



Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

**Matthias Bleck, Uwe Momsen, Michael Schöner
(Knabe Enders Dührkop Ingenieure GmbH)**

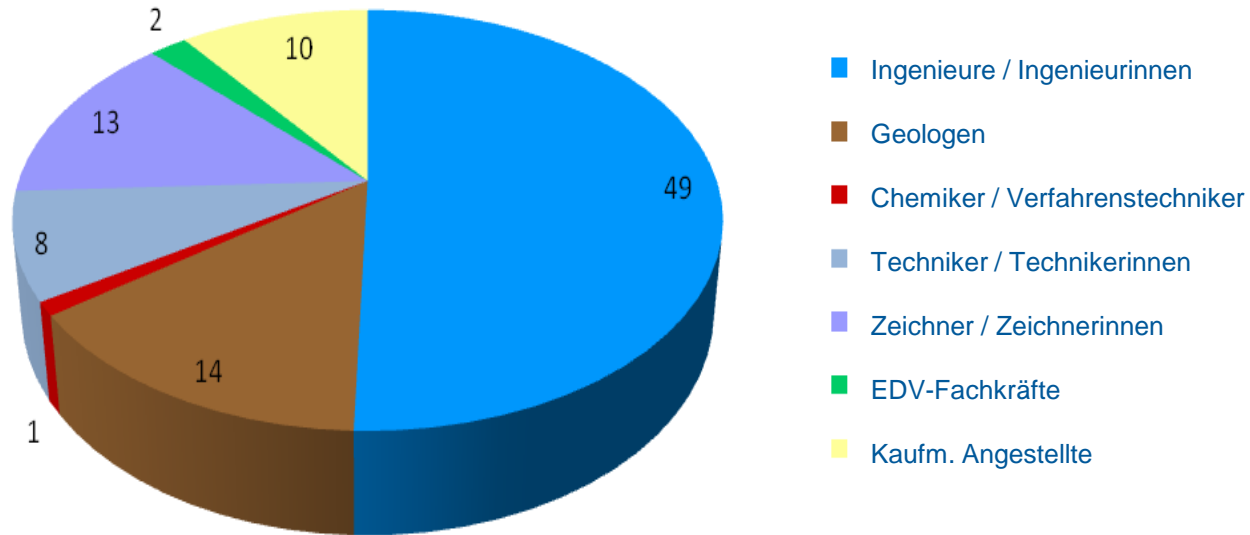
HCU Symposium Geoinformationen für die Küstenzone

07. Oktober 2010

Firmenhistorie

- 1970** Gründung des Erdbaulaboratoriums Enders & Dührkop
- 1980** Gründung der **Ingenieurgesellschaft mbH Enders & Dührkop**
- 1982** Gründung des Büros **Beratender Ingenieur Stefan Knabe als GbR**
- 1990** Gründung der **Stefan Knabe + Peter Knabe Beratende Ingenieure GmbH** mit Büro in Wedel
- 1995** Fusion des **Erdbaulaboratoriums Enders & Dührkop** mit der **Ingenieurgesellschaft Enders & Dührkop**
- 2003** Umfirmierung in **Knabe Beratende Ingenieure GmbH**
- 2006** Gründung der **PHW GmbH** (Planer für Hafенflächenrecycling und Wasserbau) zusammen mit der Prof. Dipl.-Ing. Rudolf Enders und Dipl.-Ing. Heinz Dührkop Ingenieurgesellschaft mbH
- 2006** Umzug der Knabe Beratende Ingenieure GmbH von Wedel nach Hamburg in die Gasstraße 18 Haus 4
- 2007** Gründung der Enders & Dührkop Niederlassung Schwentental, jetzt Kiel
- 2009** Beteiligung (100%) der Knabe Beratende Ingenieure GmbH an der Prof. Dipl.-Ing. Rudolf Enders und Dipl.-Ing. Heinz Dührkop Ingenieurgesellschaft mbH
- 2009** Umzug der Enders und Dührkop GmbH in die Gasstraße 18 Haus 4
- 2010** Fusion mit Enders & Dührkop und der PHW zur **Knabe Enders Dührkop Ingenieure GmbH** (seit 01. Oktober 2010)





Unser Team mit ca. 100 Mitarbeitern deckt folgende Fachgebiete ab:

- Wasserbau
- Wasserwirtschaft
- Ingenieurbau
- Hafengebäude
- Geotechnik
- Umwelttechnik

Geokunststoffe

- Arten
- Funktionen
- Anwendungen
- Spezielle Anwendungen im Küstenschutz

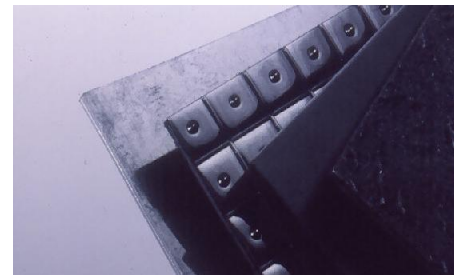
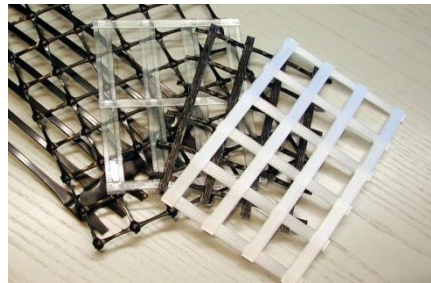
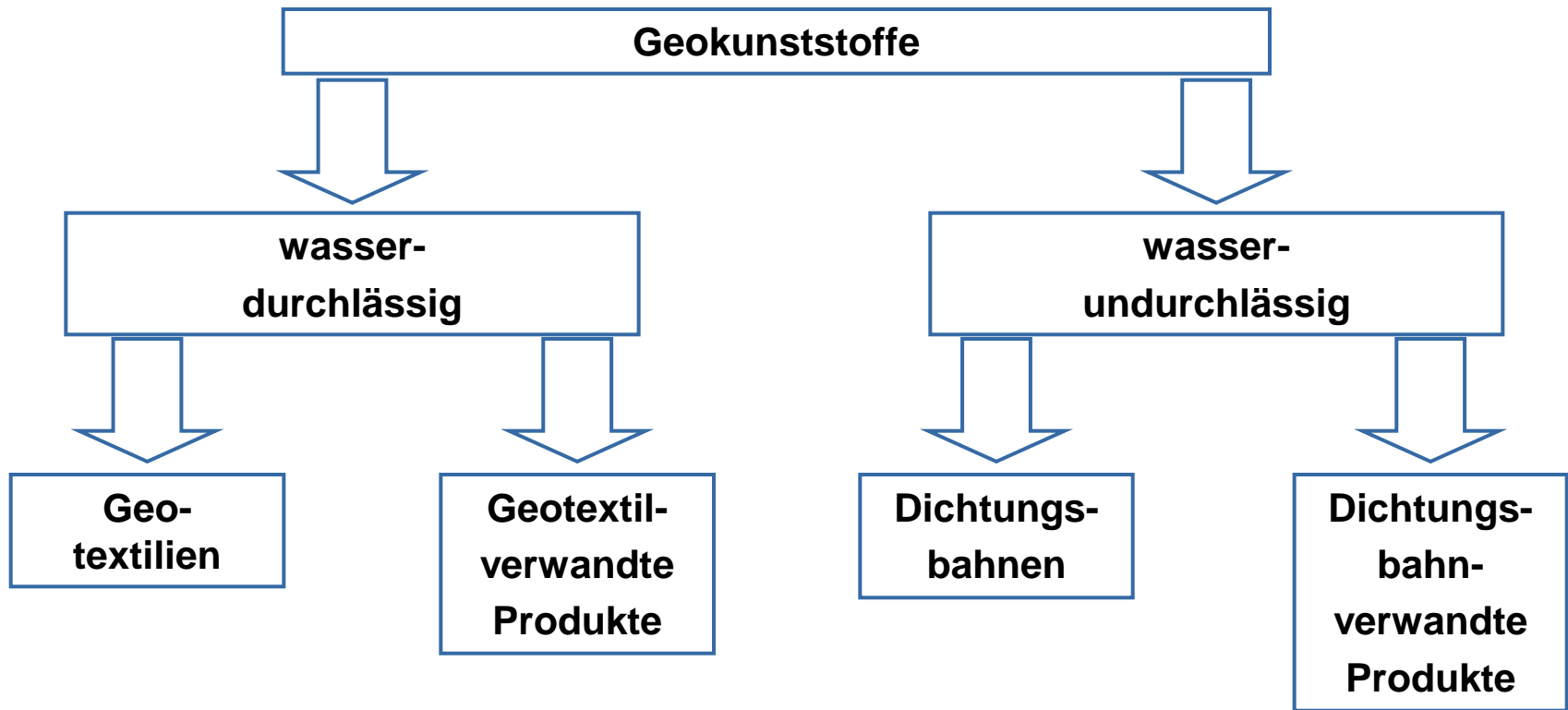
Geotextile Sandcontainer

- Allgemeines
- Funktionsprinzip (Vorbild Sandsack)
- Anwendungsbeispiele
- Bemessungsverfahren

Fazit und Ausblick

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

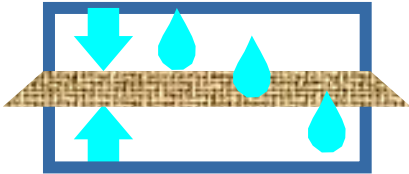
Geokunststoffe - Arten



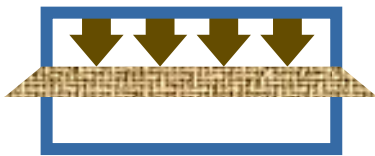
Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geokunststoffe - Funktionen

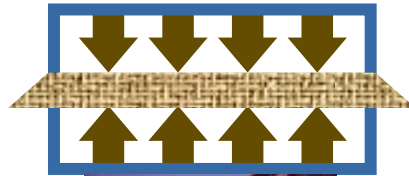
Filtern



Schützen



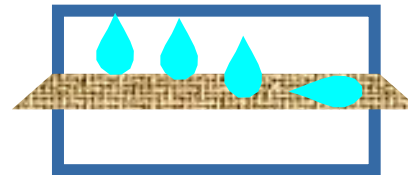
Trennen



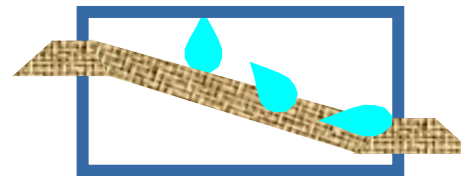
Bewehren



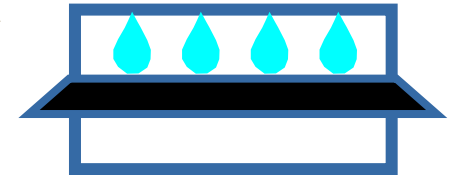
Dränen



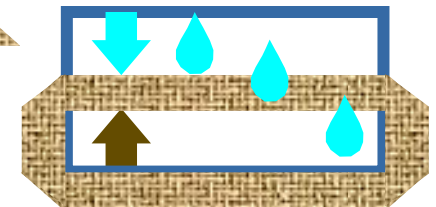
Erosionssicherung



Dichten



Verpacken

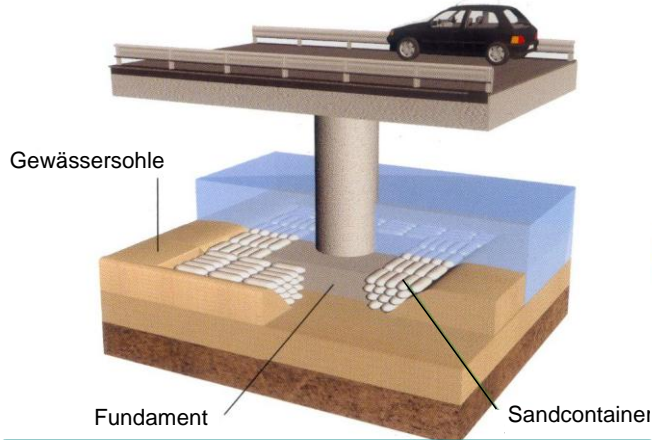


- **Tiefbau**
 - Straßenbau
 - Baustraßen und Verkehrsflächen
 - Grundwasserschutz
 - Böschungssicherung
 - Steilwände und Stützkonstruktionen
 - Bauwerksdränung
 - Überbauung weicher Untergründe
 - Rohrleitungsbau
- **Deponiebau**
 - Deponiebasisdichtung
 - Oberflächendichtung
 - Altlastensanierung
- **Grundwasserschutz**
 - Grundwasserschutz
 - Dichtungssysteme
- **Tunnel- und Bauwerksabdichtungen**
- **Wasserbau**

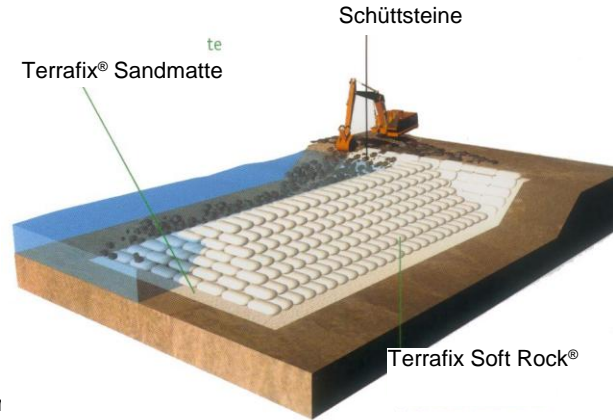
Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geokunststoffe – Spezielle Anwendungen im Küstenschutz

Geotextilien als Kolkschutz

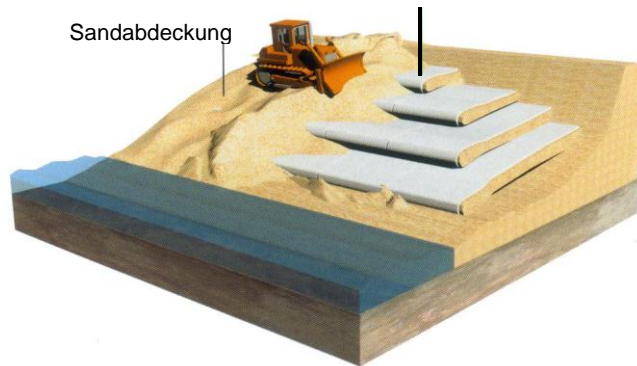


Geotextilien beim Bühnenbau

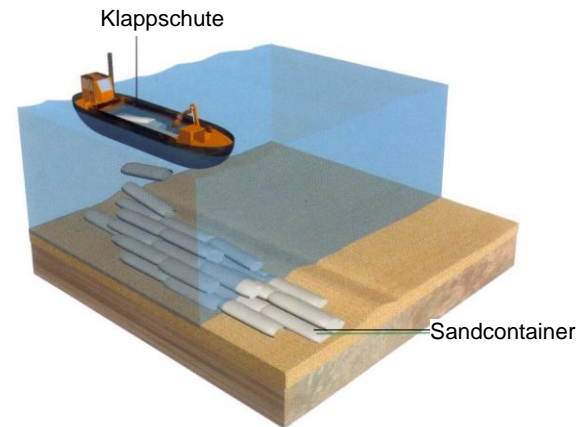


Geotextilien zur Dünensicherung

Geotextilien als Sandcontainer oder als Matratzen in Umschlagsmethode



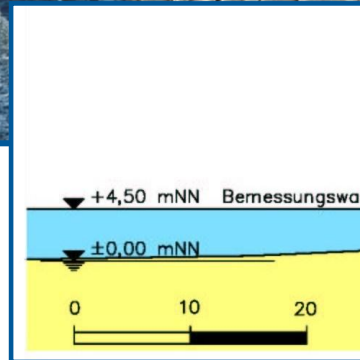
Geotextilien zum Bau künstlicher Riffe



Quelle: Firmenprospekt NAUE GmbH

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geokunststoffe – Spezielle Anwendungen im Küstenschutz (2)



- Küstenschutz Sylt (Haus „Kliffende“)

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geokunststoffe – Spezielle Anwendungen im Küstenschutz (4)



Sinkstücke



Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geokunststoffe – Spezielle Anwendungen im Küstenschutz (4)



Geotextile Sinkstück

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer - Allgemeines

- **Sandkörner alleine nicht lagestabil**
- **Zusammenfassen vieler Sandkörner zu lagestabilen Einheiten**
 - **→ Geotextile Sandcontainer**
 - **Vorbild: Sandsack**
 - **Anwendung**
 - **Kolkschutz**
 - **Künstliches Riff**
 - **Dünensicherung**
 - **...**

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer – Vorbild Sandsack



Quelle: WIKIPEDIA

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer – Sandsack → K-Elemente



Quelle: www.mobildeich.de; www.regensburg.de

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

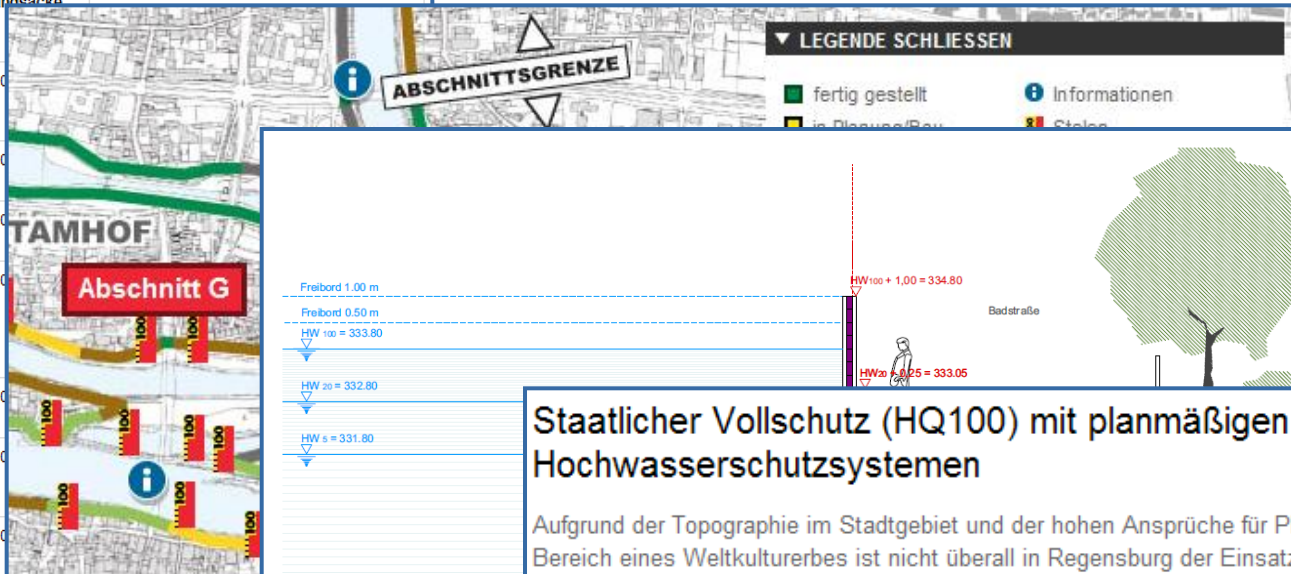
Geotextile Sandcontainer – Sandsack → K-Elemente → Einsatzkonzepte

Sandsackdepos bei Hochwasser

Hier erhalten Sie Sandsäcke

Je nach Pegelstand werden Sandsackdepos an folgenden Stellen eingerichtet:

Nr.	Pegel Eiserne Brücke in cm	Anzahl der Sandsäcke	Standort
1	480	500	
2	480	300	
3	500	300	
4	500	150	
5	500	200	
6	500	500	
7	550	300	
8	550	500	St. Georgenplatz/Ecke Th...
9	550	800	Am Weinmarkt beim öst. Steges



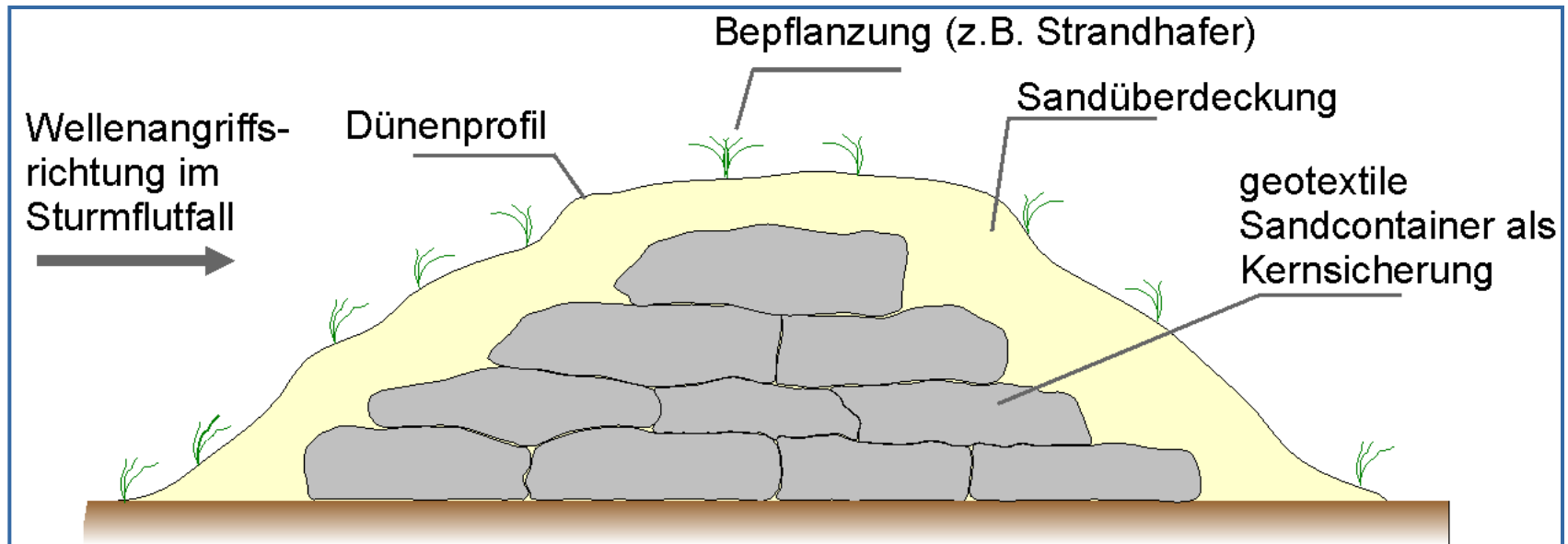
Staatlicher Vollschutz (HQ100) mit planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen

Aufgrund der Topographie im Stadtgebiet und der hohen Ansprüche für Planungen aller Art im Bereich eines Weltkulturerbes ist nicht überall in Regensburg der Einsatz von stationären Schutzelementen (Deiche, Mauern) möglich. Im Rahmen des europaweit durchgeführten Planungswettbewerbes (2003/2004) für den Hochwasserschutz Regensburg wurde ein Anteil an mobilen Elementen in Höhe von ca. 7.500 m² ermittelt. In einer nachfolgenden Untersuchung für den Einsatz mobiler Elemente, insbesondere unter Berücksichtigung logistischer Kennzahlen und der tatsächlichen Vorwarnzeit, ergab sich jedoch, dass eine Reduzierung des Anteils der mobilen Elemente erforderlich ist. Auf Grundlage des Beschlusses des Ausschusses für Stadtplanung, Verkehr, Umwelt- und Wohnungsfragen vom 20.04.2010 gilt daher für die weiteren Planungen im Rahmen des staatlichen Hochwasserschutzes in Regensburg ein Minimierungsgebot für den Anteil der mobilen Elemente.

Quelle: www.regensburg.de

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

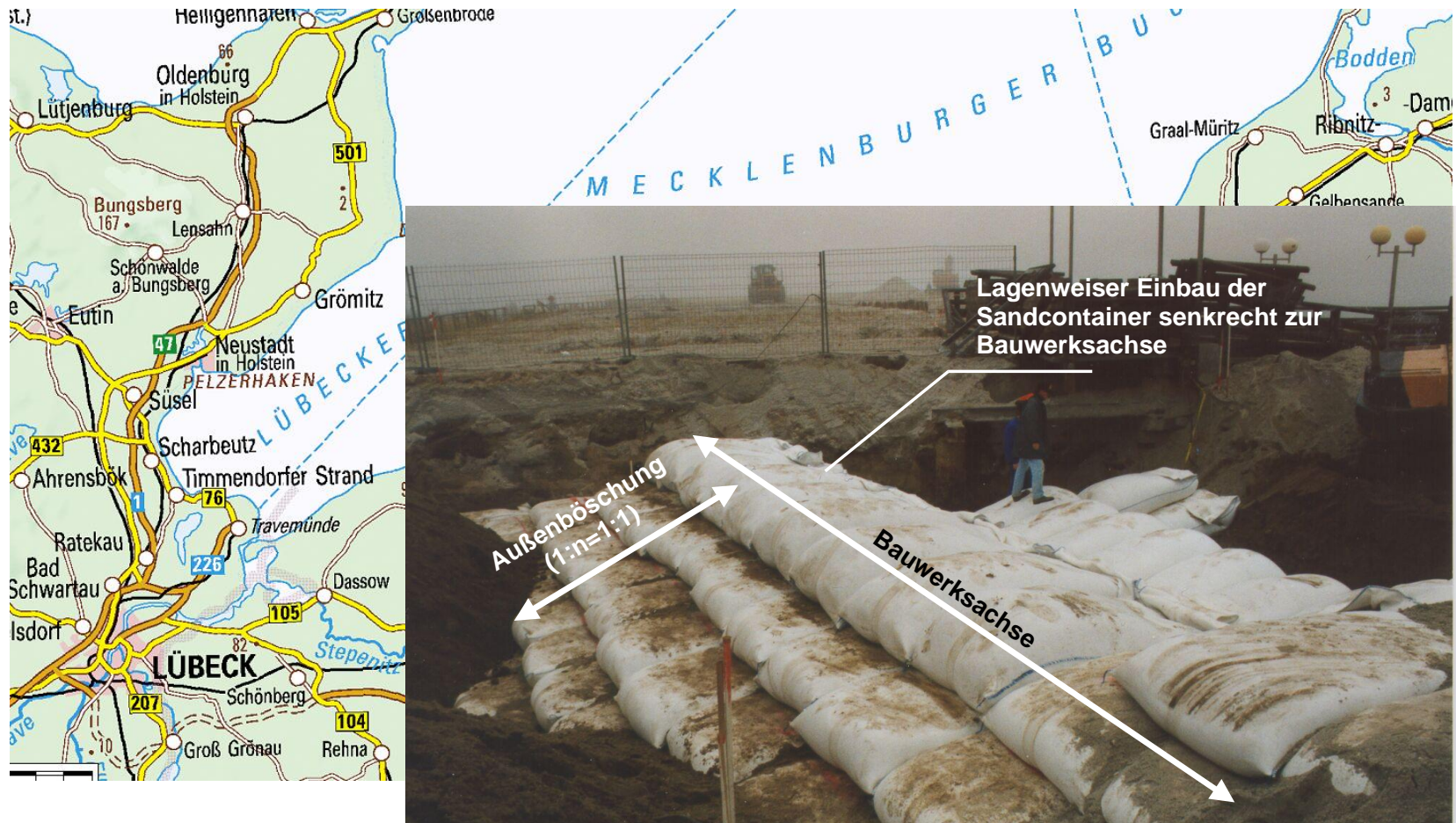
Geotextile Sandcontainer - Funktionsprinzip



•QUELLE: OUMERACI, BLECK, HINZ, KÜBLER (2003)

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer – Anwendungsbeispiele (Rerik)



•FOTO: STAUN ROSTOCK

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer – Anwendungsbeispiele (Glowe)



•QUELLE: OUMERACI, BLECK, HINZ, KÜBLER (2003); StAUN Rostock

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer – Anwendungsbeispiele (Wangerooge)

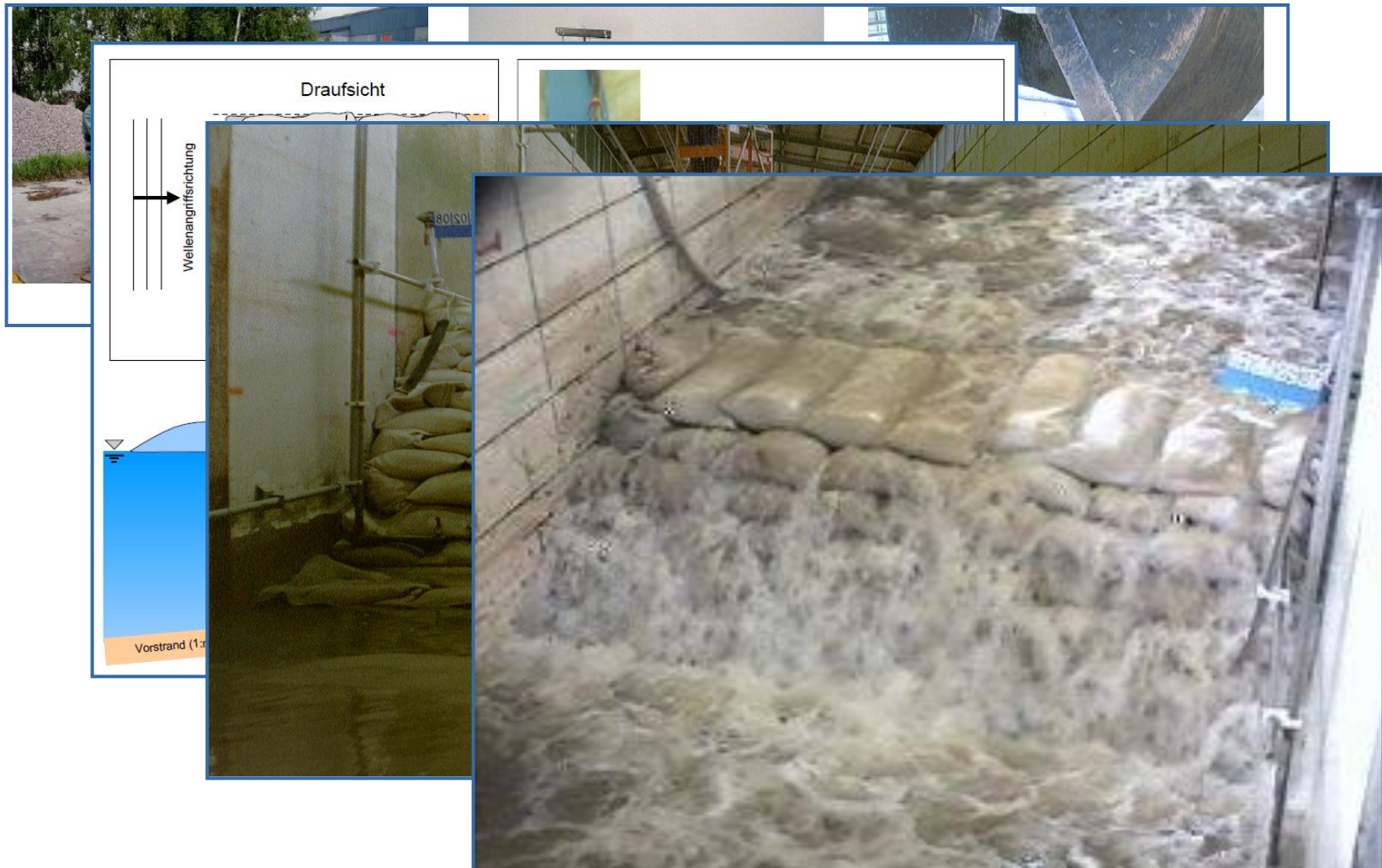


•QUELLE: VOHLKEN, J.; LIND, H. UND WITTE, J. (2003)

- **Ermittlung der notwendigen Containermasse**
 - **Steinanalogie (Bemessungsansatz nach Wouters, Hudson)**
 - **Weitere Einflussgrößen:**
 - **Füllungsgrad**
 - **Materialeigenschaften der Container (Reibverhalten)**
 - **Verformung und flexibles Verhalten**
 - **...**
 - **Physikalische Modellversuche am LWI und am GWK 2002**
 - **→ erste Bemessungsformeln speziell für Sandcontainer**
 - **Weitergehende Grundlagenuntersuchungen am LWI (Dissertation Juan Recio: 2007)**

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

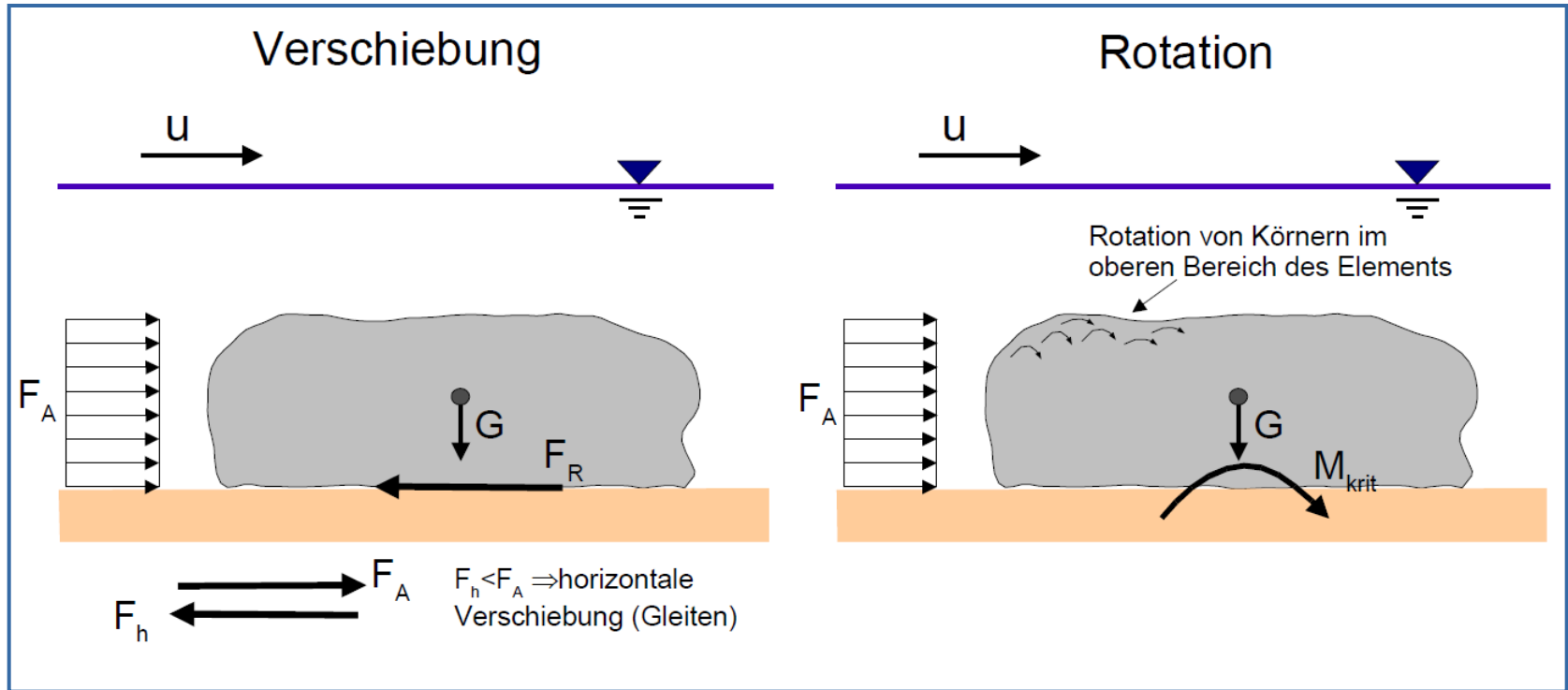
Geotextile Sandcontainer – Bemessungsverfahren – GWK-Versuche



•QUELLE: OUMERACI, BLECK, HINZ, KÜBLER (2003)

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

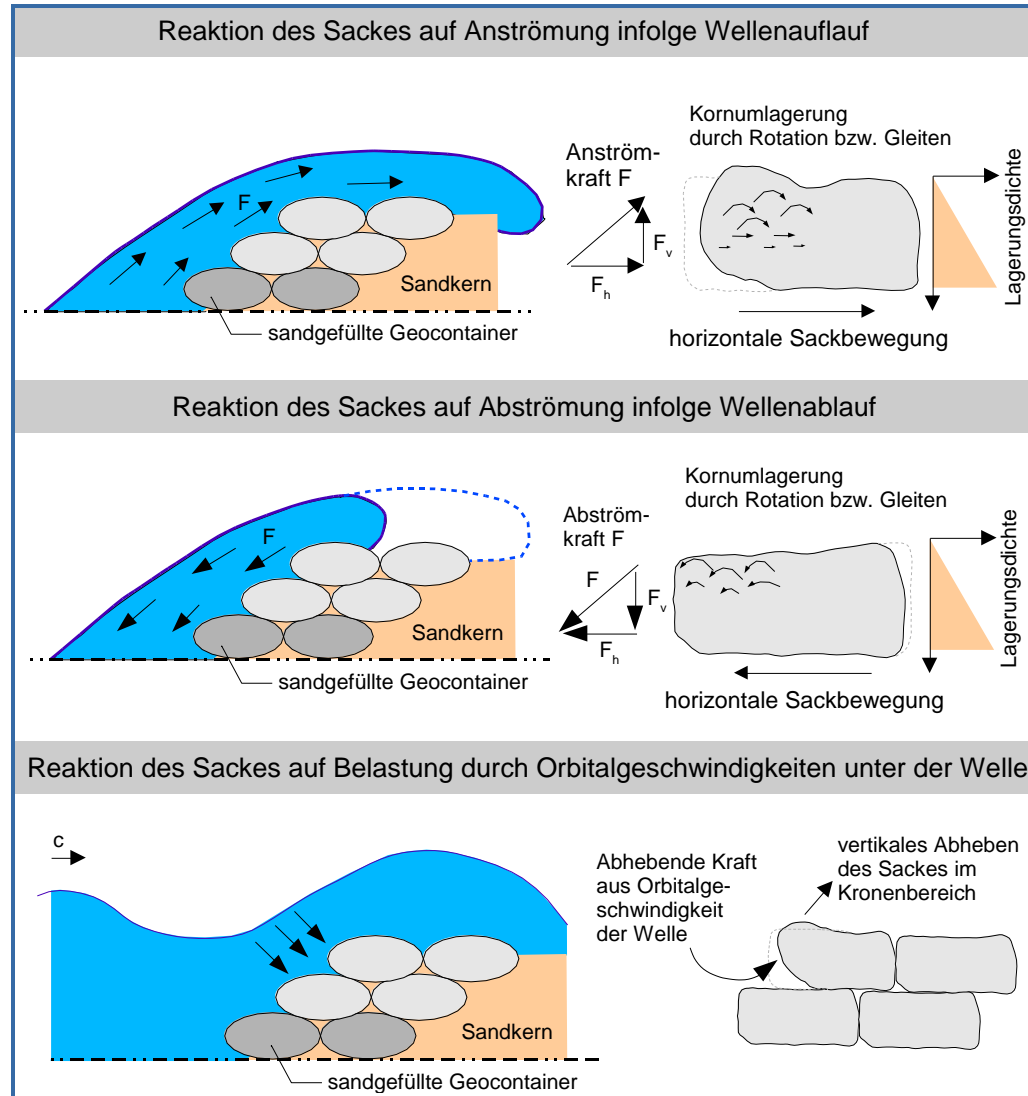
Geotextile Sandcontainer – Bemessungsverfahren – Reaktion der Container



•QUELLE: OUMERACI, BLECK, HINZ, KÜBLER (2003)

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer – Bemessungsverfahren – Systemverhalten



•QUELLE: OUMERACI, BLECK, HINZ, KÜBLER (2003)

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Geotextile Sandcontainer – Bemessungsverfahren – Bemessungstabeln

Bemessung von Dünenbarrieren

Definitionsskizze

Funktionale Bemessung auf Wellenüberlauf

$$Q^* = \frac{q}{\sqrt{g H_s}} = 0,06 \exp\left(-2,3 \frac{R_c}{H_s}\right) \Rightarrow q = 0,188 H_s^{3/2} \exp\left(-2,3 \frac{R_c}{H_s}\right)$$

mit q = mittlere Wellenüberlaufrate [$m^3/(s \cdot 1fd \cdot m)$]
 H_s = Höhe der einlaufenden Welle [m]
 R_c = Freibord [m]

Stabilitätsbemessung der Deckschichtelemente

• Ermittlung der Sandcontainerlänge l [m]

für Kronenelemente:	für Böschungselemente:
$l = \frac{H_s}{(\rho_K / \rho_w - 1) \left(0,79 + 0,09 \frac{R_c}{H_s}\right) \sin \alpha}$	$l = \frac{H_s^{3/4} T^{1/2}}{1,74 (\rho_K / \rho_w - 1) \sqrt{\sin 2\alpha}}$

mit $\rho_K = (1-n) \rho_K + n \rho_w$ = Dichte der Sandcontainerelemente
 ρ_w = Dichte des Wassers [kg/m^3]
 ρ_K = Korndichte des Füllmaterials [kg/m^3]
 n = Porenanteil

• Abschätzung des Sandcontainervolumens [m^3]
 $V = 0,065 l^3$
 (ungefähr: $a : b = 1 : 2 \Rightarrow a \times b = 1,08 l \times 0,54 l$)

Hinweise:
 Die entscheidende Bemessungsgröße ist die Einbindelänge l .
 Wegen der großen Dehnfähigkeit der Geotextilien sollten vor der nachgeschalteten Massenermittlung unbedingt Probecontainer befüllt werden, um die Containerdimensionen zu überprüfen.
 Die dargestellten Bemessungshilfen beruhen auf Modellversuchen an 1:1 geeigneten Dünenbarrieren aus Sandcontainern mit einem Längenverhältnis von 1:2 im ungefüllten Zustand.

(a) Stability Formulae for GSCs Including the Effect of Deformation

	Sliding		Overturning
Required container length $l_{c(s)} \geq u^2 \left[\frac{0,5 K_{SCD} C_D + 2,5 K_{SCL} C_L \mu}{\mu K_{SR} \Delta g - K_{SCM} C_M \frac{\partial u}{\partial t}} \right]$		Required container length $l_{c(om)} \geq u^2 \left[\frac{0,05 K_{COD} C_D + 1,25 K_{OCL} C_L}{0,5 \Delta K_{OR} g - 0,1 K_{OCM} C_M \frac{\partial u}{\partial t}} \right]$	
Required container mass $W_{GSC} \geq \rho_s \left(u^2 \left[\frac{0,5 K_{SCD} C_D + 2,5 K_{SCL} C_L \mu}{\mu \Delta K_{SR} g - K_{SCM} C_M \frac{\partial u}{\partial t}} \right] \right)^{1/3}$		Required container mass $W_{GSC} \geq \rho_s \left(u^2 \left[\frac{0,05 K_{COD} C_D + 1,25 K_{OCL} C_L}{0,5 \Delta K_{OR} g - 0,1 K_{OCM} C_M \frac{\partial u}{\partial t}} \right] \right)^{1/3}$	

(b) Deformation Factors and Force Coefficients for the Stability Formulae

GSC-Structure	Sliding	Overturning	Force Coefficients
Single GSC on Sea Bed 	$K_{SCD} = 1,40$ $K_{SCM} = 1,00$ $K_{SCL} = 0,94$ $K_{SR} = 0,70$	$K_{COD} = 1,54$ $K_{OCM} = 1,1$ $K_{OCL} = 0,80$ $K_{OR} = 0,92$	$C_D = -2 \times 10^{-5} Re + 6,81$ with $1,3 \leq C_D \leq 6,5$ $C_M = 0,60$ $C_L = 1 \times 10^{-5} Re - 0,612$ with $0,2 \leq C_L \leq 1,4$
Group of GSCs on Sea Bed (i. e. Scour Protection) 	$K_{SCD} = 1,40$ $K_{SCM} = 1,00$ $K_{SCL} = 0,94$ $K_{SR} = 0,70$	$K_{COD} = 1,54$ $K_{OCM} = 1,1$ $K_{OCL} = 0,80$ $K_{OR} = 0,92$	$C_D = -6 \times 10^{-5} Re + 14,70$ with $4 \leq C_D \leq 11$ $C_M = 0,50$ $C_L = 1 \times 10^{-5} Re - 0,669$ with $0,4 \leq C_L \leq 1,3$
Submerged GSC-Breakwaters (Artificial Reef) 	$K_{SCD} = 1,40$ $K_{SCM} = 1,00$ $K_{SCL} = 0,94$ $K_{SR} = 0,70$	$K_{COD} = 1,54$ $K_{OCM} = 1,1$ $K_{OCL} = 0,80$ $K_{OR} = 0,92$	$C_D = -9 \times 10^{-5} Re + 23,04$ with $4 \leq C_D \leq 15$ $C_M = 0,30$ $C_L = 1 \times 10^{-5} Re - 0,587$ with $0,3 \leq C_L \leq 1,2$
GSC-Revetments (CREST GSC) 	$K_{SCD} = 1,40$ $K_{SCM} = 1,00$ $K_{SCL} = 0,94$ $K_{SR} = 0,70$	$K_{COD} = 1,54$ $K_{OCM} = 1,1$ $K_{OCL} = 0,80$ $K_{OR} = 0,92$	$C_D = -2 \times 10^{-5} Re + 6,81$ with $1,3 \leq C_D \leq 6,5$ $C_M = 0,60$ $C_L = 1 \times 10^{-5} Re - 0,612$ with $0,2 \leq C_L \leq 1,4$
GSC-Revetments (SLOPE GSC) 	$K_{SCD} = 1,40$ $K_{SCM} = 1,00$ $K_{SCL} = 0,94$ $K_{SR} = 1,60$	Not applicable (GSC pulled out seaward)	$C_D = -3 \times 10^{-5} Re + 8,9$ with $2,5 \leq C_D \leq 9$ $C_M = 0,30$ $C_L = 1 \times 10^{-5} Re - 0,587$ with $0,3 \leq C_L \leq 1,2$

Note: Determined for shallow water conditions $d/L < 0,10$ and $Re = 10^4 - 10^6$

OUMERACI, HINZ, BLECK KÜBLER (2003)

RECIO (2008)

- **Geotextile Sandcontainer als Dünenbarriere:**
 - **Sanfter Küstenschutz**
 - **Verwendung lokalen Materials (geringe Transport- und Baukosten)**
 - **Kein optischer Eingriff**
 - **Zuverlässige Funktion**
 - **Einfacher Rückbau**

- **Weitere Anwendungsmöglichkeiten**
 - **Kolkschutz**
 - **Deichkern**
 - **...**

Geotextile Sandcontainer im Küstenschutz

Ausblick

- Vermehrte Anwendung Geotextiler Sandcontainer
- Weitergehende Forschung



•GRÜNE, J.; SPARBOOM, U.; OUMERACI, H.; SCHMIDT-KOPPENHAGEN, R.; WANG, Z. (2007) Kolkschutz an Monopile – Tragkonstruktionen von OWEA.
http://www.fzk-nth.de/uploads/tx_tkpublikationen/Gigawind_Kolkschutz_Gruene_et_al_020407_bunt_03.pdf

