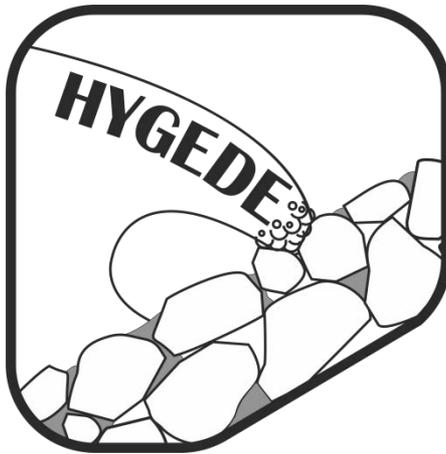

21. KFKI-Seminar, Bremerhaven



Wellenbelastung und Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke

Erste Untersuchungsergebnisse zu Durchlässigkeit,
Verbundkraft und hydraulischen Parametern

Moritz Kreyenschulte, M.Sc.; Volker Kühling, M.Sc.; Dr.-Ing. Lisham Bonakdar;
Prof. Dr.-Ing. Hocine Oumeraci; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf

Relevanz



Hydraulisch gebundenes DW = Schüttsteine + Mörtelverguss

- Werden seit mehreren Jahrzehnten an der deutschen Küste gebaut und unterhalten
- Die Bemessung auf Seegangsbelastung erfolgt mit Erfahrungswerten

Stand der Technik/Forschung

Regelwerke:

Für Wasserstraßen: MAV (2008) + RPV (2008)

Für die Küste: EAK (2007)

Weitere Regelwerke: EAU (2012), GBB (2010), MAR (2008)...

Sonstige Quellen:

EVU (1990), Colcrete-Beton im Wasserbau (1980)...

Stand der Technik/Forschung

Untersuchungen zu hydraulisch gebundenen Deckwerken

BAW (Hallauer, Knieß, Köhler), LWI:

Ermittlung der Durchlässigkeit der Deckschicht (Steinklasse $CP_{90/250}$)

Ausreißversuche an im Labor hergestellten Deckschichten

Römisch (2000):

Beschreibung der verbundwirksamen Fläche und Ausreißkraft

Beschreibung der Strömungsstabilität

- Keine Beschreibung der hydraulischen Parameter (Wellenauflauf usw.) vorhanden
- Keine umfassende Beschreibung der Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke bei Seegangbelastung vorhanden

Forschungsfragen

1. Wie kann die Stabilität eines hydraulisch gebundenen Deckwerks bei Seegangsbelastung beschrieben werden?
 2. Was sind die maßgebenden Einwirkungen und Widerstände?
 3. Welche Parameter bestimmen die Einwirkungen und Widerstände?
- **Wissenschaftlich-technische Grundlagen für die Bemessung hydraulisch gebundener Deckwerke auf Seegangsbelastung**

Projektbeschreibung



Projektkoordinator



Leichtweiß-Institut für Wasserbau
Abteilung Hydromechanik und Küsteningenieurwesen
Prof. Dr.-Ing. Hocine Oumeraci



Gefördert durch:



6

Laufzeit: 3 Jahre (Juni 2015 – Mai 2018)

Stabilität eines hydraulisch gebundenen Deckwerks

Geotechnische Bemessung

Lokale Standsicherheit

Abheben des DW

Abgleiten des DW

Hydrodynamische
Bodenverlagerungen

Globale Standsicherheit der Böschung

Weitere Nachweise

Bemessung des Filters

Hydraulische FW

Mechanische FW

Bemessung des Geotextils

Hydraulische Bemessung

Dimensionierung des Deckwerks

Wellenauflauf

Wellenrücklauf

Wellenüberlauf

Strukturelle Integrität der Deckschicht

Erosion eines Einzelsteins

Erosion eines Steinkonglomerats

Biegeversagen

Querkraftversagen

Strukturelle Integrität der Deckschicht

Versagen	Einwirkungen	Widerstände
Erosion eines Einzelsteins	<ul style="list-style-type: none"> Wellendruckschlag Drücke auf und unter dem Deckwerk Strömungsbelastung 	Verbundkraft des Einzelsteins
Erosion eines Steinkonglomerats		Verbundkraft des Steinkonglomerats
Biegeversagen	<ul style="list-style-type: none"> Wellendruckschlag Drücke auf und unter dem Deckwerk 	Biegetragfähigkeit
Querkraftversagen		Querkrafttragfähigkeit

Verklammerungsarbeiten



Verklammerung der Deckschichten am 16.06.2016 durch die Firmen Colcrete von Essen und gewatech

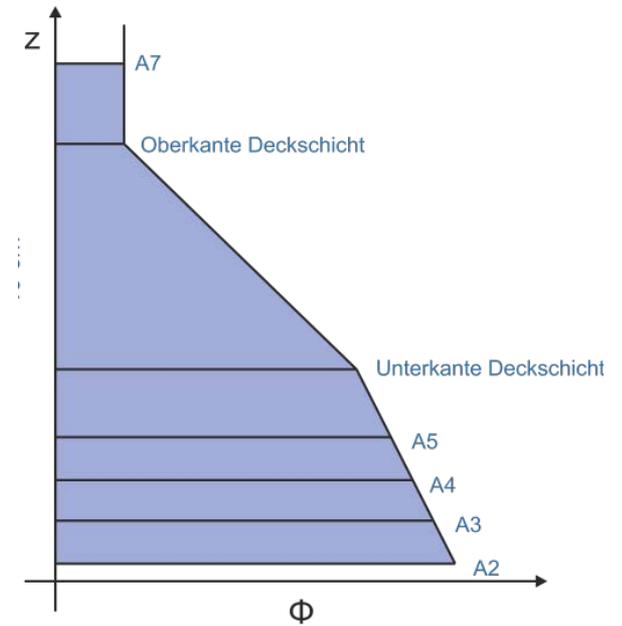
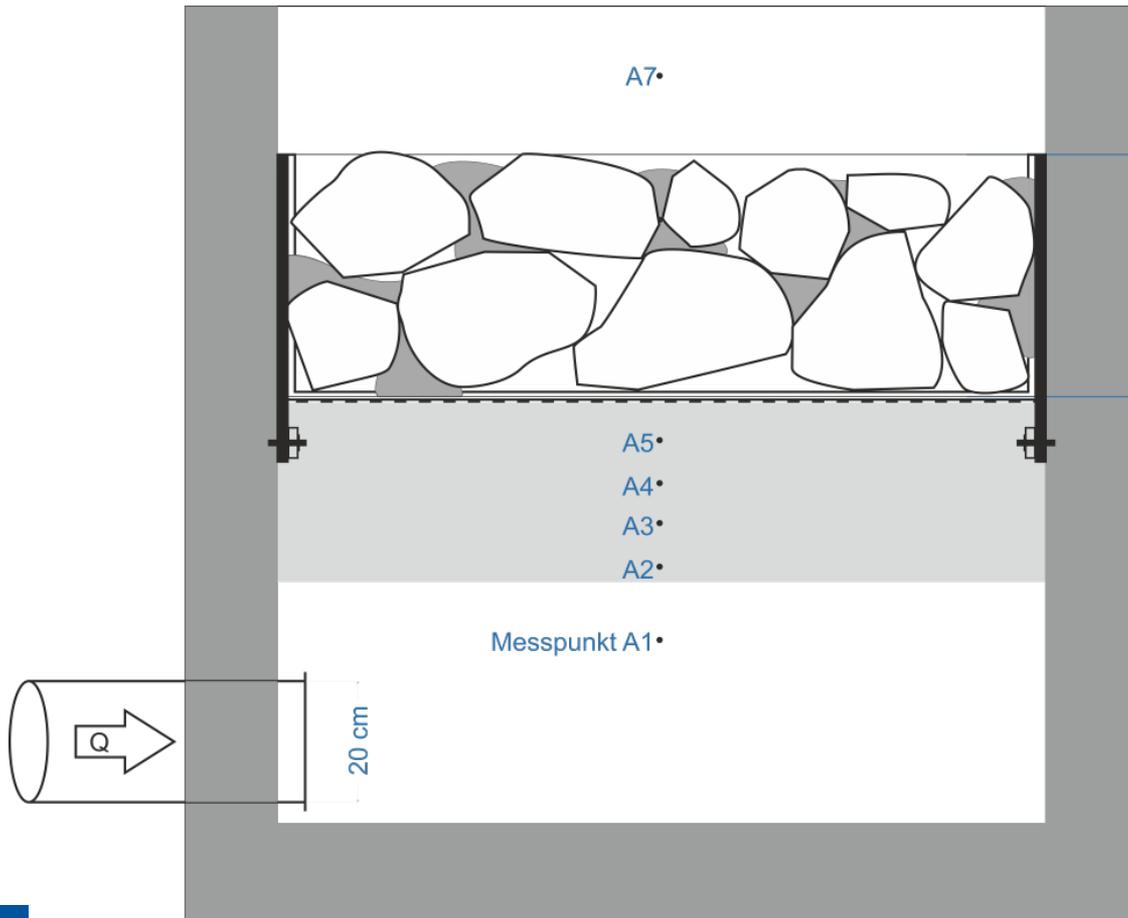


Durchlässigkeitsversuche



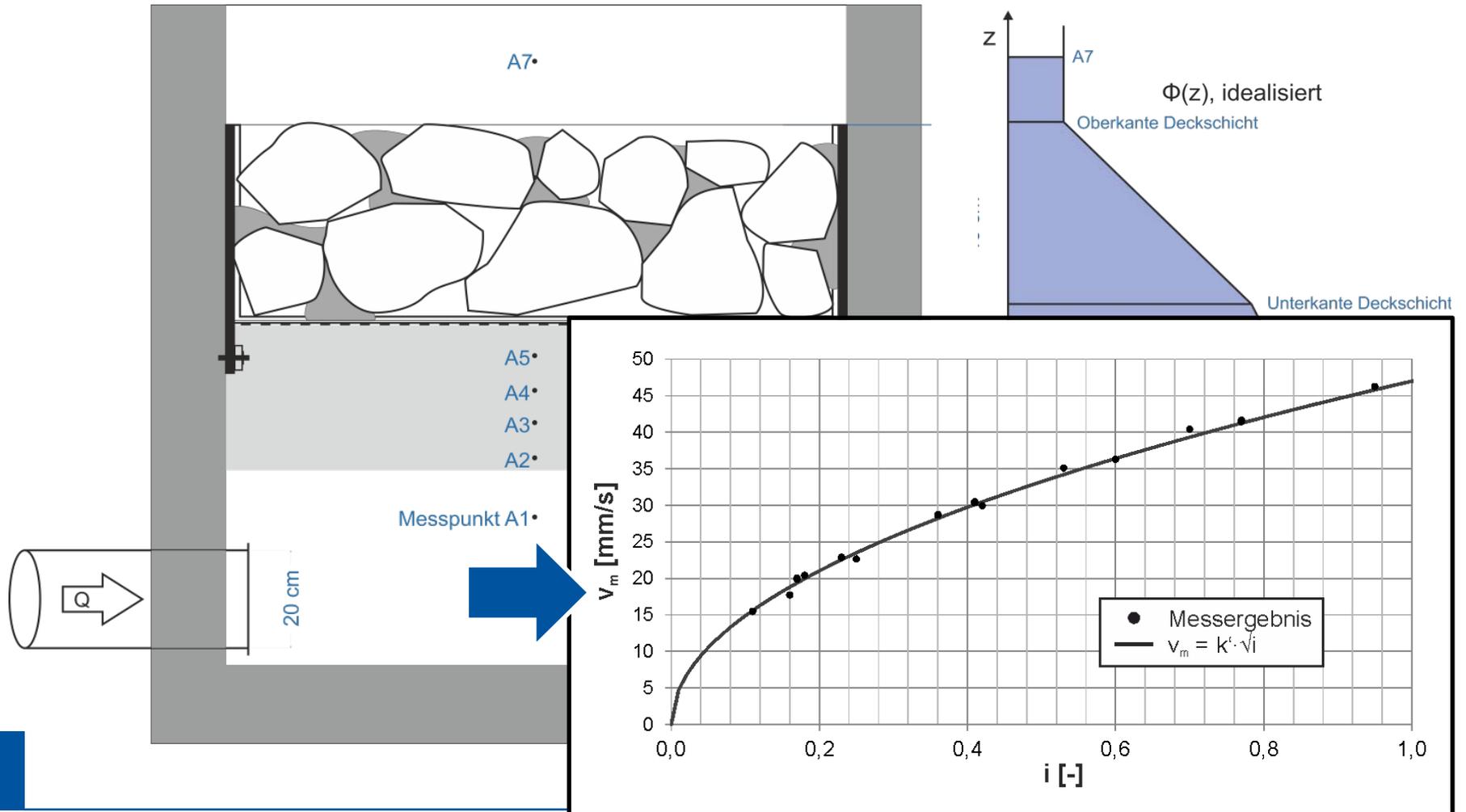
Ziel: Ermittlung der Durchlässigkeit einer Deckschicht aus Steinklasse $LMB_{5/40}$ bei Variation der Vergussstoffmenge und Deckschichtdicke

Durchlässigkeitsversuche



$\Phi(z)$, idealisiert

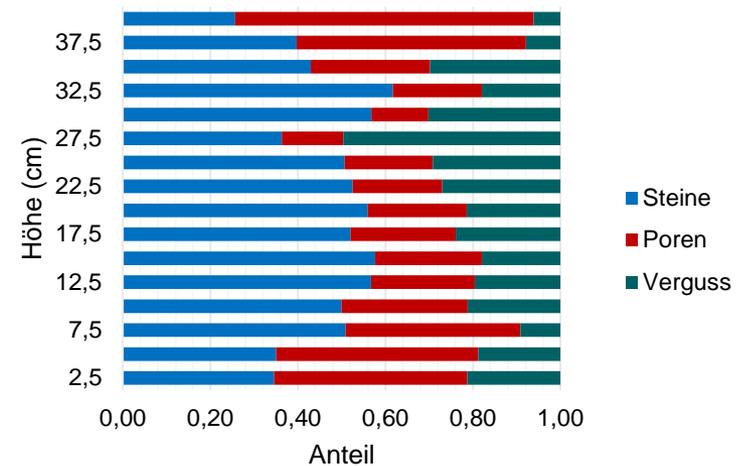
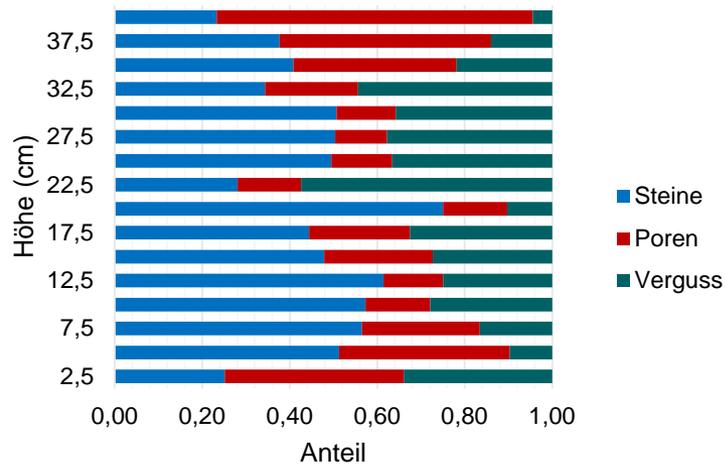
Durchlässigkeitsversuche



Porosität der Versuchskörper

Versuchskörper 2 ($n=0,27$; $q_v=115\text{l/m}^2$)

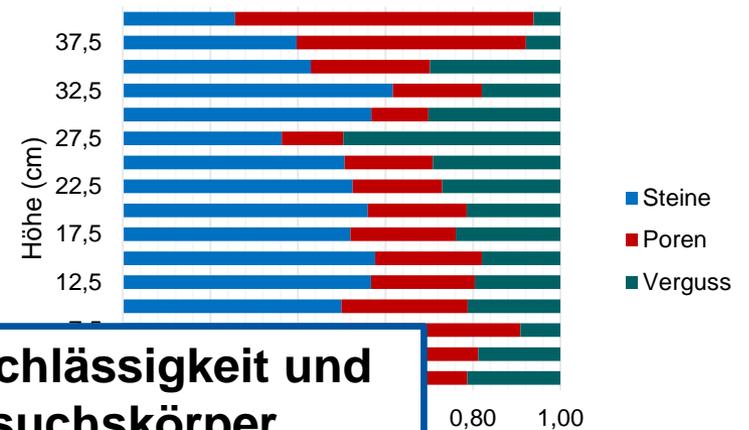
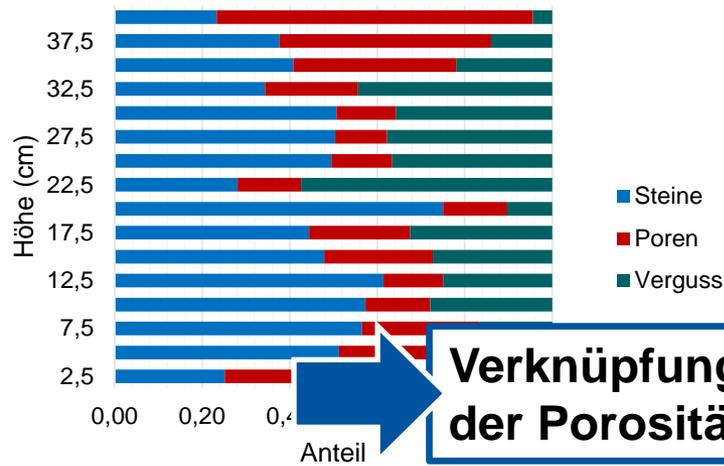
Versuchskörper 5 ($n=0,31$; $q_v=94\text{l/m}^2$)



Porosität der Versuchskörper

Versuchskörper 2 ($n=0,27$; $q_v=115\text{l/m}^2$)

Versuchskörper 5 ($n=0,31$; $q_v=94\text{l/m}^2$)



Verknüpfung der Durchlässigkeit und der Porosität der Versuchskörper

Ausreißversuche



Ermittlung der verbundwirksamen Kraft

- Vergleich von Labor- und in-situ-Werten
- Vergleich mit dem Modell von Römisch (2000)

Berechnung einer maximal möglichen Ausreißkraft und anschließender Berücksichtigung von Abminderungsfaktoren für Einbaubedingungen, Vorschädigungen und Alterungsprozesse

Stabilität eines hydraulisch gebundenen Deckwerks

Geotechnische Bemessung

Lokale Standsicherheit

Abheben des DW

Abgleiten des DW

Hydrodynamische

Bodenverlagerungen

Globale Standsicherheit der Böschung

Weitere Nachweise

Bemessung des Filters

Hydraulische FW

Mechanische FW

Bemessung des Geotextils

Hydraulische Bemessung

Dimensionierung des Deckwerks

Wellenauflauf

Wellenrücklauf

Wellenüberlauf

Strukturelle Integrität der Deckschicht

Erosion eines Einzelsteins

Erosion eines Steinkonglomerats

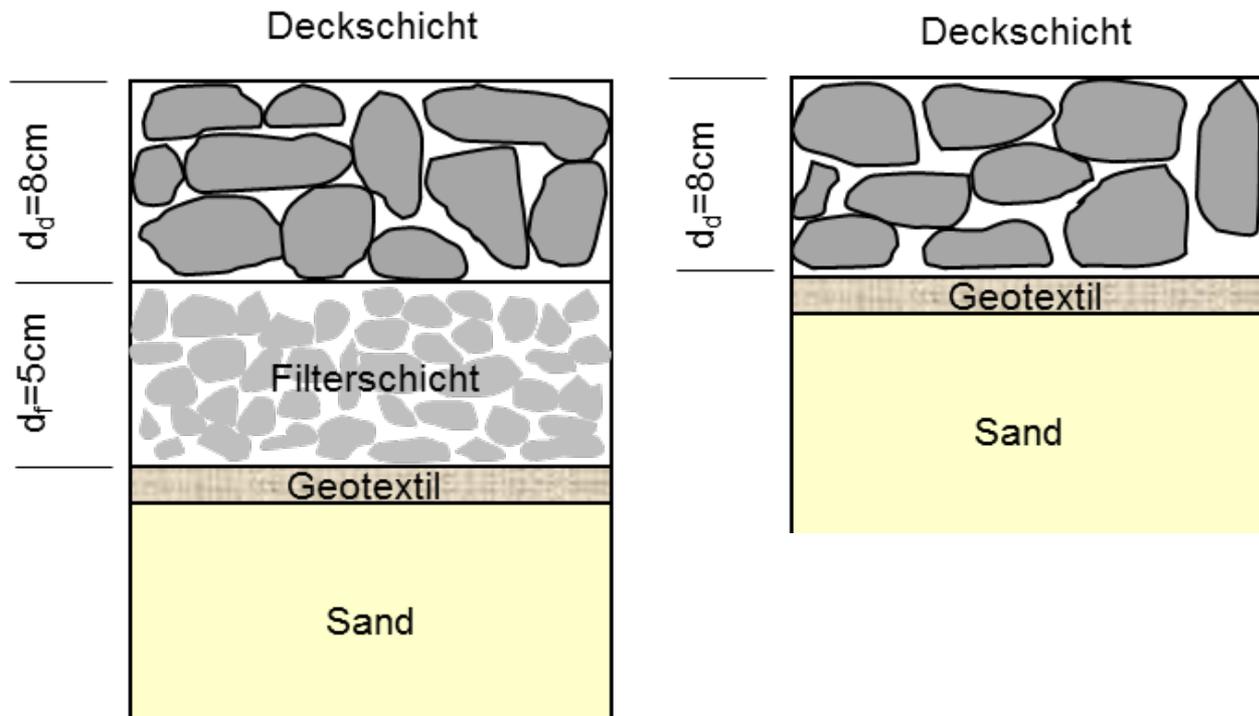
Biegeversagen

Querkraftversagen

Eingrenzung der Untersuchungen im LWI-Kanal

Maßstab:	1:7
Steinklasse:	LMB_{5/40} → Bruchsteine 20/60mm (d₅₀ = 39mm)
Deckschichtdicke:	40 cm und 60 cm → 8 cm
Kornfilterschichtdicke:	5 cm
Vergussmenge:	60 l/m² bis Vollverguss → wird über Permeabilität festgelegt
Neigung:	1:3
Zwei Aufbauten:	1. Geotextil, Kornfilter, Deckschicht 2. Geotextil, Deckschicht

Konfigurationen



Voruntersuchungen



Bruchsteine 20/60mm



Ziel: Ermittlung der Durchlässigkeit der Deckschicht zur Sicherstellung der Übertragbarkeit der Ergebnisse vom Modell- in den Naturmaßstab

Modellaufbau



Phase 1: Messtechnik

Druckmessdosen

Phase 3: Geotextil
Terrafix 609 (Naue GmbH)



Phase 2: Sandkern

$d_{50}=0,24\text{mm}$

$C_U=2,36[-]$

Modellaufbau



Phase 4: Kornfilter

$d_{50}=4,2\text{mm}$
 $C_U=1,90[-]$



Phase 5: Deckschicht

$d_{50}=39\text{mm}$
 $C_U=1,41[-]$

Modellaufbau



Phase 6: Deckschichtverguss

Versuchsprogramm

- Lastfälle:
- Druckschlagbelastung ($\xi < 2.25$)
 - Übergangsbereich ($2.25 < \xi < 3.00$)
 - quasi-statische Belastung ($\xi > 3.00$)

Wellensteilheiten: $s = H/L$

- 0,005 → quasi-statische Belastung
- 0,010 → quasi-statische Belastung
- 0,015 → Übergangsbereich
- 0,020 → Druckschlagbelastung
- 0,030 → Druckschlagbelastung

Hauptziel: Welleninduzierten Auftrieb in Zusammenhang mit äußerem/innerem Brandungsstau und mit Wellenauflauf/-rücklauf

Weitere Ziele: Dämpfung der Druckbelastung durch Deckwerk & im Unterbau

Zusammenfassung und Ausblick

Grundsatzversuche zur strukturellen Stabilität

Durchlässigkeit
Porosität
Ausreißkräfte

Kleinmaßstäbliche hydraulische Modellversuche

Hydraulische Parameter

Großmaßstäbliche Versuche im GWK in Hannover

Stabilität und hydraulische Größen können gemeinsam
untersucht werden

Wellenbelastung und Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke

Erste Untersuchungsergebnisse zu Durchlässigkeit,
Verbundkraft und hydraulischen Parametern

Danke für die Aufmerksamkeit

Aktuelles und Informationen zum Projekt: www.hygede.de

Vielen Dank an:



Quellen

1. EAK (1993): Empfehlungen für Küstenschutzwerke - Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen.
2. EAK (2007): Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken durch den Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. und der Hafentechnischen Gesellschaft e.V. In: *Die Küste*; Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) (Hg.) (65).
3. EAU (2004): Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" Häfen und Wasserstraßen.
4. EVU (1990): Empfehlungen für Verklammerung und Vollverguß von Uferschutzwerken und Sohlensicherungen; Bauberatung Zement des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie (Hg.).
5. Führböter, A.; Dette, H. H. (1979a): Prüfverfahren bei Vergussdecken - Bruchverhalten und Verklammerungswirkung. In: *Beton* (29/10), S. 355–359.
6. Führböter, A.; Dette, H. H. (1979b): Prüfverfahren bei Vergussdecken - Durchlässigkeitsuntersuchungen. In: *Beton* (29/9), S. 314–316.
7. GBB (2010): BAW-Mitteilungsblatt "Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB)". Stand März 2011; Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Eigenverlag der Bundesanstalt für Wasserbau.
8. Klein Breteler, M.; Pilarczyk, K. W.; Stoutjesdijk, T. (1998): Design of alternative revetments. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(26).
9. Klein Breteler, M. ; Bezuijen, A. ; Provoost, Y. (2009): Influence of Oblique Wave Attack on Stability of Placed Block Revetments, *Proceedings of 31th Conference on Coastal Engineering*, pp. 3032-3044, Sand Diego, USA
10. LWI (1978): Verklammerungswirkung durch Verguss bei einem Schüttsteindeckwerk. Bericht Nr. 372. Unter Mitarbeit von A. Führböter und H. H. Dette. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag von Colcrete - Friedrich von Essen-Bau GmbH und Co KG.
11. LWI (1998): Stabilität von verklammerten Deckwerken. Bericht Nr. 833. Unter Mitarbeit von U. Drewes und K. Römisch. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag von Colcrete - Friedrich von Essen-Bau GmbH und Co KG.
12. MAK (2013): BAW-Merkblatt "Anwendung von Kornfiltern an Bundeswasserstraßen (MAK)"; Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.). Karlsruhe. ISSN: 2192-5380.
13. MAR (2008): Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen; Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.). Karlsruhe. ISSN: 2192-5380.
14. MAV (2008): BAW-Merkblatt "Anwendung von hydraulisch- und bitumengebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (MAV)"; Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.). Unter Mitarbeit von Stein J. und M. Weißmann. Karlsruhe
15. Monnet, W.; Dartsch, B.; Wehefritz, K. (1980): Colcrete-Beton im Wasserbau. Düsseldorf: Beton-Verlag.
16. RPV (2008): BAW-Richtlinie "Prüfung von hydraulisch- und bitumengebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (RPV)"; Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.). Unter Mitarbeit von Stein J. und M. Weißmann.