

FlowDike-D

Freibordbemessung von See-, Ästuar- und Flussdeichen unter Berücksichtigung von Wind und Strömung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen

Projektpartner:



Projektförderer:



Gliederung

- Projekteinführung
- Stand der Forschung
- Versuchsaufbau und Versuchsprogramm
- Methodik - Wellenüberlauf
- Ergebnisse - Wellenüberlauf
- Fazit - Wellenüberlauf
- Ausblick - Wellenüberlauf

Projekt

Projektpartner:	
	Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft (IWW) Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf
	Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik (IWD) Technische Universität (TU) Dresden Lehrgebiet Hydromechanik im Wasserbau Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl
	Unterstützt durch: EU - Hydralab III

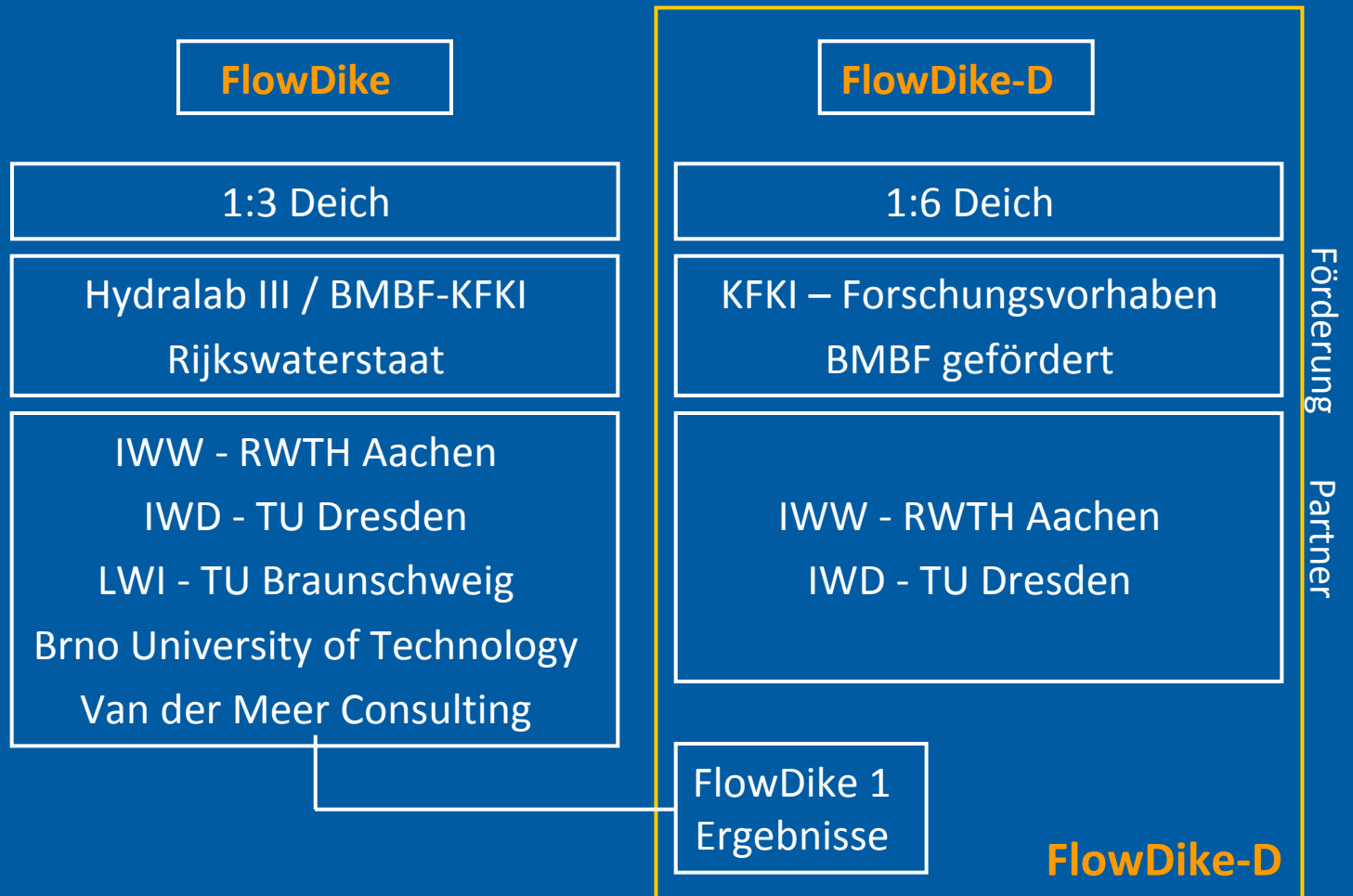
FlowDike-D

Freibordbemessung von Ästuar- und Seedeichen unter Berücksichtigung von Wind und Strömung (BMBF 03KIS 075-076)

Laufzeit des Vorhabens: 01/2009 bis 10/2011



Projektstruktur FlowDike-D



Projektziele – FlowDike-D

- Verbessertes Verständnis der Prozesse beim Wellenauflauf und Wellenüberlauf an Deichen
- Stärkere Berücksichtigung räumlicher Faktoren
- Reduktion von Unsicherheiten in der Bemessung
- Erweiterung und Verbesserung bestehender Bemessungsformeln



3.1.1976; Elisabeth-Sophien-Koog Nordstrand,
Northsea, Germany (photo: Leichtweiss-Institute)

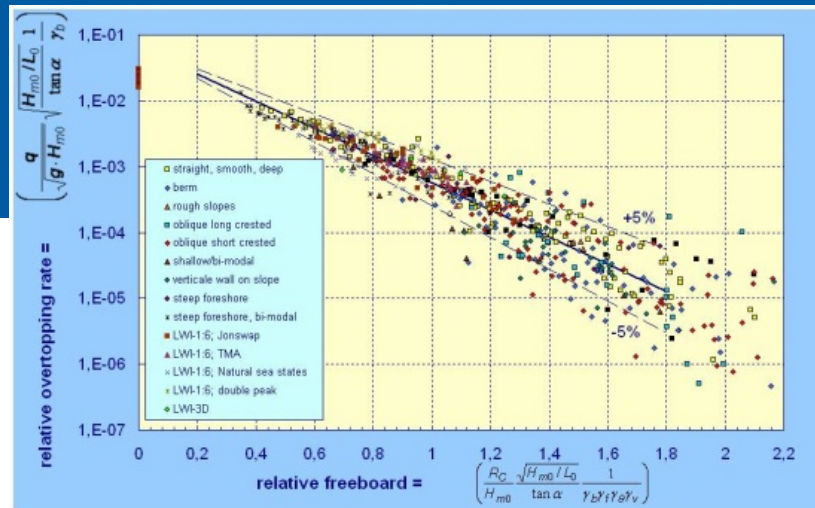
Projektziele – FlowDike-D

- Einfluss von Strömungen
- Einfluss von Wind
- Einfluss der Wellenangriffsrichtung (Erweiterung BMBF 03KIS015 / KIS016)
- Zusammenwirken mehrerer Komponenten
- Ziel: Verifizierung und Verbesserung bestehender Bemessungsformeln



17.2.1962 Haseldorfer Marsch; Elbe river,
Germany (photo: Petersen, Rhode (1991))

Stand der Forschung



Probabilistic Design

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

with a maximum of:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp\left(-2.6 \frac{R_C}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

Deterministic Design

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left(-4.3 \frac{R_C}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_v}\right)$$

with a maximum of:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp\left(-2.3 \frac{R_C}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

Authors:

Tim Pullen

William Allsop

Tom Bruce

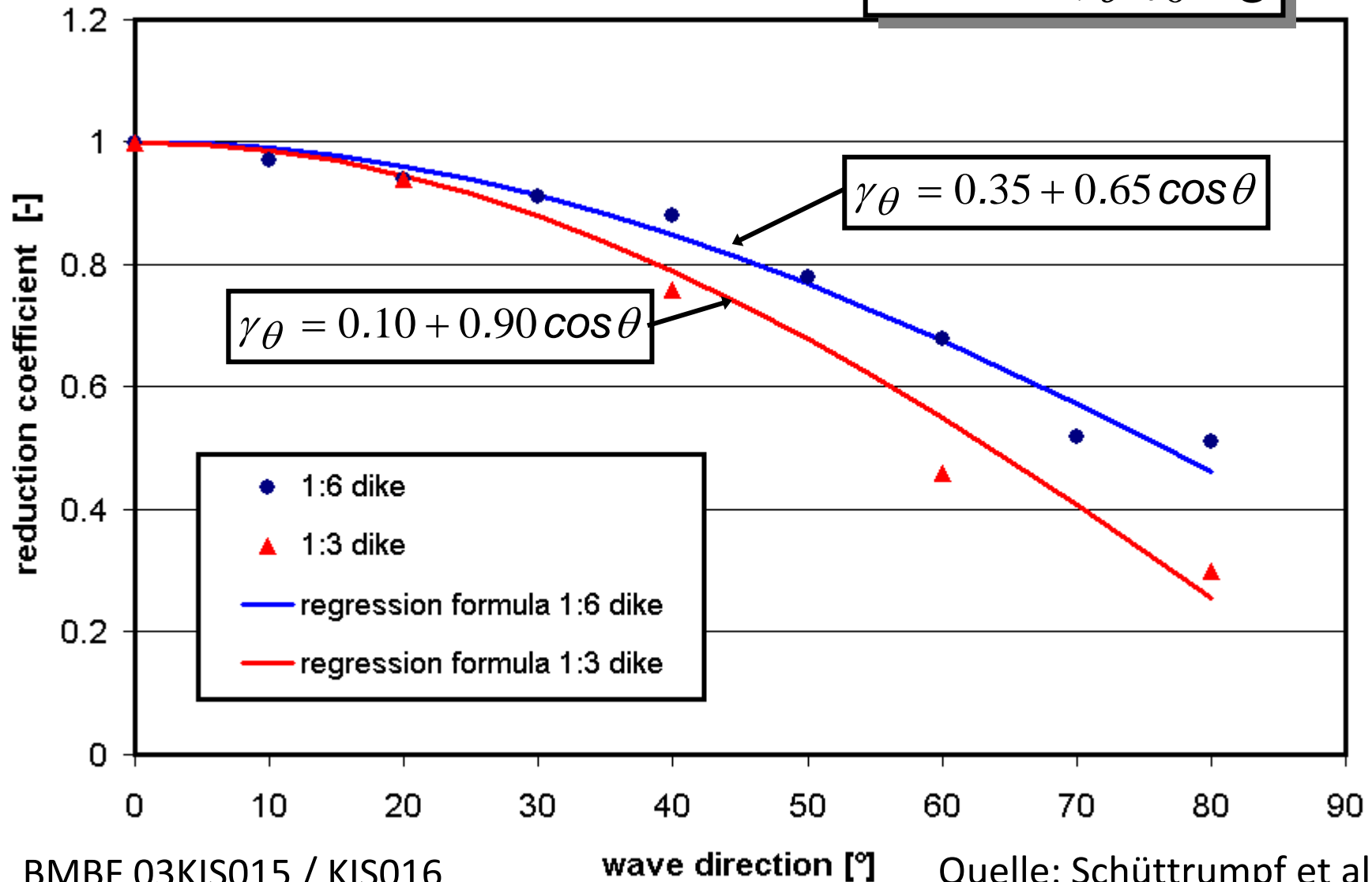
Andreas Kortenhuis

Holger Schüttrumpf

Jentjse van der Meer

Stand der Forschung – Einfluss der Wellen- angriffsrichtung

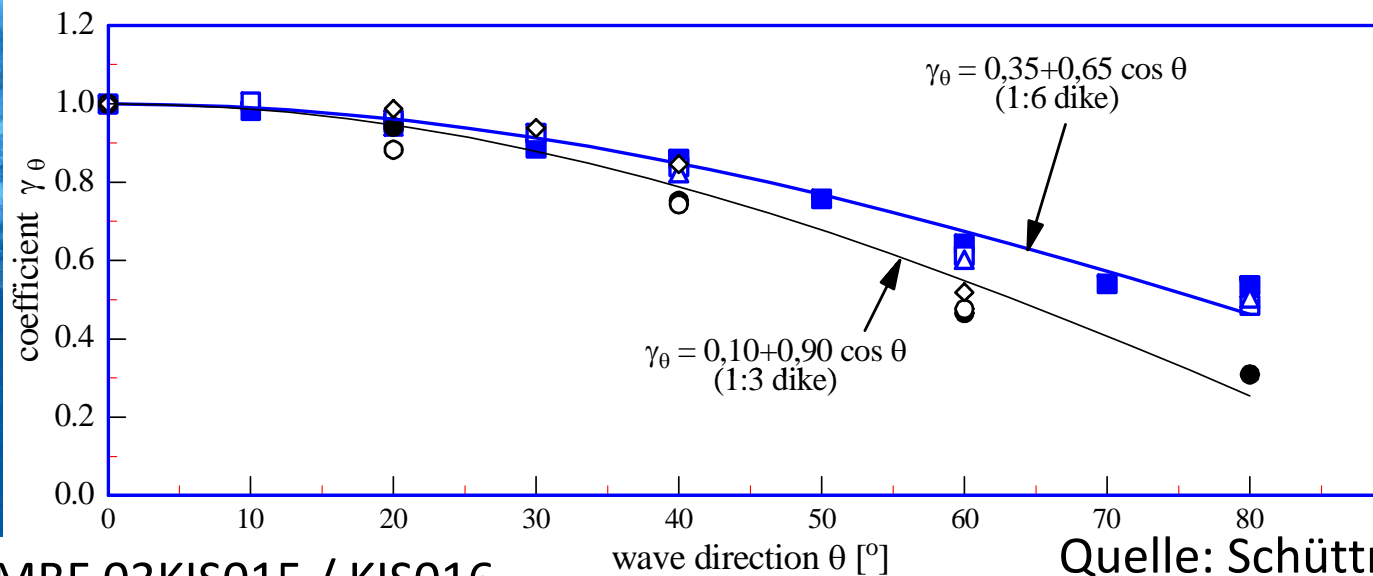
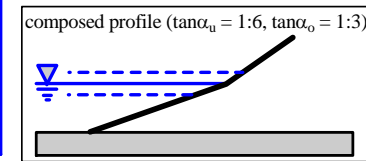
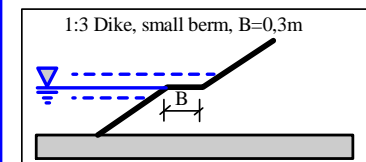
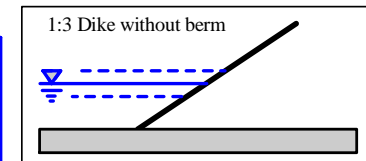
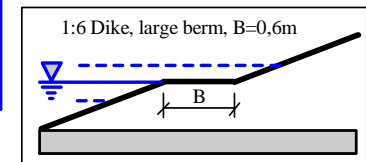
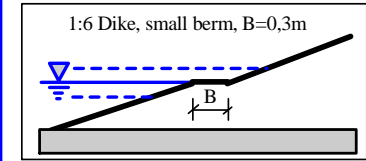
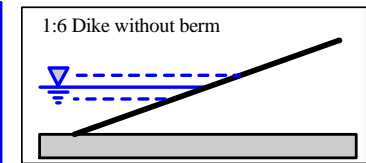
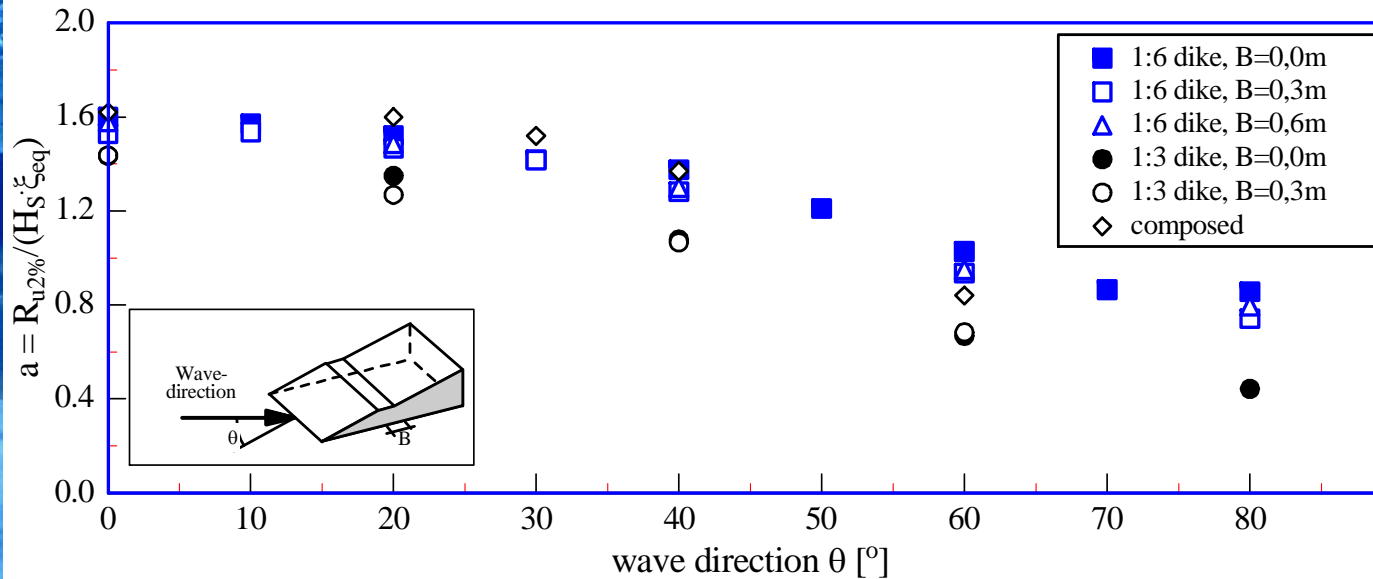
$$R_{u,2\%} = a \cdot \gamma_{\theta} \cdot \xi_0 \cdot H_S$$



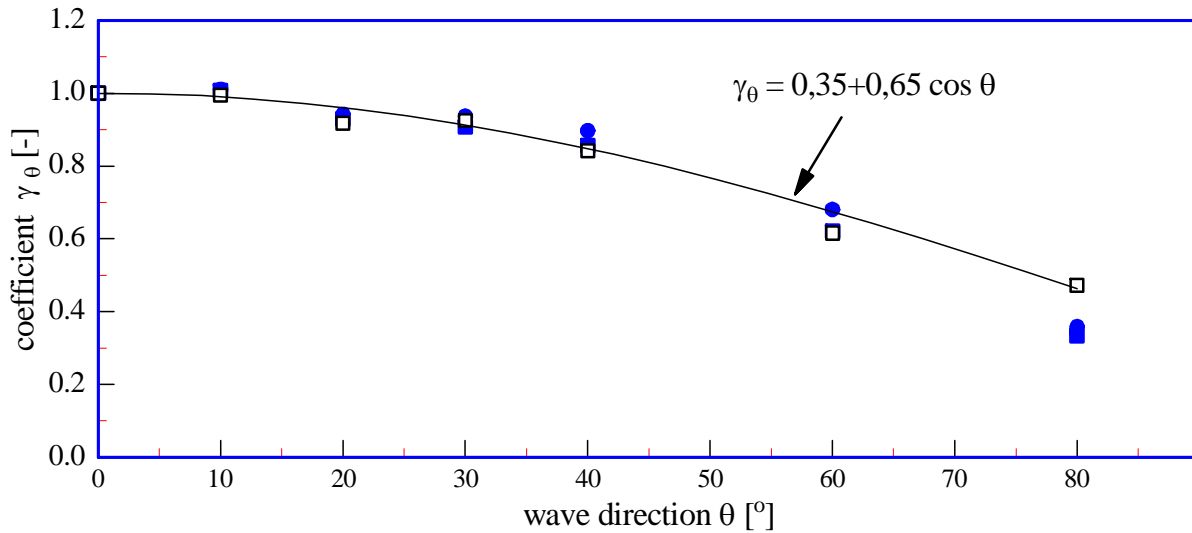
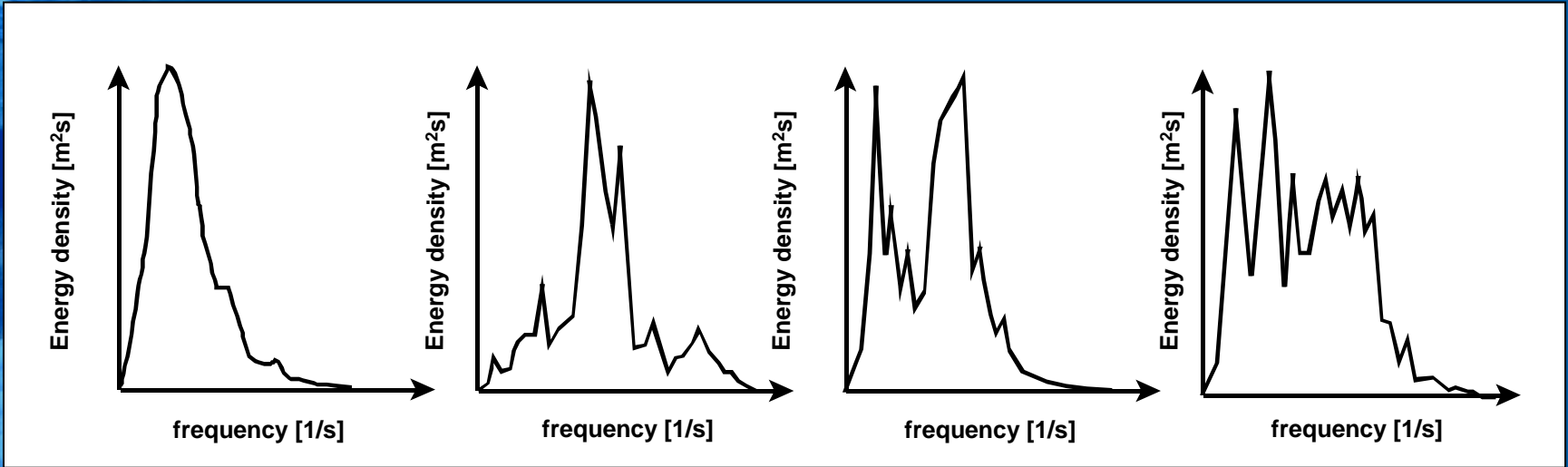
BMBF 03KIS015 / KIS016

Quelle: Schüttrumpf et al., 2003

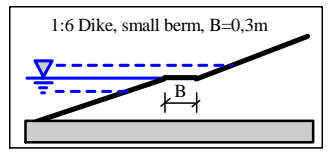
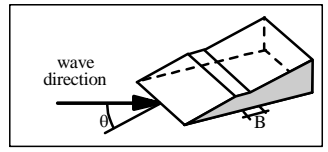
Stand der Forschung – Berme und Wellen- angriffsrichtung




