

KFKI-Statusseminar, Bremerhaven, 25.11.2015

ConDyke – Einfluss von konkaven und konvexen Knicken im Deichlängsprofil auf die Freibordermittlung von See- und Ästuardeichen

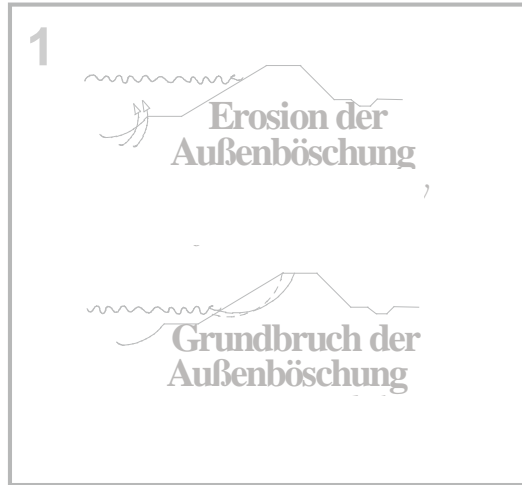


- **Dipl.-Ing. Nils Kerpen**, Prof. Dr.-Ing. Torsten Schlurmann
Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen,
Leibniz-Universität Hannover
- **Babette Scheres M.Sc.**, Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,
RWTH Aachen University

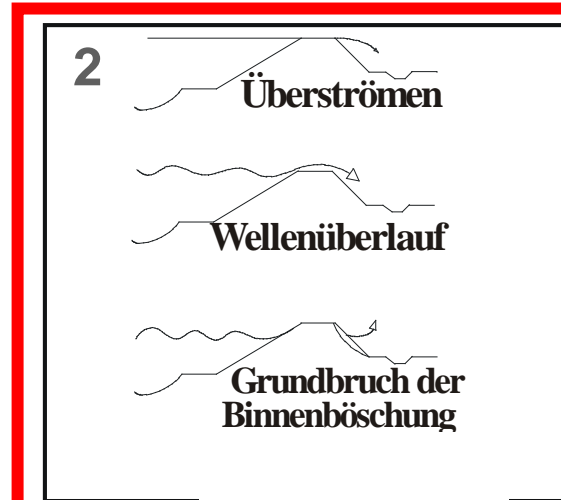
Inhalt

- **Einführung**
- **Phänomenologie**
- **Zielsetzung und Relevanz**
- **Stand der Forschung**
- **Bisherige Modellversuche**
- **Ausblick auf ConDyke**

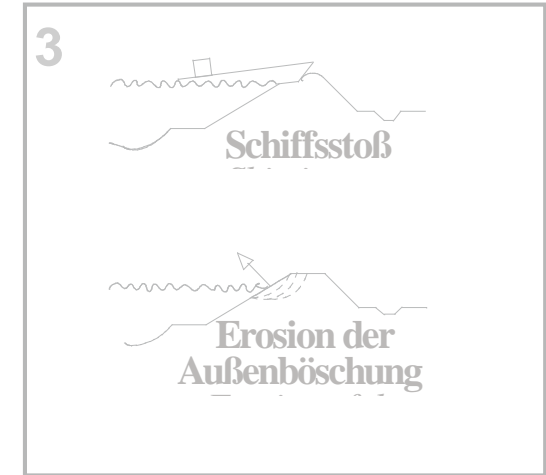
Phänomenologie



Seeseite Binnenseite
seaward landward



Seeseite Binnenseite
seaward landward



Binnenseite Seeseite
landward seaward

Phänomenologie

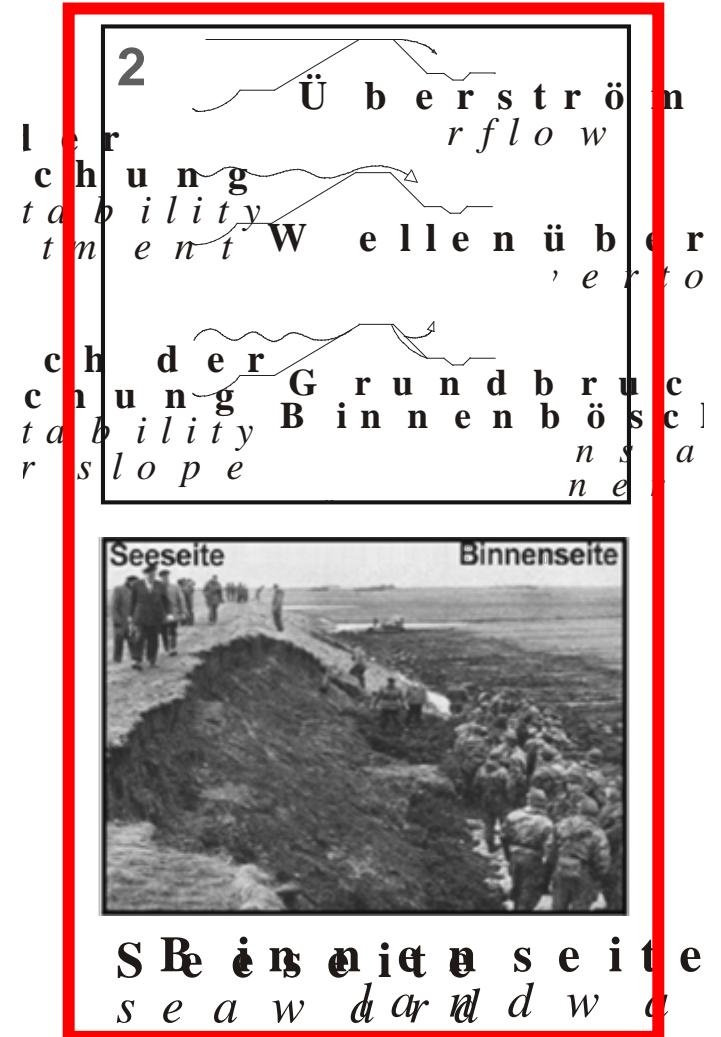
Einflussgrößen des Wellenaufbaus:

1. Seegangparameter

- Wellenhöhe $H_{1/3}$ [m]
- Wellenperiode T_p [sec]
- Richtungsstruktur des Seegangs $\theta(a)$
- Wassertiefe vor dem Bauwerk d [m]

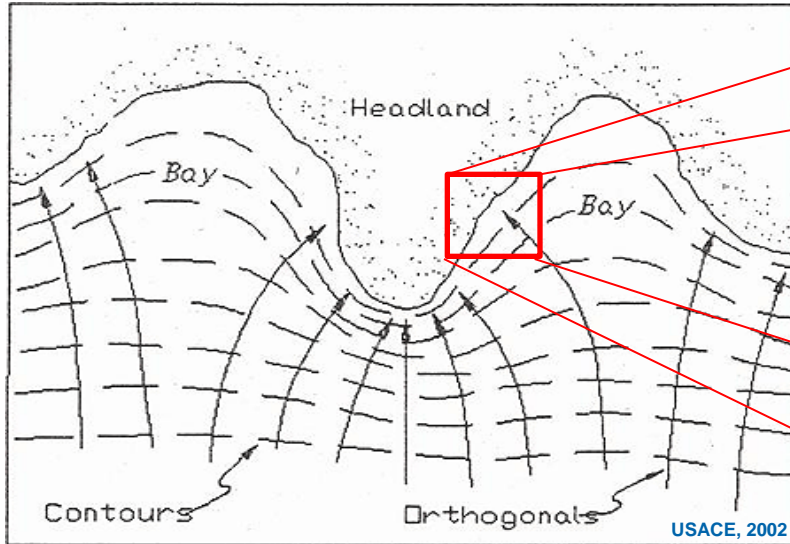
2. Bauwerksparameter

- Deichneigung 1:n
- Oberflächenrauheit k [mm]
- Deichgeometrie (Berme, Knickprofil, usw.)
- Vorstrandgeometrie



