

HyStKon

Hydraulische Stabilität, Schädigungsprozesse und Vermeidungsstrategien bei Küstenschutzwerken an Kontakt- und Übergangsstellen

Ina Schulte, M.Sc.
Dr.-Ing. Harish Selvam
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf

Jessica Becker, M.Sc.
Henrike Rodermund, M.Sc.
Dr.-Ing. Constantin Schweiger
Dr.-Ing. David Schürenkamp
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Nils Goseberg

Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
RWTH Aachen University

Leichtweiß-Institut für Wasserbau
TU Braunschweig

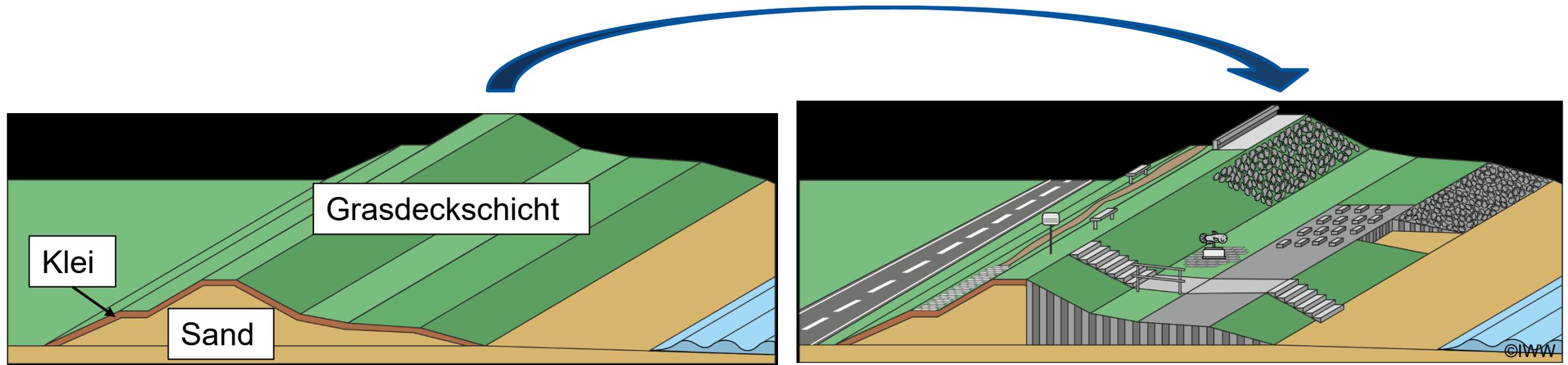
Gliederung

- Einleitung
- Projektvorstellung
- AP1: Bestandsaufnahme
- AP2.1: HyStKon-A Überströmen
- AP2.2: HyStKon-B Wellenauflauf
- Ausblick



Einleitung

- Deiche: Schutz vor Hochwasser und Sturmfluten
- Durch verschiedene Anforderungen/Nutzungsansprüche der Deiche: Heterogenität durch Material und Geometrieänderungen
- Deichelemente: Schwachstellen in vergangenen Sturmfluten (z.B. Kolb et al. 1962, Schüttrumpf und Oumeraci, 2004)

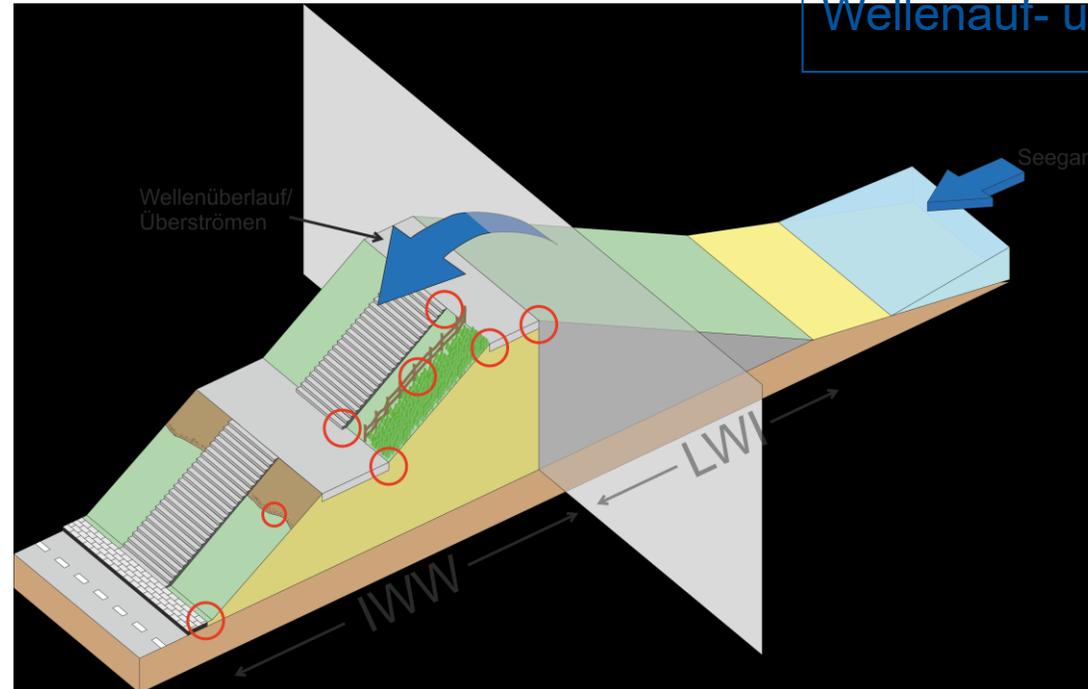


Projektvorstellung

■ Laufzeit: 3 Jahre (November 2022 - Oktober 2023)

HyStKon-B

Hydraulische Belastungen infolge von Wellenauf- und -überlauf



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

HyStKon-A

Schadensmechanismen infolge von Überströmprozessen

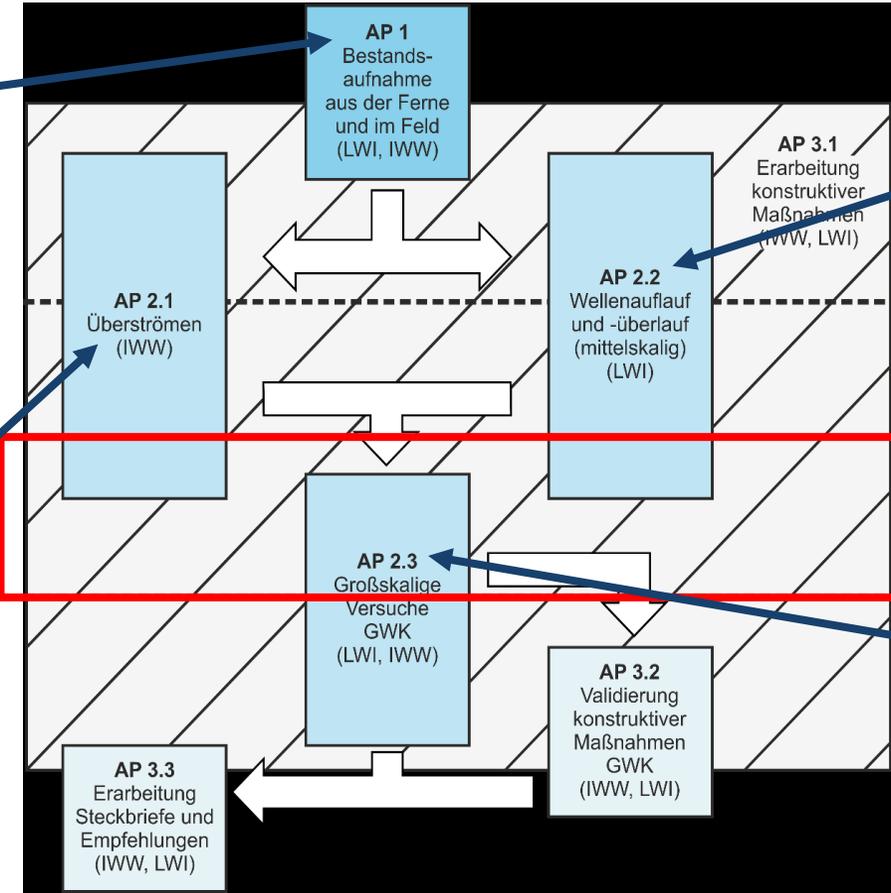
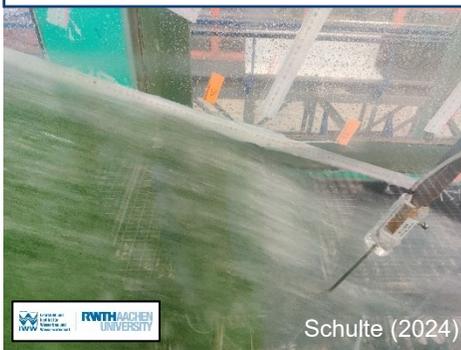


Arbeitspakete

- Literaturrecherche
- Fernerkundung
- Felduntersuchungen



physikalische Modellversuche



mittelskalige physikalische Modellversuche



großskalige physikalische Modellversuche



Ziel: Erarbeitung von Empfehlungen zur Optimierung der konstruktiven Ausführung von Materialgrenzen und Übergangsbereichen an Seedeichen

Start Feb. 2025

AP1

- Literaturrecherche
- Bestandsaufnahme aus der Ferne und im Feld



Literatur: Klassifizierung von Übergängen

■ Übergang: Jede Form der Veränderung von Material oder Geometrie auf dem Deich

Horizontal	 <p>Deckwerk</p>	 <p>Deichverteidigungsweg</p>	 <p>Rampe</p>	 <p>Kronenweg</p>	 <p>HWS-Mauer</p>	 <p>Stützmauer</p>	
Vertikal	 <p>Treppe</p>	 <p>Querzaun</p>	 <p>Fußgängerrampe</p>	 <p>Scharte</p>	 <p>Gehölz</p>		
Punktuell	 <p>Pfahl</p>	 <p>Gatter</p>	 <p>Bank</p>	 <p>Objekt</p>	 <p>Tränke</p>	 <p>Gebäude</p>	 <p>Brücke</p>

Literatur: Existierende Studien und Schäden an Kontakt- und Übergangsstellen

Primäre Effekte

- hydraulische Belastung: Wellenauflauf, Druckschlag, Wellenüberlauf



Sekundäre Effekte

- Bau, Unterhaltung, tierische Aktivität, Menschen



Klassifizierung	Belastung	Übergangsarten	Schäden	Quelle
Horizontal	Wellenüberlauf	Böschungsneigungen, Materialübergänge	Erosion (Kolk) an Vegetationsdeckschicht	(van der Meer et al. 2010; Steendam et al. 2011; Trung 2014)
	Wellenauflauf	Materialübergänge	Erosionslöcher	(Steendam et al. 2012)
	Wellendruckschlag	Materialübergänge	Kein signifikanter Schaden erkannt	(van Steeg et al. 2015)
Vertikal	Wellenüberlauf	Materialübergänge, 3D-Objekt	Erosionsrinnen, Kolke, Abriss der Baumaterialien	(van der Meer et al. 2010; Steendam et al. 2011; Steendam et al. 2012)
	Wellendruckschlag	Materialübergänge	Erosion an Vegetationsdeckschicht, Kolk	(van Steeg et al. 2015)
Punkt	Wellenüberlauf	3D-Objekt	Kolk	(Steendam et al. 2011; Trung 2014; Hoffmans et al. 2015)
	Wellendruckschlag	3D-Objekt	Erosion an Vegetationsdeckschicht	(van Steeg et al. 2015)

Wissenslücken

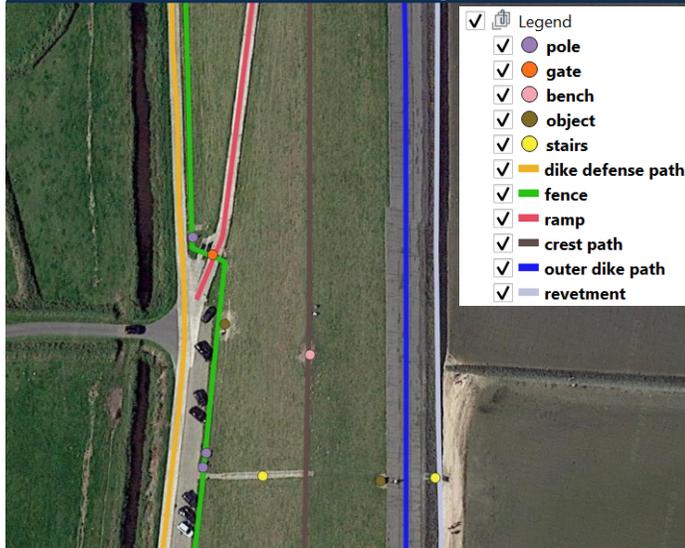
- keine standardisierte Beschreibung von Übergängen vorhanden
- kein qualitativen und quantitativen Überblick über bestehende Übergänge auf Deichen an der deutschen Küste vorhanden
- kaum Best-Practice-Gestaltungsrichtlinien für Übergänge verfügbar
- kein Nachweis von Gegenmaßnahmen für die optimierte Konstruktion von Materialgrenzen verfügbar
- nur eine begrenzte Anzahl von Studien zur Interaktion von hydraulischen Belastungen mit Übergangsbereichen auf Binnenseite und Seeseite

Ziel: Bestandsaufnahme mit Grenz- und Übergangsstelleninventar sowie Schädigungen in Datenbank inkl. Dokumentation als Grundlage für Modellversuche.

- Übergangsbereiche auf Seedeichen erfassen und klassifizieren
- Statistische Verteilung entlang der deutschen Küste verstehen
- Potenzielle Schadensbilder an Übergängen analysieren, um Schwachstellen zu verbessern

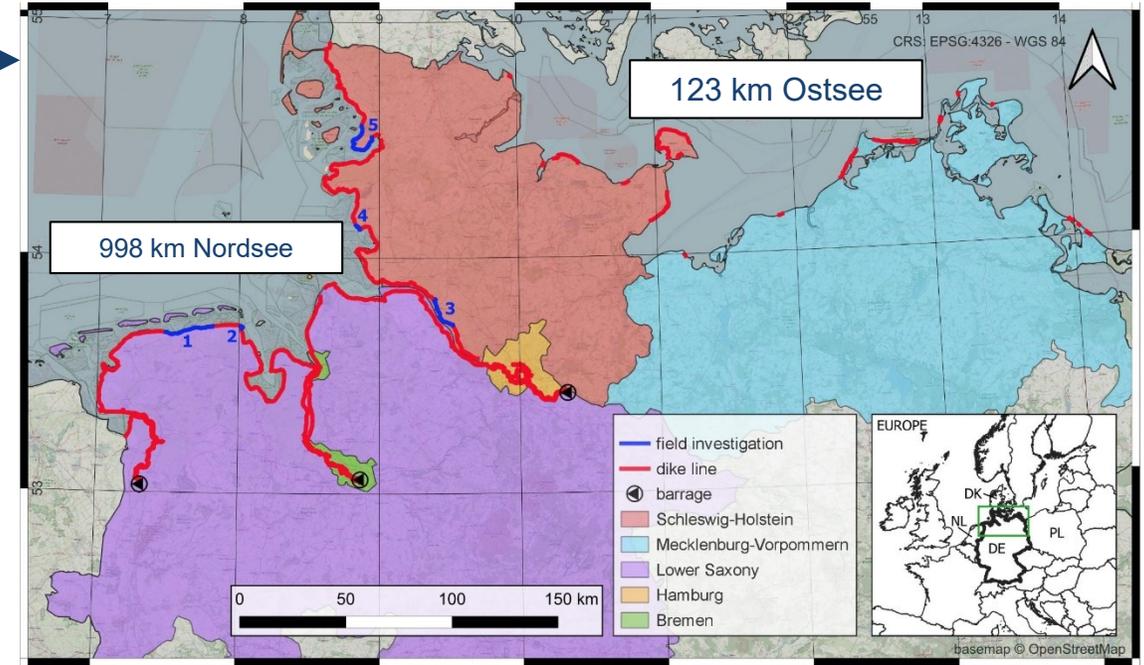
Bestandsaufnahme aus der Ferne und im Feld

Bestandsaufnahmen mittels visueller Bildinterpretation



Google Maps Satellite: Image © 2024 Maxar Technologies, Maps Data © GeoBasis-DE/BKG (©2009)

entlang der deutschen Küste



Verifikation der Fernerkundung

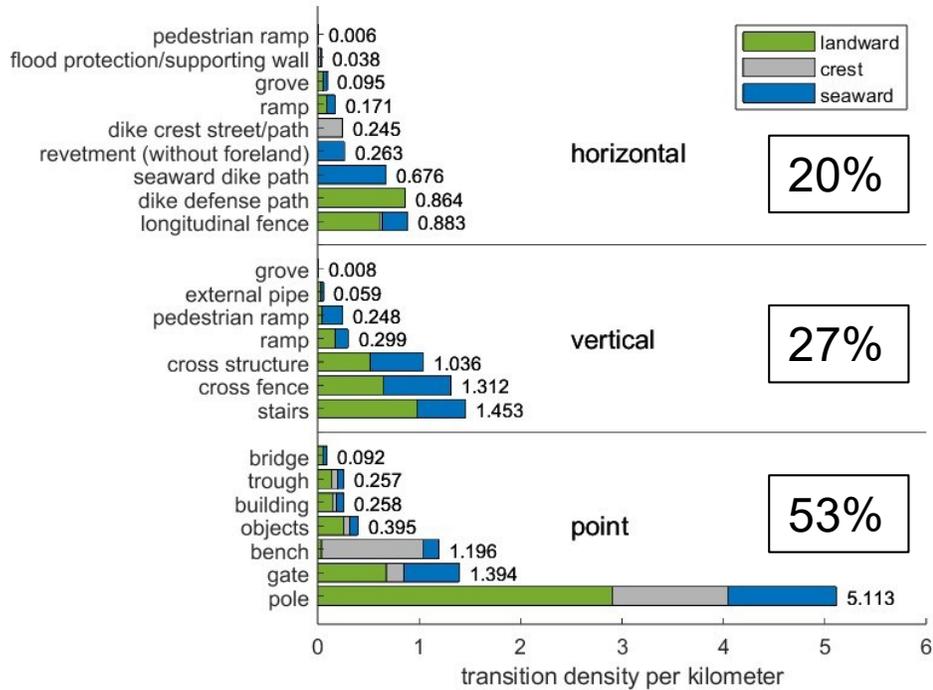
Felduntersuchungen

Nr.	Ort	Länge	Datum
1	Ostfriesische Küste	23,7 km	17.04.-20.04.2023
2	Schillig	1,7 km	21.04.2023
3	Elbeästuar	17 km	12.06.-13.06.2023
4	Nordstrand	29,7 km	14.06.-15.06.2023
5	Büsum	3 km	16.06.2023
		~75 km	

Ergebnisse:

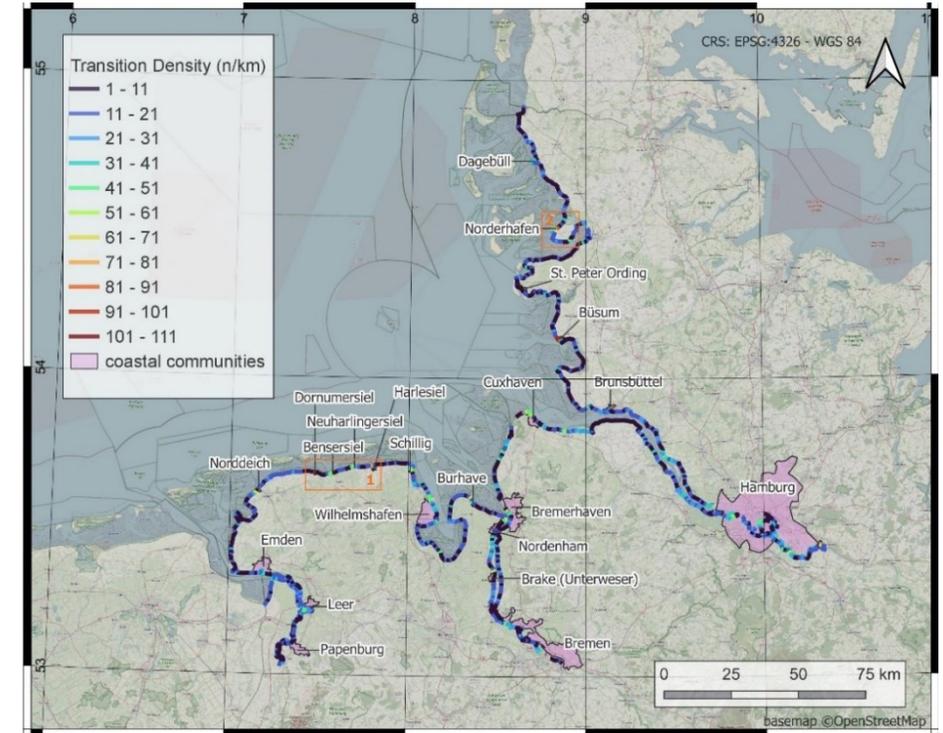
- statistische Analyse
- räumliche Verteilung
- Schadenskatalog

Bestandsaufnahme aus der Ferne und im Feld – Verteilung Übergänge



Schulte et al. (2024)

- >18.300 Übergänge erfasst
- mittlere Dichte: 16,4 (- 25) Übergänge/Deichkilometer
- Maximal 111 Übergänge/Deichkilometer



Schulte et al. (2024)

Bestandsaufnahme aus der Ferne und im Feld - Schäden

- 0,36 Schäden an Übergängen/Übergänge
- 45% seeseitig, 27% auf der Krone, 28% binnenseitig
- Schäden hauptsächlich durch sekundäre Effekte
- 56% aller Schäden sind offene Stellen in der Grasnarbe



offene Stellen - Grasnarbe



Sackung/Setzung, Ausbeulung



Wühltiere/
Kleinsäuger



Riss/Loch

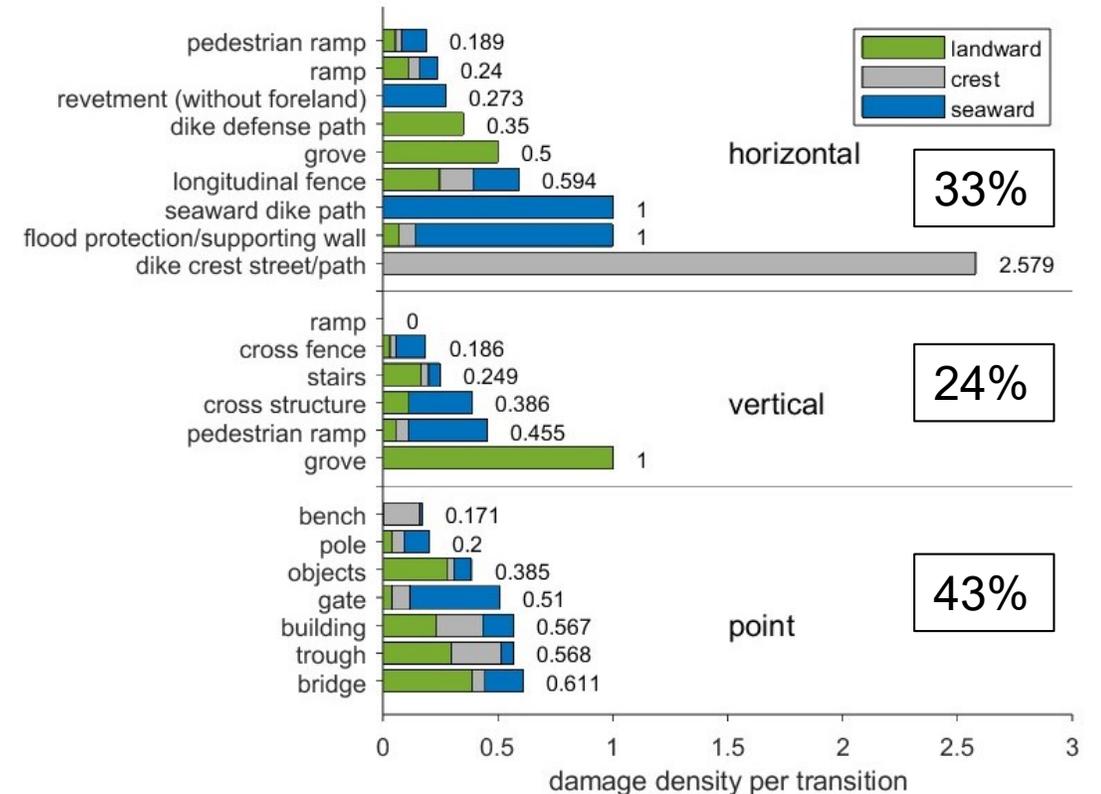


Unkraut



Fehlende Steine/Abbrüche

Schulte et al. (2024)



Fazit: Schäden durch sekundäre Effekte stellen mögliche Ansatzpunkte für weitere Schäden (primäre Effekte) dar.

AP2.1

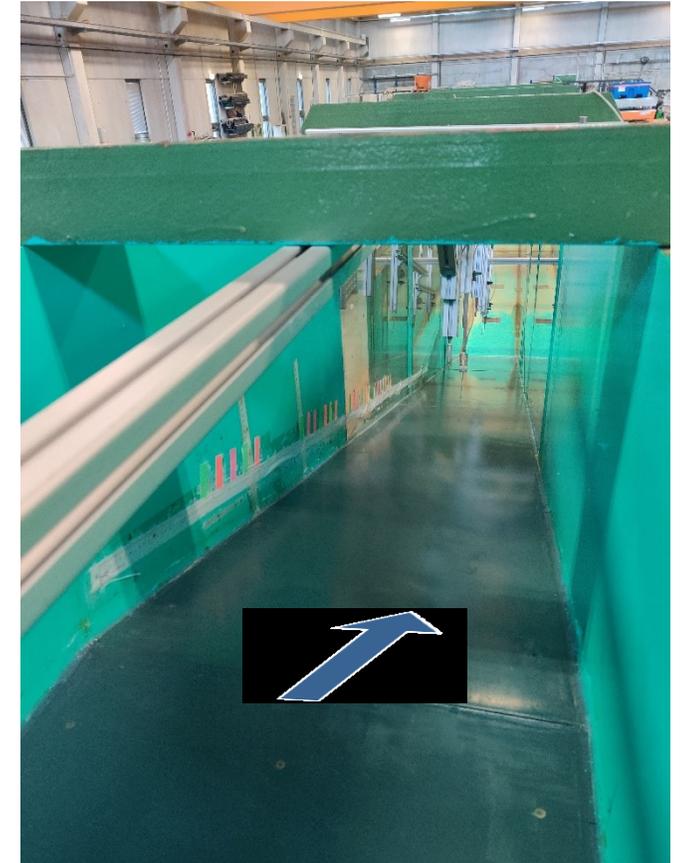
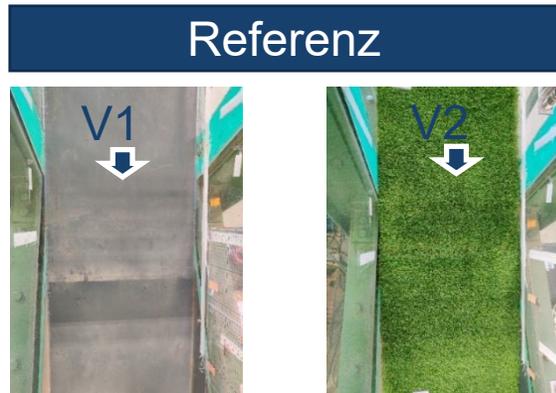
■ Überströmen (HyStKon-A)



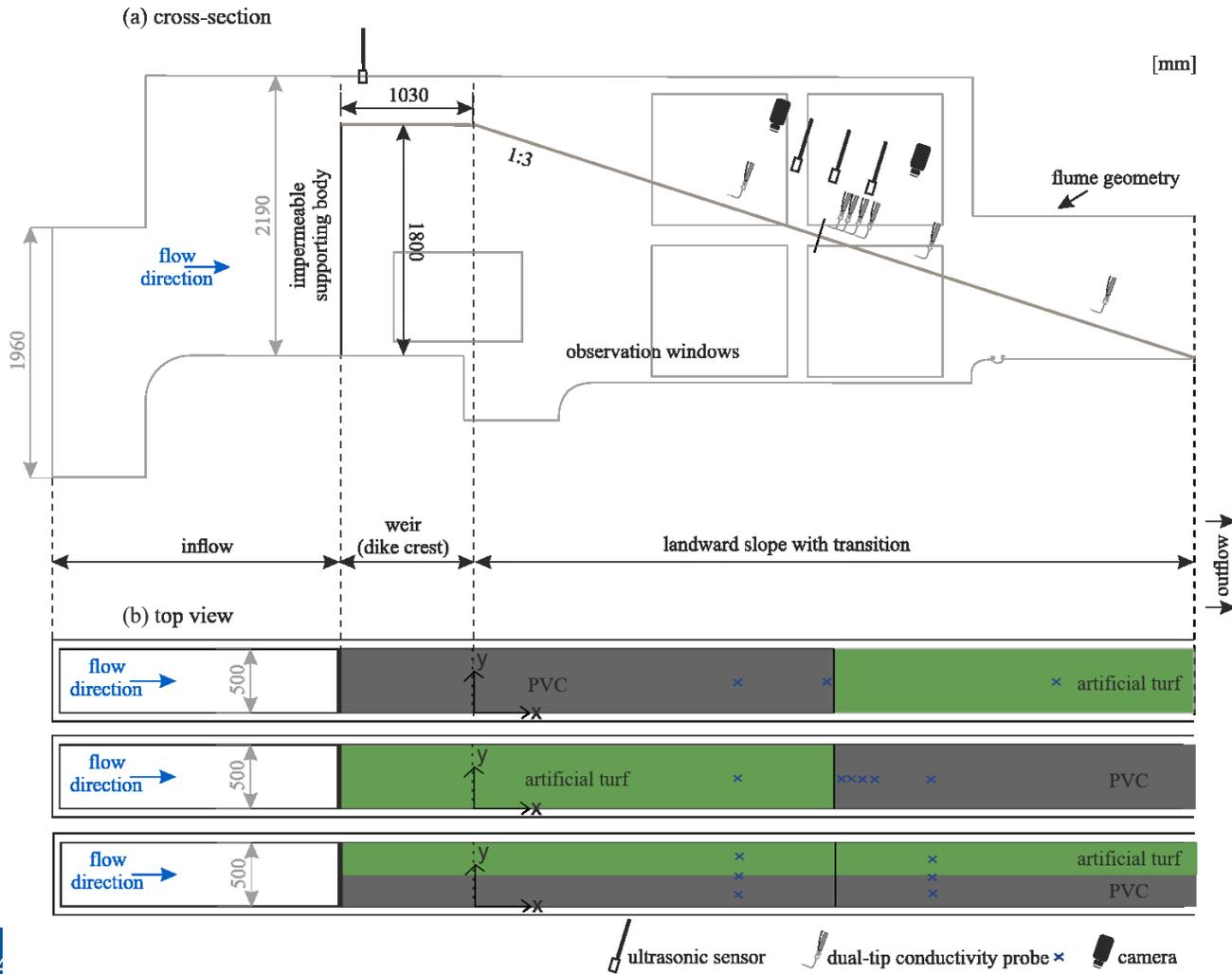
Modellaufbau

■ Übersicht Versuchsprogramm - Überströmen

- ≡ Deichhöhe: 1,8 m
- ≡ Böschungsneigung 1:3
- ≡ Böschungslänge: 5,8 m
- ≡ Ausschnittsmodell, keine Skalierung
- ≡ Modellbreite 0,5 m
- ≡ 5 Durchflüsse: 50-200 l/(s*m)



Fokus der Untersuchungen: Welche Strömungscharakteristika und hydraulischen Belastungen ergeben sich durch den Übergang verschiedener Rauheiten auf der Binnenseite von Deichen durch Überströmen?



Sensor	Messgröße
Phasendetektionssonden (VFMS)	Geschwindigkeit, Reinwassertiefe, Luftgehalt
Ultraschallsensoren (6 x USD)	Fließtiefe
Kameras (2x)	Oberflächengeschwindigkeit

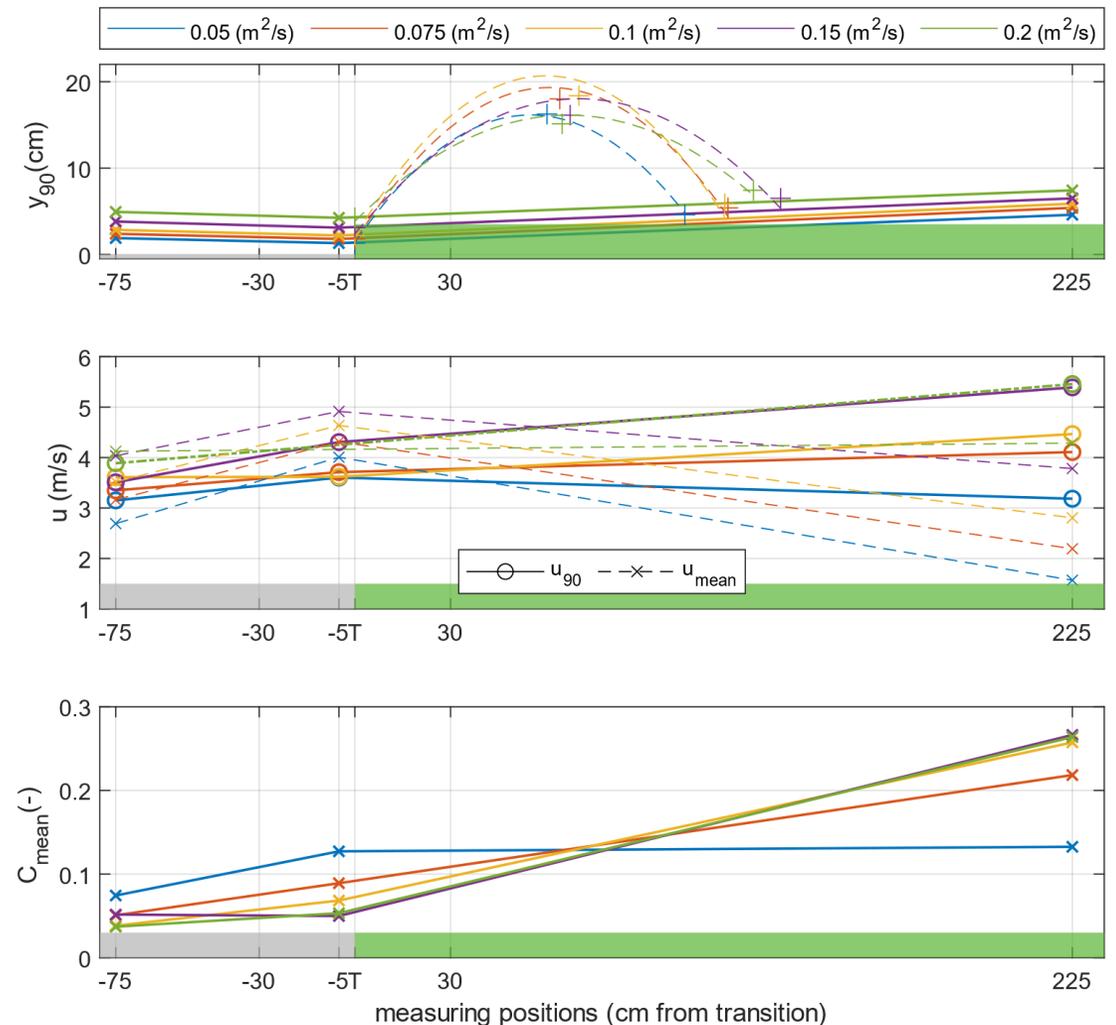


Erste Ergebnisse – horizontal: von glatt zu rau

- Strömung wird durch Übergang (mit gleichzeitigem kleinen Höhengsprung) umgelenkt, stark belüftet und bewegt sich auf einer parabelförmigen Bahn bis zum Wiederaufprall
- Wiederaufprall führt zu hohen Normalkräften, Drücken und Schubspannungen [van Bergeijk, 2022] → erhöhte Wahrscheinlichkeit für Erosion ca. 1,1-1,4 m stromabwärts von Übergang
- Hohe Luftkonzentrationen in sohlnahen Bereichen können Stabilität der Grasdeckschicht herabsetzen und ebenfalls Erosion erhöhen

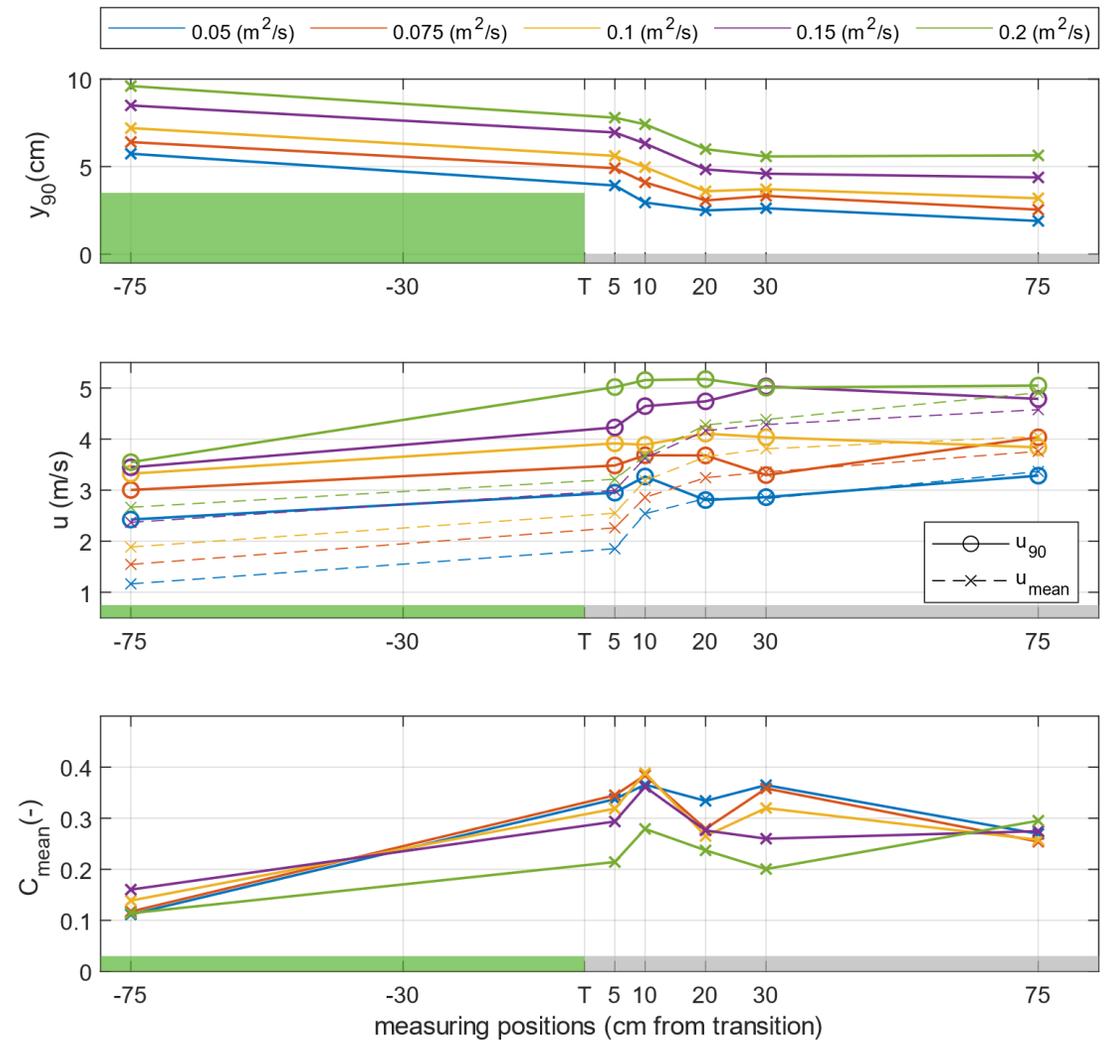


→ Bereiche stromabwärts des Übergangs sollten großflächig verstärkt werden



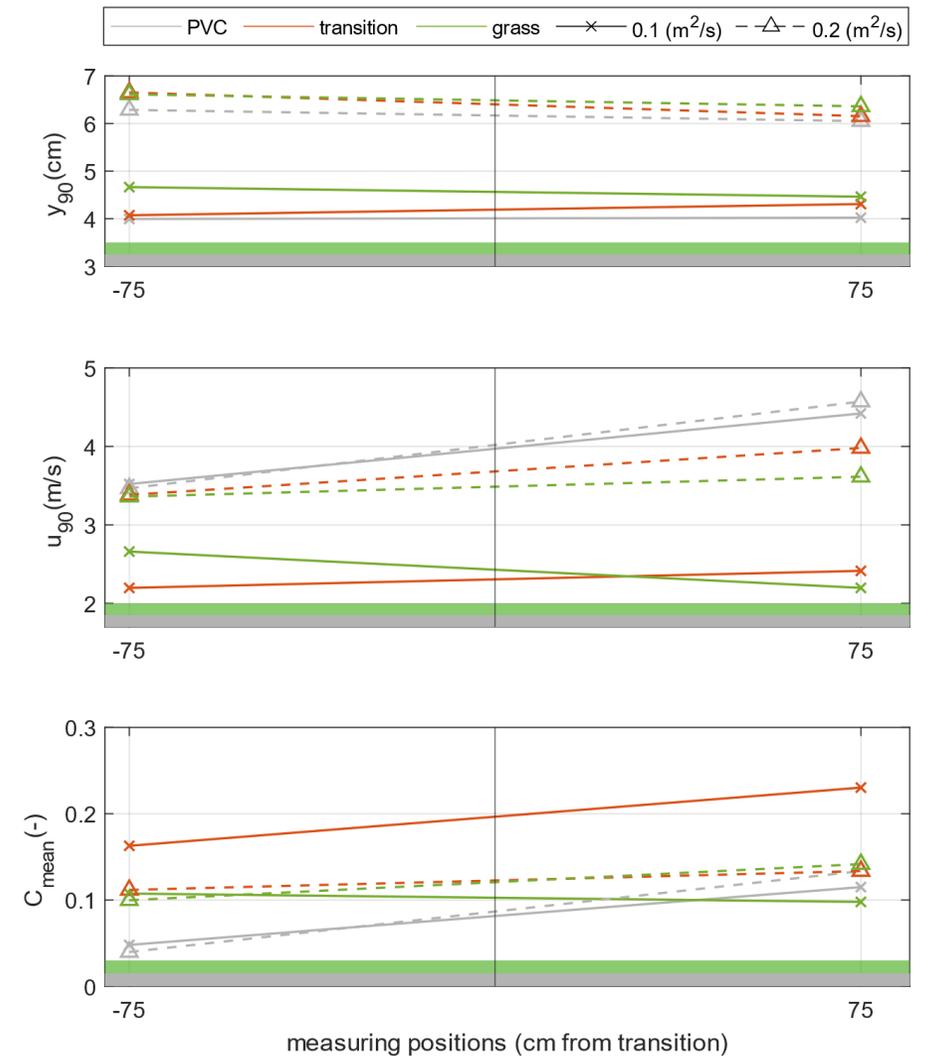
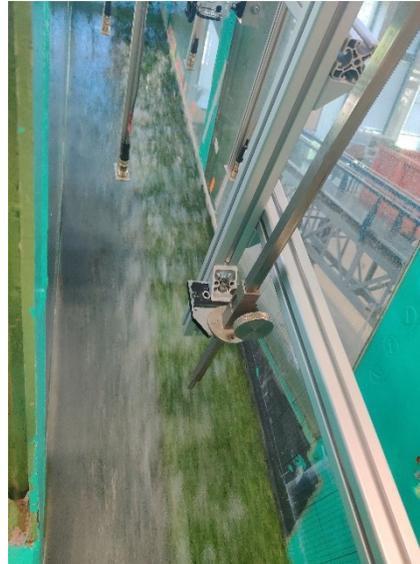
Erste Ergebnisse – horizontal: von rau zu glatt

- Strömung wird durch Übergang (mit gleichzeitigem kleinen Höhenunterschied) umgelenkt und zeigt Merkmale eines Wechselsprungs infolge des Übergangs
- Höhere Geschwindigkeiten sowie Luftkonzentrationen (insbesondere in sohnnahen Bereichen der Strömung) durch Übergang → höhere Schubspannungen und Turbulenzen im Übergangsbereich → kann zur Destabilisierung der Deckschicht und Unterspülung führen



Erste Ergebnisse – vertikale Übergänge

- Im Mittel 28% höhere Geschwindigkeiten an Übergang bei $x=75\text{cm}$ im Vergleich zu durchgängig rauer Sohle
- Konzentrierte Strömung und erhöhte Geschwindigkeiten entlang der Grasdeckschicht → erhöhte Wahrscheinlichkeit für Erosionsrinnen und Ausweitung der Erosion auf Vegetationsschicht
- erhöhte Luftkonzentration im Übergangsbereich → Turbulenzen und Schubspannungen wirken verstärkt an Kante → Lockerung und Abtrag der Vegetationsschicht



Ausblick/Zusammenfassung

- Beeinflussung der hydraulischen Belastung durch Übergänge mit unterschiedlicher Sohlrauheit
- → erhöhte Wahrscheinlichkeit für Erosion und Schäden können abgeleitet werden
- Weitere Auswertungen der Übergänge von rau → glatt:
 - ≡ Vergleich & Validierung der Messtechnik (u_{90} und PIV, y_{90} und USD)
 - ≡ Eigenschaften der Luft-Wasser-Strömung für weitere Analyse von Geschwindigkeitsprofilen, Energiehöhen, Strömungswiderstände, Schubspannungen, etc.
 - ≡ Kritische Punkte sowie Einflussbereiche als Grundlage für Verbesserungsmaßnahmen
- Weitere Untersuchungen zum Überströmen von Übergängen von hart → weich
 - ≡ Schadensinitiierung, Schadensfortschritt
 - ≡ Quantifizierung der Einwirkungen und Widerstände im Grenzzustand
 - ≡ Kritische Punkte sowie Einflussbereiche als Grundlage für Verbesserungsmaßnahmen



Ziel: Verständnis hydraulischer Grenzeinwirkungen. Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für Kontakt- und Übergangsbereiche.



Technische
Universität
Braunschweig



Leichtweiß-Institut



HyStKon-B – Hydraulische Belastung an Kontakt- und Übergangsstellen infolge von Wellenauf- und -überlauf

Becker, J., Rodermund, H., Schweiger, C., Schürenkamp, D., Goseberg, N.

HyStKon-B | 28. KFKI-Seminar, Hamburg, 19. November 2024

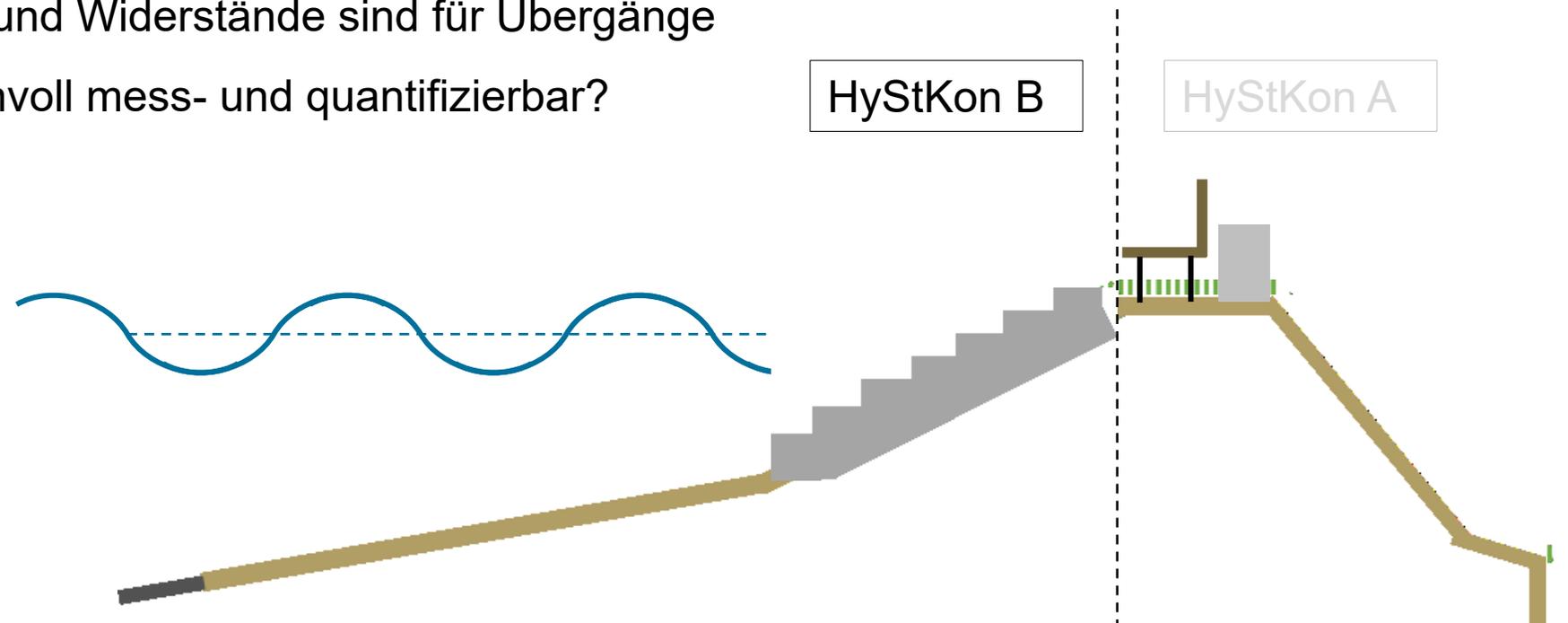
Inhalt



1. Kernfrage HyStKonB
2. Übersicht Arbeitspakete
3. Versuche am LWI
4. Ergebnisse
5. Zusammenfassung und Ausblick

HyStKonB - Kernfragen

- Welche Parameter bestimmen den Schadensbeginn und den weiteren Schadensfortschritt?
- Welche Einwirkungen und Widerstände sind für Übergänge maßgebend sowie sinnvoll mess- und quantifizierbar?



Arbeitspakete

AP 1

Aktueller Stand:

- Abschluss der mittelskaligen Versuche am LWI
- Auswertung der Versuchsdaten
- Planung der großskaligen Versuche im GWK
- Recherche & Erarbeitung konstruktiver Maßnahmen



Wellenauflauf und
-überlauf
(mittelskalig)

AP 2



Großskalige
Versuche GWK

AP 3



Erarbeitung und
Validierung
konstruktiver
Maßnahmen

Versuche am LWI - Grundkonzept

- Fokus der Untersuchungen: Erfassung des **Einflusses von Übergängen und Schäden** auf die **hydraulischen Prozesse**

🔍 Wie verhalten sich die Strömungsgeschwindigkeiten an Übergängen?

🔍 Welchen Einfluss haben Schäden an Übergängen auf die Strömungsgeschwindigkeiten?

Übergangsarten



Ableitung des **Ausbreitungsverhaltens** von Schäden



Erfassung des **Einflussbereiches**



Einflussbereich als **Ausgangspunkt** für die **Entwicklung** von Verbesserungsmaßnahmen



Fotos: Rödermund, Schulte, Becker

Versuche am LWI - Messtechnik

 Ziel: Erfassung der hydraulischen Belastung

2 Pegelharfen mit je 4
Wellenpegeln (WG)



Wellenparameter

Electromagnetic Current
Velocity Meter (ACM)



Punktuelle bodennahe
Geschwindigkeiten

High Speed-Kameras



Fotos: Rodermund, Becker (LWI)

2D-Geschwindigkeiten,
Wellenauflauf

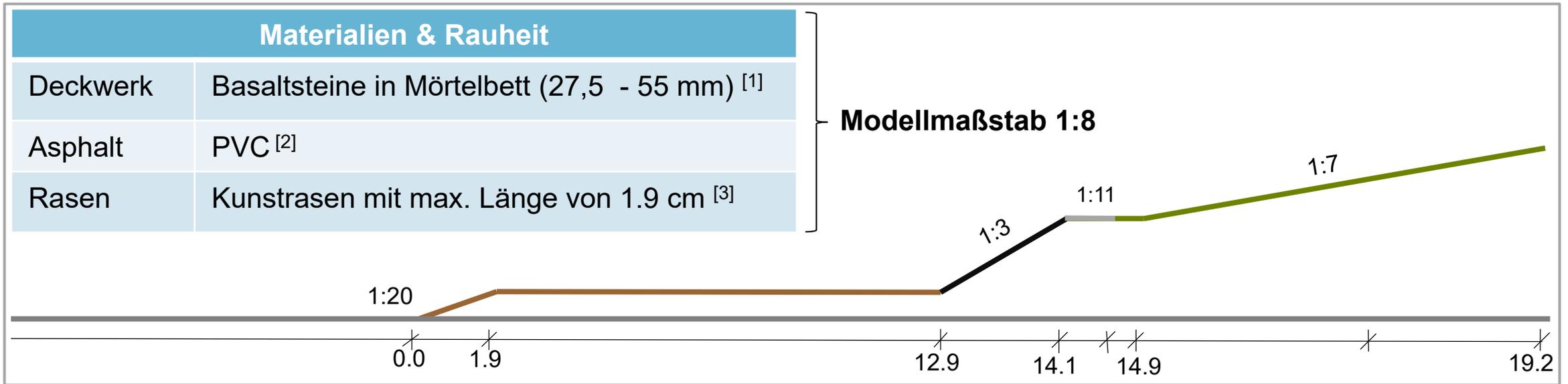
Versuche am LWI - Modellaufbau



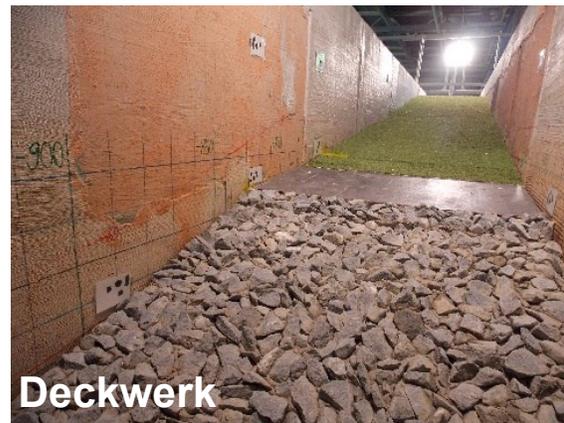
Foto: Rodemund, Becker, Schulte



Versuche am LWI - Modellaufbau

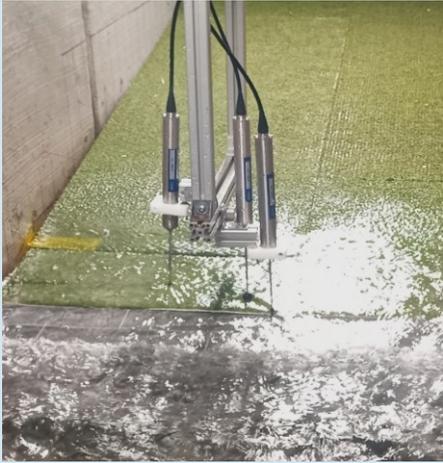


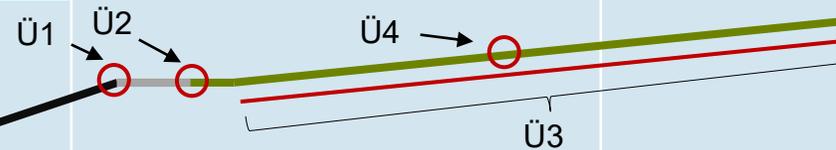
Testprogramm	
h/L	0,09 – 0,25
H/L	0,018 – 0,101
ξ	0,57 – 4,48



[1] Kreyenschulte et al. 2019, [2] EAK, 2007, [3] FHH, 2000

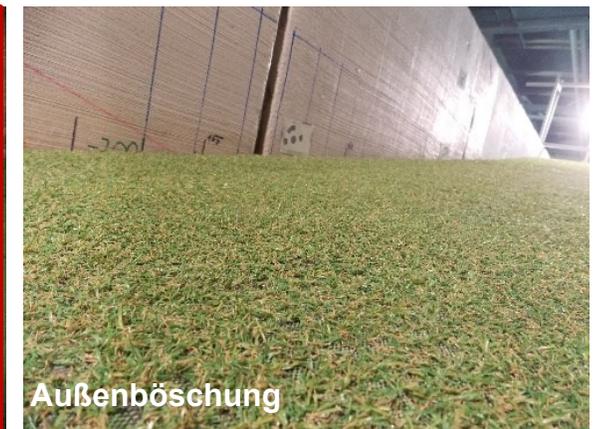
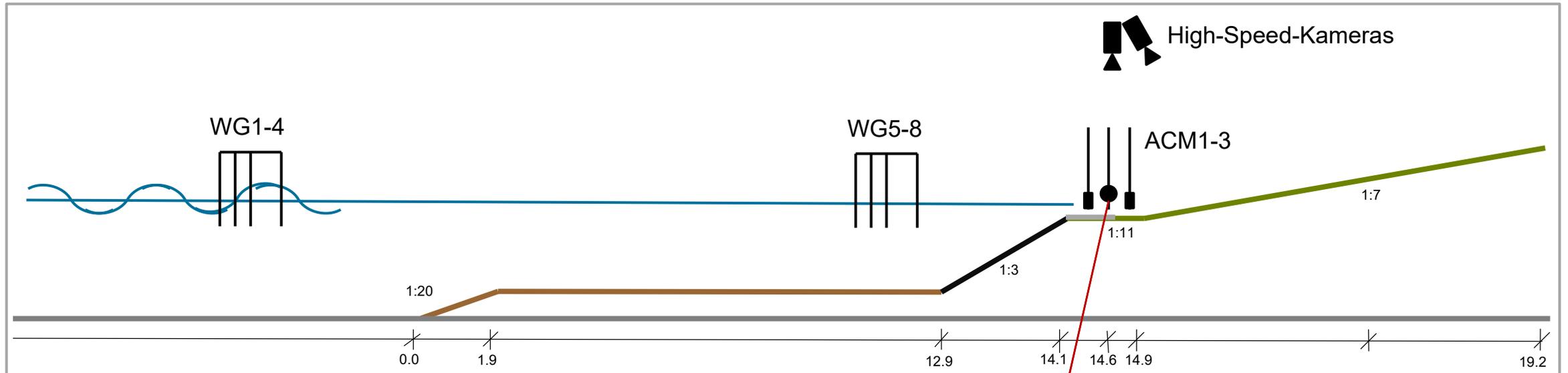
Versuche am LWI – Getestete Übergänge

Übergang 1	Übergang 2	Übergang 3	Übergang 4
Deckwerk – Überschlagssicherung	Überschlagssicherung – Gras	Gerade Rampe – Gras	Pfahl – Gras
Horizontal: Rau - Glatt	Horizontal: Glatt - Rau	Vertikal	Punktuell
			

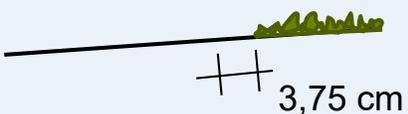
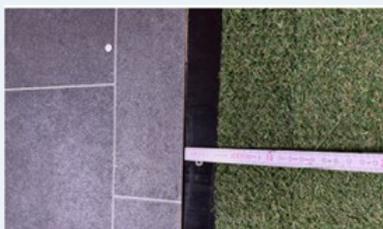
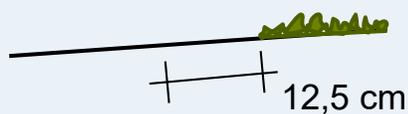
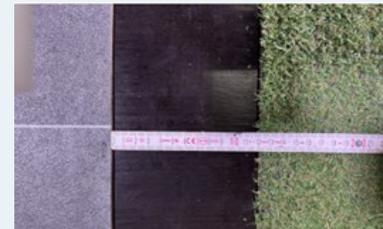
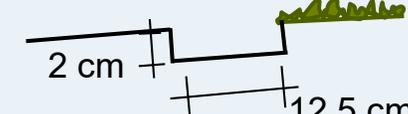
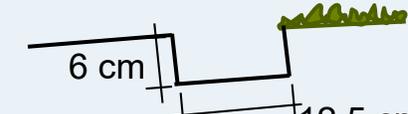


[4] Auswahl und Priorisierung nach Rodermund (2023)

Versuche am LWI - Modellaufbau



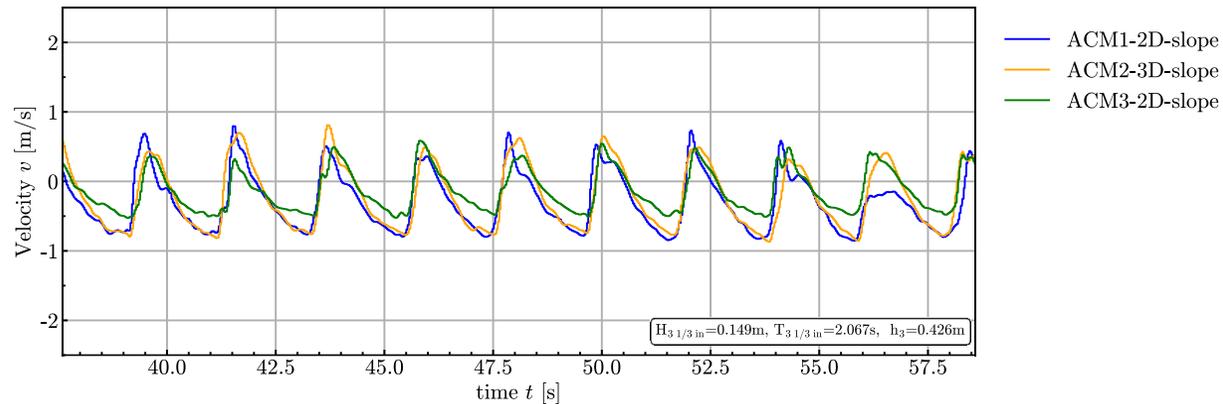
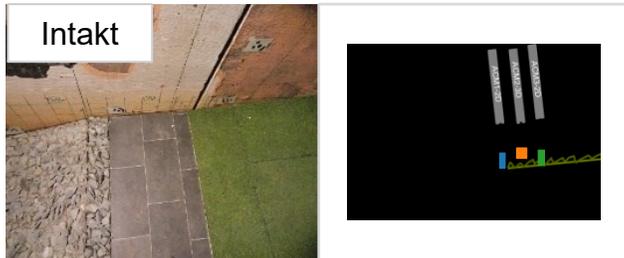
Versuche am LWI – Implementierung der Schäden

Schadensstufe 1	Schadensstufe 2	Schadensstufe 3	Schadensstufe 4
„Erosion“ der Grasdeckschicht	„Erosion“ der Grasdeckschicht	„Erosion“ der Klei/Sandschicht	„Erosion“ der Klei/Sandschicht
  	  	  	  
			

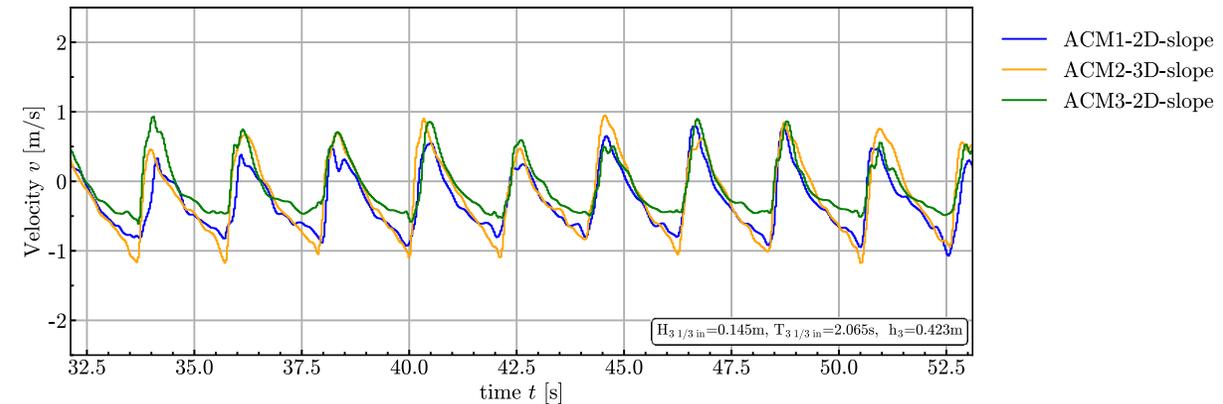
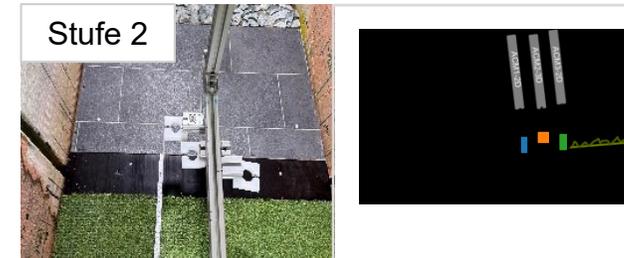
Basierend auf: Ergebnisse der Felduntersuchungen (LWI & IWW), [5] Van Steeg et al. (2015), [6] Geisenhainer et al. (2008)

Erkenntnisse - Geschwindigkeitsverläufe

Bodennahe, punktuelle Geschwindigkeiten in Böschungsrichtung



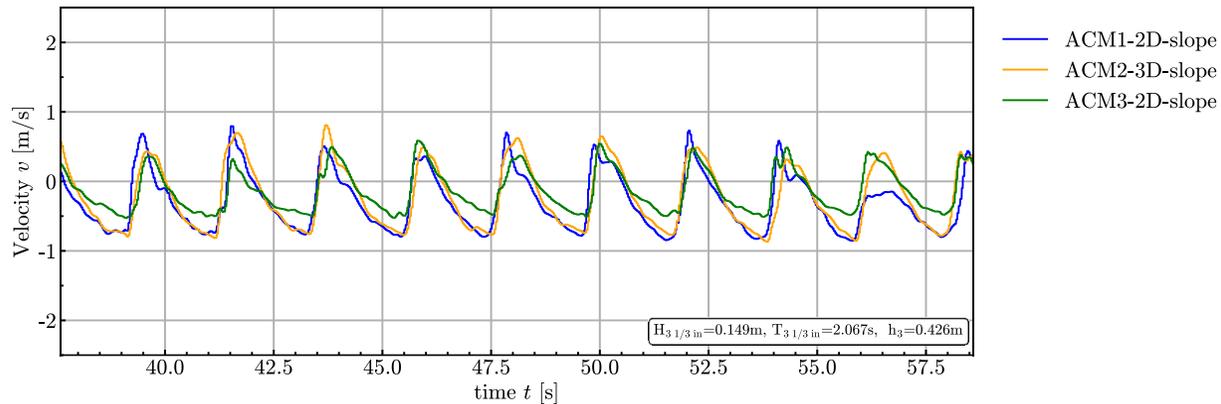
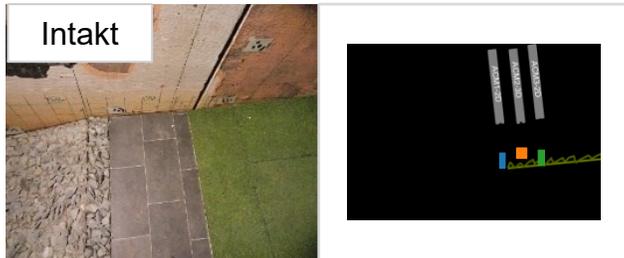
- Maximalgeschwindigkeiten auf Höhe des Ruhewasserspiegels



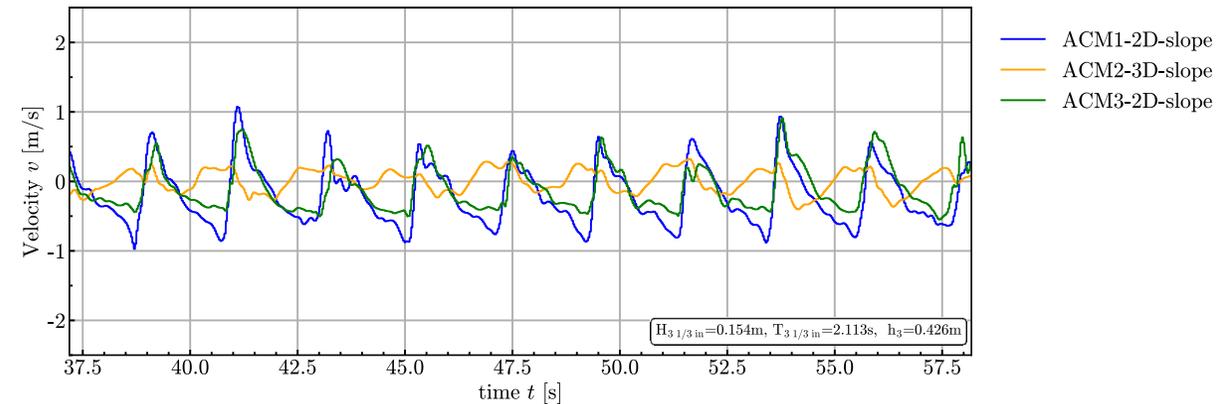
- Verschiebung der Maximalgeschwindigkeiten an die hintere Kante

Erkenntnisse - Geschwindigkeitsverläufe

Bodennahe, punktuelle Geschwindigkeiten in Böschungsrichtung



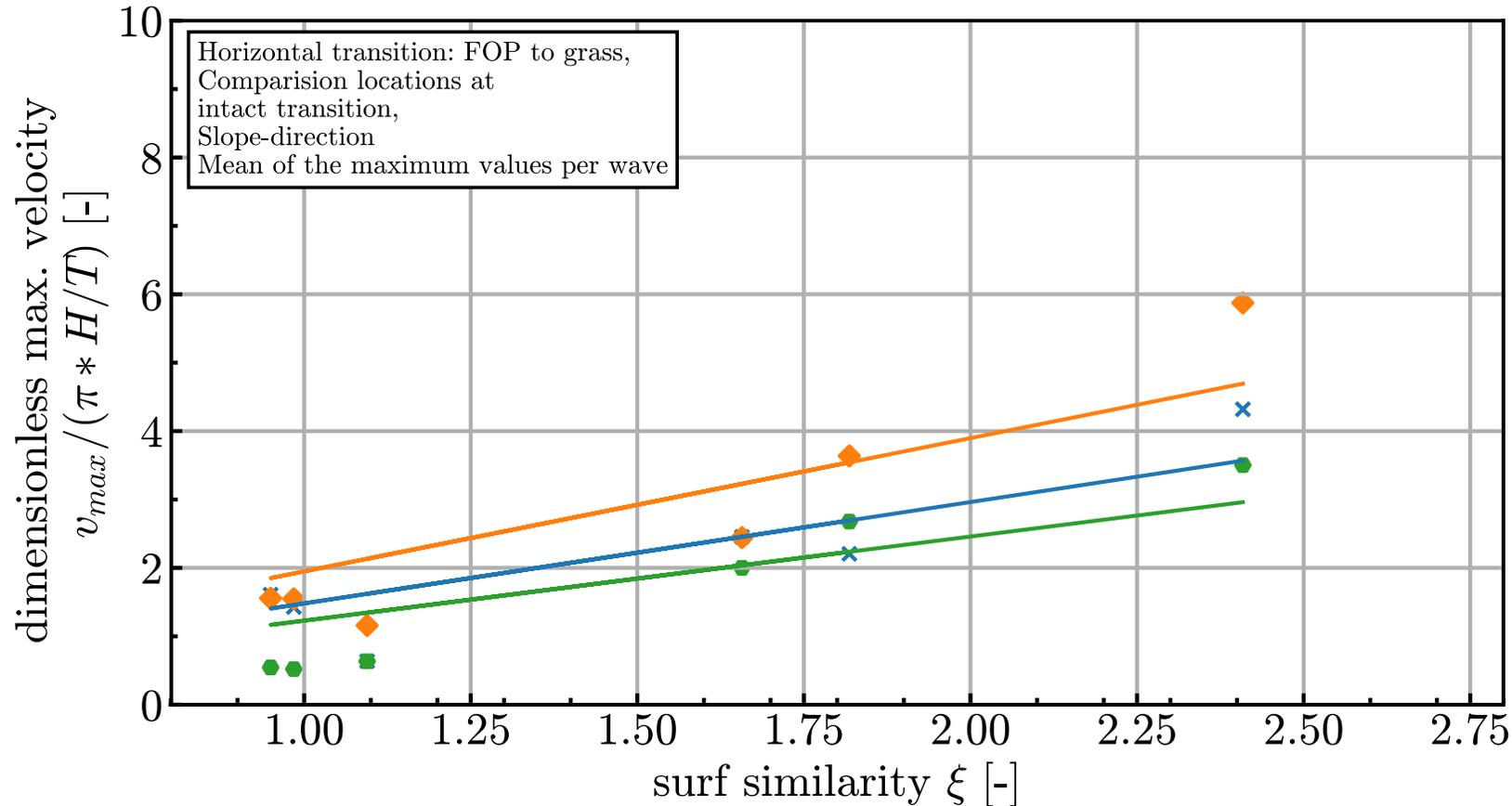
- Maximalgeschwindigkeiten auf Höhe des Ruhewasserspiegels



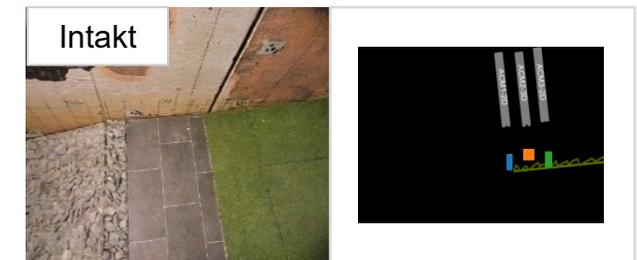
- Maximalgeschwindigkeiten an der vorderen Kante
- Geschwindigkeiten auf Höhe des Ruhewasserspiegels am geringsten

Erkenntnisse – punktuelle Geschwindigkeiten

Bodennahe, punktuelle Geschwindigkeiten in Böschungsrichtung

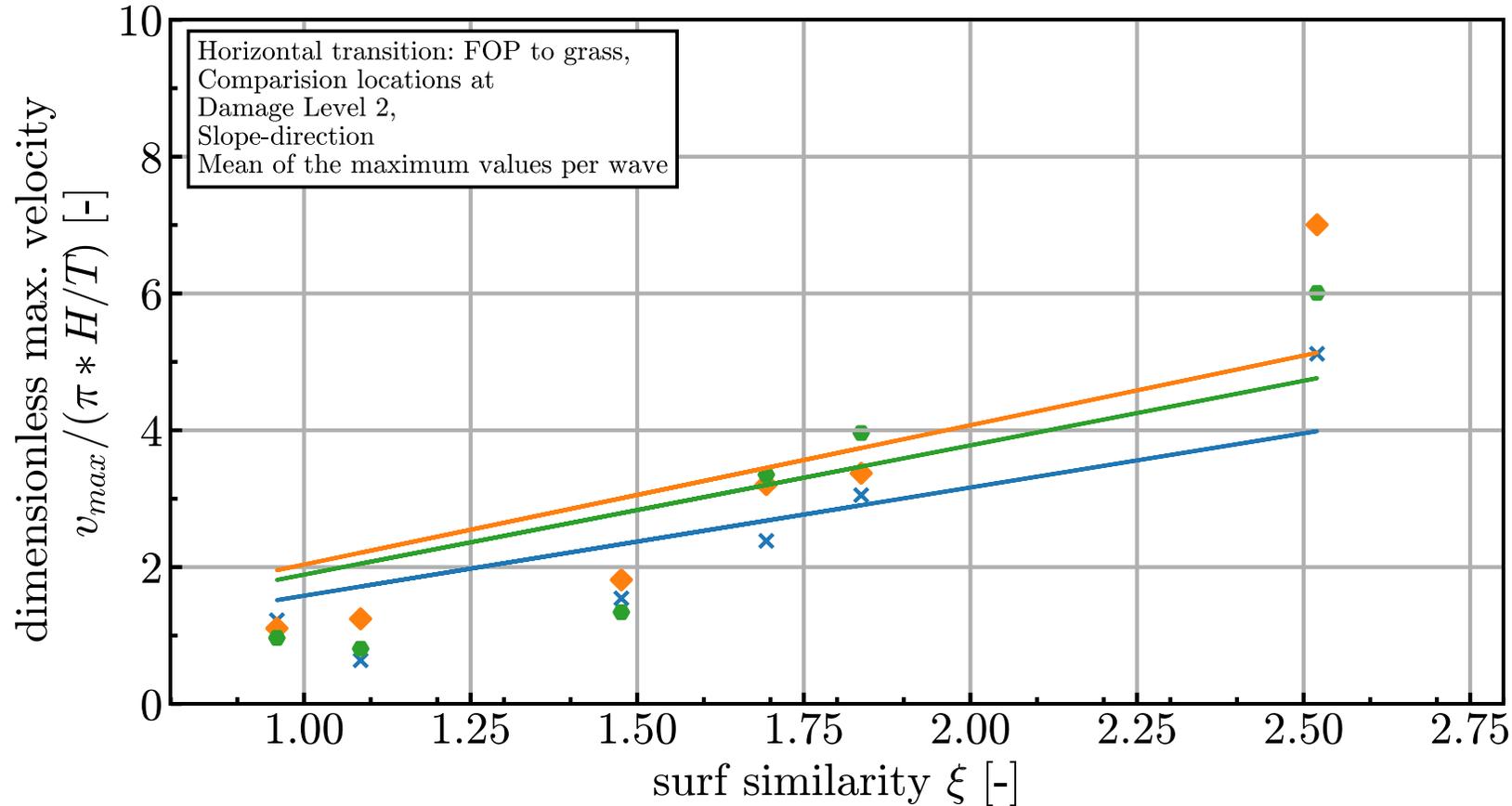


- × At the transition from FOP to grass (ACM1-2D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T) = 1.481\xi$; $R^2 = 0.77$
- ◆ In the middle of the damage (ACM2-3D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T) = 1.949\xi$; $R^2 = 0.801$
- At the edge of the damage (ACM3-2D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T) = 1.229\xi$; $R^2 = 0.771$

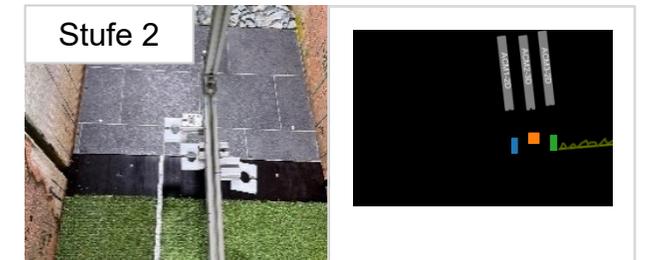


Erkenntnisse – punktuelle Geschwindigkeiten

Bodennahe, punktuelle Geschwindigkeiten in Böschungsrichtung

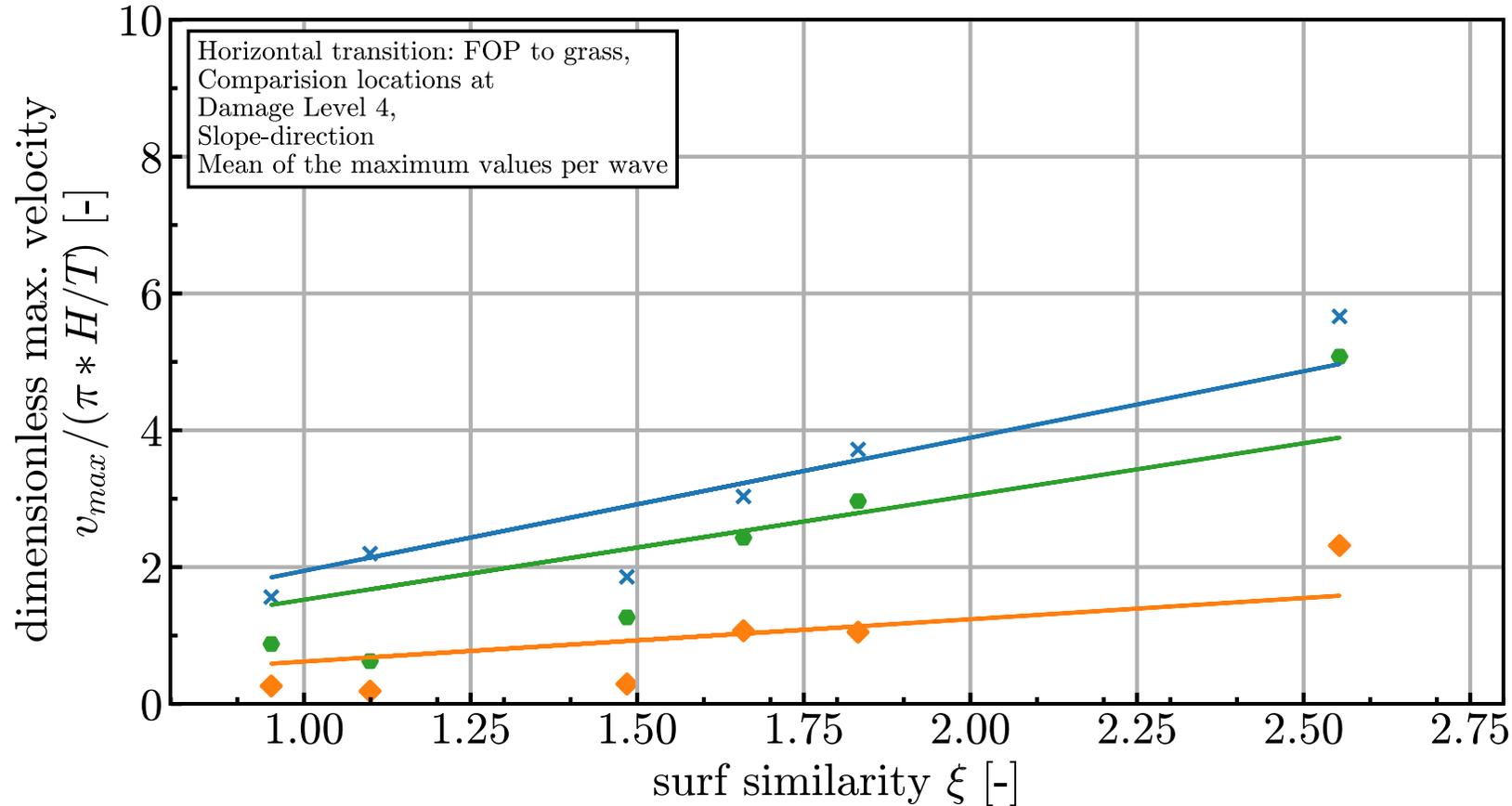


- ✕ At the transition from FOP to grass (ACM1-2D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T)=1.582\xi$; $R^2=0.749$
- ◆ In the middle of the damage (ACM2-3D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T)=2.037\xi$; $R^2=0.721$
- At the edge of the damage (ACM3-2D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T)=1.889\xi$; $R^2=0.711$



Erkenntnisse – punktuelle Geschwindigkeiten

Bodennahe, punktuelle Geschwindigkeiten in Böschungsrichtung



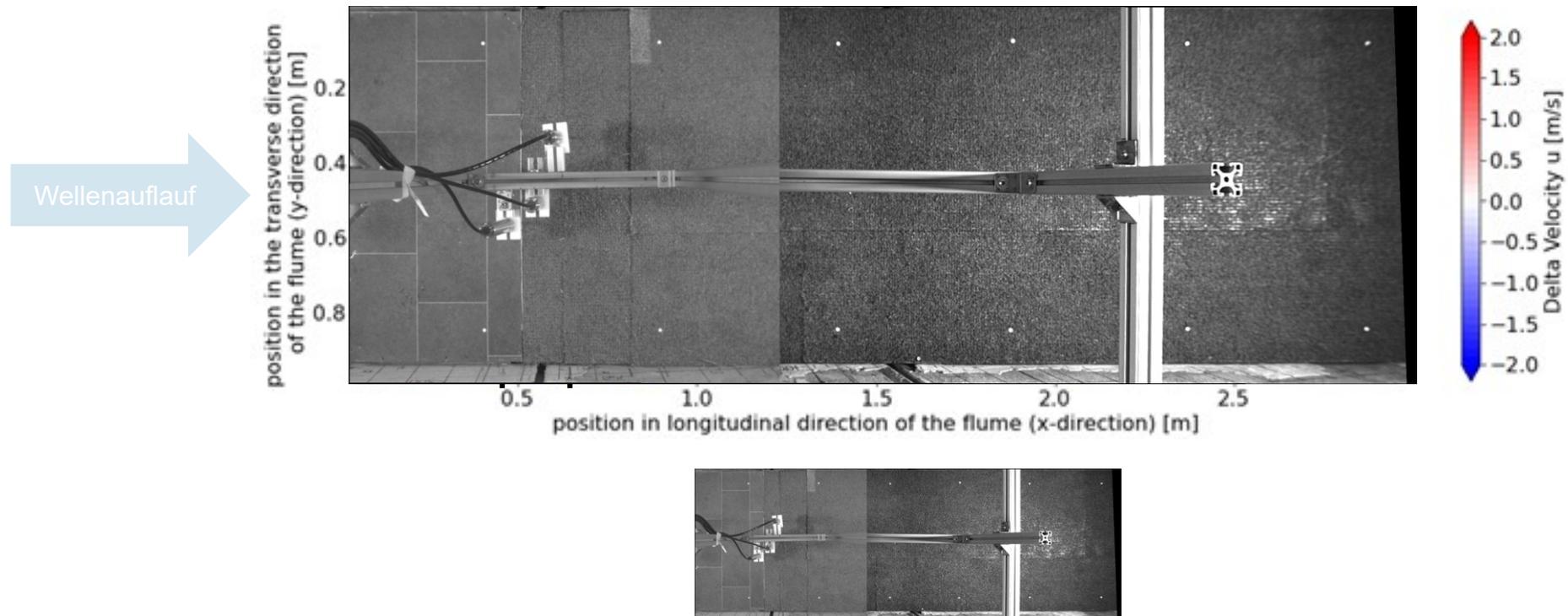
- × At the transition from FOP to grass (ACM1-2D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T) = 1.945\xi$; $R^2 = 0.854$
- ◆ In the middle of the damage (ACM2-3D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T) = 0.619\xi$; $R^2 = 0.612$
- At the edge of the damage (ACM3-2D)
- Trendline: $v_{max}/(\pi * H/T) = 1.524\xi$; $R^2 = 0.724$



Erkenntnisse – Oberflächengeschwindigkeiten

Oberflächengeschwindigkeiten:

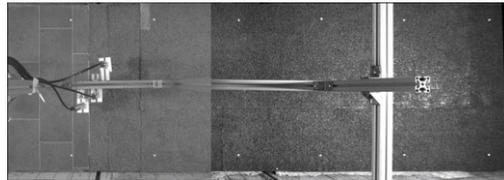
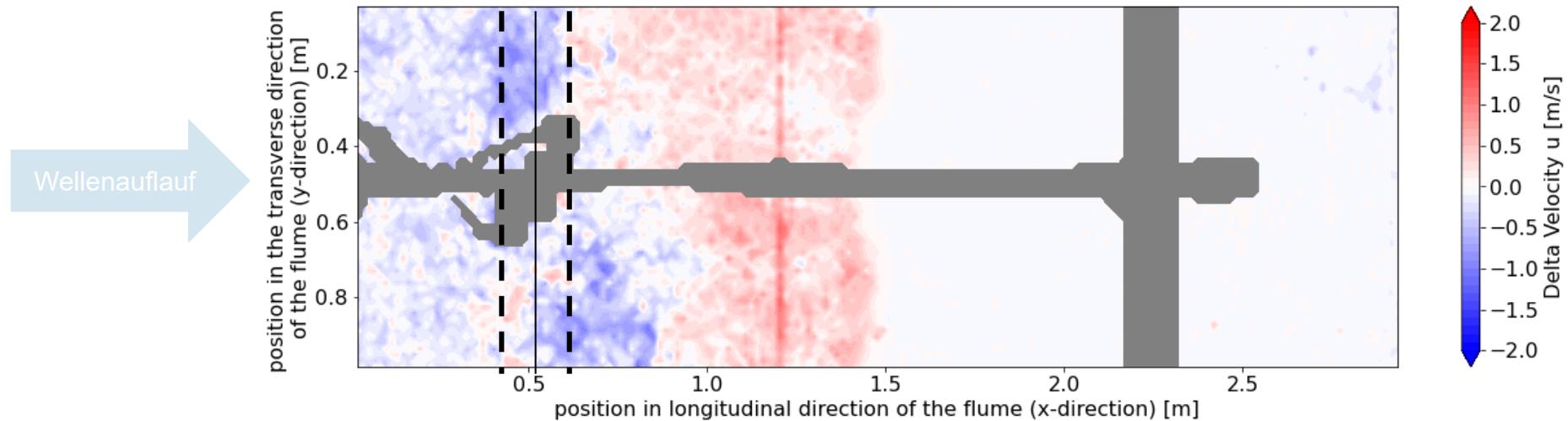
Vergleich Intakt mit Stufe 2



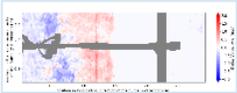
Erkenntnisse – Oberflächengeschwindigkeiten

Oberflächengeschwindigkeiten:

Vergleich Intakt mit Stufe 4



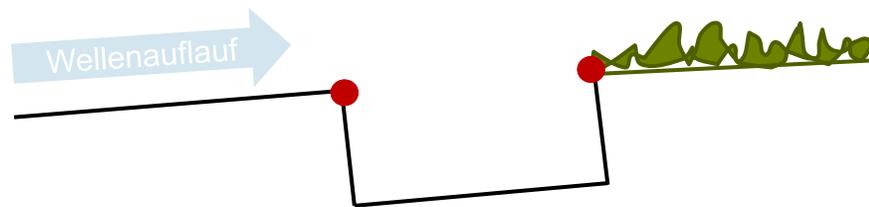
Zusammenfassung der Ergebnisse



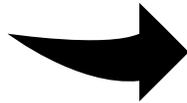
Oberflächengeschwindigkeiten: Schäden an Übergängen beeinflussen den gesamten Wellenaufbereich



Bodennahe Geschwindigkeiten: Im betroffenen Übergangsbereich nehmen die Geschwindigkeiten bei einer Eintiefung ab, in den Randbereichen nehmen sie zu

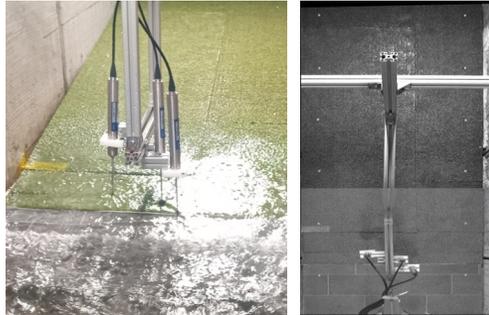


Zu erwartende, weitere Ausdehnung des Schadens



Identifizierung des Einflussbereiches:
Ansatzpunkt für die Entwicklung von
Verbesserungsmaßnahmen

Ausblick



Weitere **Auswertung**:

- Kameradaten:
Oberflächengeschwindigkeiten
Wellenaufhöhe Ru_{98}
- Vergleich & Validierung der
Messmethoden
- Identifikation kritischer
Bereiche und Ausdehnung des
Einflussbereiches



Großskalige Experimente:

- Untersuchung des
Materialverhaltens:
Betrachtung des
Erosionsprozesses
- Testen möglicher
Verbesserungsmaßnahmen



Handlungsempfehlungen:

- Erarbeitung Konstruktiver
Maßnahmen zur
Verbesserung der
Übergangsbereiche



**RWTHAACHEN
UNIVERSITY**



Technische
Universität
Braunschweig



Leichtweiß-Institut

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Kuratorium für Forschung
im Küsteningenieurwesen



Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) für Ihre finanzielle und fachliche Unterstützung.

Quellenverzeichnis HyStKon-A

- Kolb, A., Otremba, E., and Brünger, W. (1962). Sturmflut 17. Februar 1962. Morphologie der Deich- und Flurbeschädigungen zwischen Moorburg und Cranz. Hamburger Geographische Studien, Heft 16. Universität Hamburg. Hamburg: Institut für Geographie und Wirtschaftsgeographie.
- Schüttrumpf, H., and Oumeraci, H. (2004). Learning from seadike failures. PIANC Bull. 117, 47–60.
- EAK (2007). “Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord-und Ostsee. EAK 2002 Korrigierte Ausgabe 2007,” in Die Küste (65), 1–589.
- van der Meer, J., Schrijver, R., Hardeman, B., van Hoven, A., Verheij, H., and Steendam, G. J. (2010). “Guidance on erosion resistance of inner slopes of dikes from three years of testing with the wave overtopping simulator,” in Coast, marine structures and breakwaters: adapting change. 2nd Edn. Editor W. Allsop (London, UK: Thomas Telford Ltd), 460–473. doi:10.1680/cmsb.41318.0044
- Steendam, G. J., Provoost, Y., and van der Meer, J. (2012). Destructive wave overtopping and wave run-up tests on grass covered slopes of real dikes. Coast. Eng. Proc. 1 (33), 64. doi:10.9753/icce.v33.structures.64
- van Steeg, P., Labrujere, A., and Mom, R. (2015). “Transition Structures in grass covered slopes of primary flood defences tested with the wave impact generator,” in E- Proceedings of the 36th IAHR world congress. The Hague, Netherlands. 28 June – 3 July.
- Steendam, G. J., van der Meer, J. W., Hardeman, B., and van Hoven, A. (2011). Destructive wave overtopping tests on grass covered landward slopes of dikes and transitions to berms. Coast. Eng. Proc. 1 (32), 8. doi:10.9753/icce.v32.structures.8
- Trung, L. H. (2014). “Overtopping on grass covered dikes, Resistance and failure of the inner slopes.” Dissertation. Delft, Netherlands: Delft University of Technology.
- Hoffmans, G., van Hoven, A., Hardeman, B., and Verheij, J. (2015). Erosion of grass covers at transitions and objects on dikes. doi:10.1201/b17703-84
- Schulte, Ina; Becker, Jessica; Goseberg, Nils; Oetjen, Jan; Rodermund, Henrike; Schürenkamp, David; Schüttrumpf, Holger; Schweiger, Constantin (2023). Bestandsaufnahme von Kontakt- und Übergangsstellen an Seedeichen der deutschen Nordseeküste. Wasser und Abfall : Umwelt - Energie – Recht. 10, 40-46.
- Schulte I., Rodermund H., Selvam H., Becker J., Schweiger C., Schürenkamp D., Goseberg N. and Schüttrumpf H. (2024). Inventory of transitions on sea dikes at the German coast: spatial analysis, design and damages. *Front. Built Environ.* 10:1468726. doi: 10.3389/fbuil.2024.1468726
- van Bergeijk, V. (2022): Over the Dike Top. Modelling the Hydraulic Load of Overtopping Waves 844 including Transitions for Dike Cover Erosion. Dissertation. University of Twente, Enschede, the 845 Netherlands. Water Engineering and Management department.

Literatur HyStKon-B

- [1] M. Kreyenschulte, D. Schürenkamp, V. Kühling, M. Brühl, N. Goseberg, and H. Schüttrumpf. Wellenbelastung und Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke. 2019., doi: 10.18171/1.087105.
- [2] EAK. Die Küste: Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee: EAK 2002 Korrigierte Ausgabe 2007. Die Küste, (65):1–589, 2007.
- [3] Norm 2000: Richtlinie für Unterhaltung, Betrieb und Widmung öffentlicher Hochwasserschutzanlagen. Freie Hansestadt Hamburg
- [4] Hochschulschrift: Rodermund, Henrike (2023): Auswertung von Bildmaterial und Bestandsplänen von Küstenschutzbauwerken hinsichtlich relevanter Kontakt- und Übergangsbereiche sowie Schadensbilder als Grundlage für die Konzipierung eines Schadenskatalogs (unpublished).
Studienarbeit. Technische Universität Braunschweig, Braunschweig. Leichtweis-Institut für Wasserbau.
- [5] van Steeg, P.; Labrujere, A.; Mom, R. (Hg.) (2015): Transition Structures in grass covered slopes of primary flood defences tested with the wave impact generator. E-proceedings of the 36th IAHR World Congress. The Hague, the Netherlands, 28 June - 3 July.
- [6] Geisenhainer, Peter; Oumeraci, Hocine (2008): Seadike breach initiation and development – Large scale experiments in GWK.