Stand der Forschung – Naturspektren und Wellen-angriffsrichtung



- Natural wave spectrum [1]
- natural wave spectrum [2]
- theoretical spectrum



BMBF 03KIS015 / KIS016

Quelle: Ohle et al., 2003 

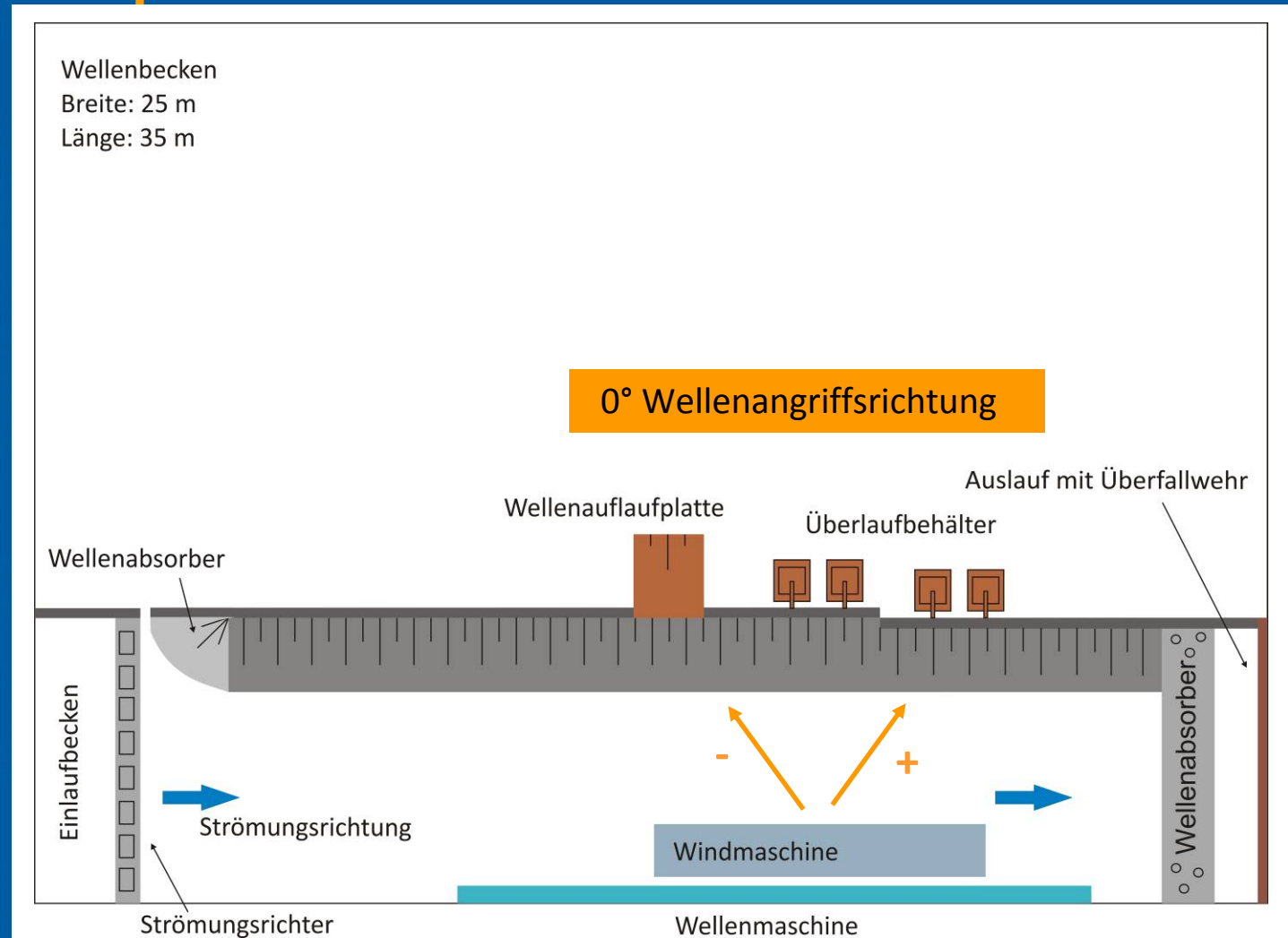
Modellversuche - Wellenbecken des DHI

Breite: 25 m

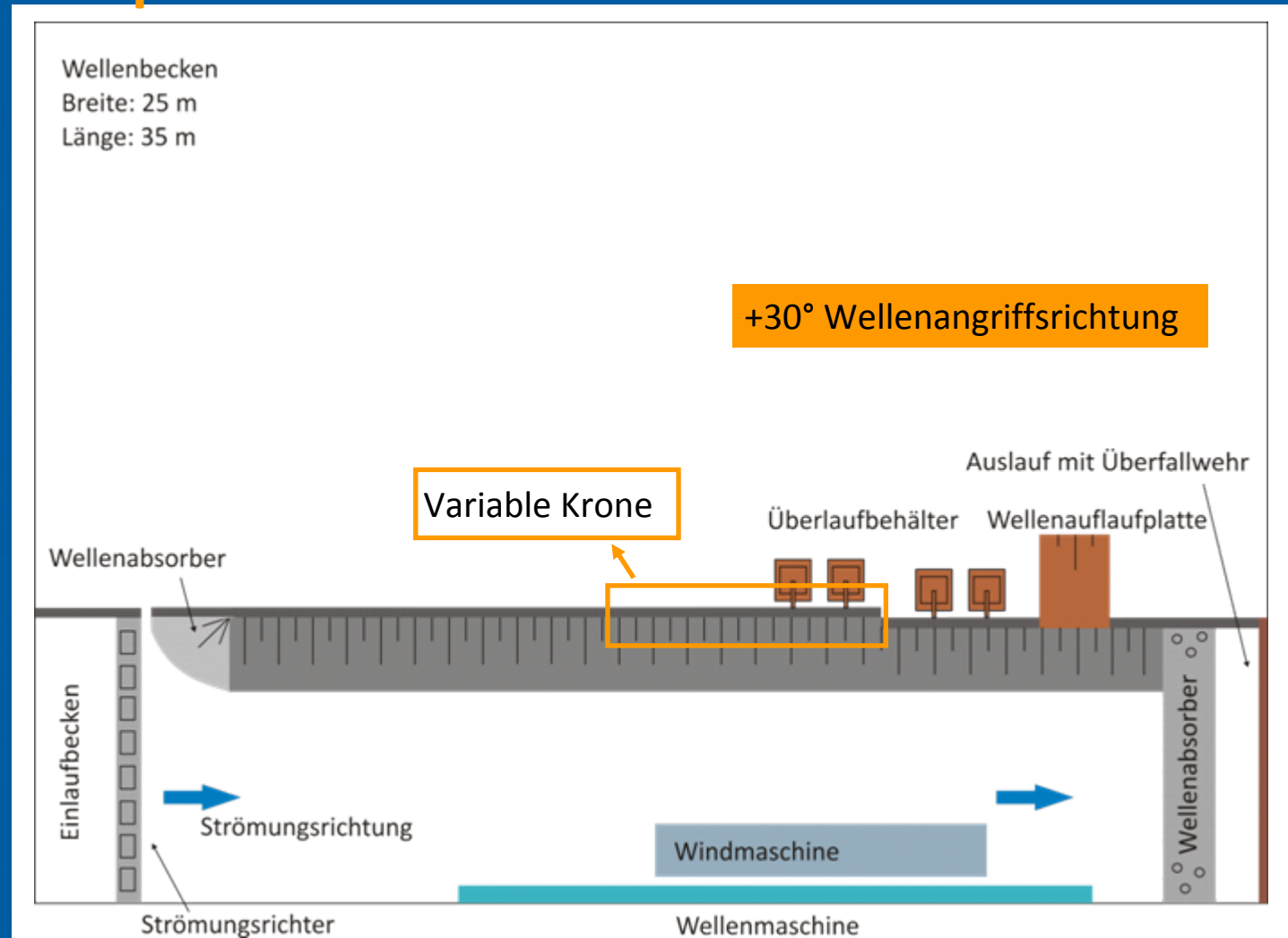
Länge: 35 m



Versuchsaufbau – 1:3 Deich – Draufsicht – setup1



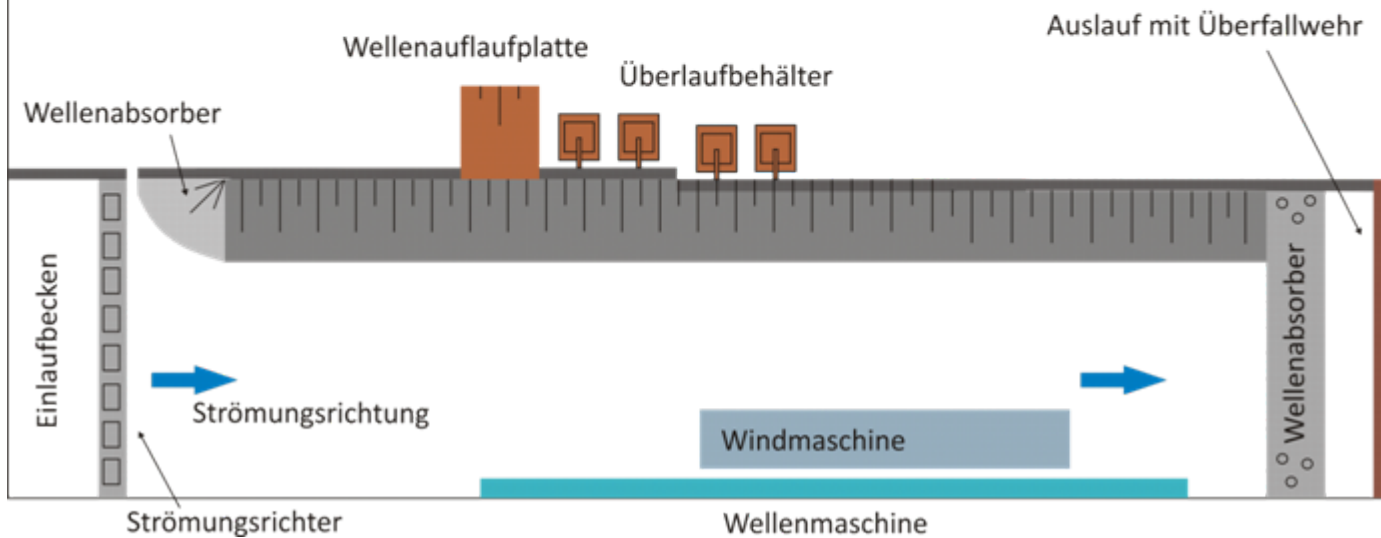
Versuchsaufbau – 1:3 Deich – Draufsicht – setup2



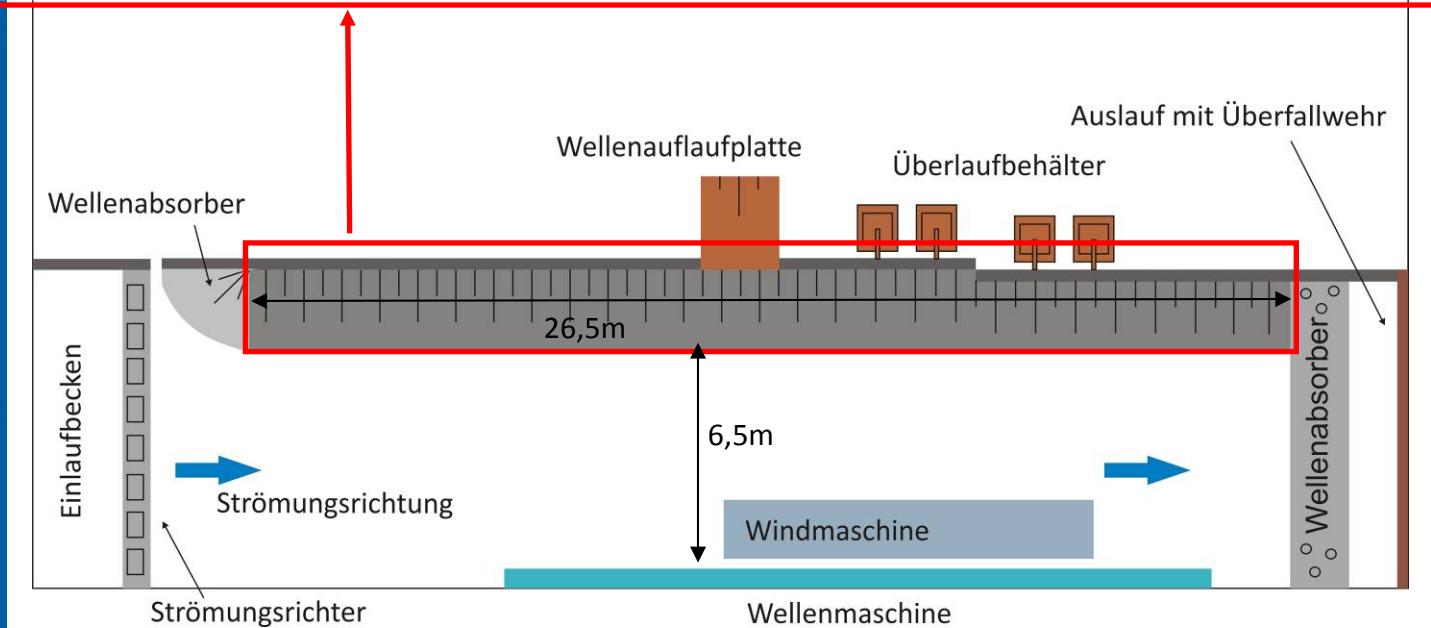
Versuchsaufbau – 1:3 Deich – Draufsicht – setup3