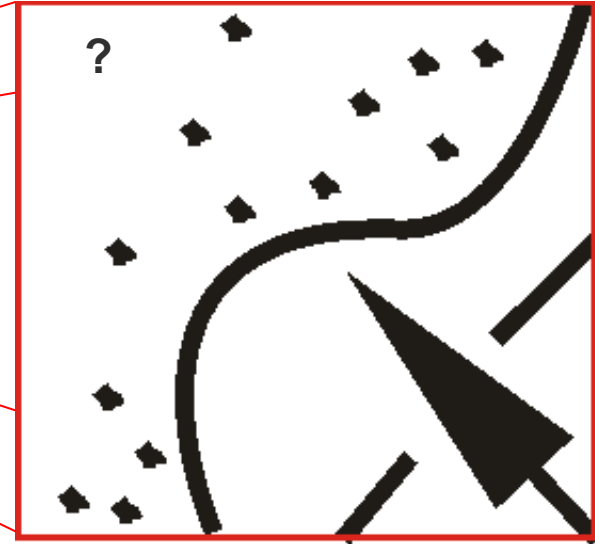
Zielsetzung

Regionale Transformationen



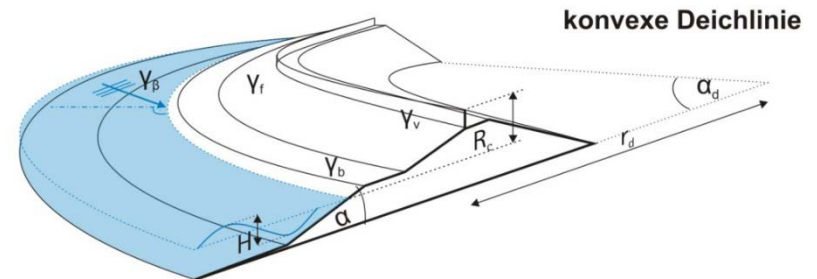
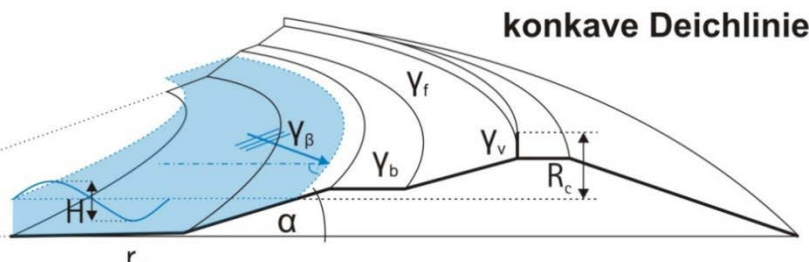
$O(10 \text{ km} - 100 \text{ m})$

Lokale Transformationen



$O(100 \text{ m} - 5 \text{ m})$

...lokale Transformationen und Wechselwirkungen mit:



Zielsetzung

Parallele Deichlinie

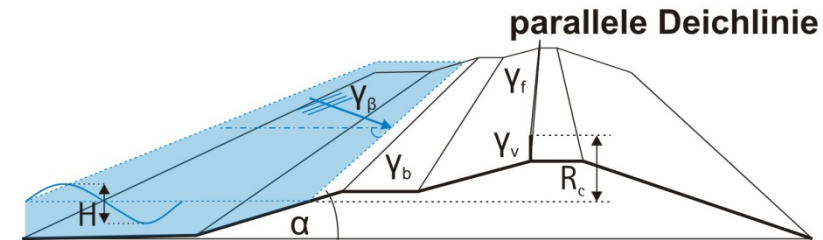
- **EurOtop (2007)** beschreibt Magnituden des

i) Wellenaufaufs

ii) Wellenüberlaufs

bauwerksbedingt durch empirisch ermittelte Korrekturfaktoren:

- Berme γ_b
- Rauheit und Durchlässigkeit γ_f
- Wellenangriffswinkel γ_β
- Vert. Wand auf Böschung γ_v
- Böschungsneigung α



H:	Wellenhöhe	γ_b :	Berme
γ_β :	Wellenangriffshöhe	γ_f :	Rauheit / Permeabilität
$R_{u2\%}$:	Wellenauflaufhöhe	γ_v :	vertikale Wand
$\xi_{m-1,0}$:	Brecherparameter	α :	Deichneigung
		R_c :	Freibordhöhe

Wellenauflaufhöhe [-]:

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = c_1 \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \xi_{m-1,0}$$

Wellenüberlaufmenge [-]:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan \alpha}} \cdot \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left(-4.75 \frac{R_c}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_v}\right)$$

Zielsetzung

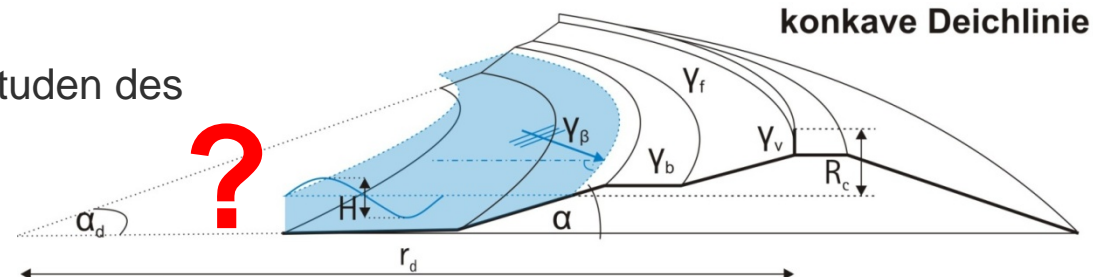
Konkave Deichlinie

- **EurOtop (2007)** beschreibt Magnituden des

- i) Wellenaufbaus
- ii) Wellenüberlaufs

bauwerksbedingt durch empirisch ermittelte Korrekturfaktoren:

- Berme γ_b
- Rauheit und Durchlässigkeit γ_f
- Wellenangriffswinkel γ_β
- Vert. Wand auf Böschung γ_v
- Böschungsneigung α



r_d : Radius	H: Wellenhöhe	γ_b : Berme
α_d : Richtungsänderung	γ_β : Wellenangriffswinkel	γ_f : Rauheit / Permeabilität
	$R_{u2\%}$: Wellenaufbauhöhe	γ_v : vertikale Wand
	$\xi_{m-1,0}$: Brecherparameter	α : Deichneigung
		R_c : Freibordhöhe

- **Wellenfokussierung**
- **Reflexion**
- **Refraktion**

Wellenaufbauhöhe [-]:

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = c_1 \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \xi_{m-1,0}$$

Wechselwirkungen?

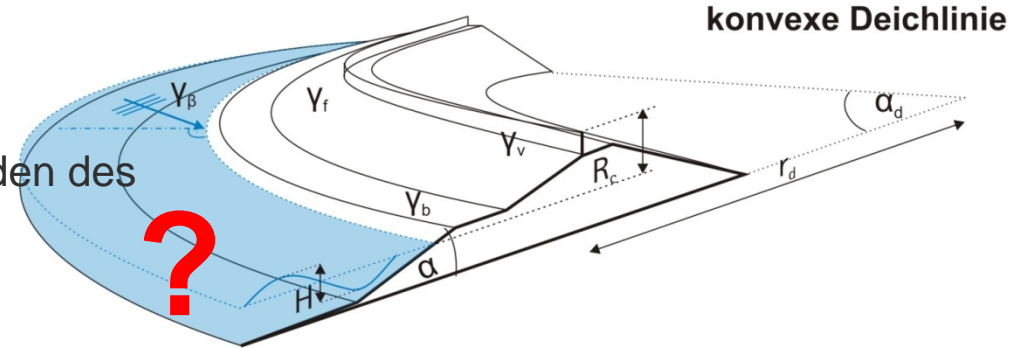
Wellenüberlaufmenge [-]:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan \alpha}} \cdot \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left(-4.75 \frac{R_c}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_v}\right)$$

Einflüsse?

Zielsetzung

Konvexe Deichlinie



- **EurOtop (2007)** beschreibt Magnituden des

- Wellenaufbaus
- Wellenüberlaufs

bauwerksbedingt durch empirisch ermittelte Korrekturfaktoren:

- Berme γ_b
- Rauheit und Durchlässigkeit γ_f
- Wellenangriffswinkel γ_β
- Vert. Wand auf Böschung γ_v
- Böschungsneigung α

r_d : Radius
 α_d : Richtungsänderung

H: Wellenhöhe
 γ_β : Wellenangriffswinkel
 $R_{u2\%}$: Wellenaufbauhöhe
 $\xi_{m-1,0}$: Brecherparameter

γ_b : Berme
 γ_f : Rauheit / Permeabilität
 γ_v : vertikale Wand
 α : Deichneigung
 R_c : Freibordhöhe

- **Wellenfokussierung**
- **Reflexion**
- **Refraktion**

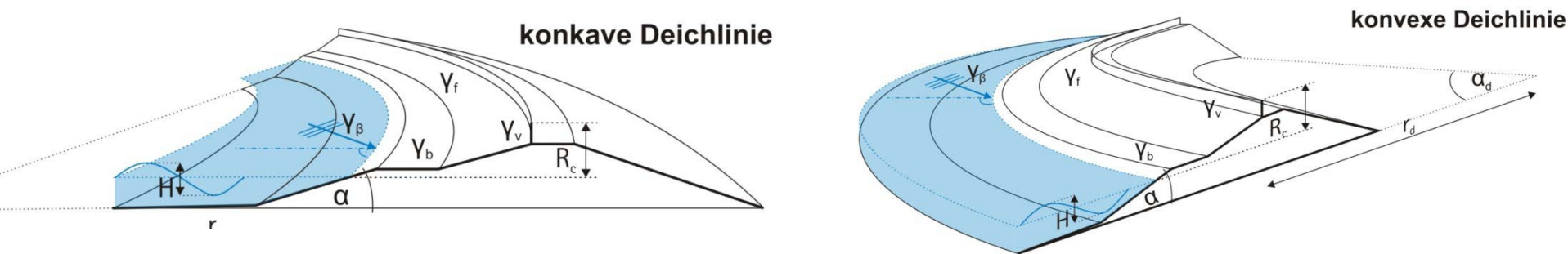
Wellenaufbauhöhe [-]:

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = c_1 \cdot \underbrace{\gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}_{\text{Wechselwirkungen?}} \cdot \xi_{m-1,0}$$

Wellenüberlaufmenge [-]:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan \alpha}} \cdot \underbrace{\gamma_b}_{\text{Einflüsse?}} \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left(-4.75 \frac{R_c}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0} \cdot \underbrace{\gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_v}_{\text{Einflüsse?}}}\right)$$

Zielsetzung



Zielstellungen des KFKI-Forschungsvorhabens “ConDyke”:

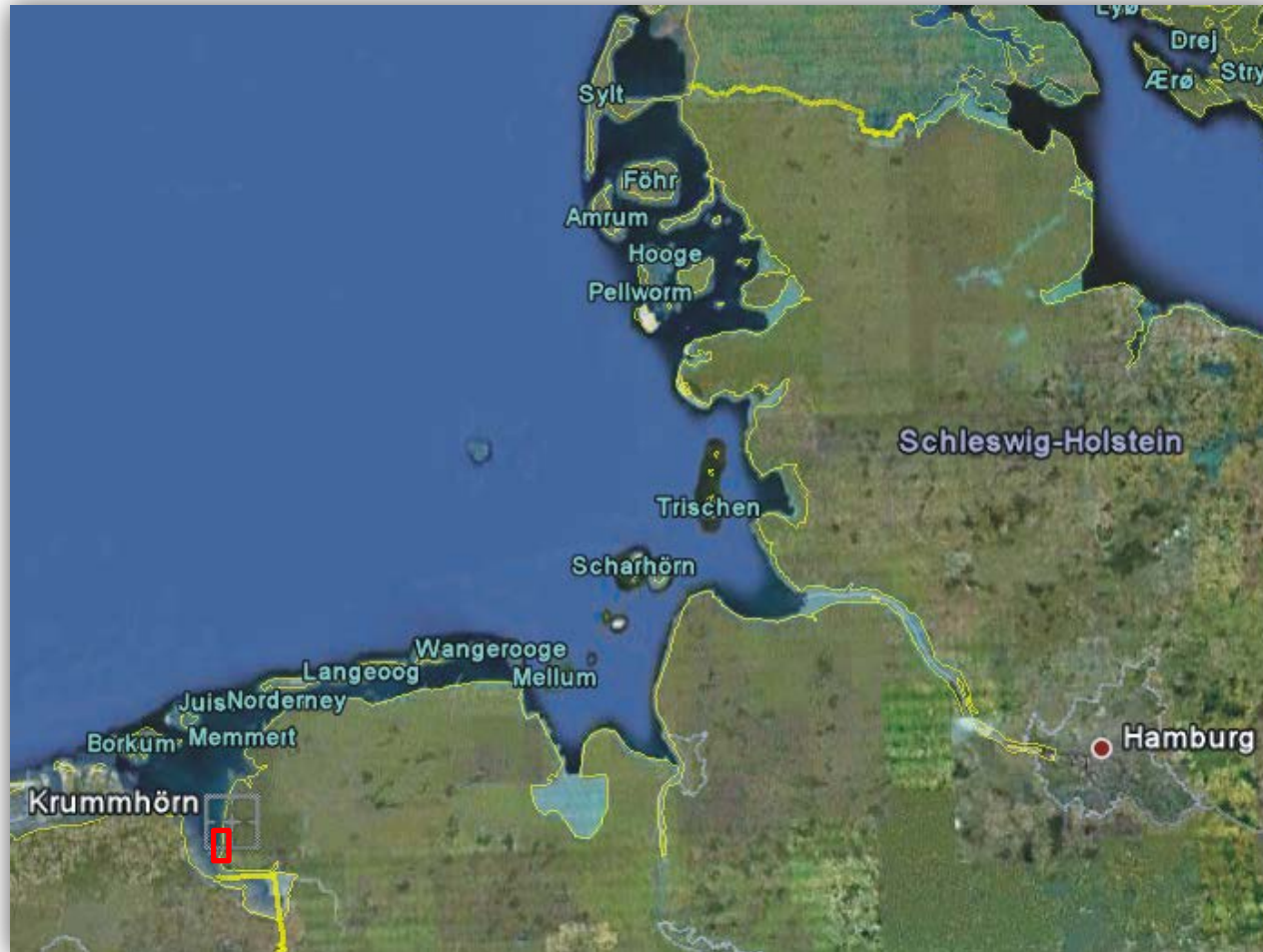
Einfluss und Wechselwirkungen der konkav/konvex gekrümmten Deichlinie

- auf/mit Seegang im Vorland der Deichlinie und
- auf/mit Wellenauflauf am Deich und
- auf/mit Wellenüberlauf und Ausbildung des Schussstrahls auf Deichbinnenseite.

Fragestellungen:

1. Belastungsänderungen der gekrümmten Deichlinie aus Wellenauflauf?
2. Auswirkungen auf Wellenüberlaufmenge?
3. Konzentration des überlaufenden Schussstrahls und Effekte auf Schubspannungen und Erosionspotentiale der Überlaufmengen?

Relevanz



Google, 2010

Relevanz

Vorabstudie (Niedersachsen)

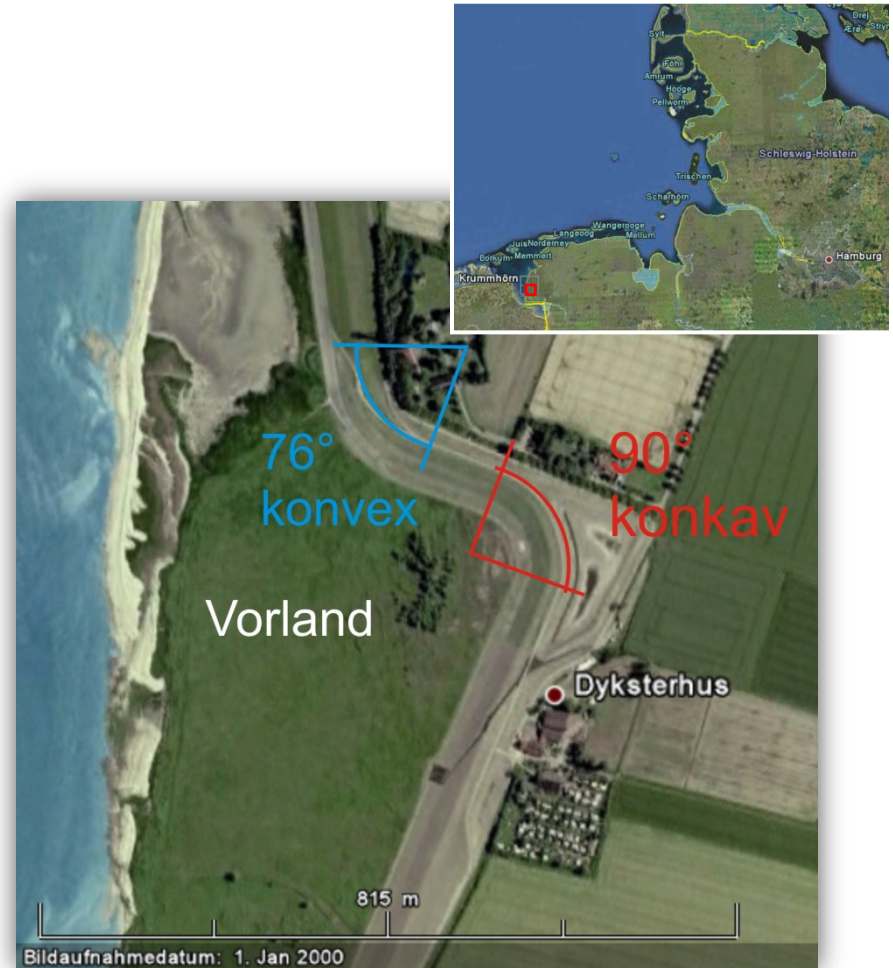
- Analyse der Deichlinie zwischen Ems-Dollart und Elbmündung (Cuxhaven)
- Auffinden von Singularitäten im Verlauf der Deichlinie
- Erfassung und Analyse der wesentlichen Charakteristika der Singularitäten



Relevanz

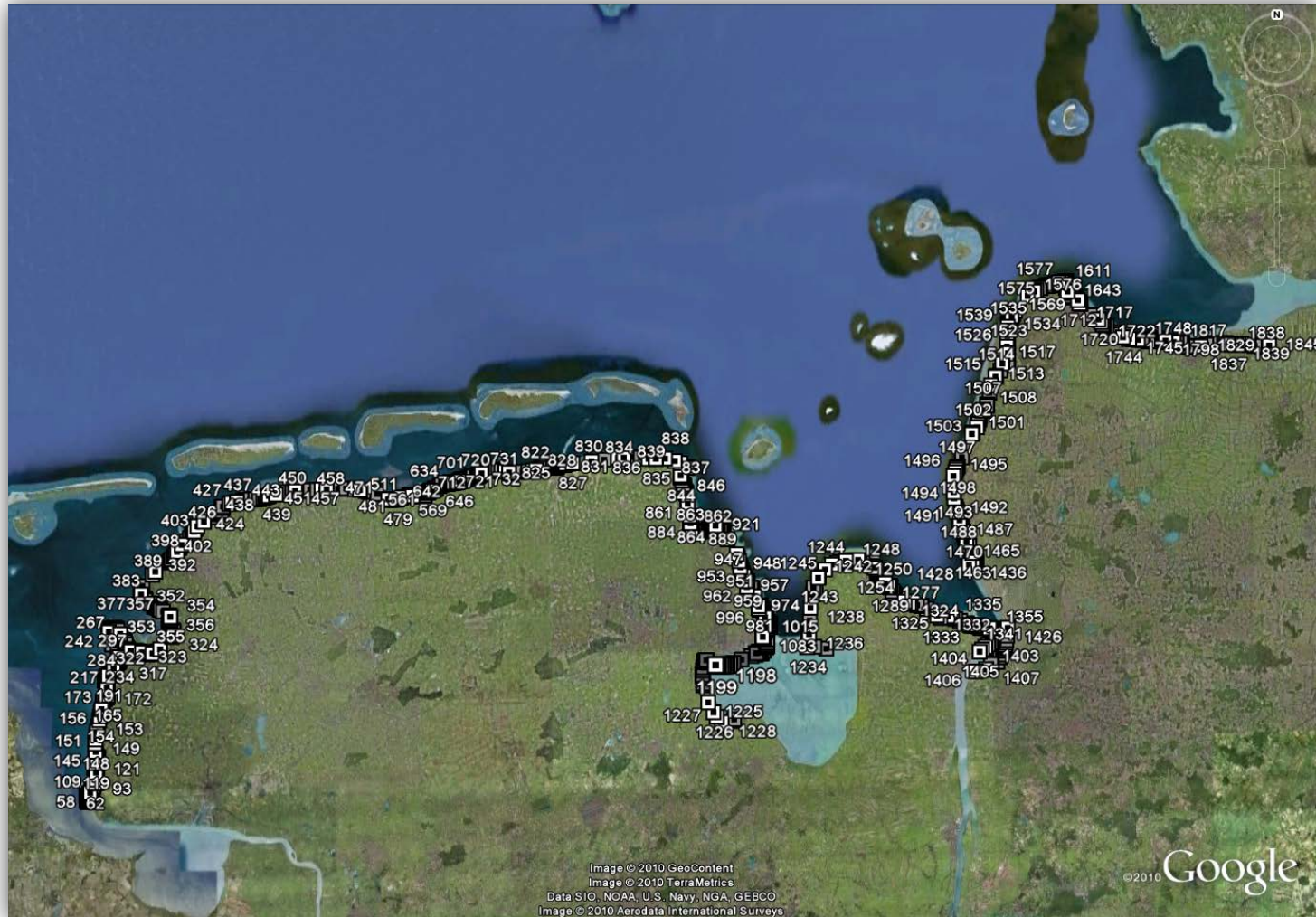
Vorabstudie (Niedersachsen)

- Sowohl konvex als auch konkav gekrümmte Deichlinie
- Analyse aller Deichkrümmungen, die folgende min. Kriterien erfüllen:
 - Öffnungswinkel $> 30^\circ$
 - Krümmungsradius $< 1.000\text{ m}$



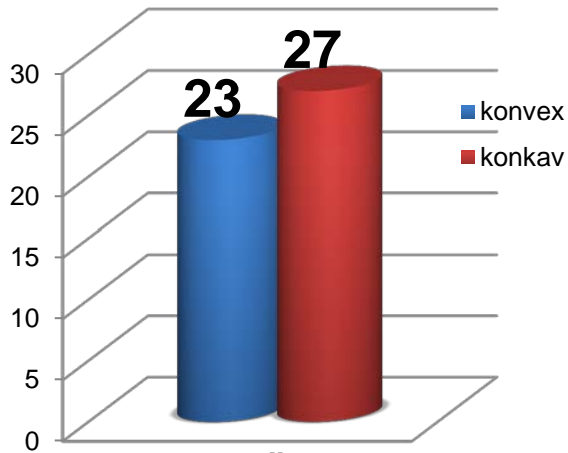
Google, 2010

Ergebnisse (Ems-Dollart bis Elbmündung (Cuxhaven) ca. 430 km)

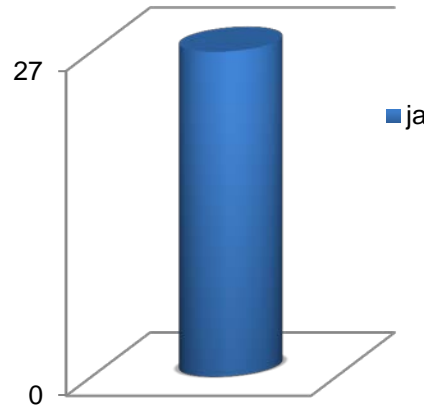


Ergebnisse (Ems-Dollart bis Elbmündung (Cuxhaven) ca. 430 km)

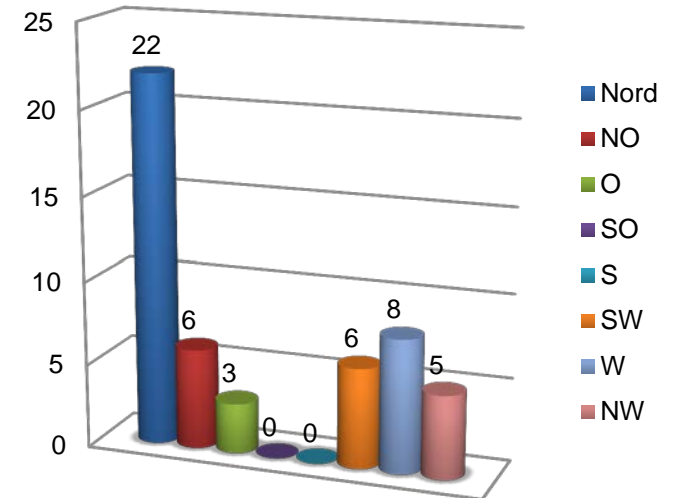
Häufigkeit von konvexen und konkaven Krümmungen



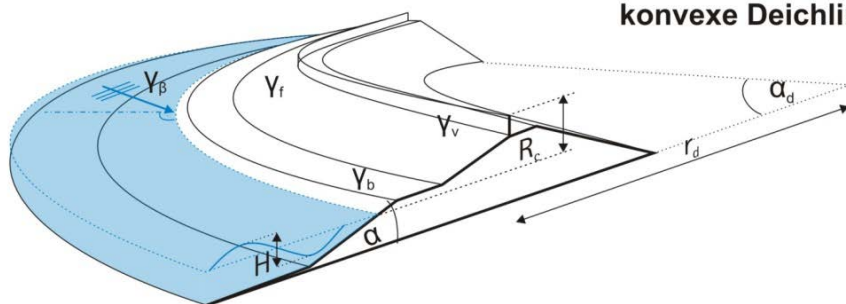
Vorland vor dem Deich



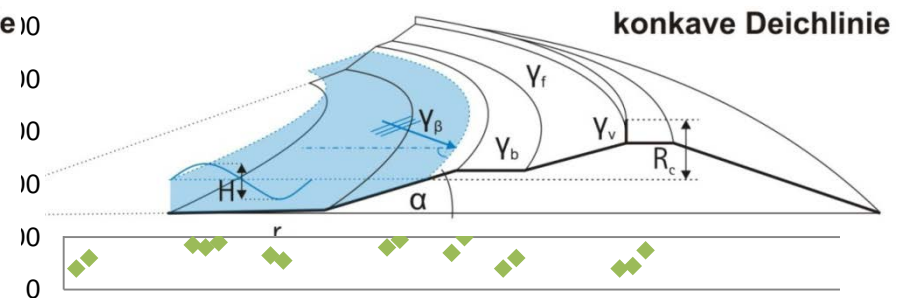
Öffnungsrichtung



Öffnungswinkel



Radien



Stand des Wissens

für vertikale Wände von:

- Ishihara et al. (1960) (regelmäßige Wellen)
- Daemrich (1991) (Wellenspektren)
- Franco (1995) (kurzkämmige Wellenspektren)
- Hiraishi (1996) (Wellenspektren)
- **Napp et al. (2002) (kurzkämmige Wellenspektren, 90° konvex)**



Wellenbecken am Franzius-Institut

für Deiche und geneigte Bauwerke von:

- Shidorova (1960) (regelmäßige Wellen)
- Hosoi und Shuto (1964) (regelmäßige Wellen)
- Wagner und Bürger (1973) (regelmäßige Wellen)
- Erchinger (1977) (Messungen in der Natur)
- Owen (1980) (regelmäßige Wellen)
- Tautenhain (1982) (regelmäßige Wellen)
- Van der Meer und de Waal (1990) (Wellenspektren)
- Juhl und Sloth (1994) (Wellenspektren)
- Van der Meer und Janssen (1995) (kurzkämmige Wellenspektren)
- Sakakiyama und Kajima (1996) (kurzkämmige Wellenspektren)
- Hebsgaard et al. (1998) (Wellenspektren)
- Daemrich et al. (2004) (kurzkämmige Wellenspektren)
- Brüning et al. (2010) (Wellenspektren)
- **Scheres et al. (2013) (90° konvex)**

Fazit: Bislang gibt es keine systematischen Untersuchungen zum Einfluss von Krümmungen in der Deichlinie

Voruntersuchung EU-Hydralab CornerDike Projekt

Ziel:

Analyse des ...

- ... Einflusses sehr schräg einlaufender Wellen auf den Wellenauflauf und -überlauf
- ... Einflusses **einer** Ecke in der Deichlinie auf den Wellenauflauf und -überlauf

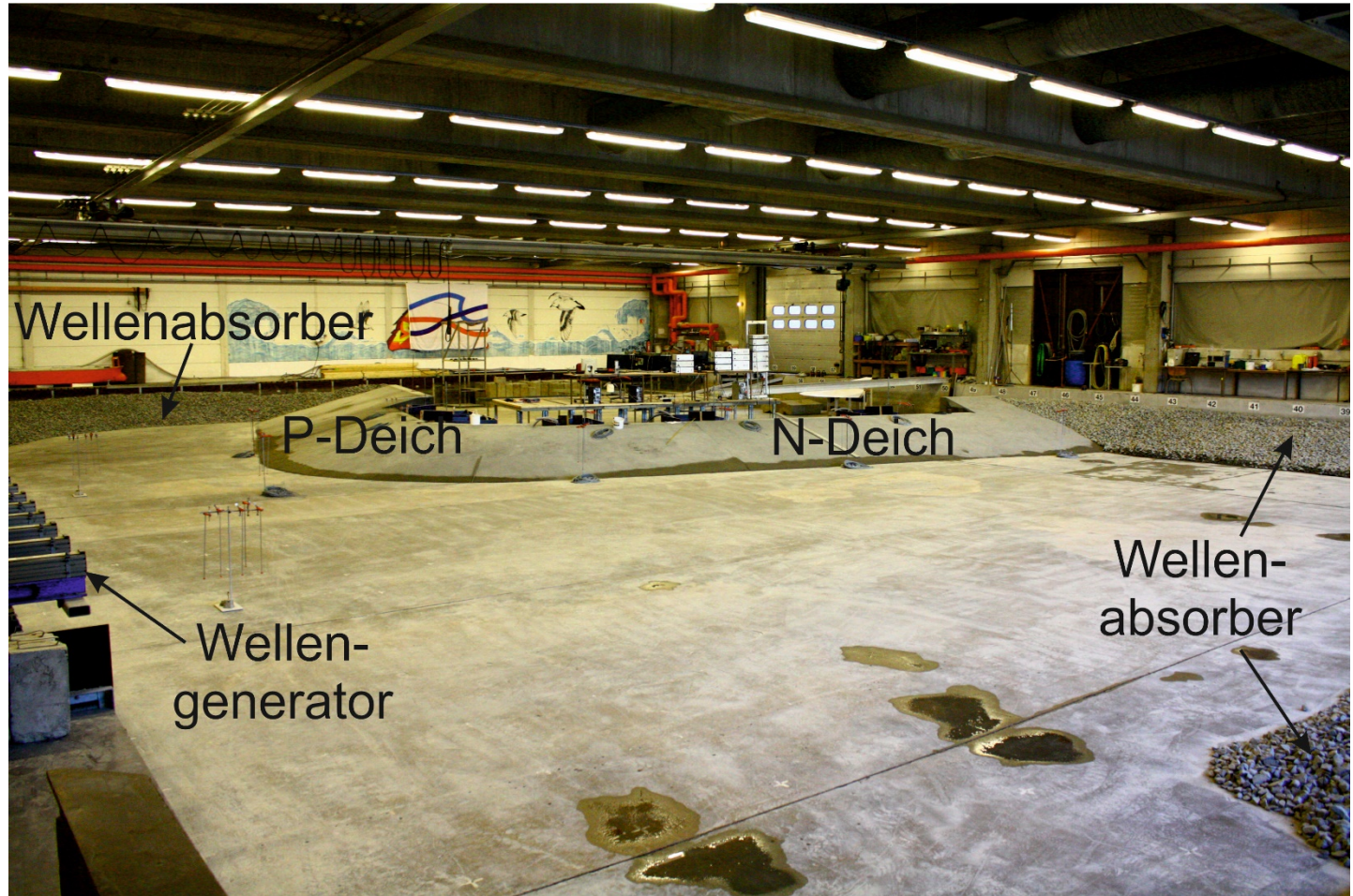
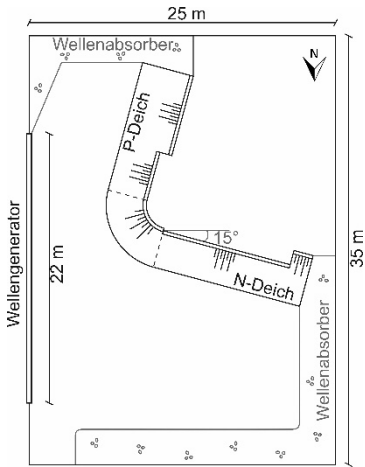
Partner:



Gefördert durch:



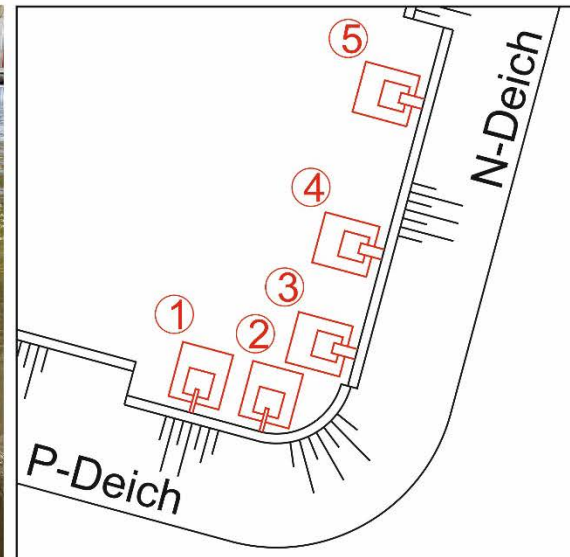
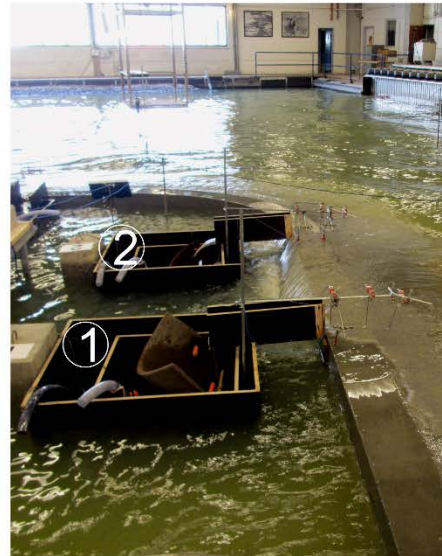
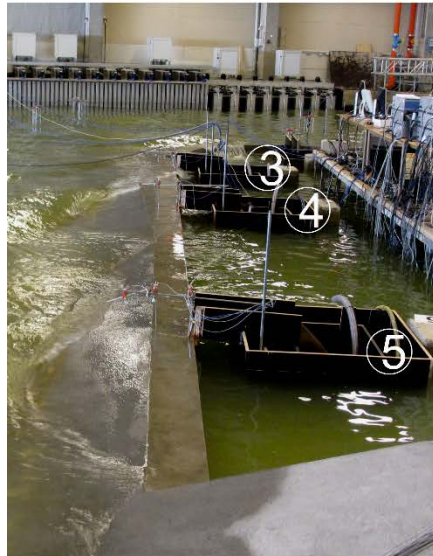
CornerDike Modellversuche – Modellaufbau



CornerDike Modellversuche – Messtechnik

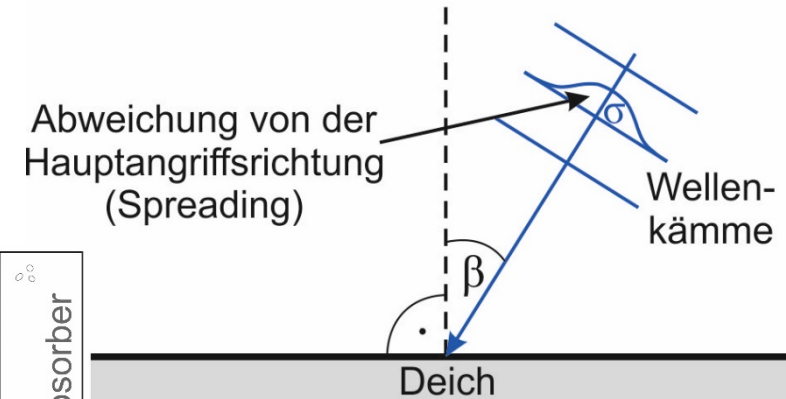
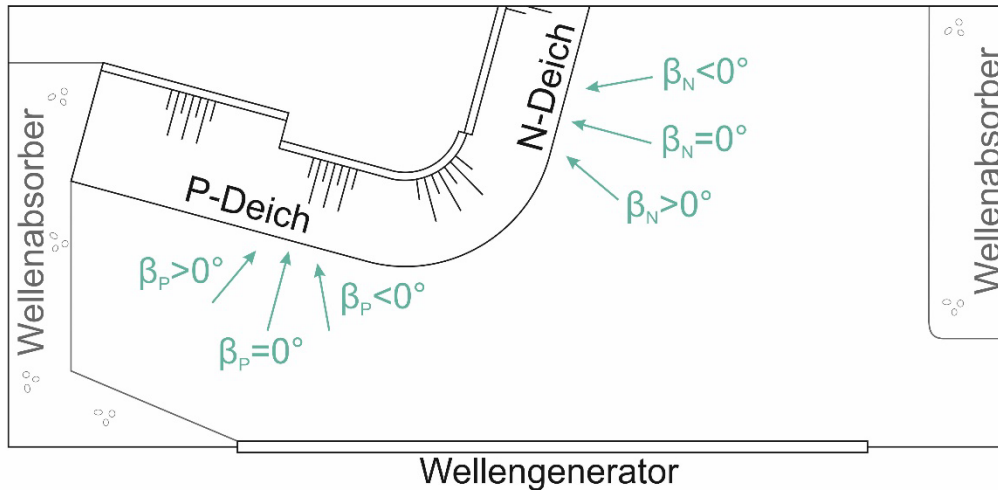
Wellenüberlaufmessungen

- 2 Überlaufbehälter hinter dem P-Deich
- 3 Überlaufbehälter hinter dem N-Deich



CornerDike Modellversuche – Versuchsprogramm

- kurzkämmige und langkämmige Wellen ($\sigma = 0^\circ$, $\sigma = 12^\circ$ und $\sigma = 34^\circ$)
- JONSWAP Spektrum
- Wellenangriffsrichtung β_N/β_P :
 - 45° bis +22.5° (P-Deich)
 - +45° bis +112.5° (N-Deich)



- Wellenhöhen H_s : 0,07 m, 0,10 m und 0,15 m
- Wellensteilheit s : 0,025 und 0,050

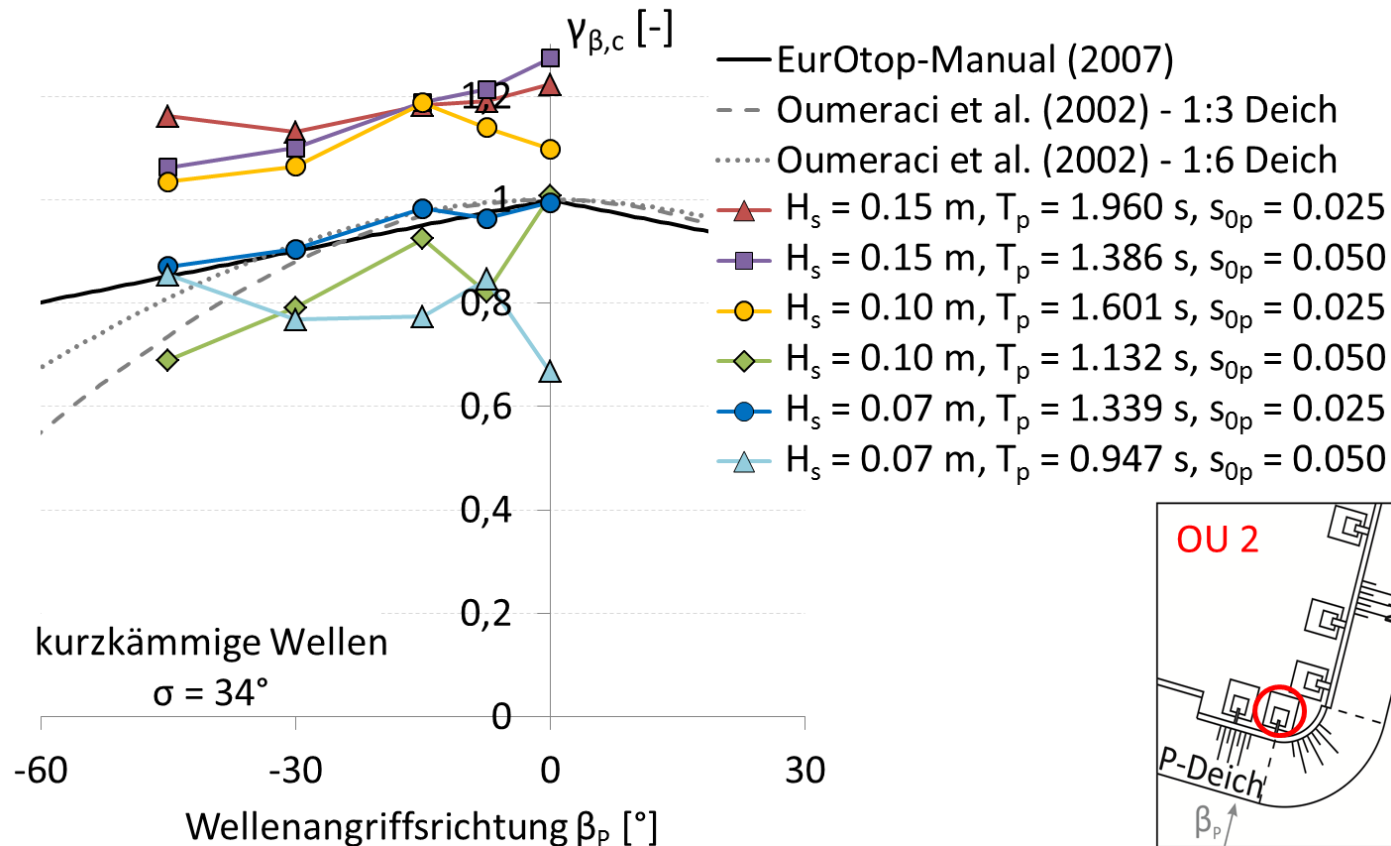
CornerDike Modellversuche – Modellaufbau

Test mit $\beta_N = 97,5^\circ$ ($H_s = 0,015$ m, $T_p = 1,960$ s, $d = 0,60$ m)



CornerDike Modellversuche – Ergebnisse

Einfluss der Ecke für $\beta \leq 45^\circ$:



Analyse des Wellenfeldes:

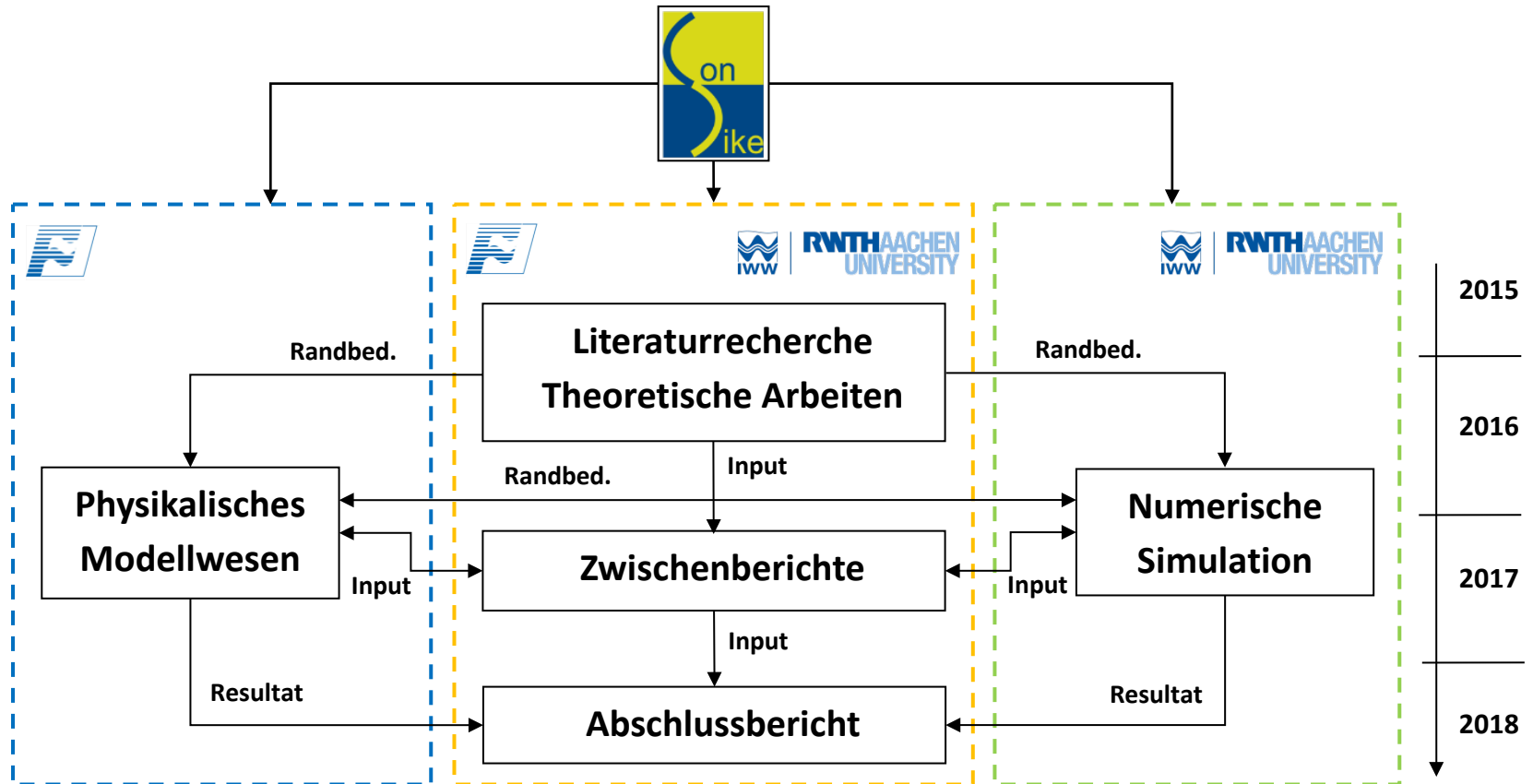
- Konzentration der Wellenenergie an der Ecke

Analyse des Wellenüberlaufs:

- Abnahme des Wellenüberlaufs für sehr schräge Wellen bis $\beta = 112,5^\circ$
- auch für $\beta \geq 110^\circ$ noch Wellenüberlauf
- Einfluss der Ecke für $\beta \leq 45^\circ$ abhängig von den Wellenparametern

Fazit: Systematische Untersuchungen zum Einfluss von Krümmungen in der Deichlinie

Neues KFKI-Projekt: ConDyke



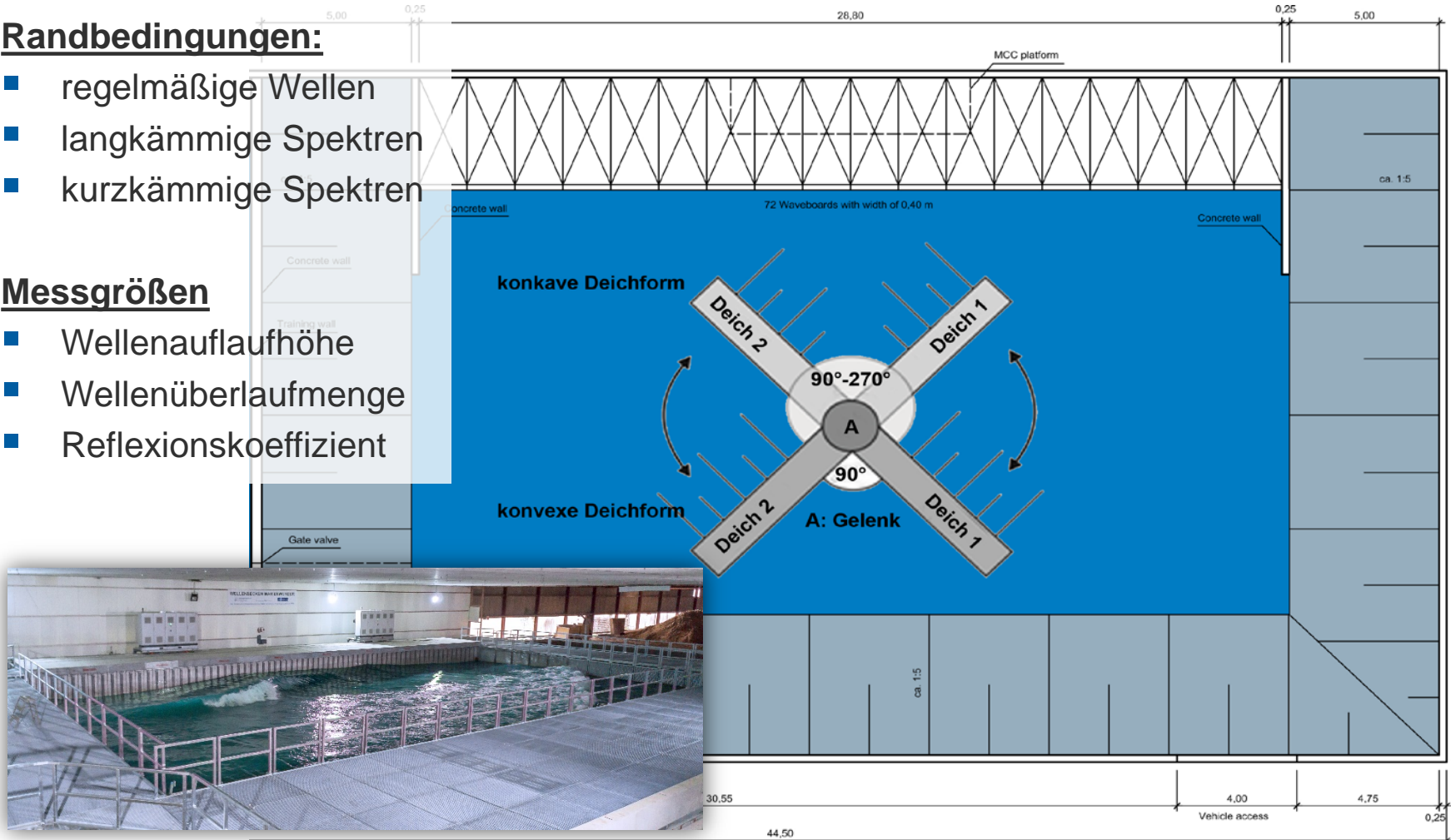
ConDyke – Experimentelle Untersuchungen

Randbedingungen:

- regelmäßige Wellen
- langkämmige Spektren
- kurzkämmige Spektren

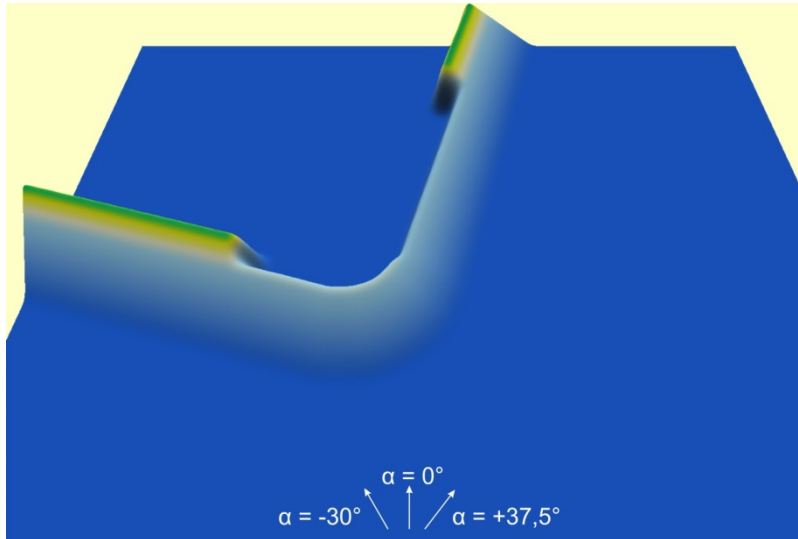
Messgrößen

- Wellenauflaufhöhe
- Wellenüberlaufmenge
- Reflexionskoeffizient

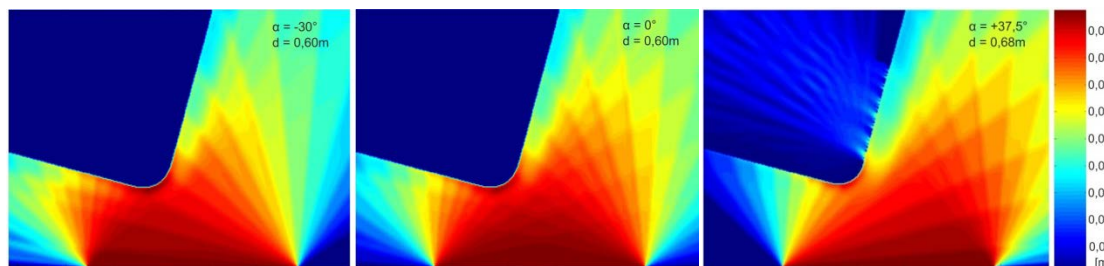
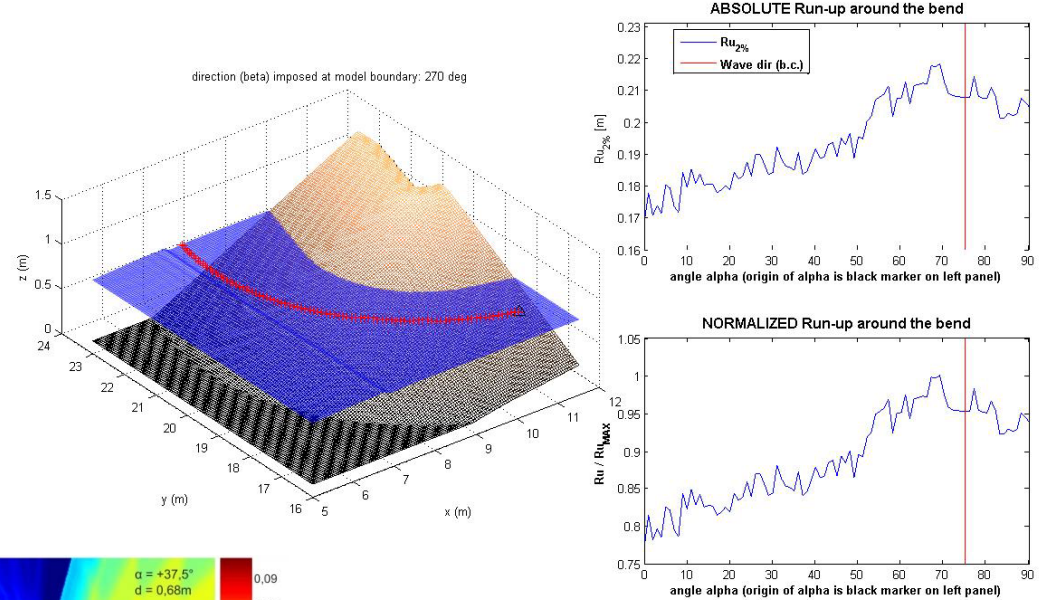


ConDyke – Numerische Untersuchungen

(a) Untersuchungen mit SWAN



(b) Untersuchungen mit SWASH



ConDyke – Erwartete Ergebnisse

- **Prozessverständnis und Wirkungsanalyse** des Wellenaufbaus und Wellenüberlaufs an konvex/konkav gekrümmter Deichlinie an der Norddeutschen Küste
- Aufstellen von ergänzten **Bemessungsansätzen/-richtlinien** für die Praxis
- **Empfehlungen konstruktiver Details** und Ausführungen (Verstärkungen)
- Fortführung und Ausbau der KFKI-Förderlinie (Wellenaufbau/-überlauf)
- Verstärkung der Zusammenarbeit Wissenschaft und Verwaltung im KFKI
- Stärkung der Kooperation zwischen traditionellen universitären Einrichtungen im maritimem Wasserbau und Küsteningenieurwesen (Hannover und Aachen)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit