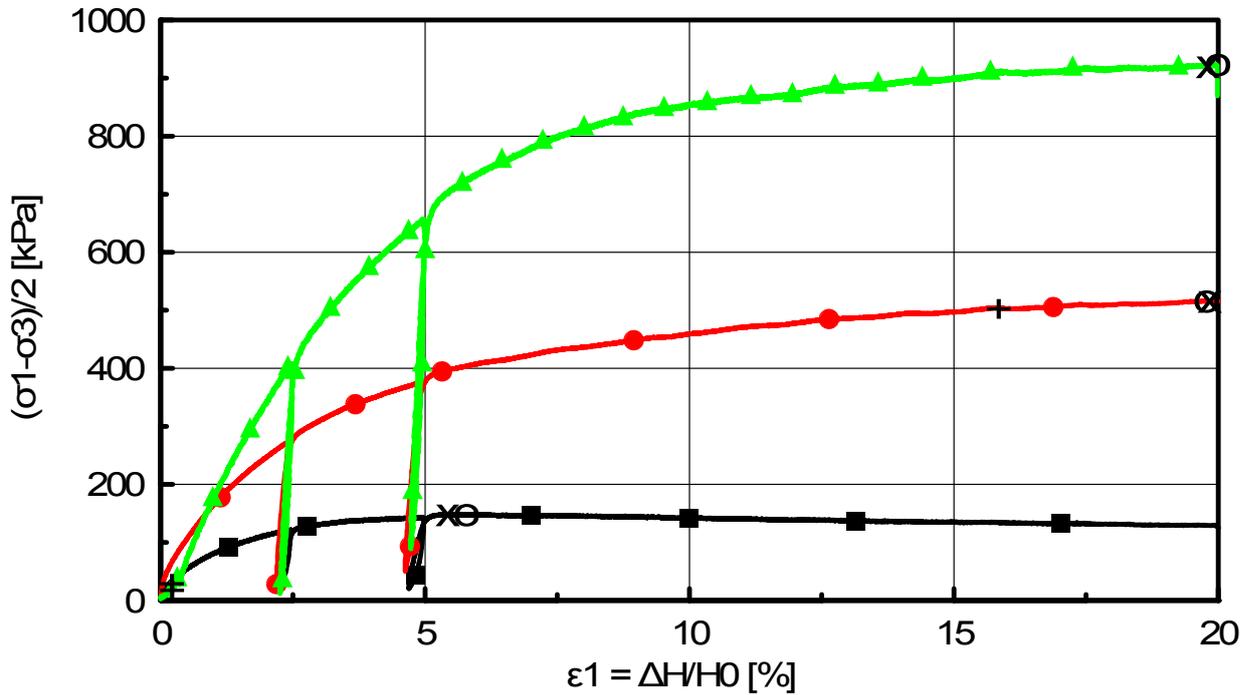
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 37.1
 c' [kPa] = 11.6
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170149_1.TR

● 170149_2.TR

▲ 170149_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF602/16
 Tiefe unter GOK: 7,35 m

Datum: 15.11.2017
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170149

Anlage: 6.1.3.7

Triaxialversuch (CIUC)

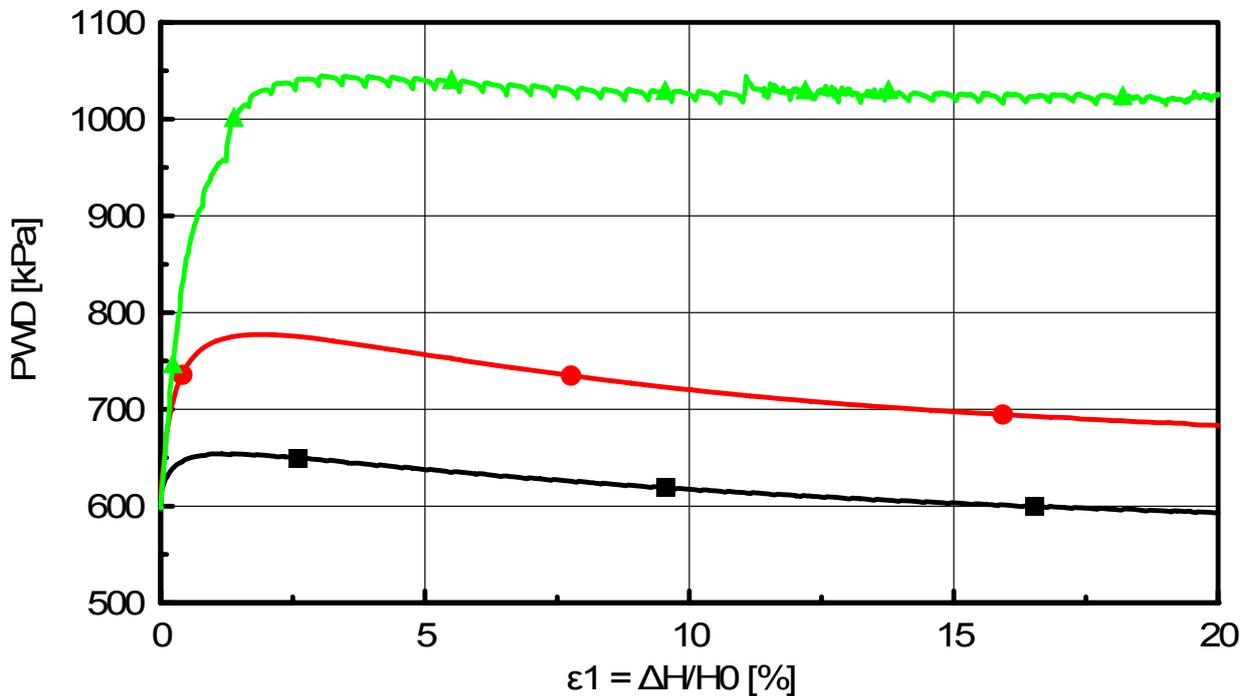
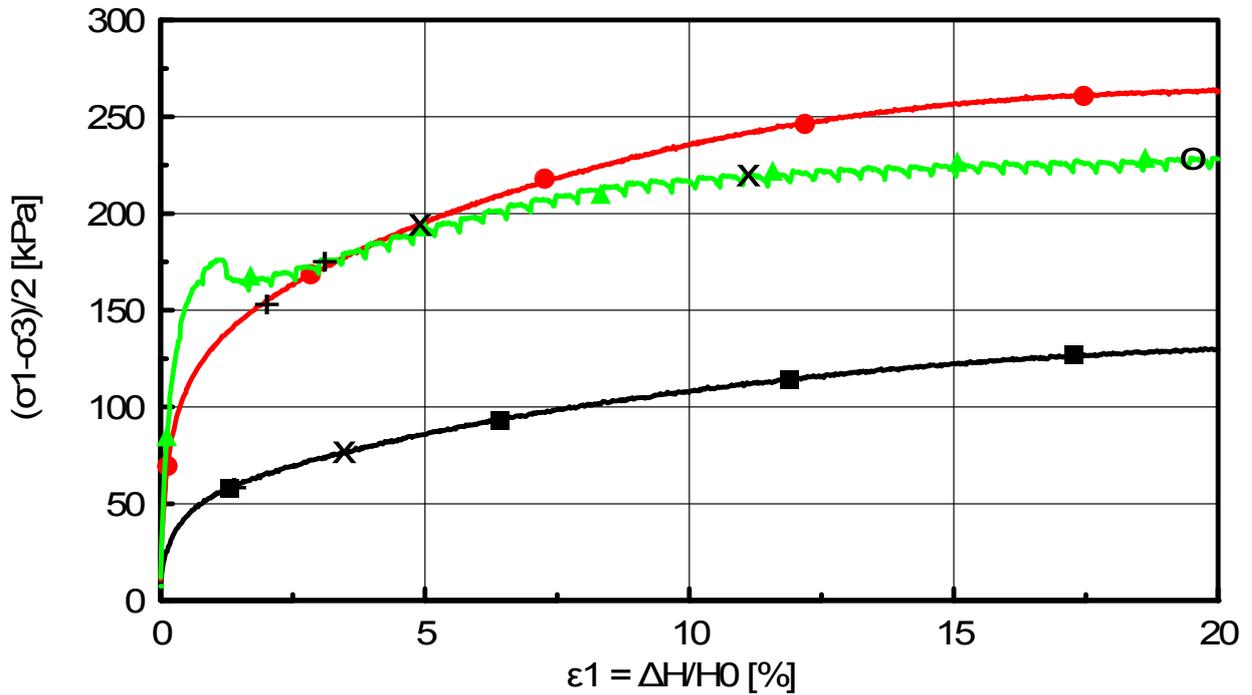
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 36.0
 c' [kPa] = 0.7
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ'_1/σ'_3) max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170157_1.TR

● 170157_2.TR

▲ 170157_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF609/16
 Tiefe unter GOK: 7,3 m

Datum: 08.02.2018
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170157

Anlage: 6.1.3.8

Triaxialversuch (CIDC)

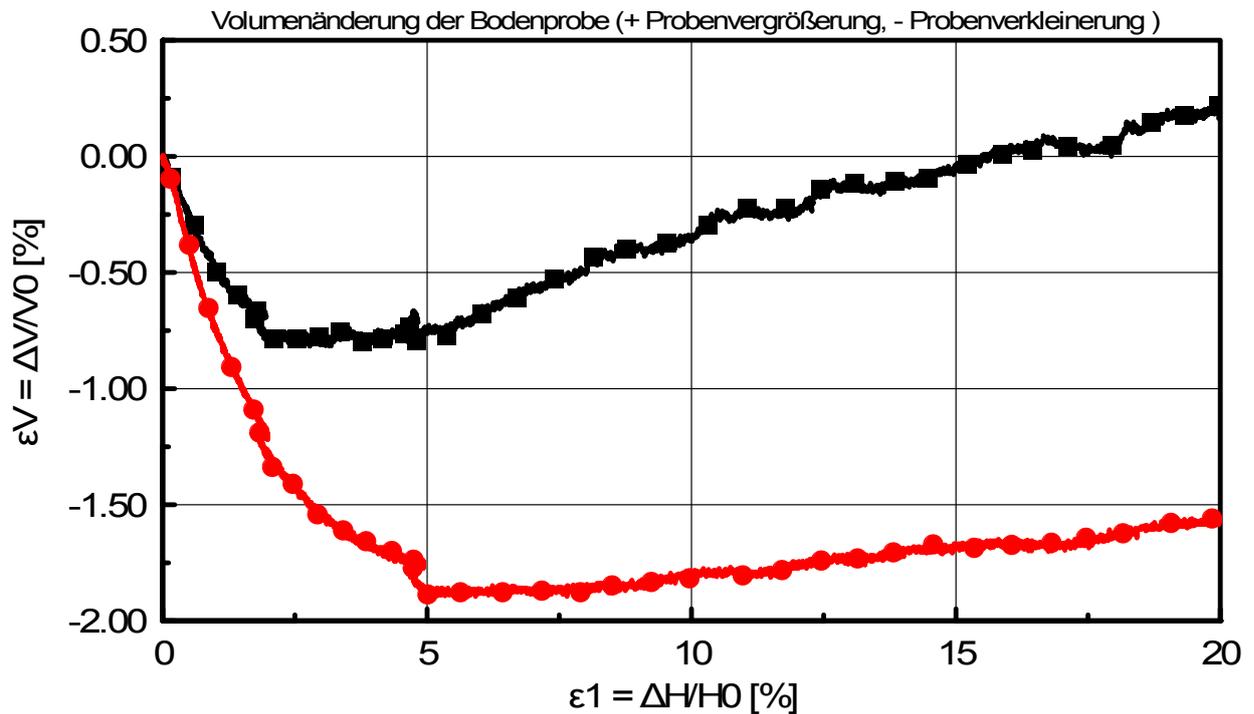
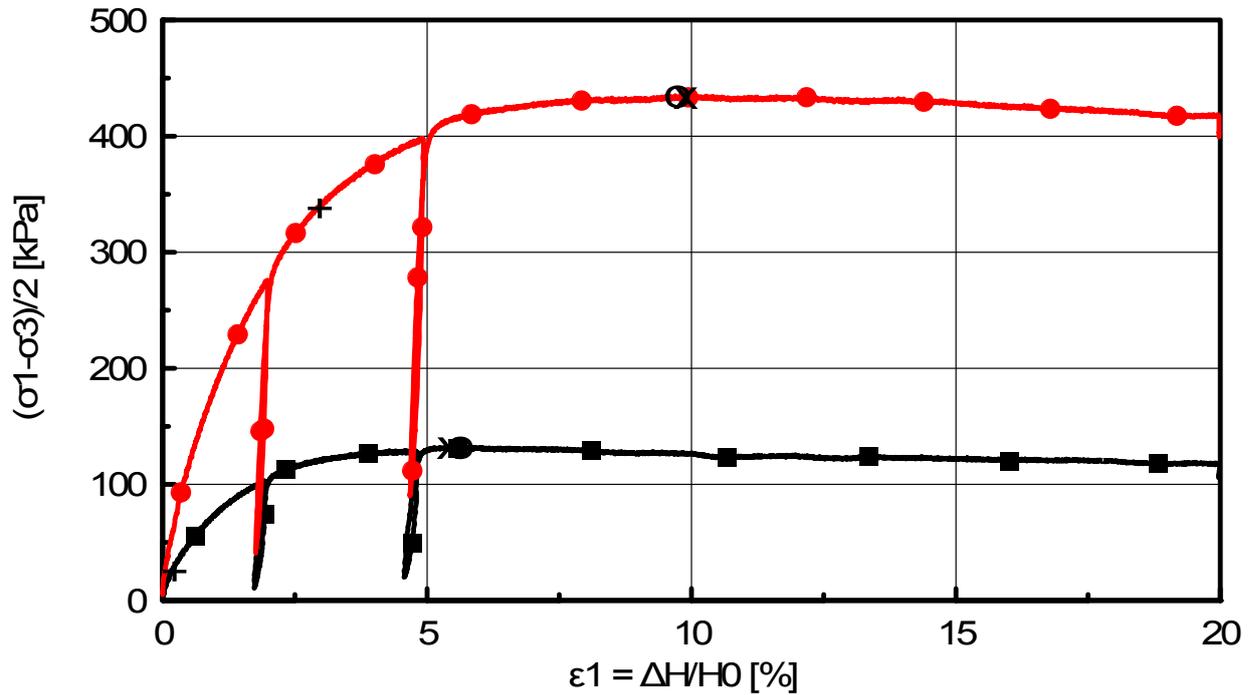
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 34.1
 c' [kPa] = 3.2
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
x (σ_1'/σ_3') max
o $(\sigma_1 - \sigma_3)$ max

170599_1.TR

170599_2.TR

Bodenart:
Aufschluss: BKF810
Tiefe unter GOK: 6,3 m

Datum: 23.11.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170599

Anlage: 6.1.3.9

Triaxialversuch (CIDC)

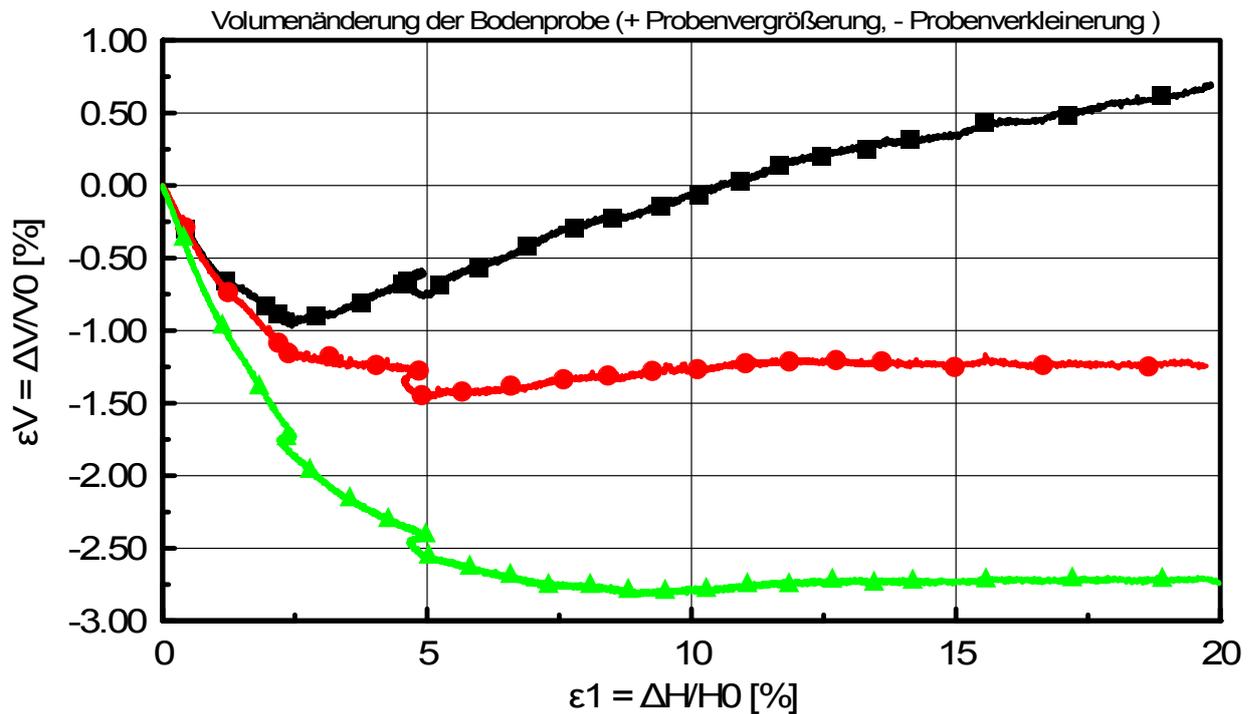
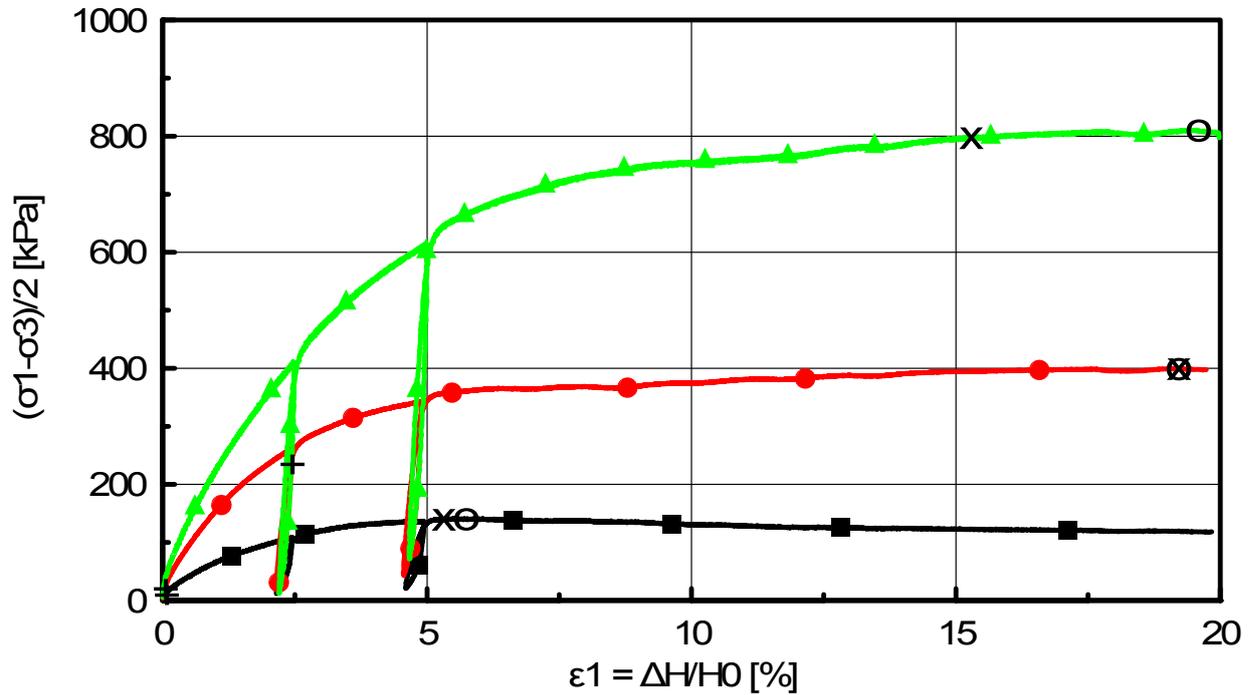
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 34.3
 c' [kPa] = 10.1
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170601_1.TR

● 170601_2.TR

▲ 170601_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF810
 Tiefe unter GOK: 10,3 m

Datum: 28.03.2018
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170601

Anlage: 6.1.3.10

Triaxialversuch (CIDC)

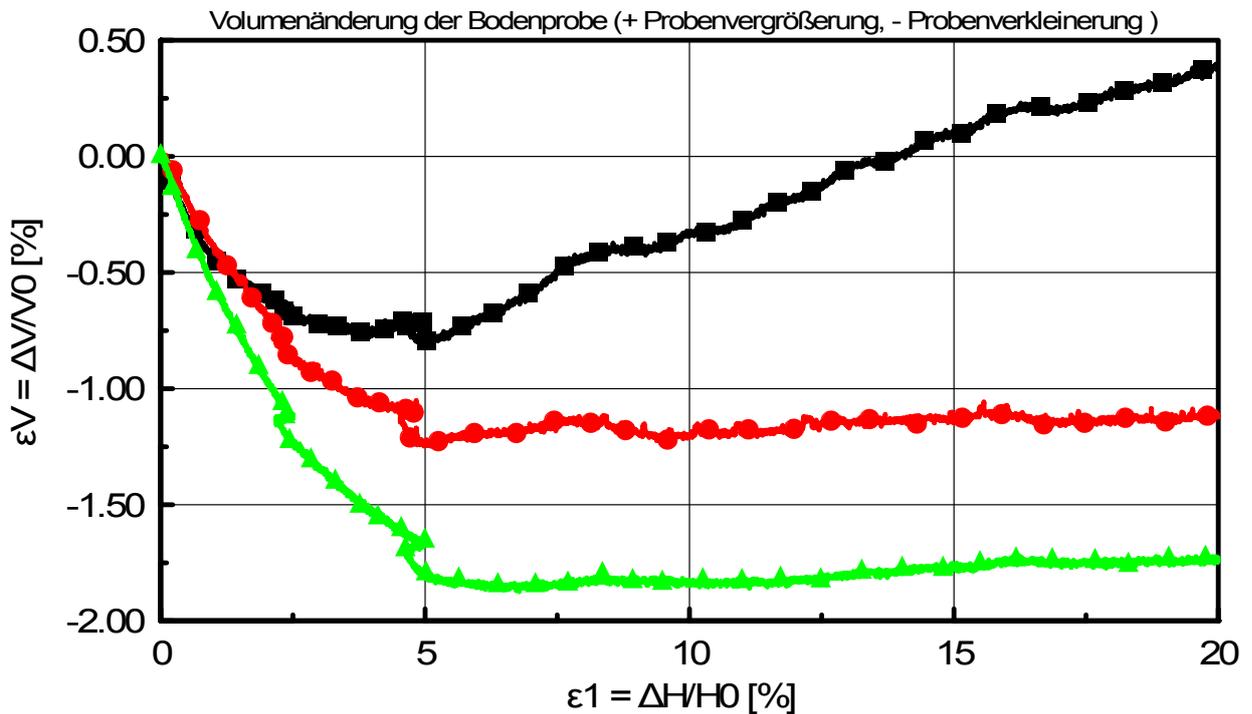
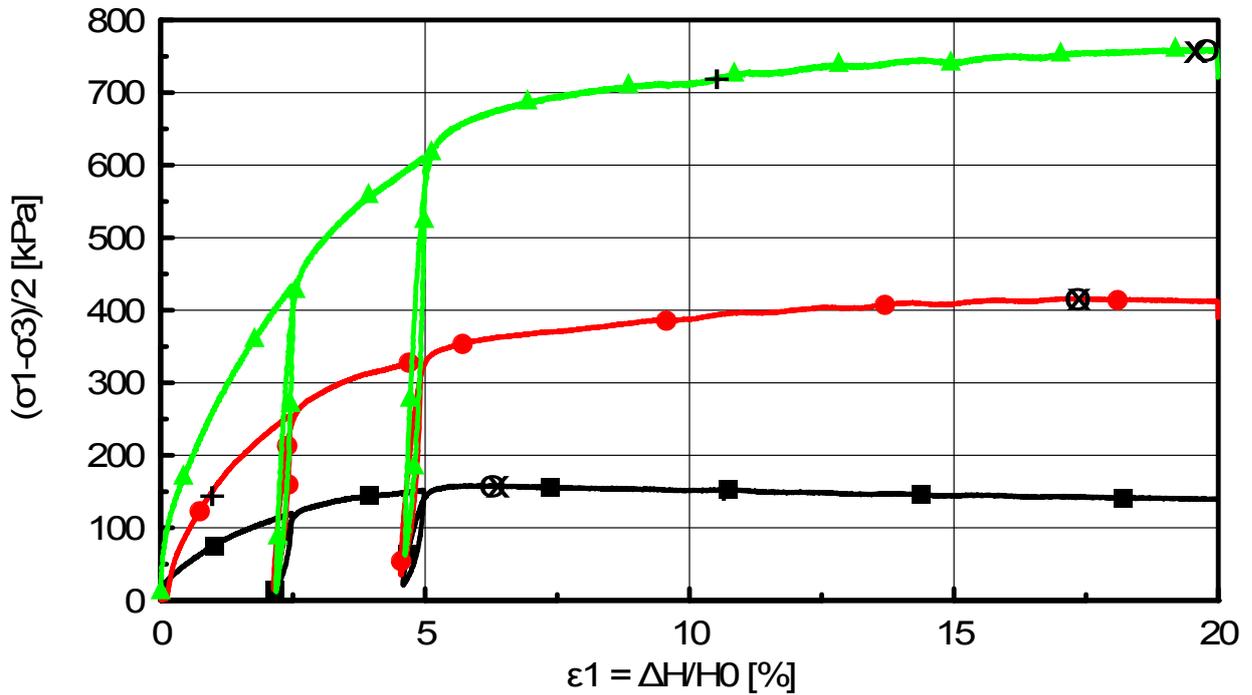
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 33.4
 c' [kPa] = 13.1
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1 - \sigma_3)$ max

■ 170602_1.TR

● 170602_2.TR

▲ 170602_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF810
 Tiefe unter GOK: 12,3 m

Datum: 19.03.2018
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170602

Anlage: 6.1.3.11

Triaxialversuch (CIDC)

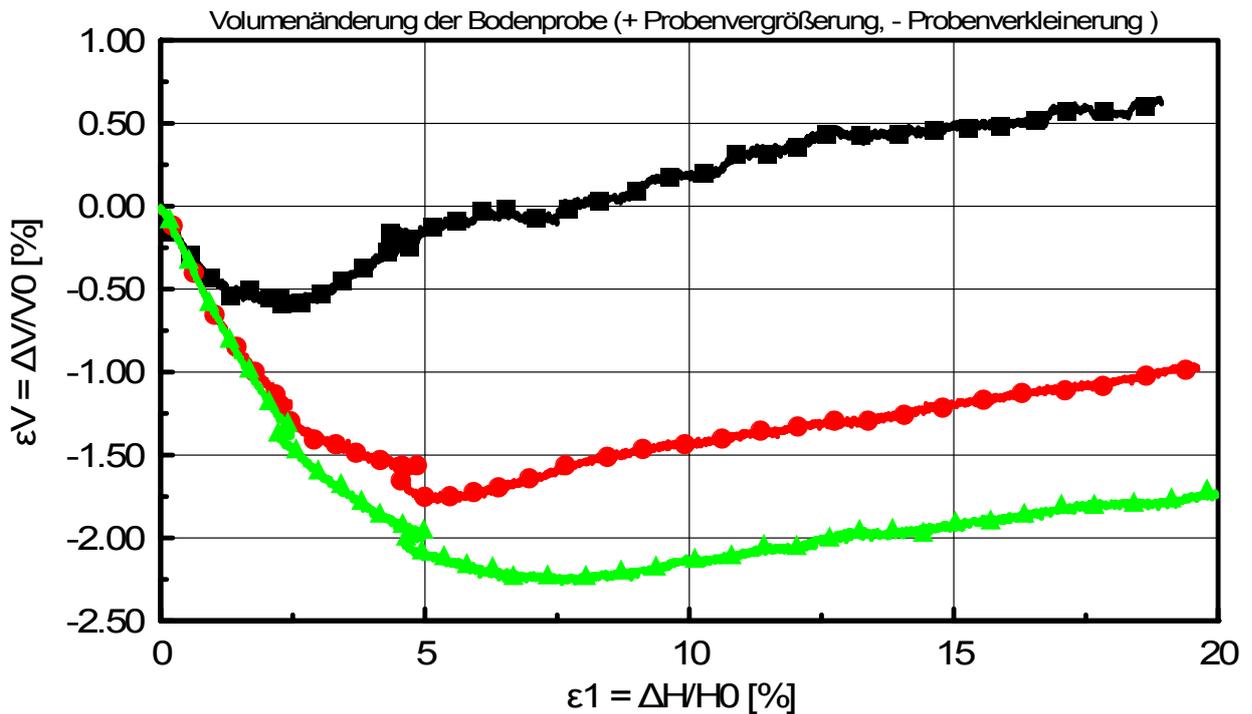
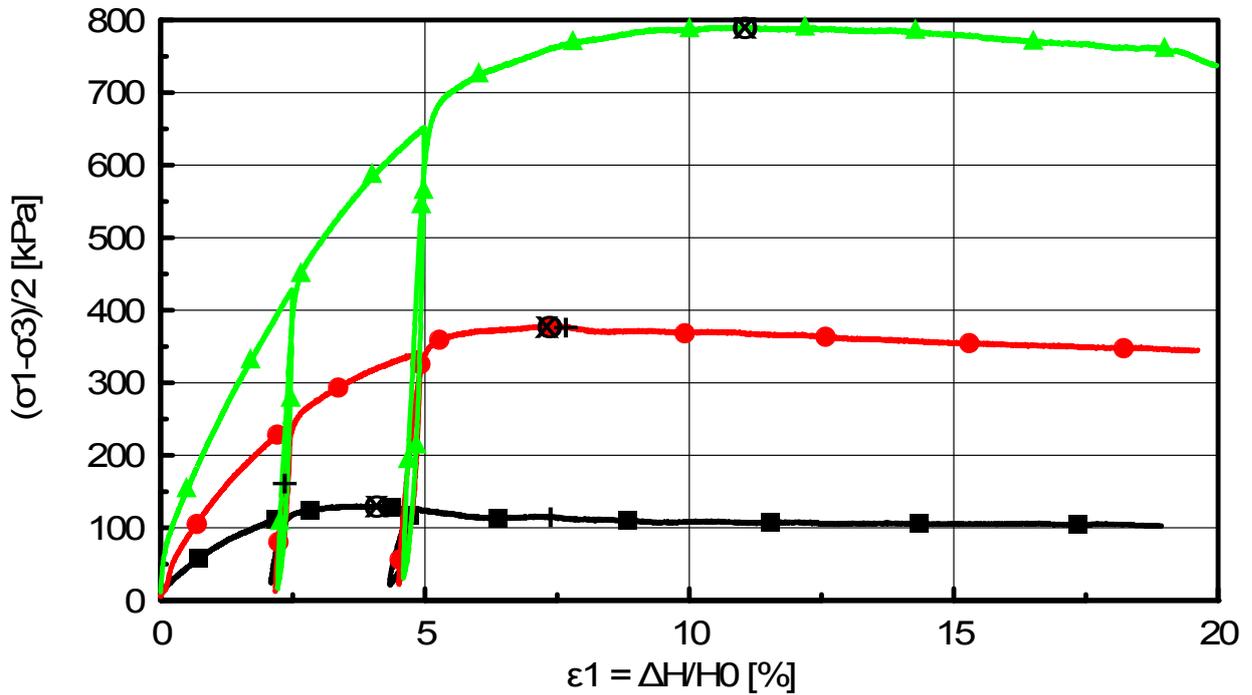
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 34.8
 c' [kPa] = 0.2
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1 - \sigma_3)$ max

■ 170603_1.TR

● 170603_2.TR

▲ 170603_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF810
 Tiefe unter GOK: 14,3 m

Datum: 29.11.2017
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170603

Anlage: 6.1.3.12

Triaxialversuch (CIDC)

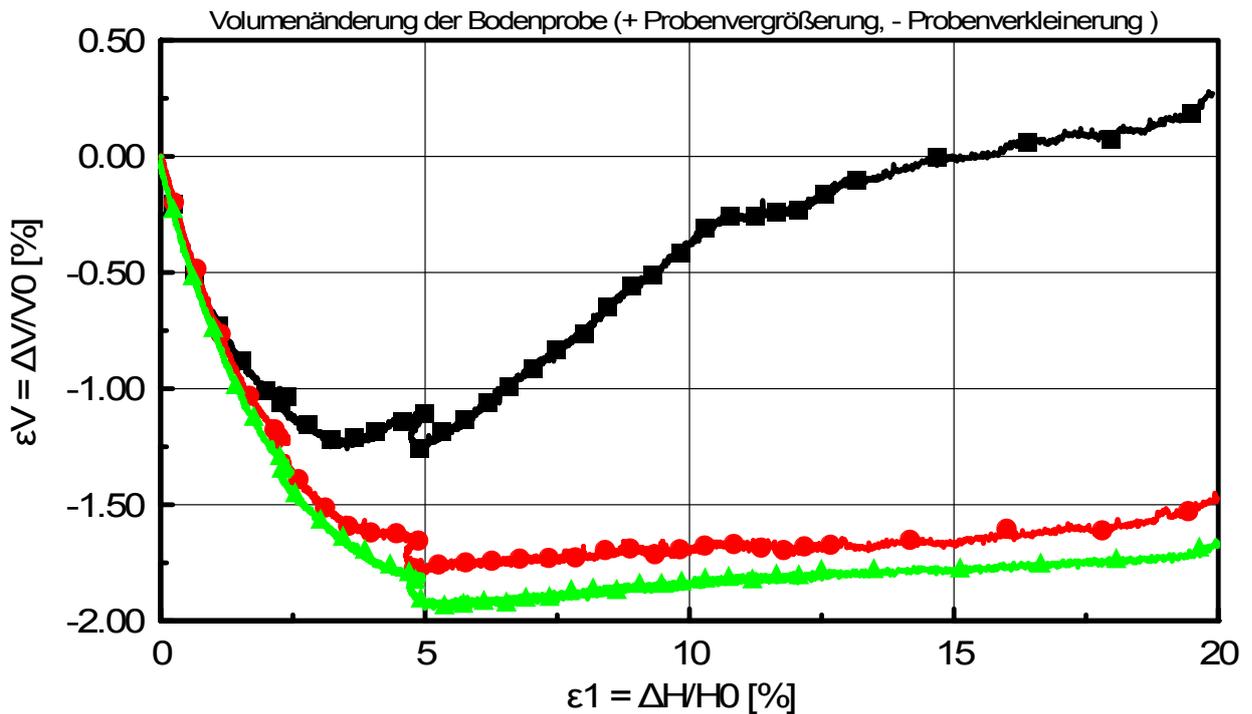
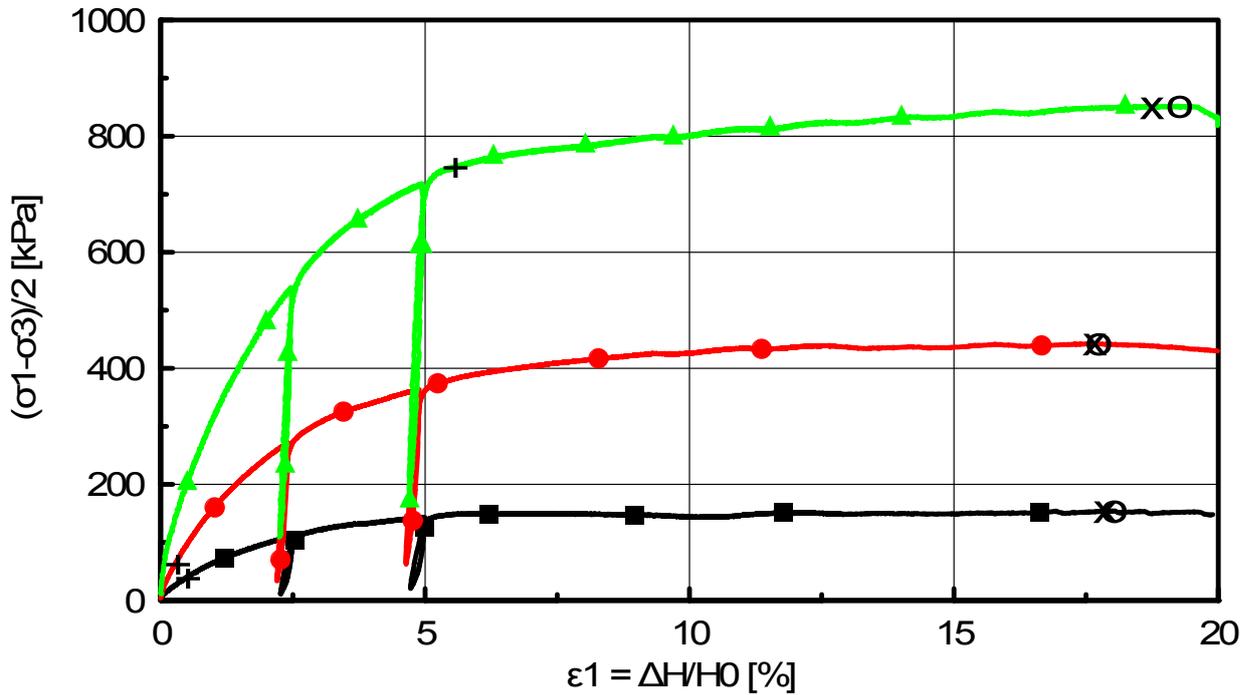
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 35.5
 c' [kPa] = 15.6
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170604_1.TR

● 170604_2.TR

▲ 170604_3.TR

Bodenart:
 Aufschluss: BKF810
 Tiefe unter GOK: 22,3 m

Datum: 31.01.2018
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170604

Anlage: 6.1.3.13

Triaxialversuch (CIDC)

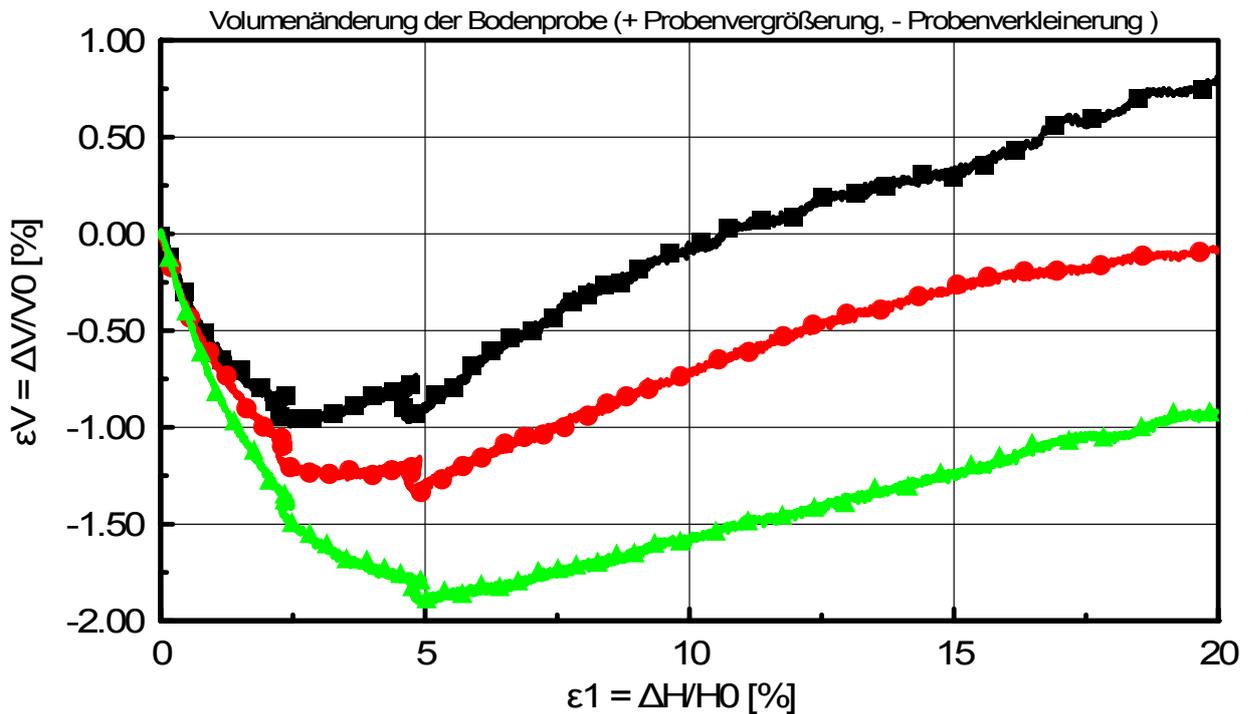
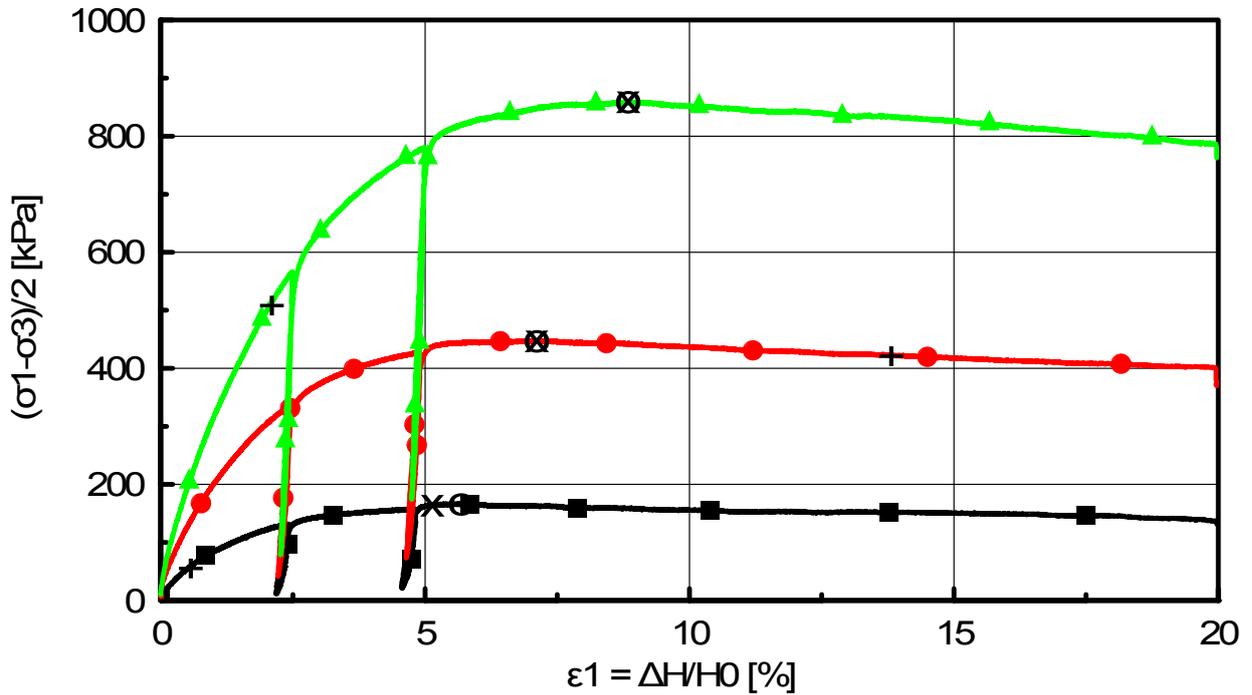
nach DIN 18137-2

Auftrag: A39550110387
 Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
 Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



ϕ' [°] = 35.6
 c' [kPa] = 17.5
 r^2 = 1.00

Kriterien : + PWD max
 x (σ_1'/σ_3') max
 o $(\sigma_1-\sigma_3)$ max

■ 170605_1.TR

● 170605_2.TR

▲ 170605_3.TR

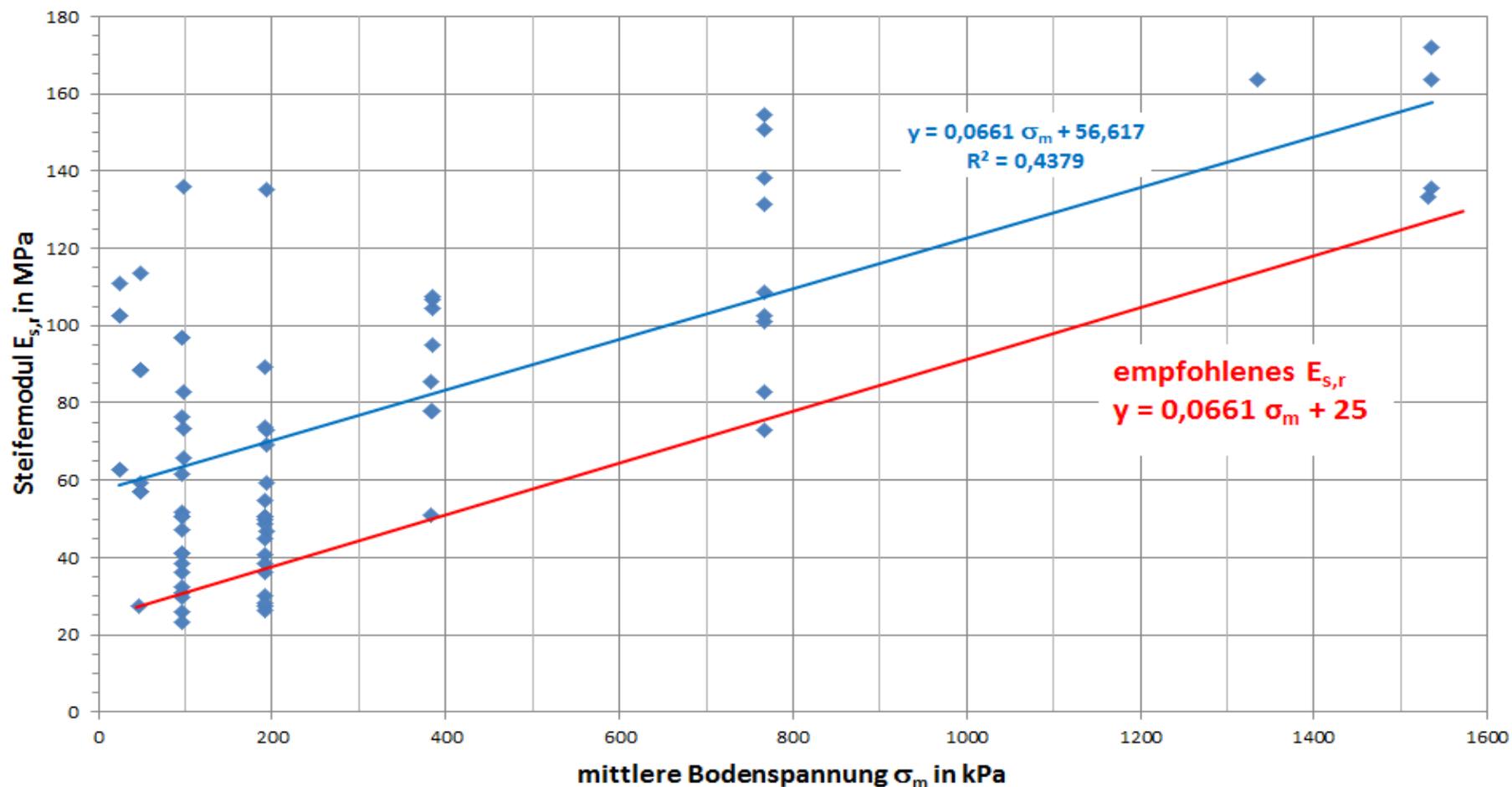
Bodenart:
 Aufschluss: BKF810
 Tiefe unter GOK: 24,3 m

Datum: 07.02.2018
 LaborantIn: Augner
 BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170605

Anlage: 6.1.3.14

KD-Versuch Geschiebemergel (Wiederbelastung)



Anlegedalten Revisionsverschlüsse

KD-Versuche (Wiederbelastung) Geschiebemergel

Auftrags-Nr.
B3952.05.20.10387
Datum: Okt. 2018

Anlage: 7.1.1

Bohrung	Labor-Nr.	Entnahme- tiefe mGOK	NHN Höhe Probe mNHN	Sigma mittel kPa	Es,r Mpa	nicht berücksichtigt		C _{up} Penetrometer kN/m ²	Wassergehalt w %	Korndichte rho s g/cm ³	Feuchtdichte rho g/cm ³	Porenzahl e [-]		
						Sigma mittel kPa	Es,r Mpa							
BKF01_2010 Düker 1	20100486	23,75	-20,25	97,3	65,745			660	9,3	2,6670		0,3220		
				192,9	69,185									
				384,0	104,587									
				766,3	100,982									
BKF04_2010 Düker 2	20100466	26	-22,05	97,3	135,849			130	11,9	2,6940		0,3140		
				192,9	135,316									
						384,0	214,766							
BKF01_2010 Düker 3	20100491	32,75	-29,25	97,3	73,311			327	10,1	2,6760		0,2960		
				192,9	59,494									
				384,0	94,854									
				766,3	82,911									
BKF01_2010 Düker 4	20100483	15,75	-12,25	97,3	82,845			250	11,1	2,6810				
				192,9	73,158									
				384,0	106,778									
				766,3	108,507									
BKF810/16 Umschlagstelle 5	20170599	6,3	(3,99) -2,31	48,0	59,150			80	12,5	2,6870	2,2260	0,3490		
				96,0	32,504									
				192,0	36,146									
BKF810/16 Umschlagstelle 6	20170600	8,3	-4,31			48,0	197,567	90	11,5	2,6791	2,2027	0,3616		
				96,5	61,669									
				193,0	46,738									
BKF810/16 Umschlagstelle 7	20170601	10,3	-6,31	48,0	88,405	48,0	516,373	160	12,8	2,6829	2,2097	0,3726		
				96,0	41,007									
				96,0	50,765									
				192,0	40,815									
				192,0	49,996									
				383,0	78,025									
				767,0	131,529									
				1535,5	171,994									
BKF810/16 Umschlagstelle 8	20170602	12,3	-8,31	48,0	56,942	48,0	197,567	250	13,3	2,6911	2,1567	0,4438		
				96,0	26,009									
				96,0	36,349									
				191,5	26,238									
				191,5	27,369									
						383,0	671,896							
				766,0	72,901									
				1531,5	133,262									
BKF_303/16 9	20170141	11,3	(4,09) -7,21	48,0	113,567			83	12,9	2,6876	2,2421	0,3412		
				96,0	76,493									
				192,0	54,793									
BKF_303/16 10	20170142	13,3	-9,21	48,0	88,405			125	12,4	2,6856	2,2292	0,3420		
				96,0	51,834									
				192,0	45,092									
BKF_303/16 11	20170194	32,3	-30,21			48,0	841,456	800	8,8	2,6910	1,9833	0,6592		
				96,0	96,864									
				192,0	89,132									
				384,0	107,445									
BKF_602/16 12	20170148	5,3	(4,09) -1,21	24,0	62,551			134	12,2	2,6775	2,2444	0,3334		
				48,0	56,942									
				48,0	88,405									
				96,0	38,537									
				96,0	47,034									
				192,5	38,368									
				192,0	50,472									
				384,0	77,987									
				767,5	138,286									
				1335,5	163,751									
				BKF_602/16 13	20170149	7,3	-3,21						24,0	102,702
48,0	88,405													
48,0	88,405													
96,0	50,765													
96,0	41,007													
192,0	48,550													
192,0	50,472													
383,5	85,423													
767,0	150,913													
BKF_602/16 14	20170154	23,1	-19,01	24,0	102,702			787	10,1	2,6726	2,2276	0,3217		
				48,0	88,405									
				48,0	56,942									
				96,0	31,057									
				96,0	23,182									
				192,0	30,217									
				192,0	28,218									
				383,5	51,152									
767,0	102,550													
BKF_602/16 15	20170155	25,3	-21,21			48,0	197,567	110	11,3	2,6742	2,2961	0,2936		
				96,0	96,864									
				192,0	73,730									
BKF_609/16 16	20170157	7,3	(3,72) -3,58	24,0	62,551			67	14,8	2,6704	2,1394	0,4419		
				48,0	88,405									
				96,0	29,620									
BKF_609/16 17	20170159	11,3	-7,58	24,0	110,950			117	12,2	2,6739	2,2,99	0,3563		
				47,5	27,539									
	Min							67	8,8	2,6670	1,9833	0,2936		
	Max							800	14,8	2,6940	2,2961	0,6592		
	Mw							254	11,7	2,6806	2,1973	0,3691		

	Anlegedalten Revisionsverschlüsse	Auftrags-Nr. B3952.05.20.10387 Datum: Okt. 2018 Anlage: 7.1.2
	KD-Versuche (Wiederbelastung) Geschiebemergel	

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

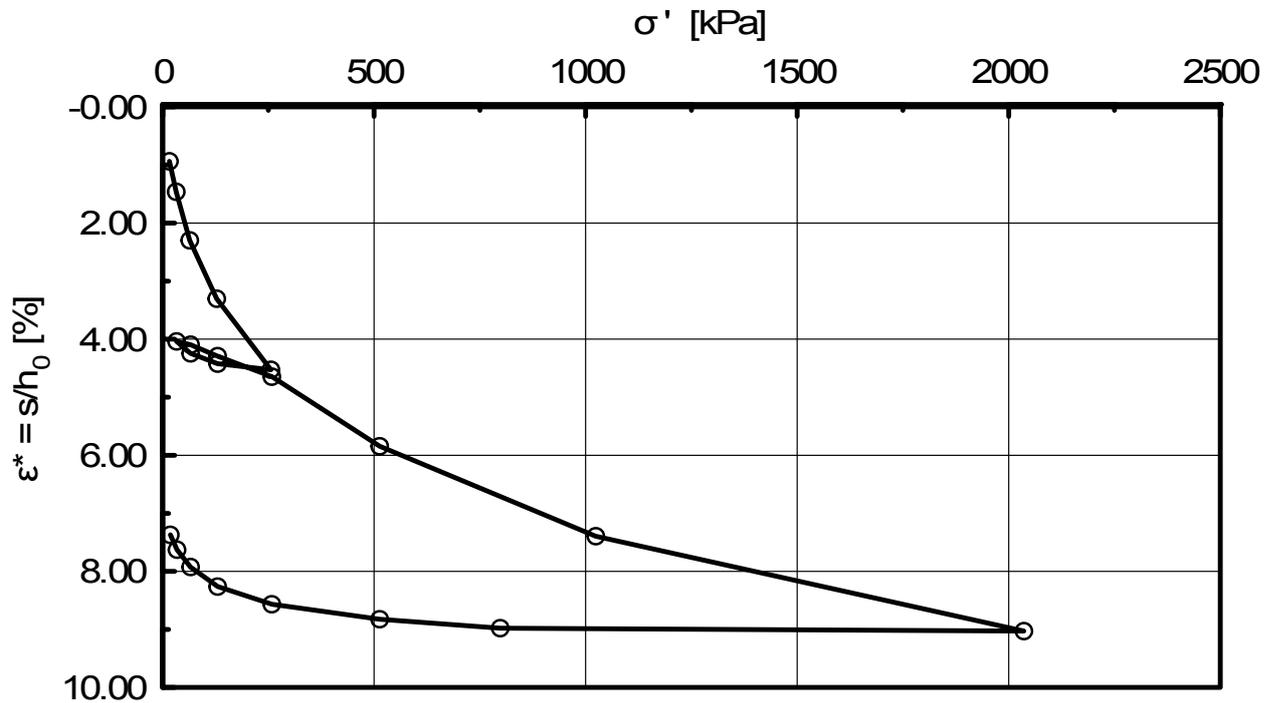
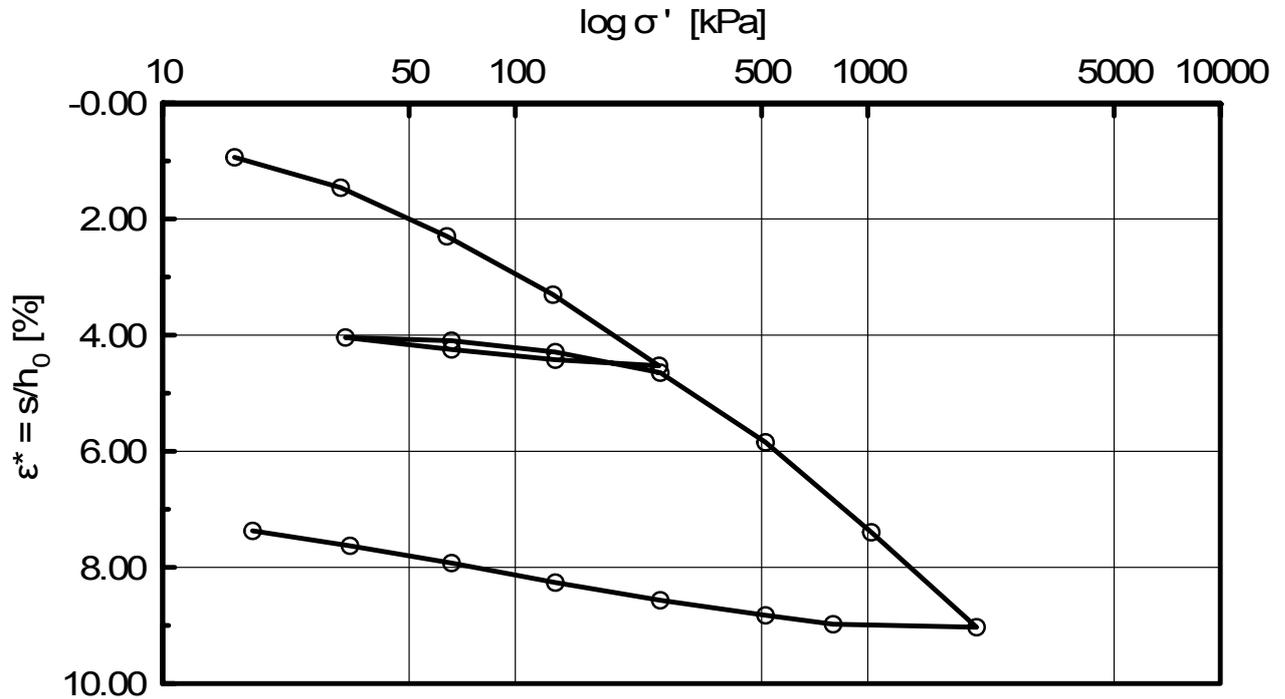
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170599_4.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF810
Tiefe unter GOK: 6,3 m

Datum: 23.11.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruth

Labor-Nr.: 20170599

Anlage: 7.1.3.1

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

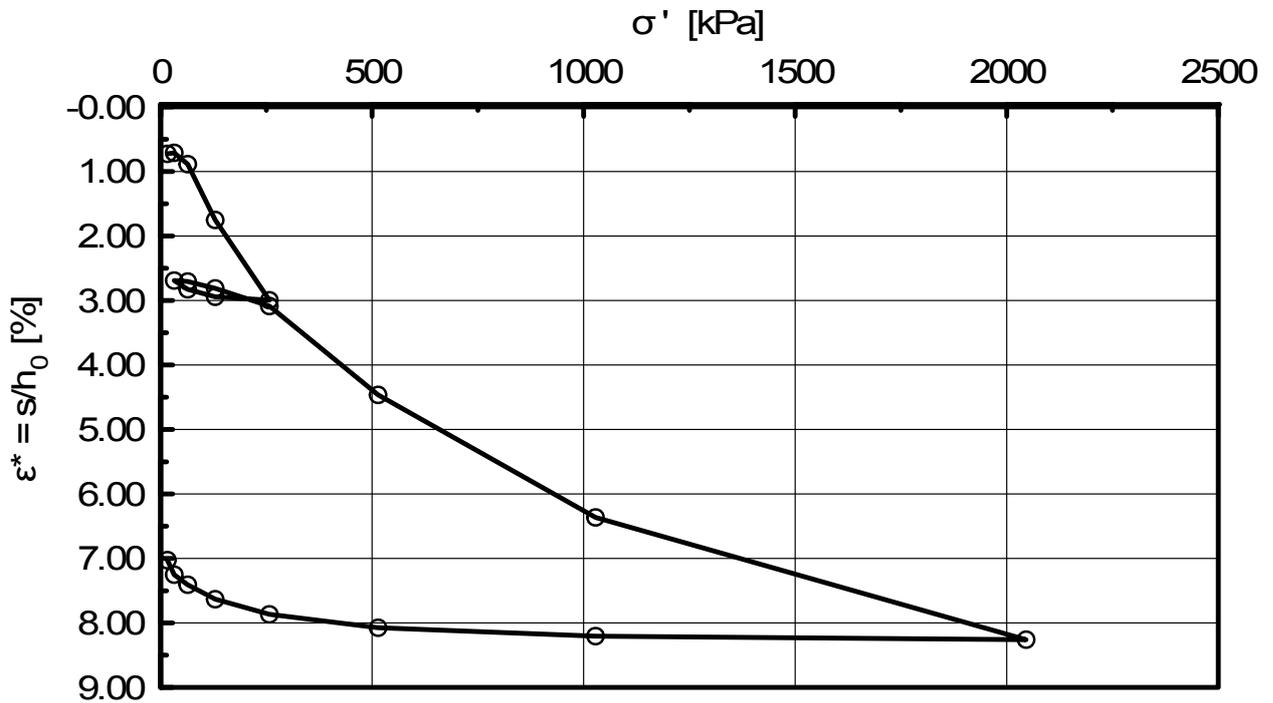
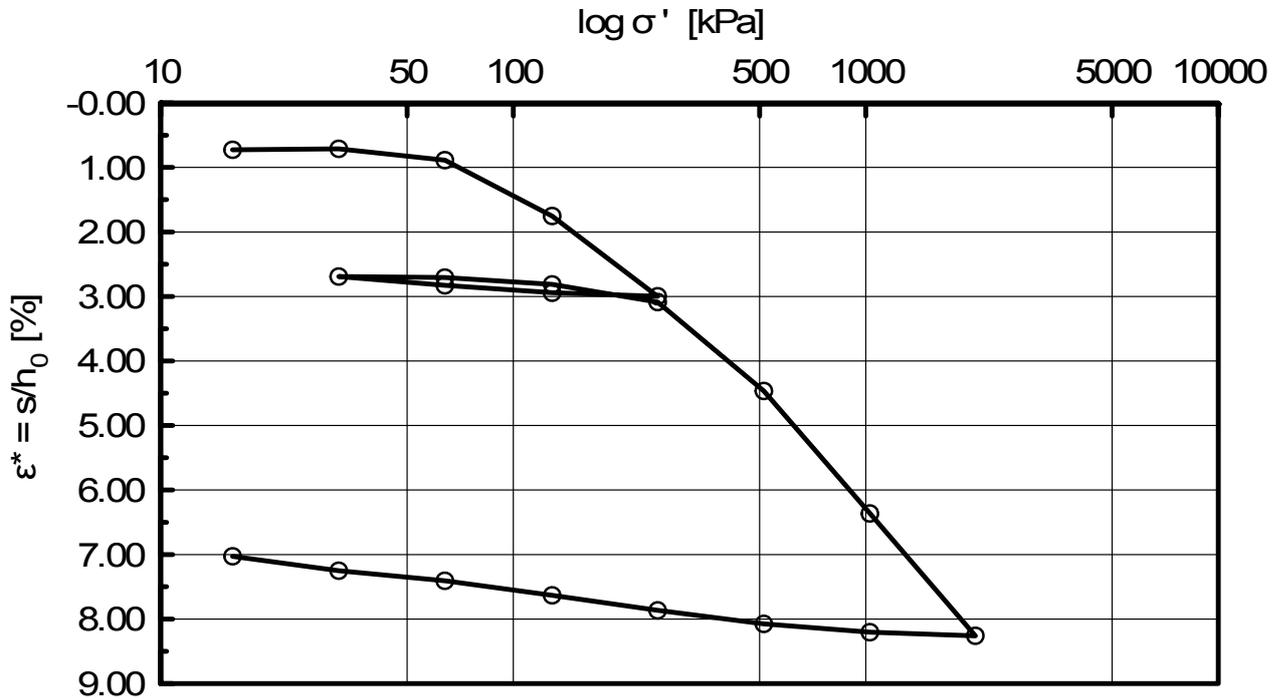
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170600_5.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF810
Tiefe unter GOK: 8,3 m

Datum: 22.11.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruth

Labor-Nr.: 20170600

Anlage: 7.1.3.2

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

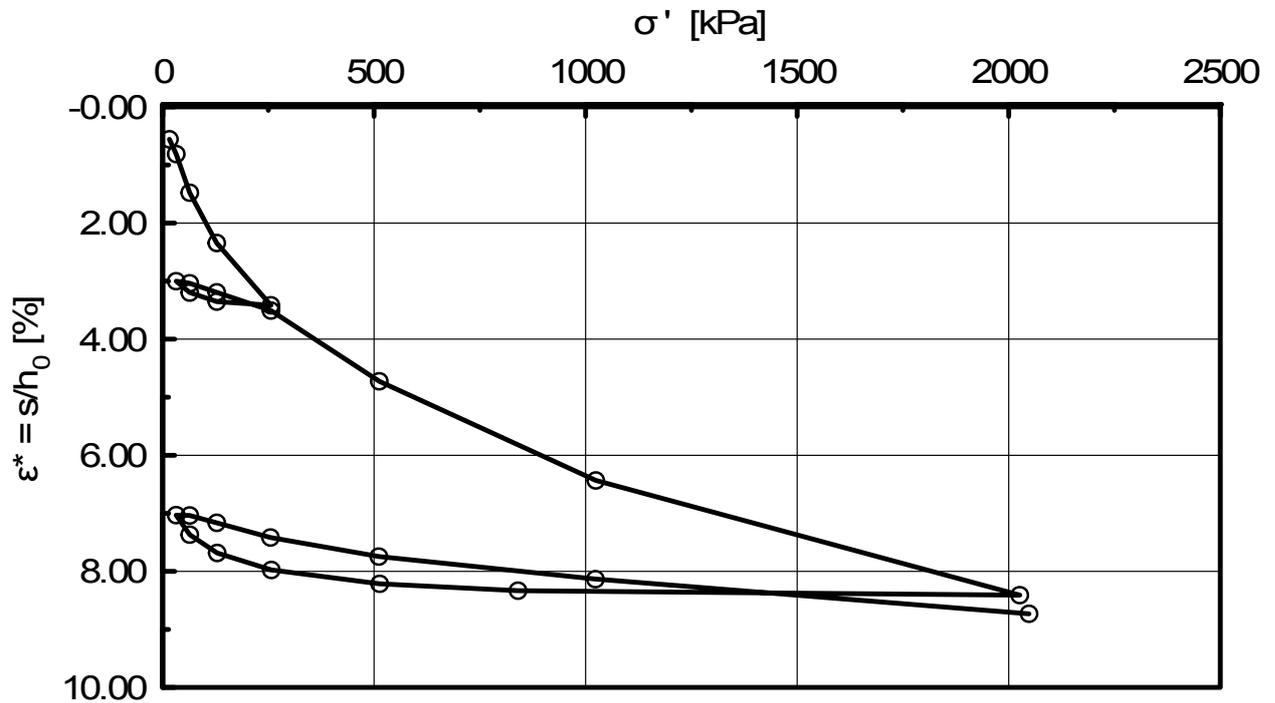
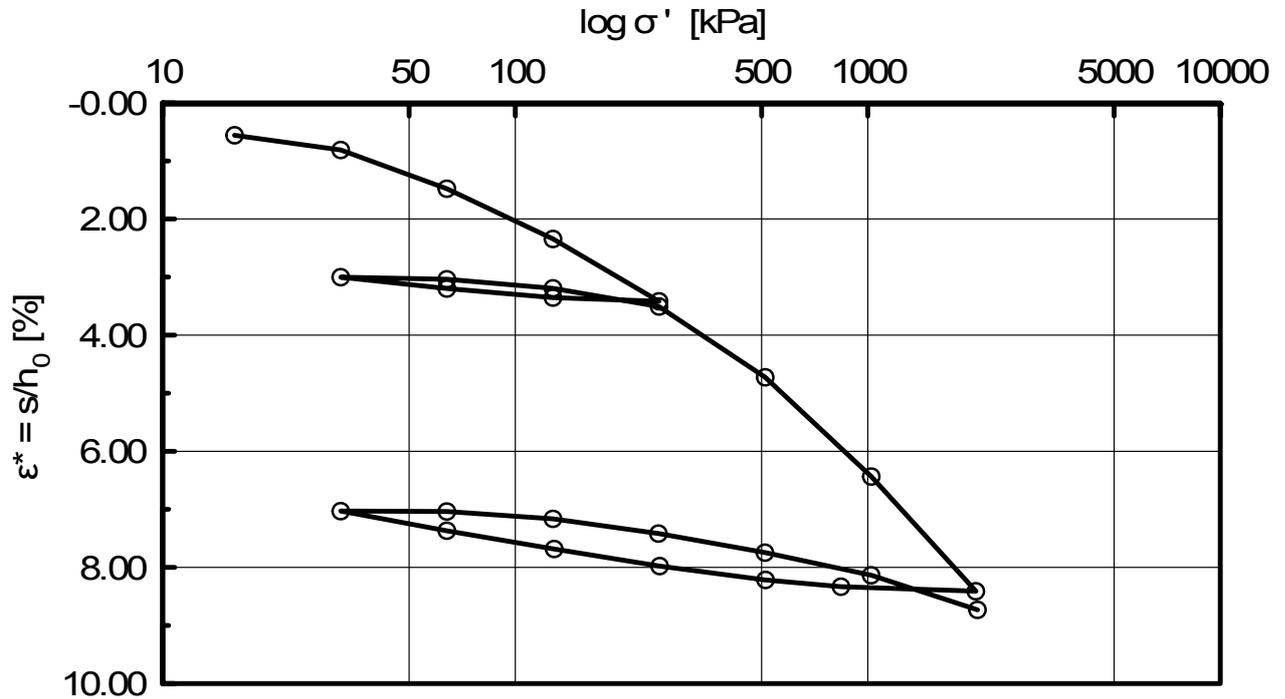
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170601_2.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF810
Tiefe unter GOK: 10,3 m

Datum: 28.11.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebethuth

Labor-Nr.: 20170601

Anlage: 7.1.3.3

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

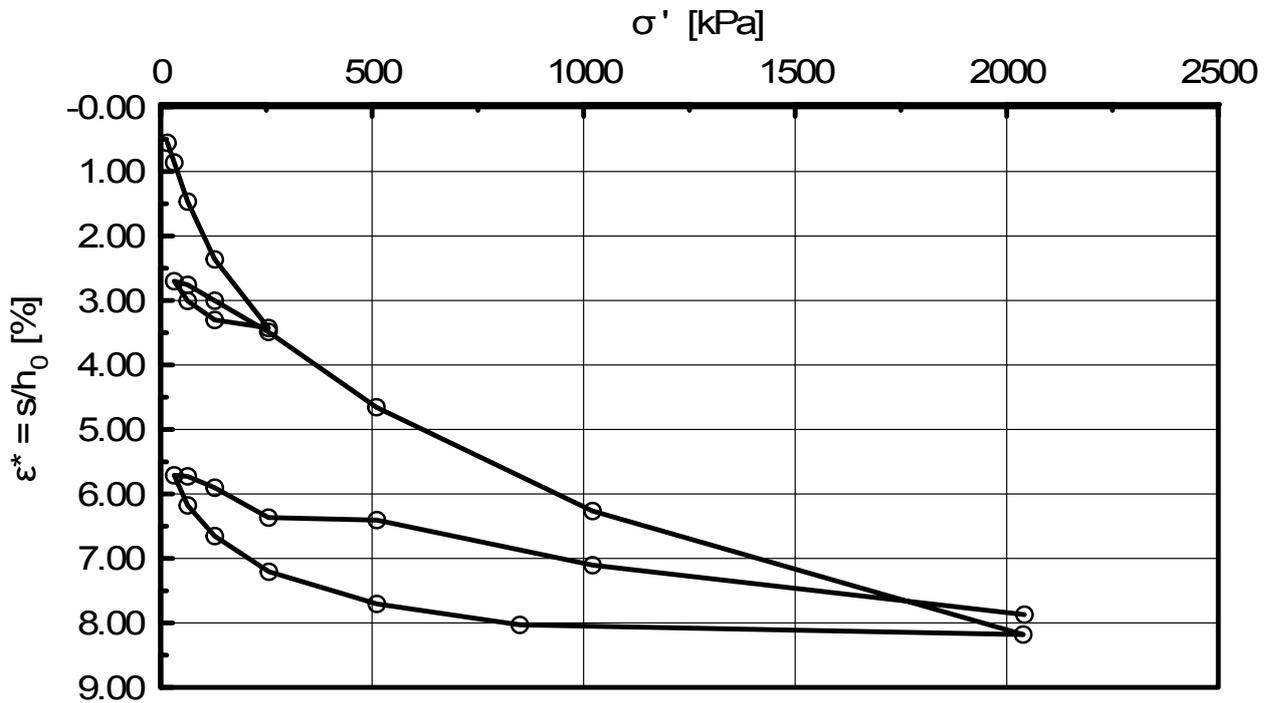
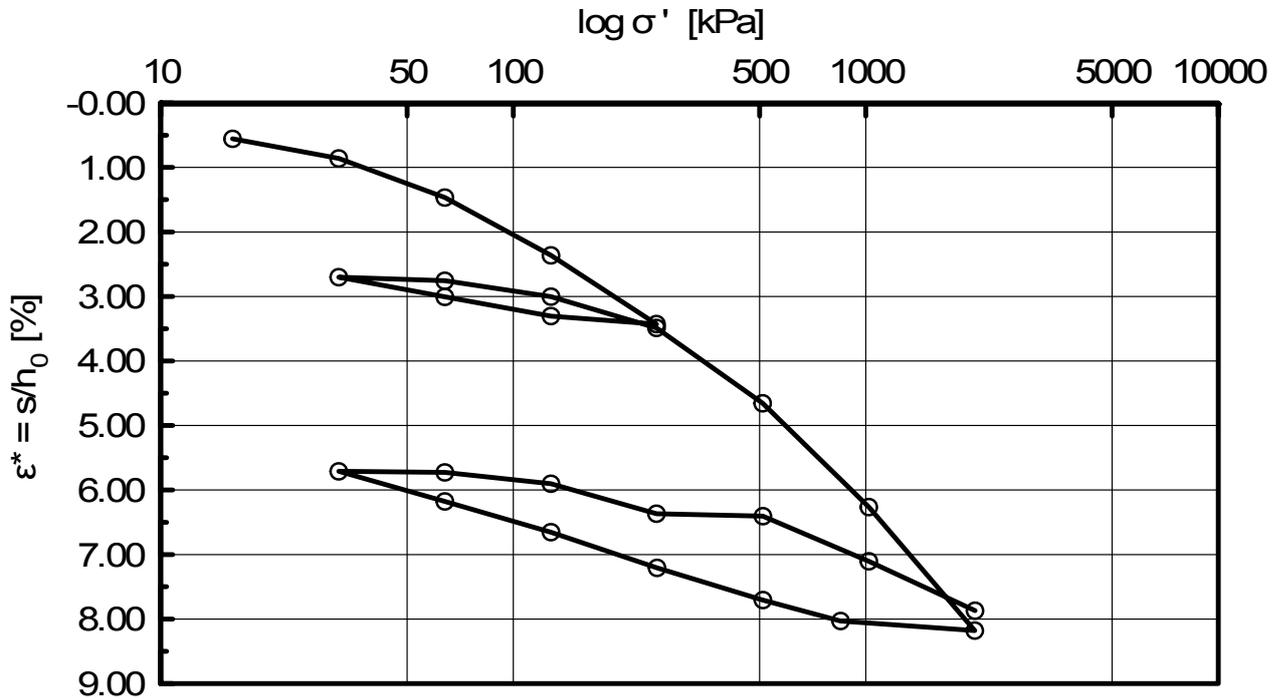
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170602_1.KD

Probe :

$d_0 = 70.0 \text{ mm}$

$h_0 = 20.00 \text{ mm}$

Bodenart:
Aufschluss: BKF810
Tiefe unter GOK: 12,3 m

Datum: 29.11.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruth

Labor-Nr.: 20170602

Anlage: 7.1.3.4

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

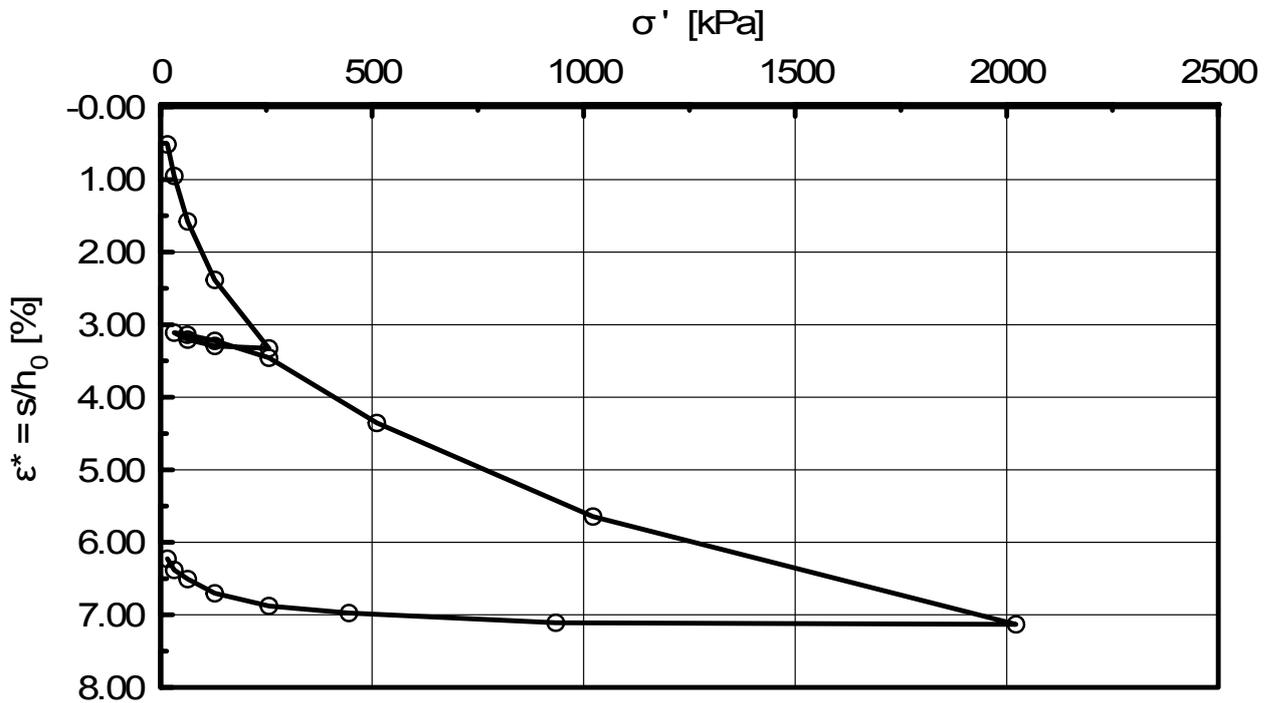
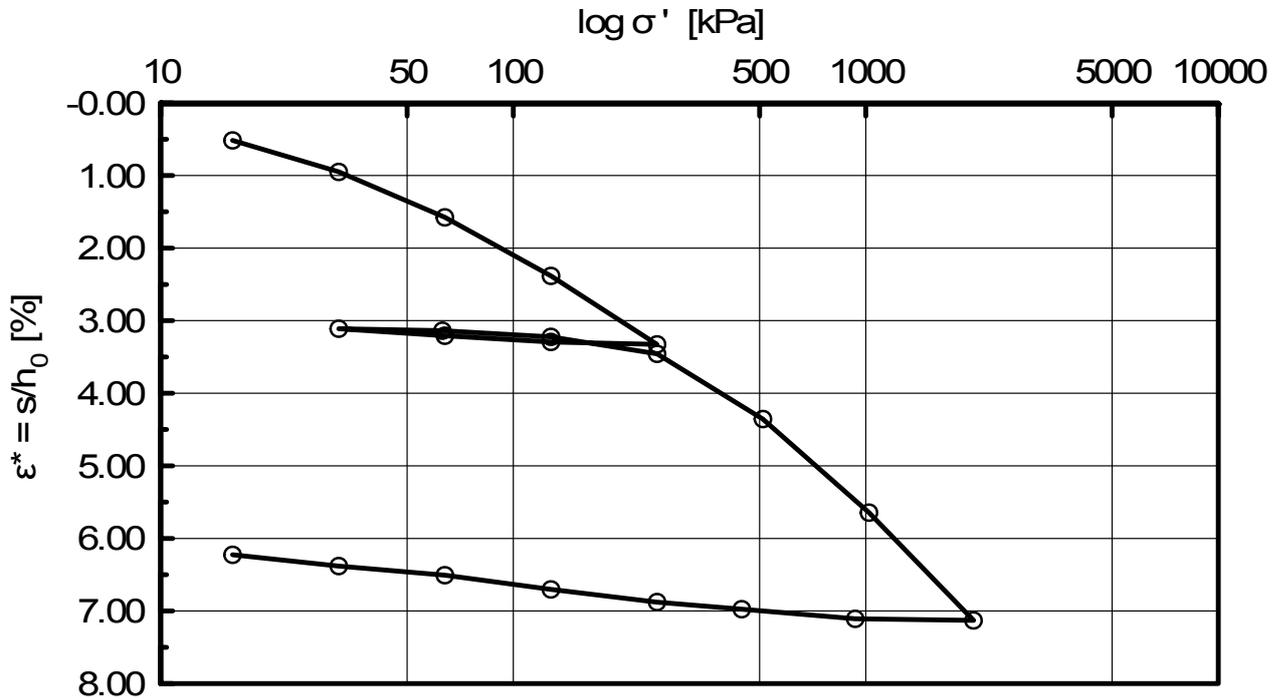
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170141_6.KD

Probe :

d₀ = 70.0 mm

h₀ = 20.00 mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF303/16
Tiefe unter GOK: 11,3 m

Datum: 18.09.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruth

Labor-Nr.: 20170141

Anlage: 7.1.3.5

Kompressionsversuch

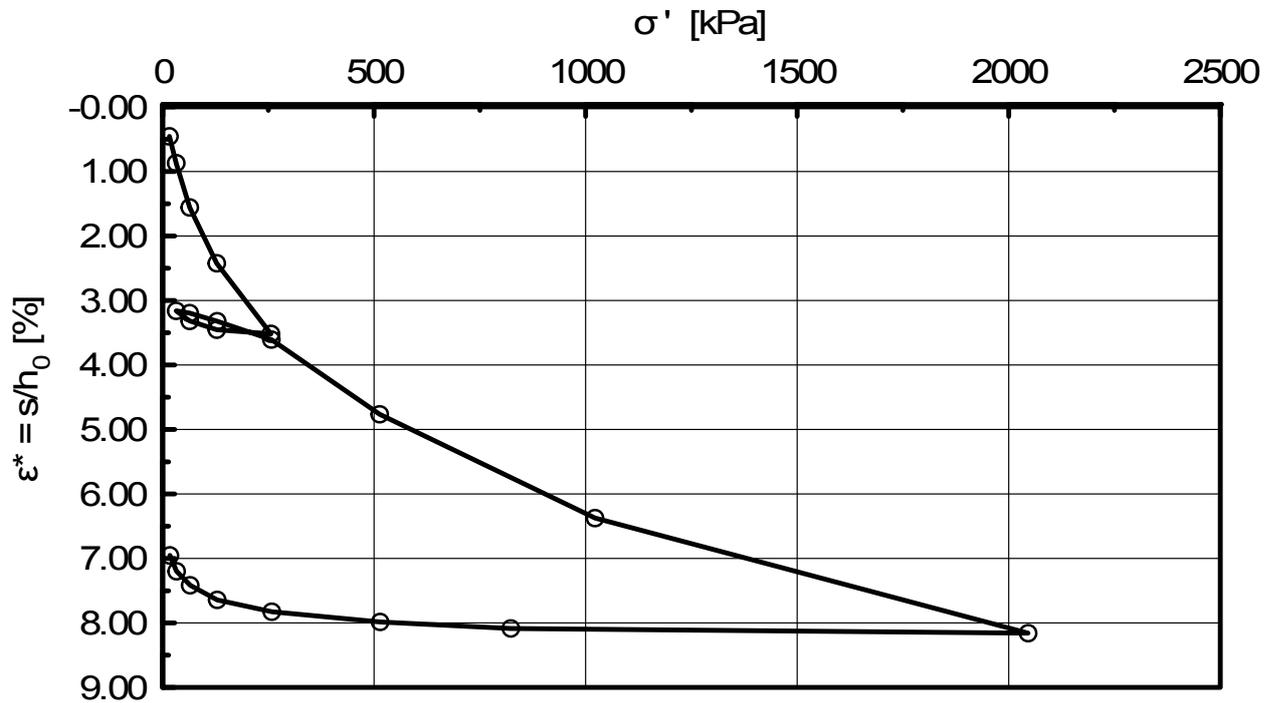
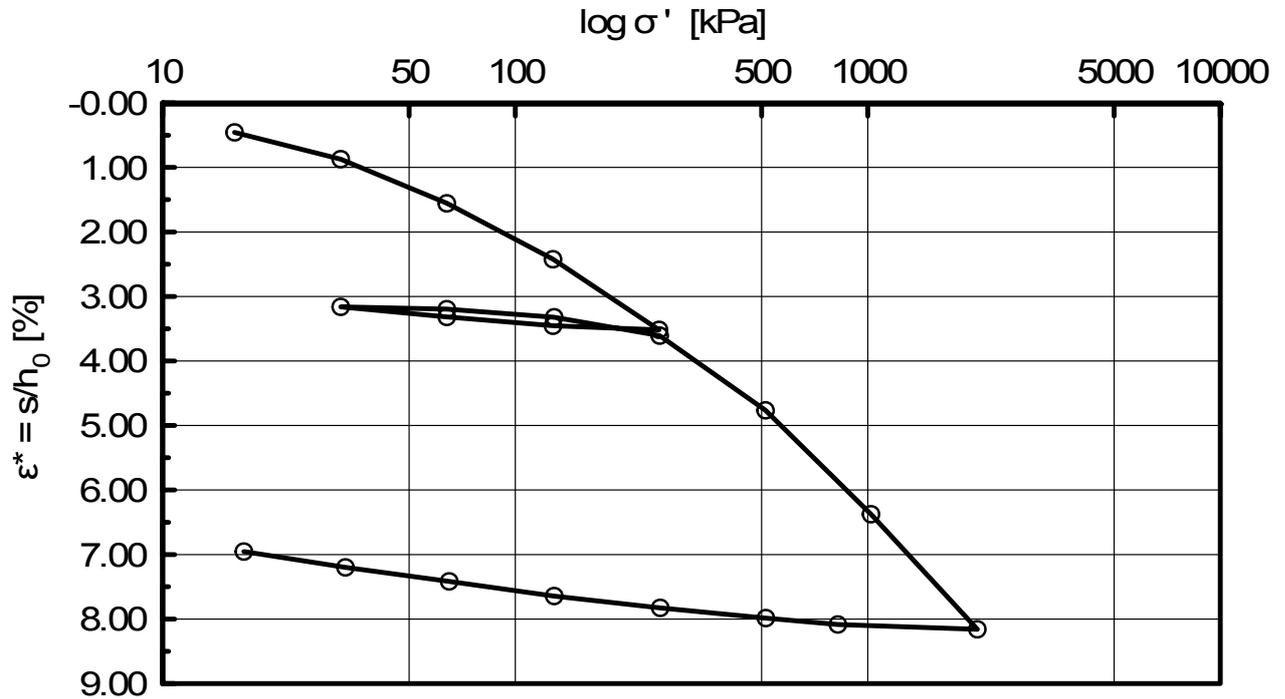
nach DIN 18135 - K RF

Auftrag: A39550110387
Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



Dateiname: 170142_4.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF303/16
Tiefe unter GOK: 13,3 m

Datum: 18.09.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruth

Labor-Nr.: 20170142

Anlage: 7.1.3.6

Kompressionsversuch

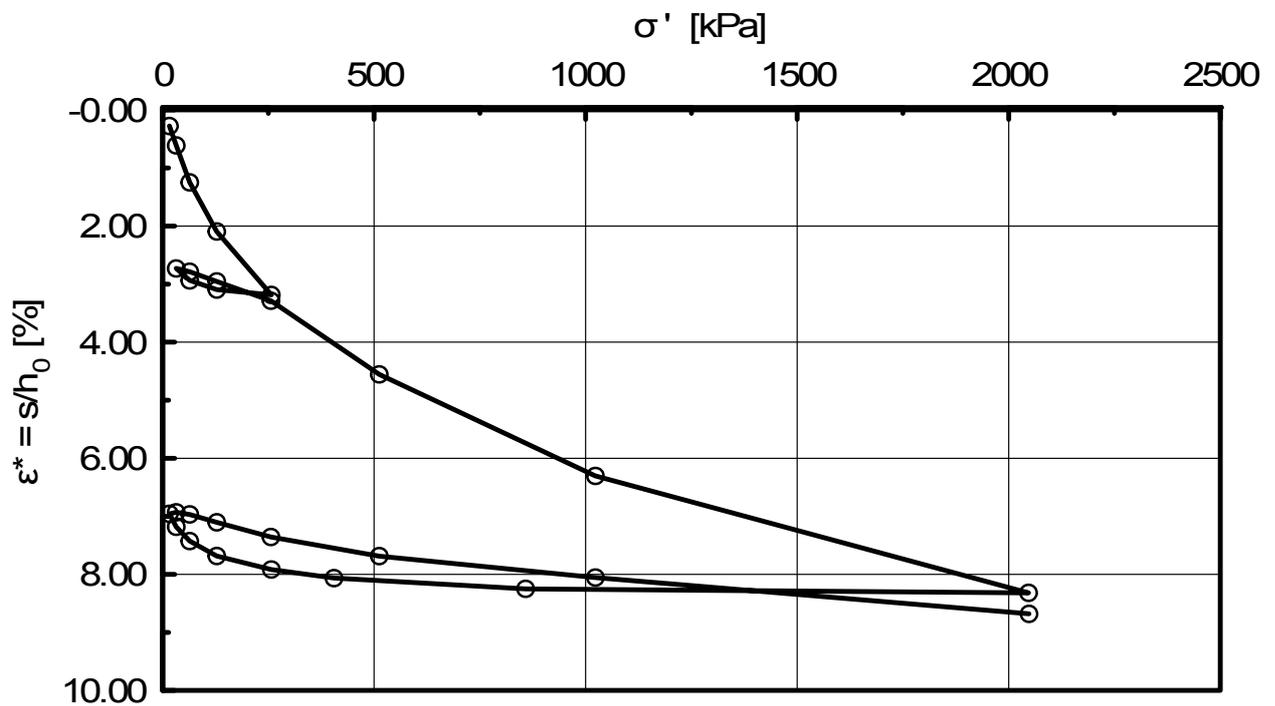
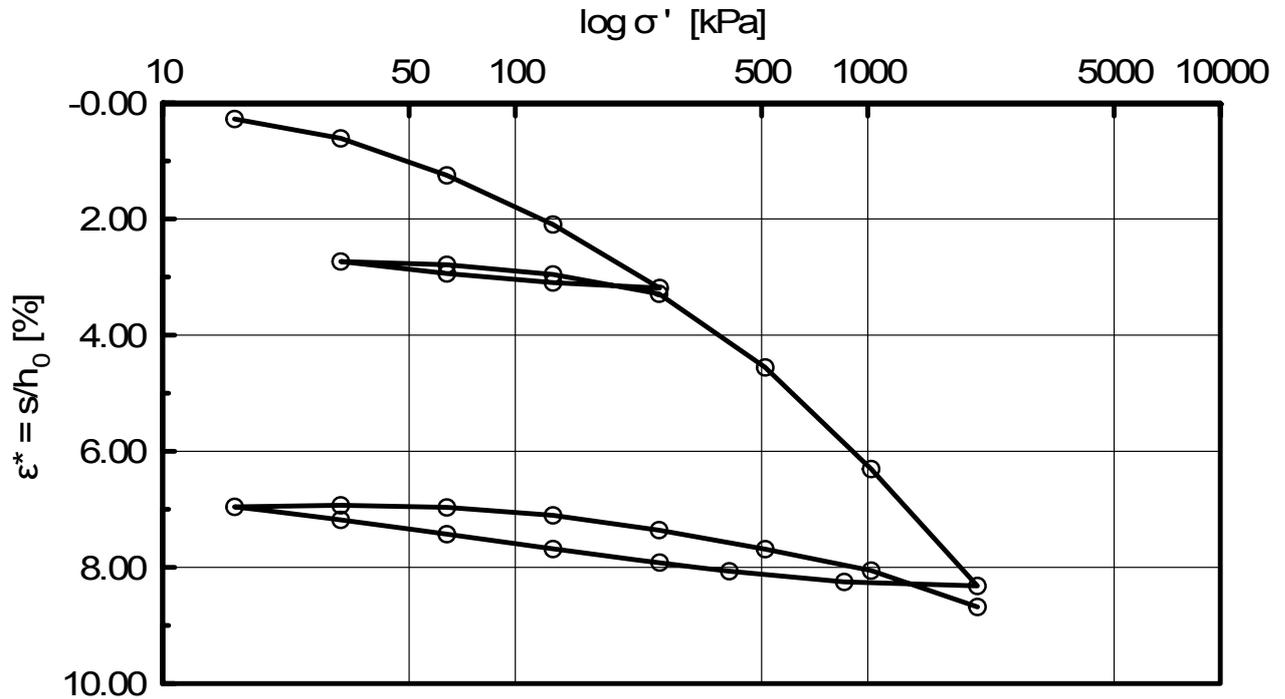
nach DIN 18135 - K RF

Auftrag: A39550110387
Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



Dateiname: 170148_3.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF602/16
Tiefe unter GOK: 5,35 m

Datum: 27.09.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170148

Anlage: 7.1.3.7

Kompressionsversuch

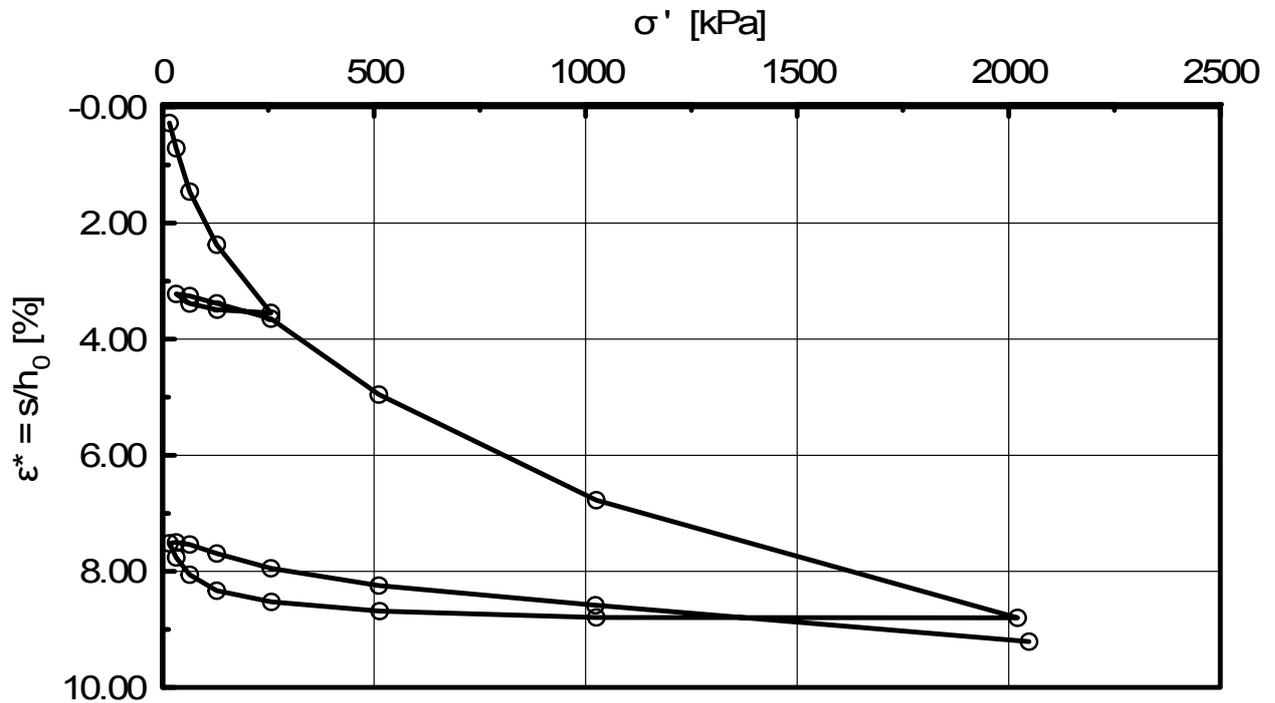
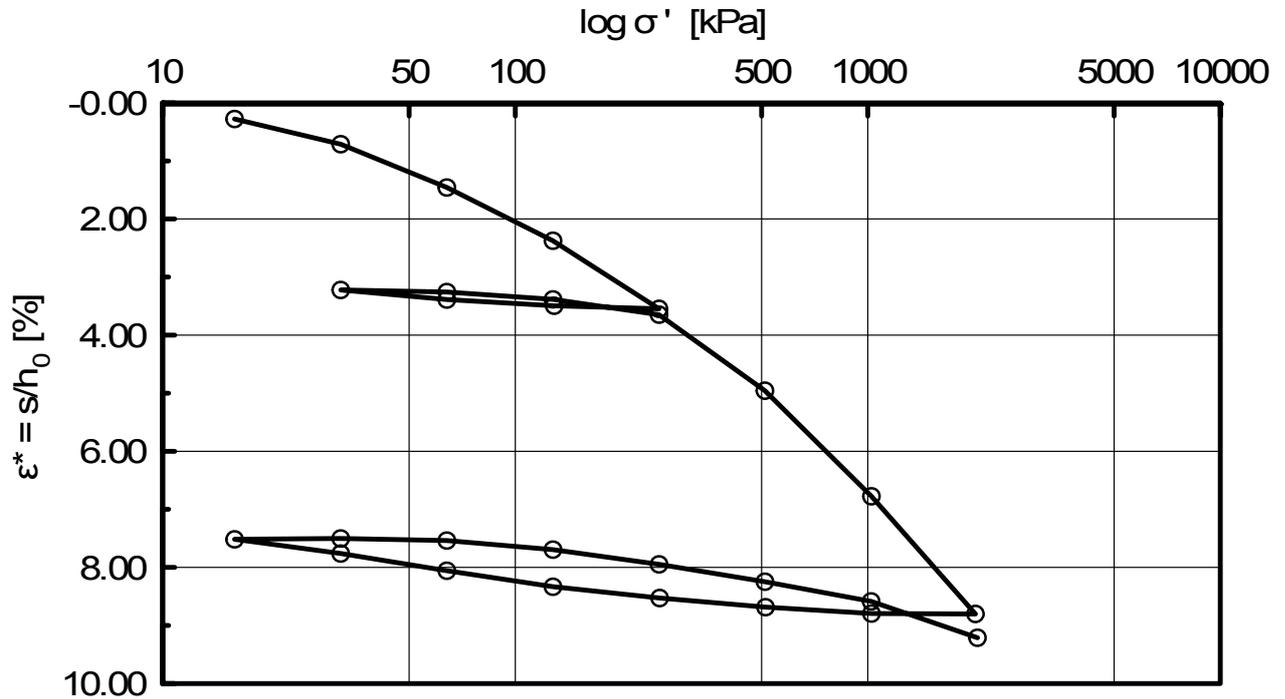
nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387
Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
Auftraggeber:



Dateiname: 170149_2.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF602/16
Tiefe unter GOK: 7,35 m

Datum: 26.09.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170149

Anlage: 7.1.3.8

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

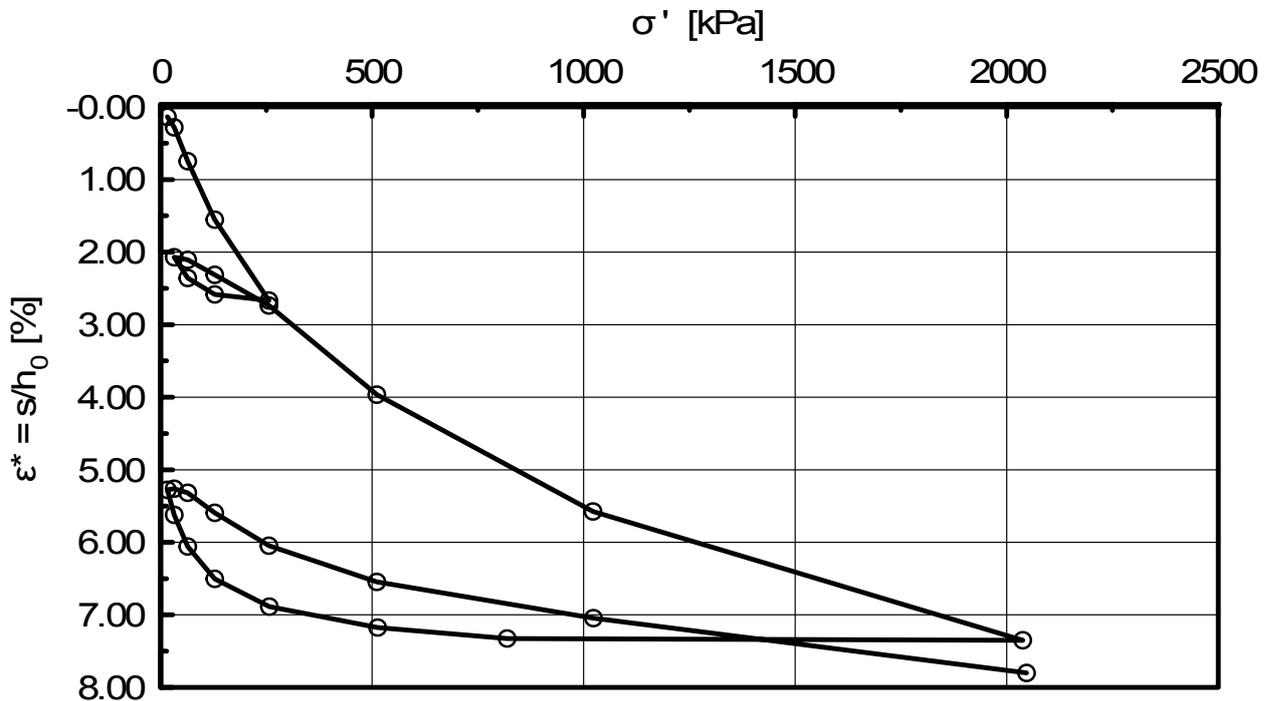
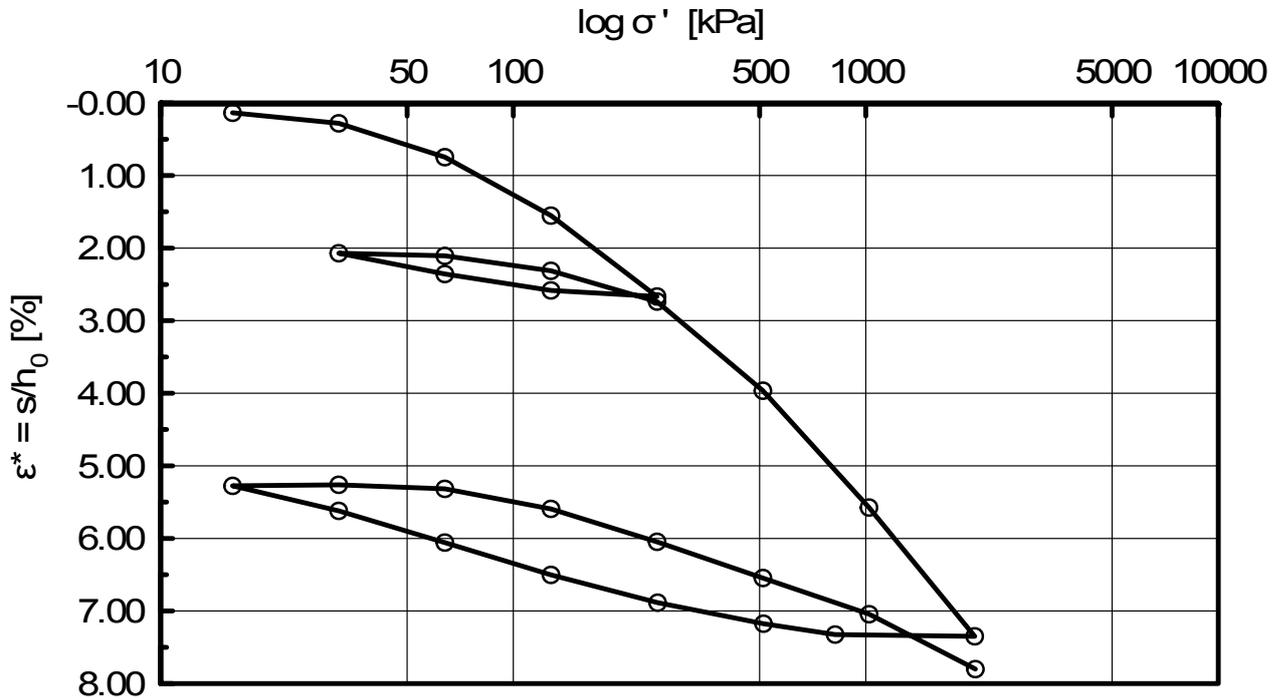
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170154_4.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF602/16
Tiefe unter GOK: 23,1 m

Datum: 26.09.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170154

Anlage: 7.1.3.9

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

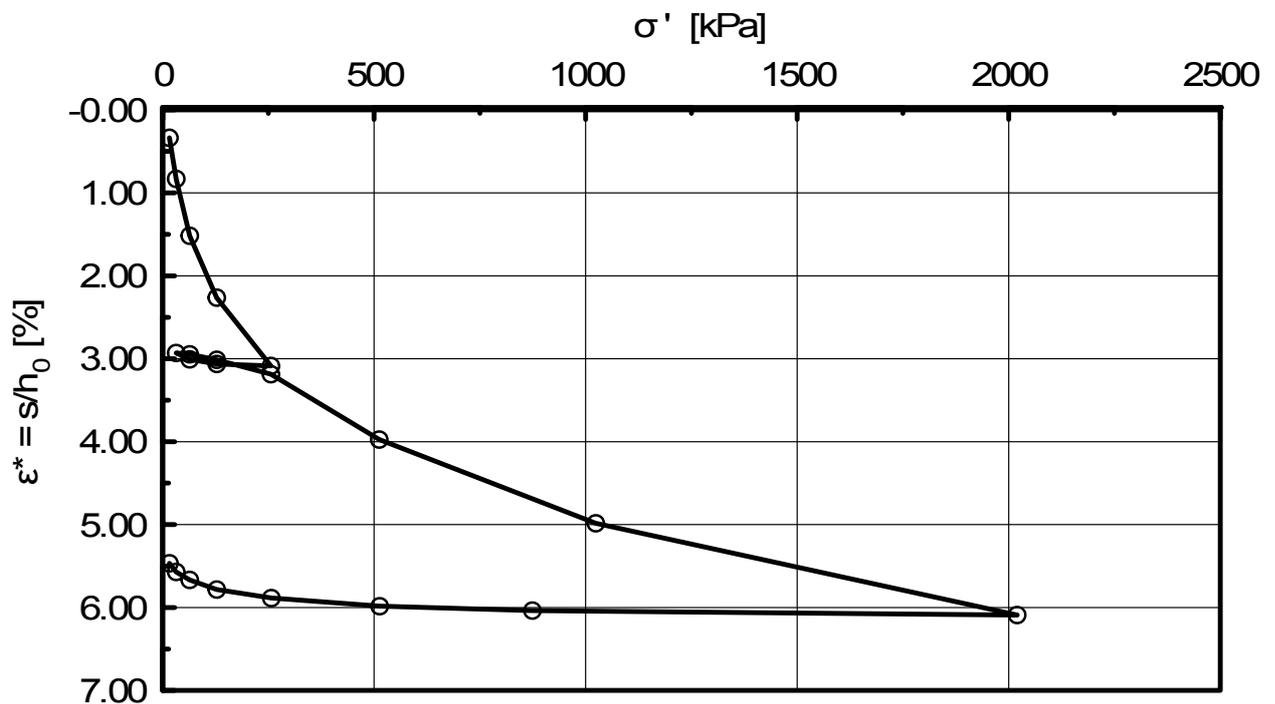
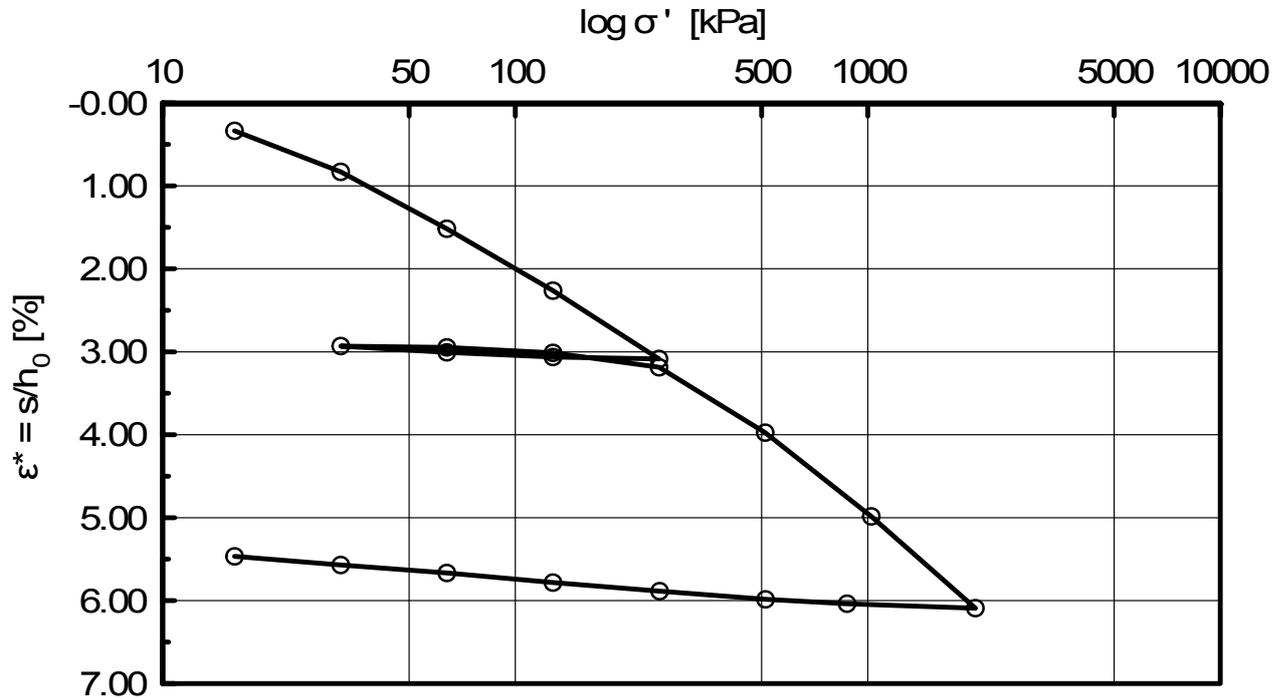
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170155_3.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF602/16
Tiefe unter GOK: 25,3 m

Datum: 23.11.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170155

Anlage: 7.1.3.10

Kompressionsversuch

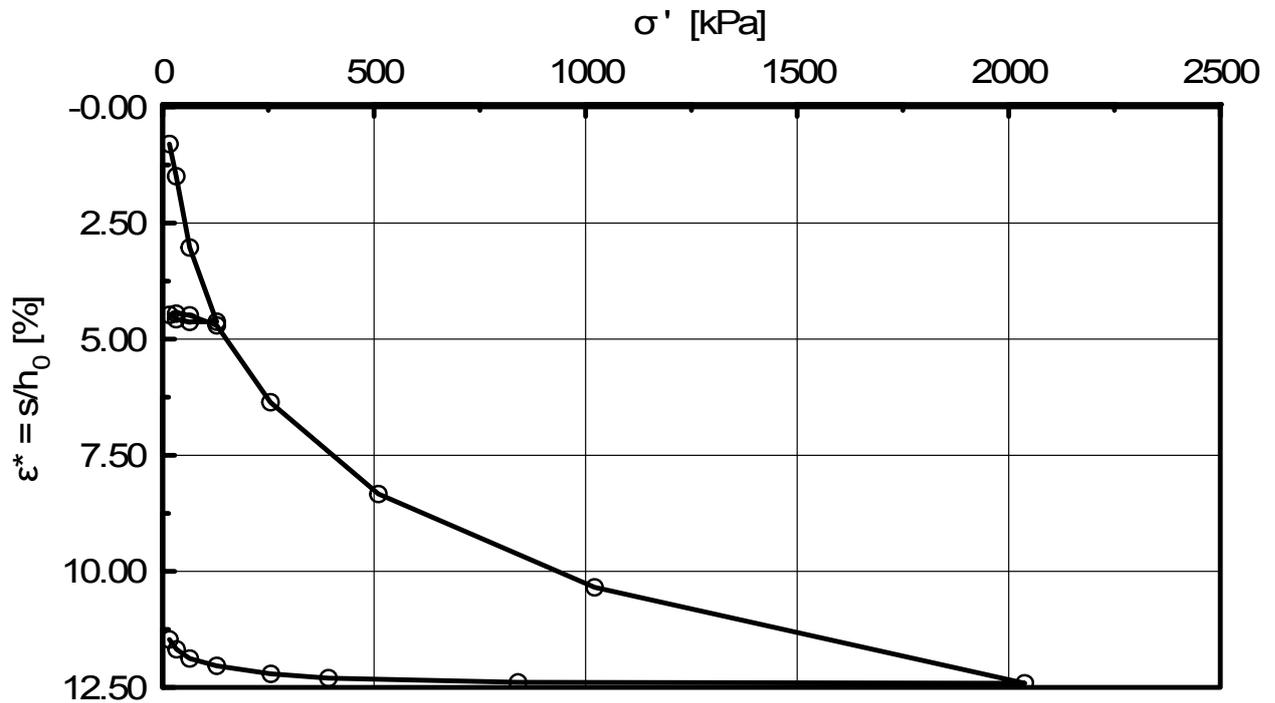
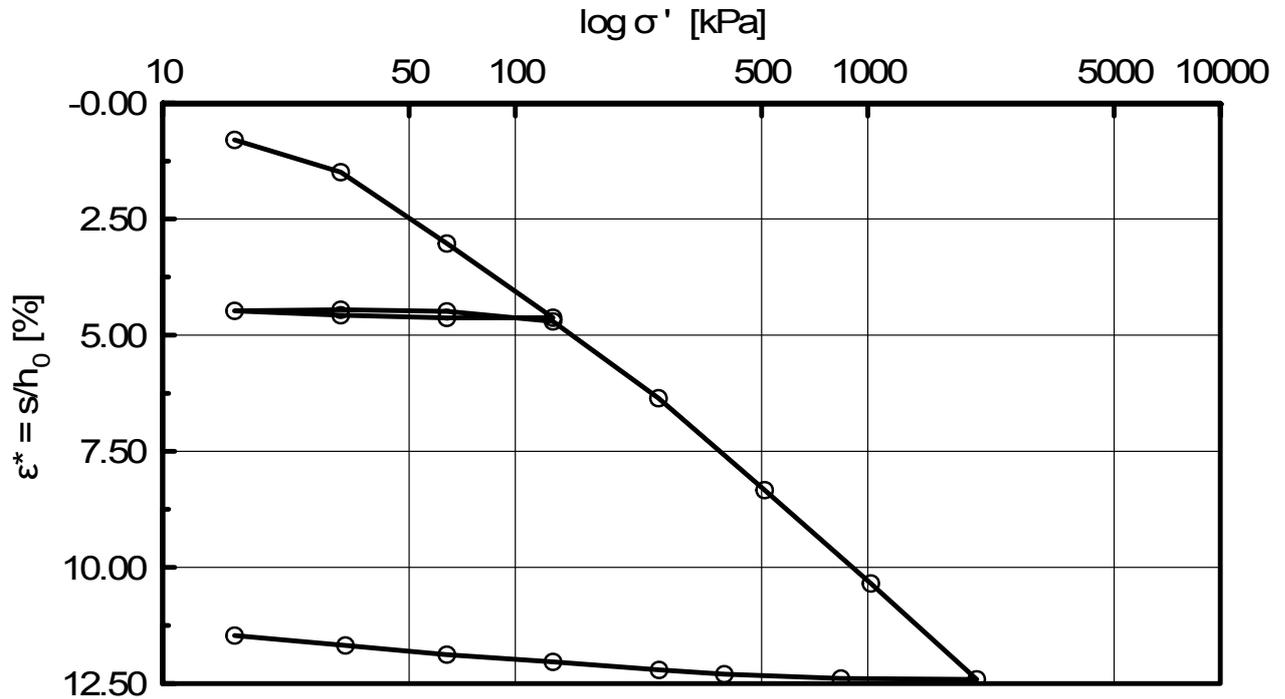
nach DIN 18135 - K RF

Auftrag: A39550110387
Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK
Auftraggeber:

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord



Dateiname: 170157_1.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF609/16
Tiefe unter GOK: 7,3 m

Datum: 20.11.2017
LaborantIn: Augner
BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170157

Anlage: 7.1.3.11

Kompressionsversuch

nach DIN 18135 - K RF

Bundesanstalt für Wasserbau

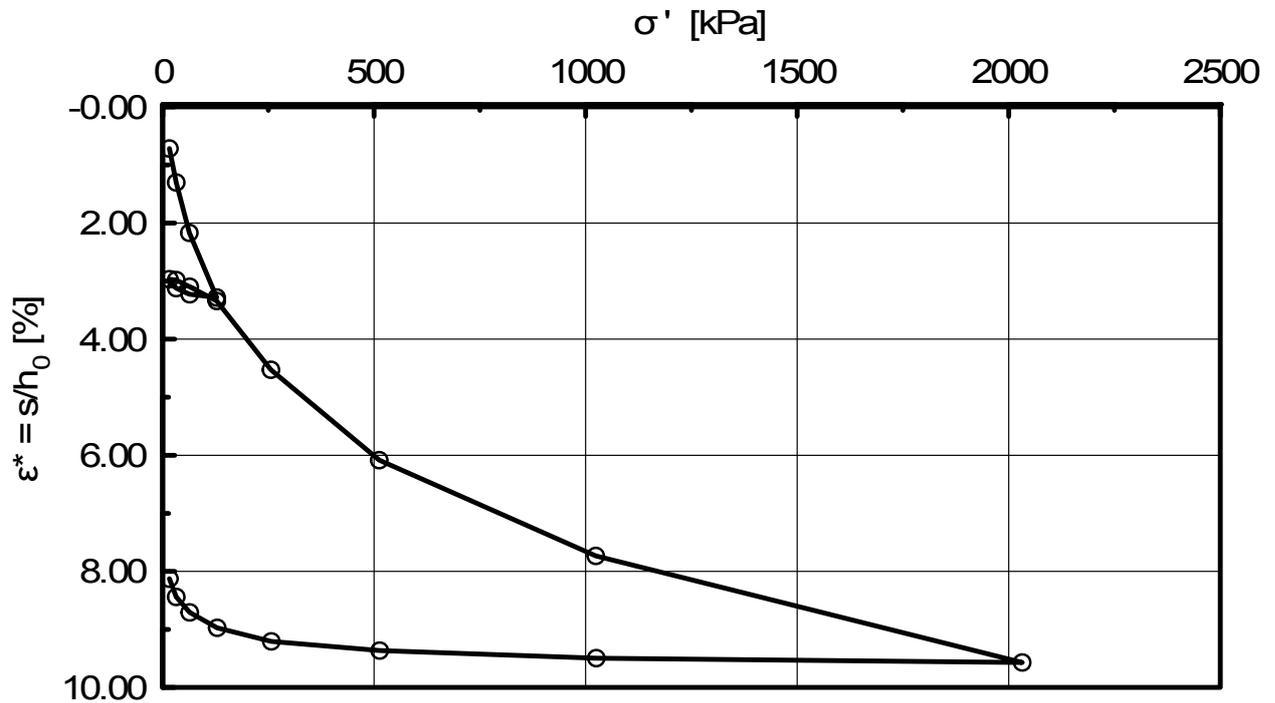
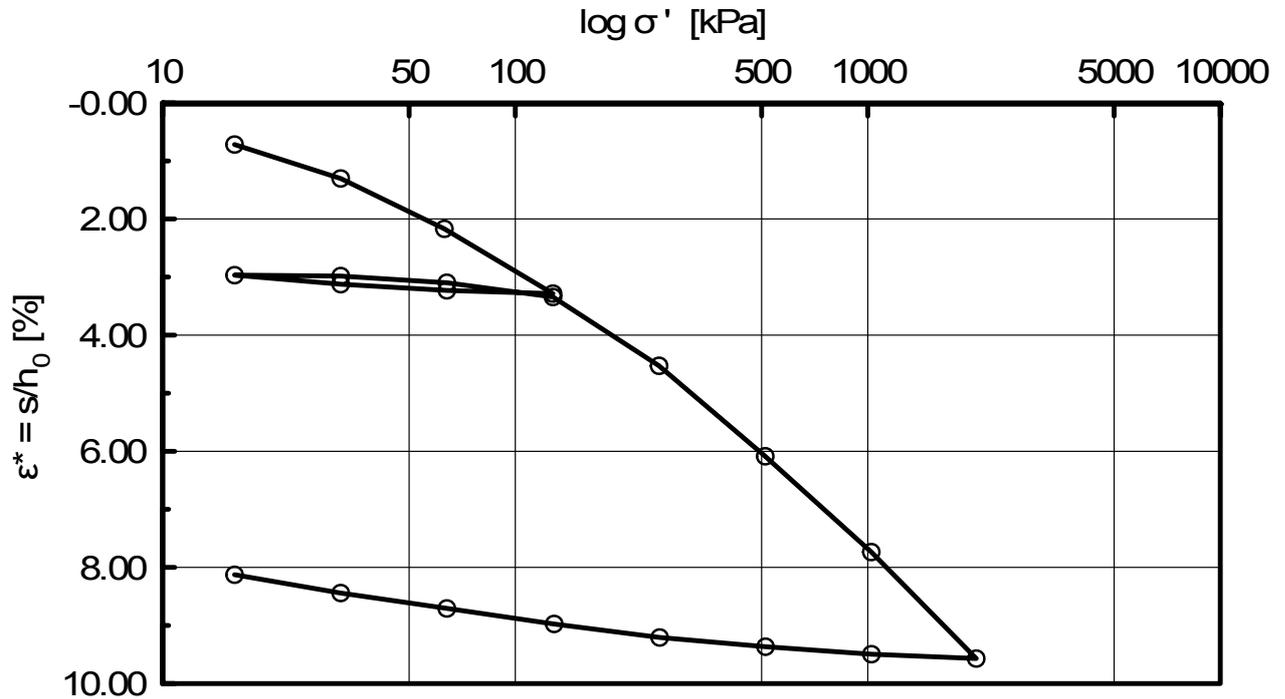
Dienststelle Hamburg

Geotechnik Nord

Auftrag: A39550110387

Projekt: Kleine Schleuse Kiel NOK

Auftraggeber:



Dateiname: 170159_2.KD

Probe :

$d_0 = 70.0$ mm

$h_0 = 20.00$ mm

Bodenart:
Aufschluss: BKF609/16
Tiefe unter GOK: 11,3 m

Datum: 22.11.2017
LaborantIn: Aug
BearbeiterIn: Liebetruh

Labor-Nr.: 20170159

Anlage: 7.1.3.12



UP 1
4,05 bis 4,35

Becherproben von 0,0 bis 5,3 m



GP 1
0 bis 1,0 m

GP 2
1,0 bis 1,6 m

GP 3
1,6 bis 3,0 m

GP 4
3,0 bis 4,0 m

GP 5
4,0 bis 4,05 m

GP 6
4,3 bis 5,3 m



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU 	
Standort Hamburg	
Anlegedalben Revisionsverschlüsse	
Fotodokumentation Bodenproben WBKF_714/16 (5,3 bis 12,3m)	
B3952.05.20.10387	Anlage 8.3

19,3

20,3

18,3

19,3

17,3

18,3

16,3

17,3

15,3

16,3

14,3

15,3

13,3

14,3

12,3

13,3



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU



Standort Hamburg

Anlegedalben Revisionsverschlüsse

Fotodokumentation Bodenproben WBKF_714/16 (12,3 bis 20,3m)

B3952.05.20.10387

Anlage 8.4

22,3



23,3

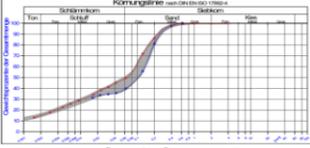
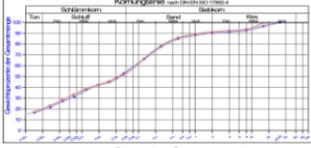
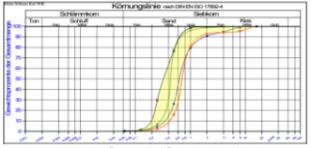
21,3

22,3

20,3

21,3

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Standort Hamburg		
Anlegedalben Revisionsverschlüsse Fotodokumentation Bodenproben WBKF_714/16 (20,3 bis 23,3m)		
B3952.05.20.10387		Anlage 8.5

Bodenart	Schlick / Kalkmudde	Geschiebemergel	pleistozäne Sande
Bodengruppe zu überprüfen nach DIN 18196	OU (OK, OT)	TL, (SU*/ST*/TM)	SE
Korngrößenverteilung zu überprüfen nach DIN 18123, DIN EN ISO 14688-2 ¹⁾	 siehe Anlage 4.1	 siehe Anlage 4.2	 siehe Anlage 4.3
Massenanteil Steine und Blöcke zu überprüfen nach DIN EN ISO 14688-1	Steinanteil: gering Blockanteil: gering	Steinanteil: hoch Blockanteil: hoch	Steinanteil: mittel bis groß Blockanteil: mittel bis groß
Feuchtdichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-2	12 bis 16 kN/m ²	19 bis 23 kN/m ²	18 bis 21 kN/m ²
Kohäsion zu überprüfen nach DIN 18137-1 bis 3	0 bis 5 kN/m ²	2 bis 10 kN/m ² (15)	[-]
undrionierte Scherfestigkeit zu überprüfen nach DIN 18136, DIN 18137-2, DIN EN ISO 14688-2, DIN 4094-4	0 bis 10 kN/m ² (30 kN/m ²)	20 bis 100 kN/m ² (250 kN/m ²)	[-]
Konsistenzzahl zu überprüfen nach DIN 18122-1	< 0,25	0,50 - 1,0	[-]
Konsistenz zu überprüfen nach DIN EN ISO 14688-1	flüssig bis breiig	weich bis steif (halbfest)	[-]
Plastizitätszahl zu überprüfen nach DIN 18122-1	10 bis 20 %	3 bis 15 %	[-]
Wassergehalt zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-1	> 200 %	11% bis 14%	8 - 11%
Durchlässigkeit zu überprüfen nach der Normenreihe DIN 18130	1×10^{-10} bis 1×10^{-7} m/s	1×10^{-8} bis 1×10^{-7} m/s	1×10^{-5} bis 1×10^{-3} m/s
Lagerungsdichte D Def. n. DIN EN ISO 14688-2, zu überprüfen nach MEH, Kap.2.6.1	[-]	[-]	dicht bis sehr dicht $I_D = 0,65$ bis 1,0
Sondierwiderstände CPT qc - Messwerte	0 MPa	2 bis 5 MPa	20 bis 45 MPa (>50 MPa)
Kalkgehalt zu überprüfen nach DIN 18129	stark kalkhaltig V_{ca} 5 bis 30 % (hoher Anteil an Muschelresten)	stark kalkhaltig V_{ca} 8 bis 30 %	stark kalkhaltig V_{ca} 0,8 bis 3,1 %
Organischer Anteil zu überprüfen nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	mittel bis stark organisch V_{gl} 5 bis 10% (30 %)	überwiegend nicht (bis schwach) organisch $V_{gl} < 2%$ (5%)	nicht organisch $V_{gl} < 2%$
Abrasivität A_{BR} zu überprüfen nach MEH, Kap 2.6.4 ²⁾	überwiegend nicht abrasiv (bis kaum abrasiv - Muschelreste)	abrasiv bis stark abrasiv	abrasiv bis stark abrasiv
Korndichte zu überprüfen nach DIN 18124	1,9 bis 2,4	2,66 bis 2,69 g/cm ³	2,65 bis 2,66 g/cm ³

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Standort Hamburg	
Anlegedalben Revisionsverschlüsse Homogenbereiche nach DIN 18301, 18304, 18311	
B3952.05.20.10387	Anlage 9.1

Zusammenfassung der Schichten zu Homogenbereichen

Schicht	Bohrarbeiten DIN 18301	Rammarbeiten, DIN 18304	Rüttelarbeiten DIN 18304 (nicht empfohlen)	Pressarbeiten DIN 18304 (nicht empfohlen)	Nassbaggerarbeiten DIN 18311
Schlick / Kalkmudde	-	-	-	-	Nass-1
Geschiebemergel	Bohr-1	Ra-1	Rü-1	Pr-1	Nass-2
Pleistozäne Sande		Ra-2	Rü-2	Pr-2	Nass-3



Anlegedalben Revisionsverschlüsse

Homogenbereiche nach DIN 18301, 18304, 18311

Auftrags-Nr.
B3952.05.20.10387
Datum: Okt. 2018

Anlage: 9.2