Wellenbecken
Breite: 25 m
Länge: 35 m

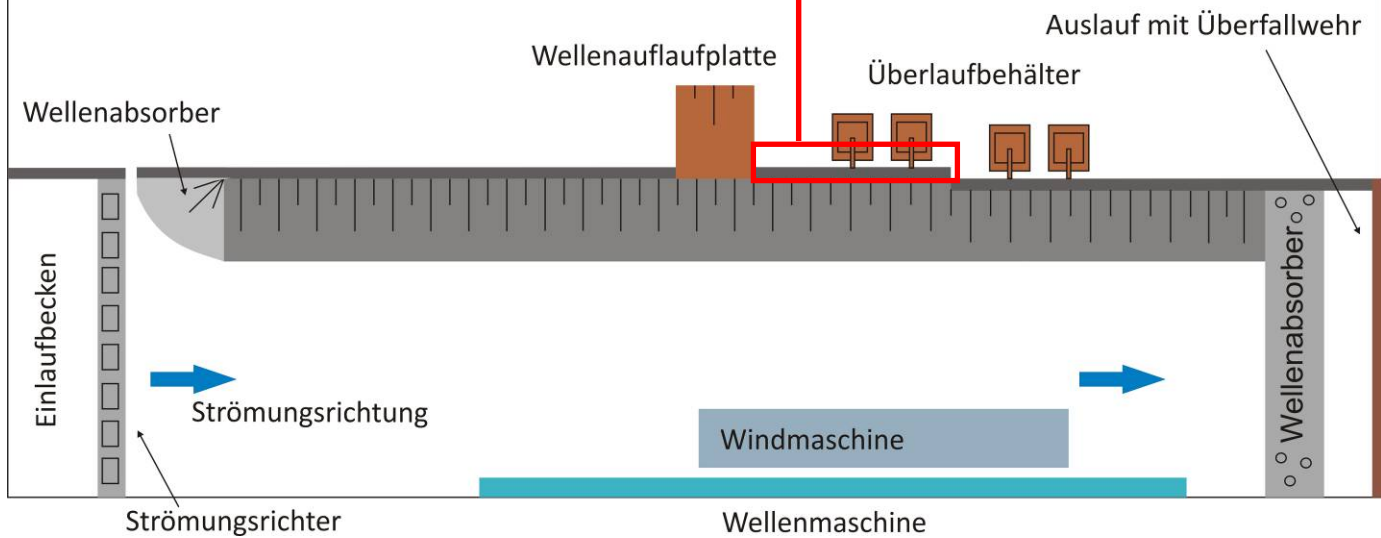
-30° Wellenangriffsrichtung



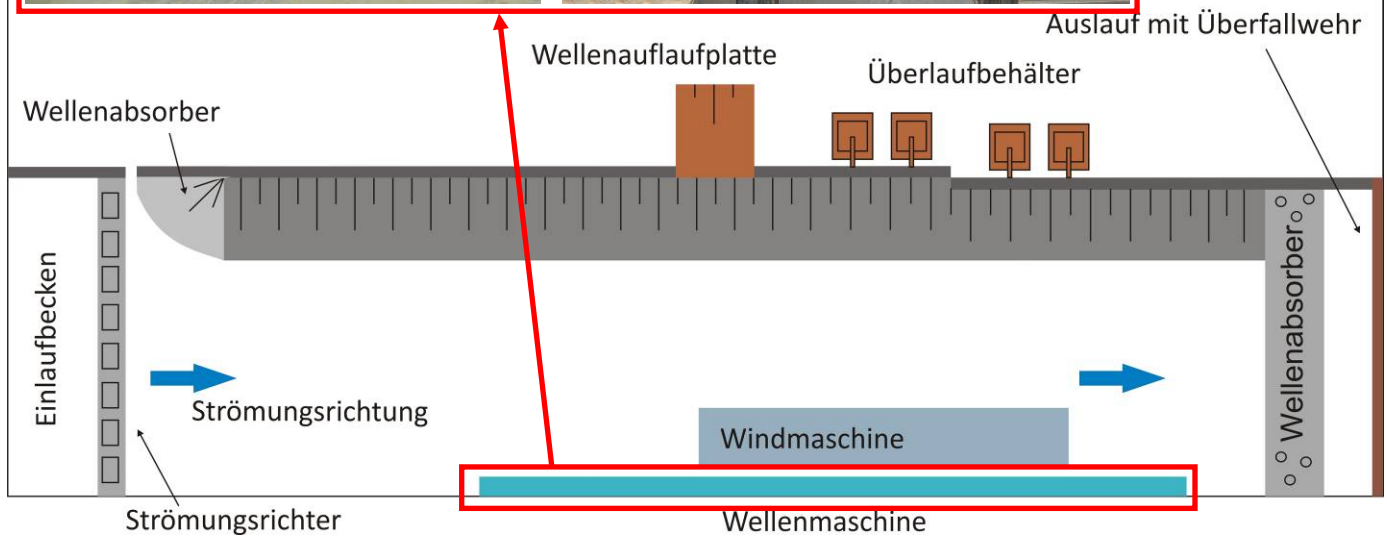
Versuchsaufbau – Deich



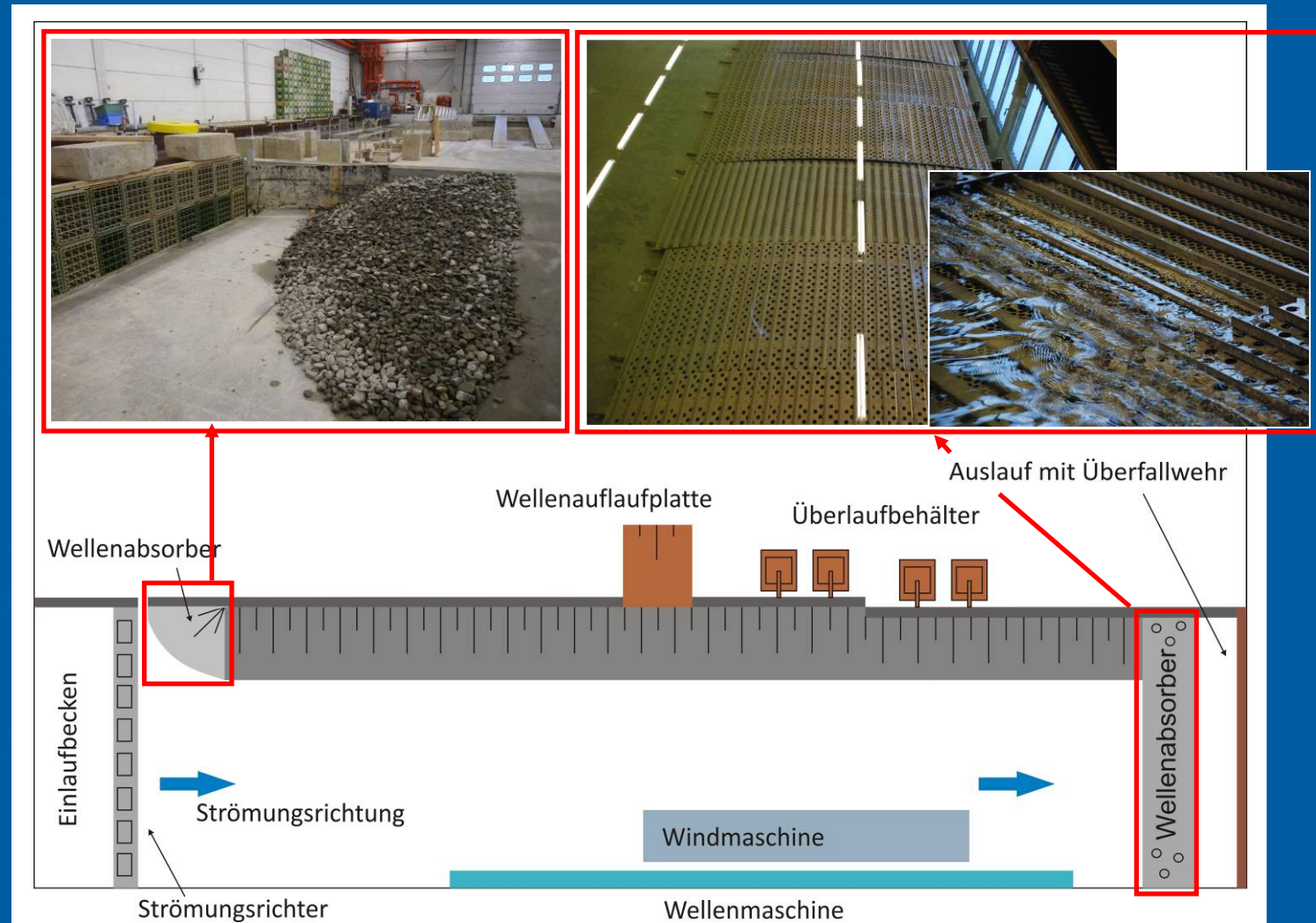
Versuchsaufbau – variable Krone



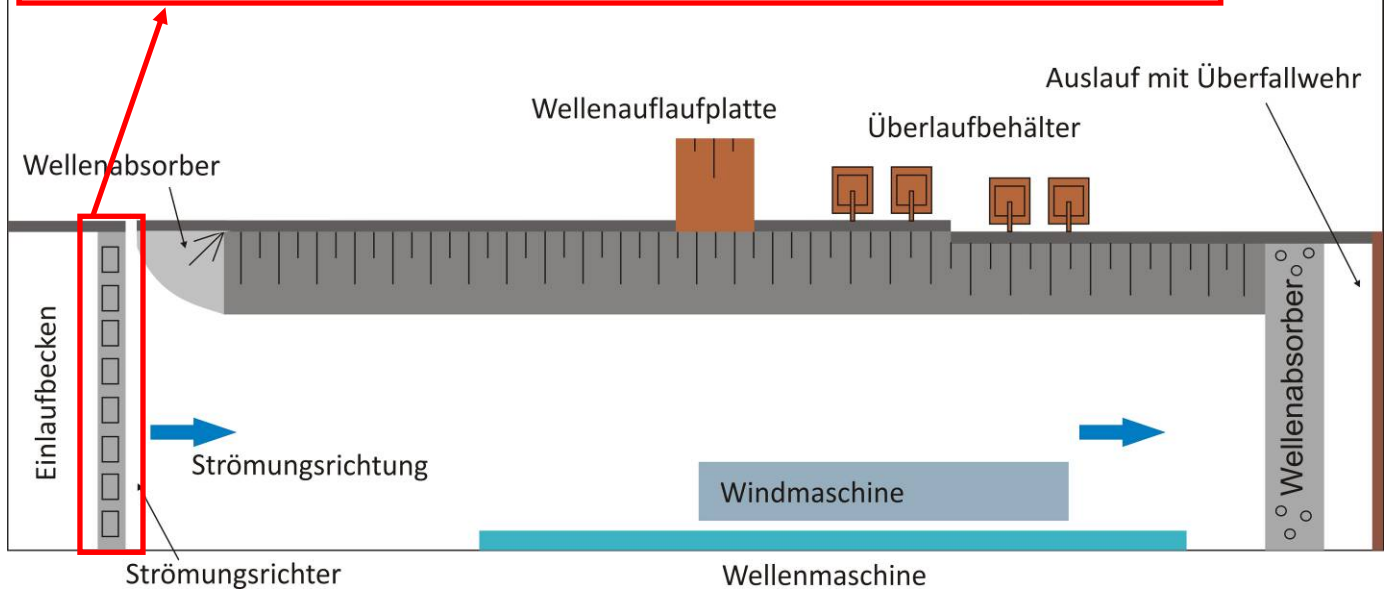
Versuchsaufbau – Wellenmaschine



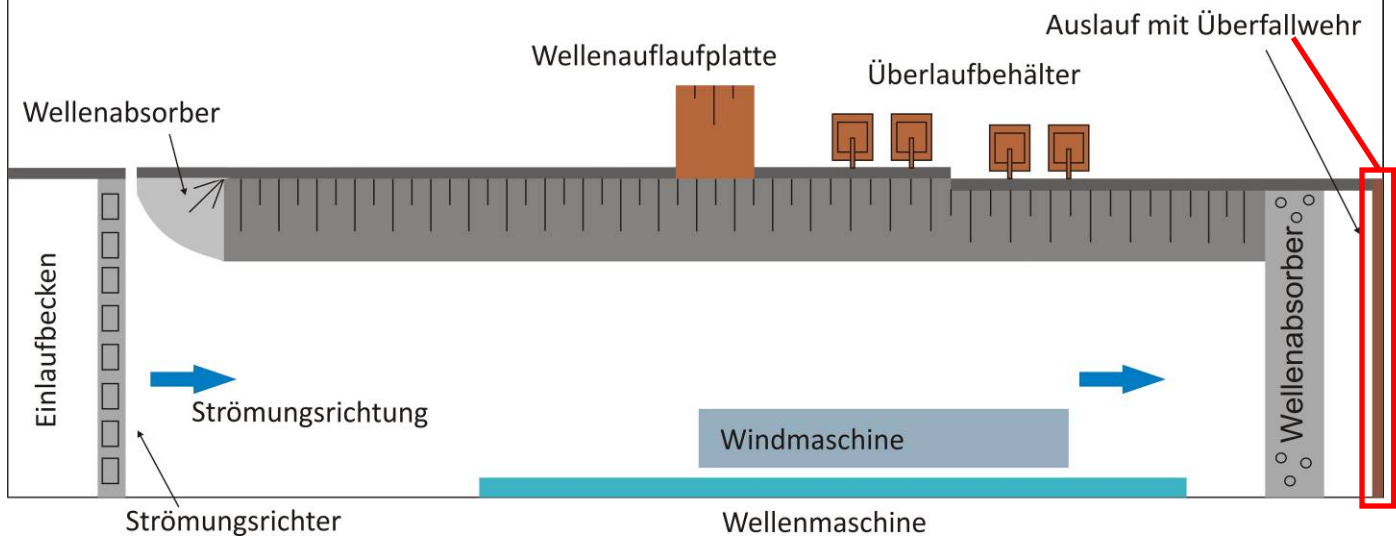
Versuchsaufbau – Wellenabsorber



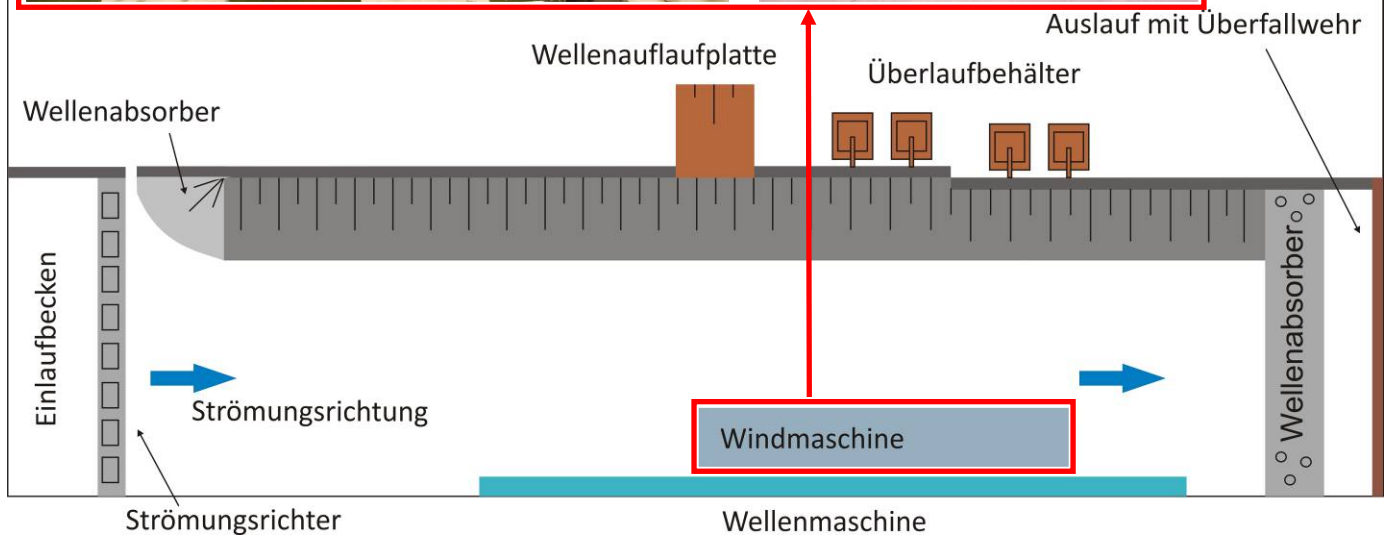
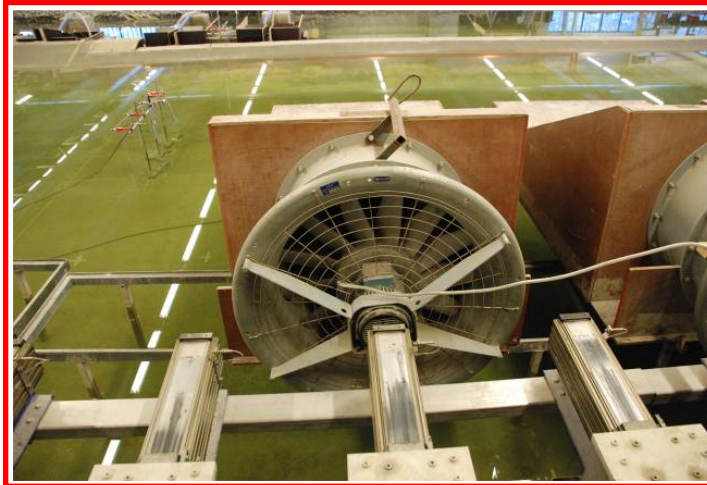
Versuchsaufbau – Einlaufbecken mit Strömungsrichter



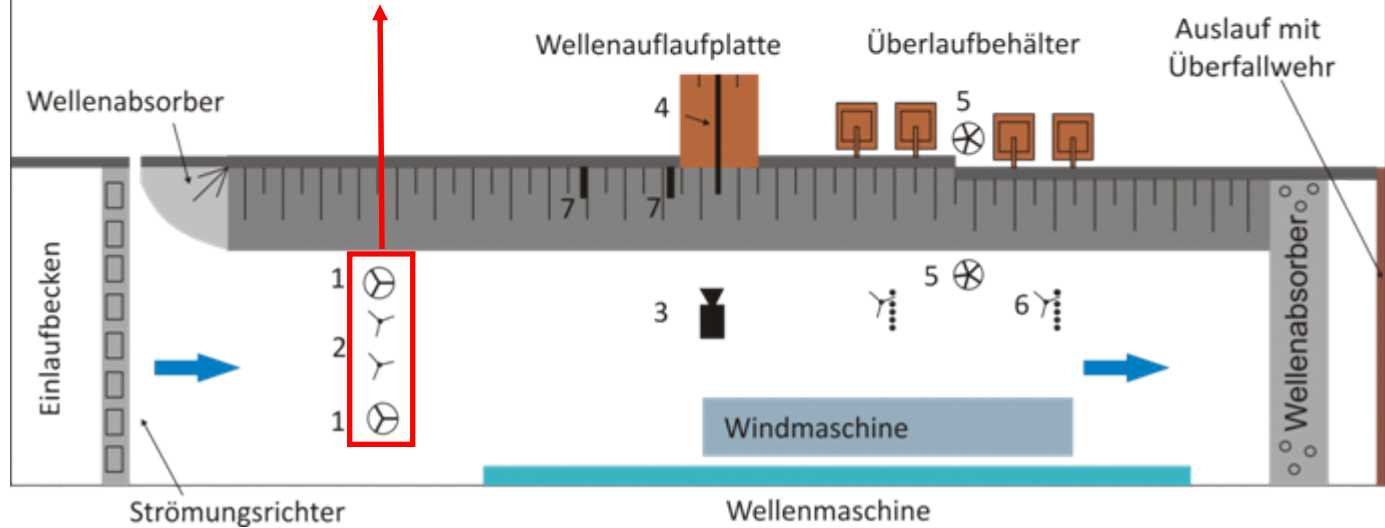
Versuchsaufbau – Wehrüberfall



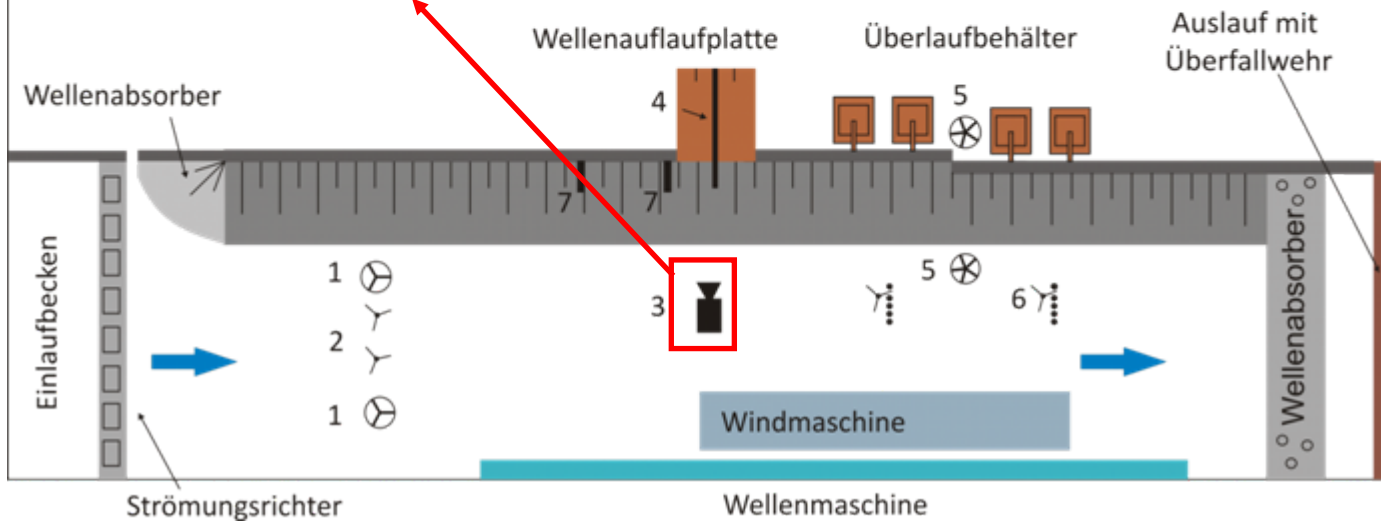
Versuchsaufbau – Windmaschinen



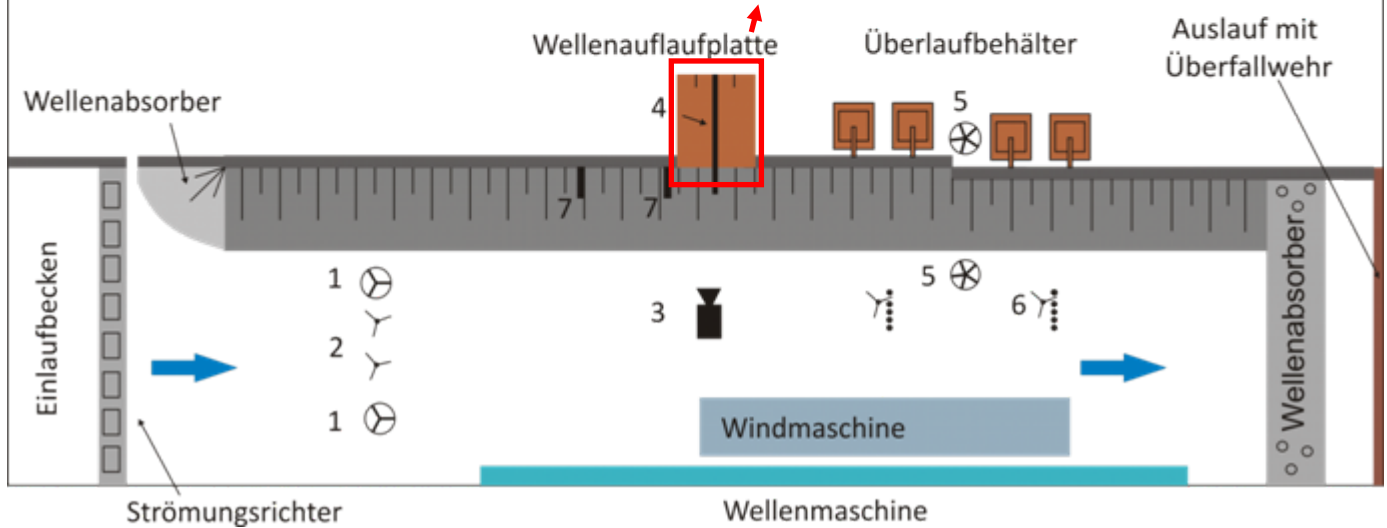
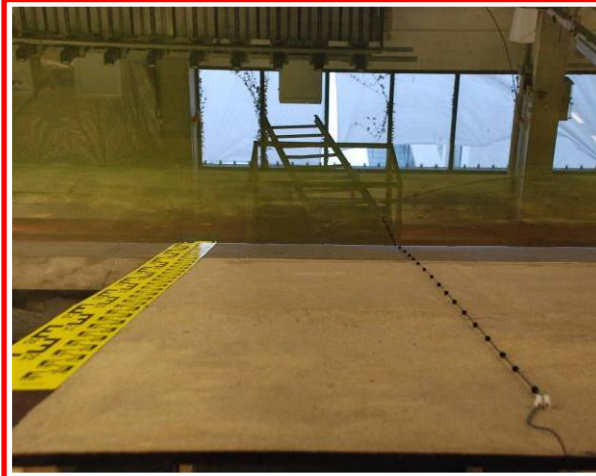
Versuchsaufbau – Mikropropeller / ADV



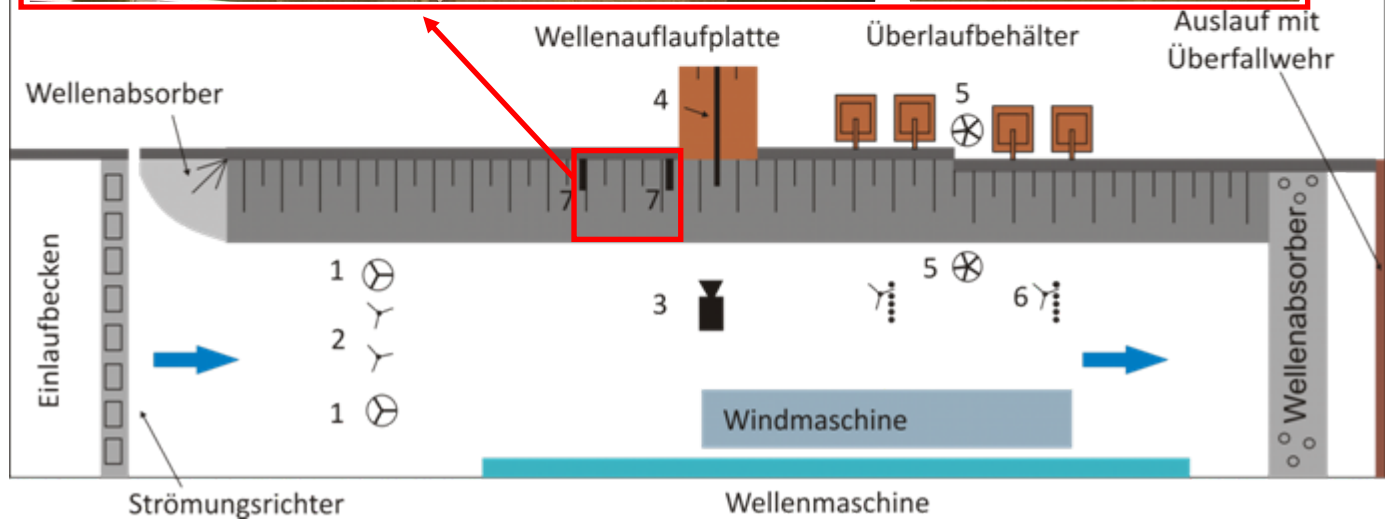
Versuchsaufbau – Videokamera



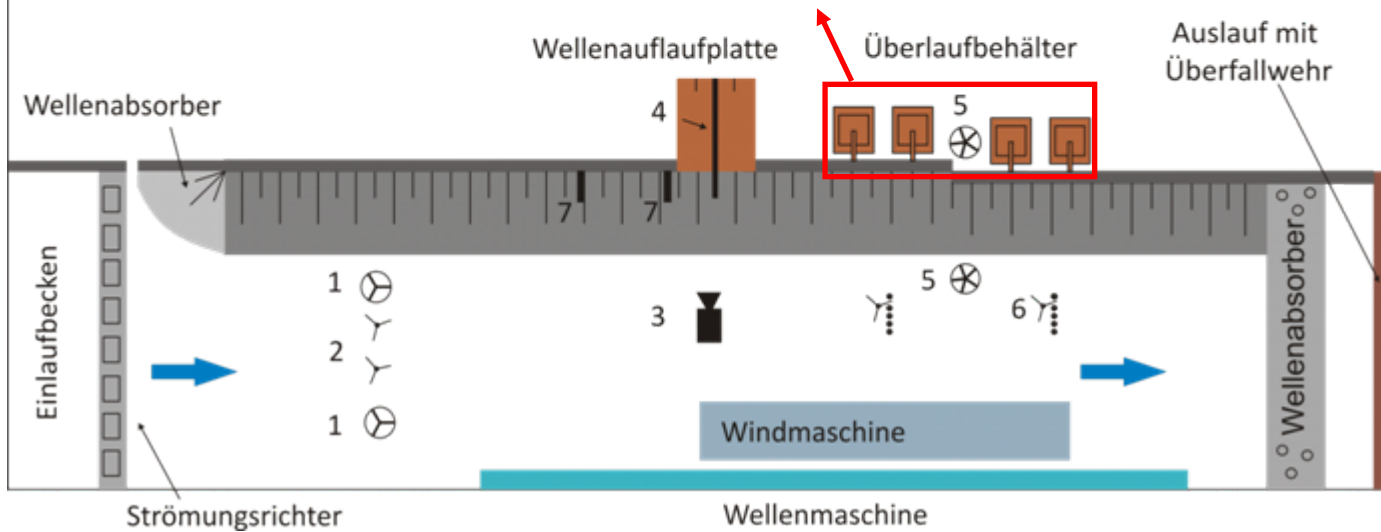
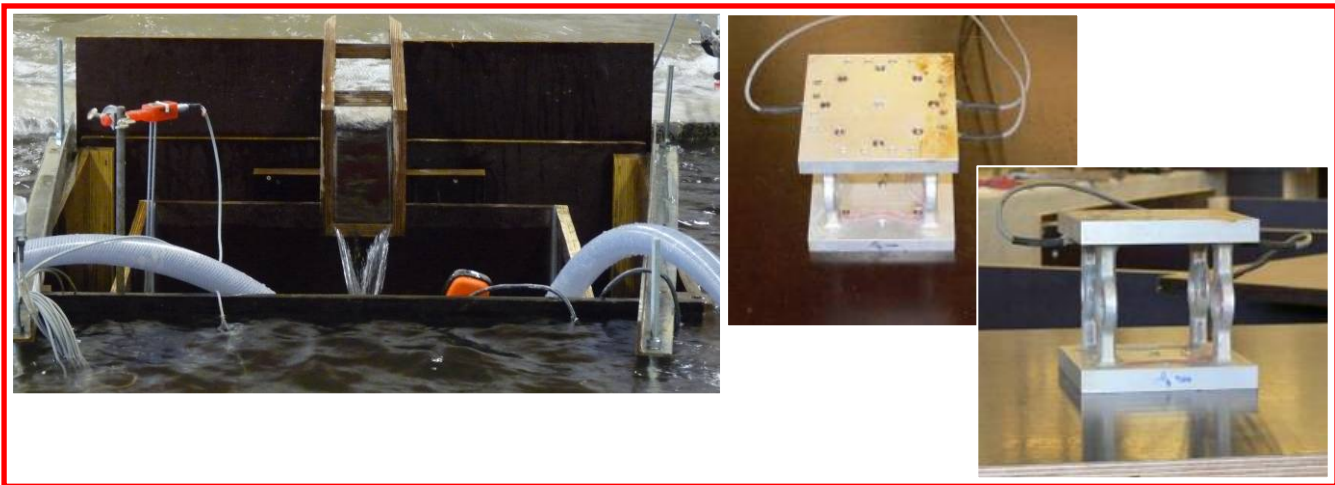
Versuchsaufbau – Kapazitiver Pegel



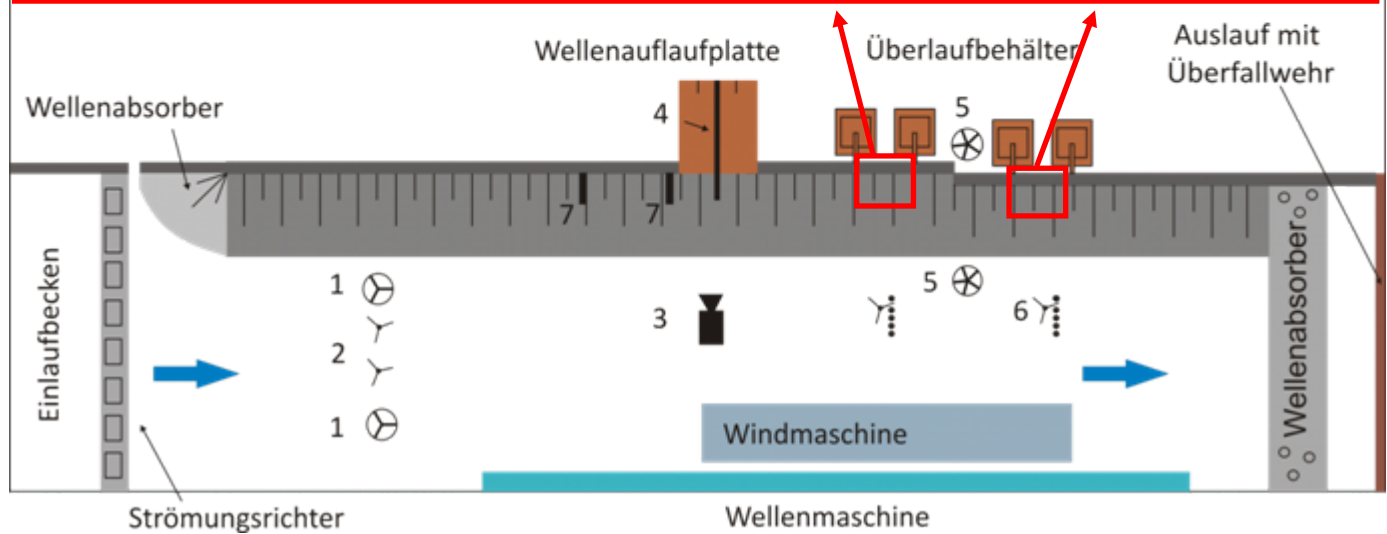
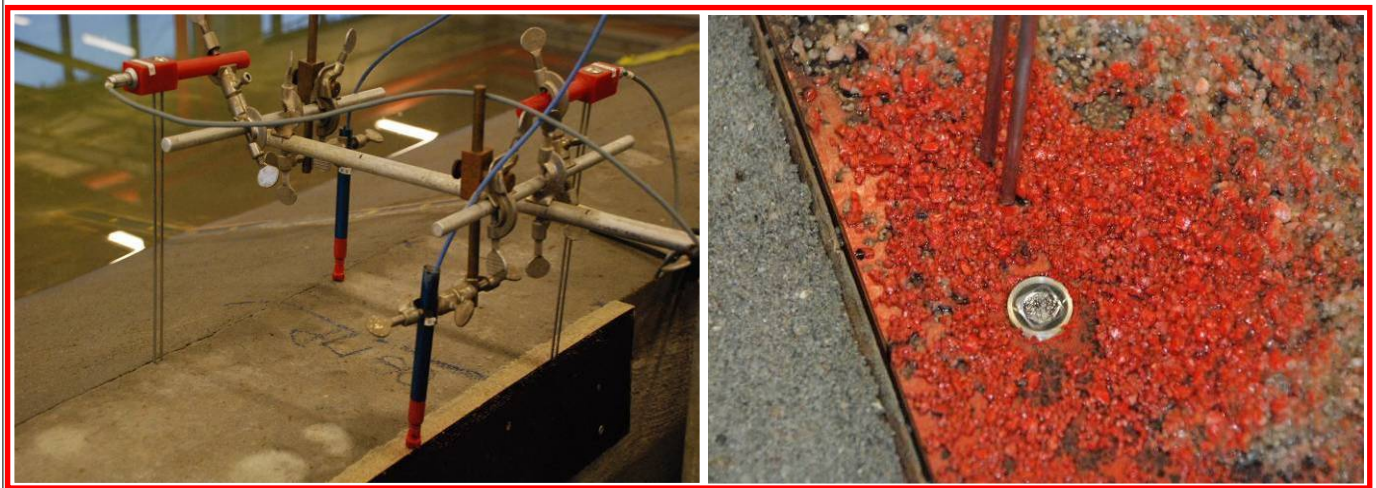
Versuchsaufbau – Wellenauflaufpegel



Versuchsaufbau – Überlaufbehälter mit Druckmessdose



Versuchsaufbau – Messungen auf Deichkrone



Versuchsdurchführung



Versuchsdurchführung



Versuchsprogramm

		FlowDike1 1:3 Deich	FlowDike2 1:6 Deich
Fließtiefe	[m]	0,50	0,55
Wellenspektrum	Jonswap-Spektrum		
Testserien Tests	je Testserie: 6 Tests mit unterschiedl. Wellenparametern je Test: min. 1000 Wellen		

Versuchsprogramm – variierende Parameter

	FlowDike1 1:3 Deich	FlowDike2 1:6 Deich
Wellenangriffsrichtung [°]	-45 -30 -15 0 +15 +30	
Strömungsgeschwindigkeit u_{st} [cm/s]	0 15 30	0 15 30 40
Windgeschwindigkeit u_{wi} [m/s]	0 5 10	0 (5) 10

Auswertung

Um die Vergleichbarkeit der vorliegenden Versuche sicherzustellen, werden diese mit bestehenden Untersuchungen verglichen.



Referenztest



Wellenangriffsrichtung

$$\beta = 0^\circ$$

Strömungsgeschwindigkeit

$$u_{St} = 0 \text{ m/s}$$

Windgeschwindigkeit

$$u_{Wi} = 0 \text{ m/s}$$

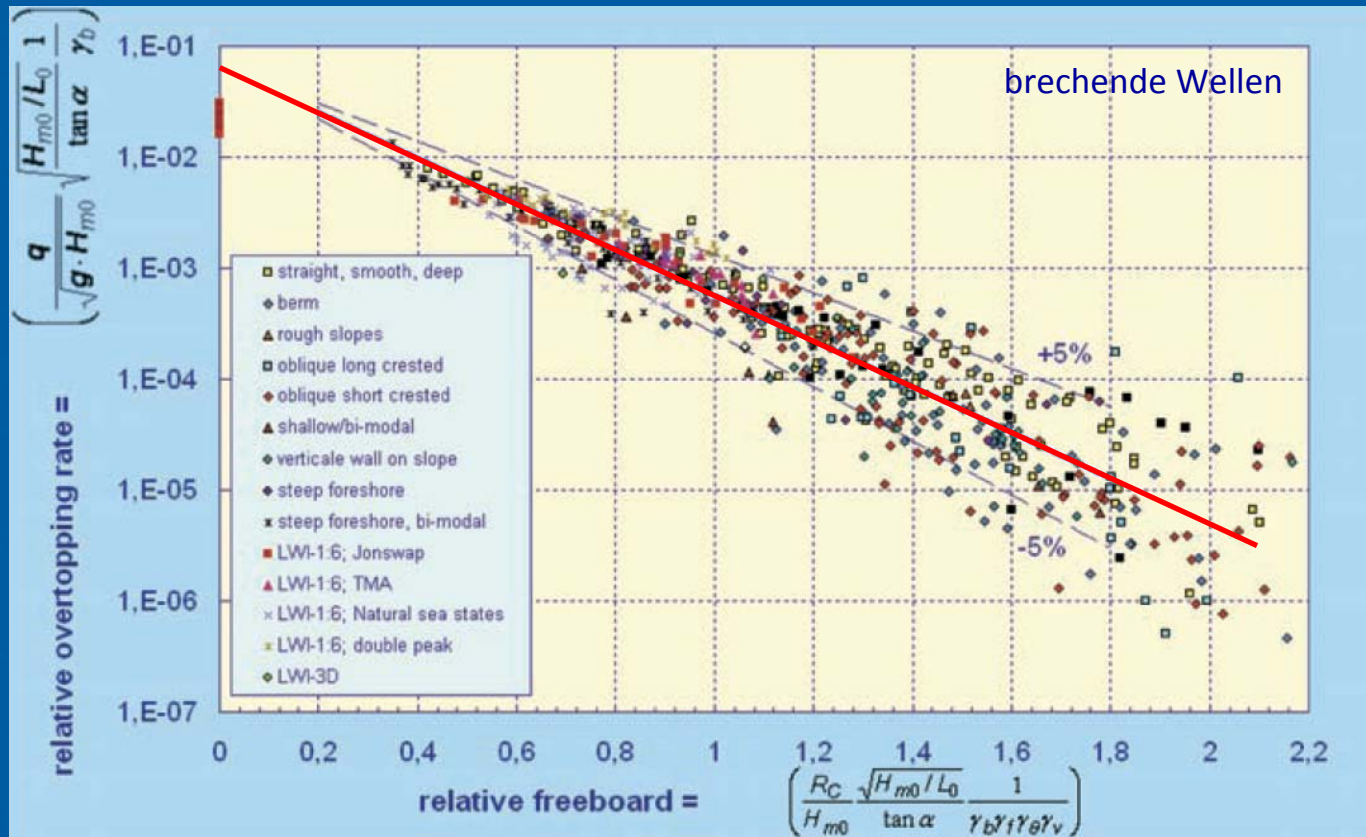
Methodik

Ausdruck der Regressionsanalyse:

$$q^* = Q_0 \cdot \exp(-b \cdot R^*)$$

b Neigung des Graphen

Q_0 y-Achsenabschnitt



EurOtop-Manual (2007)



Methodik – mittlere Wellenüberlauftrate

$$\gamma_{\beta} = \frac{b_{\text{ref}}}{b_i}$$

Einflussfaktoren für Wellenangriffsrichtung

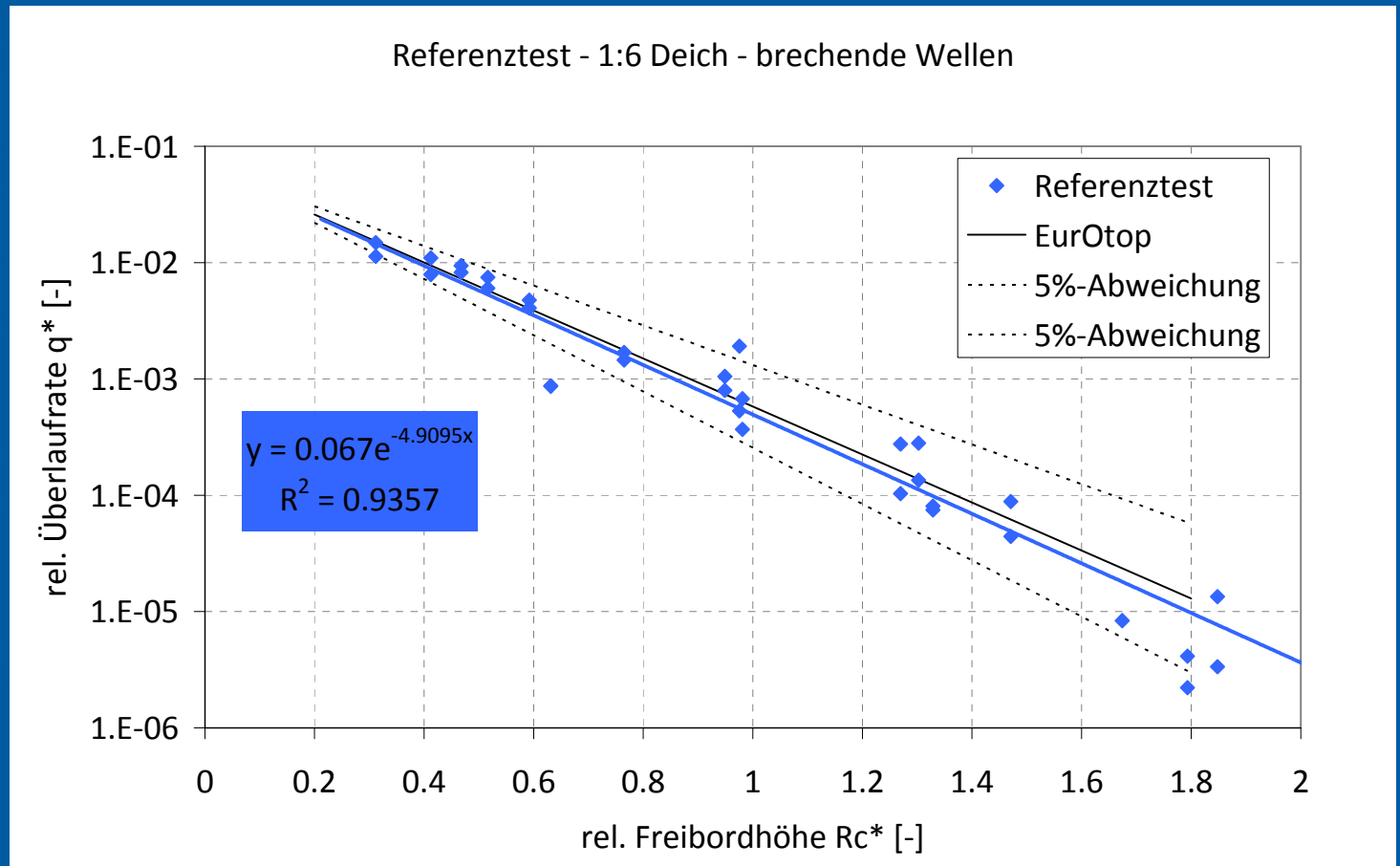
brechende Wellen

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

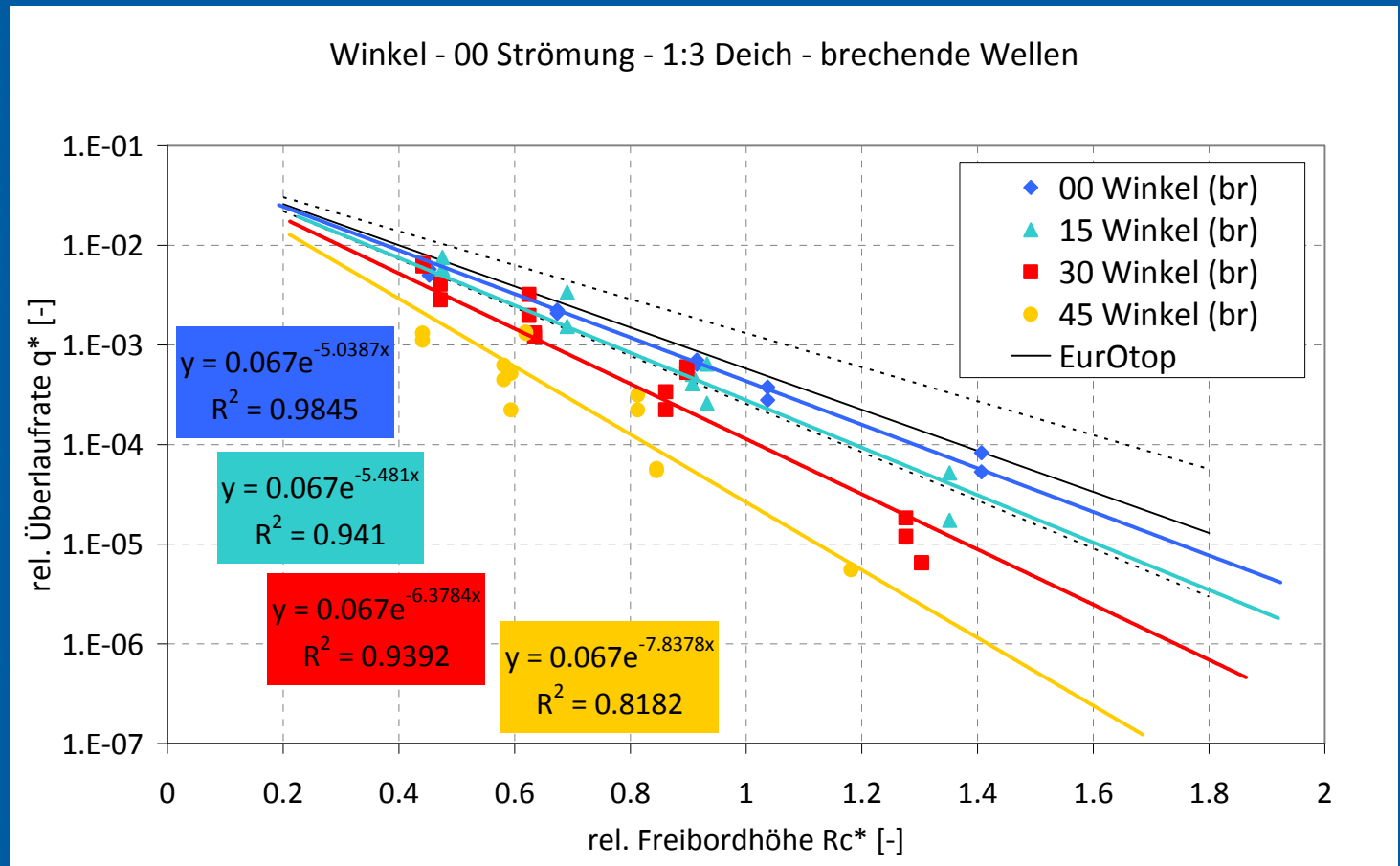
nichtbrechende Wellen

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp \left(-2.6 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_{\beta}} \right)$$

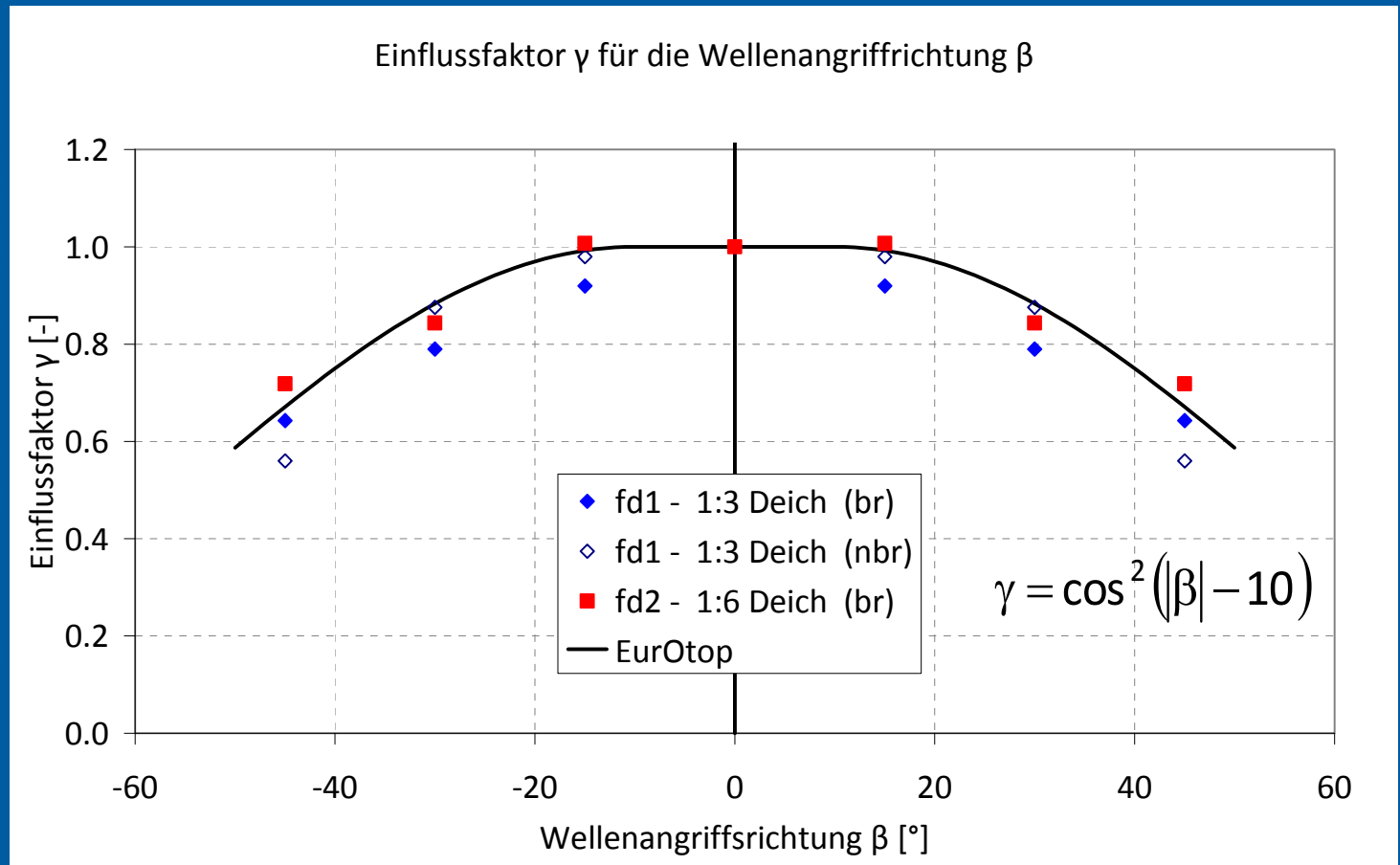
Referenztest – 1:6 Deich



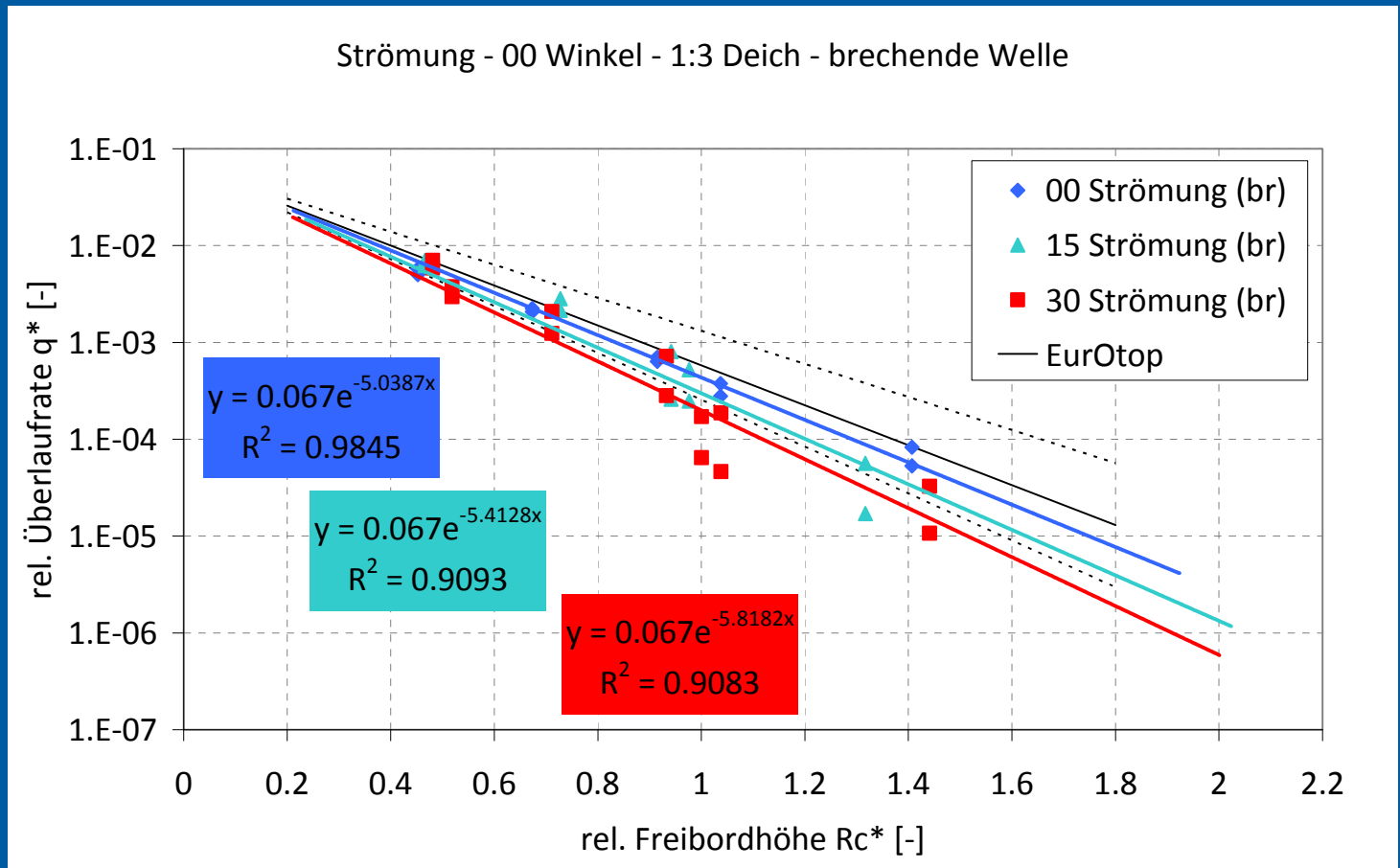
Wellenangriffsrichtung – 1:3 Deich



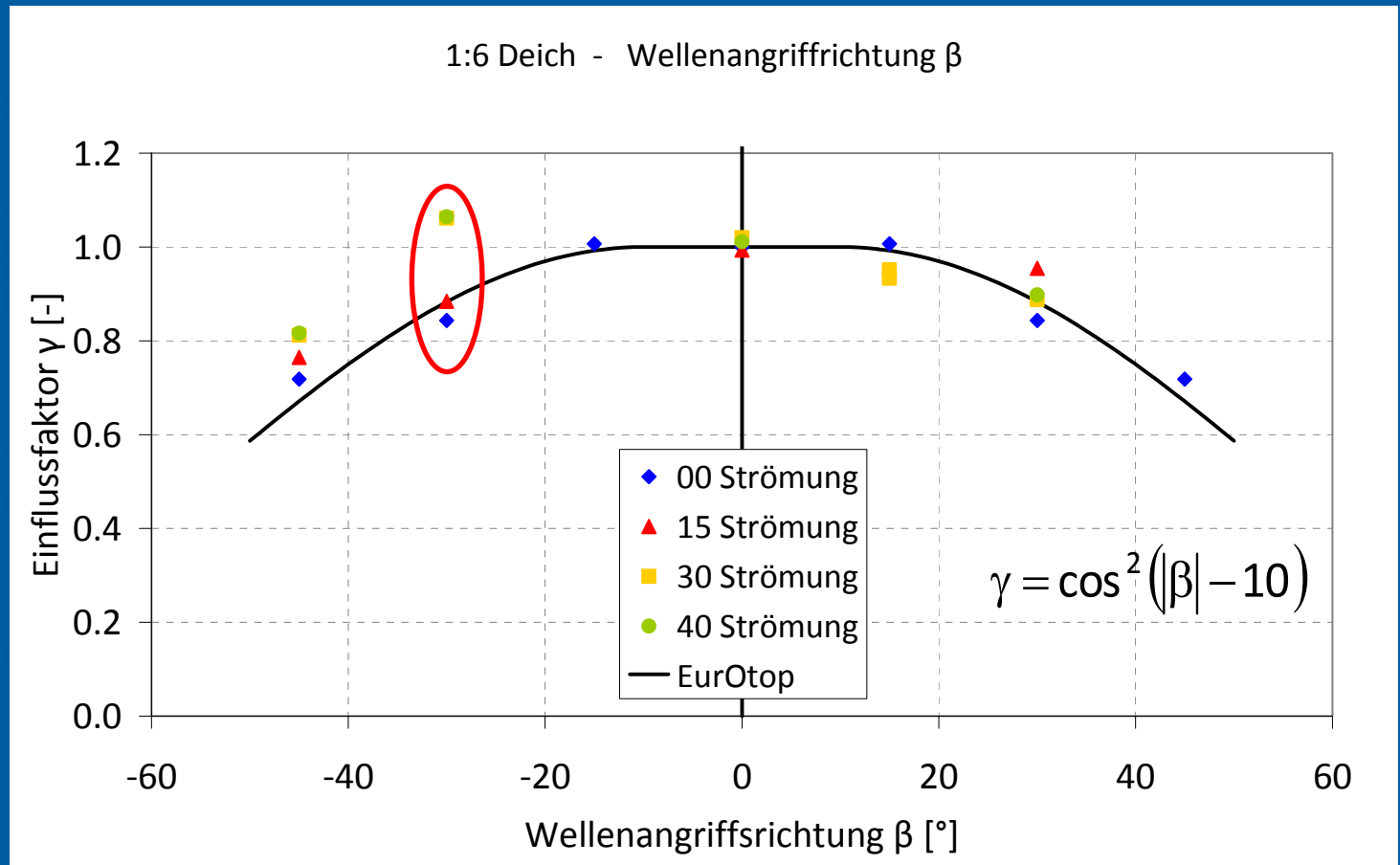
Wellenangriffsrichtung – 1:3 Deich und 1:6 Deich



Strömung – 1:3 Deich



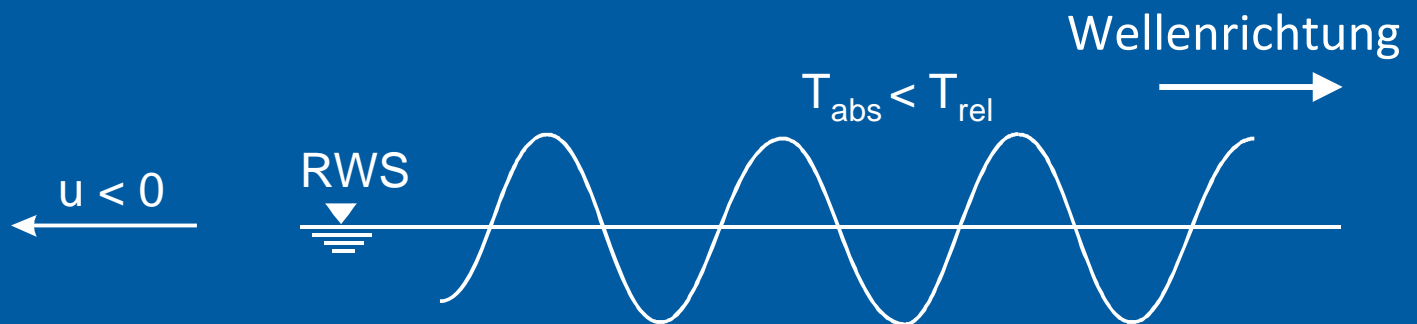
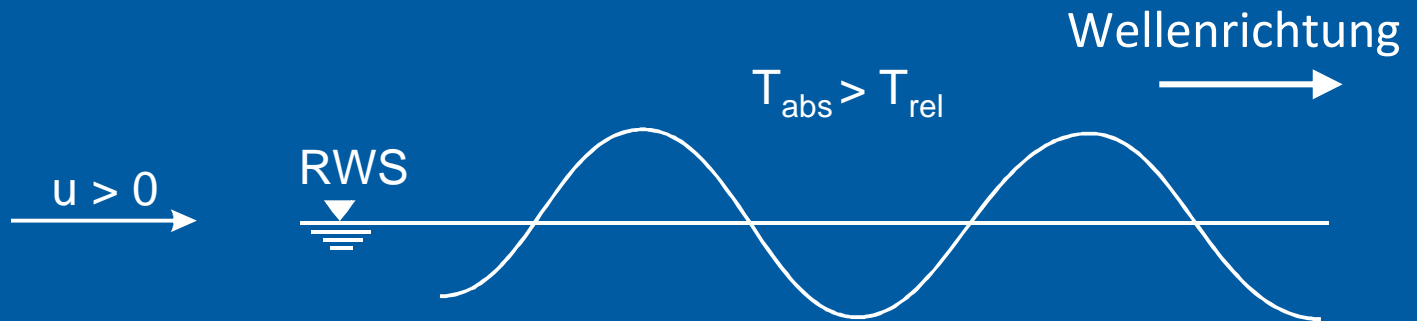
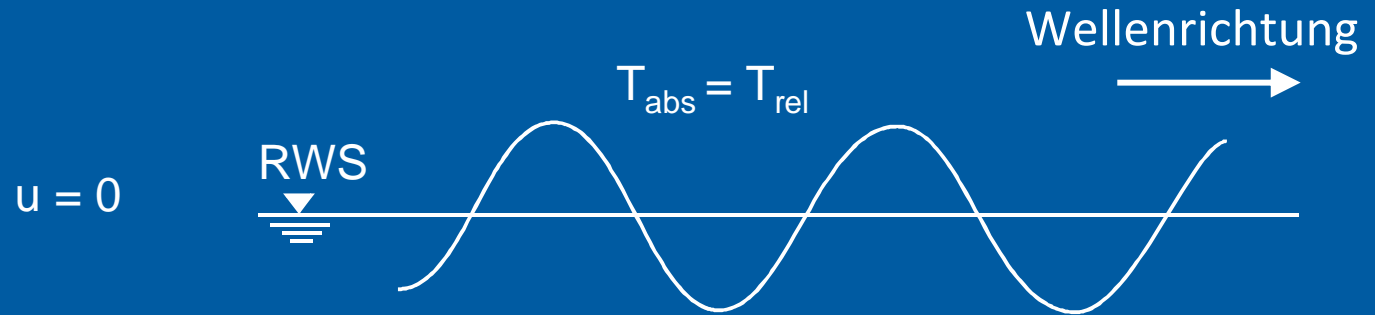
Strömung und Wellenangriffsrichtung – 1:6 Deich



gegen die Strömung

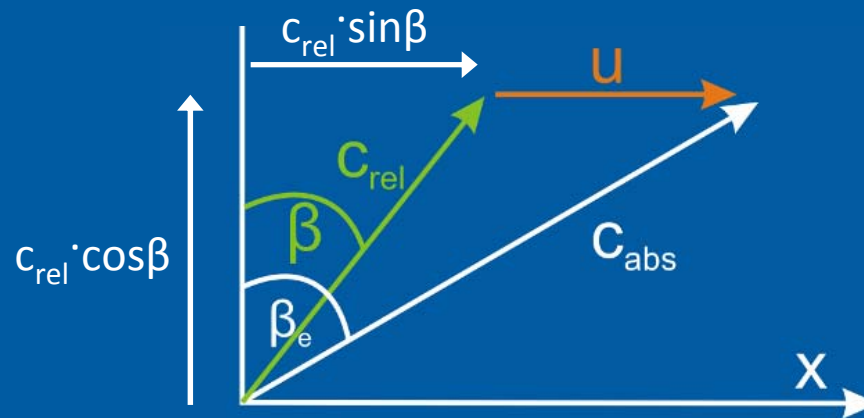
mit der Strömung

Wellen und Strömung



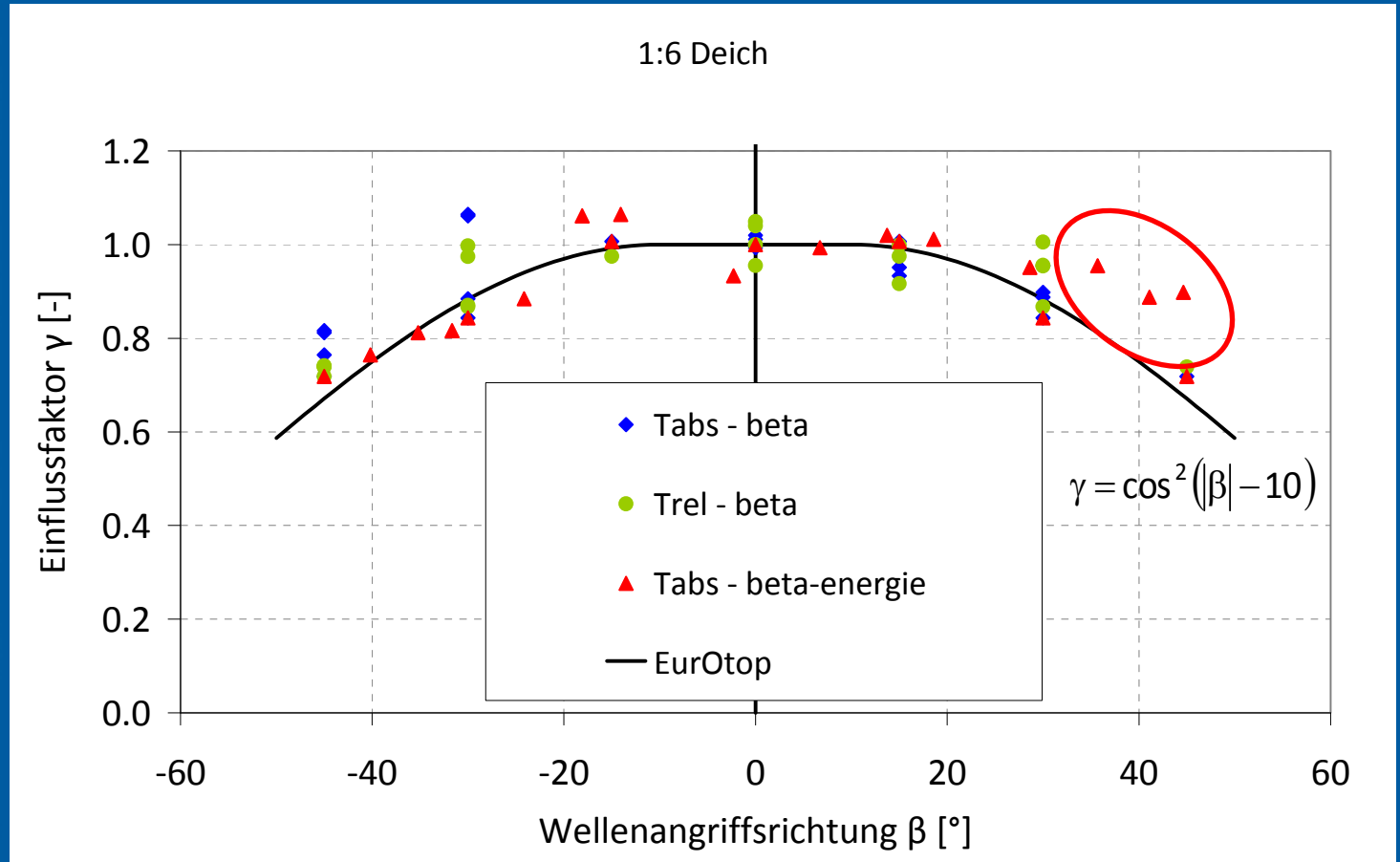
Wellen und Strömung – Energiewinkel der Welle

Strömungsrichtung u



$$\tan\beta_e = \frac{c_{rel} \cdot \sin\beta + u}{c_{rel} \cdot \cos\beta}$$

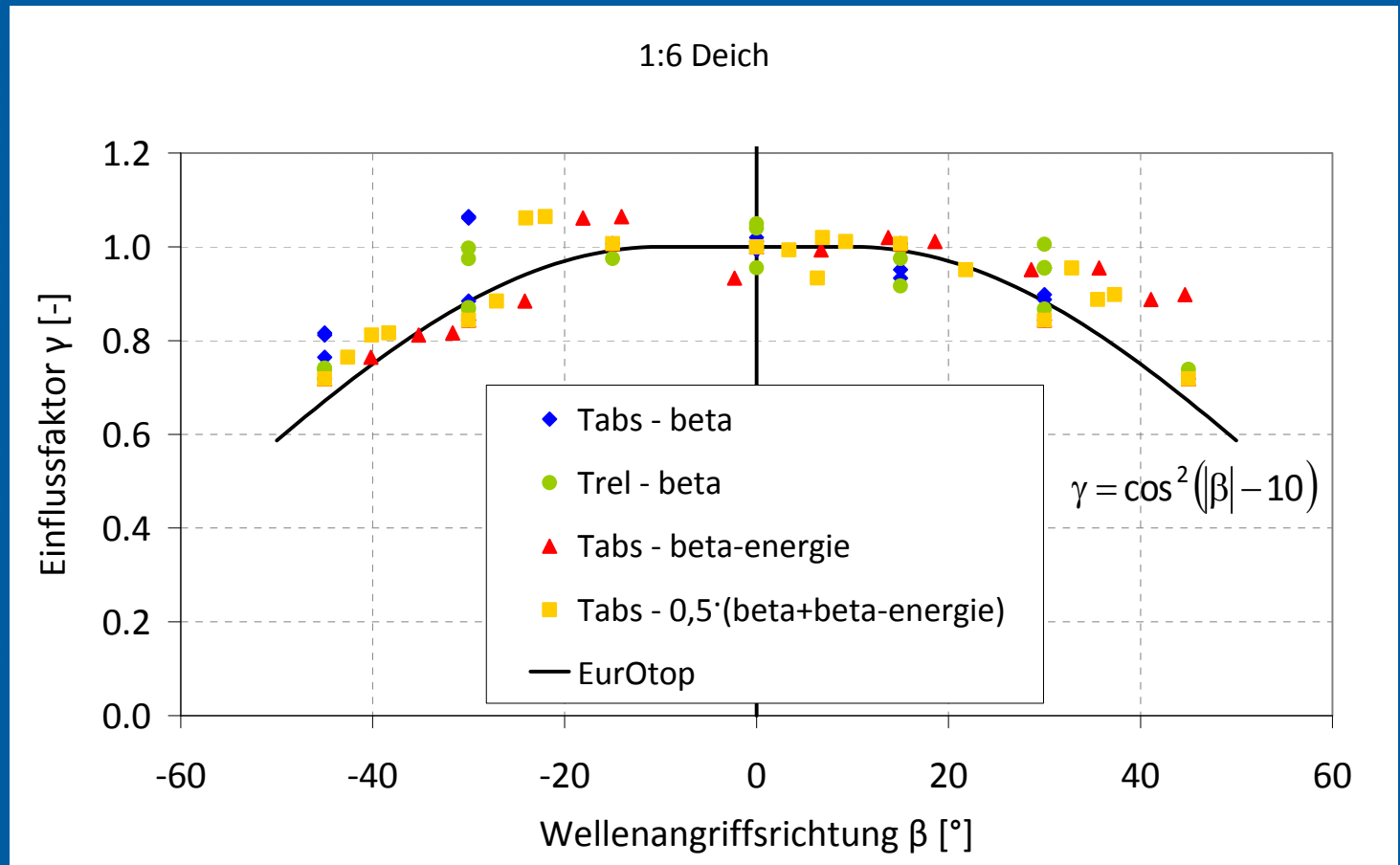
Strömung und Wellenangriffsrichtung – 1:6 Deich



gegen die Strömung

mit der Strömung

Strömung und Wellenangriffsrichtung – 1:6 Deich



gegen die Strömung

mit der Strömung

Fazit

Referenztest

- gute Übereinstimmung mit bestehenden Untersuchungen

Einfluss der Wellenangriffsrichtung

- Abnahme der Wellenüberlaufrate mit zunehmendem Wellenangriffswinkel
- gute Übereinstimmung mit vorherigen Untersuchungen

Strömungseinfluss

- Mögliche Ansätze zur Berücksichtigung der Strömung
 - Relative Wellenperiode
 - Energierichtung der Welle

Windeinfluss

- Zunahme insbesondere bei kleinen Wellenüberlaufrate

Ausblick

- Kombination der Einflussparameter Strömung und Wellenangriffsrichtung mit Wind (abschließende Untersuchungen)
- Einfluss der Strömung auf Wellenevolution (Einsatz Boussinesq-Modell)
- Wellenüberlauf einzelner Wellen
- Strömungsparameter auf der Deichkrone
- Numerische Untersuchungen

Veröffentlichungen

- Brüning, A.; Gilli, S.; Lorke, S.; Pohl, R.; Schlüter, F.; Spano, M.; van der Meer, J.; Werk, S.; Schüttrumpf, H. (2009); FlowDike - Investigating the effect of wind and current on wave run-up and wave overtopping; 4th **SCACR - International Short conference on APPLIED COASTAL RESEARCH**, Barcelona
- Brüning, A.; Gilli, S.; Lorke, S.; Pohl, R.; Schlüter, F.; Spano, M.; van der Meer, J.; Werk, S.; Schüttrumpf, H. (2010); FlowDike - Investigating the effect of wind and current on wave run-up and wave overtopping; **Hydralab III Joint User Meeting**, Hannover
- Lorke, S., Brüning, A.; Bornschein, A.; Gilli, S.; Pohl, R.; Spano, M.; van der Meer, J.; Werk, S.; Schüttrumpf, H. (2010); On the effect of wind and current on wave run-up and wave overtopping; 32nd International **Conference on Coastal Engineering (ICCE)**. Schanghai (accepted for publication)

Veröffentlichungen

- Pohl, R. (2010); Neue Aspekte der Freibordbemessung an Fluss- und Ästuardeichen; **Wasserbauliche Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Technische Hydromechanik der Technischen Universität Dresden**, Heft 40, S. 467 - 478 (nicht im Anhang)
- Rahlf, H.; Schüttrumpf, H. (2010); Critical overtopping rates for Brunsbüttel lock; 32nd **International Conference on Coastal Engineering (ICCE)**. Shanghai (accepted for publication)
- Schüttrumpf, H. (2009) Wellenüberlauf an Deichen - Stand der Wissenschaft und aktuelle Untersuchungen. **3. Siegener Symposium** "Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen". Tagungsband
- Van der Meer, J.; Hardeman, B.; Steendam, G.J.; Schüttrumpf, H.; Verheij, H. (2010) Flow depths and velocities at crest and inner slope of a dike, in theory and with the wave overtopping simulator. 32nd **International Conference on Coastal Engineering (ICCE)**. Shanghai (accepted for publication)

FlowDike-D

Freibordbemessung von See-, Ästuar- und Flussdeichen unter Berücksichtigung von Wind und Strömung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen

Projektpartner:



Projektförderer:



